

〔苏联〕Н·Я·杰尼索夫著

工程地质学

錢家欢译

中国工业出版社

目 录

緒 論	1
§ 1. 地质学和工程地质学的一般知識	1
§ 2. 作为結構物地基及其介质的岩石的資料的作用	3
§ 3. 工程地质勘察的作用	6

第一篇 矿物、岩石及地质年代学

第 一 章 关于矿物的某些知識	9
§ 4. 关于结晶結構的概念	9
§ 5. 关于矿物胶体状态的概念	13
§ 6. 矿物的形状和物理性质	16
§ 7. 最主要的造岩矿物	20
§ 8. 根据起源条件的岩石分类	30
第 二 章 岩浆岩	32
§ 9. 一般知識	32
§ 10. 岩浆岩的成分	32
§ 11. 岩浆冷却条件的意义; 关于岩浆岩結構和构造的概念	33
§ 12. 岩浆岩的分类及其描述	37
§ 13. 岩浆岩的产状	41
§ 14. 岩浆岩的建筑性质	44
第 三 章 关于沉积岩及其特点的一般知識	45
§ 15. 沉积岩的形成	45
§ 16. 层理	46
§ 17. 孔隙度	48
§ 18. 岩石成分和性质与气候条件的关系	51
§ 19. 岩石中动物群和植物群的遺骸和痕迹	52
第 四 章 化学起源的沉积岩	52
§ 20. 化学起源岩石的特性	52
§ 21. 化学起源岩石的建筑性质	54

IV

第 五 章 机械起源的沉积岩	56
§ 22. 一般知識	56
§ 23. 顆粒的分类及其特性	56
§ 24. 土的分类	58
§ 25. 土的塑性以及它与成分的关系	59
§ 26. 关于土的不均匀系数的概念	63
§ 27. 关于沉积物沉积作用和成岩作用的一般概念	64
§ 28. 砂土密度和强度的变化	68
§ 29. 砂岩和砾岩的形成	70
§ 30. 粘土沉积物和粘土岩天然压密和固化的特点	71
§ 31. 粘土沉积物和粘土岩的压密强度与其成分的关系	73
§ 32. 粘土沉积物和粘土岩的压密强度与介质影响的关系。 关于正常压密岩、欠压密岩及超压密岩的概念	74
§ 33. 超压密岩石的产生条件及其膨胀	77
§ 34. 欠压密岩石的产生条件	80
§ 35. 砂土和粘土岩天然压密性程度的評价	82
§ 36. 粘土岩的固化性指标	85
第 六 章 生物起源和混合起源的沉积岩	86
§ 37. 生物岩	86
§ 38. 混合起源的岩石	87
第 七 章 变质岩	88
§ 39. 关于变质作用的一般知識	88
§ 40. 接触变质岩	88
§ 41. 区域变质岩	89
§ 42. 变质岩的建筑性质	92
第 八 章 地质年代学	93
§ 43. 关于岩石年龄資料的意义	93
§ 44. 关于岩石绝对年龄的概念	94
§ 45. 关于岩石相对年龄及其确定方法的概念	95
§ 46. 地质时期表	96
第 九 章 关于地球热状况及其构造的某些資料	106
§ 47. 地球的热状况	106

§ 48. 关于地圈的概念	107
---------------------	-----

第二篇 地球的内动力作用

第十章 造山作用	110
§ 49. 造山作用的一般意义	110
§ 50. 地质构造条件在建筑工程中的意义	111
§ 51. 岩石变动的形态	111
§ 52. 岩石的不整合产状及其产生条件	116
§ 53. 关于岩层产状要素的概念	118
§ 54. 地壳的构造单元及豎向升降作用	120
§ 55. 俄罗斯和西伯利亚地台的地质构造简述	124
第十一章 地震现象	126
§ 56. 地震和地震波的类型	126
§ 57. 地震力的估算	129
§ 58. 地震对房屋和结构物稳定性影响的计算原理	132

第三篇 地球的外动力作用

第十二章 大气营力的地质活动	136
§ 59. 概述	136
§ 60. 岩石风化的种类及其意义	137
§ 61. 残积层	141
§ 62. 土壤的主要类型	142
§ 63. 风成沉积层及其建筑性质	144
§ 64. 坡积层及其建筑性质	151
§ 65. 冲沟的形成及其防治	153
§ 66. 泥石流及其整治	156
§ 67. 森林对侵蚀烈度的影响	158
第十三章 河流的地质活动	159
§ 68. 河谷的形成及其构成的特征	159
§ 69. 冲积层的基本类型	167
§ 70. 冲积层的建筑性质	169

VI

第十四章 海洋的地质活动	173
§ 71. 海浪的破坏活动	173
§ 72. 海流和波浪的搬运活动	175
§ 73. 海洋沉积物的生成	176
§ 74. 海洋起源岩石的建筑性质	178
第十五章 冰川的地质活动	181
§ 75. 冰川及其沉积	181
§ 76. 冰川沉积层的建筑性质	185

第四篇 水文地质学原理

第十六章 土中水分的种类	187
§ 77. 土的含水量和容水量	187
§ 78. 水汽形式的水	188
§ 79. 物理束缚水	189
§ 80. 自由水	194
§ 81. 关于土吸收能力的概念	195
§ 82. 包气带内土含水量动态的特点	198
第十七章 地下水及其形成和动态	200
§ 83. 地下水的形成	200
§ 84. 地下水的种类	201
§ 85. 地下水的动态	205
§ 86. 地下水运动方向和水力梯度的确定	214
第十八章 渗透系数的概念及其测定方法	216
§ 87. 渗透和下渗的概念	216
§ 88. 渗透的基本定律	216
§ 89. 影响渗透系数的因素	218
§ 90. 地下水流速的测定	220
§ 91. 渗透系数的测定方法	223
第十九章 地下水流量的决定	227
§ 92. 平面流的出水率	227
§ 93. 完整井的出水率	230

§ 94. 不完整井的出水率	236
§ 95. 用抽水試驗決定滲透系数	239
§ 96. 应用交互作用井降低地下水位	241
§ 97. 吸水井	243
§ 98. 雍水对地下水位的影响	244

第五篇 工程地质勘察

第二十章 工程地质勘察內容	247
§ 99. 工程地质勘察的任务	247
§ 100. 关于地质图的概念	248
§ 101. 工程地质測量	254
§ 102. 勘探工作	257
§ 103. 地球物理勘察法	266
§ 104. 試驗工作	268
§ 105. 按勘探工作資料的地质断面图的繪制	270
§ 106. 各种不同因素对于工程地质勘察工作 量和内容的影响	271
第二十一章 岩石基本类型的研究特点	274
§ 107. 概述	274
§ 108. 坚硬岩石的研究特点	275
§ 109. 砂土的研究特点	279
§ 110. 粘性土的研究特点	280
第二十二章 工程地质作用	285
§ 111. 工程地质作用的一般特性	285
§ 112. 由于压力增加而引起岩石压密	287
§ 113. 由于含水量增加引起的岩石 压密(黄土状岩石的湿陷)	291
§ 114. 由于含水量减少引起的粘土岩的压密	301
§ 115. 岩石体积的增加	303
§ 116. 与潜蚀作用有关的岩石体积变化	308
§ 117. 与冻结和融化有关的岩石体积变化	312
§ 118. 滑坡現象	319

VI

§ 119. 岩石的錯动	339
第二十三章 与建筑具体結構物有关的勘察	341
§ 120. 房屋和地上結構物場地上的勘察	341
§ 121. 地下結構物場地上的勘察	346
§ 122. 沿管道路线的勘察	346
§ 123. 在排水地区范围内的勘察	348
§ 124. 工程地质檢驗	355
第二十四章 关于研究天然建筑材料矿床的 某些知識	359
§ 125. 矿产儲量的分类	359
§ 126. 天然建筑材料矿床勘探的原則	361
参考文献	363

緒 論

§ 1. 地质学和工程地质学的一般知識

工程地质学是一門学科,它研究房屋和結構物設計、施工和使用实践中合理地考虑和正确地利用某些自然条件的問題。作为工程地质学的基础乃是地质学——关于地球构造和发展史的科学。

关于地质学的作用可以根据下列事实来評定,即一切工程技术都是以利用地球内部产物为基础的。从地球内部,人类可以得到大量的石油、煤、金属矿石、建筑材料、水和气体。

地球最接近表面的坚硬部分(在50~60公里深度内)称为地壳。它由各种岩石組成。例如众所周知的岩石有花崗岩、石灰岩、粘土、砂土。

岩石是由矿物組成的聚集体。矿物是化学化合物,它們是由于地壳中产生的化学和物理-化学作用結果所形成的。

对岩石的研究是由划分成独立科学的地质学分支——岩石学进行的;对矿物的研究包括在矿物学任务内。

按照外表形式,可以沒有困难地把岩石分为坚硬岩石(花崗岩、玄武岩等)和松散岩石(砾石、粘土)两种。坚硬岩石和松散岩石的不同性质决定着它們在房屋和結構物压力影响下的各种不同性状。

通常,在人类工程活动范围内的岩石,不論它們的成分和性质如何,均被称为土。但是,比較正确而言,按照崔托維奇(Н.А.Цытович)的見解,仅把松散岩石称为土。在今后的叙述中将按这种意义利用这一术语。

当研究某一地区的地质构造时,特别是当研究預定为房屋或結構物建筑用的地区的地质构造时,首先要确定,在该地区范围内分布了何种岩石以及它們是怎样埋藏的。

地区的直接勘察远不能經常帮助解决所提出的問題。通常在

平原地区，在地面处可能发现只有耕土层。在这一层下面的岩石仅在冲沟和河谷范围内、湖和海的沿岸山坡处才能看到。这里露出的岩石形成露头。在山区露头的尺寸特别大，该处的岩石层可能被河流切断，深度达数百米。正因为如此，对于确定地质构造最为方便的山区就比其他地区先受到研究。基于此点，当研究地质构造和开采矿产时所用的许多概念和定义通常总带有山的形容词。

当观察露头时，例如观察河岸，我们可以在河岸的横剖面上看到各种各样沿着垂直向的分布界线：例如，在下面，可能埋藏着砾岩，在它的上面，埋藏着砂岩、石灰岩、粘土和含漂石的亚粘土。

为了在勘察露头的基础上绘制地质剖面图，必须确定所勘察的岩石是怎样埋藏的：水平的或者倾斜的。关于这一点，可以从

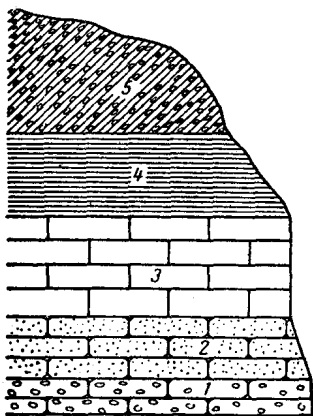


图 1 露头的地质剖面图

1—砾岩；2—砂岩；3—石灰岩；4—粘土；5—含漂石的亚粘土

各层岩石的表面在空间内的位置作出结论。例如，如果确定了这些表面是水平的位置，则可以绘制如图 1 上所示的地质剖面图。这种剖面图对于靠近露头地段的地质构造给出了总的示意概念。为了确定建筑地区较精确的地质条件，还必须进行勘探工作。

人类建筑的一切工程，或是在岩石上建成，或是在岩石内建成，最后也可能在某种程度上用岩石做成的。很明显，房屋和结构物的稳定性，不仅

与其结构的强度有关，而且与作为其地基（例如房屋）或介质（例如隧道、渠道、管路、采矿坑道、钻孔等）的岩石的强度有关。

结构物地基岩石的破坏引起事故的那些情况是众所周知的。

隧道以及其它地下結構物內岩石的崩坍情况也是大家知道的。

工程地质学是地质学的分支，它研究作为各种結構物地基和介质的岩石的利用問題以及影响到岩石稳定性的各种作用。因为，为工程目的的岩石利用問題不可能沒有岩石及組成它們的矿物的知識而加以研究，所以在“工程地质学”教程中必須叙述矿物学和岩石学的主要內容。

岩石的性质，其中也包括它們在結構物荷載下性状的特点，不仅取决于他們的成分，而且也取决于它們的形成历史。因此，在本教程中，特別注意到岩石的形成問題。

岩石的形成乃是地质作用。此外，属于地质作用的有岩石成分、状态以及埋藏条件的改变，地形的形成，地壳运动等等。

水文地质学是关于地下水以及它們在自然界的埋藏条件、动态、运动、它們的定性和定量特征的科学。

§ 2. 作为結構物地基及其介质的

岩石的資料的作用

由于岩石的性质不同，建于其上的結構物可以受到极其不等的沉降或抬高。結構物的沉降可能是地基岩石压密的结果，也可能是岩石从基础下挤出的结果。如果岩石的压密可以不影响到其所建造的結構物的稳定性，則挤出可能是結構物完全破坏的原因。只要詳細地研究建筑場地的地质条件，就可以保証建筑物的稳定性，而不需用不恰当高的安全系数。

为了闡明建筑場地的地质条件，通常利用地质剖面图，在这种图上用图例指明所考虑区域垂直面范围内这些或那些岩石的分布。当繪制剖面图时利用某种（通常从1:100到1:500）垂直和水平比例尺。图2可以看作反映简单和均匀地质构造的地质剖面图。在这剖面图上示有基坑。在基坑底部0—0以下的岩石是結構物的地基。当設置基坑时，在0—0平面上岩石所承受的压力就从天然压力 $\sigma_{np} = h_k \gamma_w$ （此处 h_k ——基坑深度； γ_w ——岩石容重）减少到零，在这种情况下粘土的体积就有某些增加。这就引起了

表面0—0的某种抬高，这一抬高在基坑中央处达到了最大值。

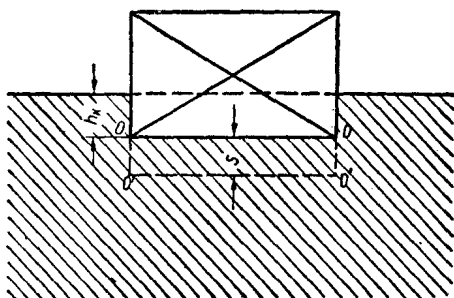


图 2 说明建于粘土岩均匀地基上结构物沉降量的示意图

h_k —基坑深度；0—0—地基平面； s —结构物沉降量

当结构物的压力 σ_c 超过 σ_{np} 时，结构物的建造就使得地基土压实。结果，结构物产生沉降量 S 。

当考虑均匀的地质构造以及均等的结构物基底压力时，这个沉降将是均匀的。建于土上（亚粘土、粘土等）的房屋和结构物的沉降可以达到数十和数百厘米，而房屋却没有破坏。自然，设计者应当要有结构物可能沉降量的概念，在不研究建筑地区的地质构造的情况下是决不能获得这一概念的。

图 3 上的地质剖面图阐明结构物地基的不均匀构造：粘土层与花岗岩体相毗连。在这种情况下，结构物的一部分下面的粘土层厚度 h_1 为最小，而相对的另一部分结构物下面的粘土层厚度 h_2 较大，前者的沉降量小得多。在这情况下沉降是不均匀的。

房屋和结构物的不均匀沉降是墙壁内出现裂缝的最普遍的原因，而且有时也是房屋完全破坏的原因（图 4）。

当建造各种工厂时，必须考虑设计者和工艺师对沉降提出的要求。通常要求，机器基础沉降的不均匀性要减少到最小，或者在一系列的情况中要求减少到零。因为有时机器和机械的运转只有在完全没有不均匀沉降时才成为可能。因此，类似的工程对象的建筑要求特别细心地研究地质条件；在不利的条件下，最好放棄在該处所拟建的结构物。

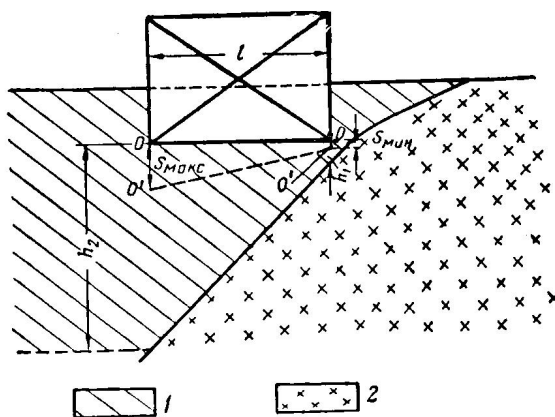


图 3 說明不均勻地基时結構物沉降量的示意图

1—粘土；2—花崗岩； h_1 和 h_2 —結構物的相反兩端下面粘土的厚度；
 s_{max} 和 s_{min} —結構物的最大和最小沉降量； l —結構物寬度。

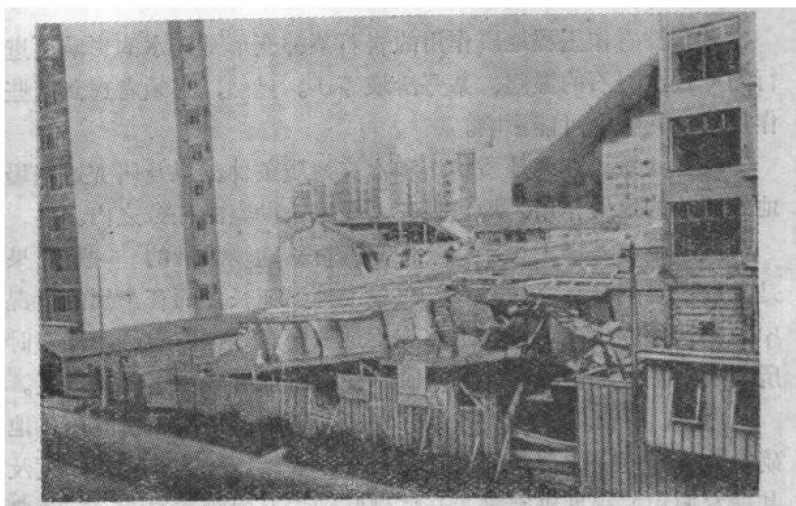


图 4 里約熱內盧（巴西）的十層樓房屋，由于不均勻沉陷而倒塌（作者攝）

因为岩石在其上所建造结构物压力下的体积改变往往引起结构物的位置和状态的变化，所以结构物的稳定问题不可能脱离其地基稳定条件来考虑。在设计各种结构物的一切情况中，应当把建筑物的工作与地基的工作加以共同考虑。

正如前面已经说过的，地下结构物（隧道、采矿坑道）以及某些地上结构物（渠道）具有岩石作为其周围介质。当然，岩石的开采方法、渠道边坡、隧道洞壁和顶板的稳定性、矿山压力的大小等等均取决于岩石的地质构造和性质。

§ 3. 工程地质勘察的作用

我们周围的自然界是经常变化的。人类的活动可以大大地影响到这些变化的特性和强烈程度。工程师不可以忽视地质作用对结构物稳定性的可能影响。

如象地震这种严重的地质作用将直接影响到房屋和结构物的稳定性。在出现地震的地区（在地震区域），要求特别细心地考虑地质条件。

通常被看作工程地质作用的岩石某种变形是在水的影响下进行的（黄土岩石的湿陷、某些滑坡等）。显然，必须考虑到这些作用对结构物的可能影响。

确定建筑场地的地质构造和水文地质条件、以及研究这些场地的特殊的地质作用，均包括在工程地质勘察的任务之内。

没有足够考虑工程地质条件而进行结构物设计的一般后果是：建筑费用增高、工程量增大、施工期限拖长，而在个别的情况中，结构物产生变形。在建筑施工过程中意外地发现到比勘察时所确定的工程地质条件为复杂时，往往可能导致放弃继续施工。

近来，在阐明工程地质条件中极为普遍的錯誤是没有正确地确定被低强度土所覆盖的坚硬岩石的埋藏深度。这些土的厚度及其被水饱和的程度决定着为开挖到坚硬岩石而设置的基坑的费用，这些坚硬岩石通常是被选作为重要建筑物的地基。在一系列的情况中，根据勘探资料确定了这种可靠岩石的完全不深的埋

藏。可是，当挖土时查明，所期望深度上的坚硬岩石仅是单独的漂石。而坚硬岩石表面却是在比以往所预测的深度还要大得多的深度处。这种误解的原因是勘探坑洞的深度太小之故。在这种情况下，继续进行建筑施工常常关系到大量增加建筑费用，这种增加可能是不合理的。

在进行勘察时的软土（流砂、淤泥、泥炭）薄夹层和透镜体也可引起类似的不良后果。

没有充分查明工程地质条件就建筑的蓄水池和水库不可能充满水的这许多情况是大家知道的，因为水通过岩石而渗漏了；这些岩石的透水性没有足够程度的研究。结果，在进行勘察时较少经费的节省却带来了巨大的损失。

重大的不愉快事不是一次就发生完了，这是因为在工程地质勘察过程中以及在设计时，没有考虑到结构物施工和使用过程中岩石性质的可能变化。

工程地质勘察的结果在选择基础的及其上部房屋和结构物的合理类型时加以利用。这些结果提供了为计算房屋和结构物沉降量、为选择房屋和结构物稳定保证措施的必需资料。

关于地下水的资料具有特殊意义。地下水对于建筑师从两个观点看来是感兴趣的。第一，地下水可能是基坑中和地下巷道中施工时复杂的原因。这些水不仅使土方工程的施工产生困难，而且在许多情况中使进行某些施工处的岩石的稳定性降低。为了在地下水以下进行建筑施工，必须抽去大量的水。当建造伏尔加-顿河运河时，为了保证施工的可能性，每月抽去了1千万公方的水。当开凿莫斯科地下铁道的隧道时，在有些个别地区，被抽去水的体积超过了被开挖岩石体积的数十倍。这些例子指出，若没有地下水的埋藏条件、运动和化学成分等知识，则要防止地下水的不利影响是不可能的。第二，地下水对于供水具有极其重大的意义。对于许多地区而言，它是唯一的供水水源。就是在有露天水源的时候，它们的作用也并不减弱。莫斯科获得大量的优良的伏尔加河的水，但尽管如此，它并不排除利用在该区域内的地下水。

通常，工程地质勘察不是由建筑工程师进行，而是由地质工程师进行的。但是建筑工程师应当对于工程地质勘察的任务、范围、内容和方法有足够的概念。只有在这个情况下建筑工程师才能够正确地确定勘察任务以及在設計房屋和結構物时完全利用这些勘察結果。只有在建筑师与作为建筑諮詢的地质师之間的相互联絡时才能够最完整地考虑建筑中的自然条件。在設計机构中設立工程地质部門的組織形式将促进这一种联絡。在大型工程中，証明了設立專門的地质工程部門和检查单位乃是正确的。基坑和挖土的稽查、以及土方工程的质量检查，特別是建造土工結構物的质量检查，均包括在这些部門和机构的任务之内。

* * *

在“工程地质学”教程中，利用学生們从化学、物理学、数学等課程中所已知的知識。为了理解粘土岩中所发生的过程，胶体化学基础知識，特別是列宾杰尔（П.А.Ребиндер）院士学派成功地发展的这几部分具有重大的作用。

在本課程中所包含的知識和原理将在学习“地基与基础”及一系列专业課中加以利用。

第一篇 矿物、岩石及地质年代学

第一章 关于矿物的某些知識

§ 4. 关于結晶結構的概念

几乎所有的矿物都有結晶結構。天然的或人工造成的物体，由于其形成时产生过程而具有多边形者，称为晶体。对于結晶物质而言，它的特征是具有均质性、各向異性以及自限性。

晶体的均质性表现为：晶体任何部分的化学成分和物理性质在空間內取向相同的晶体其它部分的化学成分和物理性质是一样的。

均质体的各向異性表现为：当它的性质沿着平行方向为相同时，而它在不同的方向具有不同的性质。力学上各向異性的例子可能是云母；它那种易分成薄片的性能是大家熟知的。光学上各向異性物质的代表是方解石，在矿物和岩石的显微镜研究实践中，广泛地采用了这种物质。

自限性 表现在晶体自由增长的情况下，由于这种性质使晶体具有有規則的多边形形状。結晶物质可能是由原子、离子、分子所构成，这些原子、离子、分子有規律地排列在結晶(空間)格子的节点处。由此，結晶格子可能是原子的、离子的和分子的。对于許多矿物，特别是对于岩盐(石盐)而言，离子格子是其特征(图5)。具有这种格子的矿物的强度决定于符号相反的帶电离子 Na^+ 和 Cl^- 之間离子联系的影响。对于一系列的矿物(石墨、金刚石等)，原子格子是其特征。帶有分子格子的矿物的典型例子就是冰。

結晶結構物质的特征是有一定的溶解溫度。当处于这一溫度时晶体就变为液体状态，并吸收热量(在图6a上，这个吸收現象