

深露天矿运输

〔苏联〕M.B.瓦西里耶夫著

鞍山市金属学会采矿学术委员会

深 露 天 矿 运 输

作 者 M.B. 瓦西里耶夫
翻 译 李砚田 王玉清 曾国华
赵成勋 洪迅法 (兼技术核对)
校 对 庄长生
审 订 李 新

鞍山市金属学会采矿学术委员会

前 言

用露天法开采有用矿物，不仅效率高而且既经济又安全，这种方法在采矿工业中占据主导地位。苏联近五分之二煤炭、五分之四的铁矿石、四分之三的有色金属矿石和化工原料以及几乎全部建筑石料都是用这种方式开采。根据苏共二十六大的决议，露天法将来仍然保持优先发展的势头。

露天开采法今后的发展方向，主要是建设高度机械化的大型露天矿；开发品位高的、地质结构复杂的包括埋藏特深的有用矿物矿床；尽可能实行强化开采。

这样一来就会出现：采深增加，降深扩采速度加快，以及由此导致的露天矿生产复杂化，尤其会给主要生产环节露天矿运输带来影响。据论证采掘深度增大，某些露天矿的运输费可增加到总开采费用的60~70%。劳动量增加40~50%以上。

为解决用露天法在深部开采有用矿物矿床时的露天矿运输问题，苏联科学院通讯院士A.O. 斯皮瓦科夫斯基、技术科学博士M.Γ. 诺沃日洛夫（第聂伯罗彼得罗夫斯克阿尔焦姆矿业学院）、B.H. 塔尔塔科夫斯基（乌克兰共和国科学院地球工程力学研究所）、M.Γ. 波塔波夫（斯科钦斯基矿业研究所）、B.A. 诺瑟列夫和 B.C. 霍赫里亚科夫（斯维尔德洛夫斯克瓦赫鲁舍夫矿业学院），以及苏联国家采矿工业企业设计院、苏联国家南方采矿设计院克里沃罗格分院、乌拉尔铜业科学研究设计院、全苏中央国家煤炭工业发展设计和技术经济论据研究所等单位和个人作出了贡献。对于这个问题，苏联黑色冶金工业部矿业研究所完成的研究成果论

文集中作了论证并收录在本书之内。

本书作者对帮助定稿和出版的各单位的专家们、对本书评议时提出宝贵和有益建议的技术科学博士M.Γ. 诺沃日洛夫教授致以深深的谢意。

译 者 的 话

《深露天矿运输》为苏联技术科学博士M.B.瓦西里耶夫教授所著。该书系统地阐述了深露天矿生产条件与运输方式的关系；介绍了各种运输类型、矿山转载设施和辅助设备的选择方法、使用情况及发展趋势；论述了提高深露天矿运输效率的途径。本书可供采矿企业、科学研究单位、设计部门及高等院校的工程技术人员和师生参考。

全书由冶金工业部鞍山黑色冶金矿山设计研究院情报室翻译。第一、二章李砚田译，曾国华校；第三章王玉清译，曾国华校；第四章赵成勋译，曾国华校；第五、六章曾国华译，洪迅法校；第七、八章洪迅法译，李砚田校。全文由洪迅法进行技术核对，庄长生通校。最后由鞍山市金属学会采矿学术委员会主任委员李新审订。

原书某些公式和数据有误，译校者均一一订正，但由于水平所限，译文错误之处在所难免，望读者批评指正。

本书原文为苏联莫斯科资源出版社1983年版本，译文由鞍山市金属学会采矿学术委员会做为内部资料出版。

译 者

1985年8月

目 录

前言

第一章 深露天矿开采时的矿岩运输	(1)
§ 1 深露天矿的各种参数	(1)
§ 2 深露天矿运输矿山地质条件及矿山技术条件的特点	(7)
§ 3 采用的主要运输形式及运输线路布置.....	(11)
§ 4 深露天矿运输形式的选择.....	(20)
§ 5 露天矿改造及其继续降深时向其它运输形式的过渡	(27)
第二章 深露天矿汽车运输	(38)
§ 1 汽车运输的采用范围.....	(38)
§ 2 汽车运输的技术装备	(45)
§ 3 汽车道路设施	(58)
§ 4 自卸汽车在露天矿内的修理、保养和加油	(66)
第三章 露天矿内铁路运输	(76)
§ 1 在深露天矿采用铁路运输的特点及其与汽车运输的 配合	(76)
§ 2 铁路运输车辆	(83)
§ 3 铁路运输牵引设备	(92)
§ 4 铁路线路及其设施	(109)
§ 5 汽车-铁路联合运输用的转载设施	(117)
§ 6 露天矿内转载堆置场	(130)
第四章 胶带运输机配汽车和配铁路的联合运输	(138)
§ 1 应用的条件与特点	(138)
§ 2 提升运输机布置地点的选择	(147)
§ 3 提升运输机的类型	(150)

§ 4	提升胶带运输机和干线胶带运输机	(158)
§ 5	专用型运输机	(170)
§ 6	倾斜提升运输机用的运输胶带	(176)
§ 7	运输硬岩用的排土运输机、转载运输机和排土机...	(183)
§ 8	机动式转载站和短环节机动式胶带运输机	(190)
§ 9	运输机支承设施和护棚的建造	(196)
§ 10	汽车-胶带运输机联合运输用的转载站	(200)
第五章	箕斗提升和其它提升形式	(242)
§ 1	采用箕斗提升的条件和特点	(242)
§ 2	箕斗提升结构	(247)
§ 3	箕斗提升的操作	(253)
§ 4	其它形式的矿岩提升设施	(255)
§ 5	提升用斜坡线路的设置	(265)
第六章	露天矿内地下运输井巷	(269)
§ 1	配有地下井巷的各种联合运输方式的采用条件与特点	(269)
§ 2	深露天矿放矿溜井	(272)
§ 3	地下筛分破碎硐室与运输机斜井	(286)
§ 4	铁路运输用隧道和平硐	(295)
§ 5	平硐中的运输线路设施及其养护	(304)
第七章	提高深露天矿运输作业的效率	(307)
§ 1	延深采掘作业时, 主要运输技术经济指标的变化	(307)
§ 2	加大运输线路的坡度	(313)
§ 3	改善运输线路、加快运行速度与运输设备周转率	(320)
§ 4	运输设备的供电特点及改善途径	(326)
§ 5	减少露天矿内粉尘、噪音和其它有害因素对生产人员的影响	(330)
§ 6	改善运输的综合管理	(335)
第八章	深露天矿运输的近期展望	(345)

第一章 深露天矿开采时的矿岩运输

§ 1. 深露天矿的各种参数

随着露天采掘的进展，露天矿的空间尺寸在不断扩大，其深度也随之增加。

表 1 所列系苏联露天矿的数量及其截至1980年的深度变化状况。从表中可看出，如果说1970年在所有采矿部门仅有 7 座深度超过200米露天矿，那么至1980年这个采深的 矿山数量已增到25座。

将来需要进一步强化开采的露天铁矿有：萨尔拜，索科洛夫，科尔舒诺夫，科夫多尔，以及南部采选公司、中部采选公司、北部采选公司和英古列茨采选公司的露天矿。

表 1

露天矿深度，米	1970年	1980年
50 以内	6108	6300
50~100	90	103
101~200	37	42
201~300	6	18
301~400	1	6
超过 400	—	1

表 2 是各露天铁矿深度方面的数据，而露天煤矿和有色金属露天矿的深度数据列于表 3。

表 2

露 天 矿	露天矿最终采深, 米	露天矿地表尺寸, 米	露天矿逐年深度	
			1980	1985
奥列涅果尔	330	2900×950	160	200
科夫多尔	564	2140×1620	144	205
萨尔拜	650	3200×2400	280	360
索科洛夫	490	3450×1600	330	410
卡治尔	720	3450×3020	—	250
科尔舒诺夫	360	2700×1900	150	260
卡奇卡纳尔 (主采场)	180	1600×750	100	140
卡奇卡纳尔 (西采场)	350	3000×560	54	91
戈罗布拉果达特 (中部)	220	1230×1250	135	175
巴卡尔 (别特林)	320	1150×950	165	220
新巴卡尔	300	1350×850	160	170
列别金	450	4000×2900	240	290
米哈依洛夫	430	6500×1850	225	265
“五一”矿 (北部采选公司)	300*	2750×2400	200	250
安诺夫 (北部采选公司)	300*	6700×1100	170	220
南部采选公司	300*	3000×2300	220	265
第聂伯罗夫	300*	7500×1900	200	275
英古列茨	700	2950×2050	170	220
新克里沃罗格采选公司 2 号矿	400	1900×1300	135	260
新克里沃罗格采选公司 3 号矿	490	2510×1450	190	250

* 露天矿第一期采深

表 3

露天矿	露天矿深度 米		露天矿	露天矿深度 米	
	设计 深度	1979年 达到 深度		设计 深度	1979年 达到 深度
盖依 1 号矿	320	230	卡尔马开尔	460	270
盖依 2 号矿	245	200	日丹诺夫	320	205
乌洽林	330	185	尼古拉耶夫	400	157
西 拜	480	250	科尔金	570	420
科翁拉德	500	278	十月革命50周年	600	132
阿嘎拉科	400	150	梅什杜列琴	360	180
索尔	410	185	凯得罗夫	300	160
库尔嘎申坎	340	205	巴热诺夫	680	240

从表 2 和表 3 可以看出，目前大多数大型金属露天矿的深度已超过 200 米或者接近了这个深度。

在露天煤矿当中，科尔金煤矿最深，其设计深度定为 570 米。非金属露天矿中最深者是乌拉尔石棉生产联合公司的巴热诺夫石棉露天矿。目前这些矿的深度已超过了 220 米。设计考虑这些矿床用露天法开采的深度有的为 680 米。已设计出的化工原料的露天矿（例如贾内·塔斯矿床开采磷钙石的露天矿）采深为 300 米左右。

世界上最深的露天矿是宾厄姆铜钼露天矿（美国犹他州）。开采有色金属矿石的露天矿超过 200 米深者有：双峰，贝尔科利，米什昂，西雅里塔（美国），恩达科（加拿大），艾蒂克（瑞典），艾尔茨别尔格（奥地利），托魁

帕拉（秘魯），丘基卡馬塔（智利），帕拉博拉（南非）等等。這些露天礦的設計深度都超過200~300米，而西雅里塔、托魁帕拉與帕拉博拉等三座露天礦，預計采深達550米。

露天鐵礦在大多數情況下的深度較小，一般都不超過200米；艾恩莫那克，哈默斯利（澳大利亞），拉克珍尼（加拿大），科烏（巴西），鷹山（美國）等等。石棉露天礦中最深者是加拿大的杰福利，其深度達300米。

露天礦另外的參數還有其地表標高處和露天礦底的平面尺寸。露天礦的橫截面尺寸，主要取決於其本身某一分期的采深，以及礦床賦存特征、礦床形狀、厚度和礦體傾角等等。所採用的開拓方法、礦床開采方法和露天礦運輸形式，對於確定露天礦各種參數具有很大意義。

岩石和礦石的各種特性，諸如岩石學差異、節理、層理及其他指標，都可確定露天礦幫坡與台階的穩定性。疏松岩石的台階坡面角為 $24^{\circ}\sim 35^{\circ}$ ，半硬質岩石為 $35^{\circ}\sim 50^{\circ}$ ，硬岩為 $50^{\circ}\sim 75^{\circ}$ 。露天礦的最終幫坡角波動範圍也很大——從 $20^{\circ}\sim 22^{\circ}$ 至 $46^{\circ}\sim 50^{\circ}$ 。一般來說，采深較小的露天礦最終幫坡角的數值較小，因為幫坡上部分布有疏松岩層和風化表層，當幫坡內又賦存硬岩時，則最終幫坡角的值則較大。開采有色金屬礦石的大多數大型露天礦的采深較大，其幫坡角為 $35^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 。

（西拜、庫爾嘎申坎、索爾、科翁拉德、卡爾馬開爾等等）。這就是說，露天礦的空間尺寸，不只是取決於自身的深度，還取決於在生產過程中和開采終了時採用的露天礦台階坡面和幫坡角有影響的礦山地質條件。

賓厄姆露天礦深度達800米，其平面形狀近似圓形，直徑約4公里。由表2可知，蘇聯許多露天鐵礦在達到自身設

计深度时，其横断面尺寸也很大。呈规则圆形的露天矿有：萨尔拜、英古列茨、“五一”，地表标高处横向尺寸最大者，将达3公里和3公里以上。向一个方向拉长形式的露天矿有第聂伯罗夫、安诺夫，其平面尺寸将超过6.5~7.5公里，而贾内·塔斯磷钙土露天矿将达30公里。

深露天矿在其整个生产期间内（从开始建矿至采完）处于连续发展的状况下，因此，采矿作业面在其空间内每年移动位置，矿山技术条件不断变化，露天矿的深度和平面尺寸也在增加，归根结底是作业区面积、运输线路长度和其他参数都在增大。

采掘作业的延深速度，对于生产作业的矿山技术条件的变化影响最大。作业区面积变化5~20%，运输线路的长度要增加9~19倍。

采掘作业的年下降值波动范围很大，而且取决于许多因素。在露天矿建设期内年下降值最大。在此期间最大年下降值为30~35米（盖依露天矿）再有作为例外情况的萨尔拜露天矿达到55米。在现有露天矿，年下降值取决于大量因素的总合，但一般要比露天矿投产初期小，这主要是由于各水平采矿作业面扩展和作业区加大。在这一生产期间内的年下降值可波动的范围很大（见表4）。当露天矿的单帮或两帮的大部都扩至最终境界，并需加快进行采掘的时候下降最快，或者是在由于其它原因需要急剧增加有用矿物采掘量的时候。例如，按表4中部采选公司1号露天矿年下降最高值达25米。

运输形式对于采掘作业下降速度的变化、以及对采矿的其它参数有很大的影响。根据运输形式的灵活性、调车机动性、适应性和在各种矿山技术条件下投入运输的迅速程度，

表 4

露 天 矿	露天矿深度, 米		十年内 的深度 增加值, 米	采掘面 年下降 值, 米	运输方式
	1970 1.1	1980 1.1			
奥列涅果尔	99	160	61	6.1	联合运输
科夫多尔	336	144	192	19.2	汽车运输
索科洛夫	195	330	135	13.5	联合运输
萨尔拜	200	280	80	8.0	联合运输
列别金	102	240	138	13.8	联合运输
南部采选公司	115	220	105	10.5	铁路运输
中部采选公司 1 号矿	80	275	195	19.5	联合运输
“五一”矿	158	200	42	4.2	联合运输
安诺夫	115	170	55	5.5	汽车运输
英古列茨	140	170	30	3.0	汽车运输
第聂伯罗夫	68	200	132	13.2	汽车运输

下降值可能各不相同。例如, 根据大多数金属露天矿的情况, 在投产初期采用汽车运输可使年下降值达20~25米, 而在同一时期采用铁路运输只下降8~10米, 特殊情况下为12~15米。采用联合运输时, 一般下降值比汽车运输为低。而即使是采用汽车运输, 但当露天矿加强扩帮时, 采掘作业的年下降值也可能不大(如英古列茨和安诺夫露天矿)。

采掘作业年下降值波动很大, 并由下列因素所决定: 露天矿所采用的每种运输形式都要求与之相适应的线路坡度, 而线路坡度则确定堑沟的参数, 铺设运输线路所需的运输崖道宽度, 转载有用矿物和岩石用的转载站平台尺寸等等。

因此，露天矿深度和其他空间尺寸，都直接取决于所采用的各种运输形式，而其每种形式或者这些形式的联合运输，都影响着露天矿各主要参数的形成和露天矿的发展状况。

§ 2. 深露天矿运输矿山地质条件及矿山技术条件的特点

深露天矿采掘的矿床的矿山地质赋存条件是各式各样的。在大多数情况下都是采掘倾斜和急倾斜矿体。深露天矿内坚硬岩石的比重约占矿岩总量的65~70%。

矿体赋存于不同成份的沉积岩、喷出岩、侵入岩以及这些岩类的变体之间。岩石具有各种硬度，其抗压强度极限为2000~16000万帕或大于该值。多矿床赋存的复杂条件表现为具有巨大的构造断层、天然块段及节理。成份各异的围岩有时呈现显著变化和热液交代过程，这些对岩石硬度影响很大。所有矿床的基岩，都被冲积——坡积层和冲积层（极少残积层）形式的疏松层所覆盖；这些覆盖层是杂有基岩碎屑的粘土层。风化层和未变质岩之间无明显的界线。由风化岩向基岩的过渡带常常是由抗压强度极限不明显的半硬岩所构成。疏松岩石的总厚度，以及风化层的总厚度差异很大。总厚度主要取决于采区的地貌，约为60~80米，个别矿床甚至可达150米。

在水文地质方面，矿床的含水量大小各有不同。地下水含于疏松岩石内，硬质岩石和矿石的顶部节理带内，构造断层带的限界之内，但主要是含于节理发育的基岩之中。最大水流有时在很深部位沿构造和岩层的片理接触面而回流，这就给深部开采造成麻烦。

深露天矿所开采的许多铁矿床的含水量很高。例如，雅可夫列夫铁矿床开采时的地下水径流为4500~5000米³/小时。萨尔拜矿床开采时发现含水量颇大，预料卡哈尔露天矿的含水量也会很大。上面所述的这些矿山地质和水文地质特征，大大影响着露天开采作业的效率，露天矿越深，设备操作条件就越复杂。

矿床的赋存条件，随着深度增加而变化 and 复杂化，随着深度增加便大大影响到露天矿运输作业的特点。有用矿物和岩石的交替层频繁出现，硬度、块度、天然块段、含水量不断增大，以及其他特征，都会导致运输设备生产率降低、使用状况恶化。

当有用矿物赋存条件复杂、工作线受限时，以及矿床采至末期时，露天矿产量就要下降。这时要保证所要求的采掘作业的协调性和矿山运输设备高效率，就必须依靠矿岩要有较好疏松度、运输线路合理布置和进行爆破作业时运输线路良好的保有状况、运输设备能方便地进入爆后工作面等等。

岩石赋存深度及其硬度增大，要求必须采用更有效更经济的穿孔设备，同时提高这些设备的主要部件和零件的可靠性。为确保深露天矿作业，应该使用在最合理的工作制度下能自动调整各种工作参数的高效万能钻机，这些钻机要具备下述特点：在钻进深度达60米和更深的硬岩钻孔时，在有限的作业空间内调动方便，且进尺高。为了进行高台阶开采就必需进行深孔穿孔作业，只有依靠这种深孔才可扩展深露天矿的运输崖道和转载运输平台的宽度。

在牙轮钻机、联合钻机和其他现代化钻机推广的同时，深露天矿也应重视采用对坚硬岩石非爆破法的破碎方法，

如利用等离子、红外线和其他类型的射线、各种功率的激光、活性化学射流能等等。所有这些方法对于钻进节理发达和不太坚固的岩石、破碎大块、以及疏松采出的岩石等等，都特别有效。采用这些方法有可能建立不进行大爆破而用电铲和各种运输设备在深部正常作业的条件。

在深水平进行爆破作业也独具特点：大爆破的矿岩量不大，炸药单位耗量减少，爆破是在挤压介质之中，采用能保证爆破时岩石爆堆最小的爆破方法，能获得规定的矿岩爆破后的块度，减小飞块距离，降低地震波对露天矿边帮的作用。

为在深水平装载爆破矿岩，在使用电铲的同时宜采用大型前装机。爆破之后使用前装机清理工作平台，清除爆破矿岩堆堆底部分（或残余部分），装载大块（借助专门挟持器）等等是特别合理的。

随着露天矿采深及其生产规模的增加，以及外部排土场距露天矿边帮距离的增大，运输线路的长度显著延长，运输水平和尽头渡线数量明显增多，运输设备入换困难，所有这些都会引起主要矿山运输设备利用系数降低。随着采深增加，倾斜区段的长度就会增加，而水平区段的长度却要缩短。

露天矿深度增加之后，若干台阶边坡和整个露天矿边帮保持稳定状态的时间也应随之延长。因此，就必须保证边帮中间和边界位置的长时间稳定性。岩石风化程度和坍方的发展状态，对于非工作台阶边坡的稳定性影响很大。靠最终边帮的台阶削坡，是保证边坡长期稳定和在深度很大处安全作业的首要条件。若不能及时削坡则可能引起台阶坍方，使边帮变为连成一个斜面的边坡，而这种边帮是不能继续进行采

矿工作和运输作业的。

为了增强边坡稳定性和深露天矿作业的安全程度，安全崖道之间的纵向长度要增达50~100米。在某些情况下要保留8~10米宽的专用崖道，其坡度应符合机械化清理散料的运输崖道的坡度。采深很大、情况又复杂时，为了控制边帮的状况，要采取专门的工程措施（加固边帮的不稳固地段，使形成边帮的岩石更加坚实化，设置碎石收集装置和防塌方设施等等）。硬岩用周边爆破，设置挡土墙、防护墙，以保证人和设备安全地进行采矿作业，这些在特深水平的开采中显得必要。

露天矿边帮稳定性受破坏往往是由于地下水和地表水的作用所致。在这种情况下，必须采取如下的有效措施防备地下水径流：用排水巷道和排水孔降低水位，收集和汲出地下水，以及大型排水设施等等。此外还应考虑处理雨水、融化水、积雪和露天矿边帮结冰等的工程措施。

大气正常化和确保劳动卫生条件，是深露天矿生产中必不可少的要素。因此，必须建造和采用一些装置以防止尘埃和有害气体进入露天矿大气之中：牙轮钻机装设排尘装置、自行式破碎机组装吸尘系统、装设排尘和向电铲工作面洒水的设施、采用自卸汽车废气中和器、汽车路洒水车等等。

露天矿继续加深时，必须解决的课题是保证向矿山运输设备供应电能。为此，就得采取一系列提高供电系统的可靠性、经济性和安全性的措施。采用适于露天矿各用户的合理电压，创设调整各系统中电压的各种有效方法和手段。同时，还需要可靠性很高的真空可控硅电风高压配电装置和接线点，装有燃气轮机的移动式自动化电站，移动式降压配电站及其它设备。