

地下矿山 无轨开采及设备

冶金工业出版社

内 容 提 要

本书较系统地介绍了地下矿山无轨开采技术和地下无轨自行设备以及生产管理中的情况和有关问题。

全书共分两篇六章。

第一篇分两章。介绍了世界上一些国家地下矿山无轨开拓和无轨采矿法的应用情况。

第二篇共四章。分别论述了各种地下无轨自行设备的结构、工作原理和性能；柴油设备的空气污染控制；轮胎的分类、结构、使用和修理；地下无轨自行设备的使用、维护检修和管理制度。

书中附有有关技术参数、规则等附表九个。

本书读者对象主要是矿山工程技术人员，管理人员，科研设计人员，高等矿业院校（系）教师，也可供采矿、矿机专业高年级学生和研究生参考。

地下矿山无轨开采及设备

陈俊彦 卜英勇 王妙钦 编

责任编辑 于 华

*

冶金工业出版社出版

（北京北河沿大街嵩祝院北巷88号）

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

*

850×1168 1/32 印张 12 1/2 字数332千字

1986年1月第一版 1986年1月第一次印刷

印数00,001~2,260册

统一书号：15062·4169 定价3.40元

前 言

我国人民正在党的领导下努力建设社会主义物质文明和精神文明，为在本世纪末实现“四个现代化”的宏伟目标而奋斗。为了实现我国采矿工业的现代化，我们必须结合我国国情学习国内外矿山的先进经验。为此目的，我们通过对国内外有关资料的综合与分析编写了本书，书中系统地介绍了现代地下矿山的开采技术——无轨开采，即无轨开拓、无轨采矿方法、无轨自行设备，及其有关的通风、废气净化、设备维修等主要内容。

由于内容较广，加之编者水平有限，书中肯定有不妥之处，敬请读者批评指正。

本书的前言、绪论和第一篇由陈俊彦与王妙钦合写，第二篇由卜英勇完成。

在编写过程中，参考了大量有关资料。中南矿冶学院采矿教研室潘长良同志审阅了本书的绪论和第一篇，矿机教研室宋在仁和朱启超等同志审阅了第二篇，北京钢铁学院采矿教研室王辉光同志审阅了全稿，提出不少宝贵的意见。在此，谨表示深切的谢意。

目 录

绪论	1
第一篇 地下矿山无轨开采	10
第一章 无轨开拓	10
第一节 开拓斜巷	10
第二节 无轨开拓	24
第三节 无轨开拓实例	34
第二章 无轨采矿方法	57
第一节 无轨采矿方法评述	57
第二节 采矿方法的分类	64
第三节 空场采矿法	64
第四节 充填采矿法	98
第五节 崩落采矿法	131
第二篇 地下无轨自行设备	150
第三章 无轨自行设备	150
第一节 无轨自行设备的种类和动力源	150
第二节 无轨自行式凿岩台车	158
第三节 铲运机	182
第四节 其它无轨自行设备	210
第五节 无轨自行设备的选型和数量的确定	220
第四章 柴油机废气污染的控制	239
第一节 废气的成分和危害	239
第二节 柴油机的基本知识和进下柴油机的选择	247
第三节 影响废气排放特性的因素和改进方法	253
第四节 废气的净化	264
第五节 通风与管理	275
第五章 轮胎	292
第一节 轮胎的分类和选择	292

第二节	提高轮胎使用寿命的措施	308
第三节	轮胎的保养和合理使用	320
第六章	地下无轨自行设备的维修和管理	323
第一节	机械维修的理论基础	323
第二节	地下无轨自行设备维护保养工作的特点和要求	331
第三节	柴油机和废气净化系统的维护检修	343
第四节	液压传动系统的保养	356
第五节	铲运机的定期检修和保养	394
第六节	凿岩台车维护检修	372
附表 I	阿特拉斯生产的几种主要推进器的技术参数	377
附表 II	几种常用掘进台车的技术参数	378
附表 III	几种采矿台车的主要技术参数	379
附表 IV	几种常用的柴油铲运机的技术参数	380
附表 V	铲运机在加拿大24个地下金属矿应用情况	383
附表 VI	世界各国地下矿山使用柴油机的规则	389

绪 论

地下矿山使用无轨自行式设备开采矿床，简称无轨开采^① (trackless mining)。无轨自行设备是指具有不用轨道的行走机构（轮胎或履带）的设备。根据不同的用途，无轨自行设备分为主要无轨自行设备（如凿岩台车和铲运机等）和辅助无轨自行设备（如装药车和喷浆车等）。无轨开采包括：

- （1）在回采和掘进中使用无轨自行设备作业；
- （2）在主要运输水平采用无轨自行设备运输矿石；
- （3）应用无轨自行设备将地下采出矿石运到地面；
- （4）用无轨自行设备将人员、材料和其它设备从地面送到地下各作业地点。

一、采矿工艺与设备的相互关系

1. 工艺与设备的对立统一关系

采矿工业是原料工业，为国民经济提供各种矿物原料。随着国民经济的发展，对矿物原料的需要日益增长，这是促进采矿工业发展的外部原因；而采矿工艺与设备的相互依赖与促进，则是推动采矿工业发展的内部原因。

工艺与设备之间是对立的统一：工艺的改革要求革新设备；设备的更新又促进工艺的发展。工艺进一步发展后，设备不能满足需要而与工艺发生新的矛盾，就需要再次变革设备。如果设备不能及时更新，就会阻碍工艺的发展。因此，要使采矿工业满足国民经济对矿物原料日益增长的需要，必须分析工艺与设备的现状和特点，使设备不断适应工艺的特点和要求。

2. 采矿工艺的现状及特点

采矿工艺中的两项主要工作是回采与掘进。目前，除极少数

① “无轨开采”的术语来源于国外英文杂志，并已在国内采矿刊物上应用。

矿山使用采矿机回采或掘进机掘进外，大多数矿山都应用凿岩爆破的方法。采矿工艺具有以下三个特点：

(1) 生产工艺的间断循环性。一个采场的矿石从开拓、采准、回采（包括崩矿和出矿）到运至地面，是间断、循环地进行，各工序之间的间断时间较长。

(2) 生产作业的分散性。同种作业（例如掘进或回采）分散在不同的工作面、采场或阶段。

(3) 生产地点的移动性。主要工艺的生产地点经常变换，人员、设备和材料也要随之转移。

从发展的观点来看，采矿工艺将从间断循环生产过渡到连续生产（例如采矿机采矿便是连续生产的雏型），因为连续生产能简化采矿的工艺，减少辅助作业的时间，提高设备的利用率和生产能力，从而提高工人的劳动生产率，降低采矿成本，并为采矿工艺广泛的自动化开辟途径。在目前的采掘工艺条件下，应该使各项作业完全独立，给每种设备提供充足的矿量或多工作面，使设备每班能独立地连续作业，不受或少受其它作业的牵制。

生产作业的分散性与采场的生产能力有关，采场的生产能力越大，为满足矿山同样的产量所需的采场数越少，生产作业也越集中。

由此可见，克服采矿工艺循环性和分散性的弱点的主要途径是：增加每台设备所服务的矿量，提高采场的生产能力。

3. 采矿工艺对设备的要求

在单循环回采的采场，增加每台设备所服务的矿量，需要增大矿块的高度和水平面积；在一定的开采技术条件下，要求提高回采设备的效率与之相适应，否则会延长采场的回采时间，不利于地压管理。

在多循环回采的采场，采场的生产能力一般比单循环低，回采周期较长。为了使回采作业连续和集中，除了应提高回采设备的效率外，还必须改善设备的机动性，使它适应多工作面作业的条件。

采场的生产能力，取决于完成回采工作的主要作业和辅助作业所需的时间。回采工作的主要作业时间与回采设备的生产效率有关，辅助作业时间则取决于辅助作业的综合机械化水平、各项作业的组织与配合。

回采设备的生产效率，主要取决于其技术生产能力和每班的纯作业时间。当作业地点分散，设备流动性大时，设备的纯工作时间减少，其生产效率与利用率均降低。仅在增加设备的纯作业时间的场合，应用技术生产能力大的回采设备才是合理的。为了减少设备的非生产时间，必须提高其机动性。

综上所述，在使用凿岩爆破的采掘工艺条件下，采矿工艺对设备的主要要求是：提高回采设备的技术生产能力及其机动性，实现辅助作业的综合机械化。

4. 原有的地下采矿设备

地下“第一代矿山”的主要采矿设备是手持式（或支架式）凿岩机、轨轮式装岩机、电耙和有轨矿车运输。这套设备持续用了一个多世纪，曾对矿山生产的发展起过重大的作用。但是，这些设备的技术生产能力低，设备的机动性差，辅助作业基本上不能机械化。随着采矿工业的迅速发展，采矿设备与工艺之间的矛盾日益突出，其中以对采场生产能力有较大影响而且劳动繁重的出矿环节尤为显著。

地下开采中，绝大部分采场的出矿作业，都曾使用过电耙。电耙具有结构简单、设备牢靠、制造与维修方便等优点，当矿量充足、耙运路线固定时，电耙道出矿具有较高的生产能力。大型电耙的绞车功率已超过100千瓦。但是，电耙出矿存在下列缺点：

（1）由于电耙沿巷道的底板耙运矿石，摩擦阻力很大，靠增大绞车功率提高运行速度的可能性很小，最大的电耙绞车已接近极限；

（2）由于在电耙道中进行二次破碎和消除漏斗堵塞的作业较频繁，辅助作业所占的时间多，电耙的工时利用率不高，因而其技术生产能力不能充分地发挥；

(3) 在多循环回采的采场，每一循环的崩矿量不大，矿石的爆堆分散，出矿的地点不固定。由于电耙是直线耙运和拆移不便，因而不夠机动灵活；

(4) 电耙的经济运距有限（仅为30~40米），而且不能适应分段巷道掘进中的清碴作业。

由于上述原因，电耙成为影响采场生产能力的薄弱环节。

二、无轨自行设备的发展

在房柱法采场，矿石的爆堆分散，用电耙出矿效率低，限制了采场生产能力的提高。于是，在本世纪四十年代末期和五十年代初期，一些新型的无轨自行出矿设备相继问世，小型的短臂电铲、柴油铲、履带式和轮胎式装载机及汽车等陆续出现。无轨自行设备虽具有优越性，但是由于当时设备并不完善，品种较少，柴油无轨自行设备的废气净化尚未解决，所以未能大规模推广。但是，这种出矿设备的生产能力比电耙大，其机动性适合采矿工艺的特点，决定了它具有广阔的发展前景。

一九五八年，第一台轮胎式柴油装运机在房柱法采场出现；大约在同一时期，气动的轮胎式装运机在上向分层充填法采场试验成功。早期用于房柱法采场的履带式多机凿岩台车，逐渐改进为轮胎式双机或三机凿岩台车。一九六二年，第一台外形低矮、车身铰接、四轮驱动的柴油铲运机问世，无轨自行设备进入一个新的发展时期。

至今，据不完全统计，世界上已有5000~6000台无轨自行装运设备（包括气动、电动和柴油的）。适合井下运输的汽车已发展到载重量40~50吨的级别（见表1）。出现了多种的凿岩台车，例如掘进台车、回采台车、锚杆台车和二次破碎台车等。各种辅助车辆均已相当完善，其中有装药车、喷浆车、撬顶升降台车、辅助运输车和压路机等。无轨自行装运设备的应用，推动了整个地下开采的全盘机械化和无轨化，使地下采矿进入“第二代矿山”时期。

三、设备对工艺的促进

表 1 地下矿山常用的无轨自行装运设备

设备名称	卸载方式	铲斗容积 (米 ³)		车厢容积 (米 ³)
前端式装载机	正卸 侧卸	1.5~4.5		—
装运机	底卸	1.7		3.42~9.6
	翻卸	1~1.75		5~14
	推卸	1~1.6		8.7
铲运机	前卸	0.76~10		—
卡车	翻卸	载重量	20~50	7~37
	推卸	(吨)	10~35	4.9~24.4

无轨自行设备是在解决房柱法出矿工艺与设备之间的矛盾中而发展起来的。但是，设备与工艺之间的矛盾在其它采矿法中也具有普遍性。因而使得无轨设备在上向分层充填法、无底柱分段崩落法、阶段空场法等采场获得了广泛的应用，进而又推广到下向分层充填法、分段充填法和分段空场法等采场。目前，几乎绝大多数的采矿法都可使用无轨自行设备进行回采。世界部分矿山的各种采矿法应用无轨自行设备的情况列于表2。

无轨自行设备的应用促进了采矿方法的变革和发展，使一些以前生产效率极低的采矿法（例如上向分层充填法），转变为高效率的采矿法，并出现了一些新的采矿法方案，如无底柱分段充填法、无底柱分段崩落法和无底柱分段空场法等。无轨自行设备使采场的生产能力增大，并使采矿法的结构和回采工艺都发生了很大的变化。

无轨自行设备也促进了地下运输系统的革新。以往，矿石从采场运到地面，要通过采场溜井、阶段运输水平、主溜井、集中运输水平和井筒，不仅几经周转，而且作业分散。采用无轨自行设备后，有可能取消阶段运输水平，完全实现集中运输或者取消集中运输水平，将矿石通过开拓斜巷直接运到地面；并可将入

员、材料和设备直接从地面运到采场，全面实现辅助运输的无轨化。与此同时，发展了一种新型的开拓与采准方式——斜巷开拓与斜巷采准。

表 2 世界部分矿山不同采矿法使用无轨自行设备概况

采矿方法	使用的矿山数量	占使用矿山总数的%	使用无轨自行设备的矿山数量	占使用无轨自行设备矿山总数的%
阶段空场法	66	35.4	60	37.1
房柱法	37	19.9	36	22.2
上向分层充填法	33	17.7	38 ^①	23.5
无底柱分段崩落法	15	8.1	12	7.4
留矿法	15	8.1	7	4.3
其它采矿法	20	10.8	9	5.5
合 计	186	100.0	162	100.0

①引自英国《采矿杂志》1975年2月。

四、无轨开采的优点与应用

无轨开采的发展与实践证明，它是比有轨开采更为先进的现代化采矿技术。无轨自行设备不但提高了出矿效率，而且促进回采工艺、采矿方法、掘进和运输系统等的的发展，提高了矿山全员劳动生产率，因此，体现了当代采矿设备发展的一个方向。无轨开采的主要优点有：

（1）以无轨运输为基础的斜巷开拓，能加快矿床的开拓工作，缩短矿山投产的时间；

（2）无轨采矿的采场生产能力大，易实现强化开采；

（3）无轨运矿减少矿石装卸点的数量及相应的设施和人员，简化装卸硐室的结构，减少矿石的倒运和中转，避免轨道运输水平的大量投资，并能节省数量可观的轨道钢材；

（4）无轨出矿简化采准布置和采场底部结构，减少运输巷道和溜井的数量，消除难以机械化掘进的小断面放矿巷道；

（5）无轨掘进能加快巷道的掘进速度，提高掘进工效，并

使采场的分段与分层巷道的掘进条件得到了大大的改善；

(6) 无轨自行设备的效率高，机动灵活，一机多能，有些设备掘进与回采能通用，从而减少采、装、运设备的总数，提高设备的利用率，简化设备的维修，减少备品备件的库存；

(7) 无轨开采实现了地下开采的全面机械化和集中作业，便于生产的组织与管理，减少待采储量，缩短新阶段的准备时间；

(8) 显著减少井下生产工人的数量；

(9) 由于手工劳动大大减少，从而使事故减少，生产的安全程度提高，并有利于文明生产；

(10) 使矿山全员劳动生产率有较大幅度的提高，最终使矿山减少经营费用，降低生产成本，增加企业盈利。

实践证明，无轨开采的优越性是无可置疑的。一些矿山仅使用少量大型高效率的无轨自行设备，便能完成全矿的生产任务。但是，要使无轨开采能够充分发挥其优越性，必须创造一些必要的条件，以消除它的某些不足：

(1) 应正确地选择无轨自行设备的类型和使各种设备之间相应地配套，以做到物尽其用；

(2) 应设计最优的采矿作业图表，以保证各作业之间的有机配合，减少相互干扰，提高设备的利用率；

(3) 应使无轨自行设备经常处于完好的状态，为此，要具备强大的机修力量，包括熟练的机修工人，配套的机修设备，充足的备品备件和合理的维修制度；

(4) 应保证操作工人具有较高的技术水平，以减少无轨自行设备在使用中的故障与损坏，为此，应对上机的操作工人进行必要的培训与考核；

(5) 必须有合理的劳动报酬制度，使操作工的劳动报酬与无轨自行设备的完好程度密切相关；

(6) 无轨自行设备的轮胎消耗较大，除了应采取有效措施提高轮胎的使用寿命外，还必须加强无轨运输巷道的路面养护工

作；

(7) 柴油无轨自行设备的废气会污染井下的环境，必须采用廉价而有效的废气净化措施、增大风量和加强通风管理；

(8) 必须保证充足的、廉价的柴油供应；

(9) 应该具有较高水平的企业组织与管理，以保证无轨开采的每个生产环节有效地运转；

(10) 对于缺乏无轨开采经验的矿山，在全面应用无轨开采前，应通过现场的工业性试验。取得经验后再逐步扩大应用的范围。

无轨自行设备的投资较大，其应用又牵涉到柴油、轮胎、设备和备品备件等的供应，废气的净化，工人的培训，矿山的机修力量和管理水平，以及矿山的开拓和采准系统的可能改变等一系列问题，因此，矿山在选用无轨开采前，必须根据我国的国情和各矿山的具体条件，作出全面的技术经济比较。

正因为无轨开采有不少的优点，虽然其设备的投资较大，它仍在世界各国得到广泛的应用。当前，大部分无轨开采的矿山已用无轨回采；不少矿山采用无轨掘进、阶段水平的无轨运输及从地面到地下的无轨辅助运输；仅有少数开采深度浅和年产量不大的矿山，使用无轨自行设备运输矿石到地面。我国已在凡口铅锌

表 3 部分国家无轨开采矿山数量

国 家 名 称	1976年矿山总数	无轨开采矿山数量	占该国矿山总数的%
加 拿 大	107	74	69.1
美 国	66	48	72.7
法 国	41	39	95
澳大利亚	24	16	66.6
瑞 典	25	20	80
南 非	66	6	9
赞 比 亚	8	6	75
合 计	337	209	—

矿和小寺沟铜矿等矿山，应用无轨回采与无轨运输。

据不完全的统计，1976年世界上年产量大于15万吨的610个地下矿山中，使用无轨开采的矿山约为200个（见表3）。由表3中可知，一些采矿业发达的国家采用无轨自行设备的矿山数量，大多已超过该国矿山总数的三分之二。可以预见，随着老矿山的改造和新矿山的投产，无轨开采的矿山数量将会继续上升。

第一篇 地下矿山无轨开采

第一章 无 轨 开 拓

用通行无轨车辆的巷道开拓矿床，称为无轨开拓。

无轨自行设备在地下矿山的大量应用，促进了井下运输工作的发展。不少矿山用无轨车辆将人员、材料和设备从地面直接运到采场，在运输水平用无轨自行设备运输矿石；一些矿山用汽车将矿石运到地面，实现了矿石运输和辅助运输的无轨化。在此基础上，矿床的开拓方法得到了新的发展：出现了一种新型的开拓巷道——开拓斜巷^①，发展了多种无轨开拓方法，阶段运输水平的界限逐渐消失，阶段高度也相应地发生了变化。

第一节 开 拓 斜 巷

以前，通过竖井升降的无轨自行设备需拆成大部件，费时又费工。随着开拓斜巷的出现，无轨车辆已能方便地行驶于地面与井下之间。根据不同的用途，开拓斜巷分为主斜巷、副斜巷和联合斜巷。

主斜巷主要用于通行运输矿石的卡车，兼用于通行辅助无轨运输车辆和采掘无轨自行设备；副斜巷仅用于通行辅助无轨运输车辆和其它无轨自行设备；联合斜巷装备有运输矿石的皮带输送机，兼用于辅助无轨运输。

开拓深部矿体而不通地表的斜巷称为盲斜巷。盲斜巷也有盲主斜巷、盲副斜巷和盲联合斜巷之分。

一、开拓斜巷的线路形式

① 开拓斜巷——即通常所说的斜坡道。

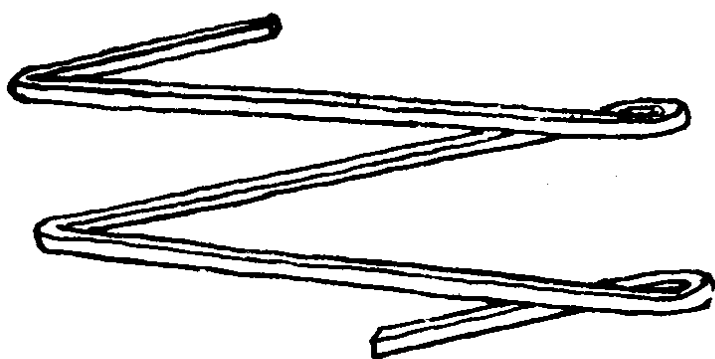


图 1-1 折返式开拓斜巷

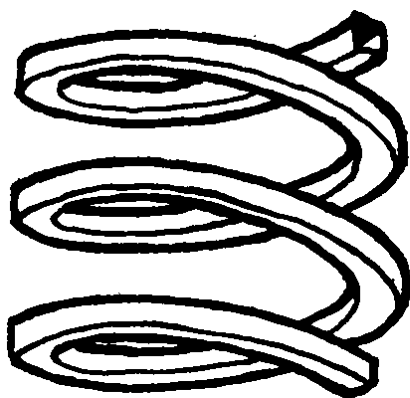


图 1-2 螺旋式开拓斜巷

开拓斜巷的线路形式有直线式、折返式（图1-1）和螺旋式（图1-2）三种。

折返式开拓斜巷的直线段是倾斜的，转弯曲线段是水平的或者略带坡度。开拓斜巷所服务的高度及坡度一定时，折返式开拓斜巷的总长度比直线式大。随着折返数的增加，折返式开拓斜巷的直线段总长度基本保持不变，其转弯曲线段的总长度则随之增大。螺旋式开拓斜巷整条线路无直线段，其线路的几何形状近似于圆柱螺旋线。

螺旋式开拓斜巷由于无转弯曲线段的缓坡，其线路比折返式开拓斜巷短，巷道工程量比后者少20%~25%，这是螺旋式开拓斜巷的主要优点。但是，螺旋式开拓斜巷的掘进比较困难（例如测量定向，路面外侧超高等）；司机的视野有限，行车的速度不快，而且安全性差；车辆内、外侧的轮胎始终处于差速运行状态，轮胎的磨损较大；巷道的路面不易维护。就开拓斜巷布置的

灵活性而言，螺旋式开拓斜巷最好，折返式开拓斜巷次之，直线式最差。

螺旋式开拓斜巷通向矿体的阶段或分段石门，大致位于同一垂直面上。折返式开拓斜巷沿矿体走向布置时，通向矿体的阶段石门有些位于矿体走向的中央，有些则位于矿体的两翼。因此，如果通过折返式开拓斜巷用卡车把矿石运输到地面，较难符合运输功最小的原则；当阶段石门位于矿体的一翼时，形成阶段的单翼开拓，阶段的开拓速度减慢，影响上、下相邻阶段生产的衔接；若无采准斜巷而自开拓斜巷直接与采场的分段或阶段联系时，开展回采工作很不方便，回采顺序有时为石门的位置所制约。折返式开拓斜巷的倾斜直线段越长，上述问题越突出。

联合斜巷通常采用直线式，或仅折返一、二次的折返式线路（采用折返式时，用多台皮带运输机接力运矿）。应用平行的双斜巷开拓矿床时，一般也采用直线式线路，以减少开拓工程量，便于开拓斜巷的设计与布置，有利于加快掘进的速度。

运输矿石的主斜巷，大、中型矿山的服务年限长、辅助运输繁忙的副斜巷，均宜采用折返式线路。后者虽然基建费用高，但生产期间的运输经营费用低。运输量不大的中型矿山的副斜巷可采用螺旋式线路。

无论是折返式还是螺旋式开拓斜巷，其近地表的线路均可用直线式。靠近矿体后，螺旋式开拓斜巷的螺距取决于其所要联系的分段或阶段高度。当服务的高度一定时，折返式开拓斜巷的倾斜段的长度越大，折返的次数越少。倾斜段的长度取决于开拓斜巷所联系的分段或阶段高度、开拓斜巷的坡度、所要求的石门相对位置、所服务的矿体走向长度等因素。这长度不宜小于40~50米，否则，将失去折返式开拓斜巷的优点，就不如选用螺旋式开拓斜巷了。

二、开拓斜巷的布置

开拓斜巷的位置取决于地面选厂的位置、工业场地的总体布置、矿体上、下盘岩层的条件、矿体开采后的围岩移动范围、矿