

水文地質工程地質工作方法小丛书

大型水庫坝址 工程地質勘察要求

(初稿)

地質部水文地質工程地質局編



地質出版社

水文地質工程地質工作方法小叢書
大型水庫填址工程地質勘察要求

編 者 地質部水文地質工程地質局
出版者 地 質 出 版 社
北京宣武門外永光寺西街3号
北京市書刊出版業營業許可證出字第050号
发 行 者 新 華 書 店
印 刷 者 交 通 出 版 社 印 刷 厂

印数(京) 2001-3100册 1959年3月北京第1版
开本 $31'' \times 43''^{3/32}$ 1959年5月第2次印刷
字数27000 印张 $1^5/16$
定价(8) 0.14元 統一書号: T1b038·672

目 录

前 言	1
一、水庫工程地質勘察	2
二、坝址工程地質勘察	3
三、坝址工程地質勘探	8
四、野外滲透試驗	10
五、試驗室工作	10
六、与水工建筑物有关的地下水动态观测	12
七、天然建筑材料勘察	12
八、附属水工建筑物的工程地質勘察	18
九、水庫坝址工程地質勘察报告	22
十、施工工程地質勘察	23
附录一 岩石物理力学性質指标的鑑定方法	25
附录二 岩石的施工分类	30
附录三 試驗取样数量	38
附录四 水工建筑物工程地質勘察坚硬或半坚硬岩石試驗項目参考表	40

大型水庫埧址工程地質勘察要求

(初稿)

前 言

为了高速发展工农业，多快好省地提供全国大規模兴修水庫和水电站所需的工程地質資料，特根据各地进行水利工程地質勘察的經驗，編制成本“大型水庫埧址工程地質勘察要求”（初稿）。

大中小型水庫的划分，应根据工程規模与水利工程的国民經济意义和工程地質条件而定。各地区的情况不同，划分的标准也不尽相同。各地可根据具体情况划分。

河流的开发利用一般应先有规划，然后按照规划在选定的埧段进行設計工作。大河流域或大型水庫的规划设计都需要进行工程地質勘察，提供规划、設計所需要的工程地質資料。根据已經掌握的資料与国民經济对水庫、电站需要的迫切性，設計工作可以与规划工作同时进行。或者有了概略的规划之后即在重点开发地段进行設計工作。本要求适用于一般的大型水庫埧址設計阶段的工程地質勘察。

使用本要求时，应結合各地区的工程地質情况、工程規模、施工条件以及工程建筑的經济效益等具体条件，贯彻“边勘察、边設計、边施工”的方針，灵活运用，并随时总

結經驗，以便不断充实本要求。各地还应結合地区情况拟定具体的細則。

一、水庫工程地質勘察

1. 水庫区域工程地質勘察一般要求解决下列問題：

- (1) 水庫的滲漏問題；
- (2) 水庫周边边坡稳定問題；
- (3) 水庫充水后，对具有国民經济意义的土地、工矿企业、城鎮及矿产等的可能淹沒和浸沒問題；
- (4) 水庫淤积的固体逕流来源問題。

2. 进行水庫工程地質勘察时，应充分收集已有的地質資料，附近已有的水工建筑物經驗，并进行訪問。收集資料和訪問的結果可以說明不存在第 1 条提出的問題时，即可作出結論。否則，在地質条件簡單的地区可以进行路綫踏勘，复杂地区进行 1:50,000—1:200,000 的地質測繪，通过測繪发现問題，然后在存在問題的地段进行 1:10,000—1:50,000 的地質測繪与必要的勘探与試驗工作，这些勘探工作，主要的包括坑槽探、物探与少量的鑽探。

如果踏勘或初步的地質測繪工作說明存在的問題并不很大，不足以影响水庫或电站的建成，則进一步的較詳細的地質測繪与勘探工作，可以在水庫或电站施工时或以后再进行。

3. 如所规划的水庫位于火成岩与变質岩地区，应确定裂縫与構造破裂的性質、破碎帶及接触帶的位置和水文地質条

件与水庫回水綫的关系,并注意凝灰岩类岩石的耐水性。此类水庫一般均不存在浸沒問題。严重风化地区,风化冲刷的固体逕流来源較多。除板岩地段外,一般塌岸、滲漏問題不大。

4. 如所规划的水庫位于碳酸鹽类岩石区内,应收集有关岩石性質、地貌、構造、水文地質等資料,掌握喀斯特的发育規律,并預測水庫充水改变水文地質条件后,可能产生的不良情况的严重性。如喀斯特現象存在于水庫設計回水标高以上則不必处理。如設計回水标高以下有喀斯特現象存在,并且与庫外相通时,应了解其分布、規模大小及填充物的性質,加以必要的处理,以免滲漏。在碳酸鹽类岩层分布地区应特別注意隔水岩层的分布情况并充分利用。

5. 如所规划的水庫位于黄土地区,則应了解黄土的顆粒成分、成层情况、水文地質条件,研究水庫建成后可能产生的沉陷、塌岸、滲漏、淤积与浸沒問題。

6. 如所规划的水庫位于松散岩层和各种松散岩层交互成层的地区,必須注意强烈透水层的組成成分、分布与滲透性質,以确定是否滲漏,同时应研究塌岸、浸沒与淤积物的来源問題。

强烈风化的岩层視同松散岩层。

二、坝址工程地質勘察

7. 坝址工程地質勘察系在預定地段进行的勘察工作。目的与任务是通过工程地質勘察了解工程地質特性和水文地質条件以选择地質条件适宜的坝址,提供設計所需的地質資料

及岩石物理力学性質技术指标，以便設計部門根据这些資料正确的选择坝軸綫、坝型、附属水工建筑物的布置、各个建筑物的結構与施工方法，以及核定采取防滲措施的性質和范围等。

为了提供設計所需要的坝址地質資料而进行的工程地質勘察范围可由大而小，勘察工作随方案的經過比較逐漸減少而逐步深入。

測繪的比例尺，視地質条件的复杂程度而定。一般在有几个坝段需要进行比較勘察时，采用 1:25,000—10,000 的地質測繪。在各个比較地段进行物探、坑槽探及少量的鑽探。逐漸深入到在选定的坝軸綫及附属水工建筑物地区进行 1:2,000—1:10,000 的地質測繪并进行坑槽探、鑽探及必要的硃探。

如果有好几个比較方案，各个方案地質条件有显著的优缺点，應該在进行勘探工作以前或进行了少数的勘探工作后，就放棄那些有显著缺点的方案。

8. 有几个方案同时存在时，一般均收集以下一些資料，并进行比較：

- (1) 复盖层的厚度及其性質；
- (2) 基岩风化帶的深度、裂隙性与发育程度，以及喀斯特的性質及其发育程度；
- (3) 岩层的滲透性質；
- (4) 地下水的埋藏深度，若有承压水存在时，尚須了解其水头的大小；
- (5) 在冲积层及其他岩层內有无流砂、隔水层及淤泥

層存在；

(6) 岩石性質與地質構造。

9. 在已經選定的埧址進行工程地質勘察時，應注意收集下列資料：

(1) 埧址區域河谷形成歷史與物理地質現象和作用；

(2) 詳細的岩石性質和埧區地質構造；

(3) 水文地質條件（包括埧基滲漏與繞埧滲漏）；

(4) 岩石成分與物理力學性質的試驗與研究。

不同的地區，有着不同的工程地質條件，但是在地質情況近似的地區，會存在相似的工程地質問題。

10. 火山岩地區：在斑岩、流紋岩、凝灰岩、火山角礫岩、凝灰質頁岩及塊集岩等火山岩地區應注意：

(1) 岩層在水平或垂直方向的变化；研究岩石性質的均一性；

(2) 節理的發育情況。火山岩常被節理切割成塊狀，這就減低了地基強度，促使易于崩塌，並且增加了滲漏通路；

(3) 凝灰質頁岩為不透水層，若其上有斑岩等岩石，則沿節理滲入的水停積在頁岩面上，頁岩受水浸潤可能引起滑動；

(4) 注意黃鐵礦等有害礦物的存在與含量，並研究其可能產生的影響；

(5) 注意斑脫岩的膨脹與崩解。

11. 花崗岩類岩石地區：新鮮的花崗岩類岩石可作為任何類型的埧基，但須注意其風化情況，並查明構造破碎帶的

存在及其对水工建筑物的影响。

12. 坚硬的砂頁岩地区：頁岩为不透水层，須注意：

(1) 由于砂頁岩与礫岩等常成互层，坝基岩层不均一而对坝基稳定的影响；

(2) 泥質頁岩浸水軟化对坝体稳定的影响；

(3) 与煤层有关的砂頁岩区，要注意到有經濟价值的煤矿的开采和滲漏。

13. 碳酸鹽类岩石区：石灰岩、大理岩及白云岩等碳酸鹽类岩石，本身不透水，抗压强度也較高，但碳酸鹽类岩石常被溶蝕而产生喀斯特現象。在喀斯特地区进行水工建筑物的工程地質勘察时，最主要的是了解喀斯特現象的发育規律，应着重注意下列主要問題：

(1) 溶洞或其他喀斯特現象的位置、高程、大小及洞內沉积物的性質，喀斯特作用与地貌的关系。对地下水的流速、流向、流量、水力坡降及水質也必須了解，了解地下水对喀斯特現象发育的影响，地区侵蝕基准面与喀斯特現象的关系；

(2) 坝址地段須特別注意坝基滲漏和繞坝滲漏問題，預測其滲漏途徑、滲漏範圍以及滲漏量，并提出有关采取防滲措施所需的地質資料；

(3) 根据喀斯特地层的水文地質特性研究施工时的基坑排水問題；

(4) 研究化学管涌問題时，应着重考虑其发展速度，及对水工建筑物的危害性；

(5) 研究岩层的性質和地質構造，詳細划分透水层和

隔水层，根据自然条件，充分利用这些隔水层的天然防滲作用。

14. 坚硬的变質岩区：主要的应注意风化与構造問題；石英岩地区則应特別注意地質構造与軟弱夾层問題，其他变質岩类岩石分布地区（碳酸鹽类变質岩除外）应着重注意岩石的物理力学性質与物理地質現象对水工建筑物的影响。

15. 紅色岩层区：陆相沉积的紅色岩层包括有礫岩、砂岩、頁岩及粘土岩等，需要注意：

(1) 岩层的分布情况，研究地基承载力是否均一；

(2) 粘土岩或夾泥层經浸水作用后是否可能产生滑动；

(3) 交錯层理，似喀斯特洞穴，以及水溶鹽类被溶解后可能产生滲漏的問題。

16. 第四紀松散岩层区：第四紀松散岩层的种类、性質、厚度与含水性等极不一致，工程地質条件較为复杂，进行工作須注意下列主要問題：

(1) 查明岩层的成因类型及其分布情况；

(2) 砂层与砂礫石层等，一般滲透性能較强，必須了解相对隔水层的埋藏深度、岩层的組成成分、地下水位及滲漏系数等，以易于考虑基础稳定和防滲措施問題；

(3) 查明流砂和粉砂层的分布范围，并了解其物理力学性質；

(4) 了解岩层中夾含的薄层的粘土层的分布范围，并研究其对水工建筑物的稳定的影响；

(5) 查明河床中有无淤泥和泥炭层存在及分布范

圖。

17. 地震烈度可根据中国科学院核定的地震烈度确定。在沒有資料的地方应充分利用地方志的記載或訪問調查資料。

三、坝址工程地質勘探

18. 工程地質勘察工作能以地質測繪解决的問題就不必再进行勘探工作，能以簡單的勘探工作解决的問題就不必进行复杂繁重的勘探工作。

进行地質測繪时必須輔以必要的坑槽探和剝土工作，除單純为了了解复盖层的厚度或岩层性質的勘探工作外，勘探坑孔中应同时进行必要的試驗工作。

19. 为了初步了解河床复盖层性質、厚度与水文地質条件，一般都先使用物探方法。

在松散岩层地区勘探坝基或天然建筑材料时，一般在地下水位以上采用試坑，地下水位以下或松散岩层厚度較大，挖掘坑井有困难或不經濟时均采用鑽探。

20. 在地質構造复杂，岩层极为破碎、滑动等地帶及喀斯特发育地区，可視需要进行淺井或硃探。必要时試硃可以穿越河谷底部。

21. 地基鑽探不应使用泥漿循环，在进行水文地質試驗的鑽孔中，复盖层与基础岩石之間及專門水文地質孔各含水层均应进行止水。

22. 勘探点的数目、深度及类型等决定于河谷的地質及

水文地質条件以及水工建筑物的类型与規模。

(1) 在无構造破碎的侵入岩及坚硬變質岩地区若复盖层厚度不大，考虑以基岩作为坝基时，河床部分只使用少量的鑽孔，兩岸挖些坑槽，勘探鑽孔一般深入新鮮岩石 10 公尺。

有强烈構造破碎时应探明構造破碎对水工建筑物的影响。

(2) 在火山岩及砂頁岩互层地区，勘探鑽孔主要是追索地質構造及軟弱夾层的分布情况，并了解其水文地質条件。

(3) 若复盖层厚度甚大，考虑以松散岩层作为地基时，首先以少数鑽孔了解有无連續成层的隔水层存在，如果有可資利用的隔水层存在，其他鑽孔的深度可鑽入此层隔水层为止。否則在坝軸綫及上下游的鑽孔密度应能控制岩层变化，深度决定于能取得各种不同类型的岩层組成及渗透性質的資料，以便根据这些資料計算坝的稳定性与决定所应采取的防滲措施。

(4) 喀斯特化的碳酸鹽类岩石地区，除了以鑽探收集有关岩性、構造資料外，应特別注意水文地質資料的收集，首先以少数鑽孔了解地区侵蝕基准面以下是否有喀斯特現象存在，然后决定其他勘探孔的深度。

地下水位及地下水分水嶺高于設計标高时，可以不必进行很多的勘探工作。反之，应探明地下水分水嶺或地下水位的确实标高，取得足够的資料，推算在水庫充水后有无通过地下产生渗透的可能。

通过地質測繪与勘探，編制出地下水等水位綫图，对于設計有很重要的意义，但是編这种图时必须注意所采用的資料是同一个含水层的資料，否則就会得出不正确的結論。

四、野外滲透試驗

23. 研究滲透条件的目的，是要了解基础及坝的銜接部分的岩石透水性，以便測定滲透量和确定滲透时对于水工建筑物的影响，并須預測施工时基坑中的可能涌水量。所采用的試驗方法，一般在基岩中大都采用鑽孔压(注)水試驗。在有水的断裂破碎帶，喀斯特化地层或为校核压水試驗成果时，則进行鑽孔抽水試驗。

在无水的松散岩层中，一般采用試坑或鑽孔注水試驗，在有水的松散岩层中則进行抽水試驗。

根据滲透試驗成果，繪制各勘探綫的岩石滲透性剖面图及随深度变化的滲透曲綫图，以說明剖面上的岩层滲透性的分布規律。

压水試驗所求得的單位吸水量应換算成滲透系数，必要时并以抽水試驗成果校正，以便据此計算坝基及繞坝滲漏量及其对坝基稳定的影响。

五、試驗室工作

24. 試驗室工作：包括水、土分析及岩石成分和物理力学性質的試驗研究等。

为水工建筑物研究地下水时，較完善的水質分析应測定 $\text{Cl} \cdot \text{SO}_4$ 、 HCO_3 （如有 CO_3 应測定）、 Na 、 K 、 Ca 、 Mg 、 R_2O_3 、 SiO_2 、游离及侵蝕二氧化碳、 pH 、硬度及干涸沉淀物的数量和 NO_3 、 Fe^{++} 、 Fe^{+++} 的存在，如水中含有大量的 NO_3 、 Fe^{++} 和 Fe^{+++} 离子，則須算出其数量。

上述較完整的水質分析应有重点的，在該地区主要地下水类型中进行，大部的分析可以簡略的分析进行。

进行簡略的分析时以硬度代替 Ca 及 Mg 的測定， $\text{K} + \text{Na}$ 則以計算离子毫克当量差求得，因此簡略的水質分析只进行 Cl 、 SO_4 、 HCO_3 （如有 CO_3 亦須測定）、一般硬度、干涸沉淀物、 pH 的数量和 Fe^{++} 、 Fe^{+++} 及 NO_3 的測定。

只測水对混凝土的侵蝕性时，可用簡略分析，但对 Ca 、 Mg 須进行单独測定，并測定水中游离二氧化碳及侵蝕性二氧化碳的含量。

在进行工程地質勘测时，除研究施工用水及水对混凝土的侵蝕性外，同时須考虑施工时期飲用水的質量，为此目的而进行的水質分析項目与質量要求指标应按供水水源水文地質勘察的要求进行。

25. 土工試驗的試驗項目，根据不同設計要求而定：

(一) 地基方面：

(1) 如地基为基岩或砂礫石时，应作岩石比重、容量、硬度、抗压、抗剪等試驗。

(2) 粘土軟基：凡属这类地基应进行比重、容量、含水量、顆粒分析、塑性指数、抗剪强度（饱和）、压缩試驗、滲透，土料有特殊怀疑时尙須提出水溶鹽含量及有机質

含量等項目。

26. 岩石物理力学試驗工作应在进行各种工程地質勘察工作的同时，根据需要在野外与試驗室中进行。

不易鑑定的岩石成分应在顯微鏡下研究岩石的矿物成分及其膠結的性質，必要时并进行化学成分的分析。

各种岩石物理力学性質指标的鑑定方法可参考附录

进行各种試驗所須取样数量可参考附录三。

各个不同勘察任务中岩石試驗項目可参考附录四。

六、与水工建筑物有关的地下水动态观测

27. 当水利工程建成后，將根本的改变地下水动态。如水利樞紐地段在建筑物地基中或周圍均可能发生滲漏。在水庫区則造成了地下水的回水，同时在某些情况下，甚至发生地下水流向的改变（如向邻近河谷的滲漏現象），加剧了庫岸坍塌或水庫周边的浸沒作用，因此長期观测工作亦是重要的水文地質工作之一，地下水动态長期观测可参考“地下水动态長期观测的基本要求”进行。

七、天然建筑材料勘察

28. 天然建筑材料——土、砂、礫石及石料等的普查与勘探工作，在水工建筑物的工程地質勘察工作中佔相当重要的地位。因为水工建筑物的造价，在某种程度上就取决于建

筑材料的質量、儲量以及开采運輸条件。同时施工布置与施工交通路綫的鋪設也与土場和砂石料产地有密切关系，因此天然建筑材料勘察应解决下列問題：

- (1) 天然建筑材料产地位置、品种及分布范围；
- (2) 合乎水工設計要求質量的儲量；
- (3) 建筑材料有效层的产狀，以及加工（如冲淘等）的必要性；
- (4) 产地的水文地質条件及对开采的影响；
- (5) 剝土层的厚度及性質；
- (6) 产地与坝址的距离及交通運輸条件；
- (7) 开采条件。

29. 天然建筑材料的勘察，应本就地取材的原則，由近及远，首先在坝址附近进行調查勘探，儲量不能滿足要求时，再逐漸推向外圍。

进行天然建筑材料儲量勘探时以滿足儲量要求为原則，不必分級別进行勘探。如果某一产地的儲量，远远超过所需的儲量，只要取些样品，鑑定其質量是否合乎要求，經過踏勘或地質測繪工作即可作出結論。

30. 进行天然建筑材料勘探时，对于土、砂、卵石一般均采用人力鑽或試坑、淺井。对于石料一般多采用剝土，試槽或鑽探。

31. 天然建筑材料的質量要求，应滿足設計要求，茲提出一般水工設計对建筑材料的規格要求以供参考。如当地缺乏合乎要求的天然建筑材料，应以类似的天然建筑材料进行物理力学試驗和加工試驗，确定是否可以应用。

关于各种水工建筑物的天然建筑材料的技术要求：

(一) 辗压式土坝筑坝材料的技术条件：

- (1) 有机质含量不超过 5%；
 (2) 水容盐含量（重量比）不超过 5%，超过以上含量可用在坝的干燥部分；

(3) 颗粒组成的不均匀系数 $n = \frac{d_{60}}{d_{10}} = 30 \sim 100$ ；

(4) 不透水料：均质坝含粘土量最宜为 10~25%，塑性心墙与斜墙粘土量为 30~40%；

(5) 混合料：粘土渗入砂和卵石，可组成良好的不透水料，卵石的最大粒径不应超过每层压实厚度的 3/4。

(6) 可塑性： W_p 表示塑性指数，
 $W_p > 7$ 的土，可用作塑性防渗材料；

$W_p > 20$ 的土，含粘土量太大不宜采用；

$W_p < 7$ 的土，可作半透水料或透水料。

(7) 不透水料：不透水料的渗透系数，至少应小于坝壳透水料渗透系数的 50 倍。

有防渗墙的土坝，坝的半透水料或透水料，渗透系数为 $i \times 10^{-2} \sim 10^{-5}$ 公分/秒 ($i = 1 \sim 9$)。

(8) 因团粒结构的土，不能保证填土的整体性，所以不能采用为筑坝材料；

(9) 砂料中不能含大量粉砂，否则易产生管涌及液化；

(10) 含水溶盐（如石膏等）不宜大于 5%。

(二) 堆石坝的材料要求：

(1) 极限抗压力 $\geq 350 \sim 700$ 公斤/平方公分。