

筑路材料采石場

Я.М.皮柯夫斯基, И.Я.柯尔开尔著

崔蔭宇
林則榮 白靖宇 合譯

翁朝庆校

人民交通出版社

筑路材料采石場

Я.М.皮柯夫斯基, И.Я.柯尔开尔著

崔蔭宇
林則榮 合譯
白靖宇

翁朝庆校

人民交通出版社

本書首先闡述了岩石的基本性質、筑路材料矿床的勘查及其开采方法；繼而对如何开采采石場和石块的加工，以及各种采石場开采工作的設計原理及其經營等作了詳尽的說明。

此書可供道路工程技術人員、以及开山放炮工作者学习参考，也可作为高等学校道路系的教材。

筑路材料采石场

В. М. ПИКОВСКИЙ и И. Я. КОЛКЕР

КАРЬЕРЫ ДОРОЖНОСТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Д О Р Н Э Д А Т
Москва 1948 г.

本書根据苏联道路出版社1948年莫斯科俄文版本譯出
林則榮 崔蔭宇、白靖宇合譯 翁朝庆校

人 民 交 通 出 版 社 出 版

(北京安定門外和平里)

(北京市書刊出版業營業許可証出字第〇〇六号)

新 華 書 店 發 行

公 私 合 營 慈 成 印 刷 工 廠 印 刷

1958年9月北京第一版 1958年9月北京第一次印刷

开本：850×1168_{毫米} 印張：8_{1/2}張 續頁1張

全書：283,000字 印數：1—1,100册

統一書号：15044•1261

定价(10)：1.50元

目 录

作者序	6
緒 論	7
§ 1. 采石事业及其对道路建設的意义	7
§ 2. 筑路石料的种类及其取得的方法	7
§ 3. 采石場的分类	8
第一章 影响石料开采的岩石性質	
§ 4. 岩石的物理力学性質	10
§ 5. 按开采难易程度的岩石分类	12
§ 6. 随产状而变化的岩石矿床的特点	14
第二章 筑路材料矿床的勘查	
§ 7. 筑路材料勘查工作的一般要求	17
§ 8. 有用矿物儲量的概念及視儲量等級而定的勘查內容	17
§ 9. 普查和勘探作业	18
§ 10. 与采石場类型和用途有关的勘查特点	21
§ 11. 野外工作的文件和勘探材料的整理	22
§ 12. 儲量計算法	24
§ 13. 有用矿物的采样試驗	26
§ 14. 矿床的技术經濟评价	28
第三章 筑路材料矿床的开采方法	
§ 15. 地下作业和露天作业的概念和主要的技术名詞	32
§ 16. 采石場的开采方法	33
§ 17. 挖坡面的要素和影响其尺度的条件	36
§ 18. 对挖坡面位置的基本要求	38
§ 19. 露天作业的矿床开采制度	40
§ 20. 露天法开采矿床的工艺过程	47
第四章 开采采石場时的准备工作	
§ 21. 准备工作的类型及其組成部分	48
§ 22. 矿床区段的准备	48

采石场的挖露工作

§23. 矿床的挖露	49
§24. 开拓矿床时的手工作业	53
§25. 开拓矿床时的挖掘机作业	55
§26. 开拓矿床时掘进沟壑的爆破方法	59
§27. 挖露工作及其进行方法的一般概念	62
§28. 挖露工作的手工作业	64
§29. 挖露工作中的牵引式链运机和链运装置的作业	65
§30. 挖露工作的挖掘机作业	68
§31. 挖露工作中的水力作业法	77
§32. “补充挖露”及其作业	82
§33. 堆废料作业	83

第五章 采 石

§34. 采石场的采石方法	87
---------------------	----

采石场中的鑽眼工作

§35. 钻穴的布置及其尺寸	88
§36. 钻掘钻穴的方法与对方法的选择有决定性的因素	92
§37. 手工钻眼	92
§38. 钻眼机的钻掘工作	94
1. 钻眼设备的特性	94
2. 压缩空气的制造与输送	95
3. 使用钻眼机时的钻眼作业	97
4. 钻眼机的工作组织	100
§39. 鑽索深钻凿	101

采石场的爆破工作

§40. 爆破工作用的材料	104
1. 炸药的分类及其作用	104
2. 爆破器材	106
§41. 炸药装置量的决定	109
§42. 炸药装置的布置	115
§43. 炮穴的装填	117
§44. 炸药装置的起爆	120
§45. 地下药室法爆破作业的应用	122

§ 46. 不用爆破作业的采石工作	124
-------------------------	-----

第六章 疏松筑路材料的采掘

§ 47. 疏松材料的采掘特点	126
§ 48. 采掘疏松材料的机械化方法	126
1. 用挖掘机采掘疏松材料	126
2. 用风动工具的疏松材料采掘工作	127
3. 疏松材料采掘场的水力开采法	128
4. 采掘疏松材料的其他机械化方法	132
§ 49. 使用爆破作业的疏松材料采掘工作	134
§ 50. 疏松材料的手工采掘工作	134
§ 51. 漂石矿床的开采	135
§ 52. 水下疏松材料的开采	136

第七章 开采采石场时的运输工作

§ 53. 采石场中运输工作的种类及所用车辆的特点	140
§ 54. 有軌运输	142
§ 55. 起重道及輪子坡	147
§ 56. 输送材料的帶形傳送机的应用	150
§ 57. 采石场中的汽車拖拉式运输	153
§ 58. 开采采石场时的裝卸工作	154

第八章 采石场中石块和砾石的加工

§ 59. 視产品种类而定的石料加工工艺过程	156
§ 60. 石块的分选和制备	157
§ 61. 凿石車間及其設備	158

碎石的制备

§ 62. 制备碎石所用設備的特性	159
1. 所用碎石机的主要数据	159
2. 顎式碎石机的使用指标	160
3. 錐形碎石机的使用指标	162
4. 顎式碎石机与錐形碎石机的比較	162
5. 軋石裝置用的其他設備	164
§ 63. 軋石和篩分工艺过程的数量流程图及質量流程图	167
§ 64. 采石场軋石裝置的实例	169

礫石材料的加工

§65. 礫石材料加工工作的类型及所用设备的特性	174
§66. 礫石加工裝置的体系	174
1. 礫石分选裝置	174
2. 分选、軋制和冲洗礫石材料的裝置	176
第九章 采石場的仓库事业	
§67. 仓库及其用途与分类	179
§68. 露天仓库	179
§69. 半儲仓式仓库	185
§70. 閉式仓库	186
第十章 工业采石場和路旁采石場开采工作的基本設計原理	
§71. 設計資料的种类和内容	189
§72. 編制采石場設計的原始資料	192
§73. 开采方法的选择	194
1. 一般条件	194
2. 开采量的影响	195
3. 产狀的影响	195
4. 挖坡面要素的計算	196
§74. 准备工作和挖露工作的設計	200
1. 挖露方法的选择及挖露坑道尺度的確定	200
2. 廢料場的設計	203
§75. 鉋眼爆破作业的設計	205
1. 鉋眼方法的选择与机械数量的計算	205
2. 压縮空气管网的設計	210
3. 爆破材料的选择及其需要量的計算	214
§76. 采石場內部运输的設 計	216
1. 总論	216
2. 列車重量的計算	217
3. 起重道的牽引力計算	218
4. 运输工具生产率的計算	220
§77. 石料及礫石材料加工車間的設 計	226
1. 車間每小时生产率的計算	226
2. 軋制-篩分車間的設 計	227
§78. 仓库設計的基本原 理	241

§ 79. 采石場動力設備的設計.....	243
§ 80. 排水設計.....	246
§ 81. 采石場總平面圖設計的基本原理.....	246
§ 82. 築路材料采石場的總平面圖范例.....	249
1. 用偏掘法開采的采石場.....	249
2. 用下掘法開采的采石場.....	252

第十一章 采石場的經營

§ 83. 經營采石場的主要任務與特點.....	253
§ 84. 采石場的工作計劃.....	253
§ 85. 循環工作組織.....	255
§ 86. 采石場中挖掘機工作的組織.....	260
§ 87. 采石場內部運輸的工作組織.....	261
§ 88. 鉆岩作業的組織.....	264
§ 89. 采石場使用材料的供應.....	265
§ 90. 機械及設備修理工作的組織.....	266
§ 91. 路旁采石場的經營特點.....	267
§ 92. 采石場的冬季工作.....	268
§ 93. 采石場工作的統計及表報.....	270
§ 94. 采石場產品的成本.....	271
§ 95. 開采采石場時的安全技術.....	273

作者序

本書是莫斯科B·M·莫洛托夫公路学院副教授Я·М·皮科夫斯基和工程師И·Я·科耳凱爾編写的。

著者們在編写本書时分工如下:

Я·М·皮科夫斯基編写: 序言, 第一章, 第四章31节, 第五章34~39节, 第六章, 第七章, 第八章, 第十章71、73~77、79和81~82节, 第十一章91节。

И·Я·科耳凱爾編写: 第二、三、四章(31节除外), 第五章40~46节, 第九章, 第十章80节和第十一章(91节除外); 第十章72节和78节是著者們共同編写的。

本書是按照公路学院教学大綱編写的, 可作为教科書之用。書中所举的算例使人們能够把本書作为課程設計及毕业設計的参考書之用。

本書的总校訂是莫斯科B·M·莫洛托夫公路学院副教授 А·Я·伏耳科夫。

对本書的一切意見和希望, 請寄: Москва, Софийская набережная, 34, доиздат ГИИОСДОРА МВД СССР。

緒 論

§1 采石事业及其对道路建設的意义

非金屬建筑材料（石块、砂、礫石、碎石等）的价格占任何一种路面总造价的很大部分。

路面的使用年限决定于这些主要材料的質量；而施工組織和整个工作的执行情况則决定于是否能及时地制备这些材料和把这些材料运到工地。

在国民經济恢复及发展时期，摆在道路工作人員面前的任务是，需要大量的、以几千万立方公尺計的非金屬材料。要解决降低道路造价的問題，必須减低材料的价格，而首先是降低采石費、石料加工为碎石和拳石的加工費以及运输費。价格的降低决定于采石事业的合理組織，这就需要預先正确地选择开采的矿床，仔細地制定材料开采及加工的工艺过程，决定工艺过程中各單元用的机械与设备的类型，并組織这些机械和设备有效而連續地操作。

道路建筑用的采石事业的組織現在还有很多缺点，这些缺点中最主要的是工作还未充分机械化，以及采石場出产的主要是沒有加工的石块，因之必須在綫路上进一步地把它加工为碎石和拳石。这样就使成品的价格增高，并且会形成在建筑中不能利用的廢料。

只有在大型工业采石場和建筑机关直接經營的路旁采石場（包括小型采石場）都是机械化的条件下，才能滿足道路建筑在石料方面的急剧增長的需要，并合理地組織石料的加工工作。

道路工程人員要善于組織开拓采石場的各阶段工作——从矿床的勘探到采石場的經營。

§2. 筑路石料的种类及其取得的方法

采石場中采得的石块具有大小不同的形状，这些石块經過进一步的加工便能达到符合路面材料技术规范所規定的尺寸和形状。

筑路时，根据路面的类型可采用：拳石、条石、嵌花石块、石質块料路面用的錐形块石及适用于各种路面的碎石。条石和嵌花石块一般是在采石場中制成的：把石块加工成碎石的工作可以在采石場中进行，也可以在攤鋪路

面材料的工地上进行。

在采石場中把石块加工成碎石，有下列优点：

- 1) 可以使用生产力大的固定碎石机；
- 2) 节省了定期移动、拆卸与安装碎石机及其发动机所需的时间和资金；
- 3) 可以用最方便的方法把石块送到碎石机里，并把制成的碎石聚集起来；
- 4) 能减少因石块供应中断而造成的机械停歇现象；
- 5) 能改善对碎石机的技术监督及其照管工作；
- 6) 能提高碎石大小成分分类工作的质量；
- 7) 能够只把尺寸适于该种工作的碎石运到綫路上；在这种情况下，不能利用的廢料数量就减少到最小限度。

在采石場中制造拳石时，只把符合于技术规范的拳石送到綫路上，而留在采石場的廢品和次品可再加工成为碎石。

根据实践資料，采取上述措施可使运费降低10%以上。在采石場中制成的主要类型的石料特性載列在道路建筑課程的有关章节中。

§3. 采石场的分类

筑路材料采石場可以按照下列的原则进行分类：

- 1) 产状；
- 2) 生产特点和供应区域的大小。

适于用作筑路材料的岩石的产状如下：

1. 有用矿物可能位于高出周围地带的山坡上。在这种情况下，有用矿物层的基底可能与周围地带在同一水平，或高于周围地带。这样的矿床称为丘陵矿床（或山坡矿床）。

2. 当有用矿物位于周围地带的水平以下时，则称为平原矿床。平原采石場可按照有无地下水而分为干燥的或潮湿的。

3. 当有用矿物位于水泊或水道的范围内，和完全被水层复盖时，这种矿床叫做河、湖或海相矿床。水相矿床通常没有廢岩复盖层。

砂矿床和礫石矿床分为下列各种产状：

完整矿床——完全由砂层或礫石层所組成。

成层矿床——砂或礫石按不同厚度的一层或数层埋藏着。

袋状矿床——砂或礫石以单独窩状矿团位于他种岩石层中。

把采石場列为某一类时，可以使人得到关于采石場准备工作的特点，进行采掘的方法及工作的可能机械化程度等方面的概念。

根据材料蘊藏量和采石場与所建道路的相对位置，把采石場分为下列兩类：地方性采石場（大多数是在靠近綫路，只供所建道路用的路旁采石場）和工业采石場（在地区上不与所建道路相連，用来向一定半徑內的道路兩供应材料）。沿着寬軌鐵路或水道，把产品从工业采石場向外运送。

路旁采石場的生产率变动范围很大，但其作用期限不长，通常在1到3年范围内。工业采石場的作用期限則不少于10年。

根据某一采石場的作用期限，来确定开采的特点和机械化的程度。

路旁采石場应当用輕便的移动式设备来开采，以便把这些设备从一个采石場移到另一个采石場。在某些情况下，为了要合理地运用机械，宜于借助專設的流动机械分队，而把集中的几个采石場的开采工作組織起来。

工业采石場通常需要采用固定式和半固定式设备，并准备好仓库，以保证迅速向火車或駁船裝料。

路旁采石場和工业采石場，虽在工艺过程各个單元的执行方面具有許多共同之处，但在整个工作的組織上、在采石場总体計劃的編制上和在其經營工作的組織上是有区别的。

第一章 影响石料开采的岩石性質

§4. 岩石的物理力学性質

采石場开采工艺过程的設計、开采机械的选择和这些机械数量的確定，都是和采石場內所采岩石的物理力学性質及其形成条件有直接关系的。

岩石的主要物理力学性質是：比重、体积重、孔隙率、結構、紋理、裂縫和节理的有无、硬度、韌性、彈性、自然坡角和松散程度。

比重和体积重增大时，会使搬运和运输岩石的操作发生困难。石料的耐久性取决于它的孔隙率；石料的孔隙率越大，則其吸水性越强，并且越易于风化。

岩石的結構（或構造）决定于顆粒的特性、大小和形状。細粒結構的岩石具有最优良的建筑性能。

紋理（或構成狀況）表征出岩石中各組成部分的位置和分布^①。

裂縫和节理。岩石的重要性質之一是其中有无可見的和隱藏的裂縫（称为节理），这种裂縫的大小和形状都不一致，它們把母岩分裂成岩块。有无裂縫和所形成的节理特点，对开采方法的选择和鉋眼爆破工作的成败有很大的影响。

所有裂縫，無論是可見的或者隱藏的，按其成因可分为：1) 原生的，由于形成岩石时的应力所引起的；2) 次生的，是在以后地壳中所发生的地質过程影响下而引起的。

屬於原生的裂縫有：

节理縫——在火成岩中；

层理面——在沉积岩中；

片理面——在变質岩中。

最主要的节理是层狀、板狀、平行六面体狀、立方体狀、不規則多面体狀、柱狀和球狀的。

① 按照H.П.馬留科夫的說法：岩石的結構决定了它的強度，而強度对采掘材料的方法是有影响的。紋理則决定于劈裂性这种重要的岩石性質，劈裂性是在錘击影响下沿着大致平整的表面分裂成塊的能力。

层理（层状节理）在沉积岩中常可遇到。有用岩层被层理分成平行于层理面的分层。

板状节理的特点是把岩石分割成平行的板体，通常是稍弯曲的；在火成岩的上部可遇到这种节理，这种节理随深度而消失。

如板体较厚，则这种板状节理叫做层状节理，而板体很薄时，叫做类片理。板状节理只发现于风化岩石内，有时也出现在结构物中。

当裂缝相互垂直并成为有规则的体系时，就得到平行六面体和立方体节理，但很少有火成岩矿床中发现这种节理。有这种节理时，我们就能够顺利地采掘规则形状的整体大石块，因为裂缝的方向能促使石块沿规则的平面裂开。

例如，乌克兰苏维埃社会主义共和国的扬夫斯基和格尼凡斯基采石场的花岗岩就表现出有这种节理。

当岩石被不同方向的裂缝系割裂时，便会产生不规则的多边形节理。这种节理是花岗岩、斑岩和片麻岩等火成岩所特有的。如节理的尺寸不大，加工时则易于获得碎石。

有两个或两个以上的裂缝系时就会产生柱状节理，这种节理是花岗岩和玄武岩的特性。有这种节理时，易于用手工把岩石撬破，但在采掘时则难于采用爆破工作。

在某些火成岩（花岗岩、閃長岩、玄武岩）中可遇到球状节理；风化时这种节理就很明显地露出来，此时岩石被分裂成单独的球体。有这种节理时，材料的强度就要降低。

次生裂缝可能伸展到距岩石层表面很深的地方。次生裂缝通常以整个裂缝系分布着，并促使相邻部分的岩石发生裂缝，有时在一定距离内便出现含有大量隐藏裂缝的破坏带和扰动带。

硬度、韧性和弹性是决定岩石可采程度（即岩块与母岩分离时显出一定抗力的能力）的主要物理力学性质。这种性质对于采石场的施工组织方法有很大影响。

所谓硬度，就是岩石抵抗锐利工具钻入其中的能力。

韧性是抵抗岩块与母岩分离的能力。同一种岩石在不同方向的韧性可能是不同的，这主要是由于岩石纹理特性不同所致。例如，在成层岩石中，在垂直于岩层的方向内，韧性便很大，而在平行于岩层的方向内，韧性就非常小。

如果硬度很大而韧性很小，则这种材料便是脆性的。

彈性就是所采材料對於錘擊的抵抗力。

硬度，韌性和彈性決定了岩石的強度。

岩石的強度通常以最大抗壓力的數值（公斤/平方公分）來衡量的，根據抗壓力，岩石分為下列四級，如表 1 所示。

表 1

岩 石	最大抗力，公斤/平方公分			
	非常堅硬的	堅 硬 的	中等堅硬的	軟 質 的
花 崗 岩	2,300~3,700	1,600~2,200	1,000~1,500	600~900
斑 岩	2,500~3,500	1,800~2,400	1,200~1,700	500~1,100
玄 武 岩	3,500~4,500	2,800~3,400	1,300~2,400	800~1,200
砂 岩	1,500~2,200	900~1,400	500~800	250~400
石 灰 石	2,000~2,500	1,200~1,900	800~1,000	200~700
大 理 石	1,500~2,000	1,200~1,400	900~1,100	300~800

§5. 按開采難易程度的岩石分類

開采岩石的難易程度，由上述的物理性質來決定。例如，堅硬的岩石能抵抗鉆岩工具的鉆入，以致使鉆岩工作滯慢，並減低用鉆眼機進行機械鉆岩時的生產率和鉆岩手工鉆岩時的生產率。此外，硬度還會影響所採用的機械類型、活鉆頭的數量和整套機械中的鉆杆數量。

石料加工工作的順利與否，與岩石的韌性有很大關係。開采的難易程度在很大程度上決定於岩石的風化程度，即決定於大氣作用（水、空氣和溫度的變化）影響下的岩石變化和破壞的程度。

裂縫性（即形成裂縫的能力）也會影響岩石的可采程度；硬度和韌性較大而有裂縫的岩石，比硬度和韌性較小但沒有裂縫的岩石，易于採掘。

根據上述的性質，把岩石按開采的難易程度進行分類，分為如下的幾組和幾級。

屬於 I、II、III 及 IV 級的是普通土壤，而屬於其餘各級的是要用爆破來開采的土石。

對於構成表層的岩石，以及松散的筑路材料來說，在設計采石場時，自然坡角和岩石的松散性是特別重要的。

自然坡角的大小與岩石的性質有關，並變動於 0~20° 之間，有時還要大些。不能形成斜坡的土壤，則為流砂；陡坡主要由整體岩石構成。

表 2 所載列的是一些土石的自然坡角的数值。

某些土石（路堤中的）的自然坡角 表 2

土 石 名 称	土 石 的 湿 度		
	干 燥 的	潮 湿 的	饱 水 的
礫 石	40	40	35
粗 砂	30	32	27
中 粒 砂	28	35	25
細 砂	35	30	20
肥 粘 土	45	35	15
雜 粘 土	50	40	30
种 植 土	40	35	25

松散性 采掘岩石时，岩石体积較之其在密实体中的体积有所增大。这种增大是由于顆粒間的联系被破坏，其中的空隙体积增大而产生的。

这种体积的增大叫做初期松散量，但每种土石的增大量是不同的。

土石的松散量是以其对密实体体积之比的百分数来衡量的。松散材料的体积对其密实体体积之比，叫做松散系数。很明显，这个数值是永远大于 1 的。已知某种岩石的松散系数后，就可以求出必需采掘的密实体岩石的数量，以便获得必要数量的建筑材料；建筑材料的体积通常是按松散状态的体积规定的。

例如，如果筑路的砂料需要量为 10,000 立方公尺，那么当松散程度为 20% 时，必須在采石場中采掘密实的砂料 $10,000 : 1.2 = 8,350$ 立方公尺。已知采石場中的砂层厚度后，則不难求出必需的开采面积。

以后把疏松土石压实时，其体积重新縮小，但是通常不能压实到原来的数量，而仍旧比原体积大一个所謂剩余松散量的数量，这个数量也用百分数来表示。

取决于土石等級的松散量数值，如表 3 所示。

开采采石場时，岩石所屬的强度等級对于生产方法的选择，以及鉋岩工具和爆炸材料的数量都有影响。因此，必須以一种能够判断出岩石强度的指标来表示岩石的性質。

最通用的岩石强度指标之一，就是强度系数。所謂强度系数 f ，就是一种岩石的强度与采取作为單位的另一种岩石强度的比值。

土石的松散量

表 3

土 石 等 級	开采后土石体积 的初期增大率%	初期松散量的平均%	剩余松散量的%
I	8~17	12	1.1~2.5
II	14~28	20	1.5~5
III	24~30	25	4~7
IV (重質粘土)	26~32	29	6~9
IV (泥灰土与蛋白土)	33~37	35	11~15
V	30~45	33	10.0~20.0
VI (岩石)	45~50	45	20.0~30.0

采取軟質岩石，例如密實粘土和軟質煤等的强度作为單位，其破碎力等于100公斤/平方公分。

按照普罗託基亞闊諾夫教授所提出的分类法，最坚硬岩石的强度系数达20。

因为根据上述的定义 $f=1$ 的值相当于最大抗压强度 $\sigma=100$ 公斤/平方公分的数值，則对于任何一种岩石，都得出下列的关系：

$$f = \frac{\sigma}{100}.$$

在實驗室中求出該种岩石的最大抗力之后，就易于得出 f 值。

試行鉆岩之后，可以十分精確地把岩石按强度归属于适当的等級。

§6. 随產狀而变化的岩石礦床的特点

可用火成岩、水成岩和變質岩筑路。建筑中应用得最广的火成岩有花崗岩、正長岩、輝綠岩和玄武岩。在水成岩中广泛采用的有砂岩、石灰石、砂、礫石，以及粘土、白堊。在變質岩中主要采用片麻岩。

岩石根据其成因而有不同的产狀，岩石的开采方法主要决定于其产狀。在地質学上，把产狀分为下列各种：1) 矿层，2) 矿脈，3) 岩基，4) 岩盤，5) 岩座，6) 岩鐘，7) 复岩，8) 岩流。

层形产狀是水成岩的特点，但是层形产狀也可能发生于火成岩中。其他的产狀是火成岩的特征；而像岩基、岩盤、矿座和矿脈这些产狀是深成岩所有的特点；岩鐘、复岩和岩流則是噴出岩所有的特点。