

国外机械工业基本情况

地下矿用无轨自行设备

南昌矿山机械研究所 主编

机械工业出版社

一九八六

内 容 简 介

本资料为《国外机械工业基本情况》的地下矿用无轨自行设备部分,也是1980年出版的《井下内燃无轨设备》的续编。内容主要介绍国外地下矿用无轨自行设备的发展概况及趋势,新结构、新技术的采用和新产品的发展,各主要制造厂家的产品系列、结构和性能,科研试验、制造、使用和维修。

出版说明

机械工业肩负着为国民经济各部门提供技术，适应四化建设的需要，必须大力发展机械工业。上水平、提高经济效益，是今后一个时期机械工业的战略任务。为了借鉴国外机械工业的发展道路、措施方法和经验教训，了解国外机械工业的生产、技术和管理水平，以便探索我国机械工业具有自己特色的发展道路，我们组织编写了第三轮《国外机械工业基本情况》。这一轮是在前两轮的基础上，更全面、系统地介绍了国外机械工业的行业、企业、生产技术和科学研究等方面的综合情况，着重报道了国外机械工业七十年代末和八十年代初的水平以及本世纪末的发展趋向。

第三轮《国外机械工业基本情况》共一百余分册，参加组织编写的主编单位包括研究院所、工厂和高等院校共一百余个，编写人员计达一千余人。本书为《地下矿用无轨自行设备》分册，主编单位是南昌矿山机械研究所，编写人员罗仁如，责任编辑李尔斌。

机械工业部科学技术情报研究所

目 录

第一章 概述	1
第一节 地下采矿与无轨自行设备	3
一、地下采矿的现状及其在采矿工业中的地位	3
二、无轨自行设备促进了地下采矿的发展	5
第二节 无轨自行设备简况	7
一、无轨自行设备在地下矿山的使用	7
二、无轨自行设备制造和发展简况	9
三、无轨自行设备的发展前景	13
第二章 无储仓装运机	15
一、简介	15
二、近十年发展特点	15
第一节 内燃无储仓装运机	18
一、无储仓装运机的动力源	18
二、内燃无储仓装运机的技术经济性能	21
三、内燃无储仓装运机的组成、特点及新发展	24
第二节 电动无储仓装运机	29
一、电动无储仓装运机发展的必然性	29
二、电动无储仓装运机的发展简史	32
三、电动无储仓装运机的优越性及其存在的问题	36
四、电动无储仓装运机的使用	38
五、电动无储仓装运机的结构	38
第三节 新发展的无储仓装运机	46
一、蓄电池式无储仓装运机	46
二、架线供电式无储仓装运机	53
三、小宽度无储仓装运机	56
四、遥控无储仓装运机	64
第四节 无储仓装运机的主要制造厂家及其产品	73
一、美国瓦格纳采矿设备公司	74
二、美国埃姆柯采矿机械公司	82
三、联邦德国GHH公司	93
四、加拿大贾维斯-克拉克股份有限公司	102
五、法国采矿设备公司	107
六、苏联矿山机械科学设计研究所	114
七、联邦德国肖波夫机械制造有限公司	118
八、芬兰ARA公司	121
九、澳大利亚赫伍德·巴格绍有限公司	125
十、美国厄尔玛克公司	128
十一、美国罗姆工业公司	129

十二、联邦德国沙士基特机械制造和设备股份公司.....	131
十三、其他生产厂家.....	131
第三章 其他无轨自行设备	133
第一节 凿岩台车	133
一、概况.....	133
二、近年来新发展的液压凿岩台车及其制造厂家.....	156
第二节 地下矿用汽车	193
一、概况.....	193
二、地下矿用汽车发展的简史、现状及趋势.....	198
三、地下矿用汽车的生产厂家及其产品.....	208
第三节 辅助车辆	257
一、概况.....	257
二、辅助车辆发展的简史及特点.....	258
三、设备及厂家简介.....	262
第四章 无轨自行设备有关技术的新进展	287
第一节 无轨自行设备用轮胎	287
一、地下矿用轮胎使用现状.....	287
二、地下矿用轮胎的基本型式及新型轮胎.....	289
三、提高轮胎寿命的措施.....	294
四、轮胎使用中注意事项.....	297
五、无轨自行设备轮胎的发展趋势.....	297
第二节 减少井下环境污染的新进展	298
一、概况.....	298
二、矿用柴油机排放物及其检测.....	299
三、柴油机排气控制新进展.....	312
四、通风.....	329
五、无轨自行设备的噪声控制.....	334
第三节 其他	338
一、有色金属地下矿山对无轨自行设备的采矿技术要求.....	338
二、对无轨自行设备配套使用的采矿技术要求及原则.....	345
三、无轨自行设备的维修.....	346
四、无轨自行设备的试验、检测及其有关的国际标准.....	351
五、用户对无轨自行设备的改进意见和设想.....	354

第一章 概 述

自从五十年代初期出现无轨自行设备以来,已有三十多年历史。近十年来,无轨自行设备在地下矿山得到了更为广泛的推广应用。它们不但被众多的地下有色金属矿和铁矿采用,而且在煤矿和钾盐矿等矿井中的应用也日渐增多。如美国、加拿大1981年地下煤矿中使用的无储仓装运机就占其地下矿山中拥有的无储仓装运机总数的五分之二,目前,仅蓄电池无储仓装运机,在美国地下煤矿中就使用了一千余台;英国也很重视发展无轨自行采矿设备。据1981年英国《采矿杂志》编辑部调查,西方世界约有85%以上的地下矿山不同程度地采用了无轨自行设备,其中年产量在50~300万吨以上的占70%。在七十年代,苏联就有四分之一的矿山使用了无储仓装运机,这些矿山矿石产量占地下矿总产量的80~85%;八十年代初,苏联已有六十多座地下矿山采用了无轨自行设备。国外地下金属矿山已形成以无储仓装运机为主的装运体系,无轨自行设备的采矿比重已达三分之二以上。1964年,使用无储仓装运机的矿山还不足20个,而到1984年,则已增到数百个了。

由第一批所谓“基础机型”的无轨自行设备在矿山投入使用开始,经过世界各国地下矿山的使用和制造厂家的不断改进和完善,无轨自行设备得到了迅速发展。主要设备的系列化、通用化,辅助设备的“成龙配套”,特别是近十年来电力驱动、遥控技术和计算机技术在设备上的采用,新型的无轨自行设备不断涌现,大大加强了无轨自行设备对各种复杂的采矿技术条件的地下矿山的适应能力。如无废气污染、可在通风困难地区作业的各种电缆供电、架线供电或蓄电池供电的电动无储仓装运机;可在危险区域作业、几乎100%回收矿物资源的遥控无储仓装运机;可装备内燃和电力两种动力源的无储仓装运机(如Eimco922型);可在窄矿脉、狭小巷道使用的小宽度、微型无储仓装运机(如CT500HE型);可利用配装十余种附件的“快速拆卸装置”、“一机多能”的无储仓装运机(如Eimco913型);可进行凿岩和装运多种作业、同时装备了凿岩机和铲斗凿装两用的无储仓装运机(如法国minifore FV和FH型);可控制台车的定位调节、钻臂移动和凿岩等各种功能的计算机控制的凿岩台车(如芬兰坦洛克公司Datamatic系列计算机控制的凿岩台车);可自动控制钻臂和凿岩机的全部动作、安装了可储存90种布孔模式的微电脑的凿岩台车(如法国蒙塔伯特公司的pantofore双机凿岩台车);可在一小时内以任何角度安装50根任何类型锚杆的锚杆台车(如瑞典阿特拉斯-科普柯公司的Boitec H370型);可在高达4.5~5米的平巷和采场中作业,而且可使操作人员免受机器震动和粉尘威胁的无线电遥控顶板撬毛车(如法国Liebberr911C型顶板撬毛车);可手控,也可自动控制的遥控式混凝土喷射装置(如1982年在日本太平洋煤矿公开展出试验的遥控混凝土喷射装置);……等等,即是其中数例。

为了使无储仓装运机充分发挥其高效能,提高以它为主的地下采矿作业的机械化水平,许多矿山加快了辅助作业机械化的步伐,因此,促使与无储仓装运机配套的其他无轨自行辅助设备也相应地得到了发展。凿岩台车、地下矿用铰接式自卸汽车、装药车、炸药运输车、混凝土喷射车、锚杆台车、顶板撬毛车、人员运输车、材料车、加油车、维修车、管道安装车……,多种多样的辅助设备,全面地提高了地下矿山的机械化程度和劳动生产率。目前,国外机械化程度较高的先进地下矿山,其主要作业的机械化程度约达95%,辅助作业的机械化程度达65%。今后,国外地下矿山还计划使辅助作业的机械化水平,从当前的60~70%

提高到90%。1980年到1984年,苏联地下矿山的机械化水平已从55%提高到57.2%。1970年到1980年,苏联有色金属矿地下矿山进行技术改造,无轨自行凿岩、装运和辅助设备在该期间增加了两倍多,数量约达2200台。地下矿山无轨自行配套设备的应用,使矿山达到了更高的经济指标:有色金属矿山开采量增加两倍;地下矿工劳动生产率提高50~80%;采场劳动工人生产力增加了1~2倍,每吨矿石开采成本降低了10~20%,采场劳动生产率 达120~160吨/人·班。1975年到1980年,其工人劳动生产率提高了20~50%;特别是在哲兹卡兹干各大型矿山,该项指标达到了7米³/人班左右,比其他有色金属矿山要高1~3倍。七十年代末,使用无轨自行设备的有色金属矿山采矿量比1975年提高了60~80%。1984年,苏联采用无轨自行设备采矿新工艺的采矿量比1980年增多了23%,其比重已占总采矿量的49.6%,回采工作面工人劳动生产率提高了50~100%。矿山采准工程中采用了无轨自行设备和各种掘进机组,水平巷道的掘进速度提高了1~1.5倍。1984年用它们掘进的巷道量比1980年增加了49.2%,占总掘进量的13%。

近十年来,西方国家地下矿山数量基本没有增加,但矿石产量却增加了一倍以上。如瑞典基鲁纳铁矿,1960年产量为1100万吨,1980年增加到2000万吨以上(7.4万吨/昼夜),二十年间翻了一番,净增一千多万吨。又如瑞典波立登(Boliden)矿在过去25年中,采用无轨自行设备进行设备更新,劳动生产率平均提高2.5倍,由1960年每1000个地下工时约生产1000吨矿石和200吨废石,提高到1984年每1000个地下工时生产矿石和废石2800吨(详见表1),效率最高的乌登矿则每1000个地下工时生产多于4200吨的矿石和废石(该指标可能是世界上效率最高的)。

表1 瑞典波立登矿采用的设备与劳动生产率

时间 项目	1960年	1970年	1980年	1984年
凿岩设备	100%气腿式凿岩机	100%气动凿岩机和凿岩台车	电动液压凿岩机和凿岩台车完成公司总凿岩量的70%	电动液压凿岩机和凿岩台车完成公司总凿岩量的90%
装载设备	100%电耙	Cavo气动装岩机完成公司总装岩工作量的80%;内燃无储仓装运机完成公司总装岩工作量的10%。	内燃无储仓装运机和电动无储仓装运机分别完成公司总装岩工作量的90%和10%。	7台电动无信仓装运机(其装岩量为7吨和12吨,为芬兰Toro和西德GHH公司所产;还有美国瓦格纳公司的装岩量为7吨的电动无储仓装运机)
每1000地下工时的平均劳动生产率	约生产1000吨矿石和200吨废石	生产矿石1200吨和掘进废石150吨	生产矿石2300吨和掘进废石100吨	两项指标(生产矿石和掘进废石)共达2800吨

由于各种先进的、新型的无轨自行设备的发展和辅助设备的配套使用,无轨自行设备在地下矿的生产中,发挥着越来越大的作用。老矿采用无轨自行设备进行技术改造,新建矿山也都趋向于采用无轨自行设备。如苏联黑色和有色金属矿的地下开采中,今后技术发展的主要方向之一是广泛采用无轨自行设备。苏联科学院及一些企业的研究所确定,今后改善金属矿地下开采工艺与技术装备的基本原则之一是:利用大型设备,首先是利用无轨自行设备实现地下采矿的主要作业和辅助作业的综合机械化。苏联政府决定,在1990年以前,应当大量增加无轨自行设备的总拥有量。苏联在今后十五年内采矿工业发展的基本方向中规定:地下矿山,凡有可能者都应当全面向采用无轨自行设备的新工艺过渡;并要进一步扩大无轨自行式辅助机械的型谱,组织这些设备的批量生产。

在西方国家,无轨自行设备日益完善和普及。他们预测,在公元2000年以前,地下金属矿山机械化的基本方针仍将是发展各种无轨自行采掘和辅助设备。

瑞典有95%以上地下矿山采用了无轨自行设备。瑞典不仅率先建成了世界上第一座液压凿岩、无轨运输的“无轨矿山”,而且在当今世界地下矿山步入以液压、电力、遥控和计算机技术为代表的八十年代“第四代地下矿山”时,又第一个在霍恩特拉斯克矿,建成了采用电动无储仓装运机的全电力、全液压凿岩化的地下矿山。随着无轨自行设备在地下矿山的进一步推广应用,随着更先进的新型无轨自行设备的出现,世界各国地下开采的面貌必将发生更深刻和更大的变化。

近十年来,由于无轨自行设备的迅速推广,新的、先进的采矿方法、采矿工艺和其他采矿设备等在地下采矿中的应用,促使地下矿山(特别是地下金属矿山)的生产面貌发生了很大变化:采矿作业的机械化程度日益提高,生产规模逐步扩大,采矿强度和工效大幅度上升,采矿成本逐渐降低。今后,这种趋向将日益深化,地下无轨自行设备将继续朝着开采高效化,主要作业和辅助作业综合机械化,部分采掘机械向遥控过渡的方向发展。

第一节 地下采矿与无轨自行设备

一、地下采矿的现状及其在采矿工业中的地位

1980年,英国《采矿杂志》社第十四届年度采矿活动调查中,调查了年生产能力达到或超过15万吨的金属与非金属矿山1092座。他们开采矿石约24亿吨,占西方世界每年矿石总产量约27亿吨的90%,其中地下矿和露天矿的产量几乎相当。占西方国家矿石总产量10%的年产矿石能力在15万吨以下的矿山,约有六千多座,其中有些矿山是开采高价金属或矿物的不可忽视的重要生产者。

1984年,英国《采矿杂志》社第十八届年度采矿活动调查材料表明,西方世界在金、银、铂、铜、铝、锌、锡、汞、铋、铅、铁、镍、锰、铬、钨、钼、钽、铌、钽、钛、铀、石棉、硼砂、金刚石、硝石、磷酸盐、钾盐、黄铁矿和天然碱等29种金属和非金属矿物的开采中,年产矿石超过15万吨的矿山共有1220个(其中地下矿山约671座),其矿石产量约占西方世界矿石产量的90%。其余10%的矿石产自年产矿石小于15万吨的矿山。后者的矿山数目占绝大多数,估计在6000~7000个。表2列出各大洲及部分国家不同生产规模的地下矿山个数(年产矿石量分为五个等级:15~30万吨、30~50万吨、50~100万吨、100~300万吨、超过300万吨)。

又据有关资料统计,当今整个西方国家共有大型地下矿山645个,其中年产量为100~300万吨的150个,占23%;年产量大于300万吨的62个,占9.6%;500~1000万吨的矿山约有二十多个;另外还有几个超过1000万吨的矿山。从地下矿山的规模看,大型地下矿山的数目还不多。其中年生产能力超过1000万吨的地下矿山有:瑞典LKAB公司的基鲁纳矿和玛姆贝里耶特矿;智利的埃尔特尼恩特矿;美国亚利桑那州的圣·曼纽尔铜矿;苏联基洛夫斯克地区的一些大型磷灰石矿;年产能力为500~1000万吨的地下矿有:澳大利亚的艾萨山矿(艾萨·芒特矿);加拿大萨德伯里地区的国际镍公司所属的弗路德斯多佩矿;美国科罗拉多的亨德森钼矿和克里马克斯矿,密执安州的白松矿;赞比亚的穆富利拉矿;苏联的一些矿山及波兰的一些铜矿……。

地下矿山的大型矿山数虽不如露天矿那么多,但其产量可观。特别是地下矿矿石的品位

高,所以地下矿山生产的金属量占有很重要的地位。如铁和铜矿石,露天采矿虽占了绝大比例,但每销售一吨商品铁,需露天原矿3.3吨,而地下原矿则只需1.7吨;每选出一吨铜金属的精矿,要189.4吨露天原矿,而地下原矿则只需109.9吨。苏联有色金属矿山地下矿产量虽然只占总量的35%,但由于地下矿品位高,其金属量却占总量的50%。再以地下金属矿山为例,在七十年代末期,全世界每年仅金属矿石的产量即已超过21亿吨,其中地下采矿约9亿吨,占总量的43%。

表2 1984年西方国家年产矿石大于15万吨的地下矿山数

国 家 和 地 区	15~30万吨	30~50万吨	50~100万吨	100~300万吨	7300万吨
加 拿 大	26	26	20	19	14
美 国	17	11	16	22	11
北美洲小计	43	37	36	41	25
智 利	1	1	1	2	2
秘 鲁	8	9	7	1	1
中南美洲小计	43	19	22	8	4
大洋洲(澳大利亚)小计	8	6	7	5	1
西 班 牙	4	2	3	6	/
法 国	9	4	6	9	2
联邦德国	1	2	3	6	2
瑞 典	10	3	3	3	2
西欧小计	38	25	27	32	6
南 非	7	12	15	30	22
赞 比 亚	1	1	1	3	4
非洲小计	23	24	35	47	28
菲 律 宾	5	1	2	2	3
日 本	9	4	3	1	/
亚洲小计	39	16	12	5	4
西方国家总计671	199	127	139	138	63

地下矿山的巷道掘进工作量也很大。目前,全世界仅有色金属矿山采用机械化掘进的巷道,平均每年达到4.5万米,占掘进总量的四分之一。

地下开采,不但在以其为传统采矿方法的国家占有重要地位,如瑞典、法国、联邦德国、芬兰、日本和南非等国的金属矿石,主要靠地下开采;而且,即使在露天采矿发达的国家,也受到越来越大的关注,地下采矿的比重也得到了进一步的提高。因为金属矿山随着不断地开采,愈来愈深,而新发现的矿床又多属埋藏较深的;再加上地下矿山对环境污染较易控制,所以地下采矿受到各国越来越大的重视。如加拿大卢坦(Ruttan)露天矿,在1979年,采用露天和地下联合开采,近年来,露天矿储量业已采尽,现已完全转入地下开采。

美国露天开采发达,但近年来对发展地下开采技术极为重视。美国铅、锌、锑的100%,钨的96%,银的63%,金的54%(均按矿石量计)是靠地下开采的。钾盐、天然碱的全部也

是靠地下开采的。美国并拥有一些世界著名的大型地下矿山。如年产2000万吨的圣·曼纽尔铜矿，年产1000万吨左右的克莱马克斯钼矿与亨德森钼矿，年产400万吨以上的绿河天然碱矿、卡尔斯巴特钾盐矿以及白松铜矿等等。

美国1978年财政年度用于采矿业的计划总经费为636万美元，其中地下开采占了47%，1979年财政年度用于采矿业的计划总经费为666万美元，其中地下开采占37%。

美国矿业局鉴于地下开采法适于开采稀缺矿物，且其作业条件艰难，所以把重点工作放在地下开采上，并制定关于改进地下金属矿和非金属矿的开采技术的研究计划。

加拿大露天开采虽然发达，但很重视地下开采方法。近年来它在距磁北极133公里的小康尔沃岛上，开发了一座最北的地下矿——北极星(polaris)铅锌矿。该矿于1982年初投产，日生产能力2200吨，可采储量1800万吨。

苏联仅有色金属地下矿山一年的掘进工程量就超过1000公里，所以其地下开采的总量也是可观的。

由于地下开采受到空间限制，亦即意味着地下矿所需的设备数量，职工人数比露天矿多；有效工作时间较露天矿短；……所以地下开采的工时成本比露天矿的高出一倍左右。为了克服地下采矿的这些缺点，降低地下开采矿岩的生产成本，增强地下采矿的生存力、竞争力，国外有人提出地下采矿露天化，进行大规模的地下开采，以便将露天矿的采矿原理用于地下采矿。而目前的无轨自行设备的机械化回采和垂直漏斗后退式回采（以分开的或组合的方式）相结合，则已使地下采矿具有了以前只有露天采矿才具有的大规模生产的许多优点，使地下矿获得了新生。

因此，从地下采矿在矿业生产中的地位和其发展趋势来看，地下采矿今后必将得到进一步的发展。

二、无轨自行设备促进了地下采矿的发展

无轨自行设备具有机动、灵活、高效、多能等许多优越性，地下矿山采用它们以后，劳动生产率得到了很大的提高，产量也不断地在增加，从而促使地下矿山的生产规模不断扩大。生产面貌发生较大的变化。我们可以毫不夸张地说，无轨自行设备的采用促进了地下采矿的发展。

近十多年来，地下采掘、装运设备的三大技术特点是：无轨（轮胎）行走；以柴油发动机为动力源（七十年代末以来，又发展了电力驱动）；液压传动。

无轨自行设备集三大技术于一身，再加上辅助设备的完善化、配套化，终于使它们成为地下矿生产中机动灵活，使用范围广，产量大，效率高的设备。它们既适应了地下采矿中凿岩、装药、装载、运输、倾卸、井壁支护及各种辅助工作（如二次破碎、清理等）的需要，又减轻了劳动强度，使开采工作更强化和集中，对提高地下采矿的产量和效益起了决定性的作用，促进了地下采矿的发展。

1. 地下金属矿山的生产规模不断扩大

地下采矿受到工作面空间的限制，从而使其工时成本比露天矿高。要想降低地下采矿的生产成本，一方面要求有机动灵活的设备适应这种生产环境，亦即采用无轨自行设备；另一方面则应该尽量减小这种空间限制的影响，亦即不断扩大地下矿山的生产规模，以便于采用无轨自行设备。

据英国《采矿杂志》统计，国外地下金属矿山的生产规模近十年来在不断扩大。1970年，

国外（不包括苏联及东欧国家）年产矿石大于300万吨的地下金属矿只有19个，而1982年迅速增至47个，1983年发展到62个，1984年则发展到68个了。

2. 地下矿山的劳动生产率不断提高

苏联有色金属地下开采中，大力推广无轨自行设备，目前已有六十多个矿山在不同的矿山地质条件下采用这种设备。如生产商品矿达1.25亿吨的乌克兰，它的一些地下矿，采用成套的无轨自行设备：凿岩台车、无储仓装运机、装药车、支护设备和其他能提高劳动生产率和掘进速度的设备。

水平巷道掘进使用成套无轨自行设备后，劳动生产率提高了2~4倍（从2~2.5米³/工班提高到8~10米³/工班）；多工作面掘进的劳动生产率则可达20~25米³/工班。

在回采、掘进作业工作面采用无轨自行成套设备（包括：单机或双机深孔凿岩台车、双机或三机浅孔凿岩台车、斗容1~6米³的内燃无储仓装运机、气动装运机、电铲、20吨和45吨自卸汽车）可以大大提高技术经济指标：与采用非自行设备相比，回采工作面工人劳动生产率提高了1~2倍（达到30~90吨/工班）；平巷掘进工效平均提高1~3倍（达到6~16米³/工班）；每吨矿石的采矿成本降低了10~20%。

各种不同采矿方法使用成套无轨自行设备时，回采工作面工人的劳动生产率与使用移动式设备时，回采工作面工人劳动生产率的对比如表3所列。

表3 工作面工人的劳动生产率

采 矿 方 法	回采作业(吨/工班)		掘进作业(米 ³ /工班)	
	无轨自行设备	移动式设备	无轨自行设备	移动式设备
房柱法	40~80	20~60	4~16	3~8
阶段矿房法	30~100	20~50	4~9	2~3
分段法	30~70	20~40	4~7	3
分段崩落法	30~50	20~30	4~7	2~3
阶段崩落法	100~150	50~90	6~8	3
全面分层充填法	25~35	14	3	2

苏联哲兹卡兹干等23个金属矿山公司采用无轨自行设备的高效采矿法后，其工作面工人生产率提高33~50%，作业成本降低25~30%。

对以采用无轨自行设备为基础而进行技术改造的矿山，矿工劳动生产率的提高和开采成本的降低也是比较可观的，矿井和区段的平均生产能力提高1~4倍，回采工作面和采场的生产能力从100~200吨/昼夜增长到300~2000吨/昼夜；平巷和斜井掘进速度由30~60米/月增加到100~300米/月。

西方国家由于采用无轨自行设备也大大地提高了劳动生产率。如占法国铁矿石产量95%的洛林铁矿区采用房柱法开采，其全员劳动生产率，1967年为21吨/人班，1979年翻了一番，为43吨/人班，1980年又达到44.85吨/人班。又如加拿大鹰桥镍公司斯特拉氏柯纳矿(Strathcona)每日工作两班，日产矿石7528吨；在充填法采场用无储仓装运机和电耙装运，无轨自行设备提高生产效率近68%。

主要采用地下开采的瑞典、芬兰等国的金属矿山，其全员劳动生产率平均都在20吨/人

班以上。如芬兰奥坦马基铁矿 (Otanmaki) 凿岩设备为凿岩台车, 工作面出矿采用无储仓装运机, 其井下工人劳动生产率达40吨/工班; 又如瑞典的斯特拉萨铁矿 (Strassa) 采用凿岩台车凿岩、无储仓装运机工作面出矿, 井下工人劳动生产率高达86吨/工班; 瑞典位于北极圈附近的莱斯瓦尔铅矿, 年产矿石150万吨, 按工时计全员劳动生产率达到了7.2吨; 瑞典马姆贝里耶特铁矿的掘进小组共12人, 分两班作业, 在坚硬的铁矿石中开掘断面21.2米²的分段巷道, 采用凿岩台车和卡特皮勒980型装载机等设备, 平均日进尺26米 (计划为30米), 装矿量2200吨。掘进工工作面工效为2.2米/工班, 以矿石量计为183吨/工班。

3. 地下矿山的产量不断增加

1970~1980年, 特别是1976~1980年苏联在有色金属地下开采中大力推广无轨自行设备, 其无轨自行式凿岩、装运和辅助设备台数翻了一番以上, 总共有2200台左右。采用这些设备的六十多个矿山, 其采掘量增长37.5%。无轨自行设备采出的矿量占总产量的43%。七十年代末, 苏联有色金属矿山使用内燃无轨自行设备, 所采矿量即比1975年提高60~80%; 而在1970~1980年这十年中, 苏联采用无轨自行设备的地下有色金属矿山的开采量则提高了两倍。

近十年来西方国家地下矿山数量基本没有增加, 但矿石产量却增加了一倍以上。

第二节 无轨自行设备简况

由于受到矿山劳动力、工资、原材料、能源费用上涨和服从政府关于健康与安全的规章制度等方面压力的影响, 地下采矿设备的使用者和制造者不断地发展新的、高效率的生产工具, 以维护矿山和企业赖以生存的必须的利润。地下采矿的趋势仍然是向着提高机械化、为通过更好地利用炸药比和连续运输方案来提高生产率的方向发展。所以, 无轨自行设备、井下大孔径爆破和运输机的应用, 占有了主要地位。

近十年来, 新型无轨自行设备的问世比过去多得多。各种动力源的主要作业设备、配套的辅助作业设备都得到了进一步的发展。产品的品种、性能、质量和数量均有很大发展。总之, 无轨自行设备进入了一个新的发展阶段。

一、无轨自行设备在地下矿山的使用

1. 无轨自行设备的数量及其使用

据《世界采矿设备》杂志1984年4月报道, 自1975年以来, 西方国家地下矿用柴油设备已近三万台。

全世界共有无轨自行设备25000台以上。

1981年苏联无轨自行设备的拥有量在2200台左右, 其中无储仓装运机约为500台。到1985年, 其无轨自行设备计划增加到11500台。

据世界采矿杂志1982年1月报导, 一个普通的地下矿山使用辅助车辆的数量, 为无储仓装运机或地下矿用自卸汽车的4倍。

无轨自行设备在地下矿山中的使用越来越广泛。1978年《工程与采矿杂志》编辑部对世界上150个大型地下矿山进行了调查。在回信的65个矿山中 (其中金属矿占回信矿山总数的86%), 有40个矿山 (约占61%) 采用各种型式的台车进行凿岩, 有超过80%的矿山采用无储仓装运机进行装矿和运输。地下柴油机的数量 (包括辅助设备在内) 平均各矿为50台。多者, 如瑞典基鲁纳的基鲁纳瓦拉矿使用了550台柴油机。

英国采矿杂志有限公司1980年底和1981年初选择了一些地下矿山进行了调查。在收到的143座非煤矿山的答复中,有126座使用无轨自行设备(约占88.1%)。若再加上5个煤矿及该杂志编辑部补充资料的18个矿山(其中煤矿1个),则共有166座矿山的资料,其中采用无轨自行设备的矿山达到145座,约占87.3%,详见表4所列。

表4 采用无轨自行设备的矿山

地 区	回信数	补充资料 的 矿 山	使用无轨 自行设备 矿 山 数	采用无轨自行设备的采矿方法					
				房柱法	充填法	分段崩落 或空场法	自 然 崩 落 法	VCR 法	混合法及 其 它
南 非	14+2 个煤矿	2	13	1	1	3	1	1	6
非洲其它地区	9	2	9	0	3	4	0	0	2
澳大利亚	6	0	4	0	2	2	0	0	0
加 拿 大	38	2	35	11	4	12	0	2	6
中南美洲	12	6	15	1	3	4	3	1	6
欧洲其他地区	8	0	8	3	1	2	0	1	1 (留矿法)
芬兰及北欧国家	12	0	12	0	1	8	0	0	3
法 国	4	3	7	2	2	0	0	0	3
联邦德国	10	2	12	8	2	2	0	0	0
印度及日本	6	0	3	0	1	1	0	0	1
英 国	11	1 煤 个 矿	11	10	0	0	0	0	1
美 国	13+3 个 煤 矿	0	13	5	2	0	1	2	3
总 计	143+5 个 煤 矿	17+1 煤 个 矿	145	44	22	38	5	7	29
所占百分比(%)			100	30.34	15.17	26.21	3.45	4.83	20

2. 无轨自行设备适用的采矿方法

采矿工艺与采矿机械化密切相关,二者是相辅相成的。一种采矿机械必须适用于某种采矿方法;而一种新的采矿机械的研制成功,又将推动某种采矿方法的发展,或者促成某种新的采矿方法的诞生。如无储仓装运机即推动原采用电耙出矿的分段崩落法发展成为劳动生产率高、安全性好、采场结构简单、高效的无底柱分段崩落法(阶段矿房法)。

适于采用无轨自行设备的采矿方法有房柱法、机械化充填法、分段空场与崩落法、矿块崩落法、VCR法等。在缓倾斜中厚或水平矿体中较多采用的房柱法,由于它便于无轨自行设备进行机械化作业,所以,它占的比例最大,约达30%;在矿岩稳固的急倾斜厚矿体中较多采用的分段空场法,在瑞典占主导地位的无底柱分段崩落法等,也是较多采用无轨自行设备的一种采矿方法,其所占比例达到了26%多。房柱法和矿房法二者,在采用无轨自行设备采矿的方法中,占了较大的比例,约达60%。此外,近年在国外有较大发展的机械化充填法,由于在采场内布置斜坡道,采矿设备可自由出入,采矿工效可大幅度提高,因此在采用无轨自行设备采矿的方法中,也占了一定的比例,达到15%。

采用无轨自行设备的各种采矿方法所占的比例，详见前面表4所列。

二、无轨自行设备制造和发展简况

地下采矿设备受到工作面空间的限制，生产对象是坚硬的岩石，所以要求设备具有突出的灵活性和适应性，同时要求结构简单，结实耐用，维修方便，可用率高，以提高设备的生产效率。为了尽快尽早地生产性能好，适用性强的高质量产品，加强竞争力，扩大所占有的市场，矿山设备制造公司主要致力于改进采矿工业中现有的可采用的设备，有些设备制造公司，利用计算机进行产品设计，以提高设备的耐用性，操作灵活性，使用方便性、安全舒适性。

苏联有色冶金工业部矿山管理局组织五个主要研究院所（全苏有色金属矿山科学研究设计院、全苏有色金属矿冶科学研究所、乌拉尔铜业科学研究设计院、国立有色金属加工科学研究设计院和中央锡业科学研究所）和36个采选公司对地下无轨自行设备配套结构和组成进行了论证，并把无轨自行设备分为主要工艺设备和辅助设备两大类。

主要工艺设备：用于完成采矿和巷道掘进主要过程的工艺设备。它们包括凿岩、装药、装载和运输机械，以及支护和使巷道处于安全状态的设备。

辅助设备：用于为保证主要设备正常运转和维护，完成全矿性作业的辅助设备。它们包括运输人员、材料、各种技术货物、破碎大块、供给机器燃料和润滑材料、悬挂管道和电缆、安装索具、筑路、修理及其他作业的机械。

主要工艺设备在采区范围内使用，并由它们组成特定条件下使用的回采和掘进的无轨自行设备的配套设备。辅助设备应当供若干采区使用，因此，在矿山服务期内或整个矿山范围内都可使用，它们不列入配套的组成部分。但辅助设备一般用于最繁重作业的机械化，所以它们的作用非常大，而且在不断增多。因此，应当给予足够程度的重视，并且在使用时要正确地进行选择。

苏联地下矿山使用苏联本国生产和进口的主要设备有95种规格，辅助设备有28种规格，其中有不少设备的品种、规格是不适当地重迭的（特别是主要设备），因此，他们综合世界各国的经验，分析新型无轨自行设备科研和设计试制的成果后，建议主要设备配套中应包括25种规格的现代化无轨自行设备。它们有：凿岩台车、自行式钻机、两种形式的装载运输机（无储仓装运机和一般装运机）、运药装药车和撬毛、支护及维护巷道安全的设备各三种；蟹爪式装载机、自行式矿车和混凝土喷射机各两种；矿用自卸汽车一种。

无轨自行辅助设备有16种：运人车、设备和大件运输车、燃料和润滑油供应车、长件和电缆运输车、大块破碎机、筑路和修路车、索具安装车和设备修理车（井下移动式机修站）各两种。

本文为叙述问题方便起见，一般将无储仓装运机、凿岩台车、自卸汽车、装药车、混凝土喷射车、锚杆台车等列为主要工艺设备，其余列为辅助设备。

1. 无储仓装运机

西方世界地下矿山约有6500~7000台；至1980年，苏联有色金属矿山拥有500台以上。

全世界地下矿山每年购置量约为800台。电动无储仓装运机的销售量已增至15%。

据不完全统计，全世界无储仓装运机共有245种型号（中国制造的未计在内），其斗容为0.3米³（CT500HE型）~11.4米³（Eimco920C型）和10.6米³（Schopf L342型）；载运能力为600~17690公斤；发动机功率为30~400马力。

主要制造厂家有:

美国有瓦格纳公司,埃姆柯公司,英格索尔—兰德公司,厄尔玛克公司 (Elmac), 罗姆工业公司 (Rome)。

法国有采矿设备制造公司。联邦德国有GHH公司,肖波夫机械制造有限公司,沙士基特机械公司 (Salzgitter)。

加拿大有贾维斯—克拉克公司。

芬兰有坦洛克公司。

澳大利亚有赫伍德·巴格绍有限公司,玛尔坎—莫尔公司 (Malcom—Moore)。

苏联有矿山机械科学设计研究所。

波兰有弗得努玛公司 (Fadroma)。

日本有川崎和住友公司。

瑞典有渥尔渥公司。

此外还有生产用于地下矿的轮式装载机的美国卡特皮勒公司和瑞典生产气动装载机的阿特拉斯—科普柯公司,以及特勒克斯公司、克拉克公司、克斯公司 (Case) 和国际哈勿尼斯特公司等装载机的生产厂家。

其中,瓦格纳公司的产品,在资本主义世界的市场上占了支配地位,其次是埃姆柯公司、GHH公司、贾维斯—克拉克公司和法国采矿设备制造公司四家公司。

各国地下矿山都爱用本国的产品。

较典型和较著名的无储仓装运机型号有瓦格纳公司的ST-2D型、埃姆柯公司的Eimco-913型和Eimco925型、法国矿山设备公司的CT-500HE型和芬兰坦洛克公司的Toro-350E型。

自1973年以来,电动无储仓装运机在地下矿山的使用日渐广泛,世界上最大的电动无储仓装运机是联邦德国GHH公司的LF-12E型,有效载重12吨,堆装斗容达6米³;美国瓦格纳公司的WagnerEST-8A型,有效载重达12吨,堆装斗容达6.1米³。

各国生产的无储仓装运机,其标准铲斗的额定斗容为0.3~10.6米³。斗容最小的为法国采矿设备制造公司生产的CT500HE型;斗容最大的为联邦德国肖波夫公司的L342型,有效载重达16吨。发动机功率从22~287千瓦。近十年来又发展了电力驱动和遥控技术,使它们可以适应地下矿山的各种不同作业条件。

无储仓装运机使用最广泛的斗容为3.8米³的机型,其比例约占西方市场总量的30%;其次是1.52~1.9米³斗容的机型 (占22%);再次是0.76~1.1米³斗容的机型 (占15%),这三种斗容的机器几乎占了使用总量的一大半 (≈67%)。

2. 矿石运输设备

矿石运输设备主要有柴油汽车和电动汽车;矿石运输车;矿用自卸汽车等。

柴油汽车和电动汽车的制造厂家——杰弗里公司 (Jeffrey), 乔伊公司, NMS公司, 瓦格纳公司;矿石运输车的制造厂家——阿特拉斯—科普柯公司,哈格南特公司 (Hagglund), CFBK公司,埃姆柯公司,贾维斯—克拉克公司,凯尔勃尔公司 (Kaeble), 诺默特公司 (Normet), 法国采矿设备制造公司,鲍斯公司 (paus), 联邦德国GHH公司,格特曼公司 (German), 肖波夫公司,佩鲁西蒂玛 (托罗) 公司 (perusyhitymaToro), 萨布特罗因公司 (Subterranean)。

矿用自卸汽车的制造厂家——DJB公司,尤克利德公司,科克孔公司 (Kockum), 特勒

克斯公司 (Terex), 渥尔渥公司, 韦布克公司。

在车辆选型上, 很多矿山乐意选用国产设备。例如贾维斯—克拉克公司的产品在加拿大市场上, GHH公司的产品在联邦德国矿山, 沃尔沃公司的产品在斯堪的纳维亚地区, 都占优势, 销路很广。

在世界范围的市场上, 各矿山多半选用埃姆柯公司、DJB公司、渥尔渥公司和瓦格纳公司的产品。

受矿山欢迎的制造厂家有DJB公司、埃姆柯公司、贾维斯—克拉克公司、GHH公司、法国采矿设备制造公司、芬兰托罗公司和渥尔渥公司。

车辆使用寿命平均为4年, 最长者达到14年。

每吨矿石运输的轮胎消耗平均为0.1美元/吨, 最少为0.03美元/吨, 最多者则达0.25美元/吨, 二者相差7倍多。

每台汽车的班产量与利用率有关, 变化很大, 从200吨/班到500吨/班; 平均班产量为315吨。

3. 凿岩台车

西方在1979年以前就已经研制出近60种的各种型号的液压凿岩机30000台, 在1982年以前, 仅芬兰的坦洛克公司就生产了一千多台液压凿岩机。这些凿岩机约有40%使用于地下矿山。

现代液压凿岩机已有八十多个品种, 有手持式、导轨式和支架式以及露天液压钻机, 重量为25公斤到1100公斤不等, 以100公斤以上的居多。地下矿山使用的液压凿岩机的重量在100~200公斤之间, 个别的达270公斤。功率为30~75马力, 单次冲击功为15~35公斤·米, 冲击频率为1400~9600次/分。美国乔伊公司制造的JH-2型液压凿岩机, 冲击频率为12000次/分, 可打直径48~76毫米的炮孔, 无钎, 全机仅活塞一个活动件。

国外生产液压凿岩机的厂家有二十余家, 其中最著名的厂家有瑞典的阿特拉斯—科普柯公司和林登—阿利马克公司、芬兰坦洛克公司、法国蒙塔伯特公司和埃姆柯—塞科玛公司。此外还有波勒—维尤公司 (Bohler-VEW), 康佩尔·赫尔曼公司 (Compair Holman), 日本古河公司; 加登纳—丹佛公司, 乔伊公司, 克虏伯公司, 勒罗尹公司 (Le Roi), 白拉德公司 (perard Torque Tension Ltd.), 沙士基特公司 (Salzgitter), 维克特公司; 英格索尔—兰德公司等。它们的产品, 约有一半用于矿山凿岩。

近年来, 为了扩大液压凿岩的使用范围, 又研制了小型液压凿岩台车和重型凿岩机。前者适用于小断面巷道和窄采矿场, 如法国塞柯玛—埃姆柯公司生产的ATH12-17L型、ATH12-1F型, 蒙塔伯特公司生产的Minipantofore型, 瑞典阿特拉斯—科普柯公司生产的Cavodrill H500型和H550型小型电动液压凿岩台车等。重型液压凿岩机有取代潜孔钻机, 用于大直径深孔采矿的可能, 如芬兰坦洛克公司生产的能在坚硬铁燧岩中钻凿直径为230毫米炮孔的超重型液压凿岩机, 其钻速相当于同级牙轮钻机或潜孔钻机的2~4倍。

液压凿岩机钻速快、成本低、节能、作业条件好, 易于实现自动控制, 一人操作多机, 可提高台班工效。它以液压油作动力, 直接驱动冲击器和旋转钎子, 能量利用率可达40~60%, 比气动凿岩机高四倍多, 动力消耗费用只有气动凿岩机的1/3~1/4。其凿岩速度比同样作业条件下的同级气动凿岩机高100~200%, 一般在中硬岩石中平均凿速1~2米/分, 最高凿速可达3米/分以上, 是同类气动凿岩机望尘莫及的。液压凿岩机没有排气的低频噪声, 工作面噪声比同级风动凿岩机低10~15分贝, 同时可消除工作面的排气油雾, 能见度

好,劳动条件明显改善。液压凿岩机及液压凿岩台车的工作机构(钻臂、推进器及补偿机构等),其他动作系统以及操作机构采用单一的液压动力,利于采用微型计算机进行程序控制,实现凿岩工作的自动化。目前国外(瑞典、法国、芬兰、挪威等)均有生产全液压凿岩设备的公司,正在研制微处理机程序控制的全液压自动化凿岩设备。如挪威承包厂商研制的电动全液压三钻臂自动化液压台车,可用于35~90米²的隧洞掘进中,累计钻孔近100万米。

由于液压凿岩设备有上述优点,所以现在不仅新建矿山,而且许多老矿山也广泛使用液压凿岩设备。因此地下矿山的液压凿岩的比例正在迅速增大。如芬兰克莱提铜矿,年产矿石40万吨,虽然剩下的矿量只能开采到1989年,最近仍然用2台paramatic双机液压凿岩台车取代了4台三机气动凿岩台车。1984年,液压台车平均每小时钻凿直径48毫米的炮孔67米(气动台车仅钻凿47米);液压凿岩成本比气动凿岩低40%;机械化程度也有了提高,1979~1983年期间,矿山劳动生产率提高一倍。又如沃诺斯铜矿,1977年开始采用液压凿岩,液压凿岩仅占总凿岩量的12%;而到1982年,其液压凿岩的比例已增至75%(液压凿岩成本仅为气动凿岩的42%;该矿使用的Paramatic双机液压台车,年凿岩量为10.3万米,最高台班效率曾达550米)。

目前,瑞典、美国、法国和芬兰等国几乎全部使用凿岩台车凿岩,苏联也在以台车取代气腿式凿岩。据1978年《工程与采矿杂志》与1981年英国《采矿杂志》的调查,采用各种型式的台车进行凿岩的地下矿山数,约占地下矿山总数的60%以上。

根据瑞典阿特拉斯-科普柯公司1983年的统计资料,该公司1974~1982年底,向世界上三十多个国家销售八种类型的全液压凿岩台车,累计达685台,钻臂1217件,配用的液压凿岩机绝大部分为COP1038系列产品,少量为COP1032及COP1022轻型液压凿岩机。到1983年底,芬兰坦洛克公司,在国际市场共销售了500台全液压凿岩台车,配用该公司生产的各种液压凿岩机。

凿岩台车普遍配备2~3台凿岩机,一般不超过5台。有些台车上设有专门打大直径中心孔的重型钻臂。推进器推力为800~1500公斤力,行程为3~4米,个别的可达5.5米,能保证不换钎打完一个炮孔。瑞典的Boomer H221型双臂台车是这种台车的代表产品,它可一次打成3.8米深的炮孔。

国外既提供凿岩机又提供台车的厂商只有九家阿特拉斯-科普柯公司,波勒-维尤公司,加登纳-丹佛公司,英格索尔-兰德公司,乔伊公司,蒙塔伯特公司,塞柯公司(Seco),SIG公司,坦洛克公司。

上述公司的凿岩机可装于各种台车底盘上,组装成各种形式的台车。

其它生产地下矿山用的凿岩台车的厂家有康佩尔公司、埃姆柯-塞科玛公司、柯夫曼公司(Korfmann)、沙士基特公司和白拉德公司等。它们的产品在地下矿山使用不太普遍。

普遍使用的台车型号是:

阿特拉斯-科普柯公司的Boomer型和Simba型,加登纳-丹佛公司的普通型(Universal型)、小型(Minibore型)和双环型(Twin Ring型),英格索尔-兰德公司和乔伊公司的台车,坦洛克公司的Solo型、Paramatic型、锚杆型(Boltmatic型)和双环型(Twin Ring型),贾维斯-克拉克公司和坦洛克公司的产品配成的台车,日本矿山使用东洋公司的台车,(南非的矿山多用)塞柯公司的台车,塞坎公司(Secan)的台车。(加拿大用)。

台车使用寿命悬殊很大,平均为5.5年,最长者甚至超过30年。