

露天转地下开采

徐长佑

7
2

武汉工业大学出版社

高等学校试用教材

露天转地下开采

徐长佑 编著

武汉工业大学出版社

高等学校试用教材

露天转地下开采

徐长佑 编著

责任编辑 官杰

*

武汉工业大学出版社出版发行

新华书店湖北发行所经销

武汉工业大学出版社印刷厂印刷

*

开本: 787×1092毫米 1/32 印张: 6.75字数: 151千字

1990年8月第1版 1990年8月第1次印刷

印数: 1—1200册

ISBN 7-5629-0234-8/TD·0008

定价: 1.45元

内 容 简 介

本书是我国第一部较系统的露天转地下开采技术专著。书中论述了露天与地下联合开采的方式、工艺特点；概述了国内外露天转地下开采矿山的经验与主要问题；研究和分析了深部露天利用地下巷道联合开拓的技术经济评价；提出了露天转地下开采时，坑内采矿方法与露天残留矿柱回采法的方案与使用范围；确定了坑内采矿法采场合理结构参数与露天坑底的顶柱厚度计算公式；提出了露天转地下矿山提高经济效益的途径。

本书可作冶金、有色、建材、化工、煤炭、地质、核工业和轻工等矿业类高校教材，并可供矿业类科研、设计部门和矿山等工程技术人员参考。

主 审：童光照

序 言

徐长佑教授所著的《露天转地下开采》一书，是我国第一部有关露天转地下矿山的开采技术专著。虽然在已出版的《采矿设计手册——矿床开采卷》内有这部分内容，即将出版的《采矿手册》中也有这部分材料，但是不同之处在于这部专著是用作大学选修课的教材，故其在内容取舍、材料安排、技术评述等等方面，具有作者自己的特色。书中主要特点是在突出理论分析、公式计算和优缺点评价等方面，作了比较好的归纳和阐述，并附有一些实例。因此，全书内容较好。

露天转地下开采的技术，在近20年来发展很快，资料也在逐渐地丰富起来。但是，除苏联有一两部专题著作外，基本上仍是一些零散的现场报导。如果要写成一本能用作大学教材的书，则要求学术化和系统化，是一件很不容易的工作。由于徐长佑教授曾多年从事这方面的研究工作，又多次讲授过这门课程，所以才有可能写出这本书来，这是值得祝贺的。但是事物都在不断地进步和发展，而且这部专著中还有一些不足之处，所以希望在日后教学过程中，继续总结完善，待再版时就会更加精益求精了。

童光照

1989.4.6

目 录

第一章 露天转地下开采总论	(1)
第一节 基本概念及分类.....	(1)
第二节 矿床开采强度与矿山企业生产能力.....	(9)
第三节 特点与工艺系统.....	(16)
第二章 国内外露天转地下开采实例	(21)
第一节 概述.....	(24)
第二节 国内矿山的使用经验.....	(26)
第三节 国外矿山开采实例.....	(42)
第三章 露天与地下开拓系统	(50)
第一节 露天与地下联合开拓.....	(50)
第二节 地下巷道联合开拓与露天境界.....	(56)
第三节 地下巷道联合开拓的综合评价.....	(64)
第四章 露天开采影响区地下采矿方法	(79)
第一节 房柱式采矿法.....	(80)
第二节 崩落采矿法.....	(90)
第三节 联合采矿法.....	(96)
第五章 地下开采区内露天工作特点	(103)
第一节 概 述.....	(103)
第二节 地下开采对岩体及地表的破坏规律.....	(107)
第三节 露天工作的安全措施.....	(112)
第四节 岩层移动区内露天铁路和汽车运输.....	(116)

第六章 坑内房柱式采场的参数计算..... (120)

第一节 采场地压特征..... (120)

第二节 矿房极限跨度计算..... (125)

第三节 矿房间柱强度计算..... (134)

第四节 露天盆底顶柱厚度的确定..... (146)

第七章 露天转地下过渡中的问题..... (169)

第一节 露天转地下的过渡期限..... (169)

第二节 露天矿不扩帮延深开采..... (176)

第三节 露天矿残留矿柱的回采..... (178)

结束语..... (197)

参考文献..... (200)

第一章 露天转地下开采总论

当矿床延深较大而覆盖层较薄时，矿床的上部通常先用露天法开采，而矿床的下部转用地下法开采，称为露天转地下开采。在一个矿床内，当采用露天和地下联合开采法时，按其联合的方式不同，通常可分为：露天和地下同时联合开采、露天转地下开采和地下转露天开采等三大类。因此，露天转地下开采实质上是露天和地下联合开采法中的一种，故也称为露天转地下联合开采。在这三种联合开采法中，地下转露天开采法应用很少，只有在特殊的条件下偶而使用。前两类联合开采法在矿山中使用广泛，特别是露天转地下联合开采法，近20多年来在国内外更为广泛使用。对于露天转地下开采的矿山，当露天矿的深部向地下开采过渡时，在一段时间内须露天与地下同时在同一矿床中进行开采作业，这是这类开采法最核心和技术最复杂的问题，而这一点正与露天和地下同时联合开采法的条件是基本相同的。因此，本书除在第一章的部分内容中论述联合法的有关问题外，其余各章将围绕露天转地下开采的内容，以理论分析、公式计算、各种方案的应用评价和露天转地下过渡时期的技术问题为重点，并介绍国内外矿山应用实例。

第一节 基本概念及分类

近20多年来，由于采矿科学技术的迅速发展，露天和地下联合开采法在国内外采矿工业中得到广泛的应用。

按广义的概念来说，当一个矿床中的一部分采用露天法

开采，而另外的部分采用地下法开采时，均称为露天和地下联合开采。但是这种提法是不够全面和严谨的。因为它没有说明这两种开采法在矿床空间上和时间顺序上的结合要求，而这一点却是很重要的。因此，严格地说应当是：在一个矿床内，无论是顺序地或是同时地进行露天和地下开采，如果它们在空间和时间的结合，是作为一个有机的整体同时考虑开采设计时（不是单独地只考虑露天或只考虑地下设计与开采），则称为矿床的联合开采。

众所周知，无论是露天或地下开采，均各自具有独特的工艺特点。当矿床适合于采用露天和地下联合法开采时，就应当充分利用这些工艺特点。这样就能大大地提高露天、地下开采和整个矿山企业的技术经济指标。因此，对联合开采法进行明确的分类，并对各类联合开采法的工艺特点进行分析评价是很有必要的。

在矿床内，根据露天和地下开采在时间和空间上结合方式的不同，联合开采法有以下三种类型：

（1）在一个矿床内，露天和地下同时开采（露天和地下同时联合开采）；

（2）矿床的下部用地下法先开采，然后过渡到露天开采（地下转露天开采）；

（3）先用露天法开采矿床的上部，然后过渡到用地下法开采矿床的下部（露天转地下开采）。

露天和地下同时联合开采法，按其在空间上的不同结合方式，又可分为：在垂直面上的同时开采和在水平面上的同时开采。这类开采法的优点是：①开采强度大，能最大限度地强化矿床开采；②露天与地下的开拓基建工程能互相结合、

统一使用，露天往往是全部或局部地利用地下巷道共同开拓，可以减少投资和生产费；③能开采用地下法或露天法单独开采都不合理的矿床储量，能充分地回收国家资源；④投产或达到设计产量的时间短。因此，这种联合开采法在国外如苏联等国得到广泛的使用。但是也存在很多缺点，无论是上部露天还是地下坑内开采，在生产工艺等方面都遇到很多严重的问题。例如，①由于在露天边坡下面进行地下开采并且形成采空区，显著地降低了边坡强度和稳定性；②由于坑内回采和掘进工作的影响，使露天矿的岩体受到不同程度的破坏，使岩矿产生许多裂缝，给露天凿岩爆破工作带来困难，作业效率很低；③为了防止重型设备可能陷落到地下巷道或采空区中去，因而使地下生产和露天的采矿工作复杂化；④为了保证露天工作的安全，使地下采用高效率的崩落采矿法受到限制，或者完全不能采用；⑤在露天矿底部留大量的保安矿柱或采用胶结充填，增加了矿石损失和采矿费用，降低了技术经济指标。这些问题都有待进一步研究解决。这种联合开采法宜用于矿体延深很大、表土不厚的矿床。当矿体走向长度不大时，通常在垂直面上进行露天与地下同时开采；若矿体走向很大时，多采用水平面上的露天与地下同时开采。

地下转露天开采法，在国内外用得较少。一般是在原来采用地下法开采的矿山，如再继续向下开采时经济效益不佳，产量不能满足需要，或者在安全技术上出现了特殊问题，可采用地下转露天开采。此外，随着露天开采技术的发展和装备水平的不断提高，由原来的地下开采改用露天开采更为有利时，也使用这类联合法。例如我国铜山铜矿，原来用地下法开采，由于地表黄泥滑落，威胁地下生产工人的安

全，故改用露天法剥去上部黄泥，并回采地下法遗留下来的矿柱矿量。还有些含硫很高的矿床，为了防止火灾事故，确保安全，也被迫由地下转向露天开采。凡是由地下转向露天开采的矿山，一般都利用地下原来的巷道进行露天矿的运输、排水和通风。

露天转地下开采，在国外使用较广泛，在国内目前还用得较少，但是，由露天正在向地下过渡或者积极准备向地下开采过渡的矿山却是大量的。由露天转入地下开采的矿山，通常是矿体延深较大，复盖岩层不厚，且多为厚的或中厚的急倾斜矿床。采用这种开采法时，通常在生产的第一阶段，露天和地下不同时进行生产，开采强度不如第一种开采法大。它与全部用地下法开采比较，具有投产快，初期基建投资少，总的贫化损失小，短期内能达到较高的技术经济指标等优点。它与露天和地下同时开采法比较，其优点是生产工艺简单，技术较易掌握，在地下尚未开采之前，露天工作是在正常条件下进行的，不存在地下采空区对露天生产的威胁和互相影响。但是，在从露天向地下开采的过渡时期，地下采矿直接在露天坑底之下进行，地下若采用崩落法开采时，坑内开采第一阶段需要大量放顶或堆集废石形成安全缓冲垫层。如果围岩不稳固，矿体走向长度大，通常在顶板围岩第一次崩落之前，巷道中的地压增大，顶柱容易自然崩落，使采准切割巷道的支护常遭破坏，在露天坑底附近的地下巷道，经常发生岩石的局部冒落。因此，在露天开采向地下过渡时期，采矿技术经济指标据统计要降低15~25%。目前，我国露天转地下开采的矿山，设计时通常只独立地考虑露天的开拓系统，没有很好地利用联合开采法的特点，来提高露天开采的技术经济指标，同时还给后期转入地下开采带来很多不利的

条件。因此，对于露天转地下开采的矿山，在进行露天开采设计时，前后期应统一全盘规划。露天后期的开拓既要考虑地下巷道的结合利用，同时在向地下过渡时，坑内开采也应尽可能利用露天的工程和有关的设施等有利因素。

露天和地下联合开采的矿山，由于露天和地下采矿工艺的互相联系是各不相同的，因此，当露天和地下同时进行作业时，评价矿床的开采效果是一个很复杂的课题。联合开采法的分类，是根据采矿工作在时间和空间上不同的结合方式来划分的，如果没有数量的标准来说明时间和空间上的不同结合，就难以最合理地进行方案选择。因此，在选择联合开采法方案时，为了用一定的数据来表明这种结合的质量关系，特制定出以下的技术特征系数。

(1) 露天和地下工作在时间上的结合程度，用系数 K_t 表示，它是露天和地下同时生产的时间 t_K 与矿床开采的总时间 T 之比，即

$$K_t = \frac{t_K}{T} \quad (1-1)$$

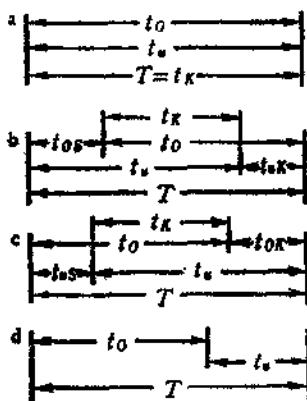
这种时间上的结合系数可用图 1-1 表示。图中， t_o 、 t_u 为露天和地下采矿时间； t_{oK} 、 t_{uK} 为露天和地下结束时间； t_{os} 、 t_{us} 为露天和地下建设时间。按采矿工作在时间上的结合程度不同，联合开采法可以分为三组：

第一组：采矿工作在时间上完全结合（露天和地下同时开采），即露天和地下的采矿工作，从开始至矿床开采结束都是同时进行的（图 1-1 a）。此时，

$$K_t = \frac{t_K}{T} = 1$$

第二组：采矿工作在时间上部分结合（顺序—平行开

采)，即露天和地下生产不是从开始就同时进行，而是间隔一段时间 t_{os} 或者 t_{us} （见图1-1b和c），这时系数值 K_t 的变化为



$$0 < K_t < 1$$

第三组：露天和地下采矿工作在时间上顺序进行（见图1-1d）。这时的系数 K_t 值差不多接近于零。但是，这一组也属于联合开采法，这是因为在露天结束和地下开始阶段，是能够利用联合开采法的工艺特点的。例如，露天底下几个水平的矿岩可以通过地下开拓巷道运输，利用地下崩落区堆放剥离的废石，露天和地下的工业

图1-1 露天和地下在时间上的结合系数计算图

建筑物和构筑物可共用一个工业广场等。此外，露天和地下过渡的时间一般都不少于3~5年（即同时开采时间），所以实际上 $K_t \approx 0$ 。

露天和地下在时间上的结合，并不能将所有的联合法工艺特点全都反映出来，因此，联合开采法还可以按采矿工作在空间上的结合程度分类，这也能评价矿床开采的强度。

（2）采矿工作在空间上的结合程度用系数 K_s 表示，它是露天和地下同时开采的矿床面积 S_s 与矿床平均断面总面积 S_a 之比，即

$$K_s = \frac{S_s}{S_a} \quad (1-2)$$

在一般情况下，系数 K_s 值可以变化在1至1.5~2之间。这种

空间上的结合系数可用图1-2表示，图中 l_0 、 l_k 为露天边界内和地下井田内矿床平均长度。假设矿床沿走向全长的平均厚度取相同的数值，那么系数 K_s 就是露天地下同时开采的长度与矿床总长度之比。按露天和地下的采矿工作在空间上的结合程度，联合开采法也可以分为三组：

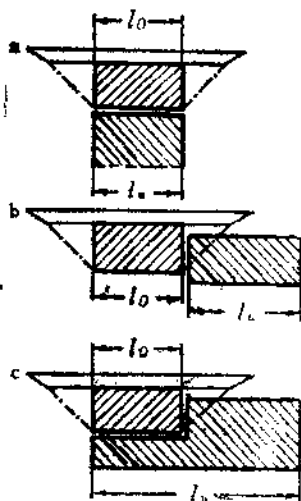


图1-2 露天和地下在空间上的结合系数计算图

第一组：露天和地下开采工作在垂直面上沿矿床全面积同时进行（图1-2a）。此时，系数 K_s 达到最大值2。很明显，当露天和地下的开采年下降速度指标已知时，借助系数 K_s 和 K_t 就能很容易算出年采矿量。因此，第一组开采方案在空间上的结合系数可以用下

式确定：

$$K_s = \frac{l_0 + l_k}{L_s} \quad \text{或} \quad K_s = \frac{S_0 + S_k}{S_s} \quad (1-3)$$

式中， l_0 、 S_0 ——露天边界内矿床的平均长度和面积；

l_k 、 S_k ——地下井田内矿床的平均长度和面积；

L_s 、 S_s ——矿床沿走向的平均长度和面积。

很明显，当 $K_s = 2$ 时， $l_0 = l_k = L_s$ ， $S_0 = S_k = S_s$ 。在一个垂直面上矿床用露天和地下同时开采，给露天和地下矿的开拓系统和采矿工艺的最紧密联系创造了有利的条件。

第二组：露天和地下在水平面上完全结合同时开采（图

1-2b)。这时,

$$K_s = \frac{I_0 + I_s}{L_s}$$

K_s 将趋向于1。很明显,在这类矿山里露天和地下开采的交界处,互相影响是很大的。整个矿床的开拓、采准、疏干、通风和其它工艺过程都可能有很大的联系。

第三组:在矿床的部分区段,露天和地下在水平面上和垂直面上同时进行开采(图1-2c)。此时,采矿工作在空间上的结合系数将为: $1 < K_s < 2$ 。

采用上述在时间和空间上的数量系数,就能够在每一个具体条件下充分利用矿床技术的可能性。

(3)矿床技术的可能利用系数 K_s ,是矿床在空间和时间上同时生产的企业生产能力 A ,与矿床最大的可能生产能力 A_{max} 之比(当 $K_s = 2$, $K_t = 1$ 时)。公式为:

$$K_s = \frac{A}{A_{max}} \quad (1-4)$$

通常,可能有以下几种情况:

①当 $A = A_{max}$ 时,技术得到充分利用, $K_s \rightarrow 1$;

②技术的利用属于中等时, $0.5 < K_s < 1$;

③技术利用小时, $0 < K_s < 0.5$ 。

上述三种技术利用系数,实质上是依据露天和地下在时间及空间上的结合程度来划分的。当 $K_t = 1$ 、 $K_s = 2$,则 $K_s \rightarrow 1$,这时,该矿床在技术的可能利用上达到最高峰。如果露天和地下的采矿工作在时间及空间上是顺序进行的,则 $0 < K_s \leq 0.5$ 。

由此可见,以露天和地下采矿工作在时间与空间上的结合因素作为联合开采法的分类依据,这不仅能够体现采矿工

作的相互联系关系，而且也能够从数量上评价该矿床的开采经济效益。

第二节 矿床开采强度与矿山企业 生产能力

露天转地下开采的矿山，整个矿床的开采期要经过露天开采期、露天和地下同时开采的过渡期和地下开采期等三个阶段。这三个阶段的矿床开采强度（年下降速度与矿体水平面积的乘积）^[18]和矿山企业的生产能力是各不相同的。矿床开采强度和矿山企业生产能力的变化与提高，通常必然要导致矿山主要技术经济指标的差异和改善。为了客观地评价矿床可能的技术经济效益，就须要确定整个矿床在开采期间的平均强度指标和矿山企业的平均生产能力。

矿床开采强度指标的计算，可以通过矿床开采的年下降速度 h 和矿床生产系数 η （矿床每平方米面积的年产量）^[60] 来确定。当矿床是按露天和地下分别评定指标时，前面所计算的指标就应为换算指标。

在计算上述指标时，为了要考虑露天和地下开采工作在时间和空间上的结合程度，就需要相应的系数 K_1 和 K_2 。

当矿床采用露天转地下联合开采法时，整个矿床开采期间的平均生产系数 η 可用下式计算：

$$\eta = \frac{\eta_0 t_0 + (\eta'_0 + \eta'_1) t_{K_1} + \eta_1 t_1}{T} \quad (1-5)$$

式中， η_0 、 η'_1 ——分别为露天开采时，当 $K_1 = 0$ 和 $K_1 = 1$ 的矿床生产系数；

η_0 、 η' ——分别为地下开采时，当 $K_1 = 0$ 和 $K_1 = 1$ 的矿床生产系数。

矿床开采的平均下降速度也是用与上述类似的方法确定。

当矿床开采是露天和地下沿垂直面上同时开采时 ($K_1 = 1$ 、 $K_2 = 2$)，矿床生产系数 η 和年下降速度 h 将达到最大值。

通过分析看出，矿床的平均生产系数 η' 和年下降速度 h' ，是随着露天和地下工作在时间和空间上的结合程度而变。这些系数可以按公式 (1-5) 计算求得。

苏联学者 B·A·舍尔卡罗夫采用萨尔巴依斯基矿的实际指标，进行了计算并得出以下结论^[66]：

(1) 采矿下降速度随着露天和地下同时生产时间的增加而增大；

(2) 当露天和地下的采矿工作在垂直面上同时进行时，矿床的开采强度达到最大值，比通常情况下高 40~50%，年下降速度从 15m 提高到 21.2m，生产系数由 52t/m² 提高到 75t/m²。

由于提出了按整个矿床开采期限换算年下降速度和生产系数来评定矿床的开采强度，这就使我们能对矿床储量的利用程度得到客观的认识，同时也有利于探寻合理利用国家矿藏资源的方向。近 10 多年来，在确定露天转地下开采矿山的生产能力时，一般都直接利用上面所论述的关系，通过计算加以确定。

在一个矿床内，当露天和地下同时进行开采时，其开采强度显然要比露天和地下顺序开采或独立开采时高，即此时企业的生产能力最大。