

露天矿边界设计

B. B. 里热夫斯基 著

左 敬 文 译

冶金工业出版社

露天礦邊界設計

B.B. 里热夫斯基 著

左敬文 譯

吳明之 校

冶金工业出版社

本書闡述了確定露天開采境界和 劃定 露天礦範圍的
問題。並根據歷史發展情況提出了有關確定大型機械化
露天礦境界的方法以及介紹設計 露天礦主要參數的計算
原理。

В.В. РЖЕВСКИЙ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНТУРОВ КАРЬЕРОВ

Металлургиздат (Москва—1956)

露天礦境界設計

左敬文 譯

吳明之 校

編輯：劉天瑞

設計：趙香苓、魯芝芳

校對：朝楚

1953年12月第一版

1958年12月北京第一次印刷 2,500 冊

850×1168 • 1/32 • 180,000 • 字 • 印張 7 • 定價 0.90 元

北京三五五工廠印刷

新華書店發行

書號 0935

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	5
序言	6
第一章 总論	9
1 問題的发展史	9
2 基本概念和术语	12
3 确定露天矿境界时应当考虑的因素	20
4 边帮坡面角和平盘宽度的初步确定	26
第二章 露天矿剥采比和深度的分析計算	40
5 露天矿境界內矿岩量的确定	40
6 剥采比的分析計算法	53
7 露天矿深度的分析計算法	59
第三章 确定矿岩量和剥采比的图解法	74
8 按照断面图計算剥采比	74
9 新图解法的理論基础	78
10 对于长形矿体运用图解法的步驟	93
11 确定露天矿深度的图解法	104
12 适用于較短矿体的图解法	107
13 应用图解法的实例	116
14 緩傾斜矿体工程量和剥采比的确定	134
第四章 露天开采境界的經濟依据	140
15 成本指标的分析	140
16 成本指标及边界剥采比的确定	155
17 露天矿深度的經濟依据	158
18 关于露天和地下开采分界的計算原則	173

19 矿体的总体开采及不合格储量的回收	179
20 关于确定露天开采边界的精确度	183
第五章 露天矿田境界的确定和露天矿要素的选择	188
21 露天矿田境界的确定	188
22 深露天矿的工作线和矿田长度	195
23 确定境界所需的露天矿要素的选择	206
附录	220
参考文献	223

前 言

有許多科学著作講到了确定露天开采境界問題，但是其中大多数研究对象都是埋藏要素稳定的傾斜或急傾斜矿体，而对那些埋藏要素不稳定的矿体 要提出 露天开采境界的 根据却是最困难的。

許多专家对这一問題的不同见解，缺乏确定露天矿境界的总结性文献和解决实际問題的方法，这是出版这本书的主要原因。

这种內容的書籍还是第一次出版，想必缺点在所难免。作者衷心地希望讀者能对全書或書中提出的确定露天矿主要规格的新方法加以指正。

在評閱和校訂本書手稿时，技术科学博士 E. Ф. 舍什科教授，技术科学博士 П. И. 郭洛傑茨基教授以及采矿工程师 A. H. 西林提出了許多宝贵的建議和批評，作者謹向他們表示深切的謝意。

序 言

目前在苏联用露天方法开采的，有45%的有用矿物，其中有45~50%的黑色金属和有色金属矿石，65~75%的非金属矿产，16%以上的煤炭以及将近100%的建筑材料、熔剂石灰石、耐火粘土、铸造用砂和其他矿产。

多年的实践表明，露天开采的经济指标比地下开采高得多。在同样的条件下，露天矿的劳动生产率比地下开采一般要高2~3倍，而成本只有地下开采的 $\frac{1}{3}$ ~ $\frac{1}{2}$ 。

拥有大量适于露天开采的有用矿物储量，露天矿生产过程的全盘机械化以及高度劳动生产率，这一切都决定了露天开采在完成苏联采矿工业的发展计划中起着重要的作用。

在克里沃洛格矿区，在克里木，在乌克兰，在乌拉尔的库尔斯克地磁异常区，在卡查赫斯坦、阿尔泰和远东边区以及在科拉半岛等许多地区，都在建设着许多大型的开采黑色金属和有色金属的露天矿。褐煤和煤炭、建筑材料以及其他有用矿物的露天开采也正在广泛而非常迅速地发展起来。

露天矿的有用矿物工业储量、剥离岩石量、生产能力以及露天矿和为它服务的车间的存在年限，都取决于露天矿的主要尺寸。露天矿的尺寸在很大的程度上又决定着露天开采的工作组织以及设备的能力。

目前，在大规模建设和改建不同生产能力的露天矿时，对设计提出了特别高的要求，因为设计是建设工程拨款的依据。就现代化的露天开采规模来说，正确地、科学地确定露天开采的边界和范围对生产有着特别重要的作用。

按照苏联科学院通讯院士H.B.梅里尼科夫的意见[19]，为了选择开拓方法、开沟位置、排水坑道位置、地面结构物位置、技术设备和地表的联络线路的位置，必须先确定露天矿的深度及大小。

到目前为止，在选择矿体用露天方法还是地下方法开采时，仍然以两种方法的经济比较指标，采矿技术条件以及安全条件为出发点。

但是，根据露天开采和地下开采的经济比较确定出来的露天开采境界和露天矿境界多半是假想的。它们在采矿过程中还要随着工艺过程、作业方法及工作组织的日趋完善而变化，因为这些因素合在一起，决定着作为计算依据的经济指标。

苏联露天开采的实践（科尔金煤矿、巴热诺夫石棉矿，高山铁矿以及其他露天矿）表明，设计的露天矿尺寸、生产能力和技术装备等等会不止一次地发生变化。

往往由于进一步明确了矿体境界、有用矿物质量、储量、开采条件，就要在生产过程中改变露天矿的最终境界，而这些问题因事先勘探工作量不足，在开采以前或开采之初是了解不够的。

所以，当开采大型矿床时，露天矿的设计深度以及按剥离厚度计算的境界，应当看成是暂时的，必须在以后加以修正。因此，在进行工艺设施的总体设计时，必须事先考虑到扩大露天矿境界的可能性。

关于扩大露天矿境界的可能性，首先可以根据平均剥离比（而且主要是境界剥离比）作第一步概略的讨论。本书所阐述的确定剥离量、储量及剥离比的图解法在这一方面就具有一定的优越性，因为，除非补充勘探的结果校正了矿体境界，边坡坡面角以及进行采掘工程的条件，一次绘成的矿岩量曲线是不会随时间而变化的。如果作图所达深度超过露天矿的最终深度，那还可以根据曲线来探讨今后露天开采发展的远景问题。

作者提出的图解法的主要优点如下：

1. 断面图上剥离岩石和有用矿物面积的测量简化为线段的测量，从而保证了高度的精确性并大大简化了计算工作。

对于短形矿体来说，体积的计算可以用求积仪测量面积来代替。此外，还可以避免将测量结果相加时所发生的偶然性错误，因为它是在表格内计算的。

2. 在任何复杂的埋藏条件和地形条件下, 本方法均可应用, 此外, 本方法还允许采用变化的边坡坡面角, 考虑每个露天矿断面图上的矿体厚度, 倾角以及其他独有的特点。

3. 在计算矿岩总量、剥离岩石量、采出矿石量及剥采比的基础上, 全面地解决露天矿境界确定的问题。此外, 设计者还可以知道所有深度方案的主要指标。设计的全部结果都用曲线表示出来, 这样既清楚又便于检查。

4. 没有必要在设计中列入大量的矿岩量表和剥采比表, 而这些表格检查起来要费大量劳动和时间, 实际上等于重新进行测量与计算。

图解法中, 每个断面的全部计算都可以列在同一张断面图上。

5. 本方法相当简单。在个别情况下, 只是由于矿体埋藏条件复杂才使它也复杂起来。从一两个断面示例中掌握了本方法后, 设计者可以在 20 分钟到两小时的时间里完成一个地质断面图。

6. 本方法的重要优点还在于, 计算所得结果与局部条件无关。例如, 假设领导或审批机关认为需要改变边界剥采比、梯段高度或水平标高, 全部图纸和计算依然有效, 而有关深度、储量、剥离量的新答案, 不须重新作图和计算即可得到。

由此可知, 作者提出的图解法可以迅速而相当精确地解决有关计算与分析有用矿物采出量、剥离工程量以及剥采比等问题。

第一章 总 論

1. 問題的發展史

关于选择露天矿边界的问题在采矿界的实践中早就提出了。它按照矿体具体埋藏条件的需要并根据露天与地下开采的经济对比得到了解决。

早在本世纪初 A.M. 捷尔比果列夫院士就从事了解决这一问题的的工作。

由于要以露天方法来开采庫茲巴斯厚煤层和設計新企业以及由于克里沃洛格矿区許多深的露天鉄矿的盈利不高，所以就尖锐地提出了关于确定露天和地下开采之間的界限問題。

关于确定露天矿深度的早期著作〔4〕是在1924年发表的。1927年 A.И. 斯捷申柯〔32~34〕和 M.И. 郭別尔曼〔9〕在期刊上发表了用分析計算公式来确定露天矿最終深度的文章。1928年 Л.Д. 舍維亚科夫教授〔43〕对确定露天矿最終深度的問題进行了比較全面的总结，到目前还有意义。期刊上还发表过 A.И. 斯捷申柯和 С.И. 皮里雅夫斯基〔32~34, 23〕的文章，其中发展了数学部分。文中建議不必考虑露天矿边帮上的平台宽度而在計算中采用工程結束时的露天矿边帮坡面綫，这样就使数学計算簡單多了。

1929年 A.И. 斯捷申柯〔32~35〕补充发表了适用于个别情况的确定露天矿深度的計算公式。1930~1932年間 И.А. 庫茲涅佐夫和 A.И. 斯捷申柯发表了許多文章〔15, 16, 33, 34〕。И.А. 庫茲涅佐夫教授分析了过去发表的确定露天矿深度的計算公式的缺点，特别是 A.И. 斯捷申柯教授的公式所存在的缺点，并且提出了自己的計算公式，訂正了許多計算原理。他最先发展

了采矿和剥离成本必然随露天矿深度的增长而增长的概念，并研究了确定露天矿深度时露天矿各要素(坡面角，底部宽度等等)的影响及划订露天矿境界的过程。И.А.庫茲涅佐夫〔15〕提出的确定露天矿深度的图解法以及矿岩量变化曲线可以看作是現代图解分析法的雛形。

И.А.庫茲涅佐夫确定露天矿深度的計算公式的特点是过于累贅，而且不能在应有程度上考虑矿体的实际构造。

1932年在确定露天矿深度的分析公式中出现了考虑矿体实际构造的傾向〔2〕。首次提出了矿体用露天开采究竟能节省多少資金的问题，同时表明了考虑到减少损失，改善矿石质量，該項节约額就最多。

1938年提出为层状規則矿体确定露天矿深度的簡單計算公式〔48〕。这些公式本身的原理与以后提出并在目前文献中发表的公式是相似的。矿山杂志指出，由于主要的原始数据，特别是露天和地下开采的成本指标不太准确，露天矿深度的計算有着不可避免的近似性，所以次要的因素可以不予考虑。

П.И.郭洛傑茨基在1939~1941年間对于由露天开采过渡到地下开采的境界作了最全面的技术經濟分析〔6〕。他在这篇札記中首次应用了微分法并在此基础上提出了适用于几何形状規則的层状矿体的簡單計算公式。П.И.郭洛傑茨基教授指出，用分析法算出的露天矿深度只能作为一个概略数值并应在技术設計时加以修正。П.И.郭洛傑茨基經研究認為，确定露天和地下开采境界时所应遵循的基本原則在于：保証用露天和地下方法开采矿体时节省国家投資最多，換句話說，就是保証整个矿体的开采成本最低。对于在金屬和非金屬矿中常見的，埋藏条件变化劇烈的复杂矿体来说，这条原則就是确定露天矿深度和境界的基础。

1945年H.A.斯塔里柯夫〔31〕指出，在設計露天矿时，由于沒有考虑到露天法所采出的有用矿物比地下开采充分，采取的允許(极限)剥采比一般偏低，于是提出了顧及这一情况的剥采比的計算公式。

H.A. 斯塔里柯夫繼 A.И. 斯捷申柯的建議之后又提出了：在許多情況下運用令允許剝采比與平均剝采比相等而不是與露天礦最終深度上的剝采比相等的方法來計算露天礦深度的合理性問題。

Л.П. 舍維亞科夫院士在他為解決 П.И. 郭洛傑茨基提出的露天礦深度問題於1947年研究整數函數 [44] 的基礎上，又揭示了尋求露天礦深度的新方法。

於1948~1949年間，A.C. 費捷列夫 [37, 38] 發表了新的確定露天礦境界的圖解分析法，他在这个方法中把有用礦物開采成本及剝離工作成本看作是所求露天礦尺寸的函數。A.C. 費捷列夫教授指出，在一般情況下用分析法確定露天礦尺寸時可能得到若干個解，於是提出了確定露天礦境界的補充條件，那就是在地下和露天單位采礦成本相等的前提下，為露天開采爭得最多的有用礦物儲量。

П.Э. 茹爾科夫 [11, 12] 和 П.И. 郭洛傑茨基 [7] 的著作也在這一期間問世，他們提出了考慮到減少露天開采中有用礦物的損失時確定允許剝采比的計算公式。П.И. 郭洛傑茨基教授關於露天開采境界的確定方法方面更完整的著作發表於1949年 [8]。

於1950及1951年間出版了有關這一問題的新著作。

Б.П. 保加留波夫教授 [1] 根據確定露天礦境界的原始數據（儲量，單位成本）的準確性所作的評價，說明了考慮一系列次要因素的不合理性，因此他也提出了若干簡單的確定露天礦深度的計算公式。

技術科學碩士 Б.Б. 費捷列夫在1951年研究了已有的確定露天礦深度的方法之後建議：在露天開采末期利用未折舊完的原有設備，即不必增添設備就在等成本水平以下進行剝離工作。在他的著作中也提出了根據覓求活勞動消耗相等的水平來確定露天礦深度的建議，因而當露天開采的勞動生產率較高時，露天礦深度就可以超過等成本水平。

Н.Г. 卡普斯金 [14] 考慮到一切分析法對於結構複雜，埋

藏要素变化的矿体都难以应用，所以他研究了一种“图表”法来确定露天矿深度，这种方法在个别情况下不仅可以考虑到简单矿体，而且可以考虑到复杂矿体中随着露天开采的延深所发生的成本指标的变化。

1953年出版了A.C. 費捷列夫教授关于确定全盘机械化露天矿境界的专门著作〔39〕，其中考虑了对他以前所发表的方法提出的批评性的意见。同年A.B. 布里奇金〔5〕和M.E. 密特維捷夫〔17〕在他們自己的著作中提出了按用联合方法开采矿体的总費用最低的条件来确定露天矿深度的方法。

于1954~1955年間；苏联科学院通訊院士M. И. 阿果什柯夫、工程师Э.К. 格拉烏金、Б.Б. 波良柯夫等发表了确定露天矿深度的新方法。

許多专业化的設計机关，如列宁格勒矿山設計院、南方矿山設計院、有色金属設計院、銅矿設計院、鎳矿設計院、列宁格勒矿井設計院、烏拉尔矿井設計院、庫茲巴斯矿井設計院以及許多其他机关多年来都在实际解决确定露天矿深度和境界的問題。

这些机关的专家們在設計露天矿的丰富經驗的基础上，研究了自己独創的确定露天矿境界的方法，然而遺憾的是，这些方法并未經常反映在出版物上。

在博士E.Φ. 舍什科教授的著作中〔47〕，也在大学教学計劃所规定的范畴內对确定露天矿境界和近年来这方面的成就作了簡要的闡述。

从以上所提到的大量的，丰富多彩的文献中可以看出，对文献中发表的方法以及各种設計机关設計露天矿境界所采纳的实用方法进行总结的有利时机已經到来了。

2. 基本概念和術語

在大多数关于露天矿境界問題的著作中，同一种概念的術語和名詞却不相同，往往令人难以理解。

下面就是我們建議採用的吻合于概念實質的若干解釋和定義。

當礦床進行露天開采時，在礦山工程進行過程中，在地殼內形成凹坑，這些凹坑的總和稱為露天礦。在煤礦工業中則稱之為露天煤礦。在地表水平上限制着露天礦的綫稱為露天礦的坡頂綫或上部境界綫，而在底部限制着露天礦的綫則稱為露天礦的坡底綫或下部境界綫。露天礦上部和下部境界綫的位置在采掘過程中是變化着的。露天開采結束時所達到的境界綫叫做露天礦的最終境界，與之相對應的是最終深度以及平面圖上的最終範圍。

設計露天礦時，根據技術經濟計算確定的設計境界和設計深度，在原則上是與最終境界和最終深度一致的。最終境界也可能由於各種原因而不同於設計境界，這種情況往往在礦山工程結束時才暴露出來。

在文獻和設計中，常用“極限境界”和“極限深度”來代替“最終境界”和“最終深度”，然而這與概念的實質是不相符合的。露天礦在地表上的設計境界也可以叫做露天礦的技術邊界。

確定露天礦境界就是在平面圖和地質斷面上確定露天礦最終境界的過程。

在設計地形和埋藏條件複雜的露天礦時，“露天礦深度”的概念是有條件的，因為實際上露天礦深度甚至在同一個斷面上的絕對值也不相同。

礦體或礦體群以及圍岩和復蓋在礦體上部的岩石，當露天開采時均劃分為水平的（或微傾斜的）分層，並尽可能使分層內的岩石相同。在采掘過程中分層形成階梯狀。利用獨立的采掘和運輸設備進行開采的一層礦石或岩石就叫做工作梯段。

按照礦山工程的发展條件，有時並非所有的梯段都是工作梯段。邊幫上同時進行開采的工作梯段稱之為邊幫工作帶，而按露天礦的全部邊幫來說，則稱之為露天礦工作帶。工作帶的位置是按照露天礦上部工作梯段坡頂綫的標高和下部工作梯段坡底綫的標高來確定的。

当开采水平或緩傾斜矿体时，露天矿的工作带与工作帮往往是一致的。当开采傾斜或急傾斜矿体时，工作带将逐漸延深。

露天矿边帮的位置是用它的坡面来表示的，所謂坡面，就是一部分直紋曲面，其母綫通过露天矿上部和下部境界綫并与之直交。

母綫与其水平投影之間的夹角称为露天矿的边帮坡面角。露天矿工作帮和非工作帮的坡面角与边帮最終位置的坡面角，对于露天矿的主要尺寸和矿山工作制度有极其重要的影响；上述角度是根据工程地质条件、采矿方法和开拓方法来选定的。

剝采比表示用露天方法开采矿体时，采出单位有用矿物所需剝离的岩石量。如果剝离岩石和有用矿物均以吨計算，則称为重量剝采比，若均以公尺³表示，則称为体积剝采比。在煤矿工业中，有时在金屬及非金屬采矿工业中，剝采比是按剝离岩石的体积（公尺³）与吨有用矿物的比值来計算的。

在設計露天矿或进行計算时，采用体积剝采比比較方便。所以，在本書中除特殊說明的情况外，都是按体积剝采比来进行計算的。

但是在实际生产中，产品即可用吨計算，也可用公尺³計算，所以这三种形式的剝采比都会遇到。

如果需要把剝采比的单位加以改变，可采用下面的換算公式：

$$K(\text{公尺}^3/\text{公尺}^3) = K(\text{公尺}^3/\text{吨}) \cdot \frac{1}{\Delta_{\text{H}}} = K(\text{吨}/\text{吨}) \cdot \frac{\Delta_{\text{B}}}{\Delta_{\text{H}}}, \quad (1)$$

式中 Δ_{H} ——有用矿物的平均容重，吨/公尺³；

Δ_{B} ——剝离岩石的平均容重，吨/公尺³。

必須把下列剝采比的概念区别开来：平均剝采比，生产剝采比，分层剝采比，境界剝采比，時間剝采比，边界剝采比和計劃剝采比。前面四种剝采比是露天矿或其中某一采区的几何指标，它們是根据在露天矿境界內測量和計算剝离岩石及有用矿物的体积来确定的。時間剝采比也是一种几何指标，但是它表示的却是

现有企业或设计企业在某一段生产时期内剥离岩石和有用矿物体积的实际比值。

边界剥采比和计划剥采比是经济指标，并根据露天开采的盈利以及日常生产的拨款条件来确定。

平均剥采比 K_{cp} 等于在露天矿最终境界范围内（或其一部分）的剥离岩石体积 V_B 与同一范围内的有用矿物储量 V_H 之比：

$$K_{cp} = \frac{V_B}{V_H} \text{ 公尺}^3/\text{公尺}^3. \quad (2)$$

如果体积 V_B 和 V_H 是地质勘探的数据而并没有与露天矿的设计相结合的话，那末平均剥采比也可以叫做地质剥采比。在设计露天矿过程中，将进一步查明露天矿最终境界范围内的剥离岩石量和确定有用矿物的工业储量（扣除损失）。这时计算所得的平均剥采比叫做工业剥采比。

露天矿某一段生产时期的平均（工业）剥采比称之为生产剥采比 K_p 。

生产剥采比通常都作为拟定正确的矿山工作制度和计算生产时期主要采掘与运输设备的标准。

生产剥采比等于露天矿的剥离岩石总量 V_B 减去露天矿建设时期所剥出的部分 V_B^c 与有用矿物总储量 V_H 减去露天矿建设时期所采出的部分之 V_H^c 比：

$$K_p = \frac{V_B - V_B^c}{V_H - V_H^c} \text{ 公尺}^3/\text{公尺}^3. \quad (3)$$

只在露天矿的平面尺寸有限，复盖岩石很厚或采用特殊设备（如排土桥）的情况下，生产剥采比与平均剥采比之间才会有巨大差别。

分层剥采比 K_{cn} 等于露天矿某一分层范围内剥离岩石量 $V_{B,c}$ 与该分层的有用矿物储量 $V_{H,c}$ 之比（图1，a）：

$$K_{cn} = \frac{V_{B,c}}{V_{H,c}} \text{ 公尺}^3/\text{公尺}^3. \quad (4)$$

所谓分层是指露天矿最终境界内矿岩总量中介乎相邻的两个

工作水平之間的一部分。分层厚度一般等于梯段高度。

境界剥采比 K_k 等于露天矿扩帮时所采出的剥离岩石量 ΔV_b (图 1 6) 与有用矿物储量 ΔV_n 之比:

$$K_k = \frac{\Delta V_b}{\Delta V_n} \text{ 公尺}^3/\text{公尺}^3 \quad (5)$$

設計傾斜或急傾斜矿体的露天开采方案时, 由于露天矿的延深, 其境界将在全部边帮上扩展 (图 1 6)。如果矿体是緩傾斜的或是水平的, 那末 ΔV_b 和 ΔV_n 就是由于扩大露天矿整个的平面輪廓或扩大个别边帮所形成的。

按照傾斜和急傾斜矿体的情况, 在文献和設計中, 境界剥采比往往还称为水平剥采比、单层剥采比、逐层剥采比、梯段剥采比、有时也称为分层剥采比。

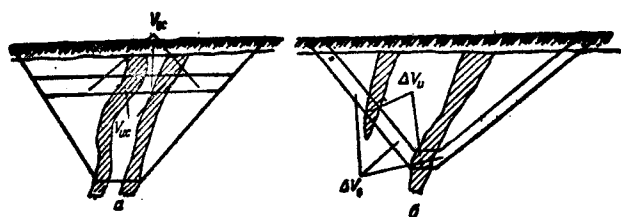


图 1 剥采比算量图

a—分层剥采比; b—境界剥采比

同时, 造成境界扩大的深度单位就取为梯段高度。

在某一段时期內 (月度, 季度, 年度) 从整体中移往排土场的剥离岩石量 $V_{b.T}$ 与同一时期所采出的有用矿物量 $V_{n.T}$ 之比称为时间剥采比 K_T :

$$K_T = \frac{V_{b.T}}{V_{n.T}} \text{ 公尺}^3/\text{公尺}^3 \quad (6)$$

时间剥采比是所采用的矿山工作制度的主要指标。月度和季度时间剥采比的变化说明剥离工作的季节性, 并作为计划有用矿物生产成本的依据。