

露天采矿

A. И. 阿尔先捷夫 著

北京矿业学院露天采矿教研组 译校

冶金工业出版社

露天采矿

A. H. 阿尔先捷夫 著

北京矿业学院露天采矿教研组 译校

冶金工业出版社

本書主要對露天開采中機械開采和水力開采工藝過程、礦山工程、開拓和開采方法作了詳細闡述，其中對爆破、采掘、排土、冬季工作、水力開采、開采方法等都根據作者長期工作實踐及科學研究心得加以豐富，並對我國露天礦有所敘述，對國外成就也作了介紹。

本書是阿爾先捷夫專家為北京礦業學院露天采矿專門化教師及研究生所講授之講義，對我國露天采矿界今後教學及實際工作都有重要參考價值。

本書由北京礦業學院露天采矿教研組朱秉全同志翻譯，彭世濟、駱中洲同志校對。

А. Н. Арсеньев

ОТКРЫТАЯ РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИИ

ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

露天采矿

北京礦業學院露天采矿教研組 譯校

編輯：劉天瑞 設計：魯芝芳、董煦堯 校對：任少模

1958年6月第一版 1959年5月北京第二次印刷 平裝1,700冊 累計精裝1,000冊
平裝2,700冊

850×1168 • 1/32 • 172,200字 • 印張10 $\frac{16}{32}$ • 插頁2 • 定價 平裝1.30元

冶金工業出版社印刷廠印

新華書店發行

書號 0817

冶金工業出版社出版（地址：北京市燈市口甲45號）

北京市書刊出版業營業許可證出字第093號

目 录

前言.....	6
緒論.....	8
1. 概論.....	8
2. 術語.....	15
第一篇 機械法採掘岩石的工作過程	
第一章 穿爆工程.....	23
1. 穿孔.....	25
2. 垂直鑽孔的排列、裝藥量計算和裝藥方法.....	31
3. 傾斜鑽孔的排列.....	37
4. 水平鑽孔.....	38
5. 分段裝藥.....	39
6. 爆破工作.....	41
7. 爆破效果的評價.....	45
8. 二次破碎.....	49
第二章 采裝工程.....	52
1. 單斗挖掘機在露天礦場之使用.....	52
2. 多斗挖掘機在露天礦場之使用.....	73
3. 拖拉鏟運機在露天礦場之使用.....	83
4. 推土機在露天礦場之使用.....	93
5. 早春、晚秋和冬季应用	
拖拉鏟運機采掘時的工作組織.....	93
第三章 露天礦場運輸.....	107
1. 鐵道運輸.....	107
2. 汽車與拖拉機運輸.....	112
3. 運輸機運輸.....	118
第四章 排土工程.....	120

1. 挖掘機排土場.....	121
2. 多斗排土機排土場.....	135
3. 排土犁排土場.....	137

第二篇 水力法採掘岩石的工作過程

第五章 土岩的預先破碎.....	143
第六章 射水機沖采岩石.....	152
第七章 水力運輸.....	165
1. 加壓水力運輸.....	167
2. 自流水力運輸.....	175
第八章 水力排土場.....	178
1. 端部排灌.....	180
2. 環狀排灌.....	183
3. 岩石用鐵道運輸時的水力排土場.....	184
第九章 供水.....	186
第十章 挖泥船開采.....	192
第十一章 水力機械化的應用範圍及其指標.....	193

第三篇 礦山工程

第十二章 掘溝工程.....	203
1. 一次全深端工作面無運輸掘溝法.....	206
2. 一次全深側工作面無運輸掘溝法.....	210
3. 一次全深端工作面運輸掘溝法.....	213
4. 一次全深側工作面運輸掘溝法.....	225
5. 端工作面分層掘溝法.....	225
6. 側工作面分層掘溝法.....	230
第十三章 露天礦場邊幫的穩定性.....	232
1. 露天礦場邊坡穩定性的計算.....	234
2. 露天礦場邊幫的組成要素.....	247
第十四章 礦床開拓.....	251

1. 有溝开拓法	254
1) 單溝 (單側單溝) 开拓法	254
2) 折返 (迴返) 溝 (單側溝) 开拓法	256
3) 直進 (螺旋) 溝 (單側溝) 开拓法	261
4) 混合溝开拓法	269
5) 移動坑綫	273
2. 無溝开拓法	275
3. 地下井巷开拓法	276
4. 混合开拓法	278
第十五章 台阶高度	279
1. 被开采岩石的埋藏条件和性質	279
2. 矿床开采强度	280
3. 穿爆工作規格	281
4. 挖掘機工作条件	282
5. 岩石运送条件	284
第十六章 开采方法	285
开采方法的要素	239
A. 向排土場橫向移运岩石的开采方法	295
1) 向排土場直接移运岩石	298
2) 向排土場多次移运岩石	304
3) 悬臂式排土机移运岩石	310
4) 運輸排土桥移运岩石	312
5) 工作綫的移动	315
B. 向排土場縱向移运岩石的开采方法	317
B. 向排土場混合移运岩石的开采方法	321
第十七章 地下开采向露天开采的过渡	323
結束語	328
参考文献	334

前 言

矿床的露天开采法，無論就劳动生产率、全部工作过程机械化的可能性、經濟性來說，还是就矿工劳动的健康条件來說，都是最有效的。

采矿业技术的迅速发展使露天开采法的应用范围比地下法广泛起来。使产量巨大的大型矿山企业可能迅速投入生产，是露天开采的一个有特殊价值的优点。

所有这些露天开采法的特点都極其符合于中华人民共和国采矿业发展的现实需要，因为采矿业应该保証在很短的期間内开采出大量的有益矿物——許多国民經济部門发展的基础。

在这种情势下，就必须培养具有高度业务水平的露天采矿專門人材和造就科学幹部。

本書是作者自 1956 年 10 月至 1957 年 1 月在北京矿业学院为研究生和中国有关高等学校的教师所开課程的講稿。

苏联最优秀的教科書之一，E.Φ. 舍什科編著的教科書，已于 1955 年譯成中文；在我来中国以前，听講人当中的主要成員已学习过这本著作。所以，在这份講稿中，我們曾尽力避免重复舍什科書内已有的材料，並加入新的内容。这就造成了額外的困难，从而使講課的系統性受到影响，並增加了初学的听講人掌握本課程的困难。

在本書中，对术语問題曾給予極大注意，因为在中国露天采矿方面的科学文献尚处于萌芽时期，所以根据苏联的丰富著述經驗来看，一开始就在文献和生产当中灌輸明晰确切的概念和术语这一点，对中国来说是特別重要的。在确定若干术语的定义当中，作者曾得到听講人的大力帮助，其中以北京矿业学院露天采矿教研组張永高、彭世济、駱中洲三位同志的帮助特別有益。

在苏联的文献中，尤其是在露天采矿文献中，有很多图是不够准确的，其中既有技术性錯誤，又有原則性錯誤。所以我們对

講稿的图示特別注意。

本書中所用的图有很大一部分是作者应講課之需而重新繪制的。

作者將此書看成是对發展中苏兩國人民的兄弟友誼与合作的崇高事業的一个尽綿力所及的貢獻。

1956年10月——1957年1月于中国北京。

A. Apcelionis

緒 論

1. 概 論

大家知道， 用来开采矿体的方法有兩種——地下的 和 露天的。

這兩種开采方法的根本区别如下：用地下法开采时，是在閉合的地下巷道中將有益矿物自整体（自地層中）采落下来，巷道的頂底及兩側帮均有岩石存在。而用露天法开采时，是在敞露的矿山巷道中將有益矿物采出，这种巷道的上面沒有岩石遮盖而直接与地表相通。

這兩種方法在开采条件、工艺过程和使用的設備等方面均有本質上的区别，致使它們在整个采矿科学中已經分离开来而形成了独立的学科。

同时，露天和地下开采法又有着共同的目的和許多共同的基本原理，由于回采工作面在時間与空間上运动，以及岩石随着空間而具有剧烈的变化，兩种方法的开采条件都在不断地变动。此外， 這兩種方法采掘有益矿物的全部工艺过程極相类似， 在术语、开拓問題以及輔助車間的工艺等方面也有許多相同之处。最后，在一个矿山企業的全部采矿工程中，露天与地下矿山巷道常常具有不可分割的連系。

露天与地下开采法的应用范围决定于矿床埋藏和矿岩性質的客观条件、勘探完畢的矿体数量和采矿技术的發展水平。有些矿体的埋藏条件只适于地下开采，另外一些只适于露天开采，而还有一些矿床既适于地下开采又适于露天开采。由于 露天 开采較之地下有許多众所周知的优点， 所以一般都优先采用 露天 开采法。由此可見，随着技术的不断发展，露天开采的应用范围会愈来愈广，原先只能用地下法开采，而現在能用露天法开采的矿体也会愈来愈多。此外，目前在現有的某些企業中，已由地下开采

轉為露天開采，這是合理的。例如在蘇聯，布里亞瓦銅礦、別琴卡礦務局的鎳礦、克里沃羅格的一些礦井都已轉為露天開采；在中國撫順、阜新等地的露天礦田內也包括礦井。

應該指出，除了地下與露天開采方法正在不斷改善外，用來開采煤層的新方法，如煤的地下氣化和地下水力采煤也在逐漸發展。例如，在蘇聯，目前已落成的或正在興建的地下氣化站有六所，另外還準備興建幾處。

與普通的地下開采法比較，在煤礦中使用水力機械化可將勞動生產率提高3—4倍、煤炭成本降低一半。蘇聯預計在1960年用地下水力法采煤1千2百萬噸。

這些方法的充分利用將大為改變露天與地下開采生產指標的對比，並且要求尋找改善露天開采法的新途徑。

當露天開采礦床時，可充分保證採用大型機械和為礦工創造良好的勞動條件的可能。所以，同一時期內露天開采效率的提高比地下要快。例如，從1951年開始，蘇聯露天煤礦的勞動生產率每年增長10—12%，而礦井在同一時期只增長5—7%。

在烏拉爾區，1955—1956年度，有約90%的鐵礦石、50%的有色金屬、60%的煤和全部石棉是用露天開采的。露天礦的勞動生產率比地下高7倍。而有益礦物的成本只為地下的

$$\frac{1}{6} \quad \frac{1}{2.5}$$

1954年在蘇聯用露天法采出的鐵礦石佔54.6%。在克里沃羅格鐵礦區露天開采的比重正在不斷上升。近幾年內，那里將建成好幾個采選聯合企業，其所屬大型露天礦的年生產能力將達八百萬至一千萬噸礦石。蘇聯的其它各區也正在大量興建露天礦。

在蘇聯，目前用露天法采出的有益礦物約佔總產量的50%。

中國的采礦工業也是沿着以建設露天礦為重點的道路發展的，因為露天礦能保證有益礦物產量的迅速提高。現在中國就已擁有第一流的露天礦，例如撫順和海州露天煤礦以及大孤山露天鐵礦等皆是。

應該指出，全世界的采矿工業也是沿着增加露天开采的比重这个方向發展的。例如，全世界露天采煤的比重，在1913年为6.6%，而在1952年已提高到24.9%，同时期内地下的煤产量却几乎無所改变，这就是說世界煤产量的增加基本上是由于扩大了露天开采的比重才达到的。

目前各主要国家的露天采煤量如下〔10〕（百万吨/年）：

苏联.....	62
美国.....	120
德意志民主共和国.....	200
德意志联邦共和国.....	85
波蘭.....	6
捷克斯洛伐克.....	20
中国.....	10
保加利亚.....	3
英国.....	12
法国.....	2
总计.....	520百万吨

露天采煤在德国、美国和苏联获得了最大的發展。

在美国，露天开采技术發展的主要方向是制造新的和改进現有的單斗挖掘機及其相应的輔助設備和运输設備。在德国，大部为緩斜煤層，所以基本上应用多斗式和輪式挖掘機以及运输排土桥。而在苏联，無論是單斗挖掘機还是多斗挖掘機都应用得很成功。采矿技术發展中的这些特点，是由大部份矿床中煤層的自然埋藏条件造成的。

另外还需指出，苏联的煤炭工業基本上是靠建設大型露天矿而發展的，因为大型露天矿最能滿足迅速提高煤产量的要求。在美国和英国，露天矿的年产量是很小的（平均只有6.35—7.20万吨/年），而苏联露天矿的平均产量为101万吨/年。

当地下采矿时，主要是將有益矿物从整体中采出，而頂底板

岩石通常是原封不動地留在地層內。

當露天採礦時，除了把有益礦物從地層中采出以外，在大多數情況下，還需剝除頂板岩石，而當開采急傾斜礦體時，還要剝除部分底板岩石。在露天礦場中，剝除岩石的工程量通常大於採掘有益礦物的工程量，而隨著採礦技術的發展，岩石與有益礦物採掘量的比值還會不斷增長。

由於露天採礦工程具有上述這一特點，所以露天礦場中就要進行一種採掘廢石的特殊工作，這就是**剝離工作**。

將有益礦物從整體采落和移運有益礦物的工作稱為**採礦工作**。剝離和採礦工作是露天礦正常生產時期的主要工作。然而為了使露天礦保持不間斷的生產，還必須進行一系列的其它工作。

必須在未來的露天礦礦田區內準備設置建築物用的地盤，即排除天然的和人為的障礙物，將此地盤隔離以防地表水侵入，降低地下水位，等等。

為了建立延伸至礦體的運輸通路，必須開掘入車溝；為了創立工作綫，又需開掘開段溝。此外，還要進行清掃工作平盤、整理台阶表面、降低台阶高度等大量輔助工作。

剝離工作与採礦工作在工藝方面有許多共同點（圖1），因此可以按工藝過程對露天開采進行研究：

1. 堅硬礦岩的松散工作；
2. 礦岩的採掘和裝車工作；
3. 礦岩的移運工作；
4. 岩石向排土場的排棄工作。

由於具體條件不同，上述各項工作的工程量和方法並不相同，但基本系統都是不變的。

目前，將礦岩從整體分離的辦法有兩種：**機械法**——採用堅硬工具將礦岩采落；**水力法**——用水將礦岩沖落。這些方法在很大程度上決定了露天礦的工藝過程，因此，最好對它們單獨研究。

為實現所必需的全部礦山工程，露天礦場中要採用各式各樣

的輕重型機械（挖掘機、電機車、蒸汽機車、鑽機、推土機），設置各種建築物（道路、溝渠、供電網路、壓縮空氣管路），建造房屋和機修廠等。

查明在不同地點岩石性質的變化，划定有益礦物的精確範圍和露天礦田內有益礦物性質的區域分佈等項工作由地質人員完成。採掘工程和各种岩石所在的空間位置由礦山測量部門測定。

I、機械法開采

II、水力法開采

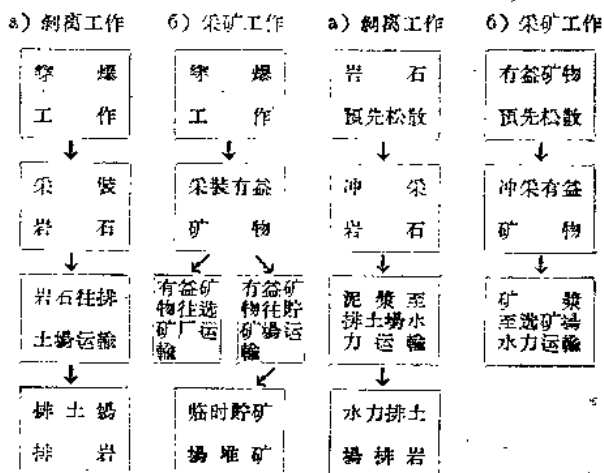


圖 1 露天礦生產過程主要環節示意圖

這一套種類繁多和複雜的工作都是互相緊密連系的，其中一個過程的正常進行遭到破壞，就會不可避免地影響到露天礦場的其它工作。例如，岩石爆破不好，大塊很多，那麼挖掘機的生產能力就必然隨之降低，二次破碎工作量增加，列車運行圖表受到破壞，綫路工作也趨複雜。又如排土場的工作不正常，則剝離挖掘機的生產能力定會降低，也就是剝離工作綫的推進速度降低，因而採礦台階上的工作平盤縮小，而最終就會降低採礦工作量，這種相互制約的關係在露天礦中是屢見不鮮的。

這就說明，現代的露天礦是一個高度機械化的企業，並且要求精湛的領導水平。所以，在學習露天採礦這門課程之先，必需掌握一個採礦工程師所應具備的其他許多相隣學科的知識。對採

矿來說，最接近的学科莫过于矿山企業經濟、采矿机械、运输、地質、矿山測量等。

露天矿乃是一个处在經常变化的条件下的企業。作为露天矿领导者的采矿工程师應該善于针对具体情况运用实践当中积累起来的全部知識和經驗，並且應該善于正确地計劃露天矿場的工作。为此，必須成为知識广博的、善于抓住生产过程中各个环节間微妙联系的專家。

一个工程师，如果不懂得相隣学科和过程，如果不懂得这些学科和过程之間的連系，工作就决不会有所創造。在大多数場合，露天矿場工作中最薄弱的环节是两种生产过程之間的銜接点及其連系。

由此可見，从两种或两种以上生产过程的銜接点着手，就可以根本改善工艺过程和經濟指标，而从几門学科的銜接点着手，就可以做出重大的科学發現。这就是說，如果一个工程师不懂得相隣学科，就不能創造性地發展所从事的科学。

近数十年來，随着重型机械制造業的大力發展，露天采矿工程也蓬勃發展起来。由于积累了丰富的資料和国民經济日益高漲的要求，露天矿的生产經驗获得了科学总结，有关露天采矿方面的主要問題也得到了研究。

在苏联，露天采矿科学获得了广泛的发展，最近 10—15 年来，苏联已培养出大批的科学家和生产工程师，他們依靠着露天采矿工程方面的世界經驗，对采矿科学的发展做出了重要贡献。

Е. Ф. 舍什科教授、苏联科学院通訊院士 Н. В. 緬尔尼科夫、П. Д. 祖尔科夫副教授等人的总结性著作具有重大价值。П. И. 郭洛傑茨基和 В. П. 鮑格留波夫教授在研究露天矿場深度确定的問題上获得了巨大成就。技术科学副博士 Е. П. 叶古尔諾夫成功地研究了無运输开采法。技术科学博士 М. Г. 諾沃日洛夫研究了深露天矿場的开拓問題。技术科学博士 В. В. 里然夫斯基对露天矿場的工程程序做过很有价值的研究工作。此外，專家們在总结穿孔爆破和露天运输的經驗方面也做了很多工作，在露天

矿場边坡稳定問題的研究上也有了初步成果。美国工程师E. H. 卡尔得涅尔也写了極有价值的总结性的著作。

上述这些工作給露天采矿工程奠定了科学基础，解决了許多重大問題。但是，这門科学的現狀仍然是落后于生产的需要。在它前面，摆着許許多多的悬而未决的問題，因而它未来的發展前景也是不可限量的。

目前，露天矿場边坡稳定問題的研究还远远落后于生产的要求，沒有可靠的方法可用来确定露天矿場的最終深度，采掘工程进度計劃的編制和有益矿物的选择开采等問題也研究不够。关于露天矿的生产能力問題，也尚未很好地解决。

在每一个矿床中，都由于形形色色的自然条件而造成特殊的困难，必須针对具体情况从科学上加以解决。例如在中国的海州露天矿，边坡稳定問題的解决就將具有重大的意义，該矿空巷上面的露天工作組織問題也有待于專門的解决。海州露天矿在煤層选择开采問題上也遇到很大困难。

在撫順露天矿，一台挖掘机工作綫的合理長度还有待确定。工作帮的正确推进、工作平盤的尺寸、边坡稳定等問題也具有很大的现实意义。

在南芬露天鉄矿，穿孔爆破的改善是一个很重大的問題，汽車运输的組織問題也有待解决。

在本溪的石灰石露天矿，改善开采方法的問題已存在很久。

在大孤山露天鉄矿，穿爆、裝車和棧路等項工作的配合还有很大可能得到改善。

几乎在每一个露天矿場，只要岩石坚硬，提高穿爆工作效率的問題都是特別复杂的。而在岩石較軟的露天矿場內，一般运输組織是最重要的环节。

对許多大型露天矿場來說，剥离工程量在時間上的均匀分配問題意义重大。采矿科学的这一部分过去研究还显薄弱。随着技术的發展，定会制造出許多新型的采矿机械。而这些机械的使用，將使露天矿的工艺得到重大改变，並要求改造生产过程的各

个环节。这些問題也同樣在采矿科学的範圍內有待解决。

在确定露天矿場各項要素的过程中，特别是确定开拓方法的时候，需从事大量的計算与图表工作。因为工作量很大，往往使設計人員不能在極短的期限內找到最理想的解决方案。如果在設計时使用电子計算机，用它將图表中的数字进行計算，就可以給設計方法开辟迅速發展的廣闊可能性和提高設計的可靠性。

由此可見，摆在青年研究工作者面前的都是無数条永無尽头的科学大路，數不胜數的价值巨大的問題还有待解决。关于这一点，偉大的俄罗斯学者 M.B. 罗曼諾索夫說得很好。1765年他在“北極探險指南”一書中写道：“……應該記住，前人的一切劳动，無論是卓著成效还是徒勞無功，但总未把人类精神的英智聰慧和思想的洞察力推达止境；只要你們胆大心細，勇往直前，就一定能节节胜利，就一定能發現許多新东西……”。

2. 术 語

用露天法开采有益矿物矿床的矿山企業称为露天矿；用来开采矿床的矿山坑道的总体称为露天矿場。

由一个露天矿場开采的矿床或其一部分称为露天矿田，露天矿田被分成若干水平分層用独立采掘和运输設備开采，这些水平分層称为台阶。它与地下开采时的阶段类似，也是开拓的重要要素之一。只不过阶段的高度为 40 至 100—120 公尺；台阶高度只有 8—15 公尺，也有时达 20—30 公尺或更高一些。

在某些場合，台阶从上到下，分成两个分層，用独立采掘工具进行采掘，但运输綫路是共用的。这些分層称为分台阶。

現在我們来講一下台阶的主要要素（图 2）。

1. 台阶上部平盤（上盤）——是台阶上部的水平面（通常为上一台阶之下盤）。

2. 台阶下部平盤（下盤）——是台阶下部的水平面（为下一台阶之上盤）。

3. 台阶坡面——是从采空地区限制台阶的傾斜面（有时为

垂直面)。

4. 台阶的坡面角 (α) ——为台阶坡面与水平面所成之夾角。

5. 台阶的坡頂綫——为坡面与台阶上盤的交綫。

6. 台阶的坡底綫——为坡面与台阶下盤的交綫。

7. 台阶高度 (h) ——是台阶上部平盤和下部平盤間的垂直距离。

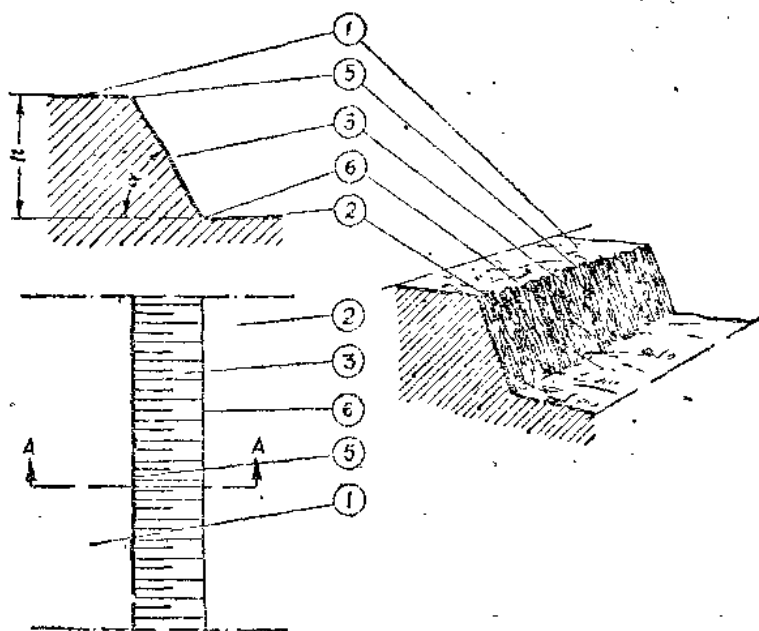


圖 2 台阶要素示意图

台阶的空間位置是以台阶下盤的絕對标高和相对标高来确定的。台阶的下盤通常就是工作水平，其上安設主要的运输和采掘設備。

露天矿田是自上而下，以正台阶式开采的，所以这些水平層形成阶梯狀。这样，就形成了露天矿場 (圖 3)，露天矿場包括