

露天矿双壁塹溝掘进

长沙矿山設計研究院露天开采研究組編著

中国工业出版社

露天矿双壁掘进是露天采矿工程中加快台阶水平推进速度与垂直延深速度的关键。本书介绍了我国露天矿掘沟工程的技术现状，对掘沟要素的分析选择、掘沟主要工艺及其辅助作业、劳动组织等作了较为全面、系统的阐述，最后列举了国内外一些露天矿，特别是苏联露天矿掘沟掘进的一般的与先进的技术经济指标，指出了继续提高掘沟速度的主要方向。

本书可供采矿生产人员、高等及中等采矿院校露天采矿专业师生、设计和研究人员参考。

露天矿双壁掘进

长沙矿山设计研究院露天开采研究组编著

*

冶金工业部图书编辑室编辑（北京猪市大街78号）

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ ·印张 $25^{5/8}$ ·字数58,000

1962年10月北京第一版·1962年10月北京第一次印刷

印数001—520·定价（10-7）0.38元

*

统一书号：15165·1852（冶金-280）

240
14
1

目 录

序.....	1
第一章 概論	2
§ 1. 塹沟快速掘进的意义.....	2
§ 2. 我国及苏联等其他国家的掘沟技术概况.....	3
第二章 塹沟要素的分析选择.....	5
§ 1. 塹沟深度.....	6
§ 2. 塹沟宽度.....	13
§ 3. 塹沟坡度.....	18
§ 4. 塹沟边坡角.....	22
第三章 掘沟方法各論	23
§ 1. 一次掘全深端工作面機車运输掘沟法.....	24
§ 2. 端工作面分层掘沟法.....	28
§ 3. 一次掘全深端工作面汽車与機車联合运输掘沟方法.....	30
§ 4. 一次掘全深端工作面箕斗轉載运输掘沟方法.....	31
§ 5. 一次掘全深端工作面无运输掘沟方法.....	32
§ 6. 一次掘全深侧工作面无运输掘沟方法.....	34
§ 7. 一次掘全深侧工作面运输掘沟方法.....	35
§ 8. 侧工作面分层掘沟法.....	36
§ 9. 侧工作面分层分段采掘运输的掘沟方法.....	36
§ 10. 抛掷爆破掘沟方法.....	38
第四章 掘沟工艺及其改善	40
§ 1. 穿孔爆破工作.....	41
§ 2. 采装工作.....	49

§ 3. 运输工作.....	61
第五章 掘沟工程辅助作业.....	69
§ 1. 二次破碎.....	69
§ 2. 工作面清理与道路维修.....	71
§ 3. 排水与照明.....	72
第六章 劳动组织与掘进循环.....	74
§ 1. 劳动组织.....	74
§ 2. 掘进循环与掘进速度.....	75
第七章 技术经济指标.....	77
第八章 发展方向.....	80
主要参考文献.....	82

序

我国金属矿床露天开采工程在解放以后有了很大发展。露天采矿工作者在党的正确领导下，进行了巨大的和创造性的劳动，从设计到生产积累了一整套经验，其中包括露天矿双壁沟掘进方面的经验。

露天采矿科学在不断丰富与发展。国内外关于矿床露天开拓原理、采掘技术、穿孔爆破技术、露天矿运输方法、地下水疏干方法、设计原理以及边坡理论等一系列重要方面都有较系统的论著。但是露天矿双壁沟掘进只是在一些全面论述露天开采的书籍中有部分的介绍（属于露天矿开拓部分），还没有专门的著述。

现有资料表明，我国大、中型露天开采矿山已经或者将要逐渐从山坡露天开采向凹陷露天开采过渡。众所周知，尤其在凹陷露天开采的条件下，双壁沟掘进工程的速度对整个矿山工程的发展有极大的影响。

有鉴于此，以及这一问题，如同地下采矿科学领域中的井巷掘进一样，具有其技术上与理论上的严整性，而不能为矿床露天开拓这一课题完全包括，我们试图就露天矿双壁双壁沟掘进这一问题，对国内外情况作一些系统介绍。由于水平有限，只望起到抛砖引玉的作用，使更多的同行关注这一课题，促其迅速发展与完善。编者希望本书能对现场有关技术人员、设计和研究人员以及大专学校采矿专业的学生有所帮助。

编者衷心地欢迎读者对本书提出批评和指正。

第一章 概 論

§ 1. 壑沟快速掘进的意义

实践証明，矿床露天开采較之地下开采，无論就劳动生产率、全部生产工艺过程机械化、自动化的可能性和經濟性来說，还是就矿工的健康条件来說，都是最为有效的。

采矿技术的迅速发展，使露天开采法的应用范围比地下开采法逐渐广泛起来。

我国露天采矿在党的正确领导和总路綫的光輝照耀下，有了很大发展。地下与露天开采的矿石比重有了迅速改变（如表1）。

表 1 我国历年露天开采产量占总采出矿量之比重，%

年 类别	52	53	54	55	56	57	58	59	60
鉄 矿 石	43.00	50.00	55.00	61.00	71.00	81.80	89.00	88.00	88.00
錳 矿 石	35.00	38.88	43.50	49.98	57.69	78.00	69.12	—	—

矿床用机械法露天开采时，必須掘进出入沟与开段沟。掘进这种沟的工程量大，花的时间也很长。因此，这种工程往往是限制矿山生产能力的主要因素，以某矿为例，86米水平以上准备每一条路壑按設計需要15个月，这样，給矿山快速建設造成很大困难。因此，为了提高矿山生产能力，必須采取措施加快壑沟掘进的速度。1958年大跃进以来，矿山职工采取了各种有效的技术和組織措施，快速掘进壑沟，其效果立竿見影。上述露天矿掘沟时间由15个月减少到5个月。

这一时间的缩短，对于解决露天矿高速均衡生产中采准落后于采矿的普通性矛盾，具有重大的现实意义。

掘沟速度的提高，加快了矿山建设过程和新的生产水平的准备，为增加矿石产量，创造了先决条件。

§ 2. 我国及苏联等其他国家的掘沟技术概况

我国解放初期，反动政权遗留下来的露天矿山屈指可数。所有矿山的设备与开采方式都很陈旧，手工作业比重很大，生产处于严重瘫痪状态。以1949年为例，露天矿开采的铁矿石仅占全部产量的23%。在这种情况下，根本没有正规的堑沟掘进。

1953年以前，我国开始了艰巨的国民经济的恢复工作，党和政府用大量新式的机械设备装备了旧矿山，改变了它们的面貌。矿石产量与日俱增。此后，在第一个五年计划期间，国家新建了许多大型现代化黑色金属与有色金属露天矿。这些矿山的基本建设与生产准备——出入沟与开段沟的掘进，都是按照国内外的先进方法进行的，技术水平有了很大提高。

1958年大跃进以后，露天矿山的采矿量较之地下采矿的比重大大增加。大型露天矿，随着产量的增加，掘进速度也有很大提高。从某矿历年掘沟速度的统计（表2）中可以看出这种情况。虽然如此，为适应我国社会主义建设事业高速发展的形势，掘沟速度远非表中指标所能满足。1960年2月，某有色金属露天矿山创造了双壁堑沟月进150米纪录，3月间，某钢铁公司露天矿继而又创造了双壁路堑月进308米的纪录。在不断革命的思想指导下，我国矿山工作者正在为刷新这一指标继续努力。

表 2 某矿历年掘沟速度表

年 代	阶 段	路 堑 全 长 (米)	断面规格 (米)			掘 进 时 间 (月)	每台电铲平 均月进度 (米/月)
			上 宽	下 宽	深		
1956	126	780	40	24	24	8	65
1957	114	840	44	24	24	10.5	50
1958	100	900	38	24	24	8.5	69
1959	88	935	38	24	24	5	141

掘沟速度的提高，是掘沟技术与組織工作不断改善的结果。近年来，我国露天矿应用了多种掘沟方法如：一次掘全深的端工作面平装车机车运输方法；汽车运输方法；机车与汽车联合运输方法；分层上装车的掘沟方法以及定向抛掷爆破方法；并且試驗了旨在进一步改善运输过程的箕斗轉載运输开沟方法。經驗証明：抛掷爆破在有利的地形条件下具有发展前途；联合运输的掘沟方法比其它运输开沟法能得到较好的技术经济效果，掘进速度提高3.5~3.8倍。

目前，国外在硬岩中掘进双壁堑沟的方法与我国采用的方法大致相同。全断面一次掘成的运输方法获得普遍应用。分层掘进的方法虽然可使电铲效率提高20%以上，但是穿爆工作量大，设备移动频繁，延长了最后投入生产的期限。

一些資料說明，为提高掘进速度而减小沟底宽度、改善工艺过程获得良好的效果。在研究沟底宽度合理范围时，一般认为18~28米在技术、经济上都是合适的，其具体的数值的大小应根据不同情况来决定。穿爆工作的主要措施是扩大孔距，这种方法获得了良好指标。微差定向抛掷爆破能得到合理的爆堆。在岩石采装方面，为了减少列车入换时间，提高电铲效率，采用主铲与輔助铲同时向一列空车装载（一綫

双鏈)的方法以及在沟底鋪設平行的双鏈,用一台鏈不間断地裝載(双鏈一鏈)的方法。后一方法沒有得到令人滿意的結果,反而导致工作面組織复杂化。

苏联某些主要露天矿山的掘沟指标列于本书末章。看来,大型的、岩石較松軟的露天矿,其壟沟的開掘,愈来愈多地采用了生产能力大的大型設備,如无运输开沟法和使用排土桥設備等等。应用这些技术装备,保证了壟沟掘进与扩帮生产在空間与時間上的充分協調。

在其他国家中,掘沟方法也大同小異。在坚硬岩石中,运输开沟方法仍是主要形式;大型单斗鏈、大容积的自卸运输工具有明显的发展趋势。在松軟岩石中,无运输开沟法也获得了应用。

第二章 壟沟要素的分析选择

露天矿壟沟按用途分为如下两种:

1. 用于从地表或已开采水平通向被开采矿体或新水平作为运输通路的出入沟;
2. 用于开辟新水平的最初工作綫,以配置最新工作面及所需設備的开段沟。

出入沟通常是傾斜的,亦称傾斜沟。开拓一个水平的出入沟的长度等于:

$$L_r = h/i, \text{ 米}; \quad (1)$$

式中: h ——台阶高度,米;

i ——沟的平均坡度,决定于运输設備类型与地形条件。

出入沟的宽度决定于运输方法、运输綫路的数目以及挖

掘机的工作规格。沟的最终深度等于一个或几个台阶的高度。沟的边坡角不得大于相应的非工作台阶的边坡角。

开段沟大都是水平或稍微倾斜的，所以常称为水平沟。开段沟作为开采的准备，总是从出入沟出发，按选定方向开掘。随着工程的进展，正常采掘的开始，开段沟逐渐消失而扩大为生产台阶。

出入沟与开段沟的构成要素——深度、宽度、坡度和边坡角的选择直接影响工程进度与技术经济效益。讨论这些要素广泛涉及岩石物理机械性质、掘沟方法以及所采用的设备类型等等。

§1. 掘沟深度

出入沟的最终深度决定于台阶高度和开拓方法，一般等于一个台阶高度在组沟和总沟开拓时等于几个台阶高度；开段沟作为开辟新的工作水平的初始工作线，其深度一般等于台阶高度。无论是出入沟或开段沟，沟的深度都与掘进工程量的大小、掘沟工艺过程的合理性，以及基建与生产准备期限的长短有密切关系。

一、沟深与掘进工程量大小关系：

在一般情况下，出入沟的掘进工程量为沟的中心部分 $\frac{A}{2}$ （A为中心部分四面体体积），边坡角为 α 时两个边坡的开邦体积 B、沟的终点端面部分体积 $\frac{D}{2}$ （D为端面部分四面体体积）与 2F 的总和（如图 1）。

$$V_{\text{总}} = \frac{A}{2} + \frac{D}{2} + 2B + 2F, \text{ 米}^3. \quad (2)$$

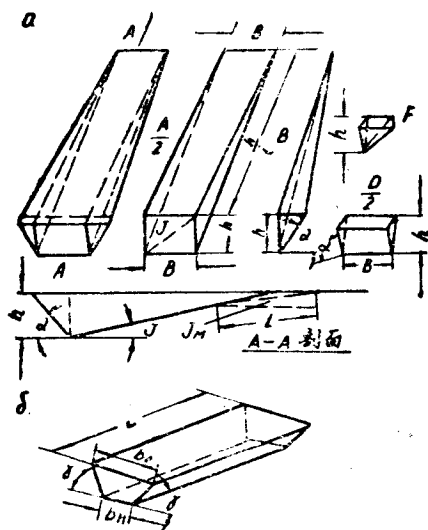


图 1 沟的体积组成部分和沟的纵断面

对于出入沟，D与F值均甚小，可忽略不计，此时：

$$V_n = \frac{h^2}{i} \left(\frac{b}{2} + \frac{h}{3} \operatorname{tg} \alpha \right), \text{米}^3. \quad (3)$$

工程量与沟深关系如图 2 所示。

开段沟的工程量按底面为梯形的直角棱柱体的体积来计算。当沟长为L米时，开段沟的工程量为：

$$V_r = (b + h \operatorname{ctg} \alpha) h \cdot L, \text{米}^3. \quad (4)$$

从图 3 及图 4 中可以明显看出：在开掘相同底宽的开段沟时，深度愈大，边坡愈缓，则工程量愈大。开辟一个深度为 $n \cdot h$ 的开段沟时的工程量大于开 n 条深度为 h 的开段沟的工程量总和。

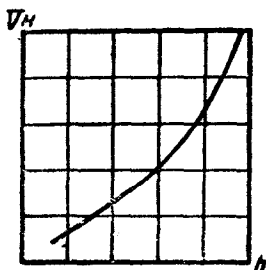


图 2 出入沟工程量与深度之关系

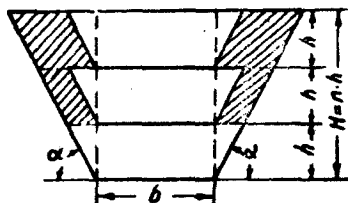


图 3 开段沟横断面图

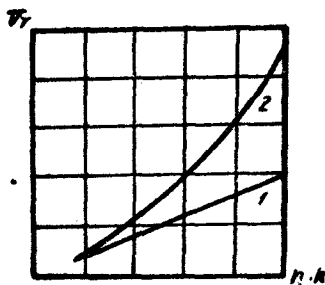


图 4 开段沟工程量与深度之关系

1—深度各为 h 米的 n 条沟的工程量；

2—深度为 nh 米的 1 条沟的工程量

从公式 (3)、(4) 中不难看出，工程量大小是随沟的深度的立方或平方关系变化的。

二、沟深与掘沟工艺过程合理性的关系：

1. 沟深与穿孔爆破工作：

我們知道，提高穿孔机的生产能力，首先在于增加穿孔机有效时间利用率，这就必须减少穿孔机的非工作时间。该项时间主要消耗在：1. 穿孔机的移稳；2. 孔眼故障。

增加沟的深度时，穿孔机穿一个孔的时间加长了。所以，台班内穿孔机的平均移稳时间得到了减少。测定资料表明：当沟深由 12 米提高到 14、16 和 18 米时，在完成 1 千米穿孔工作量的条件下，穿孔机的移稳时间分别降低了 15%、25% 和

34%。扩邦时间分别节省11.8%、19.7%和26.8%。穿孔机的时间利用率分别提高2.4%、4.1%和5.4%。台班效率也有相应提高。图5表明了这种关系。由此可以看出：随着沟深增加，穿孔机的生产能力有所提高，但并不显著。在中硬岩石中，当深度由12米增至14、16和18米时，台班内所完成的穿孔量的绝对值仅增加了0.2、0.34和0.45米。

许多关于露天矿合理穿爆参数的研究文献都指出：扩大参数，即增大沟深或底盘抵抗线等都必将导致岩石破碎程度恶化，大块实出率与底根残留率增加（图6）。

2. 沟深对采装能力的影响：

应用C3-3型电铲掘沟时，设备生产能力与沟深有很大关系。上面谈到，沟深增加恶化了爆破效果，实际经验证明：由此导致电铲生产能力下降的范围在10%~40%，这是一个方面。另一方面，减小沟深，必然引起这样的后果，即爆堆高度不能保证电铲装时的勺斗装满要求。资料表明：爆堆高度为2.5~3.3米时，较爆堆高度为7~8米时的电铲生产能力降低65%左右。此外，整沟过深，还会影响到采掘设备工作时的安全。

3. 沟深与露天矿运输：

出入沟为露天矿场长远的运输通道，使用期限很长。增

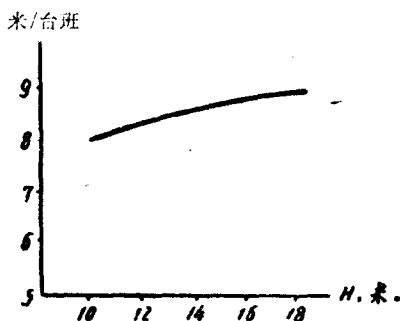


图5 沟深与穿孔机台班效率之关系

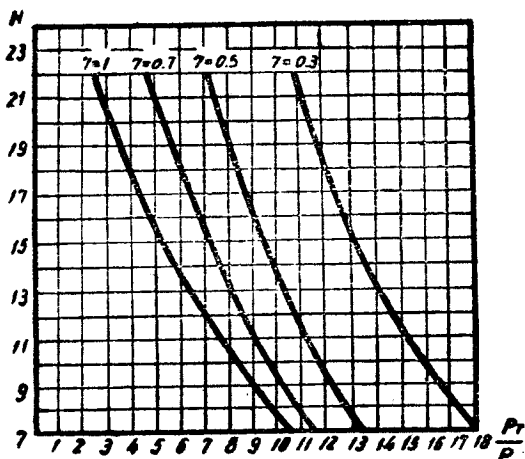


图 6 沟深与岩石破碎程度之关系

加沟深可以减少运输台阶的数目，缩短运输路程；减少铺设和移动固定线路的轨道工程量；简化运输调度工作；提高列车周转率。

緬立尼柯夫曾在采用 5C-1 型穿孔机、C3-3 型电钻、铁道运输的条件下研究过凿沟（开段沟）深度与运输成本的关系（图 7）。

当沟深由 12 米增至 16 米时，运输费用减少 2%，对于铁道运输这种变化不十分显著，在汽车运输的情况下要明显得多。

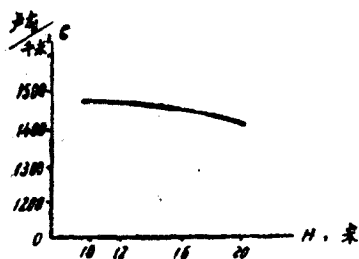


图 7 沟深与运输成本之关系

明显得多。

三、沟深与开拓、采准期限：

前已述及，壟沟工程量与沟深的平方和立方成正比例。显然，沟深增加以后，矿床开拓与采准的期限相对地延长了。从表3对某矿合理台阶高度的分析，完全可以得到证明。

表 3 某矿新水平开拓与采准时间表

台阶高 (米)	入車沟		开段沟			扩邦工作			新水平准备期	
	工程量 (千米 ³)	开拓时间 (月)	不能同时开掘长度 (米)	工程量 (千米 ³)	开掘时间 (月)	工程量 (千米 ³)	配合作业系数	配合后扩邦时间 (月)	按月	按年
12	45	1.8	980	323	9.8	870	0.29	2.5	14.1	1.18
14	62	2.4	1000	426	12.3	1195	0.28	3.05	17.7	1.40
16	84	3.1	1030	550	15.2	1390	0.275	3.80	22.1	1.90

由于新水平准备时间延长，整个矿场的年下降速度也因之减慢。用以下公式计算的这种关系于图8可以清楚看出。

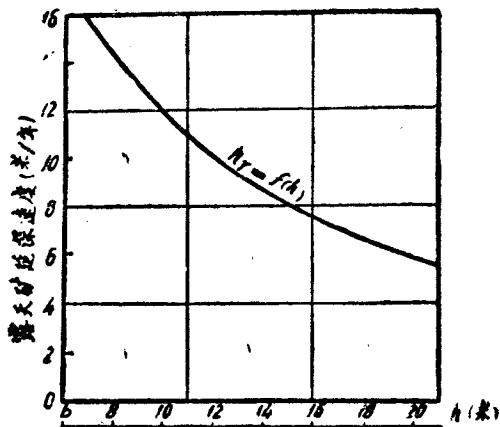


图 8 公式计算的沟深与露天矿延深速度关系

$$h_r = \frac{h}{T} = \frac{Q_r}{hL_0(\operatorname{ctg}\varphi + \operatorname{ctg}\beta) + \frac{1}{C}(L_0 + L_B + l_0 + l_n) \cdot (b + h\operatorname{ctg}\alpha)},$$

米/年。(5)

式中: h ——台阶高度, 米;

b ——开段沟底部宽度, 米;

Q_r ——电铲年生产能力; 米³/年;

φ ——工作帮最大坡角, 度;

β ——露天矿最终坡角, 度;

α ——开段沟边坡角, 度;

L_0 ——电铲在整沟扩帮区工作长度, 米;

L_B ——出入沟长度, 米;

l_0 ——掘沟与扩帮电铲间的允许最小距离, 米;

l_n ——运输平盘长度, 米;

C ——掘沟时电铲生产能力降低系数 (通常等于0.7~0.8)。

此外, 采用铁道运输时, 露天矿的长度往往影响出入沟的深度的确定。

综合以上所述, 可以认为: 沟深增加以后特别显著地增加了工程量, 从而延缓了建设速度。由于爆破质量的恶化, 影响了采掘效率的提高。合理的沟深决定于电铲工作尺寸和爆破工作质量, 一般可从以下公式确定:

$$H = 0.7a \sqrt{\frac{\sin\alpha \sin\beta}{k \cdot \eta' (1 + \eta') \sin(\beta - \alpha)}}, \text{米。} (6)$$

式中: α ——被爆松的岩堆坡角, 度;

β ——整沟坡面角, 度;

k ——岩石松散系数;

η' ——头排孔最小抵抗綫与段高的比值，一般为：
0.55~0.7；

η'' ——钻孔排距与最小抵抗綫比值，一般为：0.78~0.85；

a ——爆破后的爆堆宽度， $a=0.8(R_q+R_p)$ ，米；

R_q ——电鋸采掘半径，米；

R_p ——电鋸卸載半径，米。

經驗証明：在使用 C3-3 型电鋸的情况下，沟的深度采用12米左右是适当的。

§2. 壑沟宽度

出入沟的宽度决定于运输工具的通行尺寸或固定设备的必要宽度，根据經驗与計算，可以选用下表所列数据。

表 4 出入沟底宽度

露天矿运输类型	决定条件	沟底宽度, 米		
		单 綫	双 綫	三 綫
铁 道 运 输	軌距1435毫米	7.6~8.0	11.7~12.1	15.8
汽 車 运 输	汽 車 規 格	4.5~6.8	7~12~14	—
运 输 机 运 输	皮 帶 寬 度	2.5~3.0	4.5~5.0	6.5~7.0
提 升 机 运 输	軌 距	—	—	—

开段沟的底寬，除了应当保証扩邦生产时有足够的宽度，便于实现機車运输及电鋸側面装車以外，还必须保証最小的掘进工程量和充分发挥设备的效率。

按照初次扩邦实现機車运输的要求，最小沟底宽度应当滿足图 9 及下式的要求：

$$b \geq B + a - W \quad \text{米。} \quad (7)$$