

3562

1154

T. 2

693354

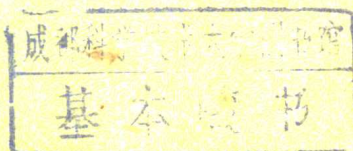
高等学校试用教材

(水文地质工程地质专业适用)

工程地质学

下册

兰州大学地质地理系 张咸恭 编



地质出版社

高等学校试用教材

(水文地质工程地质专业适用)

工程地质学

下 册

兰州大学地质地理系 张咸恭 编

地质出版社

内 容 简 介

本书为1979年9月本社出版的工程地质学(上册)的继续,继上册列为第三、四、五篇。第三篇为工程地质勘察概论,比较系统地介绍工程地质勘察的基本原理和技术方法,以国内外实例重点论述了工程地质勘察的任务、工程地质条件和工程地质问题的概念;第四篇为一般性工程地质问题研究,从地应力、活断层和地震等方面分析区域稳定性问题,并详细论述了斜坡稳定性和地下洞室围岩稳定性问题;第五篇为水利水电工程地质勘察,重点放在坝址、库区和引水线路的工程地质问题的分析方面,并在此基础上阐明了工程地质勘察方法。

本书系为高等院校水文地质工程地质专业的试用教材,也可供从事工程地质专业的工程技术人员参考。

工 程 地 质 学 下 册

兰州大学地质地理系
张咸恭

地质矿产部教材编辑室编辑

责任编辑:王士天

李日国

地质出版社出版

(北京西四)

河北省蔚县印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本:787×1092¹/₁₆印张:21⁷/₈字数:512,000

1983年6月北京第一版·1983年6月河北第一次印刷

印数:1—5,300册 定价:2.70元

统一书号:15038·教148

前 言

本教材是为高等院校水文地质工程地质专业编写的。在上册内容的基础上，对工程地质勘察和工程地质问题进行了论述，性质上属于专门工程地质。关于这一部分的内容安排，编者力图把工程地质问题分析容纳在工程地质勘察之中，也就是教材评审会上所指出的：“以工程地质勘察为线索，以工程地质问题为中心”。编者认为这一评语是很恰当的，能够概括本教材的主旨。因为工程地质勘察如果不和工程地质问题分析紧密联系，融成一体，则工程地质勘察方法的选择、工作量的安排就失去了依据，勘察成果也就不能更好地为工程设计和施工所应用。

关于工程地质勘察的任务、工程地质条件和工程地质问题等基本概念，本教材作了较详细的阐述，同时把工程地质问题分为与各种建筑均有关系的一般性工程地质问题，以及只与某种建筑物有关的专门性工程地质问题。前者在第四篇中分章论述，后者结合建筑勘察加以论述。

另外，对各类建筑的工程地质勘察，本教材没有采取逐一列举分篇讲述的办法，而是根据上册审稿会上的决议，只在第五编中论述了水利水电工程地质勘察。如能举一反三，倒也可以避免重复，节省篇幅。而且有了勘察总论和一般性工程地质问题研究，各类建筑物的工程地质勘察也就有了门径可循，再以水利水电工程地质勘察作为印证，其它各类建筑物的勘察也就不难理解了。

在1981年11月在成都召开的地质部工程地质教材编审委员会第二次会议上，对本教材进行了评审，到会的编审委员张倬元、沈孝宇、王士天、胡广韬、罗国煜、杨文远、李生林、李智毅和兄弟院校代表李曰国、李时毓、唐永富、苏伯苓、郭沛、朱春润、马天骏等同志对讨论稿进行了逐章审查，提出了许多宝贵意见。编者根据这些意见，作了进一步修改。所有这些同志为提高本教材的质量付出了辛勤劳动，编者谨向他们致以深切的谢意。

本教材是由张咸恭编写的，教研室的许多同志给予了热情帮助，学校给予了大力支持，甘肃水利电力勘测设计院王旭华工程师提供了第二十一章的初稿，编者向这些同志表示谢忱。

由于水平所限，资料搜集不够充分，教材中肯定会存在许多缺点和错误，敬希指正，以便修改。

目 录

第三篇 工程地质勘察概论

第十三章 工程地质勘察综述	2
§ 1 工程地质勘察的一般任务	2
§ 2 工程地质条件	5
一、一般理解	5
二、因素分析	7
§ 3 工程地质问题	12
§ 4 工程地质勘察方法及其相互关系	17
§ 5 工程地质勘察阶段的划分	19
第十四章 工程地质勘察方法概述	23
§ 1 工程地质测绘	23
一、概述	23
二、工程地质测绘的类型和比例尺选择	24
三、工程地质测绘的范围和精度	25
四、航片与卫片判释在工程地质测绘中的应用	26
§ 2 物探与勘探	28
一、物探在工程地质勘察中的应用	28
二、工程地质勘探	33
§ 3 工程地质野外试验与长期观测	49
一、概述	49
二、钻孔压水试验	49
三、灌浆试验	57
四、载荷试验	61
五、十字板剪力试验	65
六、静力触探	67
七、标准贯入试验	71
八、工程地质长期观测	74
§ 4 勘察资料的室内整理工作	76
一、岩土物理力学性质指标的数理统计	76
二、工程地质图	81
三、工程地质报告书	87
第十五章 天然建筑材料的工程地质勘察	90
§ 1 天然建筑材料的质量要求	90
一、概述	90
二、天然建筑材料的质量要求	90

§ 2 天然建筑材料储量计算	94
一、储量计算的要求	94
二、储量计算方法	94
§ 8 天然建筑材料开采运输条件的研究	95

第四篇 一般工程地质问题的研究

第十六章 区域稳定性问题工程地质研究	97
§ 1 地应力的工程地质研究	97
一、地应力的划分及其工程意义	97
二、地壳上部岩体天然应力的分布	100
三、岩体初始应力状态	104
§ 2 活断层的工程地质研究	107
一、活断层与工程建设	107
二、活断层的分布	109
三、活断层的特征与鉴定	112
四、活断层发育地区建筑原则	115
§ 3 地震的工程地质研究	116
一、地震地质基础	116
二、地震形成的机制	121
三、地震震级与地震烈度	128
四、地震对建筑物的影响	133
五、影响场地烈度的地质因素	142
六、建筑物防震抗震设计	148
七、地震工程地质研究概要	149
八、水库诱发地震	150
第十七章 斜坡稳定性问题工程地质研究	159
§ 1 斜坡的变形与破坏	159
一、概述	159
二、斜坡岩体应力分布	160
三、斜坡岩体的变形	163
四、斜坡的破坏	169
§ 2 滑坡工程地质特征	172
一、滑坡的形态与动力学特征	172
二、滑坡分类	179
§ 3 影响斜坡稳定性的因素分析	181
一、内在因素和外在因素	181
二、岩土类型与性质的影响	181
三、地质结构的影响	184
四、外在因素的影响	187
§ 4 斜坡稳定性工程地质评价	188
一、成因历史分析法	188

二、力学算法	189
三、赤平极射投影分析法	194
四、工程地质类比法	196
§ 5 斜坡变形破坏的防治	201
一、防治的原则和措施选择	201
二、地表水和地下水的排除	202
三、抗滑工程	207
四、减重反压及其它措施	210
§ 6 斜坡工程地质研究	211
一、综述	211
二、专题研究	214
第十八章 地下洞室围岩稳定性问题工程地质研究	219
§ 1 基本概念	219
§ 2 洞室围岩应力分布	221
§ 3 洞室围岩变形与破坏	223
§ 4 围岩稳定因素分析	226
一、岩石特性的影响	226
二、地质结构的影响	227
三、水文地质条件的影响	280
§ 5 山岩压力	230
一、基本概念	230
二、山岩压力的确定	231
§ 6 压力隧洞的稳定性问题	237
一、岩体的抗力	237
二、围岩弹性抗力系数的确定	288
§ 7 维护洞室围岩稳定性的措施	239
一、开挖方式的选择	240
二、洞室的支护	241
§ 8 工程地质研究方法概述	243
一、工程地质研究的主要内容	243
二、工程地质研究方法	243
三、施工勘察	244
四、地下洞室位址选择的工程地质研究	245

第五篇 水利水电工程地质勘察

引言	246
第十九章 坝址地区工程地质勘察	247
§ 1 水利枢纽与水工建筑物	247
一、水利枢纽的组成与标准	247
二、主要水工建筑物及其地质要求	249
三、水利枢纽的布置	253

§ 2 坝的主要类型及其地质要求	255
一、土坝	255
二、堆石坝及干砌石坝	257
三、混凝土重力坝	258
四、拱坝	259
五、支墩坝	261
§ 3 坝址地区工程地质问题	262
一、坝基渗漏问题	262
二、绕坝渗漏问题	266
三、坝基渗透稳定性问题	268
四、坝基抗滑稳定性问题	278
五、拱坝坝肩岩体稳定性问题	282
§ 4 坝址地区工程地质勘察	294
一、规划选点阶段的工程地质勘察	295
二、初步设计阶段的工程地质勘察	296
三、施工图设计阶段的工程地质勘察和施工地质工作	300
第二十章 水库地区工程地质勘察	305
§ 1 水库地区工程地质问题	305
一、总述	305
二、水库渗漏问题	306
三、水库边岸地带的浸没问题	314
四、水库边岸再造问题	316
五、水库淤积问题	321
§ 2 水库地区工程地质勘察	322
一、规划选点阶段的工程地质勘察	322
二、初步设计阶段的工程地质勘察	322
第二十一章 引水建筑工程地质勘察	325
§ 1 引水建筑物及其地质要求	325
§ 2 引水建筑工程地质问题	327
一、渠道渗漏问题	327
二、渡槽墩基稳定性问题	332
三、沟谷地面冲刷问题	333
§ 3 黄土地区渠系建筑工程地质问题	333
一、黄土渠坡湿陷变形形态分析	333
二、湿陷性黄土地基变形特征	334
三、湿陷性黄土地基处理	335
§ 4 引水建筑线路选择与工程地质勘察	337
一、引水建筑线路选择	337
二、引水建筑工程地质勘察概要	339

第三篇 工程地质勘察概论

工程地质勘察是工程地质学的实践，是把工程地质学的理论应用于实际的过程。在勘察中，从每一地质现象的观察开始，直到作出工程地质结论，整个复杂的过程都离不开理论的指导。否则，就不可能揭露各种现象的本质，阐明建筑场地工程地质条件变化的规律，作出正确的工程地质评价。同时，工程地质勘察本身也有着很多理论问题，诸如各种技术方法应用的原理和条件、各种方法之间的关系和合理配合、不同建筑工程地质勘察的特点及其勘察方向和步骤、论证工程地质问题的理论依据和计算公式的选择、实验数据的采取等等。

本篇的目的即在于对工程地质勘察的基本理论作一概括性的论述，使初学者建立起工程地质勘察的一些基本概念，掌握勘察的一般原则，对各种勘察手段和方法有一简要的了解。这是从事各类建筑工程地质勘察的共同基础，若能深入理解，则对于从事任何一种建筑的工程地质勘察都会有门径可循，而不至束手无策。工程建筑的类型很多，而且随着科学技术的发展还在不断增加，例如海洋工程建筑，核电站建筑等。不同类型的工程建筑，工程地质勘察有其特殊性，所以编有各种勘察规范和工作细则，供工作中参考。但是其间还是存在许多共同性的东西，阐述这些理论原则显得十分重要，有助于理解规范的精神，以便在实践中灵活应用。

第十三章 工程地质勘察综述

§ 1 工程地质勘察的一般任务

各项工程建设都要求进行工程地质勘察, 均有其具体的勘察任务, 而且在不同的勘察阶段, 规范中所规定的任务也是不同的。但是总起来说, 工程地质勘察的任务一般就是为工程的规划、设计和施工提供地质资料和依据, 以便使建筑物与地质环境相适应, 保证其稳定安全、经济合理, 而且在运行过程中处于正常状态, 使用上也是方便的。

当今工程建筑物常甚巨大而复杂, 兴建之后就会产生相当大的作用力, 使周围地质环境发生相应的变化, 打破原有的平衡。而这种变化反过来又影响到建筑物的安全稳定, 形成建筑物与地质环境之间的极为复杂的相互作用过程。工程地质勘察的中心任务就在于分析研究这种相互作用的过程, 预测建筑物在一定地质环境中是否能够保持稳定。所谓一定的地质环境, 是由工程地质条件来表征的, 所以查明工程地质条件, 认识场地的地质环境就成为工程地质勘察的首要任务。工程地质条件变化多端, 地质环境也随地而异, 其与建筑物的相互作用也是不同的。有的能够适应建筑物的要求, 保证建筑物的稳定安全; 有的则不能适应建筑物的要求, 不能保证建筑物的稳定安全。显而易见, 能够适应建筑物的要求保证它的安全的地质环境, 那是最理想的, 是十分有利的。寻找这种地质环境, 是工程地质勘察的主要目标, 这就是建筑场地选择的问题, 是一项十分重要但也是相当繁难的工作。在自然界, 这种理想的地质环境, 对小型工程是不难选到的, 而对于大型工程则大多难于全面适应要求。这是因为大型工程结构复杂, 规模巨大, 作用力较强, 而且适应变形的能力较低, 所以对地质环境的要求较高, 许多能够满足小型工程的地质环境, 却不能满足大型工程。加之大型工程一般是由一系列建筑物组成的, 这些建筑物的要求又各不相同, 相互的配置又要便于运营和方便适用, 这就使得场地选择更加困难。场地不能完全适应工程的要求, 这是常有的事, 须要采取措施加以补救。补救措施有两种, 一种是适当改变建筑物的设计, 例如改变结构型式, 或/和减小建筑物的规模; 另一种是采取工程地质措施, 例如改良土石性质, 处理有害地质作用等等。而经常是两种措施并用, 联合起到保证建筑物的安全、满足工程需要的作用。从今天的技术水平来看, 可以说没有什么困难是不能克服的, 经过一定的技术处理, 总可以改善地质环境, 保证建筑物的安全, 这就是地质改造的部分含义。但是应当看到, 采取措施必然要付出代价, 有时费用是非常昂贵的。这里就有一个经济问题, 这是一个不容忽视的问题。经济效益如何, 资本主义国家也很讲求, 我们社会主义国家就更不能不重视, 一定要在保证建筑物安全的前提下尽可能降低工程的投资获得最大的效益。在工程建设上, 这就叫做经济合理性。充分利用有利的地质条件, 避开不利的条件, 尽可能不作或少作昂贵的处理措施, 使工程投资经济合理, 这就是工程地质勘察的实际任务。如果不讲求经济, 工程地质勘察就失掉了主要意义, 勘察工作也就变得可有可无了。对于大型工程的建设, 就更应当讲求经济合理性, 按照科学规律办

事，严格遵守建设程序，把工程地质勘察置于应有的地位。

根据上述，可以把工程地质勘察的任务具体归纳为以下几个方面：

1、查明建筑地区的工程地质条件，指出有利的条件和不利条件。阐明工程地质条件特征及其形成的历史和影响因素。

2、分析研究与建筑有关的工程地质问题，作出定性评价和定量评价，为建筑物的设计和施工提供可靠的地质结论。

3、选择地质条件优越的建筑场地。正确选定建筑地点，是工程规划设计中的一项战略性的工作，也是一项最根本的工作。地点选得合适，可以作到最大的节约。特别是工程所包括的各项建筑物，如果场地都很合适，而又相互配置得当，不须要复杂的处理，就能保证安全，那是非常理想的。工程地质勘察的重要性在场地选择方面表现得最为突出，所以选择优越的建筑场地就成为工程地质勘察的重要任务之一。

4、配合建筑物的设计与施工，提出有关建筑物的类型、结构、规模及施工方法的合理建议及保证建筑物安全和正常使用所应注意的地质要求。如前所述，建筑物的结构类型与规模应当适应场地的工程地质条件，施工方法也是如此。在建筑场地选择的过程中以及选定之后，都要结合工程地质条件具体考虑建筑物的结构类型和规模的选择，以及采用何种施工方法为宜。从另一方面来说，场地的选择也要结合建筑类型和施工条件进行考虑。另外，建筑物建成以后在使用过程中，必然引起当地地质条件的变化，在勘察工作中应该预测这种变化，并提出避免向不利方向发展所应注意的事项，以供使用人员制定使用制度的参考。例如黄土地区所修建的房屋，一定要采取措施和建立制度，不使地面水和地下水浸湿地基，以免引起地基进一步湿陷而造成房屋的破坏。

5、为拟定改善和防治不良地质条件的措施方案提供地质依据。拟定和设计处理措施，虽然属于设计和施工方面的工作，但是必须以工程地质勘察的成果为依据。处理措施一般是针对不良地质条件和存在的工程地质问题来制定的，只有在充分阐明不良条件的性质、规模，和正确评定工程地质问题的严重程度的基础上，才能拟定出合适的措施方案。

6、预测工程兴建后对地质环境造成的影响，制定保护地质环境的措施。

以上几项任务，前两项是工程地质勘察独自完成的，后三项是和设计、施工方面互相配合共同完成的。也可以说前两项任务是后三项任务的基础，最后一项任务涉及到环境工程地质学，也是很重要的。实际上，这几项任务是相辅相成、互相结合、密不可分的。所谓工程地质学是为工程建设服务的，正是体现在它的实际任务上。

在这几项任务中，最基本的就是查明工程地质条件，这也是工程地质工作者最本职的工作。如果工程地质条件不清楚或弄错了，那么其它各项任务也就不可能完成，或者只能得出错误的结果。所以它是勘察工作最根本的任务。

第二项任务——工程地质问题的分析研究，是工程地质勘察的中心任务。只有把工程地质勘察提高到研究问题的高度，才能预测工程兴建后可能引起的地质环境的变化，定性定量地作出工程地质评价，正确选定建筑场地和制定必要的处理措施方案；才能把工程地质条件和工程实际有机地联系起来，体现出工程地质工作对工程建设是有用的、必不可少的，它能为建筑物的设计和施工提供地质依据。工程地质问题的分析研究是以工程地质条件为基础的，只有查明工程地质条件才能分析工程地质问题。但是如果勘察工作只停留在查明工作地质条件上，而不提高到工程地质问题分析，那么就不能更好地为建筑事业服

务,就不能解决实际问题。工程地质问题分析好像一座桥梁,它把工程地质条件与建筑场地和结构的选择、施工方法及处理措施等紧密地联系起来了。从认识论的角度来看,不妨这样说:工程地质问题分析基于、但是高于工程地质条件的查明。

查明工程地质条件和分析工程地质问题,这是工程地质勘察的基本任务,是应分的工作。但是,只有很好地完成其它三项任务,这种应分的工作才算是作好了,才算是完成了它的基本任务。工程地质勘察人员必须与建筑设计人员和施工人员自始至终地相互配合,共同协作,进行建筑场地和建筑型式的选择,确定施工方法和处理方案。决不能认为这只是设计方面和施工方面的事,而应当了解完成这些任务是工程地质勘察的重要内容,是义不容辞的。特别是建筑场地的选择往往主要地决定于工程地质条件的优劣和工程地质问题的性质与严重程度。对于这个问题,这里只作一原则性讨论。

关于建筑场地选择的重要意义,前面已经谈了。实际上,场地选择从工程规划到初步设计是始终都在进行的一项工作,在规划阶段位址比较笼统,随着设计阶段的提高,位址愈来愈具体。场地选择受一系列因素的控制,政治、经济、军事上都要考虑,自然因素更关重要。在规划阶段这是考虑的重点,例如一条铁路的线路方案,新城市的兴起或旧城市的扩建的规划方案,河流开发规划方案等等,都要根据政治、军事的重要性的和国民经济的意义,结合各种自然条件(其中包括工程地质条件)来考虑它的地点。大方案确定之后,随着设计阶段的提高,建筑物的具体化,经济条件及其他自然条件(如气候、水文、地形等)差别不大时,地点的选择就主要地决定于地质环境了。例如铁路局部线路方案的选择、厂址的选择、坝址的选择等都主要地着重于考虑工程地质条件的优劣和工程地质问题的性质。忽视地质环境,没有经过充分的勘察工作,冒然选定建筑地点,往往带来难于弥补的缺欠,造成不胜其烦的后患。这种实例是很多的。

某地一个工厂,兴建之前没有充分考虑地质环境,把厂址放在洪积扇的溢出带上。这种地带的工程地质特征是粘性土层较多,有时甚至夹有淤泥层,而地下水位又高,地基实际上处于饱水状态,粘土层及淤泥层呈现流态,性质软弱,承载能力很低。这个工厂在修建过程中费了很大的力量进行排水和地基处理工作,建成后生产厂房地基沉降量过大,机器不能正常运转,不得不采取昂贵的电动硅化法加固地基,其它方面也出现了一系列事故,增加了很多麻烦,仍不能保证持续的生产,损失很大。

又如,某新线铁路后沟大桥二号墩,原设计位于错落体上,经勘探查明了错落体的范围,

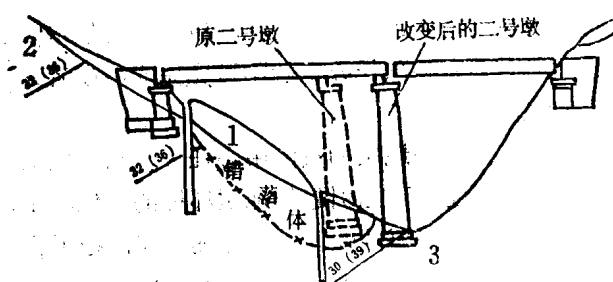


图13-1 后沟大桥二号墩基选择

(据《山区铁路工程地质》1977)

- 1—Q^{d1}坡积粉砂土夹碎块石; 2—(E—O)dh₂, 千枚岩夹薄层灰岩;
3—(E—O)dh₃, 中层灰岩夹千枚岩

围,错落体系千枚岩夹薄层灰岩,在错落过程中岩层经受破坏,产生多量的宽大裂隙,碎裂的岩块和碎石粘土等充填入裂隙,下部含水。据此情况预测,在这种部位修建桥墩,开挖基坑,扰动错落体,将会引起失稳,只得将墩基位置移到错落体之外(图13-1)保证了安全经济。

铁路越岭线方案的选择,能够说明上述情况。例如某铁路越岭段南端,在航距仅11公里的距离内,线路标高

须降低290多米。为了克服巨大高差，必须大量展线，以便使线路不超过限制纵坡。这就必须根据工程地质条件很好地进行线路选择。如果只按地形条件，则利用某河左（西）岸两条支沟作羊角形展线较好，原先也是这样设计的，如图13—2所示。但是经过详细勘察

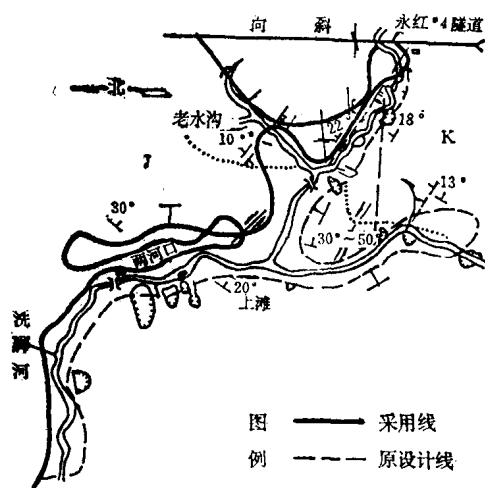


图13—2 某铁路越岭南端线路选择
(据1973年铁路工程地质座谈会资料组, 1977)

发现左岸滑坡较多，站场地基条件也很差，工程地质条件复杂，处理麻烦，难免后患。经过八个方案反复研究对比，终于采用了在主河右岸迂回展线的方案。这个方案工程地质条件良好，高填深挖较少，不须修长大桥，布站又较均匀，运输能力较大。可见在选线中全面考虑工程地质条件，才能保证各项建筑物安全可靠，作到经济合理。

在坝址选择中，常喜欢利用地形上的河谷狭窄段，因为这种地段不但坝体较短，节省工程量，比较经济，而且岩体也往往比较坚硬完整，抵抗河流冲刷的能力较强，成为峡谷，这对坝的稳定性也是有利的。水工设计人员乐于选择这种地段筑坝是完全可以理解的，在许多

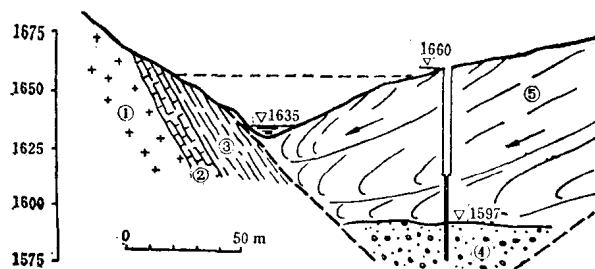


图13—3 罗曼什河上游一坝址地质剖面图
1—花岗岩；2—三迭纪砂岩；3—三迭纪石灰岩；4—古河床砂和砾石；5—里亚斯页岩构成的滑坡体

情况下也是正确的。但是要慎重对待，不能只看表面现象冒然决定，必须经过详细的工程地质勘察，取得可靠资料后再作取舍。有些河段所以比较狭窄是由于特殊地质变化造成的，其中最常见的是滑坡。在绪论中我们举了浙江省某水利工程为例，就是这种情况。在国外，类似的例子也不少。法国罗曼什河上游有一个坝址，地形上也是很适于筑坝的。河流的左岸是由花岗岩和三迭纪砂岩及石灰岩构成的，岸坡中等。（图13—3）右岸坡度比左岸更平缓一些，表面看来岩体还是完整稳定的，在钻探过程中所遇到的里亚斯页岩基本上还是层次分明，且不透水。后经区域地质研究，表明这段河谷的束狭是由于古滑坡造成的。于是在右岸打了一个较深的钻孔，在孔深63米的地方遇到古河床相的砂砾层，右岸的滑坡把它厚厚地覆盖住了，并把河槽逼向左岸移动了70米。

这些资料完全证明了右岸的里亚斯页岩并非原位的而是滑动下来的岩体，它是不稳定的。这个坝址是不合适的，必须予以放弃。仔细的工程地质勘察工作，避免了工程损失。

§ 2 工程地质条件

一、一般理解

工程地质条件一词在工程地质学中经常地广泛地应用着，在工程地质勘察的实践中更

是随时都会提到这一术语。究竟工程地质条件的概念是什么？怎样给它下个定义？现在看来，大家的理解还很不一致，概念上还存在分歧，在使用这一术语时也颇不严格。这对于讨论问题是很不利的，应当逐步统一起来。

工程地质条件可以理解为与工程建筑有关的地质因素之综合，包括地形地貌条件，土石类型及其工程地质性质，地质结构，水文地质条件，物理地质现象及天然建筑材料等六个方面的因素。由此可见，工程地质条件是一个综合概念，在我们提到工程地质条件一词时，实际上是指上述六个因素的总体，而不是指任何单一因素。单独一两个因素只是工程地质条件的组成部分，还不是工程地质条件总体，所以不能称之为工程地质条件，而只能按其本身应有的名称来称之，或称之为工程地质条件的某一因素。例如地质结构这个单一因素，我们不能把它叫做工程地质条件，只能把它称为地质结构，或称之为工程地质条件的地质结构因素。

还应当理解工程地质条件与地质条件的区别及相互关系。不是所有的地质条件都是工程地质条件的组成部分，而只有那些关系到建筑物的稳定和经济的地质条件，即与工程建筑有关的那些地质条件，才是工程地质条件的组成部分，这也就是上面所列举的六个方面的因素。有些人把工程地质条件理解为自然因素的综合，这也是不确切的。自然因素包括的范围太广，除了地质因素之外还有气候、水文、植被等因素。组成工程地质条件的因素都属于地质因素，而且如上所述还只是限于与工程建筑有关的那些地质因素。至于气候、水文、植被等自然因素，它们虽然对工程地质条件有影响，例如岩石风化、成壤作用、冻土的形成、地貌特征以及水文地质条件的变化等，莫不与这些因素息息相关，但是它们本身却并不成为工程地质条件的组成部分。所以，不应当把工程地质条件定义为自然因素的综合，而应当定义为与工程建设有关的地质因素的综合。

工程地质条件是客观自然存在的，而不是人为造成的。一地的工程地质条件是该地的自然地质历史塑造而成的，它反映了该地的地质发展过程和后生变化，亦即内外动力地质作用的性质和强度。工程地质条件的形成受大地构造、地形地势、气候、水文、植被等自然因素的控制。这些因素发生变化，造成了工程地质条件的变化。工程地质条件变化的规律构成了区域工程地质研究的内容，这里不作详细介绍。但必须了解，一地的工程地质条件和另一地的工程地质条件是不相同的，有时在不大的距离内，工程地质条件就有明显的差异。这种差异表现在工程地质条件所包括的各个因素性质的不同，主次关系配合的不同，例如山区工程地质条件和平原区工程地质条件就很不相同。一般地说，从土石类型和物理力学性质方面来看，山区以基岩（坚硬或半坚硬岩石）为主，即主要是由岩体构成的，岩性坚硬，力学性质较强；平原区则以松软土为主，性质相对软弱，具有一定的压缩性，力学强度较岩石为低，有些淤泥软土等性质更差。从地质结构来看，山区基岩断层裂隙及岩层褶皱一类现象是常见的现象；而平原区这类现象少见，偶有隐伏断裂。主要的是土层结构，即成层组合关系。从水文地质条件来看，山区以基岩裂隙水为主，孔隙水虽也常见，但不如裂隙水普遍，地下水露头以泉为主；而平原区则以孔隙水为主，地下水露头以井为主，只有在某些河谷地带可以有泉水出露，地下水埋深一般较山区为浅。物理地质现象的差别更大，在山区，几乎各类物理地质现象都会出现，特别是滑坡、崩塌、岩溶、冲沟等；在平原区，这类物理地质现象基本上不见，只有地震是威胁建筑物的动力地质现象，而这也仅限于某些强震地区，这在山区也是同样，甚或过之。再从天然建筑材料来

说，两种地区也是截然不同的，山区特别丰富的块石砂砾料，在平原区是罕见的，而土料则反之。至于地形地貌上的差别，更是区别这两类地区的根本因素，不言自明了。两类地区的工程地质条件既相悬殊，对建筑物的适应条件也随之大相径庭。上面的例子说明了，不同地区，其工程地质条件是不同的，具体反映在其所包含的内容在性质上、组合关系上是不同的。

如果我们把工程地质条件这一概念作为形式，把它所包括的六个因素作为内容，那么形式变了，反映在它的内容必然不同。反之，内容的改变，即使是某一两个因素的改变，那么形式也必然不同了。例如同为山区，一个地点断层较多，褶皱强烈，另一个地点构造比较简单，则这两个地点的工程地质条件就不同了，虽然即定它们在其它方面的差异不大。同样，山区的某一地段由花岗岩构成，另一地段由石灰岩构成，那么这两个地段的工程地质条件会有很大的差别，不论在地貌上、地质结构上、物理地质现象还是水文地质条件上都会随之不同。这又说明了，工程地质条件所包括的几个因素，相互之间是互相联系、互相制约的，而土石和地质结构常常起着主导的作用。

工程地质条件是自然地质历史的产物，是客观存在的。这是根本的。但是随着人类生产活动的日益加强，工程地质条件不能不受影响。例如矿山坑道的开挖，不能不影响其地表；在城市修建地下铁道，不能不考虑已有房屋建筑作用于地基而引起的变化，水库蓄水后周围一定范围内的地下水位也会因壅水而升高；诸如此类，都对工程地质条件有一定的影响，这是不能不考虑的。但这毕竟是次要的，而且对拟将修建的建筑物来说，这仍是已经存在的，而不是它将引起的变化。所以，对每一建筑来说，作为它的工程地质条件的，只能是建筑以前的情况，尽管其中可能有着因已有工程建筑而引起的变化，但是这种变化已经与原有的工程地质条件融合为一个活的整体，成为后来建筑的工程地质条件。当我们在已有水库周围壅水范围内进行建筑时，就是按着新的地下水位来分析地基稳定性的。至于设计中的建筑物与其地质环境相互作用可能引起变化，则在它修建之前尚未发生，只可预测，不能作为现实，因而不应当看作为其自身的工程地质条件。

在工程地质勘察的任务中已经指出，查明工程地质条件是首要的、最根本的任务，否则其它任务就不能很好地完成。这里还应当指出，工程地质条件也是工程地质勘察的对象，既是任务，又是对象，这两种提法是否不一致呢？表面看来是不一致的，但在作为任务时必须提：查明工程地质条件。这正如“知识”是“学习”的对象，而获得知识则是学习的任务之一。这种提法是合乎逻辑的，关键在于弄清其间的关系。对于工程地质勘察本身来说，也必须根据已知的工程地质条件，制定进一步的勘察计划，选用适宜的勘察方法，以及安排合理的工作量。对工程地质条件的认识是一个反复研究不断深入的过程。

以上所述有关工程地质条件的基本概念还是很肤浅的，没有经过广泛的讨论，理解得也不一定完全，可能有的地方是不正确的，还有待于进一步补充修正。但是对于我们从事各项勘察工作来说，这个概念是很重要的，应当从各个方面把它论述清楚，这是本节的目的。

二、因素分析

下面对工程地质条件的六个因素分别加以阐述，以了解其具体内容和实际意义。

(一) 土石类型及工程地质性质

“土石”一词的含义是作为建筑物的地基或介质（围岩）的土或岩石。对建筑物的稳定性来说土石性质最关重要，常常起着决定性的作用。建筑物总是脱离不开土石的，任何地点的工程地质条件也总是少不了土石这个基本因素的，在工程地质勘察中也总是从查明土石类型和性质着手进行工作的。关于土和岩石（土体和岩体）类型的划分，物理力学性质所包含的内容，在本书第一、二两篇中已讲了，可以参考。还应说明的是土石的分类随着研究的深度和勘察的阶段性的可以从粗略到详细。例如在规划阶段土石类型只须按成因划分就可以满足需要了，而在详细勘察阶段有时则按物理力学性质划分，例如砂土按密实度划分，粘性土按塑性指数划分，岩石按抗压强度划分，洞室围岩按结构类型划分，黄土按湿陷系数划分等等。土石中对建筑物的稳定性影响最大的是那些性质软弱而特殊的土或岩石，例如淤泥软土、膨胀土、盐渍土、软弱夹层、构造岩等等。它们的出现，总是给工程带来很大的麻烦，有时要作昂贵的处理。在工程地质勘察中必须进行仔细的勘探试验工作，以查清它们的分布情况、厚度变化，取得较为准确的物理力学性质指标，以供分析计算之用。

（二）地形地貌条件

这又包括下列具体内容：地形形态的等级；地貌单元的划分；地形起伏变化，山脉水系分布，高程和相对高差；地面切割情况，例如沟谷的发育系统、形态、方向、密度、深度及宽度；山坡形状、高度、陡度；山脊山顶的形态、宽度、平整程度等；河谷情况，诸如弯曲程度、宽度、谷底及谷坡的坡度、河谷结构，河底地形；阶地；成因类型、阶面高程及起伏状况、宽度、受冲沟切割等的破坏程度、阶坎坡度，以及组成物质；不同地貌单元的特征及其相互差别，等等。

地形地貌条件对建筑场地的选择，特别是对线形建筑如铁（公）路和运河渠道等的线路方案的选择意义最为重大。在平原或丘陵地区，地形地貌条件比较简单，容易选定较为理想的场地和线路方案；而在地形地貌复杂多变的山区，如何利用有利的地形条件使线路“平、顺、直”，而又避免大量的挖方填方和尽可能减少复杂的大型工程建筑物，是一件直接影响经济合理性的复杂工作。地形地貌条件对建筑物的布局及各种建筑物的型式、规模，以及施工条件也有直接的影响。例如河谷的宽度影响到水坝的长短，岸坡的坡度和河谷形态对决定坝的型式起着重要的作用，水利枢纽各种建筑物的相互配置也常视地形变化而定。应该特别强调的是对施工方法和施工条件的影响，施工场地是否足够宽敞，出碴进料运输线路是否方便，筑坝时的导流方式等等，对工程的造价和工期的长短具有决定意义，这在很大程度上都受地形地貌条件的控制。所以如何合理利用地形地貌条件，是规划选址阶段应行注意的首要问题。

（三）地质结构

地质结构一词比地质构造含义更广而与工程地质关系更为密切，所以在这里采用地质结构这一术语。我们在工程地质中常用的岩体结构，土体结构等，并不限于地质构造的含义。地质构造所形成的结构面称为构造结构面，包括断层面、层间错动面、节理面、劈理面等，这些结构面往往仅限于岩体中有之，在土体中则很少或基本不存在。岩体和土体中的结构面占有重要地位的是原生结构面，特别是层理面，其连续性强，延伸远，对岩体和土体常具控制性意义。不整合面和假整合面也是原生的沉积结构面，其分布之广常具有区域性的意义。为这类结构面所分隔开来的不同部分，在物质成分和结构构造上一般是互不相

同的,有时差异十分明显,属于物质分异面。此外,火成岩中的收缩节理、流层流线、蚀变带、熔岩层面等;变质作用形成的片理面、板理面、剥理面;以及风化裂隙、卸荷裂隙,等等,都不是构造结构面。所以从工程地质的角度来看,地质结构一词更确切一些。地质结构也是工程地质条件一个十分重要的因素,尤其对于岩体稳定性往往成为控制性因素。

土体结构主要是指土层组合关系,亦即由层面所分隔的各层土的类型、厚度及其空间变化。相变剧烈这是土体结构的最大特征,层的厚度在不大的范围内就有显著的改变,往往易于尖灭形成透镜体、扁豆体、使层面呈现波状起伏。对建筑极有意义的是地基土体中强度高、低,透水性大、小的土层的上、下关系及其相对厚度。凡此都对建筑物的地基承载力和建筑物的沉陷变形情况起着决定性的作用。

岩体结构除了上述组合关系之外还包括许多其它内容。其中最主要的就是前面提到的各种结构面。这些结构面实际上是缝隙、软弱夹层及构造破碎带等。其中最常见最广泛的还是构造结构面。研究这些结构面的性质和分布是工程地质勘察的重要内容之一。

岩体天然应力状态也是地质结构的内容之一,这就是地应力。如果在工程设计和施工中对它不加考虑,或估计不足,就会给工程带来很大的危害。例如美国大古力坝,在1933~1942年修建期间,开挖基坑时,坝基花岗岩体中的地应力因减压释放,发生回弹,基坑底的岩体产生水平层状开裂,随挖随裂,达到很大的深度。我国某水利工程,在开挖大型发电厂房基坑时,1976年10月基坑底达到设计高程,发现上下游的基坑边坡均沿几个近水平的软弱夹层向坑内滑移,有的地方滑移量达8厘米,滑移方向与区内地应力的最大主应力作用方向一致。在矿山巷道和隧洞的开挖中,由于地应力的影响也发生了巷道严重变形的情况,尤其是在断层通过的地方,破坏极为严重。但是轴向与地应力最大主应力方向平行的巷道,岩体变形则甚轻微。这说明了弄清地应力场的特征,对于工程建筑是十分必要的,是工程地质条件的重要内容之一。

(四) 水文地质条件

包括下列内容:地下水的类型,地下水位及其变动幅度,含水层和隔水层的分布及组合关系,各自的厚度,土层或岩层的透水性强弱及其渗透系数,承压含水层的特征及其水头。岩石裂隙水的特性;水动力条件,分布的不均一性,含水层和隔水层的特点,裂隙水渗透压力,以及地下水的水质和侵蚀性,等等。这些内容都各有其工程实际意义,须要认真对待,很好地加以研究。

地下水位的高低对各种建筑物都很重要,它决定了地基土的湿度,从而影响土的状态,当地下水位较高时,粘性土层处于塑态甚至流态,就会使地基容许承载力降低。不充分估计地下水位升降幅度,黄土地基会出现意外的湿陷造成建筑物的损坏。例如近年来兰州市有的地区因地下水位上升而造成大批房屋开裂,就是地基黄土浸水湿陷的结果。在分析道路翻浆、水库渗漏、库岸浸没、渠道渗漏、基坑涌水等工程地质问题时,地下水位及其变化都是必须考虑的因素。

含水层与隔水层的分布和组合关系对水工建筑物防渗处理极为重要。在砂卵石坝基中,隔水层的埋藏深度、厚度和分布情况,为防渗墙的深度提供依据。对开挖基坑的排水措施及稳定性的评价也是很重要的。基岩裂隙水比较复杂,由于褶皱断裂,含水层隔水层的分布变化较大,含水层可以是水平的、倾斜的,也可以是陡倾直立的;断裂的切割可使