

**TCVN**

**TIÊU CHUẨN QUỐC GIA**

**TCVN 9402:2012**

Xuất bản lần 1

**CHỈ DẪN KỸ THUẬT CÔNG TÁC KHẢO SÁT ĐỊA CHẤT  
CÔNG TRÌNH CHO XÂY DỰNG VÙNG CÁC-TƠ**

*Technical regulation of engineering geological investigation  
for construction in karst areas*

**HÀ NỘI – 2012**



## Mục lục

Lời nói đầu.....	4
1. Phạm vi áp dụng.....	5
2. Tài liệu viện dẫn.....	5
3. Thuật ngữ và định nghĩa .....	5
4. Đặc điểm hình thành phát triển các-tơ.....	7
5. Đặc điểm điều kiện ĐCCT trong vùng phát triển các-tơ.....	7
6. Phương pháp khảo sát ĐCCT trong vùng các-tơ. Một số yêu cầu kỹ thuật.....	10
7. Khảo sát ĐCCT giai đoạn trước thiết kế cơ sở.....	22
8. Khảo sát ĐCCT giai đoạn thiết kế cơ sở.....	25
9. Khảo sát ĐCCT cho giai đoạn thiết kế kỹ thuật.....	30
10. Khảo sát ĐCCT giai đoạn thiết kế bản vẽ thi công.....	36
Phụ lục A (Tham khảo): Đánh giá điều kiện ĐCCT trong vùng các-tơ.....	40
Phụ lục B (Tham khảo): Phân loại đá theo mức độ nứt nẻ.....	82
Phụ lục C (Tham khảo): Phân loại đá theo mức độ phong hoá.....	83
Phụ lục D (Tham khảo): Sơ đồ phân bố đá cacbonat và phát triển các-tơ lãnh thổ Việt Nam.....	84
Thư mục tài liệu tham khảo.....	87

**Lời nói đầu**

**TCVN 9402:2012** được chuyển đổi từ TCXDVN 366:2006 theo quy định tại khoản 1 Điều 69 của Luật Tiêu chuẩn và Quy chuẩn kỹ thuật và điểm a khoản 1 Điều 7 Nghị định số 127/2007/NĐ-CP ngày 01/8/2007 của Chính phủ quy định chi tiết thi hành một số điều của Luật Tiêu chuẩn và Quy chuẩn kỹ thuật.

**TCVN 9402:2012** do Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng – Bộ Xây dựng biên soạn, Bộ Xây dựng đề nghị, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

# Chỉ dẫn kỹ thuật công tác khảo sát địa chất công trình cho xây dựng trong vùng các-tơ

*Technical regulation of engineering geological investigation for construction in kast areas*

## 1 Phạm vi áp dụng

**1.1** Tiêu chuẩn này dùng làm cơ sở để lập nhiệm vụ khảo sát địa chất công trình (ĐCCT) cho xây dựng trong vùng các-tơ. Đối tượng áp dụng là các khu công nghiệp, các khu dân cư, đô thị (gọi tắt là công trình), không áp dụng cho khảo sát xây dựng các công trình đặc biệt như: các công trình dạng tuyến, các công trình thủy lợi, thủy điện, các công trình ngầm...

**1.2** Khảo sát ĐCCT trong vùng các-tơ không tách rời công tác khảo sát chung cho xây dựng và được tiến hành trong 3 giai đoạn, tương ứng với 3 giai đoạn thiết kế xây dựng đã được quy định trong các quy chế hiện hành: thiết kế cơ sở (TKCS); thiết kế kỹ thuật (TKKT); thiết kế bản vẽ thi công (TKBVTC). Trong trường hợp cần thiết phải bổ sung thêm giai đoạn khảo sát ĐCCT trước TKCS.

**1.3** Công tác khảo sát ĐCCT phải được thực hiện trên cơ sở đề cương khảo sát ĐCCT. Nội dung của đề cương phải đảm bảo thỏa mãn các yêu cầu nghiên cứu, lập hồ sơ cho các giai đoạn thiết kế tương ứng. Tiêu chuẩn này có thể áp dụng để khảo sát phục vụ sửa chữa, mở rộng, nâng cấp xí nghiệp và công trình.

**1.4** Các-tơ trên lãnh thổ Việt Nam phát triển chủ yếu trong các đá cacbonat, vì vậy trong phạm vi của chỉ dẫn này chỉ xét đến các vùng phát triển các-tơ trên đá cacbonat (đá vôi, đolômit, đá macnơ). Các khu vực nếu có hang hốc loại khác (ví dụ các hang hốc trong đất sét hình thành do đất có khả năng tan rã mạnh) không phải là đối tượng được quan tâm trong tiêu chuẩn này.

## 2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau là cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất, bao gồm cả các sửa đổi, bổ sung (nếu có).

TCVN 4419:1987, *Khảo sát cho xây dựng - Nguyên tắc cơ bản.*

## 3 Thuật ngữ và định nghĩa

Trong tiêu chuẩn này có sử dụng các thuật ngữ, định nghĩa sau:

### **3.1**

#### **Các-tơ (Kast)**

Tổ hợp các quá trình và hiện tượng địa chất xuất hiện trên bề mặt hoặc trong lòng đất chủ yếu là do hoà tan hoá học đất đá, tạo nên các hang rỗng, làm phá huỷ và biến đổi cấu trúc, trạng thái đất đá, cơ chế nước ngầm, đặc thù địa hình, cơ chế mạng thuỷ văn.

### **3.2**

#### **Vùng các-tơ (Kast areas)**

Các khu vực mà trên mặt cắt địa chất của chúng có mặt đất đá hoà tan (đá vôi, đolômit, đá macnơ, đá muối ..) và có hoặc có thể xuất hiện các-tơ trên mặt và các-tơ ngầm.

### **3.3**

#### **Các-tơ trần và các-tơ phủ (Open karst and closed karst)**

Hai loại các-tơ phân biệt theo đặc điểm phân bố của đá bị các-tơ hoá. Các-tơ trần (đá bị các-tơ hoá nằm ngay trên mặt) và các-tơ phủ (đá bị các-tơ hoá bị che phủ bởi các lớp đất đá không hoà tan, không thấm nước hoặc đất đá không hoà tan có thấm nước).

### **3.4**

#### **Sụt lờ - các-tơ (Kast subsidence)**

Hiện tượng sập mặt đất do hang các-tơ ở độ sâu không lớn, trần hang yếu.

### **3.5**

#### **Xói sụt lờ - các-tơ (Karst underground erosion subsidence)**

Hiện tượng sập mặt đất do dòng nước mang các vật liệu của tầng phủ nằm trên đưa xuống hang gây sập lớp phủ bên trên (dòng thấm đi xuống).

### **3.6**

#### **Sụt lờ - xói sụt lờ - các-tơ (Kast subsidence- underground erosion subsidence)**

Tổ hợp của cả 2 loại hình sụt lờ - các-tơ và xói sụt lờ - các-tơ.

### **3.7**

#### **Lỗ khoan sâu (Deep holes)**

Hố khoan để nghiên cứu các-tơ có chiều sâu vượt qua vùng bị các-tơ hoá vào tầng đá nằm dưới nguyên khối không nhỏ hơn 5 m.

#### 4 Đặc điểm hình thành, phát triển các-tơ

**4.1** Những yếu tố cơ bản phát triển các-tơ bao gồm: sự vận động của nước ngầm và nước mặt; tồn tại đất đá hoà tan; tính thấm nước của đất đá hoà tan (đất đá phải có khả năng thấm nước); khả năng hoà tan đất đá của nước.

Chỉ cần thiếu dù chỉ một trong các yếu tố kể trên thì các-tơ không phát triển và khi hội tụ cả bốn yếu tố thì sự phát triển của các-tơ là không tránh khỏi.

Các yếu tố ảnh hưởng đến sự phát triển các-tơ bao gồm: thành phần thạch học của đá hoà tan; chiều dày và đặc điểm nứt nẻ của lớp đá hoà tan; thành phần và chiều dày của lớp phủ; địa hình; điều kiện khí hậu.

**4.2** Các-tơ có quy luật phát triển chung là: giảm dần theo chiều sâu; mạnh hơn ở thung lũng sông và yếu hơn ở khu vực phân thủy; phụ thuộc vào đặc điểm cấu trúc và lịch sử phát triển địa chất của khu vực.

Các loại hình các-tơ bề mặt phổ biến có thể kể đến như: hào, rãnh các-tơ, các bề mặt hoà tan sát với các hang nổi, hang chìm; phễu các-tơ (rửa trôi bề mặt, lún, sập tầng mặt); cánh đồng các-tơ (tập trung nhiều phễu các-tơ); thung lũng các-tơ (do hoạt động xâm thực bằng nước mặt và nước ngầm); vực các-tơ (do sập nóc các sông ngầm hoặc hợp nhất các hố sâu các-tơ tạo thành vực sâu khép kín có vách dựng đứng, đáy bằng phẳng); rùng đá các-tơ (tạo ra do sự kế tiếp liên tục của các rãnh sâu với những khối đá còn lại); sông, suối, hồ cạn, hồ nổi các-tơ; giếng các-tơ, hố thu nước các-tơ.

Các loại hình các-tơ ngầm phổ biến bao gồm: khe nứt mở rộng do hoà tan; lỗ rỗng hoà tan (nhỏ hơn 2 mm); lỗ hồng hoà tan (2 mm đến 20 mm); hang hốc các loại (lớn hơn 20 mm, trong đó có cả hang động, hồ và sông ngầm); các đới phá huỷ và dỡ tải; bề mặt hoà tan các lớp đá các-tơ hoá; các phá huỷ thể nằm của đất đá nằm trên các hang hốc và các đới phá huỷ các-tơ; phễu và địa hình các-tơ cổ bị che khuất.

#### 5 Đặc điểm điều kiện địa chất công trình (ĐCCT) trong vùng phát triển các-tơ

**5.1** Khảo sát ĐCCT trong vùng phát triển các-tơ cần chú ý: khả năng phát sinh biến dạng đất nền và bề mặt đất do phát triển các-tơ; khả năng chịu tải của đất đá bị các-tơ hoá giảm không đều, có chỗ tồn tại các đới hoặc các thấu kính yếu trong tầng phủ; đặc điểm thủy văn và địa chất thủy văn (ĐCTV) liên quan với các-tơ biến đổi rất mạnh và phức tạp; khả năng kích thích phát triển các-tơ và các quá trình địa chất kéo theo khác do hoạt động kinh tế của con người.

**5.2** Biến dạng đất nền và bề mặt đất trong vùng các-tơ chia làm các loại: sập mặt đất, lún mặt đất cục bộ, lún mặt đất khu vực. Các hố sập có thể xuất hiện đơn lẻ hoặc thành nhóm, có thể là mới, có thể là nhắc lại ở chỗ cũ trong đó có thể nhắc lại nhiều lần. Theo thời gian, các hố sập bị lấp dần.

Lún mặt đất cục bộ do các-tơ phát triển chậm hơn sập, từ vài giờ, vài ngày đến vài năm và hình thành trên mặt đất chỗ uốn võng, thung lũng, phễu đường kính từ vài mét đến vài chục mét, chiều sâu từ vài

xentimét đến 1 m hoặc 2 m, thậm chí đôi khi vài mét. Cơ chế lún mặt đất cục bộ cũng như sập nhưng chậm hơn, thường hay xen kẽ với sập thứ sinh.

Lún mặt đất khu vực là quá trình địa chất lâu dài do dịch chuyển đất đá phía trên vùng phát triển các-tơ, đặc biệt là đất đá ở phía trên bề mặt đá bị xâm thực (hoà tan) và do mang dần vật liệu rời từ đất đá tầng phủ theo các khe nứt và hang hốc các-tơ. Lún mặt đất khu vực xảy ra với vận tốc quá nhỏ chỉ phải xét đến khi thiết kế các công trình đặc biệt, nhạy cảm với lún nền.

Trong vùng phát triển các-tơ ngoài sập, lún còn tồn tại các dạng địa hình các-tơ khác như đã kể ở phần trên: phễu, trũng, hào, rãnh...ở đó lắng đọng và tích chứa các vật liệu chịu tải kém, trong đó có cả đất san lấp, bùn.

**5.3** Nếu trong vùng nén lún của công trình có đá gốc bị các-tơ hoá thì phải đánh giá khả năng chịu tải của chúng, phải tính đến mức độ nứt nẻ và không đồng nhất về nứt nẻ, sự có mặt của các đới đá gốc yếu do rửa lữa và do hang hốc (được lấp nhét hoặc không lấp nhét). Cũng cần phải tính đến khả năng tồn tại các phá huỷ khác (do các-tơ) trong đất đá không hoà tan nằm trong vùng nén lún (hang hốc bị lấp nhét hoặc không bị lấp nhét, các đới đỡ tải, các đới dịch chuyển và đứt gãy).

**5.4** Điều kiện ĐCTV và thủy văn trong vùng các-tơ đặc trưng bằng những tính chất rất riêng biệt (tính thấm của đá bị các-tơ hoá cao và rất không đồng nhất, đặc điểm phân chia dòng chảy mặt, dòng chảy ngầm, cơ chế mực nước, đặc điểm biến đổi thủy địa hoá rất phức tạp, tồn tại các hồ thu nước mặt, các khu vực mất nước từ hồ chứa và các dòng chảy ngầm bất ngờ chảy vào hố đào) phải rất chú ý khi khảo sát đánh giá lãnh thổ. Những đặc trưng này có ý nghĩa quan trọng khi thiết kế các hồ chứa nước, hệ thống kênh mương, tưới tiêu, thải và giải quyết các nhiệm vụ khác, bao gồm cả các giải pháp xử lý các-tơ.

**5.5** Điều kiện xây dựng và khảo sát trong vùng các-tơ phụ thuộc vào những quy luật và đặc điểm tự nhiên mang tính khu vực, địa phương và cục bộ. Những quy luật và đặc điểm này rất khác nhau đối với các loại các-tơ khác nhau theo thành phần thạch học, thể nằm của đá các-tơ hoá và cũng rất khác nhau cho các vùng kiến tạo, khí hậu khác nhau.

**5.6** Vùng phát triển các-tơ trần có những đặc điểm sau: sự xuất lộ trên bề mặt các đá bị các-tơ hoá làm cho nước mặt thấm xuống, phát triển phong hoá, hình thành các khe nứt ngoại sinh và phát triển các-tơ; sập và hạ thấp mặt đất là do bị vỡ và sạt thành vách các hố các-tơ. Sập và lún mặt đất do xói ngầm - các-tơ chỉ quan sát thấy ở các vùng địa hình hạ thấp được lấp đầy bằng đất mềm rời; khả năng chịu tải của đá nói chung là cao nhưng không đều, đôi chỗ rất yếu. Do đá lộ ngay trên mặt nên tiến hành khảo sát ĐCCT trong trường hợp này rất hiệu quả, có thể phân vùng ĐCCT các-tơ một cách dễ dàng.

Vùng phát triển các-tơ kín bị che phủ bởi đất đá không hoà tan và không thấm nước thì đất đá không thấm nước bên trên ngăn cản quá trình phát triển các-tơ và các quá trình liên quan khác. Khảo sát



ĐCCT trong trường hợp này cần phải xác định khả năng thấm nước và chiều dày tầng phủ, đánh giá khả năng bảo vệ bề mặt đất của tầng phủ (độ bền) khỏi các hiện tượng các-tơ bề mặt.

Vùng phát triển các-tơ kín bị che phủ bởi đất đá thấm nước không hoà tan thì lớp đất đá thấm nước không ngăn cản quá trình phát triển các-tơ và các hiện tượng liên quan, nó còn gây khó khăn cho việc khảo sát và đánh giá phân loại lãnh thổ theo các-tơ, đặc biệt nguy hiểm là các khu vực mà lớp phủ là đất loại cát, sạn, sỏi. Trong trường hợp này các-tơ phát triển mạnh ở thung lũng sông, các dòng chảy ngầm có gradient rất lớn xuất lộ ở đáy sông và sườn thung lũng, quá trình xói ngầm - các-tơ phát triển mạnh, có thể hình thành các phế u các-tơ làm hư hại và phá huỷ công trình. Những tác động nhân sinh trong các khu vực này (đặc biệt là những biến đổi về chế độ động lực nước dưới đất do khai thác nước ngầm) sẽ làm phát triển mạnh các quá trình xói sụt lở - các-tơ.

Khảo sát ĐCCT trong vùng các-tơ kín đối với tầng phủ phải xác định được: cấu trúc địa chất, thành phần thạch học, trạng thái, tính chất của đất đá, điều kiện ĐCCTV, các biểu hiện các-tơ bề mặt, các đới phá huỷ và dỡ tải.

**5.7** Khảo sát ĐCCT trong vùng các-tơ cần chú ý rằng thay đổi trạng thái tự nhiên do kết quả hoạt động kinh tế của con người có thể dẫn đến việc phát triển mạnh các-tơ cùng với các quá trình có liên quan, ví dụ: thay đổi điều kiện thuỷ động lực nước dưới đất do xây dựng thuỷ điện, khai thác mỏ, khai thác nước ngầm thường làm gia tăng đột ngột quá trình xói sụt lở - các-tơ; thay đổi tính ăn mòn của nước ngầm do nước thải công nghiệp cũng dẫn tới phát triển mạnh các-tơ; tải trọng động có thể gia tăng các quá trình sập mặt đất trong đá macnơ, làm giảm sức chịu tải của đá, thậm chí gây hoá lỏng đối với đá vớt...

**5.8** Đánh giá sơ bộ mức độ phức tạp của điều kiện ĐCCT trong vùng các-tơ phục vụ thiết kế khảo sát có thể kết hợp bảng phân cấp mức độ phức tạp của điều kiện ĐCCT trong TCVN 4419:1987 với đánh giá mức độ và đặc điểm phát triển các-tơ theo Bảng A1, A2 của Phụ lục A.

Nhiệm vụ cơ bản của khảo sát ĐCCT trong vùng các-tơ là: xác định mức độ nguy hiểm của các-tơ tác động đến công trình, môi trường sinh thái và kinh tế xã hội; dự báo phát triển các-tơ trong giai đoạn xây dựng và sử dụng công trình; xác định khả năng kích hoạt các-tơ trong quá trình sử dụng công trình do các tác động nhân sinh; soạn thảo chiến lược và các kiến nghị cụ thể cho các giải pháp xử lý các-tơ.

Từ khi xây dựng kế hoạch, lập đề cương và tiến hành khảo sát cần chú ý những điểm sau: quá trình phát triển các-tơ và các hiện tượng đi kèm (xói ngầm, sập, hạ thấp mặt đất...) được quyết định bởi tổ hợp nhiều yếu tố có mối liên hệ tương tác và phức tạp; các-tơ phát triển và phân bố rất không đồng nhất theo thời gian và không gian; vùng phát triển hàng hốc các-tơ nguy hiểm cho công trình có thể nằm ở những độ sâu lớn (từ 50 m đến 100 m, đôi khi còn hơn) đòi hỏi phải có các lỗ khoan chuyên dụng để nghiên cứu; quy luật phân bố và phát triển các-tơ không thể làm rõ được khi tiến hành khảo sát trên một diện tích không đủ lớn.

## **6 Phương pháp khảo sát ĐCCT trong vùng các-tơ. Một số yêu cầu kỹ thuật**

Khảo sát ĐCCT trong vùng các-tơ phải được tiến hành theo thứ tự công việc và kết hợp tối ưu các phương pháp khảo sát: thu thập, phân tích và tổng hợp tài liệu khảo sát của những năm trước (trong đó có cả các số liệu về kinh nghiệm xây dựng và sử dụng nhà, công trình trong vùng các-tơ); phân tích bản đồ địa hình tỷ lệ lớn và ảnh máy bay; trắc địa công trình; khí tượng thủy văn công trình; đo vẽ ĐCCT; địa vật lý (ĐVL); khoan - khai đào; ĐCTV; thí nghiệm đất đá ngoài trời, bao gồm cả xuyên động, xuyên tĩnh và karota; thí nghiệm trong phòng và nghiên cứu thực nghiệm; quan trắc; xử lý số liệu.

### **6.1 Thu thập, phân tích và tổng hợp số liệu khảo sát đã có**

Thu thập, phân tích, tổng hợp số liệu về các vùng các-tơ để giải quyết các nhiệm vụ sau: làm sáng tỏ cấu trúc kiến tạo, lịch sử địa chất khu vực, chiều sâu phân bố, loại hình và tuổi của các-tơ; nghiên cứu mặt cắt địa chất - thạch học khu vực thăm dò và vùng phụ cận trên toàn bộ chiều dày tầng phủ và chiều sâu đới phát triển các-tơ; phát hiện các đới kiến tạo yếu; nghiên cứu điều kiện địa chất thủy văn, thủy văn, địa mạo phát triển các-tơ; thu thập các bằng chứng và các đặc tính định lượng về các-tơ trên bề mặt và dưới sâu, về biến dạng các công trình xây dựng, nhà ở, khai thác nước, về những biến đổi trạng thái môi trường tự nhiên cũng như tác động của chúng đến quá trình phát triển các-tơ trên lãnh thổ nghiên cứu. Chú trọng đến những biểu hiện của các hố sập các-tơ và biến dạng mặt đất trong khu vực.

Khi thu thập và hệ thống hoá tư liệu cần tiến hành đồng thời việc ghi chú danh mục tài liệu đã sử dụng, sao chép các bản đồ, mặt cắt, đồ thị, biểu bảng. Trên cơ sở thu thập, phân tích, tổng hợp tư liệu phải thành lập: bản đồ tài liệu thực tế; bảng tra cứu lỗ khoan khảo sát; các kết quả nghiên cứu địa vật lý, thủy văn, địa chất thủy văn, thí nghiệm trong phòng và ngoài trời, quan trắc định kỳ; catalo các dạng địa hình các-tơ (phễu, hố sập...) sơ đồ phân tích điều kiện phát triển và phân bố các-tơ; sơ đồ phân vùng sơ bộ lãnh thổ theo điều kiện, đặc điểm và mức độ phát triển các-tơ.

Thu thập số liệu phải được tiến hành trước mọi giai đoạn khảo sát. Những tài liệu thu thập kể trên làm cơ sở hoạch định kế hoạch khảo sát tiếp theo, lựa chọn nội dung và khối lượng hợp lý cũng như phương pháp khảo sát thích hợp.

### **6.2 Sử dụng các tài liệu viễn thám**

Các tài liệu viễn thám được sử dụng ở giai đoạn đầu khảo sát cho các công trình có quy mô lớn. Các tư liệu viễn thám được sử dụng để đo vẽ địa chất, địa chất thủy văn và địa mạo ảnh hưởng đến quá trình phát triển các-tơ, đo vẽ các cấu trúc các-tơ và quan trắc quá trình phát triển của nó. Ảnh hàng không tỷ lệ 1:5 000 đến 1:20 000 cho phép giải đoán với độ tin cậy cao các dạng cấu trúc địa hình các-tơ tại những khu vực không có dân cư sinh sống (phễu, hố sập các-tơ...) với kích thước tương ứng lớn hơn 5 m đến 20 m. Trên ảnh hàng không cho phép xác định các hố sụt, phễu các-tơ đã bị lấp mà khảo sát mặt đất không nhận thấy. Tại các khu vực có dân cư sinh sống, tư liệu ảnh viễn thám có thể cho phép giải đoán các dạng địa hình hoặc một quần thể địa hình các-tơ có kích thước lớn.

### 6.3 Phương pháp đo vẽ trắc địa công trình

Đo đạc trắc địa công trình phục vụ nghiên cứu địa hình khu vực sẽ xây dựng và cung cấp số liệu để thiết kế các hạng mục xây dựng và khảo sát công trình. Trong vùng các-tơ phải đặc biệt chú trọng việc đo đạc và thể hiện được các biểu hiện các-tơ trên sơ đồ, bản đồ mặt bằng khu vực khảo sát, định vị toạ độ mặt bằng, cao trình của các công trình khoan đào, của các điểm quan trắc (địa vật lý, thủy văn...) khác, đo vẽ mặt cắt, mặt bằng địa hình cho từng cấu trúc các-tơ phức tạp, quan trắc trắc địa định kỳ về biến dạng công trình xây dựng, biến dạng bề mặt và các lớp đất.

### 6.4 Các phương pháp khí tượng thủy văn công trình

Khảo sát khí tượng thủy văn là bộ phận không thể thiếu đi kèm với các khảo sát địa chất thủy văn và các công tác khảo sát khác. Khảo sát khí tượng thủy văn không chỉ tiến hành trong các giai đoạn khảo sát mà còn trong hệ thống quan trắc định kỳ tiếp theo. Nhiệm vụ khảo sát khí tượng - thủy văn bao gồm: lập cân bằng nước và muối, đánh giá cường độ hoạt động các-tơ; làm sáng tỏ và định lượng các khu vực thu nước mặt và các khu vực nước mặt được bổ sung bằng nước ngầm; nghiên cứu chế độ động lực nước mặt và ảnh hưởng của nước mặt đến phát triển các-tơ; dự báo những quy luật thủy văn để đánh giá sự phát triển của các-tơ trong tương lai và tính toán ảnh hưởng của các tác động nhân sinh. Cần chú ý rằng trong vùng phát triển các-tơ, đặc điểm thủy văn biến đổi rất mạnh theo diện cũng như thời gian (các phiếu thu nước mặt, các nguồn nuôi nước mặt bằng nước ngầm, sự dao động bất thường của chế độ nước mặt).

### 6.5 Phương pháp đo vẽ địa chất công trình

Đo vẽ ĐCCT trong vùng các-tơ, bên cạnh những nhiệm vụ ĐCCT thông thường còn phải giải quyết những nội dung đặc thù sau: xác định sự xuất hiện các loại hình các-tơ trên mặt đất; các biểu hiện thủy văn, ĐCTV phát triển các-tơ; mối quan hệ của các-tơ với các yếu tố địa chất kiến tạo, địa mạo, địa chất thủy văn; biến dạng nhà và công trình liên quan với các-tơ; kinh nghiệm và hiệu quả của các giải pháp xử lý các-tơ; các yếu tố tác động nhân sinh kích hoạt các-tơ (các trạm bơm nước ngầm, hệ thống dẫn nước, công trình thủy công). Tỷ lệ đo vẽ phụ thuộc vào: giai đoạn khảo sát, quy mô và tầm quan trọng của công trình, mức độ phức tạp của điều kiện ĐCCT và các kết quả đã nghiên cứu.

Tại những khu vực đã có nền địa chất, địa chất thủy văn cùng tỷ lệ đo vẽ ĐCCT thì đo vẽ ĐCCT được tiến hành chỉ để kiểm tra và chính xác hoá các tư liệu về điều kiện địa chất, ĐCTV, địa mạo. Trong trường hợp không có các tư liệu này, cần phải tiến hành đo vẽ địa chất, địa chất thủy văn, địa mạo với nội dung đáp ứng yêu cầu của nhiệm vụ khảo sát ĐCCT đặt ra.

Việc nghiên cứu điều kiện phát triển các-tơ và mức độ các-tơ hoá tại các điểm lộ đá gốc tự nhiên và nhân tạo có ý nghĩa đặc biệt quan trọng. Nghiên cứu các đới tiếp xúc giữa đất đá có nguồn gốc thạch học và thành phần khác nhau, nhằm xác định rõ lịch sử địa chất của khu vực, trong đó có vấn đề các-tơ cổ và cũng là làm sáng tỏ khả năng phát triển các-tơ trong thời điểm hiện tại. Đặc biệt chú ý nghiên cứu địa hình bề mặt của đá gốc và các thung lũng cổ, các biến đổi độ dày tầng đá và làm sáng tỏ mối

liên quan của các biến đổi này với các-tơ. Phát hiện các phân lớp chắn nước và tầng đá không hoà tan. Xác định cấu trúc, thành phần đất đá, phân bố và tính chất của tầng phủ để làm rõ khả năng phát triển các quá trình phá huỷ, sập, lún..., thúc đẩy biến dạng bề mặt. Nghiên cứu độ nứt nẻ của đất đá trong các vết lộ, hào, hố đào để tiến hành các phân tích thống kê sau này. Lấy mẫu đất, đá, nước mặt, nước ngầm cho các thí nghiệm trong phòng.

Đối với mỗi biểu hiện các-tơ trên mặt (phễu, hố sập) phải được mô tả đầy đủ các đặc tính: hình dạng trên mặt bằng (tròn, ô van, đẳng phương hay không); đường kính, độ sâu, phương trục dài, trục ngắn; đặc điểm miệng phễu (phẳng, góc cạnh, rỗ hay mờ, nhẵn hay không); độ dốc của thành phễu; hình dạng đáy, mức độ chứa nước và lầy hoá; mức độ che phủ thực vật trên sườn dốc và đáy; mô tả các điểm xuất lộ đá gốc, mức độ nứt nẻ của chúng, các hố thu nước.

Khi điều tra các trũng lòng chảo, khe xói, thung lũng và cánh đồng các-tơ phải nghiên cứu hình hài của chúng và mối liên hệ với nước mặt, nước ngầm. Trong đó phải mô tả hình thái, kích thước, đặc điểm sườn dốc, đáy, các điểm lộ đá gốc, sự hiện diện của các phễu các-tơ, hố thu nước, nguồn nước xuất lộ, khu vực úng ngập vào mùa mưa... Cần phải điều tra, khẳng định yếu tố khép kín, nửa khép kín hay mở (có cửa trao đổi tự do với nước mặt), khoanh vùng các dạng các-tơ thu nước khép kín. Nên tiến hành phân tích lịch sử địa chất quá trình hình thành các loại hình các-tơ đang thị sát.

Trong quá trình mô tả hào - rãnh, cánh đồng các-tơ, phải thể hiện mật độ rãnh, hướng phát triển của chúng, hình hài, kích thước và có hay không các tàn tích tồn tại trong các rãnh, mối liên quan giữa hào-rãnh và thành phần thạch học, mức độ nứt nẻ và địa mạo.

Đối với các hang động các-tơ cần vẽ sơ đồ mặt bằng, mặt cắt ngang, mặt cắt dọc hang, xác định hiện trạng tồn tại của hang: địa chất - thạch học của hang, cấu trúc kiến tạo, địa mạo, cao độ hang, tuổi, thành phần, điều kiện thể nằm, đặc điểm cấu tạo và tính chất của đất đá trên tường, trên nóc và dưới đáy hang động, độ nứt nẻ, phân cắt, đặc điểm bề mặt vết nứt. Lưu ý đến các suối hồ ngầm, nước đọng trên thành và trần hang động, các nhũ cột, nhũ chuông, vật liệu cát, sét trong khe nứt và đáy hang động. Xác định mối liên quan giữa hang động với các phễu các-tơ có trong khu vực khảo sát.

Các hồ các-tơ cần mô tả vị trí, kích thước, độ sâu, hình dạng, làm rõ điều kiện thành tạo hồ, mối liên quan với tầng thạch học, điều kiện cấp nước (nước mặt, nước ngầm hay hỗn hợp), thoát nước, chế độ, mực nước và thành phần hoá học của nước trong hồ, có hay không phễu, nguồn nước ngầm dưới đáy hồ và trên bờ.

Các sông và hồ ngầm cần xác định kích thước của chúng, vận tốc dòng chảy, lưu lượng trên từng đoạn, nhiệt độ, thành phần hoá học, làm rõ nguồn cấp và đặc điểm chế độ nước. Xác định cao trình mực nước và mối liên hệ với địa tầng thạch học.

Các sông suối hiện hay ẩn cần ghi nhận chế độ động lực của chúng (thường xuyên, chu kỳ), lưu lượng dòng chảy, vị trí thu nước và đặc điểm vận chuyển từ nước mặt sang nước ngầm, thành phần hoá học và nhiệt độ nước.

Cần thu thập các số liệu về ảnh hưởng của các tác động nhân sinh đến chế độ và đặc tính ăn mòn của nước ngầm, các số liệu về phá huỷ và mất ổn định của đất đá trên các hang hốc các-tơ ngầm do phụ tải của các công trình, do tác động của máy móc, hệ thống giao thông..., các số liệu về biến dạng nhà - công trình và mối liên hệ của chúng với các loại hình các-tơ trên mặt đất và dưới sâu, đặc điểm nứt nẻ của đất đá ..., các số liệu về các quá trình địa chất động lực khác và mối tương quan giữa những quá trình này với hiện tượng các-tơ.

Cần thu thập tài liệu của các cơ quan quản lý hành chính ở địa phương và trong dân cư, những chứng cứ về sụt, lún mặt đất, về biến dạng các công trình xây dựng, về kinh nghiệm xây dựng và sử dụng công trình, về các biện pháp phòng chống, xử lý các-tơ và hiệu quả của chúng.

Trong quá trình đo vẽ cần xác định các điều kiện cấp thoát nước ngầm, khoanh định vùng thu nước, mô tả và đo vẽ các nguồn xuất lộ nước (mạch nước, giếng, lỗ khoan, khu vực lầy hoá...). Lấy mẫu nước phân tích thành phần hoá học và đặc tính ăn mòn. Đặc biệt chú ý các mạch nước các-tơ, ở thu nước mặt, hồ các-tơ, dòng chảy trong hang động... Nếu đã có sẵn nguồn tư liệu về ĐCTV, cần tiến hành kiểm tra, chính xác hoá và xem xét khả năng biến động điều kiện ĐCTV so với số liệu có trước. Khi mô tả các nguồn nước các-tơ cần chỉ rõ vị trí, yếu tố địa mạo mà chúng tồn tại trong đó, độ cao, kiểu (chảy ra, đùn lên hay đổ vào), lưu lượng và đặc điểm nguồn nước (thường xuyên, bất thường, có chu kỳ). Xác định mối quan hệ giữa nguồn nước với các tầng chứa nước và với các biểu hiện các-tơ khác. Nếu nguồn nước chảy từ các khe nứt, cần xác định nguồn gốc của các khe nứt đó, kích thước, góc dốc, phương vị.

Kết quả đo vẽ ĐCCT và các-tơ phải thể hiện trên bản đồ kể cả những biểu hiện các-tơ đã bị che phủ, những biểu hiện các-tơ đã khảo sát từ những năm trước.

## 6.6 Phương pháp thăm dò địa vật lý

Trong vùng các-tơ các phương pháp địa vật lý được sử dụng để giải quyết những nội dung sau: xác định chiều dày, thành phần và điều kiện thể nằm của lớp phủ và đá các-tơ, nghiên cứu địa hình các-tơ dạng trũng thấp; xác định chiều sâu mực nước, hướng và vận tốc dòng chảy của nước các-tơ, độ khoáng hoá, miền cấp, miền thoát của chúng; đo vẽ hang hốc và xác định mức độ các-tơ hoá, mức độ phá huỷ của đất đá, các đới phá huỷ kiến tạo và đập nát, các đới đỡ tải trong tầng phủ và trong tầng đá các-tơ và các dị thường khác

CHÚ THÍCH: Các phương pháp và thiết bị khảo sát địa vật lý trên mặt đất cho phép xác định hang hốc các-tơ khi quan hệ giữa độ sâu phân bố của chúng với đường kính (h/d) không vượt quá 1 đến 2 và nếu chúng nổi bật một cách đủ tương phản giữa các đá xung quanh bởi những tính chất vật lý của mình. Các phương pháp nghiên cứu khoảng không gần lỗ khoan, khoảng không giữa các lỗ khoan chưa được nghiên cứu đầy đủ và cũng có những hạn chế liên quan đến kích thước và độ tương phản thể hiện trong các trường địa vật lý của các hang hốc cần tìm.

Khảo sát ĐVL trong vùng các-tơ thường sử dụng các phương pháp sau: thăm đo điện (mặt cắt điện, đo sâu điện); thăm dò địa chấn; thăm dò trọng lực; thăm dò âm thanh; đo điện trở nước mặt, nước

giếng; các loại carota lỗ khoan (điện, phóng xạ, âm thanh); đo độ hồng, lưu lượng, nhiệt độ và điện trở trong lỗ khoan; và các phương pháp khác.

#### **6.6.1 Thăm dò điện**

Thăm dò điện được coi là phương pháp cơ động, đơn giản, tiết kiệm và hiệu quả. Nguyên tắc của thăm dò điện là dựa trên cơ sở biến đổi điện trở suất của đất đá trong không gian, vì vậy các phương pháp cơ bản sử dụng trong thăm dò điện là đo mặt cắt điện, đo sâu điện, carota điện tổng hợp.

Đo mặt cắt điện (theo các tuyến mặt cắt) được sử dụng để nghiên cứu địa hình các-tơ dạng trứng thập răng lược, phức tạp và khoanh vùng các hang hốc các-tơ, các đới xung yếu nằm ở độ sâu không lớn (dưới 10 m đến 15 m).

Đo sâu điện được sử dụng để nghiên cứu độ sâu, các yếu tố thể nằm, chiều dày và cấu trúc của tầng đá các-tơ và các biểu hiện các-tơ (hang hốc, nứt nẻ) đã được xác định bằng phương pháp đo mặt cắt điện.

Carota điện tổng hợp trong các lỗ khoan bao gồm: điện trở biểu kiến, điện trường tự nhiên, phân cực cưỡng bức, đo kháng trở, carota biên, carota biên lặp, vì thăm dò cho phép xác định chính xác mặt cắt địa chất-thạch học lỗ khoan, phân chia trong đó các đới phá huỷ và nứt nẻ, xác định chính xác độ sâu, chiều cao và đặc điểm chất lấp nhét hang hốc các-tơ, phân đoạn theo chiều sâu lỗ khoan các khu vực hút nước, các khu vực nhả nước, xác định khoáng hoá của nước.

Ngoài ra để xác định các đới nứt nẻ, các hang hốc các-tơ, hướng và vận tốc chuyển động của nước ngầm trong khoảng không gian gần lỗ khoan, nên sử dụng phương pháp vật thể tích điện, còn đối với trường hợp giữa các lỗ khoan và giữa các công trình khai đào khác thì sử dụng phương pháp chiếu điện và chiếu sóng vô tuyến điện.

#### **6.6.2 Thăm dò trọng lực**

Thăm dò trọng lực để nghiên cứu các-tơ dựa vào sự khác nhau cơ bản về dung trọng của đất đá tầng phủ, chất lấp nhét, đá nứt nẻ - lỗ rỗng và đá nguyên khối. Vì vậy đo về trọng lực chính xác cao, thực hiện theo các chỉ dẫn hiện hành có thể giải quyết được các bài toán xác định các cấu trúc kiến tạo, các thung lũng sông bị chìm sâu, độ sâu phân bố của bề mặt đá các-tơ, các hang hốc lớn hoặc các đới phá huỷ mạnh.

#### **6.6.3 Thăm dò địa chấn**

Thăm dò địa chấn dựa trên đặc điểm phân bố sóng đàn hồi trong đất đá có thành phần thạch học, trạng thái, độ nứt nẻ và phát triển các-tơ khác nhau. Thăm dò địa chấn bao gồm: thăm dò địa chấn từ mặt đất (đo mặt cắt địa chấn, đo sâu địa chấn) và thăm dò địa chấn trong lỗ khoan (carota địa chấn và truyền sóng địa chấn giữa các lỗ khoan). Thăm dò địa chấn giải quyết được các bài toán xác định cấu trúc địa chất (đặc biệt là ranh giới tầng phủ với đá gốc), độ dày tầng phủ, tầng đá các-tơ, mực nước ngầm, xác định hang hốc các-tơ trong điều kiện thuận lợi.

#### 6.6.4 Thăm dò âm thanh

Thăm dò âm thanh bao gồm: carota siêu âm lỗ khoan và truyền âm giữa các lỗ khoan nhằm giải quyết các nhiệm vụ phân chia mặt cắt lỗ khoan theo thành phần thạch học, phát hiện các đới đỡ tải, hang hốc các-tơ, trạng thái ứng suất của đất đá, mức độ không đồng hướng của đất đá trên cơ sở phân tích đặc điểm sóng siêu âm (vận tốc sóng siêu âm bề mặt và sóng dọc, chu kỳ và biên độ sóng theo chiều sâu).

#### 6.6.5 Thăm dò từ

Thăm dò từ có khả năng tìm kiếm hang hốc các-tơ được lấp nhét bởi các vật liệu có từ tính cao như bô-xit vốn có ở các phế truồng các-tơ. Thăm dò từ là phương pháp thông thường có hiệu quả tốt trong khảo sát ĐCCT tại các khu vực mỏ khoáng sản.

#### 6.6.6 Georada

Georada là phương pháp mới, có triển vọng trong nghiên cứu các-tơ, nhưng chưa được kiểm tra thực tế. Phương pháp Georada (GPR) sử dụng sóng rada ở dải tần 1 MHz đến 1 000 MHz để nghiên cứu cấu trúc và các đặc tính của vật chất bên dưới mặt đất với độ phân giải cao. Số liệu và kết quả khảo sát của GPR biểu diễn dưới dạng mặt cắt cấu trúc với những thông số vật lý đặc trưng cho môi trường địa chất như: độ điện thẩm, vận tốc và thời gian truyền sóng, độ dẫn điện, hệ số suy giảm của sóng điện từ. Phương pháp GPR sử dụng trong khảo sát ĐCCT ở vùng các-tơ với nhiệm vụ: xác định cấu trúc địa chất, xác định các đới xung yếu, các đới đỡ tải, các hang hốc các-tơ

#### 6.6.7 Đo điện trở nước hồ và giếng

Cơ sở của phương pháp này là sự phụ thuộc rõ nét của điện trở suất riêng của nước vào độ khoáng hoá của nó, vì vậy theo hàm lượng tổng khoáng của nước có thể xác định miền tháo nước ngầm và các khu vực thu nước bề mặt. Đây là phương pháp đo nhanh, năng suất cao và rất có hiệu quả trong khảo sát các-tơ.

#### 6.6.8 Đo nhiệt độ

Trong các hồ chứa nước, sông suối, nguồn nước, giếng và trong lỗ khoan thường được tiến hành cùng với đo kháng trở và các nghiên cứu thủy địa hoá khác. Đây là phương pháp hiệu quả phát hiện các nguồn cấp và miền thoát ở dưới đáy hồ và đáy sông.

#### 6.6.9 Nghiên cứu carota phóng xạ lỗ khoan

Có thể thực hiện tại bất kỳ lỗ khoan nào: ngập nước hay khô ráo, có ống chống hay không có ống chống và bao gồm các phiên bản khác nhau: Gamma - carota được áp dụng để đánh giá thành phần vật liệu sét của đất đá, Gamma-gamma-carota đánh giá dung trọng của đất đá, Notron – notron - carota và Notron – gamma - carota đánh giá độ ẩm của đất đá. Các số liệu này cho phép đánh giá mức độ nứt nẻ và mức độ các-tơ hoá của đá theo mặt cắt lỗ khoan, kể cả đặc tính vật liệu lấp nhét

hang hốc và vết nứt, phân chia chi tiết mặt cắt địa chất - thạch học, đánh giá độ bão hoà nước của đất đá.

**6.6.10 Khảo sát khí Radon - Toron**

Trong các lớp cát - sét gần bề mặt đất (từ 0,5 m đến 1,0 m) trên khu vực khảo sát có thể xác định được các đới nguy hiểm do các-tơ. Sự xuất hiện các cực tiểu trên thông khí bình thường chứng tỏ nhiều khả năng có đới nứt nẻ và phát triển các-tơ.

**6.6.11 Đo đường kính lỗ khoan, đo lưu lượng nước**

Trong hố khoan theo chiều sâu bằng các thiết bị chuyên dụng gọi là các thiết bị đo độ hồng và thiết bị đo lưu lượng cho phép đánh giá trạng thái đất đá thành hố khoan, xác định kích thước các hang hốc các-tơ và mức độ lấp nhét của chúng, đồng thời xác định các đới có khả năng thấm nước khác nhau và các thông số ĐCTV tương ứng.

**6.7 Phương pháp khoan và khai đào**

Công tác khoan - khai đào giải quyết những nhiệm vụ sau: nghiên cứu cấu trúc địa chất của khu vực; nghiên cứu điều kiện ĐCTV; nghiên cứu thành phần, trạng thái, tính chất của các loại đá các-tơ, đặc tính nứt nẻ, độ rỗng, mức độ phát triển các-tơ, làm rõ các hang hốc các-tơ, các đới phá huỷ; nghiên cứu thành phần, trạng thái và tính chất của lớp phủ (bao gồm cả các hang hốc, các đới đỡ tải, thấu kính đất yếu); lấy mẫu đất đá và nước để thí nghiệm trong phòng; thí nghiệm ĐCTV, ĐCCT, ĐVL; quan trắc định kỳ; khoanh vùng các khu vực có mức độ phát triển các-tơ khác nhau.

Khối lượng khoan - khai đào được xem xét trong các giai đoạn khảo sát, trong số lượng tổng thể đó phải có một số hố khoan sâu dùng để nghiên cứu các-tơ (cũng được quy định trong các giai đoạn khảo sát). Chiều sâu các hố khoan phải vượt quá vùng ảnh hưởng dự kiến của công trình từ 1 m đến 2 m. Nếu chiều dày của vùng bị các-tơ hoá lớn hơn 5 m đến 10 m cho phép không cần khoan hết chiều dày đó nhưng phải có luận chứng trong đề cương. Trong những vùng có tầng phủ là đất đá không hoà tan, không thấm nước cần phải đánh giá mức độ thấm nước và khả năng bảo vệ của chúng khỏi các biểu hiện các-tơ trên mặt đất, nếu chiều dày tầng phủ bảo vệ được mặt đất khỏi các biểu hiện các-tơ thì cho phép không khoan vào đá các-tơ hoá mà chỉ giới hạn ở việc kiểm tra bề dày của lớp phủ bảo vệ, nhưng phải có luận chứng trong đề cương. Mạng lưới hố khoan phải được thiết kế theo kết quả đo vẽ ĐCCT, thăm dò ĐVL mặt đất và phụ thuộc vào mức độ phức tạp của điều kiện ĐCCT, cấp và quy mô của công trình xây dựng.

Công nghệ và phương pháp khoan phải đảm bảo lấy được tối đa lõi khoan đất đá tầng phủ, tầng đá các-tơ và vật liệu lấp nhét. Không được sử dụng phương pháp khoan phá, khoan guồng xoắn và bất kỳ kiểu khoan nào khác không đảm bảo thu nhận lõi khoan dưới dạng mẫu hình trụ.

Khoan lấy mẫu trong đá cứng thì tốt nhất bằng khoan rửa hoặc thổi khí, trong đất đá dễ bị rửa xói - khoan tuần hoàn ngược hoặc khoan khô và rút ngắn hiệp khoan xuống 0,5 m đến 1,0 m. Đối với đá



yếu, bị phá huỷ, nứt nẻ mạnh, vật liệu lấp nhét hang hốc cần áp dụng ống khoan nòng đôi và ống mẫu. Chỉ cho phép khoan với dung dịch sét trong trường hợp thật sự cần thiết, với điều kiện không mang lại thiệt hại cơ bản nào cho công tác nghiên cứu địa chất thủy văn. Đối với đất loại sét, đất loại cát không bão hoà hoặc ngậm ít nước thì phương pháp khoan đập với dao vòng rất có hiệu quả, các mẫu đất bờ rời phải được lấy bằng ống mẫu hoặc ống khoan nòng đôi.

Lấy mẫu và mô tả lõi khoan tiến hành theo các quy định bắt buộc hiện hành. Cần tiến hành mô tả lõi khoan một cách chi tiết theo từng lớp: mặt cắt địa chất - thạch học; đặc điểm nứt nẻ, độ rỗng, mức độ phong hoá và phá huỷ; các biểu hiện các-tơ của đá, kích thước và hình dạng hang hốc, đặc điểm lấp nhét; các biểu hiện canxit hoá, đolômit hoá, thạch cao hoá. Mô tả trạng thái lõi khoan: mức độ dập vỡ, rữa xói...

Mô tả khe nứt phải chỉ ra hướng (thẳng đứng, nằm ngang, nghiêng với góc dốc tương ứng), quan hệ với mặt phân lớp, tần số và đặc điểm khe nứt (mở, đóng). Đo chiều rộng vết nứt, đặc điểm bề mặt vết nứt, thành phần, kiến trúc, cấu tạo và trạng thái vật liệu lấp nhét. Nếu lõi khoan được định hướng, tiến hành đo phương vị góc đổ của vết nứt. Trong trường hợp có nhiều kiểu vết nứt, mô tả từng kiểu một và đánh giá đặc điểm phân bố tương đối của chúng. Phải đặc biệt chú ý đến việc mô tả các hang hốc và lỗ hổng của đất đá theo những số liệu: độ sâu sập cần khoan, tốc độ khoan thay đổi đột ngột, tỷ lệ lõi khoan, mức độ và đặc điểm lấp nhét cũng như chế độ rữa xói, mất dung dịch khoan, thay đổi mực nước và những số liệu nghiên cứu địa vật lý lỗ khoan.

Mô tả vật liệu lấp hang hốc các-tơ tiến hành theo từng lớp: chiều dày, thành phần, cấu tạo và trạng thái, kích thước mảnh vỡ, mức độ mài mòn của chúng (đối với các sản phẩm đưa đến bằng cơ học); hình dáng, kích thước và phân bố các tinh thể và các chất kết tụ (đối với các sản phẩm lắng xuống từ dung dịch nước bằng con đường kết tủa). Cũng bằng phương pháp đó, mô tả vật liệu lấp nhét cho lỗ hổng, đánh giá mức độ lấp nhét của chúng.

Trong quá trình khoan nhất thiết phải có những quan trắc địa chất thủy văn: những khoảng độ sâu, mà ở đó dung dịch khoan luân chuyển khác nhau (luân chuyển bình thường, mất một phần dung dịch, mất toàn bộ dung dịch); độ sâu xuất hiện nước ngầm, quan trắc sự phục hồi và mức nước ổn định (đối với tầng chứa nước); mức nước ổn định (tĩnh) đối với từng khoảng bị mất dung dịch khoan; mức nước ngầm ở đầu ca và cuối ca khoan; những khoảng độ sâu (địa tầng) nước tự trào và áp lực của chúng; hiện tượng khí thoát ra từ lỗ khoan, nhiệt độ nước; lấy mẫu nước và khí để thí nghiệm trong phòng.

Trong tất cả các lỗ khoan nghiên cứu các-tơ nhất thiết phải tiến hành các khảo sát địa vật lý, ít nhất cũng phải là carota. Áp dụng tổ hợp các phương pháp địa vật lý trong việc nghiên cứu lỗ khoan và khoảng không lân cận lỗ khoan sẽ cho kết quả tốt nhất. Tất cả các lỗ khoan (trừ các lỗ khoan quan trắc) ngay sau khi khoan kết thúc các thí nghiệm cần thiết (carota, ĐCTV) cần phải được loại bỏ (trám lỗ khoan).

Các công trình khai đào (giếng, hào, rãnh thăm dò...) cho phép nghiên cứu một cách đầy đủ hơn, so với biện pháp khoan, về nứt nẻ, mức độ các-tơ hoá của đá, thành phần, tính chất và trạng thái của lớp phủ, các hang hốc, các đới bị suy yếu, các đới đỡ tải trong tầng phủ, nghiên cứu cấu trúc phổ các-tơ và các loại hình các-tơ khác. Phương pháp và nội dung mô tả đất đá, độ nứt nẻ, mức độ các-tơ hoá về cơ bản tương tự như đã mô tả ở trên. Trong các công trình khai đào cũng tiến hành tất cả các thí nghiệm hiện trường ĐCCT, ĐCTV, ĐVL, mà đã được luận chứng trong đề cương khảo sát. Trong một số trường hợp khi khảo sát phục vụ một số hạng mục công trình đặc biệt quan trọng thì hồ đào sâu và hào thăm dò là quan trọng và hợp lý hơn cả.

### **6.8 Phương pháp nghiên cứu địa chất thủy văn**

Nghiên cứu ĐCTV trong vùng các-tơ nhằm giải quyết các nhiệm vụ sau: đánh giá diện phân bố, điều kiện thể nằm, độ dày các tầng chứa nước thuộc tầng phủ, tầng đá các-tơ và đá nằm dưới, các thông số ĐCTV của chúng (hệ số thấm...), mức nước, nhiệt độ, thành phần hoá học, chế độ, quy luật chuyển động của nước ngầm, điều kiện cấp nước và thoát nước, mối quan hệ giữa các tầng chứa nước với nước mặt; đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố nhân sinh đến biến đổi điều kiện địa chất thủy văn và vai trò bảo vệ của các tầng cách nước; đánh giá khả năng hoà tan của nước ngầm và nước mặt đối với các đá các-tơ và vai trò của chúng trong phát triển các-tơ, sụt, lún các lớp và mặt đất.

Nội dung nghiên cứu ĐCTV bao gồm: thu thập, phân tích và tổng hợp số liệu địa chất thủy văn, điều tra ĐCTV các-tơ, thí nghiệm thăm, quan trắc ĐCTV, nghiên cứu ĐCTV chuyên dụng và thủy địa hoá. Điều tra và quan trắc ĐCTV được tiến hành theo các quy định chung hiện hành có chú ý thêm về đặc thù ĐCTV trong vùng các-tơ. Các thí nghiệm thăm hiện trường bao gồm: bơm hút thử, bơm hút thực nghiệm, bơm hút đơn, bơm hút chùm; ép nước, ép khí lỗ khoan; đổ nước hố khoan và hố đào; các phương pháp chỉ thị (hoá học, hoá điện, so màu, chỉ thị phóng xạ).

Bơm hút thử được thực hiện nhằm mục đích đánh giá sơ bộ tính sùng nước và tính thấm nước, lựa chọn vị trí đặt bơm hút thực nghiệm và đánh giá sơ bộ mức độ phát triển các-tơ của các đới khác nhau.

Bơm hút thực nghiệm từ những lỗ khoan đơn nhằm mục đích xác định hệ số thấm trong các trường hợp không đòi hỏi độ chính xác quá cao. Trên cơ sở một số lượng lớn các đợt bơm hút thực nghiệm từ những lỗ khoan đơn có thể đánh giá được đặc tính thấm nước của các đới có mức độ phát triển các-tơ khác nhau cũng như những đặc điểm chung nhất về lãnh thổ nghiên cứu.

Bơm hút chùm thực nghiệm được tiến hành với mục đích xác định giá trị tính toán của hệ số thấm, hệ số dẫn nước và hệ số xả nước, mối quan hệ giữa các tầng chứa nước, mối quan hệ nước ngầm với nước mặt. Bơm hút chùm trong đá các-tơ nên có không dưới hai tia lỗ khoan quan trắc, ngoài ra với mục đích nghiên cứu dị hướng theo phương nằm ngang, một tia bố trí theo hướng nứt nẻ phổ biến nhất, còn tia kia thì vuông góc với hướng đó. Trong trường hợp nếu một lỗ khoan trung tâm không đủ để hạ thấp mức nước cần thiết thì tiến hành bơm hút theo nhóm (từ hai lỗ khoan trở lên). Chú ý không

bơm hút với thời gian dài, không đổ nước ở gần nhà và công trình để tránh các tác động gây mất ổn định.

Lựa chọn vị trí lỗ khoan và cụm lỗ khoan thí nghiệm thẩm thực nghiệm cần phải tiến hành trên cơ sở phân tích tính không đồng nhất về điều kiện ĐCTV theo số liệu điều tra các-tơ, khoan thăm dò, quan trắc ĐCTV trong khi khoan, bơm hút - đổ nước nhanh, theo kết quả carota và thí nghiệm ĐVL hiện trường.

Đổ và ép nước thực nghiệm để: đánh giá độ thấm nước của đất đá không chứa nước; đánh giá khả năng hút nước của đất đá phục vụ cho công tác phụt xi măng; thay thế các công tác bơm hút thử. Điều kiện thực hiện thí nghiệm đổ và ép nước trong vùng các-tơ về cơ bản cũng giống như đối với trường hợp bơm hút.

Xác định hướng và vận tốc chuyển động của nước ngầm thực hiện bằng cách sử dụng các chất chỉ thị đưa vào lỗ khoan và nơi thu nước bề mặt, sau đó thu nước ở những điểm khác trong lỗ khoan hoặc tại nguồn nước. Chất chỉ thị được dùng là các chất màu (vàng huỳnh quang, Eozin, Eritrozin, đỏ Công - gô, xanh Metilen, xanh lơ Anilin...), các chất hoà tan (Natri clorua, Liti clorua...), dầu hoả, các đồng vị phóng xạ (nếu đáp ứng các yêu cầu về vệ sinh) và mùn cưa. Việc thu hồi các chất chỉ thị thực hiện bằng trực quan, so màu, hoá học, điện hoá học, phóng xạ, cũng như phương pháp hấp thụ chất vàng huỳnh quang của than hoạt tính.

Trong trường hợp cần thiết, phải thực hiện những thí nghiệm ĐCTV chuyên dụng như: quan sát hiện trường quá trình hoà tan của đá do nước ngầm và nước mặt tại các vết lộ tự nhiên và vết lộ nhân tạo và trên các mẫu vật đưa vào lỗ khoan, vào những chỗ xuất lộ nước ngầm tại các hố đào và hang động, các nguồn nước các-tơ...; thí nghiệm ngoài trời nghiên cứu đặc điểm rửa trôi và xói ngầm mang vật liệu ra khỏi chỗ rỗng và khe nứt trong đất đá; thí nghiệm bơm phụt dung dịch xi măng, các vật liệu trơ...vào đất đá nứt nẻ; nghiên cứu trong phòng thí nghiệm quá trình hoà tan trong đá các-tơ và trong tầng phủ, quá trình biến dạng thấm - trọng lực trong đất đá nằm trên đá các-tơ; dựng mô hình thủy động lực trên các máy tính, các mô hình hoà tan thủy động lực của đất đá trên máy tính, các tính toán thủy địa cơ học.

### **6.9 Phương pháp thí nghiệm đất đá tại hiện trường**

Trong vùng các-tơ có thể áp dụng những phương pháp nghiên cứu hiện trường: thí nghiệm bần nén, nén thành hố khoan, cắt và đẩy trong hố đào, cắt quay, vi xuyên... để xác định độ bền và biến dạng của đất đá tầng phủ nằm dưới móng dự kiến của công trình.

Với đặc tính không đồng nhất của môi trường địa chất trong vùng các-tơ phải sử dụng tối đa khả năng của xuyên động, xuyên tĩnh để giải quyết các bài toán đặc thù của vùng các-tơ: khoanh vùng các đới dõ tải yếu và hang hốc trong tầng phủ; khoanh vùng đất yếu thuộc các dạng địa hình các-tơ bề mặt và địa hình các-tơ trũng thấp; chính xác hoá mặt cắt địa chất, trong đó có việc xác định bề mặt đá cứng.

### **6.10 Phương pháp thí nghiệm trong phòng và nghiên cứu thử nghiệm**

Thí nghiệm trong phòng bao gồm: xác định thành phần, trạng thái và tính chất cơ lý của đá hoà tan và không hoà tan của tầng các-tơ hoá và tầng phủ; nghiên cứu vật liệu lấp nhét hang hốc các-tơ và các vết nứt; xác định thành phần hoá học của nước ngầm, nước mặt, xác định khả năng ăn mòn của chúng đối với các đá các-tơ. Các nghiên cứu thực nghiệm (nếu cần) bao gồm: mô hình hoá học động để nghiên cứu quá trình hoà tan của đá cacbonat; mô hình vật liệu tương đương để nghiên cứu quá trình trọng lực ở trên các hang hốc; mô hình thủy địa cơ học để nghiên cứu các biến dạng thấm trọng lực. Các phương pháp xác định tuổi của hang hốc và phổ các-tơ (nếu cần): thạch học - khoáng vật; bào tử phấn hoa; khảo cổ học và đồng vị phóng xạ.

Khi lấy mẫu nước, phải đo nhiệt độ của nó và xác định ngay tại hiện trường độ pH, thành phần  $\text{CO}_2$  tự do và những thành phần không bền vững khác ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ). Các nội dung phân tích hoá học để đánh giá khả năng ăn mòn của nước đối với đá các-tơ và vận tốc hoà tan đá ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{SiO}_2$ , hàm lượng khoáng hoá) được xác định trong phòng thí nghiệm. Ngoài ra, còn phải xác định định lượng độ trong suốt, các chất lơ lửng, các chất kết tủa, màu, mùi vị.

Đối với đá phải xác định: tỷ trọng, độ ẩm tự nhiên và độ hút ẩm, dung trọng tự nhiên và dung trọng ở trạng thái khô và bão hoà nước, độ bền nén một trục trong trạng thái khô gió và bão hoà nước, phải tính toán hệ số hoá mềm, độ rỗng mở và kín. Trong trường hợp cần thiết, phải xác định độ bền kéo, hệ số phong hoá, hệ số ổn định theo Protodiyakov, khả năng hoà tan trong nước (có tính đến thành phần hoá học và nhiệt độ nước ngầm), hệ số và vận tốc hoà tan.

Đối với đất loại sét, đất loại cát, đất hạt thô phải thực hiện các thí nghiệm trong phòng để xác định tính chất cơ lý của chúng bao gồm: thành phần hạt, tỷ trọng, dung trọng tự nhiên, dung trọng của đất cát ở 2 trạng thái nén giới hạn, độ ẩm tự nhiên và độ hút ẩm, các giới hạn, độ trương nở, độ co ngót, độ tan rã, góc nghỉ tự nhiên, hệ số thấm, sức bền nén một trục, sức chống cắt, sức kháng xuyên, hoạt tính ăn mòn và nhiều tính chất khác.

Các nghiên cứu thực nghiệm bao gồm cả mô hình hoá dùng để: xác định định lượng quy luật phát triển các-tơ; vận tốc hoà tan đá, cơ chế biến dạng do các-tơ...; dự báo sự phát triển các-tơ theo thời gian và không gian dưới tác động của các yếu tố tự nhiên và nhân sinh; đánh giá mức độ nguy hiểm của các hang hốc các-tơ đã được khám phá. Xác định các thông số để thiết kế các biện pháp xử lý các-tơ.

Mô hình hoá học động, dùng cho nghiên cứu thực nghiệm quá trình hoà tan trong đá các-tơ và đất đá tầng phủ (khử kiềm của muối, hoà tan xi măng cacbonat gắn kết đất mảnh vụn lớn...).

Mô hình vật liệu tương đương được sử dụng để nghiên cứu thực nghiệm các quá trình trọng lực khác nhau diễn ra ở phía trên các hang hốc các-tơ (gãy và nứt mái hang hốc các-tơ, dịch chuyển trọng lực đất đá vào hang hốc các-tơ). Vật liệu sử dụng là các hỗn hợp dạng bột khác nhau của các khoáng vật cứng được gắn kết bằng vazelin, dầu kỹ thuật, paraphin, thạch cao...

Mô hình thủy địa cơ học được áp dụng cho nghiên cứu thực nghiệm các biến dạng thấm - trọng lực, xảy ra trong các đất đá bão hoà nước nằm trên các hang hốc các-tơ hoặc nằm trên các chỗ bị phá huỷ của tầng cách nước do các-tơ. Để lập mô hình nên sử dụng các máng thấm, có thể là vuông góc, rẽ quạt hoặc hình trụ.

Để xác định tuổi hang hốc và phổ các-tơ có thể sử dụng các nghiên cứu thạch học - khoáng vật (nghiên cứu các hợp thể khoáng), các phương pháp bào tử phấn hoa, cổ sinh, khảo cổ học và phóng xạ. Phân tích bào tử phấn hoa các mẫu vật lấy từ các trầm tích trong hang hốc hay phổ các-tơ cho phép thiết lập các giai đoạn thay đổi về giới thực vật xảy ra từ thời hình thành phổ (vật liệu lấp nhét hang hốc các-tơ) và xác định tuổi của nó. Phương pháp phóng xạ dựa trên việc xác định số lượng đồng vị phóng xạ  $C^{14}$  trong các trầm tích của phổ và trong vật liệu lấp nhét các hang hốc các-tơ.

Để dự đoán sự phát triển các-tơ trong điều kiện tự nhiên và trong điều kiện bị biến đổi do các yếu tố nhân sinh có thể sử dụng mô hình thủy động lực trên máy tính điện tử. Các nghiên cứu thử nghiệm trong phòng và mô hình hoá phải tiến hành theo đề cương bổ sung và thống nhất với chủ đầu tư.

### 6.11 Phương pháp quan trắc định kỳ

Khảo sát để thiết kế các công trình lớn và phức tạp, kể cả những công trình không lớn lắm nhưng khi có nhu cầu, phải tiến hành quan trắc định kỳ điều kiện và động thái phát triển các-tơ, những biểu hiện của chúng trên mặt đất, trong tầng đá các-tơ và trong tầng phủ. Thành phần quan trắc bao gồm: chế độ nước ngầm, nước mặt, lún mặt đất, biến đổi địa hình, biến dạng và hư hại công trình.

Quan sát chế độ nước mặt và nước ngầm được tiến hành không dưới một năm thủy văn nhằm mục đích: quy hoạch vùng lãnh thổ theo điều kiện phát triển các-tơ (phân chia các vùng theo loại hình chế độ nước ngầm); xác định mức độ các-tơ hoá, độ dẫn nước và khả năng chứa nước của đá trong môi trường địa chất; nghiên cứu mối quan hệ tương hỗ giữa các tầng nước ngầm và nước mặt; tính thấm từ các hồ chứa nước, tính khuếch tán dòng chảy vào hố móng; đánh giá khả năng ngập xũng nước và tính toán các công trình thoát nước; xác định số lượng vật chất hoà tan bị mang khỏi khối đá các-tơ qua các khoảng thời gian nhất định. Số liệu này cần thiết để kiểm tra ảnh hưởng nhân sinh đối với sự phát triển các-tơ và dự báo phát triển các-tơ trong tương lai có tính đến những yếu tố tự nhiên và yếu tố nhân sinh.

Quan trắc chế độ nước ngầm được tiến hành tại nguồn nước, các tuyến lỗ khoan quan trắc, các lỗ và giếng khoan độc lập, trong hang động các-tơ và ở nhiều nơi khác. Quan trắc phải tiến hành cho từng tầng chứa nước trong đá các-tơ và trong tầng phủ, khi cần thiết quan trắc cả những tầng chứa nước trong các đá lót đáy. Để làm được điều này cần trang bị các nhóm lỗ khoan quan trắc. Nội dung quan trắc chế độ bao gồm: đo mức nước, đo lưu lượng (nguồn và các lỗ khoan tự trào), xác định thành phần hoá học và đo nhiệt độ nước.

Để nghiên cứu chế độ nước mặt và mối quan hệ giữa chúng với nước ngầm phải sử dụng các số liệu khí tượng thủy văn: lượng mưa, dòng chảy, bay hơi, thấm, nhiệt độ không khí...

Khi tiến hành quan sát chế độ nước bề mặt và nước ngầm cần sử dụng các phương pháp địa vật lý. Đặc biệt là đo trở suất và đo nhiệt độ là phương pháp có hiệu quả cao. Trong một số trường hợp có thể phải thực hiện các thử nghiệm thả các chất chỉ thị để nghiên cứu vận tốc của nước ngầm vào những mùa và năm khác nhau.

Khi xây dựng mạng quan trắc chế độ nước mặt và nước ngầm cần tính đến các lỗ khoan khai thác và các công trình thuỷ công và sử dụng các số liệu đã quan trắc của chúng. Trong trường hợp các số liệu kể trên không đủ thì tổ chức quan trắc thêm về ảnh hưởng của các lỗ khoan khai thác và các công trình thuỷ công đến chế độ nước.

Để làm rõ vai trò của nước thải công nghiệp và các chất thải rắn đối với phát triển các-tơ, tại những nơi thu gom và chôn cất chúng phải tiến hành mạng quan trắc chuyên dụng bao gồm: quan trắc các dòng chảy công nghiệp (lưu lượng, nhiệt độ và thành phần hoá học), các dị thường ô nhiễm nước ngầm và nước mặt.

Quan trắc định kỳ các biểu hiện và phát triển các-tơ, biến dạng nhà và công trình được tổ chức trên cơ sở thị sát các-tơ tỷ lệ 1:2 000 hay lớn hơn, thị sát định kỳ nhà và các công trình, thiết lập quan trắc đối với các biến dạng phát hiện được. So sánh các số liệu quan trắc biến dạng theo các mốc biến dạng gắn trong kết cấu công trình, các mốc sâu, các mốc nông cho phép làm rõ nguyên nhân biến dạng nhà và công trình.

## **6.12 Xử lý số liệu**

Trong giai đoạn thực địa phải thực hiện xử lý sơ bộ tài liệu để kiểm tra và đảm bảo tài liệu có chất lượng và đầy đủ, hệ thống hoá và sơ bộ tổng hợp nhằm hiệu chỉnh kịp thời hướng và nội dung công việc. Trong giai đoạn thực địa phải thiết lập bản đồ tài liệu thực tế và bản đồ này được bổ sung liên tục trong quá trình thực hiện. Trên bản đồ, thể hiện các số liệu thị sát trên mặt đất (điểm thị sát, các biểu hiện các-tơ, biểu hiện xuất lộ nước...), các hố khoan - khai đào, các điểm quan trắc định kỳ..., xây dựng sơ bộ các mặt cắt và bản đồ : địa vật lý, địa chất - thạch học, địa mạo, địa chất thuỷ văn, mức độ phát triển các-tơ bề mặt và dưới sâu, phân vùng địa chất công trình theo điều kiện, đặc điểm và mức độ phát triển các-tơ.

Xử lý nội nghiệp phải kết hợp các số liệu thực địa với các số liệu thí nghiệm trong phòng và mô hình. Tất cả số liệu phải được kiểm tra, hiệu chỉnh và hệ thống lại. Trên cơ sở phân tích và tổng hợp tài liệu tiến hành lập báo cáo kỹ thuật. Báo cáo kỹ thuật gồm phần thuyết minh, các phụ lục văn bản và đồ thị. Nội dung chi tiết của phần thuyết minh phụ thuộc vào mục tiêu, nhiệm vụ, thành phần, nội dung khảo sát của từng giai đoạn.

## **7 Khảo sát ĐCCT giai đoạn trước thiết kế cơ sở**

### **7.1 Mục tiêu khảo sát**

Mục tiêu khảo sát ĐCCT giai đoạn trước thiết kế cơ sở là nhằm đánh giá điều kiện ĐCCT lãnh thổ để lựa chọn phương án đầu tư xây dựng công trình; định giá sơ bộ tổng chi phí công trình; dự kiến các vấn đề ĐCCT phải nghiên cứu kỹ ở giai đoạn sau (về nguyên tắc việc lựa chọn phương án đầu tư xây dựng công trình là do chính quyền các cấp hoặc các cơ quan quy hoạch của địa phương hoạch định).

## 7.2 Nhiệm vụ khảo sát

a) Cấu trúc địa chất: xác định sơ bộ đặc điểm phân bố, thành phần, trạng thái và thể nằm của đất đá tầng phủ và đá các-tơ.

b) Kiến tạo: sơ bộ về hệ thống đứt gãy và bậc của chúng.

c) Tân kiến tạo: sơ lược về các giai đoạn nâng hạ tân kiến tạo và đặc điểm lịch sử phát triển địa chất (nếu có).

d) Thủy văn: đặc điểm mạng sông suối và biến đổi lưu lượng, tổng khoáng hoá của chúng (nếu có).

e) Địa chất thủy văn: sơ bộ phân chia các tầng chứa nước trong khu vực và đặc điểm biến đổi động thái nước ngầm (nếu có).

f) Địa hình - địa mạo: sơ bộ phân chia các đơn vị cấu trúc địa mạo.

g) Các chỉ tiêu cơ lý đất đá: các chỉ tiêu cơ lý của đất đá xác định định tính bằng phương pháp tra bảng hoặc ngoại suy.

h) Liệt kê sơ lược các quá trình địa chất tự nhiên và nhân sinh khác có thể xảy ra trong khu vực.

Về hiện trạng phát triển các-tơ: phân định sơ bộ ranh giới các khu vực có mức độ phát triển các-tơ khác nhau (phân vùng các-tơ). Liệt kê sơ bộ các loại hình các-tơ có mặt trong khu vực; liệt kê các biểu hiện của các-tơ trên mặt đất (các hố sập, phễu, lún...).

## 7.3 Ranh giới khảo sát

Ranh giới khảo sát ĐCCTgiai đoạn trước thiết kế cơ sở phụ thuộc vào quy mô và đặc điểm tác động của công trình, ranh giới khảo sát ĐCCTgiai đoạn trước thiết kế cơ sở được xác định là ranh giới của vùng lãnh thổ dự kiến để tìm kiếm phương án xây dựng công trình trong đó hoặc từ phương án đã dự kiến để lựa chọn phương án tối ưu xây dựng công trình có mở rộng trên cơ sở xác định các yếu tố tự nhiên ảnh hưởng đến quá trình phát triển các-tơ.

## 7.4 Nội dung và khối lượng khảo sát

Các công tác khảo sát ĐCCT giai đoạn trước thiết kế cơ sở tập trung chủ yếu vào thu thập, phân tích, tổng hợp các tài liệu đã có, trong đó có cả các tài liệu ảnh máy bay, thị sát ĐCCT và xử lý số liệu, viết báo cáo. Các công tác khác chưa nên tiến hành.

### 7.4.1 Thu thập, phân tích, tổng hợp các tài liệu đã có

Cần thu thập và lập danh mục các tài liệu chuyên môn đã có sẵn trong phạm vi nghiên cứu bao gồm: các bản đồ địa hình và mạng sông suối; bản đồ địa chất chung; ảnh máy bay (đối với các công trình từ cấp II trở lên và không phải là đơn lẻ); các tài liệu khảo sát trước (nếu có): địa chất công trình, địa chất thuỷ văn, địa vật lý, khí tượng thuỷ văn.

#### **7.4.2 Đo vẽ ĐCCT**

Trên cơ sở các tài liệu thu thập được tiến hành công tác thị sát ĐCCT, trong điều kiện không đủ tài liệu thì tiến hành đo vẽ ĐCCT tỷ lệ 1:50 000 đến 1:25 000, tương ứng với mức độ chi tiết khảo sát ĐCCT và tỷ lệ bản đồ phân vùng ĐCCT cho giai đoạn trước thiết kế cơ sở. Lựa chọn tỷ lệ đo vẽ phụ thuộc vào diện tích khu vực nghiên cứu, mức độ phức tạp của điều kiện ĐCCT và đặc điểm của công trình dự kiến xây dựng.

Đo vẽ ĐCCT vùng lãnh thổ dự kiến hoặc các phương án đã dự kiến và khu vực lân cận phải được tiến hành trên nền địa chất hoặc thạch học-kiến tạo có địa hình với đầy đủ các yếu tố về thạch học đá các-tơ, các yếu tố uốn nếp chính, phá huỷ kiến tạo và các thông số đi kèm: bậc, chiều sâu phân bố, chiều dài, chiều rộng vùng ảnh hưởng. Ngoài vùng dự kiến xây dựng đo vẽ ĐCCT được tiến hành ở tỷ lệ nhỏ hơn. Đo vẽ ĐCCT bao gồm cả nội dung đo vẽ thuỷ văn công trình, trong đó các chỉ tiêu hoá học của nước mặt được xác định ngay tại hiện trường (các chỉ tiêu có thể xác định nhanh).

#### **7.4.3 Xử lý số liệu, viết báo cáo**

Theo kết quả khảo sát, trong giai đoạn xử lý trong phòng phải tiến hành đánh giá sơ bộ điều kiện ĐCCT vùng lãnh thổ dự kiến để tìm kiếm phương án xây dựng hoặc các phương án đã dự kiến, cường độ phát triển các-tơ cũng như mức độ nguy hiểm của các-tơ với công trình dự kiến xây dựng, kiến nghị lựa chọn phương án tối ưu xây dựng công trình và định hướng những nhiệm vụ phải giải quyết ở giai đoạn khảo sát sau (thiết kế cơ sở). Tất cả số liệu khảo sát phải được kiểm tra, hiệu chỉnh và hệ thống hoá, trên cơ sở đó tiến hành lập báo cáo kỹ thuật. Báo cáo kỹ thuật gồm phần thuyết minh và phần phụ lục.

Nội dung của phần thuyết minh như sau:

a) Phần mở đầu bao gồm: cơ sở tiến hành công việc; nhiệm vụ khảo sát ĐCCT; vị trí và diện tích khu vực khảo sát (hoặc các phương án đã dự kiến); các thông số về công trình xây dựng; thành phần, khối lượng, thời hạn, phương pháp và trang thiết bị khảo sát; thành phần những người thực hiện; những điều chỉnh thay đổi so với đề cương khảo sát ĐCCT và thuyết minh cho sự điều chỉnh đó.

b) Phần tổng quan bao gồm: điều kiện địa lý tự nhiên: giới thiệu những thông tin về địa hình, khí hậu, mạng sông suối, điều kiện thuỷ văn, trạng thái vùng lãnh thổ; mức độ nghiên cứu điều kiện tự nhiên: khái quát về lịch sử và hiện trạng nghiên cứu địa chất, địa chất thuỷ văn và địa chất công trình, khí tượng thuỷ văn của khu vực; đánh giá mức độ đáp ứng yêu cầu nghiên cứu các-tơ trong khu vực của tất cả các tài liệu đã thu thập được, giới thiệu những kết quả cơ bản có ý nghĩa đối với việc đánh giá



điều kiện địa chất công trình vùng lãnh thổ; giới thiệu các thông tin về lịch sử khai thác, sử dụng vùng lãnh thổ và về kinh nghiệm xây dựng ở địa phương (nếu có).

c) Điều kiện ĐCCT khu vực nghiên cứu: trình bày và phân tích các yếu tố điều kiện ĐCCT theo nhiệm vụ khảo sát ĐCCT giai đoạn trước thiết kế cơ sở (xem 7.2) bao gồm: đặc điểm địa mạo, cấu trúc địa chất, kiến tạo và tân kiến tạo, thuỷ văn, ĐCTV, đặc điểm phát triển các-tơ, các quá trình địa chất động lực tự nhiên và nhân sinh.

d) Đánh giá điều kiện địa chất công trình: tiến hành phân vùng sơ bộ ĐCCT lãnh thổ theo điều kiện, đặc điểm và mức độ phát triển các-tơ. Trên cơ sở chồng ghép các bản đồ thành phần kể trên tiến hành phân vùng sơ bộ ĐCCT chung cho lãnh thổ, đánh giá, so sánh các khu vực phân chia, dự báo sơ bộ biến đổi điều kiện ĐCCT dưới ảnh hưởng của các hoạt động xây dựng trên lãnh thổ và lựa chọn phương án xây dựng công trình.

e) Kết luận: trình bày ngắn gọn những dữ liệu cơ bản về điều kiện địa chất công trình và những luận điểm cơ bản để khuyến nghị lựa chọn phương án xây dựng công trình. Dự kiến các vấn đề ĐCCT phải nghiên cứu kỹ ở giai đoạn sau.

f) Danh mục tài liệu tham khảo.

Phần phụ lục cần có:

a) Các bản vẽ: bản đồ tài liệu thực tế; bản đồ địa chất; bản đồ địa chất đệ tứ (nếu có); bản đồ địa mạo; sơ đồ địa chất công trình; các sơ đồ phân vùng địa chất công trình theo điều kiện, đặc điểm và mức độ phát triển các-tơ; các mặt cắt địa chất - ĐCCT.

b) Các biểu bảng: các bảng tổng hợp chỉ tiêu cơ lý đất đá, thành phần hoá học nước ngầm và nước mặt.

c) Tài liệu gốc: bản sao đề cương khảo sát ĐCCT; sổ thực địa đo vẽ ĐCCT; album ảnh khi đo vẽ ĐCCT; ảnh máy bay (nếu có); các tài liệu liên quan khác (nếu có).

## **8 Khảo sát ĐCCT giai đoạn thiết kế cơ sở**

### **8.1 Mục tiêu khảo sát**

Mục tiêu khảo sát ĐCCT giai đoạn thiết kế cơ sở là nhằm đánh giá điều kiện ĐCCT để: bố trí sơ bộ các hạng mục công trình; lựa chọn sơ bộ các giải pháp thi công, phương án gia cố nền móng và xử lý các-tơ; định giá tổng chi phí công trình; dự kiến các vấn đề ĐCCT phải nghiên cứu kỹ ở giai đoạn sau.

### **8.2 Nhiệm vụ khảo sát**

Nhiệm vụ khảo sát ĐCCT giai đoạn thiết kế cơ sở là làm sáng tỏ các yếu tố điều kiện ĐCCT và hiện trạng phát triển các-tơ ở mức độ chi tiết khác nhau:

a) Cấu trúc địa chất:

Đối với đất đá tầng phủ: phân chia thành các đơn nguyên địa chất theo mức độ đồng nhất về tuổi - nguồn gốc và thành phần hạt.

Đối với đá gốc: Phân chia theo thành phần thạch học (đá vôi, đolômit, macnơ) và đặc biệt chú ý đến đặc điểm kiến trúc và cấu tạo của đá gốc (đá cacbonat có xen kẹp thấu kính hoặc lớp không liên tục; đá cacbonat xen kẹp nhiều lớp phi cacbonat; xen kẽ giữa đá cacbonat và phi cacbonat; đá cacbonat có cấu tạo hạt thô, hạt nhỏ, đều hạt...).

b) Kiến tạo: xác định đứt gãy và bậc của chúng, chiều dài và chiều rộng đới cà nát, tính chất của đới cà nát.

c) Tân kiến tạo: các giai đoạn nâng hạ tân kiến tạo và đặc điểm lịch sử phát triển địa chất.

d) Thủy văn: đặc điểm biến đổi lưu lượng và tổng khoáng hoá theo chiều dài phát triển mạng sông suối.

e) Địa chất thủy văn: quan hệ giữa nước mặt và nước ngầm, mực nước và thành phần hoá học, khả năng ăn mòn của nước dưới đất, tính thấm của đất đá tầng phủ và đá bị các-tơ hoá.

f) Địa hình - địa mạo: phân chia chính thức các đơn vị cấu trúc địa mạo.

g) Các chỉ tiêu cơ lý đất đá: các chỉ tiêu phân loại đất đá ở dạng max - min. Các chỉ tiêu cơ lý nhận được do thí nghiệm nhanh (dung trọng, tỷ trọng, độ ẩm, độ bền nén một trục, mô đun đàn hồi, thành phần thạch học, thành phần hạt, khả năng trương nở, đặc điểm biến đổi đất đá theo các chỉ tiêu phân loại).

h) Các quá trình địa chất tự nhiên và nhân sinh khác trong khu vực

Về hiện trạng phát triển các-tơ: xác định ranh giới các khu vực có mức độ phát triển các-tơ khác nhau (phân vùng các-tơ); liệt kê toàn bộ các loại hình các-tơ có mặt trong khu vực; liệt kê các biểu hiện của các-tơ trên mặt đất (các hố sập, phễu, lún...); liệt kê các biểu hiện và tồn tại các-tơ ngầm, các đới phá huỷ và giảm tải trong đá các-tơ và tầng phủ, đặc điểm và thành phần chất lấp nhét.

### **8.3 Ranh giới khảo sát**

Ranh giới khảo sát ĐCCTgiai đoạn thiết kế cơ sở là ranh giới của phương án đã lựa chọn xây dựng công trình, các tuyến giao thông nằm ngoài công trình và có mở rộng trên cơ sở xác định các yếu tố tự nhiên ảnh hưởng đến quá trình phát triển các-tơ, điều kiện và lịch sử phát triển các-tơ, cũng như các yếu tố nhân sinh làm gia tăng sự phát triển các-tơ.

### **8.4 Nội dung và khối lượng khảo sát**

Các công tác khảo sát ĐCCT giai đoạn thiết kế cơ sở được sắp xếp theo thứ tự như sau: thu thập, phân tích, tổng hợp các tài liệu đã có; đo vẽ ĐCCT; thăm dò địa vật lý mặt đất; khoan - khai đào; thăm dò địa vật lý lỗ khoan; thí nghiệm ĐCTV; thí nghiệm đất đá tại hiện trường; lấy mẫu thí nghiệm và thí nghiệm trong phòng; xử lý số liệu, viết báo cáo. Trong đó khối lượng công việc tập trung chủ yếu vào:

thu thập, phân tích, tổng hợp các tài liệu đã có, đo vẽ ĐCCT, thăm dò địa vật lý mặt đất, còn các công tác khoan - khai đào, thí nghiệm ĐCTV, ĐVL lỗ khoan lấy mẫu thí nghiệm và thí nghiệm trong phòng nên tiến hành với khối lượng hạn chế.

Đặc điểm của giai đoạn thiết kế cơ sở là công tác khảo sát ĐCCT được tiến hành chủ yếu theo các tuyến đặc trưng.

#### 8.4.1 Thu thập, phân tích, tổng hợp các tài liệu đã có

Cần thu thập và lập danh mục các tài liệu chuyên môn đã có trong phạm vi dự án bao gồm: các bản đồ địa hình và mạng sông suối; bản đồ địa chất chung; ảnh máy bay (đối với các công trình từ cấp II trở lên và không phải là đơn lẻ); các tài liệu khảo sát trước: địa chất công trình, địa chất thủy văn, địa vật lý, khí tượng-thủy văn, báo cáo khảo sát ĐCCT giai đoạn trước thiết kế cơ sở (nếu có).

#### 8.4.2 Đo vẽ ĐCCT

Tỷ lệ đo vẽ ĐCCT tương ứng với mức độ chi tiết khảo sát ĐCCT và tỷ lệ bản đồ phân vùng ĐCCT cho giai đoạn thiết kế cơ sở là 1:10 000 đến 1:5 000. Lựa chọn tỷ lệ đo vẽ phụ thuộc vào diện tích khu vực nghiên cứu, mức độ phức tạp của điều kiện ĐCCT và đặc điểm của công trình dự kiến xây dựng.

Đo vẽ ĐCCT cho phương án đã lựa chọn để xây dựng công trình và khu vực lân cận phải được tiến hành trên nền địa chất hoặc thạch học - kiến tạo có địa hình với đầy đủ các yếu tố về thạch học đá các-tơ, các yếu tố uốn nếp chính, phá huỷ kiến tạo và các thông số đi kèm: bậc, chiều sâu phân bố, chiều dài, chiều rộng vùng ảnh hưởng. Ngoài vùng dự kiến xây dựng, đo vẽ ĐCCT nên tiến hành ở tỷ lệ nhỏ hơn.

Đo vẽ ĐCCT bao gồm cả nội dung đo vẽ thủy văn công trình và đặc biệt chú ý tới nội dung điều tra các-tơ bề mặt.

#### 8.4.3 Thăm dò địa vật lý

Các phương pháp địa vật lý mặt đất (mặt cắt điện, mặt cắt địa chấn) được sử dụng để khảo sát ĐCCT giai đoạn thiết kế cơ sở nhằm xác định và khoanh vùng các khu vực nứt nẻ và các-tơ hoá mạnh, các địa hình các-tơ trũng thấp, còn phương pháp đo sâu điện được sử dụng để xác định chiều sâu phân bố của các vùng đó và tìm kiếm các hang hốc các-tơ. Các phương pháp địa vật lý lỗ khoan (carota tổng thể, phóng xạ lỗ khoan, đo đường kính lỗ khoan) được tiến hành để nghiên cứu định lượng đặc điểm nứt nẻ của đất đá và hang hốc các-tơ.

Các phương pháp địa vật lý mặt đất được sử dụng có hiệu quả trong điều kiện chiều rộng của các đới bị các-tơ hoá không nhỏ hơn 80 m đến 100 m, chiều sâu không quá 30 m đến 40 m và chiều dày tầng phủ không quá 4 m đến 15 m. Theo kết quả thăm dò địa vật lý tiến hành xây dựng các mặt cắt địa vật lý, bản đồ dị thường, phân vùng khu vực theo mức độ phát triển các-tơ, xác định sơ bộ các loại hang hốc và các loại hình các-tơ khác, mà vị trí và kích thước của chúng sẽ được chính xác hoá ở các giai đoạn nghiên cứu tiếp theo .

Các phương pháp đo mặt cắt điện, mặt cắt địa chấn được tiến hành theo các tuyến khảo sát, vị trí của các tuyến được xác định trên cơ sở kết quả điều tra các-tơ bề mặt, tỷ lệ đo vẽ ĐCCT và chiều sâu dự kiến phát triển các-tơ. Khoảng cách giữa các tuyến thay đổi từ 25 m đến 100 m. Các phương pháp đo sâu điện được tiến hành chủ yếu tại các điểm dị thường địa vật lý theo tài liệu đo mặt cắt điện, mặt cắt địa chấn. Các phương pháp địa vật lý lỗ khoan phải được tiến hành ở tất cả các lỗ khoan sâu để nghiên cứu các-tơ.

#### 8.4.4 Khoan - khai đào

Dựa vào kết quả đo vẽ ĐCCT, khảo sát ĐVL mặt đất công tác khoan - khai đào thăm dò sẽ được bố trí nhằm làm rõ thêm cấu trúc địa chất, các hang hốc các-tơ, các đới phá huỷ, lấy mẫu đất đá và nước để thí nghiệm trong phòng, thí nghiệm ĐCTV và ĐVL lỗ khoan.

Khối lượng khoan - khai đào tối thiểu được kiến nghị theo Bảng 1:

**Bảng 1 - Tỷ lệ đo vẽ ĐCCT và khối lượng khoan - khai đào tối thiểu trong vùng các-tơ**

Tỷ lệ đo vẽ ĐCCT	Tổng khối lượng khoan và khai đào /khối lượng hố khoan sâu để nghiên cứu các-tơ trên 1 km <sup>2</sup> (hố)	Khoảng cách giữa các hố khoan sâu (trung bình), (m)
1: 10 000	Từ 9 đến 16 / từ 2 đến 8	Từ 700 đến 350
1: 5 000	Từ 25 đến 50 / từ 8 đến 25	Từ 350 đến 200

#### CHÚ THÍCH:

Số lượng hố khoan và khoảng cách giữa chúng phụ thuộc vào mức độ phức tạp của điều kiện ĐCCT và đặc điểm của công trình xây dựng (cấp công trình, đặc điểm kết cấu và tải trọng tác động, công nghệ thi công, điều kiện xây dựng và khai thác sử dụng) và sẽ được chính xác hoá theo kết quả đo địa vật lý. Nếu cần thiết thì một số hố khoan cho giai đoạn thiết kế cơ sở sẽ được trang bị để quan trắc dài hạn.

Các hố khoan sâu trong giai đoạn thiết kế cơ sở vừa có chức năng thăm dò, vừa có chức năng lỗ khoan kỹ thuật và lỗ khoan chuyên dụng.

#### 8.4.5 Thí nghiệm ĐCTV

Điều kiện ĐCTV được nghiên cứu ở mức độ chi tiết tương ứng với tỷ lệ khảo sát và đo vẽ. Đối với các công trình có mức độ quan trọng không quá cấp II, dự kiến xây dựng trên vùng các-tơ kém phát triển, thì mức độ xũng nước và tính thấm của đá bị các-tơ hoá nứt nẻ có thể xác định theo các dấu hiệu gián tiếp (mức độ nứt nẻ, mức độ các-tơ hoá, mức độ tiêu hao dung dịch khi khoan...).

Để đánh giá mức độ không đồng nhất về tính thấm của đá bị các-tơ hoá theo diện và chiều sâu, cũng như thành phần hoá học của nước phải tiến hành bơm hút hoặc đổ nước hố khoan đơn (thử và thực nghiệm) theo phương pháp thí nghiệm nhanh. Trong trường hợp cần thiết phải tiến hành thí nghiệm trong các hố khoan ĐCTV theo từng khoảng. Số lượng và chiều dài các khoảng thí nghiệm cho mỗi lỗ khoan ĐCTV xác định theo kết quả nghiên cứu địa vật lý lỗ khoan. Số lượng hố khoan sâu được chọn

để thí nghiệm ĐCTV bằng từ 1/2 đến 1/3 số hố khoan sâu nghiên cứu các-tơ. Trong các thí nghiệm ĐCTV phải lấy mẫu nước để phân tích hoá học.

#### 8.4.6 Thí nghiệm đất đá tại hiện trường

Thí nghiệm đất đá tại hiện trường chủ yếu là xuyên động và xuyên tĩnh nhằm xác định các đới lỗ hổng và đỡ tải trong đất đá loại cát và loại sét của tầng phủ. Khối lượng xuyên phụ thuộc vào kết quả đo vẽ ĐCCT và ĐVL mặt đất.

#### 8.4.7 Lấy mẫu thí nghiệm và thí nghiệm trong phòng

Lấy mẫu đất đá cho thí nghiệm trong phòng từ tất cả các hố khoan khảo sát bao gồm: theo các dạng thạch học của đá các-tơ hoá, vật liệu lấp nhét và các đơn nguyên ĐCCT của tầng phủ, mỗi loại một mẫu thí nghiệm trong một hố khoan. Tổng thể không nhỏ hơn sáu mẫu trên một đơn vị địa tầng đã phân chia.

Mẫu nước lấy từ tất cả các tầng nước ngầm bắt gặp trong các hố khoan, các dòng chảy mặt, ao hồ và các dạng nước xuất hiện khác với khối lượng như sau:

- a) Trong các hố khoan: một mẫu thí nghiệm trên một tầng. Tổng thể không nhỏ hơn ba mẫu trên một tầng chứa nước.
- b) Các dòng chảy mặt: lấy mẫu thí nghiệm ở tất cả các vị trí của dòng chảy mặt thay đổi hướng chảy, thay đổi về lưu lượng dòng chảy, thay đổi về điều kiện địa mạo, mỗi vị trí một mẫu.
- c) Mỗi ao hồ và các dạng nước xuất hiện khác lấy một mẫu trên một vị trí, trừ trường hợp phát hiện trong ao hồ có các dị thường đặc biệt như mạch nước nóng, mạch nước lạnh, thì tại mỗi dị thường đó lấy một mẫu thí nghiệm.

#### 8.4.8 Xử lý số liệu, viết báo cáo

Theo kết quả khảo sát trong giai đoạn xử lý nội nghiệp phải tiến hành đánh giá sơ bộ điều kiện, cường độ phát triển các-tơ cũng như mức độ nguy hiểm của các-tơ với công trình dự kiến xây dựng, kiến nghị sử dụng hợp lý lãnh thổ (trong đó có cả kiến nghị loại bỏ các khu vực đặc biệt nguy hiểm), bố trí hợp lý các hạng mục công trình, lựa chọn các giải pháp xử lý các-tơ, soạn thảo được những nhiệm vụ phải giải quyết ở giai đoạn khảo sát thiết kế kỹ thuật tiếp theo.

Tất cả số liệu khảo sát phải được kiểm tra, hiệu chỉnh và hệ thống hoá, trên cơ sở đó tiến hành lập báo cáo kỹ thuật. Báo cáo kỹ thuật gồm phần thuyết minh và phần phụ lục.

Nội dung của phần thuyết minh như sau:

- a) Phần mở đầu bao gồm: nội dung như 7.4.3a) và bổ sung thêm tóm tắt công tác khảo sát ĐCCT đã thực hiện ở giai đoạn trước thiết kế cơ sở (nếu có);
- b) Phần tổng quan: nội dung như 7.4.3b) trên cơ sở bổ sung thêm các số liệu khảo sát của giai đoạn trước;

c) Điều kiện ĐCCT khu vực nghiên cứu: trình bày và phân tích các yếu tố điều kiện ĐCCT theo nhiệm vụ khảo sát ĐCCT giai đoạn thiết kế cơ sở (xem 8.2);

d) Đánh giá điều kiện địa chất công trình: tiến hành phân vùng ĐCCT lãnh thổ theo điều kiện, đặc điểm và mức độ phát triển các-tơ;

e) Kết luận: trình bày những luận điểm cơ bản để khuyến nghị bố trí sơ bộ các hạng mục công trình và sử dụng hợp lý, bảo vệ lãnh thổ, trong đó có những kết luận về đánh giá, dự báo các-tơ, việc sử dụng các khu vực các-tơ phát triển mạnh và những biện pháp phòng chống. Dự kiến các vấn đề ĐCCT phải nghiên cứu kỹ ở giai đoạn sau;

f) Danh mục tài liệu tham khảo.

CHÚ THÍCH: Tùy thuộc vào tính chất tài liệu thu được trong quá trình khảo sát mà có thể sửa đổi cấu trúc báo cáo. Ví dụ, phương pháp khảo sát, kết quả khảo sát địa chất thủy văn, kết quả khảo sát địa vật lý...có thể đưa thành các phần riêng.

Phần phụ lục cần có:

a) Các bản vẽ bao gồm: như 7.4.3, phần phụ lục bổ sung thêm bản đồ địa hình bề mặt đá gốc; bản đồ địa hình bề mặt (hoặc đáy) và độ dày các tầng thạch học quan trọng (nếu cần); bản đồ mực nước, thành phần hoá học và khả năng ăn mòn của nước trong các tầng chứa nước khác nhau; bản đồ địa chất thủy văn.

b) Các biểu bảng bao gồm: như 7.4.3, phần phụ lục.

c) Tài liệu gốc bao gồm: như 7.4.3, phần phụ lục bổ sung thêm danh mục các lỗ khoan, hố đào, các điểm xuyên; các cột địa tầng lỗ khoan, mặt cắt hố đào, các đồ thị xuyên; các tài liệu khảo sát địa vật lý; kết quả thí nghiệm trong phòng; mẫu lưu của các lỗ khoan.

## **9 Khảo sát ĐCCT giai đoạn thiết kế kỹ thuật**

### **9.1 Mục tiêu khảo sát**

Mục tiêu khảo sát ĐCCT giai đoạn thiết kế kỹ thuật là đánh giá đầy đủ và chi tiết điều kiện ĐCCT trên diện tích đã bố trí sơ bộ các hạng mục công trình để: bố trí tối ưu và chính thức các công trình theo mặt bằng; tính toán thiết kế sơ bộ nền móng công trình; tính toán thiết kế sơ bộ xử lý các-tơ; lựa chọn loại móng hợp lý cho công trình; lựa chọn phương pháp khai đào hiệu quả nhất; dự báo quy mô phát triển các quá trình địa chất ảnh hưởng đến điều kiện xây dựng và sử dụng công trình; soạn thảo các giải pháp bảo vệ công trình và nền địa chất khỏi các quá trình địa chất nguy hiểm.

### **9.2 Nhiệm vụ khảo sát**

Nhiệm vụ khảo sát ĐCCT giai đoạn thiết kế kỹ thuật là làm sáng tỏ các yếu tố điều kiện ĐCCT (tối ưu và tương đối đồng đều trên toàn bộ diện tích đã bố trí sơ bộ các hạng mục công trình) và hiện trạng phát triển các-tơ ở mức độ chi tiết như sau:

a) Cấu trúc địa chất: đối với đất đá tầng phủ: phân chia thành các đơn nguyên địa chất công trình như mục 8.2 và chi tiết hơn ở mức độ đồng nhất về trạng thái.

Đối với đá các-tơ: phân chia như ở 8.2 và bổ sung thêm phân chia các đới theo mức độ nứt nẻ và phát triển các-tơ. Đối với đá nằm dưới: thành phần khoáng vật và thể nằm.

b) Kiến tạo: như 8.2 và bổ sung thêm nội dung xác định các hệ thống khe nứt, mật độ, chất lấp nhét trong đới cà nát của các đứt gãy.

c) Thủy văn: như 8.2, trường hợp cần thiết phải bổ sung để có số liệu chi tiết hơn.

d) Địa chất thủy văn: như 8.2 nhưng chi tiết và chính xác hơn, bổ sung thêm nội dung xác định nhiệt độ và chế độ nước ngầm, nguồn cấp, nguồn thoát, miền vận động của nước dưới đất.

e) Địa hình - Địa mạo: như 8.2 và bổ sung thêm nội dung xác định các thung lũng cổ và thành phần lấp đầy của chúng.

f) Các chỉ tiêu cơ lý đất đá: các chỉ tiêu cơ lý của đất đá phải phản ánh đặc tính biến đổi theo không gian, các chỉ tiêu phân loại phải đủ để kiểm tra tính đồng nhất của chúng trong phạm vi phát triển các phân vị đất đá đã phân chia ở trên.

Tính toán các giá trị trung bình, độ lệch quân phương, các chỉ tiêu phân loại cho tất cả các đơn nguyên ĐCCT của tầng phủ, các đới nứt nẻ của đá các-tơ và đá nằm dưới để tìm kiếm giá trị tiêu chuẩn phục vụ cho tính toán sơ bộ công trình.

Về hiện trạng phát triển các-tơ và những biểu hiện của chúng: như 8.2 và bổ sung thêm nội dung xác định: biến dạng nhà và công trình có liên quan với các-tơ; hình dáng, kích thước và phân bố không gian của hang hốc các-tơ ngầm, phân bố các vùng ảnh hưởng và phá huỷ đất đá do các-tơ, đặc điểm và thành phần chất lấp nhét.

Kết quả khảo sát phải đủ cơ sở để chính xác hoá phân vùng địa chất công trình khu vực xây dựng theo điều kiện, đặc điểm và mức độ phát triển các-tơ, đồng thời đánh giá khả năng kích hoạt phát triển các-tơ khi xây dựng và sử dụng công trình, dự báo phát triển các-tơ.

### 9.3 Ranh giới khảo sát

Ranh giới khảo sát ĐCCT giai đoạn thiết kế kỹ thuật là ranh giới đã bố trí sơ bộ các hạng mục công trình có tính đến vùng ảnh hưởng của công trình ngoài phạm vi diện tích xây dựng.

### 9.4 Nội dung và khối lượng khảo sát

Các công tác khảo sát ĐCCT giai đoạn thiết kế kỹ thuật được sắp xếp theo thứ tự như sau: Thu thập, tổng hợp số liệu; đo vẽ ĐCCT; thăm dò địa vật lý mặt đất, khoan - khai đào, địa vật lý lỗ khoan, thí nghiệm ĐCCT hiện trường, thí nghiệm ĐCTV, thí nghiệm trong phòng. Tất cả các công việc hiện trường và trong phòng đều được triển khai với khối lượng lớn. Bắt đầu triển khai quan trắc định kỳ.

Đặc điểm của giai đoạn thiết kế kỹ thuật là các công tác khảo sát ĐCCT được bố trí tối ưu và tương đối đồng đều trong phạm vi diện tích đã bố trí sơ bộ các hạng mục công trình sao cho theo bất kỳ hướng nào cũng có thể xây dựng được mặt cắt ĐCCT và các sơ đồ tính toán để đạt được các mục tiêu và nhiệm vụ của giai đoạn thiết kế kỹ thuật.

#### **9.4.1 Thu thập, tổng hợp số liệu**

Thu thập toàn bộ các số liệu, tài liệu và báo cáo của giai đoạn trước, khi tổng hợp số liệu cần đặc biệt chú ý đến các biểu hiện các-tơ trên bề mặt (hố sập, phễu các-tơ...), kích thước của chúng, thậm chí cả tuổi tương đối, khoanh vùng các khu vực có biểu hiện sập, lún mới và các khu vực chỉ có dấu vết của các hố sập cũ.

#### **9.4.2 Đo vẽ ĐCCT**

Đo vẽ ĐCCT giai đoạn thiết kế kỹ thuật được tiến hành ở tỷ lệ 1:2 000 đến 1:500. Điều tra các-tơ nằm trong nội dung đo vẽ ĐCCT và bao gồm: đo vẽ toàn bộ các biểu hiện các-tơ trên bề mặt đất (lún, sập, khe nứt) có thể liên quan với hang hốc các-tơ dưới sâu; thị sát hiện trạng của các nhà và công trình lân cận, đo vẽ biến dạng và lý giải nguyên nhân, làm rõ những biến đổi các yếu tố tự nhiên và nhân sinh ảnh hưởng đến phát triển các-tơ, đặc điểm phân bố và cường độ phát triển các-tơ từ lần khảo sát trước; mỗi biểu hiện các-tơ trên bề mặt đều được ghi chép, đo vẽ đầy đủ, có hồ sơ riêng, có đánh số trong hồ sơ và dùng trắc địa xác định tọa độ, đưa lên trên bản đồ.

#### **9.4.3 Thăm dò địa vật lý**

Trong giai đoạn thiết kế kỹ thuật công tác thăm dò ĐVL sử dụng các phương pháp sau: đo mặt cắt điện để khoanh định các khu vực nứt nẻ và phát triển các-tơ khác nhau, phát hiện hang hốc các-tơ; đo sâu điện để xác định chiều sâu phát triển của hang hốc các-tơ; đo sâu vòng để xác định thể nằm và cấu trúc của hang hốc.

Địa vật lý lỗ khoan (đo lưu lượng nước lỗ khoan, đường kính lỗ khoan, phóng xạ lỗ khoan, carota lỗ khoan, nhiệt độ lỗ khoan, phương pháp vật thể nhiễm điện) để xác định chính xác đặc điểm phân bố nứt nẻ của đất đá và vị trí hang hốc các-tơ.

Mạng lưới thí nghiệm địa vật lý, chủng loại và kích thước thiết bị phụ thuộc vào tỷ lệ đo vẽ, chiều sâu phân bố đá các-tơ cũng như tính chất dẫn điện và các yếu tố gây nhiễu. Với tỷ lệ khảo sát 1:2 000 đến 1:500, khoảng cách giữa các điểm đo sâu điện tương ứng là 25 m x 25 m đến 10 m x 10 m, còn khoảng cách giữa các điểm đo mặt cắt điện tương ứng là 10 m x 10 m đến 5 m x 5 m, các điểm đo sâu vòng để xác định thể nằm và cấu trúc của hang hốc thường bằng 30 % đến 50 % các điểm đo sâu, khối lượng khảo sát ĐVL lỗ khoan phụ thuộc vào kết quả khoan khảo sát và ĐVL mặt đất. Khối lượng lỗ khoan thăm dò được chỉ định thí nghiệm ĐVL lỗ khoan chiếm 30 % đến 70 % tổng lỗ khoan thăm dò.

#### **9.4.4 Khoan-khai đào**



Khoan-khai đào phải được bố trí phụ thuộc và địa hình-địa mạo, mạng thủy văn, cấu trúc địa chất, đặc điểm cấu trúc - kiến tạo, đặc điểm phân bố các đới dị thường ĐCTV, ĐVL, đặc điểm phân bố không gian các hang hốc các-tơ theo kết quả đo vẽ ĐCCT và nghiên cứu ĐVL. Số lượng lỗ khoan sâu được chỉ định theo Bảng 2.

**Bảng 2 - Tỷ lệ đo vẽ ĐCCT và khối lượng khoan-khai đào tối thiểu trong vùng các-tơ giai đoạn thiết kế kỹ thuật**

Tỷ lệ đo vẽ ĐCCT	Tổng khối lượng khoan và khai đào /khối lượng hố khoan sâu để nghiên cứu các-tơ trên 1 km <sup>2</sup> (hố)	Khoảng cách giữa các hố khoan sâu (trung bình), (m)
1: 2 000	Từ 100 đến 250/lớn hơn 25 (không hạn định)	Từ 200 đến 100
1: 1 000	Từ 300 đến 750/không hạn định	Từ 100 đến 50
1 : 500	Từ 500 đến 1 600/không hạn định	Từ 50 đến 25

Chiều sâu của những lỗ khoan để nghiên cứu tầng phủ, vật chất lấp nhét, khoan vùng các loại hang hốc các-tơ, các đới giảm tải trong tầng phủ, phải được luận chứng trong đề cương nghiên cứu, phụ thuộc vào chiều sâu phát triển các-tơ, kích cỡ của chúng và chiều dày tầng phủ. Ngoài khoan còn phải tiến hành các khai đào bổ sung (giếng thăm dò, hố đào, rãnh) để nghiên cứu đất đá trong tầng phủ và tiến hành các thí nghiệm hiện trường ĐCCT, ĐCTV. Khối lượng khai đào cũng phải được luận chứng trong đề cương nghiên cứu và phụ thuộc vào khối lượng thí nghiệm hiện trường khác ĐCCT, ĐCTV.

#### 9.4.5 Xuyên động, xuyên tĩnh và các phương pháp hiện trường khác

Phương pháp xuyên động, xuyên tĩnh được sử dụng để: xác định và khoan vùng các đới đỡ tải yếu và hang hốc trong tầng phủ; xác định và khoan vùng đất yếu thuộc các dạng địa hình các-tơ bề mặt và địa hình các-tơ trũng thấp; chính xác hoá mặt cắt địa chất và bề mặt đá cứng.

Các phương pháp hiện trường khác được sử dụng để xác định độ bền, biến dạng của tầng phủ dưới móng nhà và công trình dự kiến xây dựng (thí nghiệm bàn nén, cắt và đẩy trong hố đào) được bố trí tại các vị trí mà tầng phủ bị phá huỷ và không bị phá huỷ do các-tơ. Dưới mỗi móng nhà mỗi đơn nguyên ĐCCT phải tiến hành ít nhất ba thí nghiệm.

#### 9.4.6 Thí nghiệm ĐCTV

Nghiên cứu ĐCTV trong giai đoạn thiết kế kỹ thuật phải đảm bảo đầy đủ thông tin để đánh giá đặc điểm ĐCTV tầng phủ, tầng đá các-tơ và tầng lót đáy bao gồm: mực nước và gradient dòng ngầm, các thông số ĐCTV của tầng chứa nước (hệ số thấm, hệ số dẫn nước), thành phần hoá học, nhiệt độ, khả năng ăn mòn, động lực nước ngầm, quan hệ giữa các tầng chứa nước với nhau và với nước mặt, khả năng biến đổi điều kiện ĐCTV khi xây dựng và sử dụng công trình, khả năng kích hoạt phát triển các-tơ.

Lựa chọn các khu vực thí nghiệm thăm, phụ thuộc và đặc điểm không đồng nhất của điều kiện ĐCTV, mức độ phát triển các-tơ theo diện và chiều sâu đã được đánh giá theo các kết quả nghiên cứu khác.

Thí nghiệm ĐCTV trong giai đoạn thiết kế kỹ thuật bao gồm: thí nghiệm bơm hút đơn và thí nghiệm bơm hút cụm, trong đó thí nghiệm bơm hút đơn (bao gồm cả đỡ nước và ép nước) để xác định các vùng chứa nước và dẫn nước khác nhau, còn thí nghiệm bơm hút cụm để xác định các thông số ĐCTV các tầng chứa nước, các khu vực có mức độ phát triển các-tơ khác nhau, mối quan hệ giữa các tầng chứa nước và với nước mặt.

Khối lượng thí nghiệm bơm hút đơn không nhỏ hơn ba thí nghiệm cho mỗi tầng chứa nước các-tơ trong mỗi vùng có mức độ phát triển các-tơ khác nhau. Khối lượng thí nghiệm bơm hút cụm ít nhất là một thí nghiệm cho mỗi tầng chứa nước các-tơ trong mỗi vùng có mức độ phát triển các-tơ khác nhau.

#### **9.4.7 Lấy mẫu thí nghiệm và thí nghiệm trong phòng**

Lấy mẫu cho thí nghiệm trong phòng bao gồm mẫu đất, mẫu đá và mẫu nước.

Mẫu đất được lấy cho tất cả các đơn nguyên địa chất công trình đã phân chia, mẫu đá lấy cho tất cả các phân vị thạch học ở tất cả các đới nứt nẻ và phát triển các-tơ của tầng đá các-tơ và tầng lót đáy. Mẫu nước lấy trong lỗ khoan khi khảo sát, khi thí nghiệm ĐCTV. Mẫu nước phải lấy đồng loạt, cùng thời gian, nhiều lần trong năm phụ thuộc vào động thái, nhưng ít nhất cũng phải theo mùa.

Khối lượng thí nghiệm trong phòng phải được luận chứng trong đề cương khảo sát cho từng đơn nguyên ĐCCT và các phân vị đá gốc bị ảnh hưởng của quá trình các-tơ, phụ thuộc vào độ chính xác yêu cầu (xuất đảm bảo yêu cầu) đánh giá các chỉ tiêu cơ lý, mức độ không đồng nhất của đất đá, cấp công trình. Nếu không có luận chứng cụ thể thì dưới mỗi móng nhà và công trình độc lập đối với mỗi đơn nguyên ĐCCT phải thí nghiệm không dưới mười mẫu chỉ tiêu vật lý và trạng thái sáu mẫu chỉ tiêu cơ học. Mẫu nước thí nghiệm lấy từ mỗi tầng ít nhất ba mẫu (mỗi mùa) để xác định thành phần hoá học, khả năng ăn mòn của nước dưới đất.

#### **9.4.8 Quan trắc định kỳ**

Công tác quan trắc nằm trong nội dung khảo sát ĐCCT để xây dựng các công trình lớn và phức tạp, kể cả các công trình không lớn lắm nhưng có nhu cầu để phát hiện các biểu hiện mới của các-tơ, cũng như nghiên cứu động lực phát triển các loại hình các-tơ đã phát hiện, chu kỳ quan sát phụ thuộc vào mức độ phát triển các-tơ và tầm quan trọng của công trình xây dựng.

Quan trắc động lực nước dưới đất được tiến hành trong các giếng, các tuyến hố khoan, các hố khoan đơn lẻ, các nguồn xuất lộ nước. Mạng và khối lượng quan trắc được luận chứng trong đề cương khảo sát và phụ thuộc vào điều kiện địa chất, ĐCTV khu vực xây dựng, cũng như các yếu tố tác động nhân sinh từ các nguồn khác nhau như: các công trình khai thác nước ngầm, các công trình thủy công, các công trình xử lý, chôn lấp chất thải.

Hàng năm phải theo dõi định kỳ trạng thái của nhà và công trình trong khu vực khảo sát và quan trắc định kỳ các công trình bị lún, biến dạng.

Đối với các công trình nguy hại cho môi trường, cần phải xây dựng hệ thống quan trắc các-tơ, trong đó bao gồm cả các quan trắc định kỳ ĐVL, biến dạng nền móng công trình, mực nước và thành phần hoá học của nước dưới đất.

#### **9.4.9 Xử lý số liệu, viết báo cáo.**

Tất cả số liệu khảo sát phải được kiểm tra, hiệu chỉnh và hệ thống hoá, trên cơ sở đó tiến hành lập báo cáo kỹ thuật. Báo cáo kỹ thuật phải đảm bảo đầy đủ số liệu để giải quyết các mục tiêu đặt ra ở 5.1 và bao gồm 2 phần: thuyết minh và phụ lục.

Nội dung của phần thuyết minh như sau:

- a) Phần mở đầu: nội dung như 8.4.8 a);
- b) Phần tổng quan: nội dung như 8.4.8 b);
- c) Điều kiện ĐCCT khu vực nghiên cứu.

Trình bày và phân tích các yếu tố điều kiện ĐCCT theo nhiệm vụ khảo sát ĐCCT giai đoạn thiết kế kỹ thuật (xem 9.2).

- d) Đánh giá điều kiện địa chất công trình.

Đánh giá, dự báo quy luật (khả năng và cường độ) phát triển các-tơ; đánh giá hiện trạng biến dạng bề mặt đất và phát triển các-tơ ngầm khu vực dự kiến xây dựng; phân vùng các-tơ theo điều kiện, đặc điểm, mức độ phát triển các-tơ; đánh giá mức độ ổn định khu vực dự kiến xây dựng do các-tơ; trên cơ sở của những kết quả khảo sát, trong báo cáo khảo sát phải có kiến nghị các giải pháp phòng chống các-tơ (kết cấu, điều chỉnh ảnh hưởng tác động của nước, chống thấm, gia cố nền móng, các giải pháp công nghệ và khai thác).

- e) Kết luận.

Trình bày những luận điểm cơ bản khuyến nghị bố trí chính thức công trình và sử dụng hợp lý, bảo vệ lãnh thổ, trong đó có những kết luận về đánh giá, dự báo các-tơ, những biện pháp xử lý các-tơ. Dự kiến các vấn đề ĐCCT phải nghiên cứu kỹ ở giai đoạn sau.

- f) Danh mục tài liệu tham khảo.

CHÚ THÍCH: Tùy thuộc vào tính chất tài liệu thu được trong quá trình khảo sát mà có thể sửa đổi cấu trúc báo cáo cho phù hợp.

Phần phụ lục cần có:

- a) Các bản vẽ: nội dung như 8.4.8, phần phụ lục và bổ sung thêm bản đồ các-tơ bề mặt đất và các-tơ ngầm; bản đồ địa chất công trình cắt lớp tại các độ sâu khác nhau (nếu cần).

b) Các biểu bảng: nội dung như 8.4.8, phần phụ lục.

c) Tài liệu gốc: nội dung như 8.4.8, phần phụ lục và bổ sung thêm danh mục các biểu hiện các-tơ trên mặt đất sụt, lún, phểu...; danh mục các biểu hiện các-tơ ngầm.

## **10 Khảo sát ĐCCT giai đoạn thiết kế bản vẽ thi công**

### **10.1 Mục tiêu khảo sát**

Mục tiêu khảo sát ĐCCT giai đoạn bản vẽ thi công là chính xác, chi tiết hoá và đánh giá điều kiện ĐCCT ở từng khu vực xây dựng công trình (trong phạm vi từng vùng ảnh hưởng của các hạng mục công trình) tương ứng với kiến trúc và phương pháp thi công đã thiết kế sao cho các thông tin ĐCCT đó cần và đủ để: hoàn thiện toàn bộ tính toán chính xác cho các hạng mục công trình và nền móng của chúng; hoàn thiện các thiết kế đặc biệt; soạn thảo phương án thi công công trình; thiết kế thi công biện pháp xử lý các-tơ.

Cần chú ý rằng tất cả các yếu tố ĐCCT quan trọng để quyết định điều kiện xây dựng công trình nhất thiết phải được đánh giá định lượng.

### **10.2 Nhiệm vụ khảo sát**

Nhiệm vụ khảo sát ĐCCT giai đoạn bản vẽ thi công là chính xác hoá và chi tiết hoá các yếu tố điều kiện ĐCCT và hiện trạng phát triển các-tơ trong phạm vi vùng ảnh hưởng dự kiến của các hạng mục công trình bao gồm:

a) Cấu trúc địa chất: đối với đất đá tầng phủ: như 9.2 hoặc phân chia theo các giá trị tính toán;

Đối với đá các-tơ: như 9.2;

Đối với đá nằm dưới: thành phần khoáng vật, thể nằm và độ bền của đá.

b) Kiến tạo: như 9.2.;

c) Thủy văn: như 9.2, nhưng số liệu phải có đặc trưng theo mùa;

d) Địa chất thủy văn: như 9.2;

f) Các chỉ tiêu cơ lý đất đá: như 9.2 và bổ sung thêm yêu cầu các chỉ tiêu biến dạng, độ bền xác định bằng các phương pháp hiện trường là chủ yếu.

Về hiện trạng phát triển các-tơ và những biểu hiện của chúng: như 9.2 và bổ sung thêm nội dung dự báo ảnh hưởng của các yếu tố nhân sinh đến phát triển các-tơ ở trên mặt và dưới sâu.

Trên cơ sở các tài liệu kể trên chi tiết hoá và hiệu chỉnh việc đánh giá mức độ và đặc điểm phát triển các-tơ, điều kiện phát triển các-tơ, khả năng kích hoạt nhân sinh phát triển các-tơ, khả năng ổn định của các khu vực xây dựng từng hạng mục công trình độc lập.

### **10.3 Ranh giới khảo sát**

Ranh giới khảo sát ĐCCTgiai đoạn thiết kế bản vẽ thi công là ranh giới của vùng ảnh hưởng dự kiến của từng hạng mục công trình độc lập.

#### **10.4 Nội dung và khối lượng khảo sát**

Các công tác khảo sát ĐCCT giai đoạn thiết kế bản vẽ thi công chỉ bố trí bổ sung dưới hệ thống móng của công trình dự kiến bao gồm: khoan - khai đào và thăm dò địa vật lý chiếm tỷ trọng lớn trong khối lượng khảo sát; xuyên động - xuyên tĩnh và thí nghiệm hiện trường khác cũng như các thí nghiệm trong phòng, thí nghiệm ĐCTV được triển khai với khối lượng nhỏ hơn; quan trắc định kỳ được tiếp tục trong giai đoạn này; xử lý số liệu, viết báo cáo.

##### **10.4.1 Khoan - khai đào**

Công tác khoan trong giai đoạn thiết kế bản vẽ thi công nhằm xác định sự biến đổi mặt cắt ĐCCT, điều kiện ĐCTV, chính xác lại kích thước, hình dạng hang hốc các-tơ, kiểm tra các dị thường ĐVL và nghiên cứu định lượng chi tiết các biểu hiện các-tơ trên mặt đất trong phạm vi vùng ảnh hưởng dự kiến của từng hạng mục công trình độc lập, trong trường hợp cần thiết có thể phải khoan cả ở ngoài phạm vi thiết kế của nhà và công trình.

Số lượng hố khoan trong phạm vi các nhà và công trình phụ thuộc vào tầm quan trọng và kích thước của nhà và công trình, cũng như điều kiện, đặc điểm, mức độ phát triển các-tơ. Khoảng cách giữa các hố khoan được chấp nhận trong khoảng 20 m đến 50 m.

Trong khu vực phân bố đá cứng và nửa cứng ở độ sâu không lớn (dưới 20 m), dưới nền nhà và công trình ở cấp quan trọng (cấp I - II) cần phải tiến hành khoan - khai đào chi tiết hơn, khoảng cách giữa các hố khoan là 10 m đến 20 m và nhỏ hơn, đồng thời cũng phải khoan trực tiếp dưới các móng riêng biệt tại khu vực phát triển các-tơ mạnh để đánh giá chính xác khả năng ổn định của diện tích xây dựng. Các hố khoan phải cắm sâu vào đá cứng-phong hoá nhẹ không dưới 1 m đến 2 m.

Nếu chiều dày tầng phủ và tầng đá các-tơ lớn hơn 30 m đến 50 m, chiều sâu của các hố khoan phải được luận chứng riêng trong đề cương khảo sát. Dưới nền nhà và công trình có tầm quan trọng cấp I - II, 1/3 số hố khoan khảo sát phải cắm vào tầng đá phong hoá nhẹ 5 m. Chiều sâu của các hố khoan còn lại được tính toán theo yêu cầu khảo sát cho các trường hợp khảo sát thông thường khác.

##### **10.4.2 Thăm dò địa vật lý**

Trong giai đoạn thiết kế bản vẽ thi công sử dụng chủ yếu phương pháp đo sâu điện và các phương pháp địa vật lý lỗ khoan nhằm khoanh định chính xác phạm vi phân bố các đới nứt nẻ, các hang hốc các-tơ. Trong tất cả các lỗ khoan sâu đều phải sử dụng các phương pháp ĐVL lỗ khoan (đo lưu lượng nước lỗ khoan, đường kính lỗ khoan, phóng xạ lỗ khoan, carota lỗ khoan, chiếu điện và chiếu âm giữa các lỗ khoan).

##### **10.4.3 Xuyên động - xuyên tĩnh và các thí nghiệm hiện trường khác**

## **TCVN 9402:2012**

Công tác thí nghiệm hiện trường trong giai đoạn bản vẽ thi công được bổ sung để khoanh vùng các đới xung yếu - đỡ tải trong đất dính và bờ rời tầng phủ dưới móng công trình và xác định các chỉ tiêu độ bền và biến dạng của chúng khi cần thiết. Các phương pháp thí nghiệm bao gồm: xuyên đồng, xuyên tĩnh cắt cánh, nén thành hố khoan, nén và cắt, đẩy trong hố đào. Khối lượng thí nghiệm được luận chứng trong đề cương khảo sát.

### **10.4.4 Nghiên cứu ĐCTV**

Nghiên cứu ĐCTV trong giai đoạn thiết kế bản vẽ thi công được bổ sung để chính xác hoá các thông số ĐCTV (mức nước, gradien dòng thấm, hệ số thấm, hệ số dẫn nước, thành phần hoá học, nhiệt độ, khả năng ăn mòn, động lực nước ngầm, quan hệ giữa các tầng chứa nước với nhau và với nước mặt) cho dự báo biến đổi điều kiện ĐCTV và giải quyết các bài toán thiết kế hệ thống hạ thấp mực nước, thiết kế các giải pháp chống thấm.

Thí nghiệm ĐCTV trong giai đoạn thiết kế bản vẽ thi công chủ yếu thí nghiệm bơm hút cụm được bố trí trong phạm vi hố móng và trực tiếp tại các vị trí thiết kế hệ thống chống thấm, hệ thống hạ thấp mực nước, hệ thống thoát nước... Khối lượng thí nghiệm bơm hút cụm ít nhất là một thí nghiệm cho mỗi tầng chứa nước các-tơ trong mỗi vùng có mức độ phát triển các-tơ khác nhau (có tính đến thí nghiệm của giai đoạn trước).

### **10.4.5 Lấy mẫu thí nghiệm, thí nghiệm trong phòng và nghiên cứu thử nghiệm**

Lấy mẫu cho thí nghiệm trong phòng bao gồm mẫu đất, mẫu đá và mẫu nước từ các hố khoan và hố đào.

Thí nghiệm các chỉ tiêu cơ lý của đất đá được tiến hành cho tất cả các đơn nguyên địa chất công trình đã phân chia trong phạm vi từng công trình độc lập hoặc nhóm công trình. Số lượng thí nghiệm tối ưu (để xác định các giá trị tiêu chuẩn và các giá trị tính toán) phải được tính toán và luận chứng cụ thể trong đề cương khảo sát, phụ thuộc vào mức độ không đồng nhất của đất đá, độ chính xác yêu cầu (xuất đảm bảo yêu cầu) thí nghiệm, cấp công trình xây dựng. Trong trường hợp không có dữ liệu để tính toán khối lượng thí nghiệm tối ưu thì dưới mỗi móng của công trình độc lập đối với mỗi đơn nguyên ĐCCT phải thí nghiệm không dưới mười mẫu chỉ tiêu vật lý và trạng thái, sáu mẫu chỉ tiêu cơ học (kể cả các mẫu đã thí nghiệm ở giai đoạn trước). Mẫu nước thí nghiệm lấy từ mỗi tầng ít nhất ba mẫu (mỗi mùa) để xác định thành phần hoá học, khả năng ăn mòn của nước dưới đất.

Trong giai đoạn bản vẽ thi công nếu xét thấy cần thiết có thể tiến hành các nghiên cứu thử nghiệm trong phòng và mô hình hoá phải theo đề cương bổ sung và được chủ đầu tư chấp thuận.

### **10.4.6 Quan trắc định kỳ**

Quan trắc định kỳ bắt đầu từ giai đoạn khảo sát trước, phải được tiếp tục ở giai đoạn thiết kế bản vẽ thi công. Lưới và nội dung quan trắc có thể được hiệu chỉnh theo kết quả nghiên cứu thực tế.

### **10.4.7 Xử lý số liệu, viết báo cáo**

Tất cả các số liệu khảo sát hiện trường, thí nghiệm trong phòng, nghiên cứu thử nghiệm, quan trắc định kỳ phải được xử lý, phân tích và hệ thống hoá, đảm bảo đầy đủ số liệu để giải quyết các mục tiêu đặt ra ở 10.1. Báo cáo kỹ thuật bao gồm 2 phần: thuyết minh và phụ lục.

Nội dung của phần thuyết minh như sau:

- a) Phần mở đầu: nội dung (xem 9.4.9 a));
- b) Phần tổng quan: nội dung (xem 9.4.9 a));
- c) Điều kiện ĐCCT khu vực nghiên cứu: trình bày và phân tích các yếu tố điều kiện ĐCCT và hiện trạng phát triển các-tơ theo nhiệm vụ khảo sát ĐCCT giai đoạn thiết kế kỹ thuật (xem 10.2);
- d) Đánh giá điều kiện địa chất công trình: đánh giá, dự báo bổ sung quy luật (khả năng và cường độ) phát triển các-tơ (nếu cần thiết); đánh giá bổ sung hiện trạng biến dạng bề mặt đất và phát triển các-tơ ngầm khu vực dự kiến xây dựng (nếu cần thiết); đánh giá bổ sung mức độ ổn định của diện tích dự kiến xây dựng do các-tơ (chính xác hoá); trên cơ sở của những kết quả khảo sát, trong báo cáo khảo sát phải có kiến nghị chính thức về các giải pháp xử lý các-tơ, kiến nghị về các nội dung quan trắc tiếp theo (nếu cần thiết);
- e) Kết luận: trình bày ngắn gọn những luận điểm cơ bản khuyến nghị chính thức về thiết kế nền móng công trình và xử lý các-tơ. Dự kiến các nội dung quan trắc ở giai đoạn xây dựng và sử dụng công trình (nếu cần thiết);
- f) Danh mục tài liệu tham khảo.

CHÚ THÍCH: Tùy thuộc vào tính chất tài liệu thu được trong quá trình khảo sát mà có thể sửa đổi cấu trúc báo cáo cho phù hợp.

Phần phụ lục cần có:

- a) Các bản vẽ: nội dung (xem 9.4.9, phần phụ lục);
- b) Các biểu bảng: nội dung (xem 9.4.9, phần phụ lục);
- c) Tài liệu gốc: nội dung (xem 9.4.9, phần phụ lục).

**Phụ lục A**

(Tham khảo)

**Đánh giá điều kiện địa chất công trình trong vùng các-tơ****A.1 Phân vùng địa chất công trình lãnh thổ theo điều kiện, mức độ và đặc điểm phát triển các-tơ.**

**A.1.1** Trên cơ sở của những kết quả khảo sát có thể phân vùng lãnh thổ các-tơ theo cường độ phát triển các hố sập mặt đất và đường kính trung bình của các hố sập (Bảng A.1, A.2).

**Bảng A.1 - Phân vùng lãnh thổ phát triển các-tơ theo cường độ phát triển các hố sập mặt đất**

<b>Phạm trù ổn định lãnh thổ phát triển các-tơ</b>	<b>Cường độ phát triển các hố sập mặt đất (hố/km<sup>2</sup>năm)</b>
Vùng I	Trên 1,0
Vùng II	Từ 0,1 đến 1,0
Vùng III	Từ 0,05 đến 0,1
Vùng IV	Từ 0,01 đến 0,05
Vùng V	Nhỏ hơn 0,01
Vùng VI	Không có khả năng sập mặt đất do các-tơ

**Bảng A.2 - Phân vùng lãnh thổ phát triển các-tơ theo đường kính trung bình của các hố sập mặt đất**

<b>Phạm trù ổn định lãnh thổ phát triển các-tơ</b>	<b>Đường kính trung bình của các hố sập (m)</b>
A	lớn hơn 20 m
B	từ 10 m đến 20 m
C	từ 3 m đến 10 m
Đ	nhỏ hơn 3 m



**A.1.2** Phân vùng địa chất công trình là cơ sở đánh giá vùng lãnh thổ phát triển các-tơ phục vụ xây dựng. Các kết quả phân vùng giúp cho các đơn vị thiết kế xác định mức độ phù hợp của phần diện tích đã chọn cho công tác xây dựng nhà và công trình, lựa chọn và thiết kế các biện pháp bảo vệ hữu hiệu nhất trong những trường hợp cụ thể.

**A.1.3** Các yêu cầu đối với phân vùng được xác định bằng tỷ lệ của nó, đồng thời phụ thuộc vào các điều kiện tự nhiên và nhu cầu đặc thù của bài toán thiết kế. Tỷ lệ phân vùng được lựa chọn thuộc vào giai đoạn thiết kế.

**A.1.4** Phân vùng được mô tả trên bản đồ tỷ lệ đã chọn, tỷ lệ này xác định các thang bậc phân chia lãnh thổ (vùng, khoảnh...) và chi tiết phân chia .

**A.1.5** Phân vùng được thực hiện

a) Theo điều kiện phát triển các-tơ, có tính đến các điều kiện xuất hiện chúng trên mặt đất.

b) Theo mức độ và đặc điểm phát triển các-tơ, bao gồm cả mức độ và đặc điểm xuất hiện các-tơ trên mặt đất.

Phân chia các vùng, khu, khoảnh... được tiến hành theo cách xếp chồng bản đồ mức độ và đặc điểm phát triển các-tơ lên trên bản đồ điều kiện phát triển của nó, đối chiếu và kết hợp chúng. Cần chú ý rằng các ranh giới phát triển các-tơ không phải lúc nào cũng trùng khớp với các ranh giới địa chất và địa mạo, nhiều khi sự phát triển các-tơ tiến sát đến các ranh giới đó.

**A.1.6** Cơ sở cơ bản của phân vùng là phân tích lịch sử địa chất về điều kiện phát triển các-tơ. Có bốn điều kiện như vậy (xem 8.1).

Ngoài ra, phân vùng theo điều kiện phát triển các-tơ cần phải lưu ý các điều kiện phát triển xói ngầm, dịch chuyển và sập lở của đất đá cũng như các quá trình khác tham gia vào sự hình thành hang hốc, các đới bị phá huỷ và dỡ tải trong các đá các-tơ và tầng phủ, đồng thời cũng phải lưu ý tới sự hình thành các hố sập và lún bề mặt đất.

**A.1.7** Trong phân vùng cần nghiên cứu và sử dụng các quy luật phát triển các-tơ. Quy luật được phân loại thành: quy luật chung, quy luật khu vực và quy luật địa phương ở các cấp độ khác nhau.

**A.1.8** Những quy luật chung quan trọng nhất cần tính đến trong phân vùng là:

a) Sự phát triển tích cực của các-tơ trong các đá hoà tan diễn ra ở các đới có sự trao đổi nước tích cực;

b) sự phát triển các-tơ được xác định bởi toàn bộ lịch sử phát triển của nó trong quá khứ, hiện tại và tương lai. Trong đó, rút ra được một loạt các quy luật chung khác như: mức độ phát triển các-tơ giảm theo độ sâu (với các điều kiện khác là tương đương); các-tơ phát triển mạnh hơn ở gần thung lũng và giảm dần theo hướng đến đường phân thủy; các-tơ phát triển và phân bố trong các đới nứt nẻ mạnh, đới phá huỷ kiến tạo, dưới mực ăn mòn cơ sở.

**A.1.9** Để phân vùng theo điều kiện phát triển các-tơ, nên lập bộ bản đồ với một tỷ lệ thích hợp: các bản đồ địa chất, cấu trúc - kiến tạo, địa mạo, và địa chất thuỷ văn (bao gồm cả thuỷ địa hoá ).

**A.1.10** Để phân vùng trước hết phải phân chia ranh giới lãnh thổ các kiểu các-tơ theo thành phần thạch học và đặc điểm thể nằm. Muốn vậy, trước hết phải phân chia và khoanh vùng các thành hệ chứa các đá hoà tan có xét đến tuổi của chúng, phân chia các khu vực nâng, hạ, các đới phá huỷ kiến tạo, các đới nứt nẻ mạnh, các khu vực có độ dày và độ thấm nước tầng phủ khác nhau, các yếu tố cấu trúc địa hình - địa mạo (bề mặt san bằng, sườn dốc thung lũng, thềm...) và cuối cùng là các khu vực có chế độ thuỷ động lực khác nhau và cường độ trao đổi nước trong các đá các-tơ khác nhau. Phân chia các thời kỳ phát triển các-tơ.

Nội dung như trên là đủ để phân vùng lãnh thổ theo điều kiện phát triển các-tơ ở tỷ lệ 1:50 000 đến 1:25 000. Phân vùng tỷ lệ lớn hơn phải phân chia tỉ mỉ hơn nữa.

Phân bố của các thành hệ chứa đá hoà tan thường được khống chế bởi các cấu trúc kiến tạo ở các cấp bậc khác nhau.

**A.1.11** Trên bản đồ phân vùng tỷ lệ 1:50 000 đến 1:25 000, lãnh thổ nghiên cứu được chia thành các vùng: không phát triển các-tơ, phát triển các-tơ mạnh, trung bình và yếu. Vùng không phát triển các-tơ là vùng không có đất đá hoà tan, hoặc bị phủ bởi đất đá không thấm nước, không hoà tan tương đối dày. Ở các khu vực đồng bằng, nơi phát triển các-tơ thường liên quan chặt chẽ với sự phát triển địa hình và mạng sông ngòi, bởi vì mạng sông ngòi và địa hình - địa mạo liên quan trực tiếp với cấu trúc kiến tạo ở các bậc khác nhau, các đới phá huỷ, nứt nẻ mạnh.

**A.1.12** Mỗi vùng hoặc khu được phân chia trong bản đồ phân vùng tỷ lệ 1:50 000 đến 1:25 000 phải được chú giải đầy đủ về: loại các-tơ, điều kiện địa chất, địa mạo, địa chất thuỷ văn cùng với các mặt cắt tương ứng, mức độ và đặc điểm phát triển các-tơ, đặc điểm biểu hiện các-tơ trên bề mặt đất.

Mức độ phát triển các-tơ và ổn định lãnh thổ cho phép được đánh giá định tính hoặc định tính – nửa định lượng trên cơ sở tương tự địa chất.

**A.1.13** Để phân vùng ở tỷ lệ 1:10 000 và lớn hơn, đối với mỗi tầng trầm tích và mỗi tầng địa chất thuỷ văn nên thành lập riêng các bộ bản đồ bao gồm: địa hình bề mặt và chiều dày của tầng, ranh giới của các loại đá (tướng đá), đặc tính thấm, mực nước, thành phần hoá học, đặc tính ăn mòn của nước. Thành lập các bản đồ cấu trúc kiến tạo, địa mạo, bản đồ phát triển các-tơ ngầm và trên mặt, các mặt cắt ĐCCT, ĐCTV. Trên cơ sở phân tích các tài liệu đó phân chia lãnh thổ nghiên cứu thành các khu vực theo điều kiện, mức độ và đặc điểm phát triển các-tơ.

Phân vùng điều kiện phát triển các-tơ được tiến hành dựa trên những dấu hiệu sau (xem A.1.10):

a) Phân bố các tầng trầm tích của đá các-tơ, tuổi, độ dày, cấu trúc, thành phần và các tính chất cơ - lý của chúng.

b) Phân bố của các tầng trầm tích của lớp phủ, tuổi, độ dày, cấu trúc, thành phần, tính thấm nước cũng như các tính chất cơ lý khác của chúng.

c) Điều kiện thể nằm của đá các-tơ và tầng phủ, cấu trúc kiến tạo và các đới yếu, địa hình các-tơ cổ trùng sâu tuổi khác nhau.

d) Các yếu tố địa mạo (thềm sông, sườn dốc thung lũng, bề mặt phân thủy có độ tuổi và cấu tạo khác nhau).

e) Điều kiện địa chất thủy văn phát triển các-tơ và các biểu hiện của nó trên mặt đất.

Phân vùng theo mức độ và đặc điểm các-tơ tiến hành theo chỉ dẫn ở A.2.1 đến A.2.22 và A.5.1 đến A.5.14. Đánh giá mức độ phát triển các-tơ bề mặt và độ ổn định của lãnh thổ ở các tỷ lệ 1:10 000 và lớn hơn phải là định lượng theo A.6.1 đến A.6.29.

Khi phân vùng cần xét đến quy luật phân bố và phát triển các-tơ. Ngoài những quy luật đã chỉ ra ở mục A.1.8 nên chú ý thêm một số điểm sau: các-tơ thường phát triển ở những nơi mà độ thấm nước bề mặt tương đối dễ dàng, những nơi mà tầng cách nước bị vát mỏng tạo nên các cửa sổ thủy văn (nước ở tầng nằm trên xuống các tầng nằm dưới), hoặc ở sườn các thung lũng. Các-tơ nhiều khi phát triển ở những thềm sông, sườn dốc của các thung lũng cổ cũng như phần còn lại của các đá hoà tan, theo các đới tuyến tính phá huỷ kiến tạo và nứt nẻ mạnh và đặc biệt là với các chỗ giao nhau của chúng.

**A.1.14** Phương pháp vi phân vùng, chính xác và chi tiết hoá (ở các tỷ lệ lớn hơn 1:2 000) phương pháp đánh giá mức độ phát triển các-tơ và mức độ ổn định các khu vực xây dựng các toà nhà và công trình riêng biệt được đề cập đến ở phần sau (xem A.7.1 đến A.7.21).

**A.1.15** Trong phân vùng địa chất công trình và dự báo độ ổn định lãnh thổ nên áp dụng phương pháp định lượng đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố tự nhiên đến việc phát triển các-tơ và cường độ tạo các hố sụt các-tơ, trong đó nên sử dụng các phương pháp phân tích tương quan nhiều chiều.

## **A.2 Đánh giá trạng thái của đất đá và các biểu hiện của các-tơ ngầm**

**A.2.1** Đánh giá trạng thái của đất đá và các biểu hiện các-tơ ngầm cần thiết để xác định khả năng ổn định của lãnh thổ nghiên cứu và các khu đất xây dựng các nhà và công trình độc lập, đồng thời cũng để tính toán nền móng, để đánh giá điều kiện địa chất thủy văn xây dựng và khai thác sử dụng công trình, để dự báo khả năng và hoạt tính phát triển các-tơ trong tương lai, thiết kế các biện pháp chống các-tơ.

**A.2.2** Kết quả khảo sát phải đảm bảo đánh giá về mức độ nứt nẻ, độ rỗng và các tính chất cơ lý khác của đất đá và mức độ phát triển các-tơ.

**A.2.3** Các biểu hiện của các-tơ ngầm bao gồm: các khe nứt mở rộng do hoà tan đá các-tơ; các lỗ rỗng do hoà tan; các loại hang hốc các-tơ; các đới bị phá huỷ và dỡ tải; bề mặt hoà tan của mái, nền và sườn các lớp hoặc thấu kính đá các-tơ; các phá huỷ thể nằm đất đá do dịch chuyển và sụt đất bên trên

các hang hốc các-tơ, trên các đới bị phá huỷ và dỡ tải; các phế liệu và các dạng địa hình cổ các-tơ trên mặt đất.

Các biểu hiện của các-tơ ngầm phát triển không chỉ trong tầng đá hoà tan mà còn trong tầng phủ, ở đó cũng hình thành các phá huỷ thể nằm của đất đá do sự chuyển dịch và sụt đất, các đới bị phá huỷ và dỡ tải, các hốc, các khe nứt bị rửa xói bằng các dòng thấm, các giếng rửa lũa, lún và sụt đất.

**A.2.4** Đánh giá nứt nẻ của đất đá bao gồm

- a) Xác định hệ thống khe nứt chủ đạo và các đới nứt nẻ.
- b) Xác định các hệ thống khe nứt khu vực, hệ thống khe nứt cục bộ và các đặc điểm của chúng như: hình thái, nguồn gốc, tuổi, hệ thống phân cấp khe nứt;
- c) Xác định mức độ nứt nẻ với mục đích đánh giá định lượng về mức độ phá huỷ của chúng, và phân vùng theo mức độ nứt nẻ;
- d) Đánh giá ảnh hưởng các khe nứt và hệ thống khe nứt (khe nứt và hệ thống khe nứt có vai trò như những mặt yếu và đới suy giảm) đến độ bền, độ biến dạng, độ ổn định, độ thấm nước và độ các-tơ hoá. Để giải quyết những bài toán thực tế thì việc xác định mức độ và đặc điểm lấp nhét các khe nứt rất quan trọng.

Cần phải phân biệt các khe nứt các-tơ và không các-tơ. Các khe nứt các-tơ có đặc điểm là có bề rộng không cố định và có các dấu vết tác động của nước (bề mặt bị ăn mòn hay ngược lại được làm bằng phẳng, có các máng, rãnh, hố tròn, các tạp chất khó hoà tan được nhô trong đá).

**A.2.5** Tại vết lộ, mỗi hệ thống khe nứt được đặc trưng bởi các yếu tố sau:

- a) Mật độ khe nứt thể hiện bằng khoảng cách giữa các khe nứt lân cận của hệ thống (a tính bằng xentimét (cm));
- b) Bề rộng khe nứt ( $\Delta a$  tính bằng xentimét (cm));
- c) Bề dài các khe nứt trong mặt phẳng vết lộ (1 cm);
- d) Góc dốc bề mặt khe nứt ( $\beta^0$ );
- e) phương vị hướng cắm mặt khe nứt ( $\alpha^0$ ).

**A.2.6** Để định lượng mức độ nứt nẻ của đất đá, nên sử dụng các chỉ tiêu sau:

- a) Tần số hay mô - đun nứt nẻ là số khe nứt trung bình trên 1 m đào theo hướng vuông góc với mặt phẳng khe nứt đang xét.
- b) Độ chia khối là số lượng các tầng đá (mẫu) có trong một mét khối đá.
- c) Độ chia khối đơn vị là kích thước trung bình của các tầng đá, tính bằng đềximét khối (dm<sup>3</sup>).

d) Hệ số rỗng nứt nẻ là quan hệ phần trăm của tổng diện tích khe nứt  $\sum S_t$  với diện tích bề mặt đá đo vẽ S:

$$k_{T\Pi} = \frac{\sum S_t}{S} \times 100 \% \quad (\text{A.1})$$

e) Độ rỗng nứt nẻ là quan hệ thể tích lỗ hổng các khe nứt với tổng thể tích khối đá

$$\Pi_t = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta a_1}{a_1 + \Delta a_1} \times 100 \% \quad (\text{A.2})$$

Trong đó:

$\Pi_t$  là độ rỗng nứt nẻ tính bằng phần trăm (%);

$a_1$  là khoảng cách giữa các khe nứt trong hệ;

$\Delta a_1$  là độ rộng các khe nứt trong hệ;

$n$  là số lượng các hệ nứt.

**A.2.7** Xử lý các số liệu về nứt nẻ bao gồm việc xử lý các số đo ở từng điểm quan trắc và hệ thống hoá toàn bộ tài liệu. Việc xử lý các số đó ở mỗi điểm quan trắc gồm xây dựng biểu đồ và tính toán các thông số nứt nẻ.

**A.2.8** Nghiên cứu nứt nẻ, tính toán các thông số nứt nẻ phải thực hiện riêng rẽ đối với mỗi yếu tố cấu trúc, đối với mỗi loại đất đá, đối với mỗi vùng biến đổi ngoại sinh.

**A.2.9** Nên lập các bản đồ độ nứt nẻ với các mặt cắt thích hợp và trong trường hợp cần thiết với các biểu đồ khối. Để thành lập bản đồ nứt nẻ có thể lấy sơ đồ cấu trúc địa chất và bản đồ thạch học - trầm tích làm cơ sở. Trên bản đồ này chia ra các khu và các đới có đặc điểm khác nhau về mức độ nứt nẻ, đặc biệt là các đới có độ nứt nẻ cao và rất cao. Các bề mặt và các đới xung yếu do các khe nứt, các hệ và đới nứt tạo nên sẽ được biểu diễn trên bản đồ và trên các mặt cắt. Các đường phương phát triển của các hệ khe nứt chính, các kết quả xử lý trên đồ thị các số liệu về nứt nẻ ở một số điểm và một số khu cũng được mang lên bản đồ.

**A.2.10** Lỗ rỗng được coi là những khoảng rỗng kích thước dưới 0,2 cm. Có thể phân biệt lỗ rỗng nguyên sinh và lỗ rỗng thứ sinh.

Lỗ hổng là các khoảng rỗng kích thước từ 0,2 cm đến 20 cm. Chúng có thể hình thành không chỉ ở các đới trao đổi nước tích cực mà còn ở các đới trao đổi nước chậm do ảnh hưởng thoát nước của các đáy bào mòn từ xa.

Hang - hốc là các khoang rỗng có kích thước lớn hơn 20 cm.

**A.2.11** Độ rỗng và hệ số rỗng được xác định theo kết quả thí nghiệm các mẫu đá trong phòng. Nên xác định riêng từng loại lỗ rỗng kín (nếu lỗ rỗng cách ly nhau và không liên hệ lẫn nhau và không liên hệ với môi trường bên ngoài) và lỗ rỗng mở.

Độ rỗng và hệ số rỗng đặc trưng cho sự tồn tại trong đá không chỉ lỗ rỗng mà cả lỗ hổng. Do đó khi sử dụng những chỉ tiêu này cần chỉ ra mức độ lỗ hổng.

**A.2.12** Dựa vào lõi khoan người ta xác định hệ số tuyến tính lỗ hổng và hệ số thể tích độ rỗng - độ hổng mở. Hệ số thể tích độ rỗng - độ hổng mở phù hợp với độ rỗng mở của đá xác định trong phòng thí nghiệm.

Tại các vết lộ, cũng nên xác định thêm hệ số diện tích độ hổng, đó là tỷ số giữa tổng diện tích lỗ hổng và diện tích bãi tính toán (tính bằng phần đơn vị hay phần trăm).

**A2.13** Mức độ các-tơ hoá đất đá được đặc trưng trước hết bởi tồn tại các hang hốc các-tơ cũng như các khe nứt mở rộng do hoà tan, ở đây cần chú ý phân biệt các hang hốc và khe nứt không được lấp nhét, được lấp một phần, được lấp toàn bộ và được hàn gắn, trám hoàn toàn (bằng canxit, anhydrit, thạch cao và nhiều chất khoáng khác). Những loại đầu là nguy hiểm nhất (với các điều kiện khác là như nhau).

Việc phân chia các đới bị phá huỷ, dỡ tải và các đới lỗ hổng được hình thành trong các đá phủ và hoà tan do ảnh hưởng của sự phát triển các-tơ có ý nghĩa quan trọng đối với việc đánh giá mức độ các-tơ hoá, khả năng chịu tải của nền nhà và công trình, cũng như nguy cơ xuất hiện sụt, lún các lớp và bề mặt đất. Tuy nhiên cần chú ý rằng việc hình thành các đới này không chỉ bởi sự phát triển các-tơ mà còn bởi các quá trình khác (các đới phong hoá liên quan với thời kỳ lục địa, gián đoạn trong quá trình tích tụ trầm tích, các biến đổi biểu sinh khác nhau). Như vậy, chỉ số phá huỷ (xem A.2.17), độ rỗng, độ hổng và dung trọng thấp của đá không phải lúc nào cũng là những dấu hiệu về độ các-tơ hoá của chúng.

**A.2.14** Các hang hốc các-tơ được xác định theo các dữ liệu khoan, khai đào cũng như các công tác địa vật lý, trong đó các hang hốc được phát hiện bằng các phương pháp địa vật lý trong khoảng không gian gần và giữa các lỗ khoan phải được kiểm tra bằng việc khoan.

Để xác định các đặc tính định lượng của các đới phá huỷ và dỡ tải trong các hệ tầng đá các-tơ và tầng phủ, song song với công tác khoan và mô tả lõi khoan, nên áp dụng phương pháp phóng xạ và các phương pháp carota khác, tiến hành lấy mẫu và xác định các chỉ tiêu phân loại tính chất đá (dung trọng, độ ẩm, độ rỗng đối với tất cả các đất, thành phần hạt đối với cát và đất hạt to, các giới hạn dẻo và độ sệt đối với đất sét), sử dụng tối đa khả năng của xuyên. Xác định các chỉ tiêu tính toán của đất đá trong trường hợp cần thiết, nhưng cũng cần chú ý đến tính không đồng nhất khá cao của các đá các-tơ và đất đá bị phá huỷ.

**A.2.15** Các số liệu về hang hốc các-tơ và đới phá huỷ được phát hiện trong khi khoan nên đưa về bảng với các mục (cột) sau:

- a) Số hiệu lỗ khoan;
- b) Độ sâu lỗ khoan tính bằng mét (m);
- c) Chiều sâu khoan được trong hệ tầng đá các-tơ: từ - đến (m), độ dày tính bằng mét (m), chỉ số địa chất.
- d) Các hang hốc các-tơ đã gặp: số lượng (cái), ở độ sâu từ - đến (m), kích thước theo phương thẳng đứng (m), đặc điểm lấp nhét;
- e) Các đới bị phá huỷ đã gặp: số lượng (đới), ở độ sâu từ - đến (m), kích thước theo phương thẳng đứng (m), trạng thái đá.

Bảng này cho phép phân chia các đới có mức độ phát triển các-tơ khác nhau và đánh giá định lượng về chúng. Các số liệu xuyên trong các đới đỡ tải cũng nên đưa vào bảng tương tự.

**A.2.16** Các số liệu thực tế về vị trí và kích thước hang hốc các-tơ lộ, các đới bị phá huỷ và đỡ tải sẽ được sử lý về mặt thống kê để nghiên cứu sự phân bố của chúng theo kích thước, theo diện, độ sâu và theo các tầng thạch học - trầm tích.

**A.2.17** Để đánh giá định lượng mức độ phát triển các-tơ ngầm, phải sử dụng các dữ liệu khoan đưa ra ở mục trên để tính riêng cho từng đới hoặc tầng thạch học - trầm tích các chỉ tiêu phát triển các-tơ như: chỉ tiêu các-tơ hoá (Ps), chỉ tiêu phá huỷ (Pp). Chúng được tính dưới dạng tỷ số giữa độ dài tổng cộng các hang hốc các-tơ và tổng chiều dài đới bị phá huỷ trên tổng chiều dài đã khoan vào các đá các-tơ của tầng thạch học - trầm tích hay của đới phát triển các-tơ đang nghiên cứu.

**A.2.18** Nếu quá trình hoà tan đá tập trung tại chỗ tiếp xúc với các tầng trầm tích nằm trên, giá trị hạ thấp tuyệt đối má của tầng đá các-tơ được tính như sau:

$$\Delta m = m_{\max} - m_{\min} \quad (\text{A.3})$$

và hệ số hạ thấp trung bình ( $K_{cp}$ ) và hệ số hạ thấp lớn nhất ( $K_{\max}$ ) của nó:

$$K_{cp} = \frac{m_{\max} - m_{cp}}{m_{\max}} \quad (\text{A.4})$$

$$K_{cp} = \frac{\Delta m}{m_{\max}} \quad (\text{A.5})$$

trong đó:

$m_{\max}$ ,  $m_{\min}$ , và  $m_{cp}$  lần lượt là độ dày cực đại, cực tiểu và trung bình của hệ tầng đá các-tơ.

**A.2.19** Độ các-tơ hoá của đá cũng được đánh giá theo các dữ liệu gián tiếp: mức độ hao hụt dung dịch khoan, tỷ lệ lấy được lõi khoan, các đặc điểm địa chất thuỷ văn và địa vật lý, thành phần hoá học của nước ngầm.

**A.2.20** Ngoài ra, nên sử dụng phương pháp địa hoá dự báo các đới các-tơ hoạt động mạnh. Phương pháp này dựa vào khả năng dịch chuyển cao của Stronti (Sr) oxit Kali và Natri.

Thành phần stronti trong các hệ tầng đá sulphat và carbonat có các điều kiện thành tạo cao hơn phong chung đá trầm tích. Tùy thuộc vào mức độ tích cực của quá trình các-tơ, thành phần stronti trong các đá thay đổi trên nền chung của thành phần trung bình của nó trong tầng đá các-tơ nói trên. Càng đến gần đới các-tơ tích cực thì thành phần trung bình stronti càng giảm, giảm đến cực tiểu ngay tại đới, trên mái và đáy của hang hốc các-tơ.

Hàm lượng tổng các oxit của Kali và Natri trong các đá sulphat và cacbonat thay đổi theo quy luật như trên đối với Stronti.

**A.2.21** Trên các mặt cắt địa chất công trình phải chỉ ra: các lỗ khoan, các tầng thạch học - trầm tích và đơn nguyên địa chất công trình; tính chất cơ-lý của đá, vị trí lấy mẫu nguyên trạng; các đới có độ nứt nẻ khác nhau, các khe nứt lớn độc lập; các khoảng hấp phụ dung dịch khác nhau trong quá trình khoan; mực nước, các thông số địa chất thủy văn, các dữ liệu về thành phần hoá học của nước ngầm; các hang hốc các-tơ được khám phá có chỉ rõ đặc điểm lấp nhét, các đới bị phá huỷ và dỡ tải, độ lỗ hổng của đá; ranh giới các khu vực có mức độ phát triển các-tơ khác nhau; các dữ liệu khảo sát địa vật lý.

**A.2.22** Trên bản đồ các-tơ ngầm cần phải thể hiện: ranh giới phát triển của các kiểu mặt cắt địa chất - thạch học khác nhau của tầng đá các-tơ; các đới xung yếu kiến tạo; các lỗ khoan và các hố khai đào tìm thấy và không tìm thấy hang hốc các-tơ, tại tầng nào bắt gặp các hốc, số lượng, kích thước và đặc điểm lấp nhét; các đới phá huỷ và dỡ tải phát hiện bằng các lỗ khoan, các hố khai đào, xuyên, carota, tại tầng nào, độ dày; ranh giới phân bố và độ dày các đới có mức độ phát triển các-tơ khác nhau. Trong trường hợp cần thiết phải thể hiện trên bản đồ những số liệu địa vật lý, địa chất thủy văn ... Trong trường hợp có vài tầng thạch học - trầm tích đá các-tơ thì lập các bản đồ các-tơ riêng cho từng tầng.

### **A.3 Đánh giá điều kiện thủy văn và địa chất thủy văn trong vùng các-tơ**

**A.3.1** Đánh giá điều kiện thủy văn và địa chất thủy văn cần xét đến các tính chất đặc thù đối với vùng các-tơ: tính thấm của đá các-tơ hoá cực kỳ không đồng nhất, nhiều khi lại rất cao; hệ số thấm của dòng ngầm lớn; tồn tại các hố hút nước mặt cục bộ ở những nơi có địa hình trũng thấp, ở các lòng sông, lòng suối; tồn tại các hố, ao, hồ kín tích nước; có thể tồn tại trong vùng các-tơ các tầng, hoặc các đới chứa nước cục bộ; quan hệ giữa các đới, các tầng chứa nước và các dòng ngầm rất phức tạp và đa dạng; có thể tồn tại các phễu hạ thấp mực nước ngầm cục bộ; có thể tồn tại các nguồn xuất lộ nước các-tơ rất lớn; tốc độ dòng chảy và thành phần hoá học của nước ngầm có thể biến đổi rất mạnh trên một đoạn ngắn; chế độ thủy động lực và thủy hoá nước các-tơ rất phức tạp; vật liệu từ hang hốc và khe nứt các-tơ ở chỗ này có thể bị mang đi và bồi lắng tại một chỗ khác;

**A.3.2** Đánh giá các điều kiện thủy văn bao gồm:



- a) Khoanh vùng và đánh giá đặc điểm tích nước của các trạm tích nước với quy mô khác nhau, trong đó có cả các trạm tích nước cục bộ tù đọng;
- b) Xác định các hồ thu nước mặt, lưu lượng và chế độ hút nước;
- c) Xác định các khu vực sông cấp nước cho tầng đá các-tơ và các khu vực sông được cấp từ nước ngầm;
- d) Các số liệu về chế độ mức nước, nhiệt độ, dòng chảy, tổn thất và được bổ xung của các con sông trên các khu đã chọn, các mô-đun dòng chảy hàng tháng, hàng năm và cục trị;
- e) Xây dựng đồ thị biến đổi lưu lượng nước và mô-đun dòng chảy theo chiều dài các con sông theo các kết quả quan sát đồng bộ;
- f) Xác định chế độ hồ ao. Nghiên cứu các thành phần và thực hiện các tính toán cân bằng nước.

#### **A.3.3 Đánh giá điều kiện địa chất thuỷ văn bao gồm:**

- a) Đánh giá diện phân bố, điều kiện thế nằm, độ dày và cấu trúc phức hệ ĐCTV và các tầng chứa nước, các thông số ĐCTV của chúng (hệ số thấm...), mức nước, nhiệt độ, thành phần hoá học, chế độ, quy luật chuyển động của nước ngầm, điều kiện cấp nước và thoát nước, mối quan hệ giữa các tầng chứa nước và với nước mặt;
- b) Ảnh hưởng của các yếu tố nhân sinh đến biến đổi điều kiện địa chất thuỷ văn. Cũng cần phải phân chia trong tầng đá các-tơ và đất tầng phủ đới có độ thấm nước khác nhau. Điều quan trọng là phải đánh giá không chỉ các tầng chứa nước mà còn cả các tầng cách nước với mục đích làm rõ vai trò bảo vệ của chúng;
- c) Khả năng hoà tan của nước ngầm và nước mặt đối với các đá các-tơ và vai trò của chúng trong phát triển các-tơ, sụt, lún các lớp và mặt đất. Trong những trường hợp phức tạp, khi cần dự báo những biến đổi điều kiện địa chất thuỷ văn ảnh hưởng đến phát triển các-tơ do các yếu tố nhân sinh, cần tiến hành mô hình hoá trên máy tính.

### **A.4 Phương pháp thuỷ địa hoá đánh giá khả năng và cường độ phát triển các-tơ**

**A.4.1** Có thể thực hiện đánh giá và dự báo khả năng và cường độ phát triển các-tơ bằng những phương pháp tính toán tương đối không phức tạp lắm dựa trên nguyên tắc nhiệt động học và thuỷ động lực hoá học. Để kiểm tra kết quả tính toán, đặc biệt là khi cần thiết giải những bài toán đặc biệt phức tạp và quan trọng thì cần áp dụng các nghiên cứu thực nghiệm ở trong phòng.

**A.4.2** Để tiến hành nghiên cứu thuỷ địa hoá các-tơ phải sử dụng mạng lưới lỗ khoan quan trắc định kỳ, thậm chí phải khoan thêm các lỗ khoan chuyên dụng (trong trường hợp xây dựng những công trình đặc biệt quan trọng). Trong mỗi lỗ khoan lấy từ 2 mẫu đến 3 mẫu trực tiếp từ tầng đá các-tơ và từ nơi tiếp xúc với chúng, mỗi mẫu từ 1 L đến 1,5 L. Các mẫu được lấy đồng thời cùng thời gian trên tất cả các điểm vài lần trong một năm có tính đến các dao động theo ngày và theo mùa.

Phân tích hoá học được thực hiện một phần trong các phòng thí nghiệm ngoài thực địa, một phần trong các phòng thí nghiệm cố định. Ngoài thực địa bắt buộc phải xác định giá trị pH, các thành phần không bền vững  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  (dùng phòng thí nghiệm ngoài thực địa). Các thành phần còn lại  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , cặn khô,  $\text{K}^+$  và  $\text{SiO}_2$  được xác định tại các phòng thí nghiệm cố định.

**A.4.3** Các giai đoạn đánh giá thủy địa hoá quá trình phát triển các-tơ như sau:

- Nghiên cứu sự cân bằng trong hệ nước ngầm - các đá các-tơ cho phép suy luận về sự có mặt hay vắng mặt của quá trình hoà tan đá tại điểm nghiên cứu vào thời điểm lấy mẫu (xem A.4.4 đến A.4.8).
- Xác định lượng đất đá hoà tan trong nước được dòng ngầm chuyển ra từ một đơn vị diện tích hay đơn vị thể tích đá các-tơ trong một đơn vị thời gian cho phép nhận định về quy mô phát triển quá trình các-tơ tại khu vực đang nghiên cứu (xem A.4.9 đến A.4.10).
- Xác định mức độ xâm thực của nước ngầm đối với đá các-tơ (có nghĩa là xác định lượng đá hoà tan được trong nước có khả năng chuyển sang thể lỏng) cho phép nhận định về quy mô phát triển quá trình các-tơ tại mỗi điểm lấy mẫu và chọn ra những vùng phát triển các-tơ mạnh nhất (xem A.4.11 đến A.4.12).
- Xác định cường độ hoà tan bề mặt tầng đá các-tơ và vách các hang hốc, khe nứt (xem A.4.13).

**A.4.4** Xác định có hay không có sự cân bằng giữa nước ngầm và đá vôi thực hiện bằng cách tính tích độ hoạt hoá ion  $\text{Ca}^{2+}$  và  $\text{CO}_3^{2-}$  ( $a_{\text{Ca}^{2+}} \cdot a_{\text{CO}_3^{2-}}$ ) và so sánh nó với tích độ hoà tan Canxi cacbonat ( $K_{\text{CaCO}_3}$ ).

Tích các độ hoạt hoá được tính theo phương trình sau:

$$a_{\text{Ca}^{2+}} \cdot a_{\text{CO}_3^{2-}} = \frac{1}{4} \times 10^{-6} \cdot y^{2\pm}_{\text{CaCO}_3} [\text{Ca}^{2+}] [\text{CO}_3^{2-}] \quad (\text{A.6})$$

Trong đó:

$[\text{Ca}^{2+}]$  và  $[\text{CO}_3^{2-}]$  là nồng độ milligram đương lượng của ion  $\text{Ca}^{2+}$  và  $\text{CO}_3^{2-}$  theo các số liệu phân tích hoá học.

$y^{2\pm}_{\text{CaCO}_3}$  là hệ số hoạt hoá Canxi cacbonat trung bình. Nó được xác định theo Bảng A.4 tùy thuộc vào độ lớn lực ion  $\mu$  hay theo phương trình:

$$\lg y^{\pm}_{\text{CaCO}_3} = - \frac{1,98\sqrt{\mu}}{1 + 1,62\sqrt{\mu}} \quad (\text{A.7})$$

trong đó:

$\mu$  là lực ion của dung dịch được tính theo phương trình:

$$\mu = \frac{1}{2} \times 10^{-3} ([X_1]Z_1 + [X_2]Z_2 + \dots + [X_n]Z_n) \quad (\text{A.8})$$

Trong phương trình này:

$[X]$  là nồng độ milligram đương lượng của tất cả các ion có trong dung dịch,

$Z$  là hoá trị tương ứng của các ion đó.

Giá trị tích độ hoà tan Canxi cacbonat bằng  $4,38 \times 10^{-9}$ . Các hệ số hoạt hoá trung bình có thể tham khảo Bảng A.3.

**A.4.5** Xác định có hay không có sự cân bằng giữa nước ngầm và đolômit thực hiện bằng cách tính tích các hoạt tính của các ion  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  và  $\text{CO}_3^{2-}$  ( $a_{\text{Ca}^{2+}} \cdot a_{\text{Mg}^{2+}} \cdot a_{\text{CO}_3^{2-}}$ ) và so sánh nó với tích độ hoà tan đolômit  $K_{\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2}$

Tích các hoạt tính được tính theo phương trình:

$$(a_{\text{Ca}^{2+}} \cdot a_{\text{Mg}^{2+}} \cdot a_{\text{CO}_3^{2-}}) = \frac{1}{16} \times 10^{-12} \cdot y^4 \pm_{\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2} x[\text{Ca}^{2+}]x[\text{Mg}^{2+}]x[\text{CO}_3^{2-}]^2 \quad (\text{A.9})$$

Trong đó:  $[\text{Ca}^{2+}]$ ,  $[\text{Mg}^{2+}]$ ,  $[\text{CO}_3^{2-}]^2$  là các nồng độ milligram đương lượng các ion  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  và  $\text{CO}_3^{2-}$  theo các số liệu phân tích hoá học.

$Y^4_{\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2}$  là hệ số trung bình hoạt tính đolômite được xác định từ Bảng 6 tùy thuộc vào độ lớn lực ion. Tích độ hoà tan đolômit  $K_{\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2} = 2 \times 10^{-15}$

**Bảng A.3 - Các hệ số hoạt hoá trung bình**

STT	$\mu$	Hệ số hoạt hoá trung bình		
		$y^2_{\text{CaCO}_3}$	$y^2_{\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2}$	$y^2_{\text{CaSO}_4}$
1	2	3	4	5
1	0,001	0,783	0,613	0,783
2	0,005	0,559	0,312	0,559
3	0,01	0,446	0,200	0,443
4	0,015	0,392	0,157	0,388
5	0,02	0,338	0,115	0,333
6	0,025	0,308	0,096	0,299
7	0,03	0,278	0,078	0,265
8	0,035	0,260	0,068	0,246
9	0,040	0,242	0,059	0,228

Bảng A.3 - Các hệ số hoạt hoá trung bình (kết thúc)

STT	$\mu$	Hệ số hoạt hoá trung bình		
		$y^2_{CaCO_3}$	$y^2_{CaMg(CO_3)_2}$	$y^2_{CaSO_4}$
1	2	3	4	5
10	0,045	0,227	0,052	0,213
11	0,050	0,212	0,046	0,199
12	0,055	0,202	0,041	0,188
13	0,060	0,192	0,037	0,177
14	0,065	0,184	0,034	0,170
15	0,07	0,177	0,031	0,159
16	0,075	0,168	0,028	0,154
17	0,08	0,160	0,026	0,145
18	0,085	0,156	0,024	0,14
19	0,09	0,152	0,023	0,135
20	0,095	0,147	0,022	0,13
21	0,1	0,143	0,021	0,126
22	0,125	0,130	0,018	0,112
23	0,15	0,118	0,015	0,099
24	0,2	0,094	0,01	0,073
25	0,25	0,084	0,008	0,062
26	0,3	0,075	0,006	0,052
27	0,4	0,066	0,005	0,041
28	0,5	0,060	0,004	0,035
29	0,6	0,054	0,003	0,029
30	0,7	0,052	0,003	0,026
31	0,8	0,050	0,003	0,023
32	0,9	0,049	0,003	0,021
33	1,0	0,048	0,003	0,020
34	2,0	0,047	0,003	0,012

**A.4.6** Trong những trường hợp khi xác định ion  $CO_3^{2-}$  bằng các phương pháp phân tích khó thực hiện, có thể tính nồng độ của nó trong dung dịch theo phương trình:

$$[CO_3^{2-}] = \frac{3,77 \cdot 10^{-11} [HCO_3^-]}{10^{-[pH]}} x f_{cp} \quad (A.10)$$

trong đó:

$[HCO_3^-]$  là nồng độ milligram đương lượng của ion  $HCO_3^-$  theo các số liệu phân tích hoá học,

$[pH]$  là giá trị pH theo các số liệu phân tích hoá học,

$f_{cp}$  là hệ số được xác định phụ thuộc vào giá trị lực ion theo Bảng A.4

**A.4.7** Trong trường hợp tích các hoạt tính bằng hoặc lớn hơn tích độ hoà tan, hệ đang nghiên cứu sẽ ở trạng thái cân bằng và nước ngầm sẽ không xâm thực đối với các đá cac-tơ (đá vôi, đolômit).

Nếu tích các hoạt tính nhỏ hơn tích độ hoà tan thì sẽ không có sự cân bằng và nước ngầm sẽ xâm thực đối với các đá cac-tơ.

**A.4.8** Các số liệu về có hay không có sự cân bằng giữa nước ngầm và các đá cac-tơ sẽ phục vụ cho xây dựng bản đồ và mặt cắt thể hiện phạm vi phân bố của nước ngầm có khả năng xâm thực đối với đá cac-tơ, có nghĩa là xác định những vùng có khả năng phát triển cac-tơ vào thời điểm nghiên cứu.

**Bảng A.4 - Giá trị lực ion  $\mu$  và hệ số  $f_{cp}$**

$\mu$	$f_{cp}$	$\mu$	$f_{cp}$
0,001	0,897	0,055	0,549
0,005	0,804	0,060	0,539
0,01	0,734	0,065	0,529
0,015	0,695	0,070	0,519
0,02	0,664	0,075	0,510
0,025	0,642	0,080	0,503
0,03	0,618	0,085	0,494
0,035	0,609	0,090	0,488
0,04	0,588	0,095	0,482
0,045	0,574	0,100	0,480
0,05	0,564		

**A.4.9** Lượng đất đá hoà tan trong nước do nước ngầm chuyển ra từ một vùng đá cac-tơ nào đó có thể được tính theo phương trình cân bằng sau:

$$q = \frac{(C_H - C_O^n) q_B^n + (C_H - C_O^a) q_B^a}{S} \quad (A.11)$$

trong đó:

$q$  là lượng đá hoà tan được, tính bằng gam (g) do nước ngầm chuyển ra từ một đơn vị diện tích khu vực nghiên cứu trên một đơn vị thời gian;

$q_B^n$  là lượng nước ngầm tính bằng mét khối ( $m^3$ ), đi vào ranh giới khu vực nghiên cứu trong cùng một đơn vị thời gian;

$q_B^a$  là lượng nước tính bằng mét khối ( $m^3$ ) đi từ bề mặt vào nước ngầm trong giới hạn khu vực nghiên cứu;

$C_H$  là hàm lượng trung bình của muối, tính bằng gam trên mét khối ( $g/m^3$ ) tương ứng với đá cac-tơ ( $CaCO_3$  đối với đá vôi,  $CaMg(CO_3)_2$  đối với đolômit) trong nước ngầm sau khi đi qua khu vực nghiên cứu;

$C_O^n$  là hàm lượng trung bình của muối, tính bằng gam trên mét khối ( $g/m^3$ ) trong nước ngầm tại thời điểm đi vào khu vực nghiên cứu;

$C_O^a$  là hàm lượng trung bình của muối, tính bằng gam trên mét khối ( $g/m^3$ ) trong nước mặt xâm nhập vào tầng đá cac-tơ trong khu vực nghiên cứu.

$S$  là diện tích khu vực nghiên cứu địa chất thủy văn.

Các tính toán trên đây áp dụng cho điều kiện khi lượng nước đi vào khu vực nghiên cứu bằng lượng nước đi ra qua ranh giới của nó.

**A.4.10** Trên cơ sở lượng tính toán đất đá hoà tan được nước ngầm đưa ra ngoài, có thể tính chỉ số hoạt hoá quá trình cac-tơ theo phương pháp của N.V. Rodinov. Chỉ số này dùng để so sánh vận tốc phát triển cac-tơ ở các vùng khác nhau và được xác định theo công thức:

$$A = \frac{v}{V} \times 100 \quad (\text{bằng phần trăm cho từng 1 000 năm}) \quad (A.12)$$

trong đó:

$v$  là thể tích đất đá cac-tơ do nước ngầm đưa ra ngoài;

$V$  là thể tích khối đá cac-tơ trong giới hạn khu vực nghiên cứu.

Để xác định một cách định hướng chỉ số hoạt tính có thể sử dụng các phương pháp đánh giá gần đúng lượng đất đá hoà tan được do nước ngầm đưa ra ngoài.

**A.4.11** Để xác định mức độ xâm thực của nước ngầm đối với các đá carbonat nên sử dụng hai phương pháp được coi là đơn giản nhất:

a) Dựa vào các toán đồ của F.F. Laptev được dẫn trong “Sổ tay nhà địa chất thủy văn” và các sách hướng dẫn khác có thể xác định được hàm lượng axit carbonic ăn mòn trong dung dịch có khả năng biến Canxi cacbonat thành dung dịch.

b) Số lượng Canxi carbonat có khả năng chuyển sang dung dịch nước đang nghiên cứu được xác định theo phương trình tích độ hoà tan Canxi carbonat được đưa ra dưới dạng:

$$y^{2\pm}_{CaCO_3} \cdot ([Ca] + [X])([CO_3] + [X]) = 0,0308 \quad (A.13)$$

trong đó:

$[X]$  là sự thiếu hụt bão hoà nước do Canxi cacbonat, tính bằng miligam đương lượng trên lít;

$y^{2\pm}_{CaCO_3}$  là hệ số hoạt tính trung bình của Canxi cacbonat được xác định theo Bảng A.4 hay theo phương trình (xem A.7) ở Bảng A.4;

$[Ca^{2+}]$  và  $[CO_3^{2-}]$  là các nồng độ miligam đương lượng của các ion Canxi và Cacbonat theo các số liệu phân tích.

Nồng độ ion  $CO_3^{2-}$  có thể được tính theo phương trình (xem A.10), phương trình này có xét đến thông số thủy địa hoá học quan trọng như pH, đó là thông số đóng vai trò đáng kể trong việc xác định khối lượng carbonat canxi bị hoà tan. Sau khi thay giá trị  $CO_3^{2-}$  từ A.4.6 vào phương trình (xem A.13) có thể dễ dàng tính được giá trị thiếu hụt bão hoà  $[X]$ .

Bài toán đánh giá gần đúng lượng Canxi cacbonat có khả năng hoà tan được trong nước ngầm nhìn chung không hiệu quả lắm và như thực tiễn đã chứng minh, nó khác biệt tương đối lớn khi sử dụng các phương pháp gần đúng khác nhau. Do đó trường hợp cần chính xác như vậy, phải thực hiện bằng phương pháp lập mô hình nhiệt động học trên máy tính theo những chương trình viết sẵn cho công tác này.

**A.4.12** Các giá trị thiếu hụt bão hoà nước ngầm đối với đá các-tơ dùng để đánh giá quy mô phát triển của các-tơ ở từng điểm riêng biệt cũng như trên diện rộng thông qua việc xây dựng bản đồ và mặt cắt xâm thực.

**A.4.13** Việc xác định cường độ hoà tan bề mặt các tầng đá các-tơ và các vách của hang hốc cũng như khe nứt đòi hỏi có nghiên cứu đặc biệt.

## A.5 Đánh giá các-tơ bề mặt

**A.5.1** Đánh giá các-tơ bề mặt được thực hiện theo kết quả điều tra các-tơ trên mặt đất (đo vẽ các-tơ) kết hợp với những tài liệu khảo sát trước. Đánh giá các-tơ bề mặt không chỉ định tính mà còn cả định lượng.

**A.5.2** Các-tơ bề mặt được biểu hiện ở các loại hình các-tơ phát triển và tồn tại trên mặt đất, tạo thành các dạng địa hình các-tơ tiêu biểu như: hào - rãnh các-tơ (karra), hồ thu nước các-tơ (panôra), phễu các-tơ, thung lũng các-tơ các loại,

**A.5.3** Các đặc điểm chính của biểu hiện các-tơ trên bề mặt là:

- a) Hình dạng (tướng mạo), kích thước, nguồn gốc, tuổi và giai đoạn phát triển;
- b) Thành phần, cấu trúc và tính chất đất đá nền và vật liệu lấp nhét;
- c) Cấu trúc địa mạo, đặc điểm xuất lộ nước, lớp phủ thổ nhưỡng, thảm thực vật, mối quan hệ của chúng với các loại hình các-tơ bề mặt.

**A.5.4** Mức độ và đặc điểm phát triển các-tơ bề mặt thay đổi theo thời gian do hình thành các loại hình các-tơ mới và trẻ hoá các loại hình đang tồn tại hoặc chúng bị biến đổi và huỷ diệt do tác động của xói mòn và các quá trình khác. Có thể phải đòi hỏi đánh giá các-tơ bề mặt vào những thời điểm khác nhau.

**A.5.5** Để đánh giá định lượng các-tơ bề mặt (mức độ hư hại bề mặt do các biểu hiện các-tơ), có thể sử dụng các chỉ tiêu sau:

- a) Mật độ các loại hình các-tơ - số lượng trung bình cho một đơn vị diện tích (cái trên kilômét vuông )

$$K_{N\phi} = \frac{N_{\phi}}{S} \quad (\text{A.14})$$

trong đó:

$N_{\phi}$  là số lượng loại hình các-tơ có mặt trên khu vực tính toán (cái);

$S$  là diện tích khu vực tính toán tính bằng kilômét vuông ( $\text{km}^2$ ).

- b) Chỉ số diện tích phát triển các-tơ bề mặt

$$K_{S\phi} = \frac{\sum S_{\phi}}{S \cdot 1000000} \cdot 100 \% \quad (\text{A.15})$$

trong đó:

$\sum S_{\phi}$  là tổng diện tích các loại hình các-tơ có mặt, tính bằng mét vuông ( $\text{m}^2$ );

$S$  là diện tích khu vực tính toán, tính bằng kilômét vuông ( $\text{km}^2$ ).

- c) Chỉ số thể tích phát triển các-tơ

$$K_{V\phi} = \frac{\sum V_{\phi}}{S \cdot 1000} (\text{mm}) \quad (\text{A.16})$$

trong đó:

$\sum V_{\phi}$  là tổng thể tích các loại hình các-tơ, tính bằng mét khối ( $\text{m}^3$ );

$S$  là diện tích khu vực tính toán, tính bằng kilômét vuông ( $\text{km}^2$ ).

Theo phương pháp đẳng xa, chỉ tiêu đánh giá sự phát triển của các-tơ bề mặt là khoảng cách và phương vị giữa 2 biểu hiện các-tơ bề mặt gần nhất.



**A.5.6** Các chỉ tiêu phát triển các-tơ bề mặt cần tính toán không chỉ theo tổng tất cả các loại hình các-tơ có mặt, mà còn phải tính riêng theo một số kiểu nguồn gốc thành tạo khác nhau (phễu các-tơ, hào - rãnh các-tơ).

**A.5.7** Những số liệu cơ sở dùng để đánh giá định lượng các-tơ bề mặt là bản đồ, danh mục và phiếu biểu hiện các-tơ trên bề mặt.

**A.5.8** Trong danh mục (catalo) mỗi biểu hiện các-tơ bề mặt (loại hình) được đánh số, ngày khảo sát, đặt tên (kiểu nguồn gốc thành tạo), kích thước trên mặt bằng, độ sâu, tuổi và đặc điểm sơ bộ (địa mạo, nguồn gốc, đá gốc, vật liệu lấp nhét, nguồn nước, lớp phủ thổ nhưỡng, thảm thực vật). Nếu đến thời điểm khảo sát mà loại hình các-tơ không còn được bảo toàn (ví dụ bị lấp) thì phải có các ghi chú thích hợp.

Phiếu biểu hiện các-tơ khác với catalo không được coi là tài liệu báo cáo. Nó được lập ra để bổ sung vào catalo để thuận tiện trong việc xử lý các tài liệu thực tế.

Trong catalo và phiếu biểu hiện các-tơ nhất thiết phải đưa vào các dữ liệu như thời gian tạo thành, tất cả các trường hợp sụt, lún mặt đất do các-tơ được ghi nhận, cả những trường hợp nguyên sinh dẫn đến xuất hiện các phễu mới hoặc các loại hình các-tơ khác, cũng như những loại hình các-tơ thứ sinh, trẻ hoá trở lại.

Các phễu các-tơ trong catalo và phiếu được phân loại theo nguồn gốc (xem A.5.2) và tuổi hoặc theo các dấu hiệu khác nữa (nếu cần thiết). Tuổi của chúng được xác định gần đúng hoặc có thể chính xác hơn nếu có dữ liệu về thời gian tạo thành hoặc trẻ hóa của chúng do hậu quả của sụt, lún mặt đất.

**A.5.9** Đối với mỗi phễu, hố sụt, khoảng lún mặt đất do các-tơ phải nhập vào catalo và phiếu biểu hiện các-tơ tỷ lệ giữa đường kính và độ sâu, diện tích mặt bằng và thể tích.

**A.5.10** Các diện tích có mức độ phát triển các-tơ bề mặt khác nhau được khoanh vùng trên bản đồ các-tơ bề mặt bằng những đường đẳng xa tính từ các phễu các-tơ.

Để xây dựng đường đẳng xa của phễu, xung quanh mỗi phễu dựng một đường tròn có bán kính lựa chọn là  $R_i$ . Tại nơi mà khoảng cách giữa các phễu dưới  $2R_i$ , những hình tròn được kẻ nằm đè lên nhau, tạo thành một đường viền thống nhất, còn ở nơi mà khoảng cách giữa các phễu lớn hơn  $2R_i$  sẽ nhận được những hình tròn độc lập. Ranh giới của các đường viền chung có được, và các đường tròn độc lập sẽ là những đường đẳng xa, tức là những đường mà mỗi điểm của chúng cách xa phễu gần nhất một khoảng  $R_i$ .

Tuỳ thuộc vào điều kiện địa phương, tỷ lệ bản đồ, nhiệm vụ bài toán đặt ra mà bán kính xa  $R_i$  được tính hoặc từ mép hoặc từ tâm phễu. Nếu các phễu trên bản đồ được biểu diễn ở tỷ lệ của bản đồ ấy là các đường viền có kích thước đủ lớn, thì tốt nhất là tính bán kính xa từ mép phễu. Trong trường hợp này các đường đẳng xa tính từ rìa các phễu thật sự không tròn mà là các đường cong thể hiện đúng hình dạng của các phễu đó ở khoảng cách  $R_i$ .

Các bán kính có thể được lựa chọn theo các bội của khoảng cách mô-đun nào đó (ví dụ, với mô - đun 25 thì các bán kính sẽ là 25 m, 50 m, 75 m...). Tốt nhất nên lựa chọn khoảng cách mô - đun tương ứng từ 2 mm đến 5 mm với tỷ lệ bản đồ. Ví dụ bản đồ đẳng xa dẫn ở Hình A.1.

**A.5.11** Bản đồ đẳng xa của phổ các-tơ có thể dùng làm cơ sở phân vùng lãnh thổ theo mức độ và đặc điểm phát triển các-tơ bề mặt. Trên bản đồ có thể phân chia các khu vực có mật độ phổ tập trung khác nhau. Ngoài ra, khi bán kính đẳng xa tăng lên thì các phổ đơn lẻ liên kết lại thành nhóm, cụm, cánh đồng và vùng các-tơ.

Tương tự như vậy có thể xây dựng bản đồ đẳng xa của các loại hình các-tơ bề mặt khác như: hào-rãnh các-tơ...(trong trường hợp cần thiết).

Bằng phương pháp chồng ghép ranh giới các khu vực có mật độ phổ tập trung khác nhau (ở dạng các đường đẳng xa) và ranh giới phân bố các loại hình các-tơ bề mặt khác sẽ nhận được bản đồ phân vùng lãnh thổ theo mức độ và đặc điểm phát triển các-tơ bề mặt.

Bản đồ phân vùng kể trên sẽ được chồng ghép với các bản đồ điều kiện phát triển các-tơ và bản đồ các-tơ ngầm. Nếu bên trong một vùng được phân chia nào đó phát hiện được những khác biệt cơ bản về điều kiện phát triển các-tơ, về mức độ phát triển các-tơ ngầm thì vùng đó sẽ được chia ra thành các phần tương ứng và các ranh giới của chúng được điều chỉnh.

**A.5.12** Đối với mỗi một diện tích được phân chia trên bản đồ phân vùng (nhóm, cụm, cánh đồng, vùng..) người ta tính các chỉ tiêu các-tơ bề mặt (xem A.5.5).

Giá trị của các chỉ tiêu các-tơ bề mặt tính toán cho các diện tích được khoanh vùng (các nhóm các-tơ, cụm các-tơ, cánh đồng các-tơ, vùng các-tơ...) bởi các đường đẳng xa của các biểu hiện các-tơ giảm xuống theo quy luật tăng lên của bán kính.

**A.5.13** Đối với các diện tích đã phân chia theo mức độ phát triển các-tơ khác nhau phải tiến hành phân tích thống kê các số liệu về các biểu hiện các-tơ, dựng đồ thị phân bố các phổ theo độ lớn đường kính và độ sâu, lựa chọn các đường cong lý thuyết phân bố tương ứng, tính toán các đặc trưng thống kê (giá trị trung bình, giá trị phân tán, tương quan giữa đường kính và độ sâu các phổ).

**A.5.14** Đối với mỗi diện tích được phân chia ngoài các chỉ tiêu đánh giá các-tơ, các kết quả xử lý thống kê số liệu về đường kính và độ sâu phổ, còn phải mô tả và phân tích đặc điểm diện mạo, nguồn gốc, tuổi, giai đoạn phát triển phổ và các biểu hiện các-tơ khác.

## **A.6 Đánh giá ổn định của lãnh thổ do các hiện tượng sập, lún mặt đất**

**A.6.1** Khái niệm "ổn định" có nghĩa là độ nguy hiểm của hiện tượng sập và lún mặt đất lãnh thổ đang nghiên cứu ở mức nào. Việc đánh giá độ nguy hiểm do sập phải được thực hiện trong tất cả các trường hợp thăm dò trong vùng các-tơ. Lún mặt đất cục bộ cũng có thể đánh giá như sập (xem A.6.26), còn lún khu vực sẽ được xem xét ở mục sau nữa khi đánh giá độ ổn định lãnh thổ (xem A.6.27).

**A.6.2** Đánh giá độ ổn định lãnh thổ được thực hiện trên cơ sở phân vùng địa chất công trình theo điều kiện, đặc điểm và mức độ phát triển các-tơ (trong đó có theo điều kiện sự xuất hiện của nó trên mặt đất). Không cho phép đánh giá độ ổn định lãnh thổ mà không nghiên cứu đầy đủ các điều kiện, quy luật và biểu hiện các-tơ.

**A.6.3** Các phương pháp đánh giá ổn định lãnh thổ phụ thuộc vào nhiệm vụ và giai đoạn thiết kế, điều kiện tự nhiên và mức độ nghiên cứu lãnh thổ.

**A.6.4** Đánh giá ổn định lãnh thổ phải cả định tính lẫn định lượng. Để đánh giá định lượng độ ổn định lãnh thổ do sập phải sử dụng những đặc trưng sau:

- a) Các chỉ tiêu cường độ xuất hiện sập;
- b) Sự phân bố các hố sập các-tơ theo giá trị đường kính và độ sâu của chúng;
- c) Độ tin cậy của lãnh thổ các-tơ;
- d) Độ tin cậy của nhà và công trình trong vùng các-tơ.

**A.6.5** Từ những yêu cầu ở mục trên các kết quả khảo sát phải có:

- a) Số lượng các hố sập các-tơ trung bình năm tính trên một đơn vị diện tích (A.6.6);
- b) Sự phân bố các hố sập các-tơ dự kiến theo giá trị đường kính của chúng (dưới dạng đồ thị hay bảng biểu) hoặc đường kính trung bình dự báo, đường kính 3-sigma cực đại và độ sâu trung bình (xem A.6.22).

Các đặc trưng còn lại hoặc là dẫn xuất (tức là được tính toán từ những đặc trưng nêu trên), hoặc là bổ sung.

**A.6.6** Chỉ tiêu cơ bản về cường độ xuất hiện sập-mật độ các hố sập trung bình năm được tính theo công thức:

$$U = \frac{N_{n\pi}}{St} \quad (\text{trường hợp trên kilômét vuông năm}). \quad (\text{A.17})$$

trong đó:

$N_{n\pi}$  là số lượng các hố sập ghi nhận được trên diện tích  $S$  ( $\text{km}^2$ ) trong khoảng thời gian  $t$  (năm).

$$\text{Chu kỳ sập trung bình: } T = \frac{1}{U} \quad (\text{A.18})$$

chỉ ra rằng với khoảng thời gian bao lâu (trung bình) trên diện tích  $1 \text{ km}^2$  lại có một hố sập.

**A.6.7** Ngoài chỉ số cơ bản cường độ xuất hiện sập các-tơ, cũng nên xác định:

Chỉ tiêu diện tích cường độ xuất hiện sập các-tơ:

$$U_s = \frac{\sum S_{np}}{St} \times 100 \% \text{ (một năm)}. \quad (\text{A.19})$$

trong đó:  $\sum S_{np}$  là tổng diện tích các hố sập ( $m^2$ ) được tạo thành trên lãnh thổ ( $m^2$ ) trong một khoảng thời gian  $t$  (năm).

Chỉ số thể tích cường độ xuất hiện sập các-tơ:

$$U = \frac{\sum V_{np}}{\text{St.1000}} \text{ (mm/năm)} \quad (\text{A.20})$$

trong đó:  $\sum V_{np}$  là tổng thể tích các hố sập ( $m^3$ ) được tạo thành trên lãnh thổ ( $km^2$ ) trong khoảng thời gian  $t$  (năm).

**A.6.8** Tùy thuộc vào cường độ xuất hiện sập các-tơ và đường kính trung bình dự báo của các hố sập dự kiến người ta đưa ra các bậc ổn định lãnh thổ (xem Bảng A.1, A.2).

Bậc ổn định lãnh thổ xác định theo các Bảng A.1, A.2 có chỉ số kép gồm chữ số và chữ cái (I-B, IV-G ...).

**A.6.9** Bậc ổn định số 6 chỉ gồm các vùng lãnh thổ mà trên đó sự xuất hiện các hố sập các-tơ là không thể, hoặc không có đất đá hoà tan, hoặc do có hệ tầng các đá phủ bảo vệ tin cậy là đá cứng hoặc đá không thấm nước, không hoà tan.

**A.6.10** Các chỉ tiêu cường độ xuất hiện sập các-tơ được xác định:

- a) Theo các số liệu quan trắc định kỳ, nghĩa là theo các kết quả ghi nhận một cách hệ thống các trường hợp hình thành các hố sập trên một diện tích nhất định;
- b) Theo các số liệu điều tra, thị sát trên mặt đất (đo vẽ các-tơ) cùng với các số liệu về các hố sập tạo thành trước đây, giải đoán ảnh hàng không và ứng dụng những phương pháp khác nhau trong việc xác định tuổi của các phế tích các-tơ hiện có;
- c) Theo phép tương tự với các khu vực các-tơ khác trong các điều kiện địa chất, địa chất thủy văn tương tự và đặc trưng bởi mức độ phát triển các-tơ như nhau;
- d) Các quan trắc định kỳ cho cung cấp những thông tin đáng tin cậy hơn cả, còn theo phép tương tự với các khu vực các-tơ khác chỉ có thể nhận được những đánh giá mang tính định hướng về độ ổn định lãnh thổ.

**A.6.11** Để xác định một cách tin cậy các chỉ tiêu cường độ xuất hiện sập các-tơ cần phải có quan trắc định kỳ với thời gian  $t$  đủ dài và diện tích khu vực tính toán  $S$  đủ lớn. Theo kinh nghiệm của người Nga, nếu khoảng thời gian tính toán không nhỏ hơn 20 năm và diện tích  $S$  đủ mang tính đại diện (không nhỏ hơn  $5 \text{ km}^2$ ) thì việc đánh giá độ ổn định có thể được xem là đáng tin cậy không phụ thuộc vào số lượng các hố sập đã ghi nhận trong thời gian đó. Nếu  $t$  hoặc  $S$  của khu vực tính toán nhỏ hơn những giá trị đã

chỉ ra, nhưng số lượng các hố sập đã ghi nhận được  $n$  không nhỏ hơn khoảng 20 thì việc đánh giá có thể coi là đáng tin cậy, tuy nhiên không loại trừ sai số có liên quan đến các dao động cường độ xuất hiện sập các-tơ theo thời gian. Trong các trường hợp còn lại, việc đánh giá các chỉ tiêu cường độ xuất hiện các-tơ là gần đúng hoặc mang tính định hướng.

**A.6.12** Điều tra các-tơ trên mặt đất tỷ lệ 1:2 000 đến 1:5 000, còn trên vùng lãnh thổ phát triển yếu các-tơ với tỷ lệ 1:10 000 đến 1:25 000, kết hợp với thu thập thông tin về các hố sập trước đây, giải đoán ảnh hàng không những năm khác nhau và ứng dụng các phương pháp khác nhau trong việc xác định tuổi các phếu các-tơ đang tồn tại sẽ cho phép xác định được các khoảnh, mà trên đó không ghi nhận được hiện tượng sập trong vòng từ 10 năm đến 20 năm qua, và đối với các khu vực còn lại thuộc lãnh thổ khảo sát cho phép thu nhận đủ các thông tin về các hố sập mới xảy ra trong vòng 5 năm gần đây, và cũng cho phép dựa vào các số liệu nhận được tiến hành tính toán về ổn định. Ở đây khả năng xảy ra sai số liên quan đến việc khoảng thời gian tính không dài, có thể hiệu chỉnh bằng cách đưa vào hệ số dự trữ. Đôi khi có thể thu thập đủ thông tin về các hố sập đã xảy ra vào những năm sớm hơn, và điều này cho phép tính đến các thay đổi về cường độ xuất hiện sập các-tơ theo thời gian.

**A.6.13** Đánh giá độ ổn định lãnh thổ phải chi tiết nhất, chừng nào các số liệu về điều kiện, mức độ và các quy luật phát triển các-tơ cho phép.

**A.6.14** Các khu vực để tính toán chỉ tiêu cường độ xuất hiện sập các-tơ được lựa chọn và khoanh vùng trên bản đồ phân vùng theo các điều kiện, tính chất và mức độ phát triển các-tơ. Mỗi vùng trong số đó cần được đặc trưng bởi đặc điểm có chung điều kiện phát triển các-tơ, tính chất và mức độ phát triển các-tơ gần giống nhau. Nên khoanh vùng các khu vực tính toán bằng những đường đẳng xa đối với các phếu các-tơ (xem A.5.10) và chỉnh sửa các đường ranh giới đó theo các số liệu về điều kiện và các biểu hiện các-tơ ngầm.

**A.6.15** Nếu số lượng các hố sập các-tơ đã biết trên khu vực tính toán không đủ (xem A.6.11) thì liên kết một vài khu vực tương tự nhau về điều kiện, đặc điểm và mức độ phát triển các-tơ để tính toán.

**A.6.16** Đánh giá ổn định lãnh thổ nên sử dụng phương pháp "đẳng xa" tính từ biểu hiện các-tơ lân cận gần nhất của Xavarensky I.A. Trình tự áp dụng phương pháp tóm tắt như sau:

a) Lập bảng, đồ thị phân bố phếu và các hố sập theo độ cách xa biểu hiện các-tơ gần nhất trên khu vực tính toán. Để làm việc này, trên bản đồ (tốt hơn cả là trên thực địa) tiến hành đo các khoảng cách ( $x$ ) từ mỗi phếu có sẵn và từ mỗi hố sập đã ghi nhận tới biểu hiện các-tơ gần nó nhất. Các số liệu đo đạc được tập hợp thành từng nhóm theo các khoảng độ xa. Đối với mỗi khoảng, tiến hành tính toán và ghi vào bảng: độ dài của nó, giá trị trung bình độ xa ( $\bar{x}$ ), số lượng phếu và hố sập tại khoảng đó (tần số), tần suất của chúng (tần số chia cho tổng số phếu và hố sập trên toàn khu vực tính toán) và mật độ tần suất  $w(x)$  trên một mét dài của khoảng. Lập đồ thị phân bố thực nghiệm  $w(x)$  theo giá trị độ xa ( $x$ ). Tốt nhất là lập và so sánh các phương án khác nhau về bảng biểu phân bố theo giá trị độ xa: chỉ riêng đối với các trường hợp sập, chỉ riêng đối với các phếu cũ, và đối với tất cả các hố sập và phếu.

b) Bằng các phương pháp thống kê toán học tiến hành làm trơn đường cong thực nghiệm phân bố

$w(x) = f(x)$ , xác định quy luật phân bố, xác định các đặc trưng thống kê. Ở đây có thể áp dụng phương pháp bình phương nhỏ nhất (xem Hình A.3).

c) Trên bản đồ (xem A.5.10, Hình A.1) tiến hành đo diện tích nằm giữa các đường đẳng xa. Đối với mỗi khoảng nằm giữa các đường đẳng xa đó tiến hành tính giá trị trung bình của diện tích ứng với 1 m độ xa  $S(R)$ , trong đó  $R$  là bán kính độ xa trung bình của khoảng (xem Hình A.3). Lựa chọn, làm trơn và dựng đường cong  $S(R) = f(R)$  trên đồ thị.

d) Trên cơ sở các đường cong  $w(x) = f(x)$  và  $S(R) = f(R)$ , cho  $x = R$  và  $w(x) = w(R)$  rồi dựng đường cong dự báo phân bố mật độ trung bình năm của các hố sập theo độ xa tính từ biểu hiện các-tơ  $u(R) = f(R)$ . Ở đây mật độ hố sập dự báo hàng năm cho độ xa  $R$  được cho bằng mật độ ước tính trên diện tích có hình dải băng rộng 1 m, mà trục của nó là đường đẳng xa  $R$ . Nó được tính theo công thức:

$$u(R) = \frac{N_{\text{тп}}}{t} \cdot \frac{w(R)}{s(R)} \quad (\text{A.21})$$

trong đó:

$u(R)$  là mật độ hố sập dự báo trung bình năm cho bán kính đẳng xa  $R$ , tính bằng số hố sập trên kilômét vuông năm;

$N_{\text{тп}}$  là số lượng hố sập ghi nhận được trên toàn khu vực tính toán;

$t$  là khoảng thời gian mà trong thời gian đó đã hình thành các hố sập ghi nhận được, tính bằng số năm

$w(R)$  là mật độ tần suất các hố sập hoặc phễu trên 1 m đẳng xa, tính bằng một trên mét ( $\text{m}^{-1}$ );

$s(R)$  là kích thước của một dải lãnh thổ có chiều rộng 1 m tương ứng với đường đẳng xa  $R$  (độ dài quy ước của đường đẳng xa), tính bằng kilômét vuông trên mét ( $\text{km}^2/\text{m}$ );

$R$  là bán kính độ xa (đẳng xa) tính bằng mét (m);

Dựa vào kết quả tính toán, xác định phương trình và dựng đồ thị đường cong dự báo  $u(R) = f(R)$  (Hình A.4).

e) Theo phương trình và đồ thị đường cong dự báo  $u(R) = f(R)$ , xác định được giá trị các bán kính đẳng xa tương ứng với các chỉ số cường độ xuất hiện các hố sập (mật độ các hố sập trung bình năm), các chỉ tiêu này xác định ranh giới các cấp ổn định lãnh thổ theo Bảng A.1 (xem Hình A.4). Với các bán kính này hoàn toàn có thể xây dựng được trên bản đồ các đường đẳng xa cho khu vực nghiên cứu.

Các đường đẳng xa này là ranh giới các cấp ổn định, còn bản đồ là bản đồ ổn định lãnh thổ khu vực nghiên cứu (tính toán). Bên trong đường đẳng xa mật độ các hố sập dự báo trung bình năm sẽ lớn hơn, còn ở ngoài sẽ nhỏ hơn giá trị  $u(R)$  được gán cho đường đẳng trị.

**A.6.17** Trong trường hợp trên khu vực tính toán hay trên vài khu vực liên hợp lại để tính toán (xem A.6.15) có không dưới 50 phế u các-tơ, ngay cả trong trường hợp không có đủ thông tin về các hố sập (chu kỳ quan sát dưới 20 năm, số lượng các hố sập đã ghi được dưới 20) có thể thực hiện các tính toán theo A.6.16 và nhận được đánh giá gần đúng về độ ổn định lãnh thổ. Nếu trong kết quả tính toán bán kính đẳng xa của ranh giới giữa các cấp ổn định II và III nhỏ hơn 20 m, bán kính này cần tăng lên và cần tiến hành tính lại đường cong dự báo  $u(R) = f(R)$ , suy ra từ giá trị đã thay đổi của bán kính này.

**A.6.18** Đối với các hố sập, phế u, nhóm nhỏ các phế u và các thung lũng các-tơ nằm riêng độc lập nên khoanh vùng bằng những đường đẳng xa, tương ứng với các ranh giới cấp ổn định lãnh thổ theo phép tương tự địa chất (xem A.6.15, A.6.17). Trong trường hợp thiếu điều kiện (lãnh thổ) tương tự, có thể vạch ranh giới giữa các cấp ổn định lãnh thổ II và III chừng từ 20 m đến 50 m tính từ mép các biểu hiện các-tơ đã có, và ranh giới giữa các cấp IV và V khoảng từ 100 m đến 200 m tính từ mép chúng (tùy thuộc vào từng trường hợp cụ thể).

**A.6.19** Các khu vực phát triển mạnh và trung bình các-tơ ngầm (theo kết quả khoan và đo địa vật lý) với nhiều hay không nhiều hang hốc, những hang hốc có thể biểu hiện dưới dạng sập bề mặt, có thể được xếp vào cấp ổn định IV hoặc thấp hơn, tùy thuộc vào mức độ nguy hiểm của hang hốc. Nếu hang hốc được phát hiện bởi một lỗ khoan nào đó và việc khoanh vùng nó ở giai đoạn khảo sát hiện tại chưa tiến hành, thì có thể xếp diện tích trong vòng bán kính từ 20 m đến 50 m tính từ lỗ khoan vào khoảng cấp IV ổn định, và nếu hang hốc là lớn hoặc có thể nằm không sâu so với mặt đất thì có thể xếp ở cấp thấp hơn..

**A.6.20** Những vùng lãnh thổ, mà trên đó các trường hợp sập, lún, phế u...hang hốc các-tơ chưa tìm thấy và chưa có các nghiên cứu như ở A.6.16 đến A.6.19, A.6.21, song không loại trừ khả năng không những chỉ có mặt hang hốc các-tơ mà còn có thể hình thành các hố sập (xem A.6.9), có thể xếp vào nhóm ổn định V. Do cấp V rất rộng (mật độ sập trung bình năm từ khoảng gần 0,01 trường hợp trên 1 km<sup>2</sup>.năm đến rất không đáng kể) nên, tùy theo khả năng, có thể lại tiếp tục chia các lãnh thổ thuộc cấp này thành các tiểu cấp ổn định (ví dụ V1, V2, V3...) dựa trên sự phân tích các điều kiện và lịch sử phát triển các-tơ, các hiện tượng xói ngầm, sụt lún có liên quan.

**A.6.21** Trên những vùng lãnh thổ đã xây dựng và đã quy hoạch, trên các bãi bồi, đầm lầy, các khu vực cát có hiện tượng xói mòn tăng cường..., trên các diện tích có những điều kiện bất lợi cho sự bảo tồn các loại hình các-tơ cần đặc biệt chú ý đến việc thu thập số liệu tại các cơ quan địa phương và trong dân cư về những trường hợp sập do các-tơ và thu thập, sử dụng các tài liệu địa hình, tài liệu ảnh hàng không từ những năm khác nhau nhằm xác định các loại hình các-tơ vốn tồn tại từ trước. Trên những lãnh thổ đã xây dựng và quy hoạch từ lâu mà tại đó việc thu thập và nghiên cứu các tài liệu địa hình và ảnh hàng không không giúp làm rõ được những biểu hiện các-tơ tồn tại từ trước trên mặt đất, thì cần mở rộng toàn bộ các phương pháp đang áp dụng và tăng khối lượng công tác nghiên cứu các điều kiện và quy luật phát triển các-tơ, xác định và đánh giá các biểu hiện các-tơ ngầm và cơ chế hình

thành quá trình sập mặt đất, còn việc đánh giá độ ổn định chỉ là định hướng theo kết quả đã nghiên cứu với việc sử dụng các quy luật đã được làm rõ và phương pháp tương tự.

**A.6.22** Để dự báo kích thước của các hố sập các-tơ người ta lập các bảng và đồ thị phân tích, tổng hợp sự phân bố của chúng theo đường kính và độ sâu (riêng rẽ) cho các trường hợp sau:

- a) Các trường hợp sập mặt đất do các-tơ đã ghi nhận được;
- b) Các phổ các-tơ (xem Hình A.5).

Cần chú ý, ở đây ngoài bảng, đồ thị phân bố tất cả các phổ nên lập bảng, đồ thị phân bố đối với các kiểu hình thái, nguồn gốc khác nhau của chúng, và nhất thiết là đối với tất cả các phổ trừ các phổ dạng đĩa có sườn thoải và đáy lõm .

Dựa theo từng bảng, đồ thị đã lập, xác định các đặc trưng phân bố (giá trị trung bình, độ phân tán, độ lệch bình phương trung bình, trị số 3-sigma cực đại...). Để tăng độ chính xác cho các phép tính nói trên tốt nhất nên chọn các đường cong phân bố lý thuyết.

Tiến hành phân tích và đối chiếu các đường cong và các đặc trưng phân bố theo kích thước các hố sập, phổ và các kiểu hình thái, nguồn gốc của chúng. Trong nhiều trường hợp, sự phân bố các hố sập và phổ gần với quy luật phân bố chuẩn logarit. Tuy vậy, cũng không ít trường hợp sự phân bố ấy có đặc điểm phức tạp hơn, trong đó phải kể đến các đường cong phân bố với một vài cực đại. Nếu trên đường cong có một vài cực đại, thì phải giải thích nguyên nhân xuất hiện chúng. Những nguyên nhân ấy có thể liên quan đến sự khác nhau về điều kiện và cơ chế hình thành các hố sập và các phổ, và do đó, liên quan đến sự có mặt của một số kiểu hình thái, nguồn gốc sập và phổ.

Việc đối chiếu và phân tích các đường cong phân bố sập, phổ và các kiểu hình thái, nguồn gốc của chúng cần thực hiện đối với toàn bộ lãnh thổ khảo sát nói chung cũng như đối với khu vực tính toán hoặc nhóm các khu vực tương tự.

Nhờ kết quả phân tích và đối chiếu các đường cong đã dựng, có thể chọn lựa và xây dựng các đường cong phân bố thống kê (dự báo) đường kính và độ sâu các hố sập dự kiến.

Tùy thuộc vào mức độ đầy đủ và đại diện của tài liệu về kích thước các hố sập mà lựa chọn đường cong dự báo, có thể là: đường cong phân bố các hố sập; đường cong phân bố tất cả các phổ trừ phổ hình bát có sườn thoải, đáy lõm (các phổ đáy phẳng rộng được đưa vào tính toán); đường cong chiếm vị trí trung gian.

Đường cong phân bố (dự báo) cho phép khi cần thiết xác định xác suất gặp các hố sập các-tơ với kích thước bất kỳ cho trước, và ngược lại, xác định các đường kính tương ứng với các xác suất đã cho.

Nếu khảo sát trên những khu vực không rộng lắm hay trên những diện tích có ít hố sập và phổ, để dự báo kích thước các hố sập dự kiến cần sử dụng các tài liệu của lãnh thổ xung quanh, và chỉ trong trường hợp thiếu số liệu cần thiết về lãnh thổ xung quanh mới cho phép, như một ngoại lệ, giới hạn ở việc đánh giá áng chừng đường kính trung bình dự báo, đường kính 3-sigma cực đại và độ sâu trung



bình các hố sập dự kiến theo phép tương tự như các vùng và khu vực khác có các điều kiện và cơ chế hình thành sập giống nhau.

Nên sử dụng hợp lý các phương pháp thực nghiệm trong phòng và tính toán lý thuyết để dự báo kích thước các hố sập do các-tơ. Còn trong điều kiện có số liệu quan trắc thực tế thì hoàn toàn có thể áp dụng phương pháp xác suất thống kê như đã trình bày ở phần trên để tính toán kích thước dự báo của các hố sập và khống chế các đặc trưng sác xuất của chúng.

**A.6.23** Thuật ngữ "độ tin cậy" của lãnh thổ các-tơ được hiểu là xác suất của việc lãnh thổ ấy trong suốt thời kỳ đã cho  $t_n$  không bị phá huỷ bởi các hố sập với đường kính lớn hơn  $d$ .

Sự phân bố khả năng xuất hiện của các hố sập do các-tơ theo thời gian tuân theo định luật các biến cố ngẫu nhiên của Poa-xông. Vì vậy độ tin cậy xác định theo công thức:

$$P_{0d} = e^{-L} \quad (\text{A.22})$$

trong đó:

$e$  là cơ số logarit tự nhiên,

$$L = \sum_{i=1}^M [\lambda_i S_i t_n (1 - P_{d_i})] \quad (\text{A.23})$$

$M$  là số khu vực phát triển các-tơ với cường độ hình thành các hố sập khác nhau;

$\lambda_i$  là chỉ tiêu cường độ hình thành các hố sập trên khu vực thứ  $i$  với diện tích  $S_i$ , chỉ tiêu này không xét đến các hố sập lặp lại;

$P_{d_i}$  là xác suất của sự kiện là trong quá trình thành tạo hố sập trên khu vực thứ  $i$ , đường kính của nó không vượt quá  $d$ ;

Giá trị  $P_{d_i}$  được xác định theo các đường cong tích phân phân bố đường kính của các hố sập.

**A.6.24** Thuật ngữ "độ tin cậy" của nhà và công trình nằm trên lãnh thổ các-tơ được hiểu là "xác suất" của sự kiện: trong suốt thời hạn sử dụng (tính toán) của nhà và công trình sẽ không có các hư hỏng không cho phép nào. Độ tin cậy của nhà hay công trình độc lập và tổ hợp của chúng được xác định theo phương pháp đặc biệt được trình bày trong sách "Khuyến nghị về việc sử dụng thông tin địa chất công trình trong việc lựa chọn biện pháp bảo vệ chống các-tơ".

**A.6.25** Đánh giá độ nguy hiểm do các-tơ với sự sử dụng các thông số độ tin cậy, nên áp dụng khi phải luận chứng kinh tế - kỹ thuật sử dụng lãnh thổ các-tơ (ví dụ, so sánh các phương án xây dựng, đánh giá hiệu quả các biện pháp chống các-tơ). Độ tin cậy là thông số tiện lợi để đánh giá độ nguy hiểm các-tơ, nếu có dự báo định lượng về sự biến đổi cường độ thành tạo các hố sập và các kích thước của chúng theo thời gian.

**A.6.26** Theo các số liệu điều tra các-tơ, kể cả trong trường hợp điều tra định kỳ trong khuôn khổ quan trắc định kỳ đối với các biểu hiện các-tơ, thường không xác định được liệu phểu mới được phát hiện có phải do kết quả của quá trình sập hoặc lún cục bộ hay không. Những trường hợp hình thành các phểu mới như vậy trong việc đánh giá độ ổn định lãnh thổ được xếp vào số các hố sập.

Lún cục bộ được xét đến trong đánh giá ổn định lãnh thổ độc lập với các hố sập do các-tơ, vì chúng ít nguy hiểm hơn, và từ đó, có thể không được xếp vào các trường hợp sập để tính toán chỉ tiêu cường độ thành tạo các hố sập U. Tuy vậy cũng cần chú ý rằng, chúng có thể là tiền thân của các hố sập, và trong việc xây dựng đường đẳng xa đối với (xem A.6.6, A.6.16, A.6.17, A.7.5) biểu hiện các-tơ gần nhất thì cần khoanh vùng những chỗ lún cục bộ ngang bằng với các phểu các-tơ.

**A.6.27** Lún mặt đất khu vực chỉ được tính đến khi khảo sát ĐCCT ở những vùng các-tơ phục vụ xây dựng các công trình đặc biệt nhạy cảm với lún nền móng. Để nghiên cứu và dự báo lún khu vực đòi hỏi phải có các nghiên cứu đặc biệt về thủy địa hoá, thủy động lực, quan trắc địa...

**A.6.28** Trong luận chứng địa chất công trình quy hoạch vùng cũng như trong khảo sát để chọn vị trí và lập luận chứng kinh tế kỹ thuật những công trình không quan trọng lắm ở những vùng lãnh thổ (bao gồm cả vùng lân cận) mà ở đó các-tơ trước kia chưa được nghiên cứu và theo các tài liệu những năm trước và tài liệu thị sát ĐCCT không đủ khả năng để đánh giá định lượng về mặt ổn định thì cho phép giới hạn ở việc đánh giá định tính độ ổn định lãnh thổ.

**A.6.29** Đối với mỗi đơn vị được phân chia trong phân vùng lãnh thổ như: vùng các-tơ, cánh đồng các-tơ... ngoài cường độ thành tạo các hố sập do các-tơ và kích thước dự kiến của các hố sập, cần phải đưa thêm đặc điểm điều kiện địa chất - địa chất thủy văn phát triển các-tơ, điều kiện, cơ chế và đặc điểm biểu hiện các-tơ trên mặt đất, mức độ phát triển các-tơ ngầm, các-tơ bề mặt hiện tại và tính chất cơ lý của đất đá.

Cũng nên xây dựng danh mục các dấu hiệu đặc trưng cho các vùng có mức độ phát triển các-tơ và độ ổn định khác nhau với mục đích sử dụng chúng để chi tiết hoá việc đánh giá địa chất công trình các-tơ ở những giai đoạn khảo sát sau.

## **A.7 Đánh giá khả năng ổn định các khu đất xây dựng các công trình độc lập**

**A.7.1** Về nguyên tắc, đánh giá ổn định lãnh thổ được thực hiện dựa vào kết quả đo vẽ ĐCCT ở các giai đoạn khảo sát. Đánh giá ổn định mang tính xác suất và bao gồm: chính xác và chi tiết hoá phân chia lãnh thổ thành các khoảnh, khu, vùng, đới có độ ổn định khác nhau.

**A.7.2** Khu đất được coi là ổn định (cấp VI) nếu theo kết quả khảo sát ĐCCT đã xác định chắc chắn trong mặt cắt địa chất của nó không có đất đá hoà tan, hoặc chúng được phủ bởi hệ tầng bảo vệ không hoà tan, đủ dày, đặc biệt là không thấm nước, nó loại trừ khả năng phát triển các-tơ hay ít nhất là loại trừ khả năng biểu hiện nó dưới dạng các biến dạng bề mặt và các lớp đất trong đới tương tác với công trình.

Nếu số liệu khảo sát trước không đủ, thì phải bổ sung nhiệm vụ kiểm tra và làm chính xác ranh giới các khu vực ổn định vào nhiệm vụ khảo sát ĐCCT.

Độ dày tầng bảo vệ đảm bảo không cho phép xuất hiện các hố sập trên mặt đất phụ thuộc vào thành phần, cấu trúc và mức độ không thấm nước của nó, phụ thuộc vào những đặc điểm của tầng đá hoà tan và thể nằm của nó, mức độ kề cận và độ sâu của các rãnh bào mòn có tác dụng tiêu thoát nước ngầm ... đồng thời nó cũng phụ thuộc vào các tác động nhân sinh lên môi trường địa chất. Do đó, tùy thuộc vào các điều kiện địa phương và khu vực, độ dày cần thiết tối thiểu của tầng che phủ bảo vệ không hoà tan, không thấm nước là khác nhau, khoảng từ 10 m, 20 m đến 60 m, 100 m.

**A.7.3** Trong điều kiện tầng đá cứng nằm không sâu thì công tác khoan và địa vật lý dưới các móng cụ thể cho phép xác định có hay không có các hang hốc nguy hiểm đối với công trình. Mức độ nguy hiểm của hang hốc được xác định bằng phép tính toán ổn định mái (trần) các hang hốc đó, có tính đến tải trọng do móng tác động.

Trong trường hợp sử dụng móng sâu dựa vào đá cứng, độ tin cậy nền móng được đảm bảo bằng khoan các lỗ khoan, kết hợp sử dụng các phương pháp địa vật lý lỗ khoan, tùy theo mức độ cần thiết.

**A.7.4** Để chi tiết và chính xác hoá đánh giá ổn định một khu đất, có thể phải sử dụng tập hợp các dấu hiệu đặc trưng cho các vùng lãnh thổ có mức độ phát triển các-tơ và ổn định khác nhau. Tập hợp dấu hiệu này cần được soạn thảo (theo kết quả đo vẽ ĐCCT) dựa trên các quy luật phân bố và phát triển các-tơ và các hiện tượng liên quan: xói ngầm, sụt lở...

Các biểu hiện các-tơ bề mặt và các-tơ ngầm là các dấu hiệu trực tiếp quan trọng nhất đặc trưng cho mức độ phát triển các-tơ.

**A.7.5** Sự có mặt các phế u các-tơ, các vùng trũng các-tơ - xói mòn (thung lũng các-tơ, cánh đồng các-tơ, hào -rãnh xói các-tơ ..) được bảo tồn hoặc có sẵn từ trước đây chứng tỏ rằng tại khu vực này có hang hốc và tồn tại điều kiện để thành tạo các hố sập, lún bề mặt và các lớp đất. Khi đo vẽ - khảo sát xung quanh chúng, có thể phân chia các diện tích từ cấp ổn định I, II đến IV (xem A.6.16, A.6.18). Việc đánh giá ổn định sẽ được chính xác hoá trong giai đoạn TKKT. Ngoài ra, phế u hay vùng trũng các-tơ - xói mòn càng gần thì càng phải tiến hành khảo sát chi tiết hơn.

Tại các vùng lãnh thổ các-tơ bị phủ, diện tích mỗi phế u các-tơ và trong vùng bán kính từ 20 m đến 50 m tính từ phế u đó (tùy thuộc vào điều kiện) rõ ràng là nguy hiểm, nó thuộc cấp ổn định I - II và không nên bố trí nhà, công trình nếu không thật sự cần thiết bởi vì công tác bảo vệ chúng rất phức tạp.

**A.7.6** Hang hốc các-tơ được phát hiện (lấp hoặc không lấp) là điều kiện bất lợi không chỉ vì sự nguy hiểm của nó đối với công trình thiết kế mà còn do nó là dấu hiệu có thể tồn tại trên khu đất đó những hang hốc khác, trong đó có thể có những hang hốc nguy hiểm hơn hang hốc đã được phát hiện.

**A.7.7** Trong trường hợp phát hiện thấy hang hốc cần đánh giá sơ bộ hiểm hoạ của chúng, tùy theo mức độ cần thiết mà tiến hành khoan vùng chúng lại và kiểm tra khu vực xung quanh, đưa ra đánh

giá cuối cùng về môi nguy hiểm của các hang hốc và khuyến cáo các biện pháp bảo vệ từ góc độ ĐCCT.

**A.7.8** Nên xếp các vùng có tồn tại hang hốc các-tơ theo mức độ nguy hiểm của chúng vào các cấp nguy hiểm IV - I (xem A.6.19, A.7.9 đến A.7.13).

**A.7.9** Đánh giá mức độ nguy hiểm của hang hốc đã phát hiện được cần chú ý rằng, phần hang hốc được phát hiện bằng lỗ khoan có thể không phải là phần cao nhất của hang hốc đó. Nếu hang hốc tại nơi khoan được bị lấp thì điều đó không có nghĩa là hang hốc đó được lấp nhét ở những chỗ khác. Ngoài ra cần tính đến khả năng vật liệu lấp bị đưa ra ngoài hoặc bị nén chặt, đặc biệt là dưới ảnh hưởng của các biến đổi nhân sinh về điều kiện ĐCCTV.

Xác định hình dạng, kích thước, mức độ và đặc điểm lấp nhét các hang hốc nằm sâu (trong hoàn cảnh hiện có về kỹ thuật và phương pháp thăm dò) là khá phức tạp và đòi hỏi nhiều công sức. Các hang hốc nằm không sâu có thể phát hiện bằng khai đào với việc tuân thủ kỹ thuật an toàn, có thể được nghiên cứu và đảm bảo.

**A.7.10** Tất cả các hang hốc các-tơ bị lấp hay không bị lấp (ngoài các hang hốc đã khắc phục) được phát hiện tại đối tượng tác của nền móng, cần được đánh giá là nguy hiểm đối với sập.

**A.7.11** Tiêu chuẩn đánh giá mức độ nguy hiểm của hang hốc các-tơ được phát hiện ngoài phạm vi đối tượng tác của nền là quan hệ:

$$K = \frac{t}{T} \quad (\text{A.24})$$

trong đó:

$T$  là thời hạn sử dụng tính toán của công trình

$t$  là quãng thời gian để hang hốc xuất hiện trong đối tượng tác dưới nền công trình (tính từ thời điểm xây dựng).

Giá trị  $t$  được đánh giá bằng các phương pháp phân tích và thực nghiệm. Thành công của việc xác định  $t$  phụ thuộc vào tính đúng đắn của các thông số hang hốc áp dụng trong mô hình, tính chất của đất đá, đặc điểm ĐCCTV và cơ chế hình thành các biến dạng các-tơ. Ở đây, việc đánh giá tính không đồng nhất của điều kiện tự nhiên, sự phát triển của xói ngầm và các quá trình khác, cũng như tác động của các yếu tố nhân sinh là rất quan trọng.

Nếu  $K < 1$ , hang hốc được coi là nguy hiểm. Nếu  $K > 1$ , hang hốc được coi một cách quy ước là không nguy hiểm, nghĩa là không xảy ra các hiện tượng phức tạp nguy hiểm mà chưa được dự kiến ở mô hình dùng để xác định  $t$ . Khả năng xuất hiện những phức tạp đó, cũng như khả năng tồn tại gần đó của các hang hốc nguy hiểm hơn (xem A.7.6) cần được xét đến trong đánh giá ổn định khu đất và thiết kế các biện pháp chống các-tơ.

**A.7.12** Sự tồn tại của vật liệu lấp nhét trong hang hốc các-tơ và khe nứt trong đá làm cho việc phát triển các-tơ và thành tạo các hố sập khó khăn hơn. Mặt khác, sự có mặt trong đó vật liệu được đưa đến từ các trầm tích đệ tứ, chứng tỏ về sự phát triển của quá trình xói ngầm. Ngoài ra, sự có mặt của vật liệu lấp nhét có thể gây khó khăn cho việc gia cố các đá các-tơ và loại trừ hang hốc bằng biện pháp bơm phụ chất lỏng đông rắn và gắn kết nhanh.

Hang hốc được lấp đầy toàn bộ mà nằm ngoài phạm vi của đới tương tác sẽ được coi là không nguy hiểm nếu xác định được một cách tin cậy rằng, không có khả năng tiềm ẩn của hoạt động mang vật liệu lấp ra khỏi chúng hay nén chặt vật liệu lấp nhét trong suốt thời hạn sử dụng công trình (xem A7.6, A7.8, A7.9). Trong các trường hợp còn lại, mối nguy hiểm của hang hốc được xác định theo tiêu chuẩn K.

**A.7.13** Nhiều khi hang hốc các-tơ xuất hiện qua suốt tầng phủ dưới dạng các ống thẳng đứng “các họng núi lửa” đường kính vào khoảng từ 2 m đến 5 m (đôi khi lớn hơn), trong đó diễn ra các quá trình xói ngầm, lún đất lâu dài và không đều, dẫn tới hình thành các hố sập và lún mặt đất (kể cả lún và sập lặp lại). Thêm vào đó, đường kính sập và lún có thể lớn hơn nhiều so với đường kính của ống. Khảo sát địa chất công trình rất khó phát hiện các họng đó.

**A.7.14** Các đới nứt nẻ, các đới phá huỷ và các đới đỡ tải trong đá hoà tan, trong tầng phủ thúc đẩy các-tơ và xói ngầm phát triển. Nhiều khi chúng chính là các biểu hiện các-tơ (xem A.2.4, A.2.13) hoặc đóng vai trò là các dấu hiệu phát triển các-tơ. Quá trình xói ngầm (cả nén chặt vật liệu rời) trong các đới bị phá huỷ và đỡ tải, cũng như quá trình mang tải vật liệu từ các đá nằm trên xuống đới nứt nẻ mạnh có thể tạo ra lún và sập, đặc biệt là trong điều kiện đã có hang hốc lấp một phần hoặc chưa bị lấp trong các đới này.

**A.7.15** Các dạng địa hình các-tơ cổ, trũng thấp, hình răng lược là dấu hiệu phát triển mạnh các-tơ và cũng là dấu hiệu tồn tại hang hốc các-tơ bên dưới chúng. Các dạng địa hình này có thể được lấp bằng vật liệu xói ngầm, yếu và không bền vững.

**A.7.16** Tham gia vào tập hợp các dấu hiệu phát triển các-tơ trên một khu đất (tùy thuộc vào điều kiện cụ thể) còn có cả các biểu hiện các-tơ khác nữa, đó là: độ thấm nước của đất đá cao cho đến rất cao một cách bất thường, độ bền giảm xuống, các dấu hiệu khoáng vật-thạch học, địa hoá học (xem A.2.20), thủy địa hoá và địa vật lý. Các quy luật phân bố các-tơ chung, hoặc mang tính khu vực và địa phương được phát hiện trong khu vực xây dựng cũng được sử dụng (xem A.7.4). Chỉ tiêu mức độ phát triển các-tơ có thể sử dụng độ dày của đới các-tơ hoá.

**A.7.17** Phân chia ra các khu vực chưa bị các-tơ, các-tơ yếu thuộc cấp ổn định V cũng cần phải sử dụng một tập hợp các dấu hiệu. Dấu hiệu thuyết phục quan trọng nhất là không có hang hốc các-tơ. Ở đây cần chú ý rằng, không có hang hốc trong lỗ khoan hay nhóm lỗ khoan là dấu hiệu thuyết phục và là minh chứng chí ít cũng là hình trụ hố khoan nguyên vẹn, tuy nhiên không loại trừ khả năng có các hang hốc ở xung quanh. Như vậy việc tiến hành khoan cùng với một loạt các công tác địa vật lý lỗ khoan, địa

vật lý mặt đất... và sử dụng các dấu hiệu khoáng vật - thạch học, địa hoá học, thủy động lực, thủy địa hoá và các dấu hiệu khác sẽ nâng cao chất lượng khảo sát.

**A.7.18** Trong trường hợp có mặt các lớp sét chặt, các đá nửa cứng và đặc biệt là đá cứng trong tầng phủ, thì việc khảo sát, tìm kiếm trong chúng hang hốc, các đới phá huỷ, các đới đỡ tải liên quan với các-tơ cũng phải chú ý không ít hơn so với khảo sát - tìm kiếm hang hốc, đới phá huỷ, đới đỡ tải trong đá hoà tan.

Trong trường hợp mái các đá nửa cứng và đất sét chặt nằm không sâu, thì có thể áp dụng phương pháp thăm dò địa chất công trình tăng cường như đề cập đến ở A.7.3 áp dụng cho đá cứng nằm không sâu. Trong trường hợp này cần lưu ý rằng, các vòm hang hốc trong đá nửa cứng và đất sét tiến nhanh hơn tới trạng thái tới hạn, đồng thời cũng phải tính đến khả năng rửa lữa đất đá, đưa vật liệu rời ra ngoài theo kiểu xói ngầm, khả năng có mặt các "họng" khó bị phát hiện (xem A.7.13, A.7.19).

**A.7.19** Trong trường hợp trên mặt cắt tầng phủ hoặc tầng đá các-tơ có mặt cát và cát pha, thì cần tính đến khả năng xói ngầm tăng cường, có thể dẫn tới lún và sập đổ các đá nằm trên và mặt đất. Xói ngầm có thể phát triển cả trong sét pha, sét, bột cacbonat, trong trường hợp hoà tan, tan rã hoặc phong hoá xi măng trong cát kết, bột kết và sét kết...

**A.7.20** Ở những vùng có tầng phủ cát dày, việc đánh giá ổn định đặc biệt phức tạp. Trong những điều kiện như vậy, khảo sát địa chất công trình được tiến hành nhằm chính xác hoá ranh giới của các đới phát triển các-tơ, mức độ nứt nẻ, mức độ phát triển các-tơ, mức độ bám - lắng các vật liệu mịn trong tầng đá hoà tan, chính xác hoá ranh giới phân bố và kiểm tra độ tin cậy của các lớp chắn nước nằm dưới tầng cát. Cũng nên xác định các đới có cấu trúc tới xốp trong tầng cát, một số đới trong số này có thể liên quan tới các-tơ. Trong trường hợp có lớp cách nước đủ dày và đủ tin cậy nằm dưới tầng cát thì có thể áp dụng A.7.2.

**A.7.21** Trong khảo sát địa chất công trình các khu đất xây dựng nằm trên đầm lầy đã hoặc đang tồn tại và các khu vực bị lầy hoá cần phải thực hiện các công tác địa vật lý, khoan chi tiết và xuyên nhằm xác định hoặc kiểm tra khả năng có các phếu các-tơ được lấp bằng than bùn và bùn và do đó đã không được phát hiện khi giải đoán ảnh hưởng không và quan sát trên thực địa. Các công tác tương tự với mức độ chi tiết cao được tiến hành cũng nhằm xác định các phếu và các vùng trũng các-tơ - xói mòn đã được lấp đầy bằng vật liệu san lấp hoặc đất bồi rửa trên các vùng lãnh thổ đã xây dựng hoặc đã quy hoạch, cũng như tại các khu vực mà tại đó chúng có thể được lấp bằng bồi tích sông, sừn tích và các loại trầm tích tương tự.

## **A.8 Dự báo ảnh hưởng của các yếu tố nhân sinh đến độ ổn định lãnh thổ**

**A.8.1** Trong báo cáo và kết luận khảo sát địa chất công trình, cần đưa ra dự báo ảnh hưởng của các yếu tố nhân sinh đến phát triển các-tơ và ổn định lãnh thổ. Ở đây phải đánh giá ảnh hưởng của công trình thiết kế đến sự phát triển các-tơ trên khu đất xây dựng và lãnh thổ xung quanh, cũng như ảnh

hưởng của các công trình xung quanh (đặc biệt là các công trình thủy công) đến sự phát triển các-tơ trên khu đất xây dựng.

**A.8.2** Các yếu tố nhân sinh làm biến đổi địa hình, hình thành các thành tạo nhân sinh ở phía trên của mặt cắt, làm biến đổi điều kiện thủy văn, địa chất thủy văn, tính chất cơ lý và đôi khi cả thành phần khoáng vật-thạch học của đất, trường nhiệt độ và trường ứng suất trong đất. Nguy hiểm hơn cả là các biến động điều kiện địa chất thủy văn mà trước hết là điều kiện thủy động lực.

**A.8.3** Công tác dự báo gồm các giai đoạn sau:

- a) Thu thập và phân tích các số liệu về những tác động đã có trên lãnh thổ và các thay đổi xảy ra do ảnh hưởng của chúng về điều kiện, tính chất, cường độ phát triển các-tơ và độ ổn định lãnh thổ;
- b) Dự báo tác động nhân sinh đến điều kiện địa chất công trình trong tương lai;
- c) Dự báo các thay đổi trong tương lai về điều kiện phát triển các-tơ dưới tác động của các yếu tố nhân sinh;
- d) Dự báo ảnh hưởng của các biến đổi (nhân sinh trong tương lai) điều kiện phát triển các-tơ đến cường độ của chúng và độ ổn định lãnh thổ.

**A.8.4** Dự báo ảnh hưởng của các yếu tố nhân sinh đến sự phát triển các-tơ và độ ổn định lãnh thổ, về cơ bản là định tính (vì rằng sự phân bố và phát triển các-tơ rất không đồng đều, nên phải lưu ý đến ảnh hưởng của nhiều yếu tố khó dự báo, có quan hệ đan xen lẫn nhau cực kỳ phức tạp, và do việc nghiên cứu các mối quan hệ này còn sơ sài, chủ yếu là định tính).

Trong dự báo cần phân loại các yếu tố nhân sinh nguy hiểm và xác định mức độ cho phép ảnh hưởng của chúng tới điều kiện phát triển các-tơ, nghĩa là phải có “dự báo tiêu chuẩn”. Từ dự báo này có thể rút ra các khuyến nghị từ góc độ ĐCCT về thực hiện các biện pháp cần thiết để không cho phép xảy ra những hậu quả nguy hiểm do các yếu tố nhân sinh gây nên.

Trong những trường hợp phức tạp mà chủ yếu là đối với các công trình rất lớn và rất quan trọng, phải thực hiện các nghiên cứu đặc biệt về dự báo ảnh hưởng của các yếu tố nhân sinh đến sự phát triển các-tơ và ổn định lãnh thổ. Để làm việc này có thể cần sự tham gia của các đơn vị khảo sát đặc biệt, thiết kế và nghiên cứu khoa học.

**A.8.5** Trong nhiệm vụ kỹ thuật khảo sát phải nêu rõ các tải trọng nhân sinh đã có cũng như đang thiết kế và tác động của nó lên môi trường địa chất, đó là: các thông số về công trình thủy công, công trình bơm hút nước, các đường ống dẫn nước, các hồ chứa, các hệ thống tưới tiêu. Trong đó phải chỉ ra lượng nước thấm vào đất, nồng độ thành phần xâm thực và nhiệt độ của nước, những nơi có thể thoát axit và các chất lỏng xâm thực khác, quy hoạch lãnh thổ, độ sâu phân bố, kiểu và kích thước móng công trình, tải trọng động và tĩnh... Chất lượng dự báo phát triển các-tơ và ổn định lãnh thổ phụ thuộc vào chất lượng và mức độ đầy đủ số liệu này. Sự thay đổi các tải trọng nhân sinh thiết kế và các tác động lên môi trường địa chất công trình có thể dẫn tới việc cần thiết xem xét lại dự báo.

**A.8.6** Trong khi khảo sát, cần thu thập và phân tích tài liệu về những tác động nhân sinh đã và đang có, những biến đổi tương ứng về điều kiện, đặc điểm, cường độ phát triển các-tơ, xói ngầm, thành tạo các hố sập. Tiến hành đánh giá các tác động và biến đổi đó nếu cần thể hiện trong việc phân vùng lãnh thổ, xác định xu hướng phát triển các tác động nhân sinh và những thay đổi tương ứng về điều kiện, đặc điểm và cường độ phát triển các-tơ, xói ngầm và thành tạo các hố sập với những đặc điểm định lượng tương ứng.

**A.8.7** Trước khi dự báo ảnh hưởng của các yếu tố nhân sinh đến sự phát triển các-tơ và sự ổn định lãnh thổ cần phải thực hiện dự báo các biến đổi nhân sinh về điều kiện phát triển các-tơ. Ví dụ: ảnh hưởng của thấm và nước dâng từ các hồ chứa đến điều kiện địa chất thủy văn, quá trình phát triển các phễu hạ thấp mực nước do bơm khai thác nước dưới đất, quá trình ngập úng nước...

**A.8.8** Trong mọi trường hợp cần có dự báo định tính, và đôi khi định lượng về các biến đổi nhân sinh điều kiện địa chất thủy văn và ảnh hưởng của chúng đến phát triển các-tơ và ổn định lãnh thổ, dự báo điều kiện thủy văn và ảnh hưởng của nó đến điều kiện địa chất thủy văn. Ngoài ra có thể còn xét đến một số yếu tố nhân sinh khác như: san lấp, khai đào...

Các tải trọng động và tĩnh từ nhà và công trình được tính đến trong các phép tính lún nền và trong đánh giá mức độ nguy hiểm của hang hốc các-tơ.

**A.8.9** Các phá huỷ nhân sinh điều kiện địa chất thủy văn được thể hiện ở những thay đổi về mức nước (áp lực), lưu lượng, vận tốc, hướng chuyển động, thành phần hoá học, nhiệt độ và chế độ nước ngầm. Chúng dẫn đến thay đổi các tính chất của đất đá như: độ ẩm, độ sệt, các tính chất cơ học và trạng thái ứng suất của chúng và có thể dẫn đến lún sập, tan rã, trương nở co ngót, nứt nẻ, phong hoá hoá học, rửa trôi, hoà tan, xói ngầm và mang vật liệu rời ra ngoài bằng dòng ngầm, lún và sụt lở đất đá. Cũng có thể xảy ra bồi-bám bằng vật liệu mịn, xi măng hoá và các quá trình khác.

Mối hiểm hoạ thường xuyên nhất chính là khả năng kích hoạt xói ngầm- vận chuyển cơ học vật liệu ra khỏi hang hốc các-tơ, các khe, các đới bị phá huỷ và dỡ tải...(xem A.7.19) dẫn tới làm xuất hiện sập, lún bề mặt và các lớp đất. Nhiều khi sập, lún xảy ra với số lượng lớn. Việc thay đổi điều kiện địa chất thủy văn có thể thúc đẩy lún trọng lực không có liên quan với xói ngầm, thúc đẩy sụt lở đá như là hậu quả của các biến đổi tính chất, trạng thái nứt nẻ và ứng suất của chúng. Để dự báo các thay đổi điều kiện địa chất thủy văn, phải cần đến các quan trắc định kỳ, các quan trắc này cần được thực hiện liên tục từ giai đoạn khảo sát đến giai đoạn xây dựng và sử dụng công trình.

**A.8.10** Cần lưu ý rằng việc hạ thấp cũng như nâng cao mực nước của các tầng chứa nước có thể kích hoạt các-tơ và các hiện tượng xói ngầm dẫn đến sập mặt đất. Một việc rất hay dẫn tới kích hoạt các-tơ và giảm mạnh ổn định lãnh thổ, đó là sự hình thành các phễu hạ thấp sâu trong quá trình khai thác khoáng sản và các tầng chứa nước. Việc xây dựng các hồ chứa nước cũng thường dẫn tới kích hoạt các hiện tượng các-tơ, xói ngầm và hình thành sập. Mức độ nguy hiểm sẽ tăng lên nhiều, trong trường hợp kết hợp 2 yếu tố: tăng mực nước tầng phủ và hạ thấp mực nước tầng đá các-tơ - nứt nẻ,



đặc biệt là khi mực nước tầng đá các-tơ - nứt nẻ nằm dưới cao độ mái tầng đó. Những thay đổi và dao động mực nước đột ngột cũng rất bất lợi. Hiện tượng rò rỉ nước công nghiệp và nước sinh hoạt có thể kích hoạt các-tơ và các hiện tượng có liên quan đến nó, đặc biệt nguy hiểm ở những chỗ nước rò rỉ tập trung và kéo dài.

**A.8.11** Cơ sở để dự báo ảnh hưởng của các yếu tố nhân sinh đến phát triển các-tơ và ổn định lãnh thổ chính là phân vùng lãnh thổ theo mức độ nhạy cảm với các tác động nhân sinh và những biến đổi điều kiện tự nhiên tương ứng ảnh hưởng đến phát triển các-tơ và ổn định lãnh thổ, mà trước hết là nhạy cảm với tác động do điều kiện ĐCTV thay đổi.

**A.8.12** Khi phân vùng theo độ nhạy cảm với các tác động nhân sinh và những biến đổi điều kiện tự nhiên tương ứng ảnh hưởng đến phát triển các-tơ và ổn định lãnh thổ nên khoanh vùng:

- a) Diện tích phân bố các kiểu thạch học các-tơ khác nhau;
- b) Diện tích và khu vực có mức độ biểu hiện phát triển các-tơ trên bề mặt và dưới ngầm khác nhau;
- c) Diện tích phát triển các-tơ trần và các-tơ kín. Diện tích các-tơ kín lại được phân chia theo độ thấm nước của tầng phủ.

Tùy thuộc vào điều kiện địa phương mà chia lãnh thổ ra các diện tích có độ nhạy cảm khác nhau theo các dấu hiệu khác.

**A.8.13** Không được để các chất lỏng xâm thực mạnh tiếp cận các đá các-tơ (ví dụ nước có hàm lượng axit đủ cao), lý do là vì tốc độ hoà tan các đá tăng lên đột ngột rất nguy hiểm. Khi không xảy ra việc các chất lỏng xâm thực tiếp cận được thì sự hoà tan đá cacbonat diễn ra chậm và trong suốt giai đoạn sử dụng công trình cũng không dẫn tới sự tăng trưởng đáng kể nào, không tạo thành hang hốc mới nào.

**A.8.14** Đối với các-tơ kín, thì các khu vực có phễu và các biểu hiện khác của các-tơ trên bề mặt đất là những khu vực nhạy cảm hơn cả đối với biến động nhân sinh về điều kiện địa chất thuỷ văn. Trong trường hợp thay đổi điều kiện địa chất thuỷ văn ngay tại những khu vực này thì sự kích hoạt nhân sinh thành tạo sập xảy ra trước tiên, đạt tới cường độ lớn. Ngay cả những thay đổi không đáng kể về điều kiện địa chất thuỷ văn có thể dẫn tới kích hoạt tạo sập.

**A.8.15** Tại những nơi đầm lầy ở thềm sông, những trũng lầy trên vùng phân thuỷ có thể bắt gặp các phễu các-tơ, nhóm phễu, cánh đồng các-tơ chưa được phát hiện khi giải đoán ảnh hàng không và quan sát hiện trường. Những phễu, nhóm phễu và cánh đồng các-tơ này khi giảm mực nước ngầm có thể biểu hiện dưới dạng sập và lún mặt đất do co ngót than bùn, bùn phân bố trong các phễu hiện có.

**A.8.16** Do những biến đổi nhân sinh về điều kiện địa chất thuỷ văn, mà quá trình hình thành các hố sập có thể bắt đầu tại những khu vực phát triển các-tơ ngầm và nứt nẻ mạnh mà không được bảo vệ tốt bằng tầng phủ chắn nước, đó là những khu vực không có biểu lộ các-tơ trên mặt đất trong điều kiện tự nhiên.

Trong điều kiện kể trên, sẽ có khả năng xuất hiện các hồ sập tại những khu vực phát triển các-tơ ngầm ở cấp trung bình và cao, được khoanh vùng (đối với điều kiện tự nhiên) ở cấp ổn định IV và thấp hơn, có nghĩa là các lãnh thổ mà trên đó dù chưa ghi nhận được các hồ sập, nhưng trong tương lai thì việc tạo thành chúng là có thể. Dưới tác động của các yếu tố nhân sinh, độ ổn định của chúng có thể còn thấp hơn nữa nếu không áp dụng các biện pháp ngăn ngừa tình trạng xấu đi về điều kiện địa chất thủy văn.

Trên những vùng lãnh thổ không có các-tơ hoặc các-tơ yếu, thuộc cấp ổn định V (xem A.6.20) thì việc kích hoạt nhân sinh thành tạo sập ít có khả năng. Tuy nhiên, nó có thể được tìm thấy ở những nơi có các-tơ ngầm, các đới nứt nẻ mạnh chưa được phát hiện trong quá trình khảo sát.

**A.8.17** Tính nhạy cảm của lãnh thổ với tác động nhân sinh lên điều kiện địa chất thủy văn, quá trình phát triển các-tơ và thành tạo các hồ sập phần nhiều phụ thuộc vào vai trò bảo vệ của tầng phủ chắn nước. Có thể phân chia tầng phủ bảo vệ thành: các diện tích không có lớp chắn nước trong tầng phủ; các diện tích có mức độ thấm nước của tầng phủ khác nhau; các diện tích có tầng phủ chắn nước tin cậy. Đồng thời cũng có thể chia ra các diện tích với một, hai lớp chắn nước trong tầng phủ... Sự có mặt của các lớp cách nước, các thấu kính, các lớp xen kẹp chắn nước trong tầng đá hoà tan cũng có ý nghĩa quan trọng.

Đặc điểm định lượng cần thiết nhất của lớp chắn nước là độ dày của nó. Phải đánh giá cả mức độ không đồng nhất của lớp cách nước, ví dụ: giá trị lớn nhất và nhỏ nhất của độ dày, tỷ lệ diện tích không có lớp chắn nước trong tầng phủ trên tổng diện tích khu vực, giá trị trung bình, độ lệch và các đặc trưng thống kê khác về phân bố độ dày của lớp chắn nước cho khu vực.

Các diện tích có độ dày lớp chắn nước nhỏ, hoặc từ 5 m đến 10 m tùy thuộc điều kiện cụ thể, thường không có ưu thế so với các diện tích không có nó. Bởi vì, tại các diện tích này có thể hình thành các phá huỷ cục bộ của lớp cách nước, kéo theo là tập trung dồn nước từ tầng này sang tầng khác.

Để đánh giá định lượng vai trò bảo vệ của lớp chắn nước, người ta sử dụng hệ số kháng trở, hệ số chảy xuyên qua, giá trị chảy xuyên qua, gradient thấm thẳng đứng và các đặc trưng khác. Hệ số kháng trở của lớp cách nước được xác định theo công thức:

$$K_c = \sum \frac{m_i}{k_i} \quad (\text{A.25})$$

trong đó:

$m_i$  là độ dày của lớp cách nước thứ  $i$ ;

$k_i$  là hệ số thấm thẳng đứng của lớp chắn nước thứ  $i$ .

Gradient thấm thẳng đứng là chỉ số quan trọng, chỉ số đó tăng lên thì mối nguy hiểm kích hoạt xói ngầm và tạo sập sẽ tăng.

**A.8.18** Trong những trường hợp phức tạp, chủ yếu là đối với các công trình lớn và quan trọng, lãnh thổ các thành phố, các khu công nghiệp..., theo nhiệm vụ chuyên môn, bằng phương pháp mô hình thủy động lực, có thể dự báo định lượng các biến đổi nhân sinh đối với mức nước, gradient thấm, giá trị thấm và lưu lượng nước chảy xuyên qua. Mô hình hoá thủy động lực cho phép (với tải trọng nhân sinh cho trước) dự báo biến đổi điều kiện thủy động lực do chúng gây ra và ngược lại trong điều kiện biến đổi điều kiện thủy động lực cho phép đã đặt ra có thể xác định các tải trọng giới hạn.

**A.8.19** Trong một số trường hợp đã được khẳng định trong nhiệm vụ kỹ thuật khảo sát ĐCCT, để dự báo ảnh hưởng của các yếu tố nhân sinh đến ổn định lãnh thổ, phải tiến hành các thử nghiệm và các tính toán thủy động lực, thủy địa hoá theo những chương trình đặc biệt. Để làm được việc này đòi hỏi sự tham gia của nhiều tổ chức chuyên môn. Việc áp dụng chúng cần phải có luận chứng cụ thể và xác định xem mô hình lựa chọn phù hợp với hoàn cảnh thực tế đến mức nào.

**A.8.20** Nếu có số liệu về các biến đổi nhân sinh đã diễn ra trước đó về điều kiện phát triển các-tơ và ảnh hưởng của chúng đến cường độ thành tạo sập (xem A.7.6), thì hoàn toàn có khả năng dự báo ngoại suy, nghĩa là các xu hướng, các quy luật sẽ tương tự cho tương lai với một vài điều chỉnh.

**A.8.21** Trên các vùng lãnh thổ phân bố đá hoà tan và phát triển các hiện tượng các-tơ cần áp dụng các biện pháp bảo vệ tránh các-tơ phát triển tự nhiên và kích hoạt nhân sinh (xem A.7.2). Có thể áp dụng hợp lý các biện pháp chống các-tơ sau:

- a) Quy hoạch kiến trúc;
- b) Điều chỉnh nước và chống thấm;
- c) Địa-kỹ thuật (gia cố nền móng nhà và công trình);
- d) Kết cấu;
- e) Công nghệ;
- f) Khai thác.

Việc kết hợp các giải pháp kể trên, thành phần và khối lượng của chúng phụ thuộc vào điều kiện cụ thể khu đất và đặc điểm công trình thiết kế.

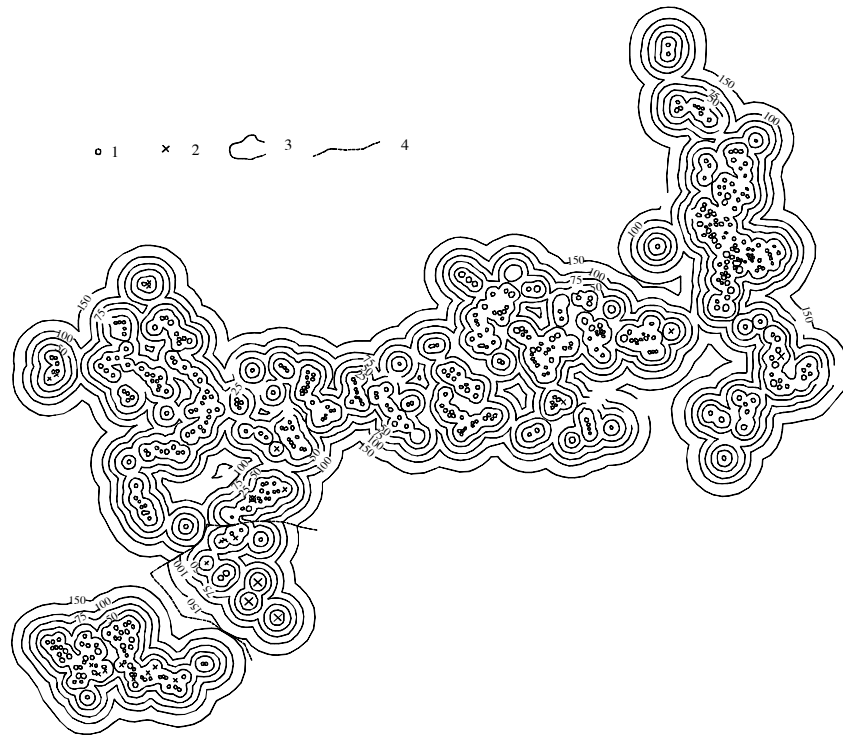
Trong mọi trường hợp, bắt buộc áp dụng các biện pháp điều chỉnh nước để phòng thấm nước bề mặt, nước công nghiệp và sinh hoạt vào trong đất. Cần phải đảm bảo sao cho lưu lượng thấm và trạng thái mức nước ngầm không vượt quá mức nước tự nhiên. Việc quy hoạch bề mặt đất, tiện nghi và hệ thống tiêu thoát nước mưa cần đảm bảo một cách tin cậy cho thoát nước bề mặt từ nhà cửa, công trình ra ngoài giới hạn khu vực xây dựng. Cần áp dụng các biện pháp làm giảm thất thoát nước từ các hệ thống dẫn nước. Không cho phép rò rỉ nước, đặc biệt là axit và các chất lỏng xâm thực khác dưới các toà nhà, công trình và vùng lân cận. Cần có những biện pháp nghiêm ngặt chống rò rỉ nước vào lòng đất ở những công trình quan trọng, những công trình có áp dụng quá trình công nghệ ẩm ướt. Trong giai đoạn xây dựng không để tích tụ nước bề mặt tại các hố đào và khu đất xây dựng, cần kiểm

tra chặt chẽ chất lượng công việc cách nước, lắp đặt hệ thống dẫn nước, lấp các hố đào do công tác xây dựng để lại.

Không để xảy ra hoặc hạn chế ảnh hưởng của các hồ chứa nước, các nguồn nước tự chảy và hạ thấp mực nước do khai thác nước ngầm, các giếng thu nước... đến chế độ của tầng chứa nước nứt nẻ - các-tơ và các tầng chứa nước nằm phía trên trong phạm vi lãnh thổ đã và đang xây dựng. Nếu các xí nghiệp, nhà cửa và công trình đang thiết kế hoặc đang tồn tại rơi vào vùng ảnh hưởng đã nêu (như hạ thấp, nâng cao, dao động mức nước) thì cần phải dự báo hậu quả của nó, nếu cần thiết phải thực hiện các nghiên cứu đặc biệt (xem A.8.4, A.8.18, A.8.19) và có các biện pháp bảo vệ cần thiết.

Căn cứ vào mức độ cần thiết, phù hợp với các tài liệu tiêu chuẩn hiện hành, có tính đến điều kiện cụ thể khu đất và đặc điểm của công trình thiết kế, để bảo vệ lãnh thổ, phòng chống các-tơ phát triển tự nhiên và kích hoạt nhân sinh của nó, cần phải áp dụng các biện pháp điều chỉnh nước đặc biệt, địa kỹ thuật, kết cấu và các biện pháp chống các-tơ khác.

Để kiểm soát các thay đổi điều kiện địa chất thủy văn, kiểm soát sự phát triển các-tơ và hoạt động của các biện pháp chống các-tơ trong thời kỳ xây dựng và khai thác, sử dụng xí nghiệp, nhà cửa, công trình, cần phải tiến hành các quan trắc định kỳ đối với chế độ nước mặt và nước ngầm, đối với quá trình phát triển các-tơ, sập, lún và biến dạng nhà cửa, công trình ... Nếu cần, thiết lập hệ thống tín hiệu phòng chống sự cố các-tơ.



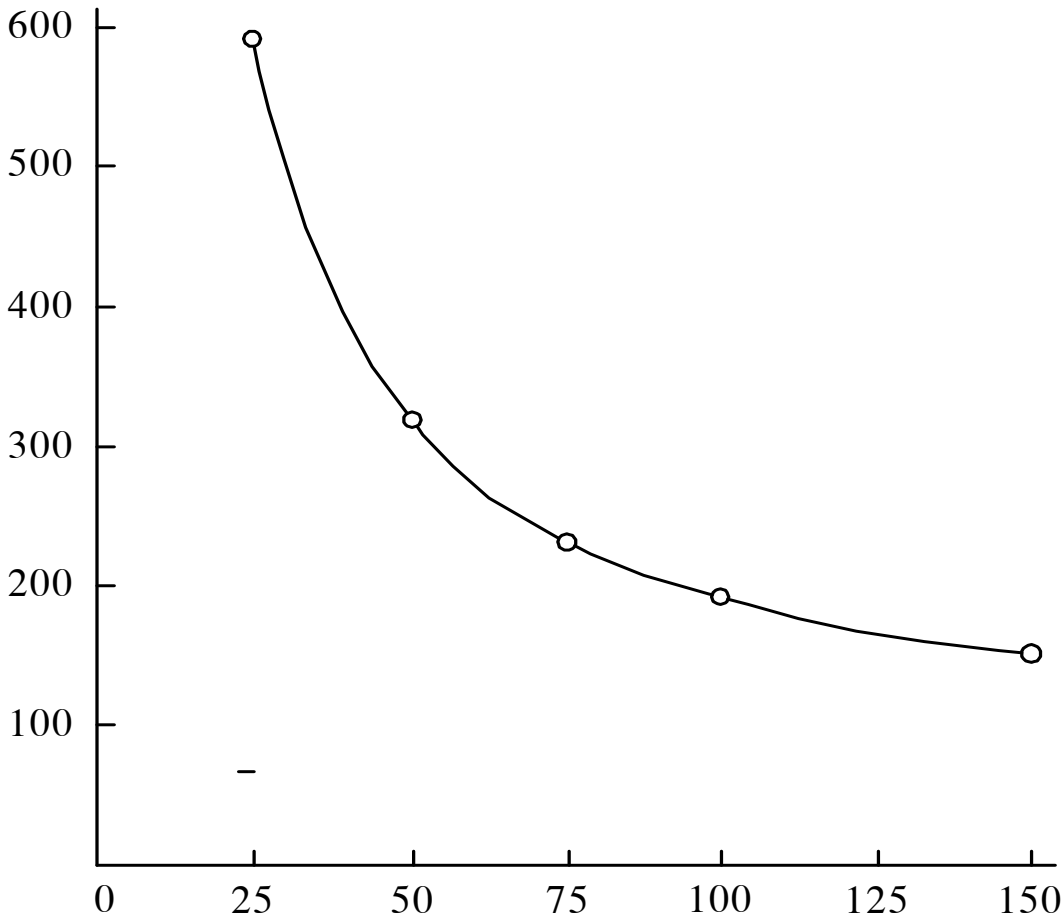
**CHÚ DẪN:**

(lấy ví dụ ở phía đông thành phố Dzerzinsk – Liên bang Nga)

- 1) Phễu các-tơ;
- 2) Hồ sập các-tơ;
- 3) Đường đẳng xa từ các phễu các-tơ;
- 4) Ranh giới cánh đồng các-tơ mới đang phát triển.

**Hình A.1 - Sơ đồ phân bố các loại hình phát triển các-tơ  
và các đường đẳng xa từ các phễu các-tơ**

$$K_{NB}(R) = \frac{N_B}{S(R)} \text{ MT/KM}^2$$

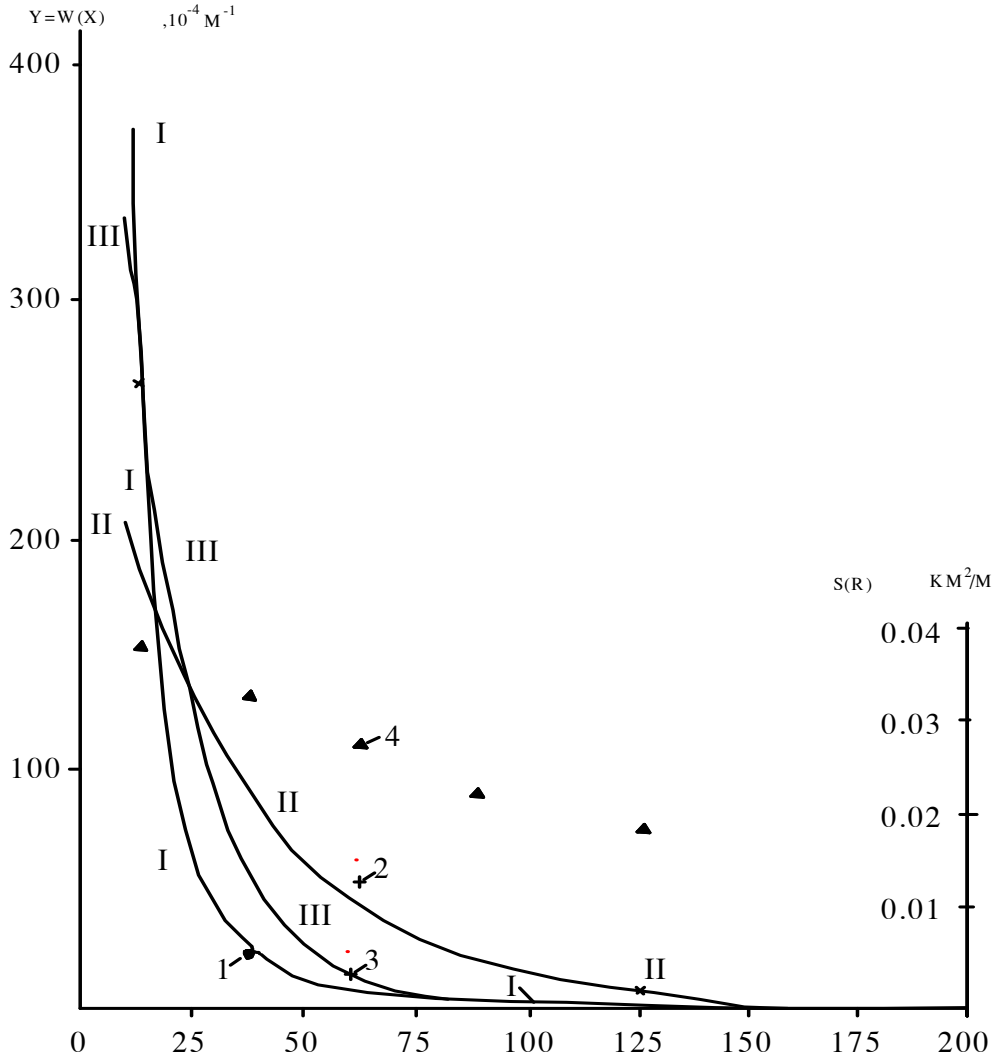


(đơn vị trục hoành)

CHÚ DẪN:

(lấy ví dụ ở phía đông thành phố Dzerzinsk – Liên bang Nga)

**Hình A.2 - Đồ thị quan hệ mật độ các phếu các-tơ  
và bán kính khoanh vùng theo các đường đẳng xa từ các phếu các-tơ**



**CHÚ DẪN:**

Các giá trị gốc về mật độ của tần xuất phân bố theo giá trị đẳng xa:

1 - phễu các-tơ; 2 - 30 hố sập; 3 - 23 hố sập; 4 – giá trị diện tích  $S(R)$ ;

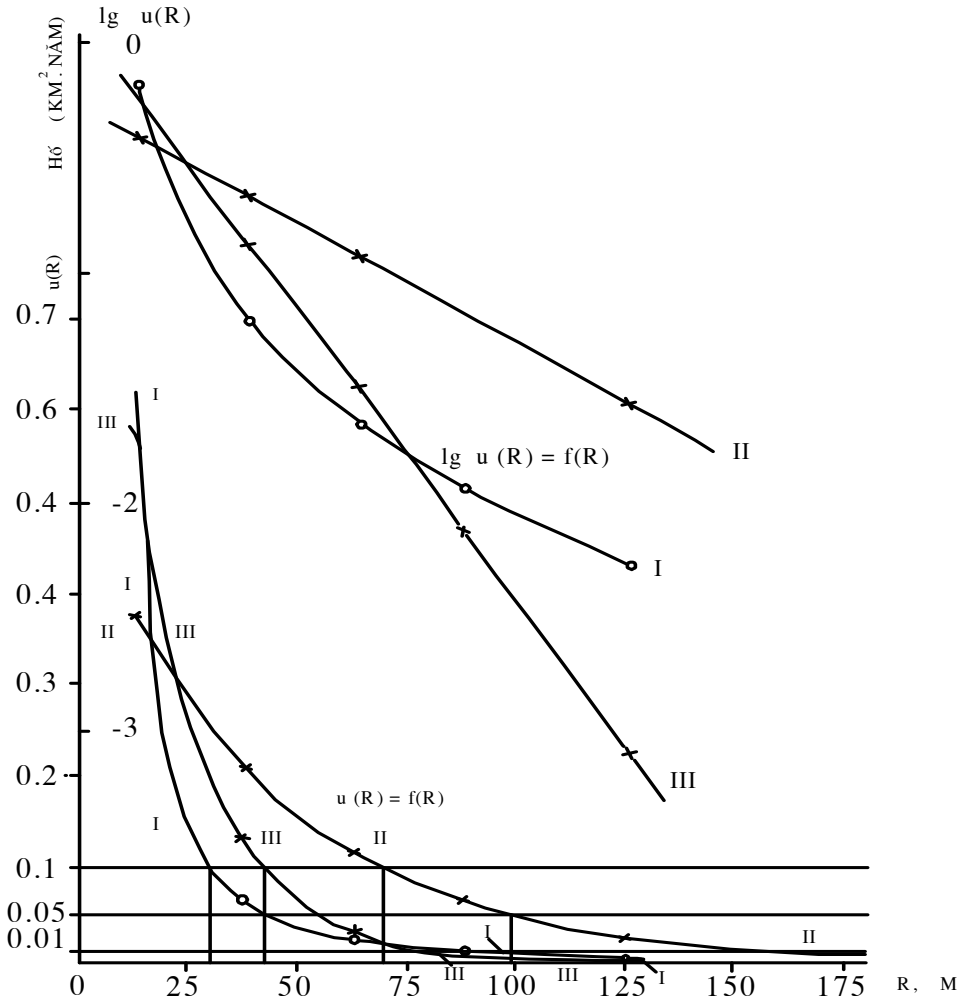
Gia tăng trên 1 m đẳng xa.

Các đường cong phân bố theo giá trị đẳng xa:

I – phễu các-tơ; II – 30 hố sập các-tơ; III - 23 hố sập các-tơ.

(lấy ví dụ ở phía đông thành phố Dzerzinsk – Liên bang Nga)

**Hình A.3 - Đồ thị phân bố phễu và hố sập  
theo giá trị đẳng xa từ biểu hiện các-tơ gần nhất**



**CHÚ DẪN**

Đường cong dự báo mật độ hố sập trung bình năm (dự kiến).

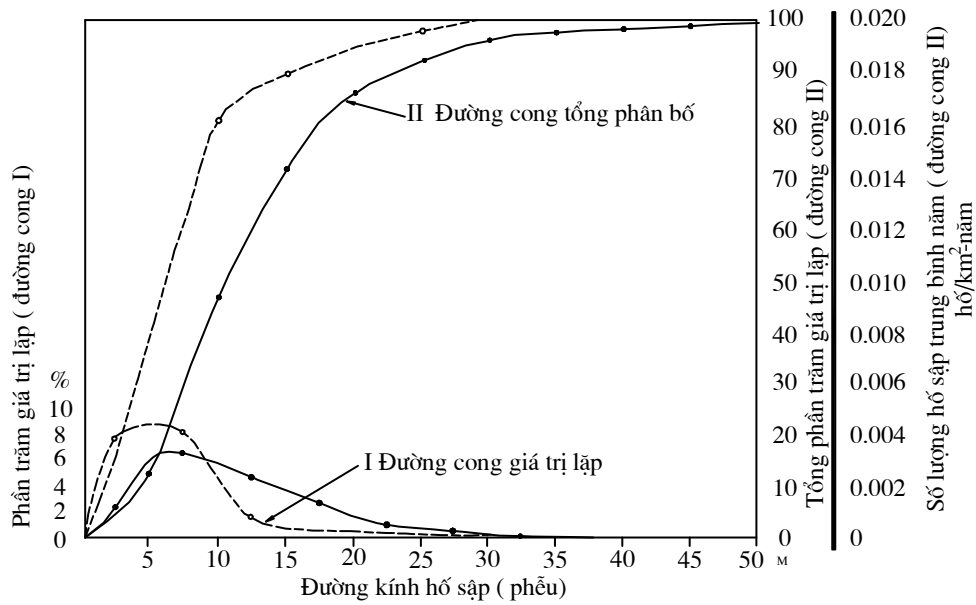
Kết quả sử dụng đồ thị phân bố theo giá trị đẳng xa từ biểu hiện

Các-tơ gần nhất: I – 566 phễu, II – 30 hố sập, III – 23 hố sập.

(lấy ví dụ ở phía đông thành phố Dzerzinsk – Liên bang Nga).

**Hình A.4 - Đồ thị phân bố mật độ hố sập trung bình năm (dự kiến)  
theo giá trị đẳng xa từ biểu hiện các-tơ gần nhất.**





**CHÚ DẪN**

(lấy ví dụ ở phía đông thành phố Dzerzinsk – Liên bang Nga).

Đường cong phân bố phễu ký hiệu bằng đường liền.

Đường cong phân bố hố sập bằng đường rời.

**Hình A.5 - Đồ thị phân bố các hố sập và phễu các-tơ theo giá trị đường kính của chúng.**

**Phụ lục B**

(Tham khảo)

**Phân loại khối đá theo mức độ nứt nẻ (TCVN 4253:1986)****Bảng B.1- Phân loại khối đá theo mức độ nứt nẻ (TCVN 4253:1986)**

<b>Mức độ nứt nẻ</b>	<b>Mođun nứt nẻ (M)</b>	<b>Chỉ tiêu RQD %</b>
Nứt nẻ rất yếu	Nhỏ hơn 1,5	Từ 90 đến 100 (rất tốt)
Nứt nẻ yếu	Từ 1,5 đến 5	Từ 75 đến 90 (tốt)
Nứt nẻ trung bình	Từ 5 đến 10	Từ 50 đến 75 (trung bình)
Nứt nẻ mạnh	Từ 10 đến 30	Từ 25 đến 50 (kém)
Nứt nẻ rất mạnh	Lớn hơn 30	Từ 0 đến 25 (rất kém)

CHÚ THÍCH:

1) Mođun nứt nẻ M – số lượng khe nứt trên 1 m đường đo.

2) RQD (Rock quality designation) do Deere đề xuất 1963.

$RQD = 100/L \times \sum li$  (li những nỡn khoan có chiều dài lớn hơn 10 cm).

L – Tổng chiều dài đoạn khoan nghiên cứu.

## Phụ lục C

(Tham khảo)

## Phân loại đá theo mức độ phong hoá

Bảng C.1- Phân loại đá theo mức độ phong hoá

Cấp độ phong hoá	Ký hiệu	Đặc tính
Phong hoá hoàn toàn	P.H	Đá đã bị biến màu hoàn toàn, không ánh. Hầu hết đá đã biến thành đất hoặc dăm vụn, tỷ lệ dăm cục thường nhỏ hơn 50 %.
Phong hoá mạnh	P.M	Đại bộ phận đá đã biến màu, hầu hết fenspat chuyển thành màu đục, các khoáng vật Fe, Mg bị mờ và chuyển đất sét có màu nâu. Đất chiếm nhỏ hơn 50 %. Đá phần lớn mềm bở, búa đập nhẹ
Phong hoá vừa	P.V	Bề mặt của đá và mặt các khe nứt hầu hết bị biến màu, bị ô xy hoá, nứt nẻ phát triển khá mạnh, cấu trúc nguyên thủy của đá hoàn chỉnh, búa đập bình thường các khe nứt dễ bị tách vỡ, lõi đá cứng không bẻ được bằng tay
Phong hoá nhẹ	P.N	Bề mặt của đá và khe nứt có sự thay đổi màu nhẹ. Các khe nứt thường kín hoặc mở rộng không quá 1 mm. Đá liền khối, cứng chắc. tiếng vang khi đập búa trong, cường độ giảm so với đá tươi không đáng kể
Không phong hoá (đá tươi)	P.K	Màu đá sáng tươi, các thành phần khoáng vật tạo đá không biến đổi, khe nứt đặc biệt kín hoặc mở rộng không quá 0,5 mm. Búa đập khó vỡ, tiếng vang trong

Bảng C.2- Phân loại đá theo mức độ phong hoá

Mức độ phong hoá	Hệ số phong hoá $K_{ph}$	Hệ số khe rỗng $K_{kr}$
Phong hoá mạnh	Nhỏ hơn 0,8	Lớn hơn 5
Phong hoá	Từ 0,8 đến 0,9	Từ 2 đến 5
Phong hoá nhẹ	Từ 0,9 đến 1,0	Từ 1 đến 2
Không phong hoá	Lớn hơn 1.0	Nhỏ hơn 1

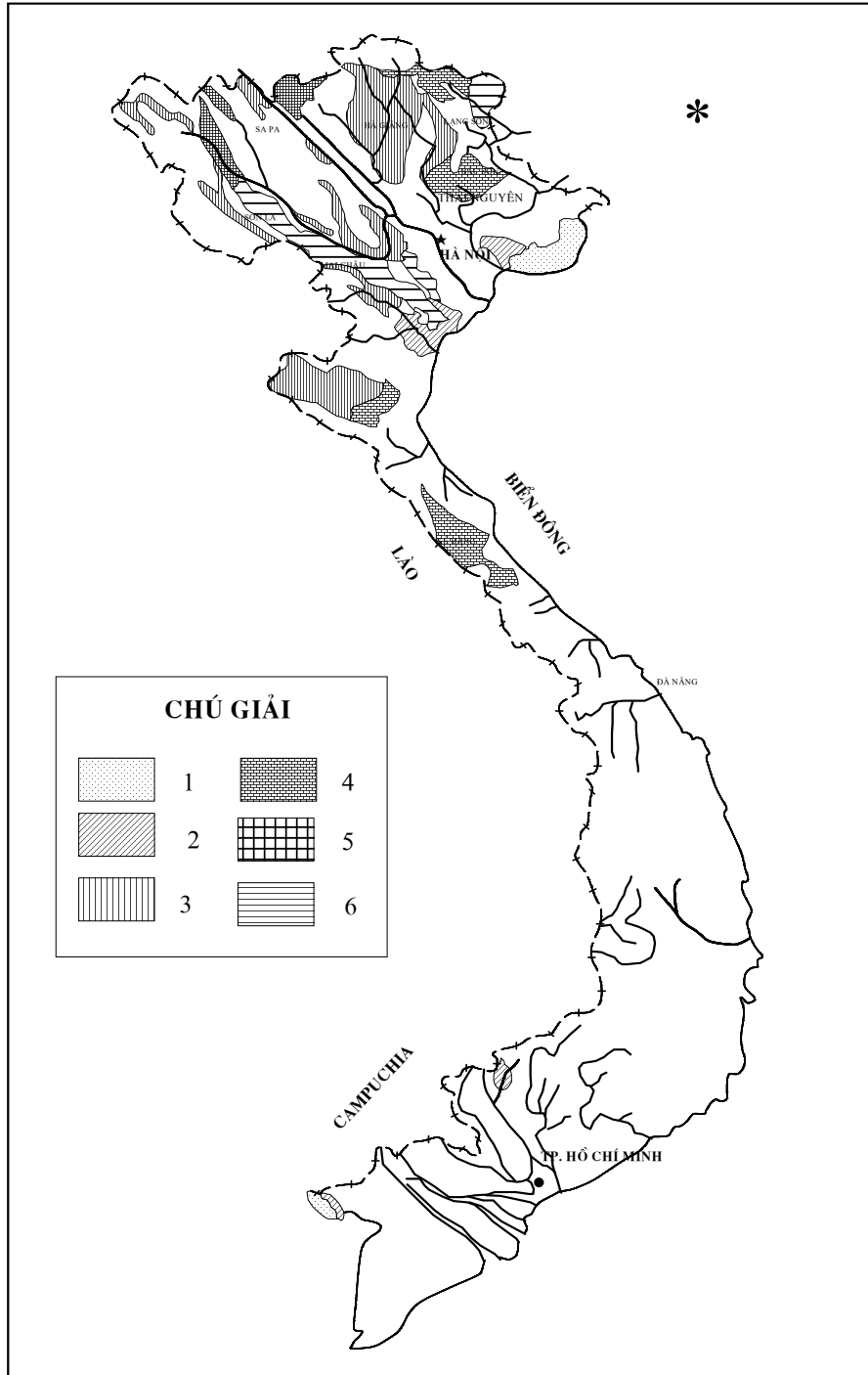
CHÚ THÍCH:  $K_{ph} = \gamma_{kph}/\gamma_{kt}$ ; trong đó  $\gamma_{kph}$ ,  $\gamma_{kt}$  là khối lượng thể tích khô của đá phong hoá đang xét và đá không phong hoá.

$K_{kr} = V_{kr}/V$ ; trong đó  $V_{kr}$  là tổng thể tích của các khe rỗng trong thể tích khối đá  $V$ .

**Phụ lục D**

(Tham khảo)

**Sơ đồ phân bố đá cacbonat và phát triển các-tơ lãnh thổ Việt Nam**



**Hình D.1- Sơ đồ phân bố đá cacbonat và phát triển các-tơ lãnh thổ Việt Nam**

## CHÚ DẪN:

## 1. Khu vực 1

Quần đảo núi sót các-tơ nổi lên trên mặt các vũng vịnh khu vực Hải Phòng - Quảng Ninh và một phần ở Hà Tiên. Đá cacbonat có thành phần chủ yếu là đá vôi khối lớn hoặc phân lớp dày tương đối thuần khiết, đôi chỗ đá vôi nằm xen kẽ với các đá trầm tích khác: cuội kết, cát kết, bột kết, sét kết. Đá vôi có tuổi đêvôn, cacbon và permi. Quá trình các-tơ vẫn đang phát triển mạnh, các núi sót không có lớp phủ tàn tích, các hang động có kích cỡ lớn, có giá trị du lịch.

## 2. Khu vực 2

Vùng đồng bằng ven biển Hải Phòng - Quảng Ninh, Ninh Bình - Thanh Hoá, Hà Tiên và một diện tích nhỏ ở Tây Ninh, có cao độ tuyệt đối biến đổi trung bình từ 0,5 m đến 1,0 m đến 8 m đến 10 m. Đá cacbonat bị phủ bởi các trầm tích đệ tứ có chiều dày từ 1 m đến 2 m đến 10 m đến 15 m hoặc sâu hơn, đôi chỗ nổi lên trên mặt đất tạo thành các núi sót các-tơ đơn độc. Đá cacbonat có thành phần chủ yếu là đá vôi cacbon-permi. Các-tơ phát triển trong đá vôi ở khu vực Hải Phòng - Quảng Ninh, Ninh Bình - Thanh Hoá đến độ sâu 70 m đến 80 m, hình thành các tầng hang động phát triển theo chiều ngang và chiều sâu rất phức tạp. Khảo sát địa chất công trình trong khu vực này gặp nhiều khó khăn, đặc biệt cho các công trình quan trọng với tải trọng lớn như nhà máy xi măng...

## 3. Khu vực 3

Vùng đồi núi mềm mại cấu thành chủ yếu bởi các đá phi cacbonat, xen kẽ các đồi núi sót các-tơ có kích cỡ khác nhau, phân bố rộng khắp ở các tỉnh Nghệ An, Sơn La, Lai Châu, Tuyên Quang, Hà Giang. Đá cacbonat trong khu vực này chủ yếu là đá hoa và đá vôi hoa hoá tuổi proterozoi và paleozoi. Do sự phân bố hạn chế của đá cacbonat trong khu vực này mà các-tơ không ảnh hưởng nhiều đến quy hoạch phát triển kinh tế và xây dựng.

## 4. Khu vực 4

Bề mặt bóc mòn của các khối đá vôi lớn thuần khiết tuổi cacbon-permi có cao độ tuyệt đối từ 100 m đến 200 m đến 800 m đến 900 m, phát triển tương đối tập trung tại Quảng Bình, Nghệ An, Thái Nguyên, Cao Bằng. Các-tơ trong khu vực này phát triển mạnh cả dưới ngầm và trên bề mặt, tạo thành các hang động lớn ở phía dưới và địa hình hiểm trở, phân cắt mạnh ở phía trên. Xây dựng các công trình lớn như hồ chứa nước sẽ gặp rất nhiều khó khăn. Khảo sát địa chất công trình trong khu vực này ít gặp khó khăn, bởi vì trong khu vực hầu như không có lớp phủ.

## 5. Khu vực 5

Bề mặt bóc mòn - xâm thực của các khối đá vôi lớn nằm trong đới cà nát và nâng mạnh tân kiến tạo, phân bố ở khu vực Hà Giang và Lai Châu. Cao độ bề mặt khối đá có thể đạt tới từ 1 000 m đến 1 900 m, địa hình hiểm trở, không có lớp phủ sườn - tàn tích. Đá vôi ở Hà Giang có tuổi kebrri-orddovich, ở Lai châu có tuổi Đêvôn, chúng bị phân cách rất mạnh bởi các thung lũng và các khe trũng sâu. Các-tơ bề mặt trong khu vực này phát triển mạnh hơn các-tơ ngầm. Quá trình xâm thực đóng vai trò quan trọng trong thành tạo địa hình. Khai thác sử dụng lãnh thổ khu vực này gặp nhiều khó khăn.

## 6. Khu vực 6

Bề mặt san bằng và phân thủy, tạo thành đới hẹp chạy suốt từ Lai Châu về Ninh Bình, cao độ tuyệt đối địa hình biến đổi từ 200 m đến 250 m đến 1 800 m đến 2 000 m. Đá cacbonat trong khu vực này là đá vôi trias dạng khối

## TCVN 9402:2012

và phân lớp dày. Đây là khu vực đặc trưng cho các-tơ trưởng thành, ở đây có thể bắt gặp tất cả các loại hình các-tơ như: thung lũng khô khép kín, cánh đồng xâm thực - hoà tan, các dòng chảy ẩn hiện, hang động các-tơ, hố sập và phếu các-tơ... Chiều dày của lớp phủ sườn- tàn tích từ 1 m đến 2 m đến 10 m hoặc 15 m. Phát triển kinh tế trong khu vực này tương đối thuận lợi, nhưng khảo sát và xây dựng công trình sẽ gặp khó khăn.

**Thư mục tài liệu tham khảo**

- 1) *TCVN 4253:1986, Nền các công trình thủy công- Tiêu chuẩn thiết kế.*
-