

铁路勘测设计基础丛书

工程地质基础知识

铁道部第一勘测设计院 编

中国铁道出版社

工程地质基础知识

(修订版)

铁道部第一勘测设计院编著

中国铁道出版社

1982年 北京

内 容 简 介

本书是修订版，全书共分五篇二十四章。前部分介绍基础地质和岩、土工程性质；后部分重点叙述铁路选线 and 设计中常见的工程地质问题，如斜坡变形、泥石流、沙漠、岩溶、水库坍岸，以及黄土、盐渍土、多年冻土、裂隙粘土、软土等特殊土的工程地质特征和有关工程地质勘测方法。本书综合了建国以来工程地质实践中的重要资料，内容全面系统，深入浅出，简明实用。可供工程建设人员和工程地质专业人员学习参考。

铁路勘测设计基础丛书

工程地质基础知识

(修订版)

铁道部第一勘测设计院编著

中国铁道出版社出版

责任编辑 施以仁

封面设计 王毓辛

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{2}$ 印张：16.125 字数：368 千

1976年3月第1版 1982年5月第2版第2次印刷

印数：18,001册—23,500 定价：1.65元

再 版 前 言

本书自1976年初版发行以来，在铁路建设和技术培训中起了一定的作用。为适应我国四化建设的需要，我们在初版“铁路工程地质基础知识”的基础上，进一步吸收了建国以来铁路工程地质工作经验和有关单位在工程地质工作中的科研成果，对全书作了较大的增改，除充实了一般地质基础理论和岩、土工程性质外，对铁路建设中常见的不良地质类型、特征和各种特殊土的分布规律、物理力学性质以及工程措施意见等作了较详尽的阐述，并对原位测试的使用条件也作了介绍。

本书由姚以珍同志主编，其中第六章、第十二章中的第二节、第十五章和二十二章由赵永骅同志编写，第二十章由赵性存同志编写。全书经张征海、李文杜、白日升、邓露豪、王惠忠、俞志英等同志分别审阅。在编写过程中，得到了各铁路设计院和部分工程局、铁路局以及大桥局的热情支持，在评书审稿会上提出了许多宝贵意见，并提供大量资料，在此深表谢意。

编 者

1981年12月

3227/54

目 录

绪 论	1
一、工程地质学的研究内容	1
二、工程地质学的研究方法	3

第一篇 基础地质

第一章 地球概况	5
§ 1. 地球的形状和大小	5
§ 2. 地球的主要物理性质	7
§ 3. 地球的结构	10
第二章 地质作用	14
§ 1. 地质作用概述	14
§ 2. 地质作用分类	15
§ 3. 外力作用与内力作用的相互关系	17
第三章 结晶体及主要造岩矿物	18
§ 1. 结晶体	18
§ 2. 矿物	25
第四章 岩石	37
§ 1. 岩浆岩	38
§ 2. 沉积岩	46
§ 3. 变质岩	56
§ 4. 岩石肉眼鉴定的依据	65
第五章 地质构造	67
§ 1. 褶皱构造	69
§ 2. 断裂构造	75

§ 3. 地层接触关系	89
§ 4. 地质构造对工程的影响	91
第六章 地震	95
§ 1. 地震的概念	95
§ 2. 地震的成因及类型	96
§ 3. 地震的强度	100
§ 4. 地震液化	105
§ 5. 地震区的建筑	112
第七章 地史	113
§ 1. 地史学的内容及任务	113
§ 2. 地质时代的概念	113
§ 3. 地层的划分与对比	117
§ 4. 地质时代单位和地层单位	118
§ 5. 沉积相的含义	119
第八章 地下水	124
§ 1. 地下水的形成条件	124
§ 2. 地下水存在的状态	126
§ 3. 地下水的基本类型及其主要特征	128
§ 4. 地下水的物理性质与化学成分	141
§ 5. 地下水运动的基本特征	147
§ 6. 地下水运动形成的不良地质现象	159
第九章 风化作用	160
§ 1. 风化作用的概念	160
§ 2. 风化作用的基本类型与特征	161
§ 3. 风化作用速度及影响因素	169
§ 4. 岩石风化程度的评价与划分	173
第十章 地貌及第四纪沉积物	176
§ 1. 地貌	176

§ 2. 第四纪沉积物.....	189
------------------	-----

第二篇 岩、土的工程性质

第十一章 土的工程性质.....	195
§ 1. 土的组成和结构.....	195
§ 2. 土的工程分类及工程性质的划分.....	212
§ 3. 土的物理性质.....	215
§ 4. 土的水理性质.....	221
§ 5. 土的力学性质.....	229
§ 6. 土的野外鉴定.....	241
第十二章 岩石和岩体的工程性质.....	244
§ 1. 岩石的工程性质.....	245
§ 2. 岩体的工程性质.....	260

第三篇 特 殊 土

第十三章 黄土.....	285
§ 1. 黄土地貌及黄土的成因类型.....	288
§ 2. 黄土地层划分.....	291
§ 3. 黄土成分.....	292
§ 4. 黄土的工程性质.....	294
§ 5. 黄土地区的工程地质勘测.....	301
§ 6. 黄土地区的防治处理工程.....	302
第十四章 盐渍土.....	305
§ 1. 盐渍土的成因及其分布特征.....	305
§ 2. 盐渍土的工程分类.....	308
§ 3. 盐渍土的工程性质.....	310
§ 4. 盐渍土对工程的影响及危害.....	317
§ 5. 盐渍土地区的工程地质勘测.....	319

§ 6.	盐渍土地区的处治措施·····	320
第十五章	多年冻土·····	322
§ 1.	多年冻土的有关概念·····	323
§ 2.	地下冰、冻土构造与地下水·····	325
§ 3.	多年冻土的温度及其深度的确定·····	330
§ 4.	多年冻土地区的物理地质现象·····	343
§ 5.	多年冻土的工程分类·····	347
§ 6.	多年冻土地区的选线、设计与勘探·····	350
第十六章	裂隙粘土·····	352
§ 1.	裂隙粘土的工程性质·····	353
§ 2.	裂隙粘土对建筑物的影响·····	367
§ 3.	裂隙粘土的工程地质勘测与防治措施·····	370
第十七章	软土·····	374
§ 1.	软土的成因类型和形成特征·····	376
§ 2.	软土的工程性质·····	378
§ 3.	软土地区的工程地质勘测·····	381
§ 4.	软土地区的路基工程·····	384

第四篇 不良地质及特殊地质问题

第十八章	斜坡变形·····	390
§ 1.	滑坡·····	390
§ 2.	崩塌、错落·····	410
第十九章	泥石流·····	414
§ 1.	泥石流概述·····	414
§ 2.	泥石流的形成条件·····	417
§ 3.	泥石流的活动特征·····	420
§ 4.	泥石流分类·····	422
§ 5.	泥石流对工程的危害·····	428

§ 6.	泥石流地区的工程地质勘测	429
§ 7.	泥石流地区沟谷整治	431
第二十章	沙漠	433
§ 1.	我国沙漠的成因、分布及其特征	433
§ 2.	沙丘的形成发展和风沙运动规律	437
§ 3.	沙漠地区工程地质勘测及选线原则	443
§ 4.	防治沙害的原则及措施	447
第二十一章	岩溶	450
§ 1.	岩溶的形成条件和影响因素	451
§ 2.	岩溶形态特征	456
§ 3.	岩溶发育的基本规律	458
§ 4.	岩溶地区的工程地质评价	459
§ 5.	岩溶地区的工程地质勘测	461
§ 6.	岩溶地区的工程处理	465
第二十二章	水库坍岸	466
§ 1.	坍岸特征及影响坍岸的因素	466
§ 2.	库区坍岸的预测	471
§ 3.	水库地区工程地质勘测要点	477

第五篇 工程地质勘测

第二十三章	工程地质勘测基本方法	479
§ 1.	工程地质测绘	479
§ 2.	资料整理及图件编制	489
第二十四章	各类建筑物的工程地质勘测	491
§ 1.	路基工程地质勘测	491
§ 2.	桥涵工程地质勘测	495
§ 3.	隧道工程地质勘测	501
参考文献		504

绪 论

工程地质学是地质学的一个分支。地质学是研究地球的构造、物质成分、形成过程及其发展历史的综合科学。我国的工程地质学是在建国后，随着社会主义建设不断发展而逐渐建立的一门科学，随着地质队伍的不断扩大、勘探、测试手段逐渐完善，新技术在地质学研究的各个领域广泛采用，而得到蓬勃发展。由于地质现象错综复杂，千变万化，只有用科学的态度，以唯物辩证的观点深入实际调查研究，分析和揭露地层内部矛盾，认识和掌握其自然规律，才能能动地改造自然，利用这门科学，为四化建设作出贡献。

一、工程地质学的研究内容

工程地质学是研究与工程建设有关的地质问题的科学，其主要任务是：（1）查明工程地质条件，即各种对工程建设有影响的地质因素，如地形地貌、地层岩性、地质构造、水文地质条件及各种地质作用等；（2）判断建筑物修建后对各种地质条件的影响和变化，以及可能发生的工程地质问题，如地基变形、边坡滑动坍塌、隧道坍落冒顶等，为选择最有利的建筑地点、建筑物类型和施工方案提供地质依据，并提出保证建筑物的稳定性和正常使用的有效措施。

工程地质学的研究内容主要有以下几个方面：

1. 土的类型及其工程地质性质；土的成因、物质成分、结构构造、后生变化及物理力学性质等，对建筑物的稳定性有直接影响。因此，对于线路方案的选择、工程地质问题的分析和工程地质评价时均应考虑这些因素。所以如何取

得土的物理力学性质的精确指标，并对不良性质进行改造以满足建筑物的要求，就成为工程地质学研究的重要课题。作为工程地质学重要组成部分之一的土质学，就是从土的形成和物质成分出发对上述课题进行研究的。

2. 岩体工程地质性质：岩体的工程地质性质，特别是它的力学性质不完全决定于其结构体，而是在更大程度上决定于切割的结构面，尤其是软弱结构面影响更大。因而在分析岩体本身的工程地质性质和论证它作为建筑物的地基、隧道围岩、山体及边坡的稳定性时，必须考虑各种结构面的性质及其组合关系；运用地质力学观点分析结构面的形成和发展过程，并以物理和力学的方法测试结构面的力学性质，预测岩体在工程作用下的变形和破坏规律等。

3. 工程动力地质作用：包括自然地质作用和工程地质作用。自然地质作用所形成的各种不良地质现象，如岩石风化、冲沟、滑坡、错落、崩塌、泥石流、岩溶、河岸冲刷等，常常对工程建筑造成严重危害，是决定建筑物稳定性的重要因素，在很多情况下，严重的物理地质现象控制着工程设施和线路方案的选择。

由于建筑物的修建，会引起新的地质作用和现象，如建筑物修建后地基沉陷甚至引起地基土的挤出，使建筑物发生变形破坏；又如水库的兴建蓄水，引起水库坍岸，岸坡再造等，所以线路方案选择时应考虑这些因素。

工程动力地质学就是专门研究不良地质现象和工程地质现象的分支学科。具体研究这些现象的发生和发展规律，预测对建筑物的危害程度，据以拟定各种具体措施，以便消除其对建筑物的影响。

4. 区域工程地质：包括区域性的工程地质特征和工程地质条件，如岩、土类别，不良地质现象和分布规律，地质

构造的变化规律以及区域地壳稳定性的特征等。研究这些特征和规律，并按工程地质的相似性和差异性进行区域的划分，据以了解各区域范围的主要工程地质特征，及其对工程建筑物的有利和不利条件。这对于各类工程的修建规划工作及进一步的工程地质研究提供了区域性的资料。

5. 工程地质勘测的理论和测试方法：为了提高工程地质勘测质量，需要不断总结经验，改进设备，创造新的手段和方法，尽可能以较少的工作量取得必要的、准确的第一性资料，以查明工程地质条件，正确作出工程地质评价。不同类型的工程建筑 and 不同阶段的工程地质勘测，对资料的要求是不同的，故需制定适用的工程地质勘测规范和工作手册，做到有章可循。测试仪器设备要不断革新，使之轻便化、机械化、现代化，以提高工作效率和质量。

二、工程地质学的研究方法

1. 地质学方法：工程地质学是研究与各类工程建筑物有关的地质问题。各种地质现象都是自然历史的产物，彼此之间都有密切的联系，所以要正确地判定工程建筑物地区的地质条件，并预测工程施工中和建成以后，这些地质条件的变化，必须运用地质学的方法即自然历史分析法。通过运用地质学方法，对各种地质现象进行调查研究分析，得出对其区域性的定性评价。

2. 试验方法：地质学方法只能得出各种地质现象的区域性的定性评价，这对工程地质的任务来讲还不能满足要求，在某些复杂地区及重点工程，还要求作出定量评价，因此，必需广泛地采用试验方法，包括下列三项。

(1) 通过试验室工作和野外试验工作取得土石的各种物理、化学、水理及力学性质等指标。

(2) 通过勘探和详细测量, 取得土石软弱夹层、断层破碎带及岩石节理裂隙、风化深度等的水平方向和垂直方向的分布变化数据。

(3) 通过长期观测取得各种特殊地质现象发展速度、演变特点和发育程度的数据。

此外, 在工程地质工作中, 还应重视对既有工程建筑物的观测和调查研究, 了解其使用情况和稳定性, 借以对相似地区进行工程地质评价时的参考。

3. 计算方法: 在进行定量评价时, 应根据试验工作中所得的各种数据, 并利用各种理论公式进行计算, 以研究建筑物的稳定性和可能发生的各种变化的预测。

总之, 工程地质工作, 必须以严肃认真的科学态度综合应用地质学方法、试验方法和计算方法, 相互核对, 互相验证, 客观地反映各种地质现象, 正确、全面地评价工程地质条件, 为选择线路和各种建筑物方案以及工程设计提供可靠的依据。

第一篇 基础地质

第一章 地球概况

§ 1. 地球的形状和大小

一、地球形状和大小的参数

根据多次精密测量，地球不是一个规则的几何体，而是一个复杂的不规则的形体，通常称为地球体或大地水准球体，为计算方便而以旋转椭球体代替。赤道半径较长，两极半径较短。据新近资料，地球形状和大小的有关数据如下：

赤道半径 a 6,378.164公里

极地半径 c 6,356.779公里

平均半径 $(a^2c)^{\frac{1}{3}}$ 6,371.03公里

扁率 $\frac{a-c}{a}$ $\frac{1}{298.25} = 0.0033529$

赤道周长 40,075.24公里

子午线周长 40,008.08公里

体积 1.0832×10^{12} 立方公里

二、地球表面形态——海洋与陆地分布

地球表面的基本形态可分为两个大单元，即大陆和海洋。

地球表面积 5.10×10^8 平方公里

海洋面积(70.78%) 3.61×10^8 平方公里

大陆面积(29.22%) 1.49×10^8 平方公里

地球最高点（珠穆朗玛峰）8,848米（高出海平面）

地球最低点（马里亚纳海沟）11,033米（低于海平面）

地球上的陆地，是被海水分割为许多巨大的和较小的陆块。前者叫大陆或大洲，后者叫岛屿。陆地表面形态，按其起伏状况可以分为：

1. 山地：地形起伏很大，相对高度和绝对高度常常大于500米。平行排列延伸很长的山岭称为山脉。

2. 高原：海拔在600米以上，大面积的、比较完整的高地，称为高原。世界上一些主要高原海拔都在1,000米以上，如我国的青藏高原。一般说，高原是上升起来的平坦地带。

3. 丘陵：地形起伏，但相对高差不大，一般小于200米，海拔低于500米。

4. 盆地：周围山岭环峙，中间地势低平，外形似盆，称为盆地。如我国的塔里木盆地、柴达木盆地。

5. 平原：起伏微小，海拔一般在200米以内的广大平地。大平原都是近期地壳沉降和河流堆积的结果。如我国的长江中下游平原。

地球上的海洋是连成一片的，构成世界大洋。海洋伸入大陆内部的叫地中海，在大陆边缘的叫边缘海，被陆地、半岛、岛屿近于封闭的叫海湾。海水覆盖的大洋底部是不平坦的，按海水的深浅和地形起伏可以分为：

1. 陆棚（大陆架）：它是大陆在水下延续的部分，是被淹没的大陆边缘，坡度平缓，一般坡度不超过 $0^{\circ}10'$ ，深度在0~200米。

2. 大陆坡：位于陆棚的外缘，是陆棚与海底的过渡地带，坡度明显比大陆架陡，一般在 $4^{\circ}\sim 7^{\circ}$ ，深度200~2,500或3,000米。

3. 大洋床（大洋盆地）：它占了整个大洋底部面积的80%，深度达6,000米。

4. 海沟（海渊）：大洋盆地底部显著深凹的狭长地带，深度大于6,000米。海沟的分布往往不在海洋的中部，而在海洋与大陆的交界处附近，如日本海沟，菲律宾海沟。

5. 海岭（大洋中脊）：大洋盆地底部突起的山岭。大西洋中央海岭是个高达3,000米，宽超过2,000公里的巨大构造，纵贯整个“S”形大西洋的中部。

§2. 地球的主要物理性质

地球的主要物理性质包括质量、密度、压力、重力、温度（地热）、磁性（地磁）、电性（地电）等，是我们认识地球不可缺少的知识之一。随着科学技术的发展，这些物理性质也是人类向地球进军，逐步深入地认识自然和改造自然的重要领域。

一、地球的质量和密度

地球具有庞大的体积和巨大的质量。根据万有引力公式算出：地球的质量为 $5,976 \times 10^{21}$ 吨，然后再除以地球体积得出地球平均密度为5.517克/厘米³。按实际测得地表岩石的平均密度为2.7~2.9克/厘米³因此推测地球深部必然存在着密度较大的物质。

地球内部压力主要是静压力，是由上复物质的重量所产生的，压力随着深度的增加而逐渐加大。地下深10公里处所受压力大致为3,000大气压，35公里深度为10,000个大气压，岩石在这个静压力下要变软。地心处高达360万大气压，物质的原子结构完全破坏。

二、地球的重力

具有巨大质量的地球，对地面任何物体都产生引力。但

作用于地面的物体除引力外，还有由于地球自转产生的离心力。所以重力就是引力和离心力的合力。由于地球的引力比离心力大得多，因此重力的大小和方向都近于地球引力，见图 1—1。

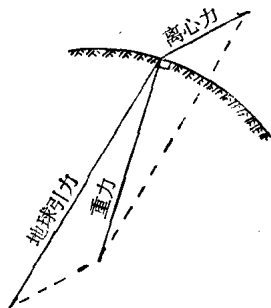


图 1—1 地球重力方向图

三、地球的温度

根据深矿井温度增高、地下流出温泉和火山喷出炽热物质等现象，可知地内是热的。地球的热量来源有两个方面：一是来自太阳的辐射热，一是来源于地球内部放射性元素蜕变所产生的热能、重力能和化学能等。根据地内温度分布状况可以分为三层：

1. 外热层（变温层）：在地球的表层，热量来自太阳热，每年约为 1.7×10^{14} 千瓦。其中绝大部分辐射返回空中，只有极少一部分透入地下以增高岩石温度。因此，外热层的温度是向下而减小的。地面温度随着昼夜和季节变化而改变。日变化影响深度一般为 1~1.5 米，年变化影响深度一般不超过 20 米。

2. 常温层（恒温层）：即外热层最下界。在这个深度上太阳热年变化幅度为零，温度常年保持不变，相当于当地平均温度。

3. 内热层（增温层）：在常温层以下，完全不受太阳辐射的影响，而决定于地球内部的热能。该层温度的变化是随着深度的增加而增高，通过对矿井、钻孔、温泉和火山活动等资料的研究，证明地温向下递增是有规律的。计量这种增温的大小通常有两种表示方法：

（1）地热增温率（地温梯度），即深度每增加 100 米