

国外机械工业基本情况

矿山机械

洛阳矿山机械研究所 主编

机械工业出版社

一九八五

内容简介 本资料为《国外机械工业基本情况》的矿山机械部分，也是1979年出版的《矿山机械》部分的续编。主要内容介绍国外矿山机械行业、企业、产品、工艺、材料、电力拖动、液压技术、科研等近年来的新发展及展望。可供矿山机械的制造、使用、科研部门及大专院校等有关人员参考

矿 山 机 械

洛阳矿山机械研究所 主编

*

机械工业部科学技术情报研究所 编辑

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街1号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

机械工业出版社印刷厂印刷

机械工业出版社发行·机械工业出版社书店经售

*

开本 787·1092¹/₁₆ ·印张30³/₄ ·字数 761 千字

1987年8月北京第一版·1987年8月北京第一次印刷

印数0,001—2,000 ·定价: 9.45元

*

统一书号: 15033·7290Q

出 版 说 明

机械工业肩负着为国民经济各部门提供技术装备的重任。为适应四化建设的需要，必须大力发展机械工业。上质量、上品种、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，编写人员达一千余人。本书为《矿山机械》分册，主编单位是洛阳矿山机械研究所，参加编写的单位有洛阳矿山机器厂、南昌矿山机械研究所、沈阳重型机器厂、锦州矿山机械厂、太原重型机器厂、太原矿山机器厂、沈阳选矿机械研究所等，参加编写人员有马明烂、李玉建、高志刚、张志文、罗仁如、孙胜利、郑庆伦、靳德才、胡绪业、储元宏、许东、周芝萍等。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 综述	
第一节 金属露天采矿及设备	1
第二节 露天采煤及设备	4
第三节 地下采矿及设备	10
第四节 井下长壁采煤及装备	13
第五节 选矿及装备	16
第六节 选煤及装备	20
第七节 苏联采、选设备的技术现状	25
第八节 本世纪末矿山机械发展情况的预测	33
第二章 国外矿山机械行业情况	36
第一节 苏联矿山机械行业情况	36
第二节 美国矿山机械行业情况	42
第三节 联邦德国矿山机械行业情况	49
第四节 瑞典矿山机械行业情况	57
第五节 英国矿山机械行业情况	82
第六节 日本矿山机械行业情况	120
第三章 国外矿山机械企业情况	147
第一节 美国矿山机械企业情况	147
第二节 联邦德国矿山机械企业情况	169
第三节 瑞典矿山机械企业情况	177
第四节 日本矿山机械企业情况	184
第五节 英国矿山机械企业情况	195
第六节 苏联矿山机械企业情况	197
第四章 矿山机械产品	203
第一节 钻机	203
第二节 装载机	209
第三节 挖掘机	251
第四节 矿用自卸汽车	265
第五节 矿井提升机	283
第六节 矿用绞车	303
第七节 破碎粉磨设备	319
第八节 选矿设备	351
第九节 选煤设备	385
第五章 工艺、材料、电力拖动和液压技术	398
第一节 矿山机械的加工工艺	398
第二节 矿山机械常用材料	405
第三节 国外基础件发展概况	437
第四节 矿山机械电力拖动技术现状与发展	439
第五节 矿山机械液压技术现状与发展	442
第六节 矿山机械除尘净化装置技术现状和发展动向	448
第六章 科学研究工作	460
第一节 简述	460
第二节 科研机构介绍	460
第三节 各主要协会、学会与国际性学术会议	475
第四节 主要矿业期刊	481

第一章 综 述

第一节 金属露天采矿及设备

一、继续发展大型露天矿

采矿量增加、采场规模扩大。由于长期开发，富矿减少，矿石品位逐年下降。如1956~1977年间，西方国家铜矿原矿品位的年平均下降速度为1.47%。加拿大为2.56%，美国为1.86%，其它各国为3.02%。要保持和增加金属产量，就必然增加采矿量。由于露天开采的优越性，许多国家在条件允许的情况下，都尽可能采用露天开采方式。

从六十年代到七十年代，国外一直在重点发展大型矿山，特别是大型露天矿，来加快矿山工业的发展速度。预计这种趋势在八十年代仍将继续下去。

目前，世界上较大的大型露天矿有美国明塔克露天铁矿，矿石产量为5700万吨/年。加拿大卡罗尔露天铁矿，矿石产量为4500万吨/年。澳大利亚惠尔巴露天铁矿与帕拉布杜露天铁矿，矿石产量均为4500万吨/年。

目前国外已投产或正在建设的年产原矿1000万吨以上（或采剥总量超过2000万吨）的大型露天矿约有60~70座，其中年产矿石4000万吨（或采剥总量8000万吨）左右的特大型金属露天矿约有20座。苏联还准备在八十年代建设3座年产1.2~1.5亿吨矿石的特大型露天铁矿。

1980年西方国家产铜602.2万吨，其中70%是用露天铜矿采出的矿石炼得的。

1983年美国有19座铁矿山，其中有18座露天矿，1座地下矿。苏联用露天法开采的铁矿石达84%以上，1980年露天开采铁矿石4亿吨，矿岩15亿吨以上。

露天矿开采深度在增加。目前最深的露天矿是美国宾厄姆铜矿，深800余米。苏联现有许多露天矿的设计深度达600米，目前有62%的铁矿石采自深度超过150米的露天矿，到1985年，大约有60%的铁矿石将采自深200~250米的露天矿。

剥离物厚度大。苏联新开发的矿床覆盖层厚度达180~200米。

苏联露天铁矿在不久的将来，开采的坚硬矿岩量将增加到80%。另外，随着开采深度的增加，运输距离有可能超过20公里。

二、研究新的采矿工艺、提高矿石产量

国外金属露天矿技术装备水平比较高，加之现代化管理，劳动生产率较高。美国希宾铁矿1979年采剥总量为3000万吨，全矿职工（包括采、选、球团和中央机修）只有1200人，其中采矿和维修人员484名，其劳动生产率为6.2万吨/人·年（矿岩）；米诺卡铁矿年采剥总量1340万吨，矿山职工（包括采矿、维修和管理人员）只有170人，其劳动生产率为7.8万吨/人·年（矿岩）；西雅里塔铜钼矿年采剥总量8000万吨，全矿职工（包括选矿和相应设施）只有1600人，其采选职工劳动生产率达5万吨/人·年（矿岩）。瑞典的艾蒂克铜矿，年产矿石1130万吨，剥岩800万吨，全矿职工170人，其劳动生产率约11万吨/人·年（矿岩）。

但是，以往提高劳动生产率的办法是靠提高主要采矿设备的生产率。以铜矿为例，七十年代投产的露天矿人班劳动生产率比五十年代高1.52倍。然而只靠加大设备的功率和规格是

无法大大提高劳动生产率的，因此要采用新的采矿工艺。

铜矿采矿量和剥离量的增长速度超过了采矿设备功率和生产率的增长速度。当前多数露天铜矿的剥采比已达到2吨/吨，生产5~7公斤铜要从采场运出3吨矿岩。另外，1吨矿石的运输成本已达到总成本的45~50%，随着采场加深，运输成本还将增加。为了提高矿石产量，研究了新的露天采矿工艺。这种工艺尽可能降低剥采比，加大露天采场非工作邦的边坡角，美国内华达州基姆布里露天铜矿的采矿表明，边坡角从45°提高到60°可以安全采矿。采用崩落法可加大露天矿的边坡角。

三、推广大型设备、发展多能源设备、采用新技术、提高设备性能

经过近二十多年的高速发展，国外已生产出了许多金属露天矿用大型或特大型设备，从最近几年看，设备大型化的速度明显放慢，基本处于停滞状态，而转向改进结构、采用多种能源、重视节能和自动化、考虑工作环境的舒适性等方面，总之，重点已放在提高设备性能上。

1. 牙轮钻机

目前，国外大型金属露天矿绝大部分使用牙轮钻机。在有色金属矿中，多使用250~310毫米牙轮钻机，个别为380毫米钻机，而在铁矿中则多用310~380毫米牙轮钻机，个别为445毫米钻机。

美国牙轮钻机在坚硬矿岩中的台时效率约为9~15米，在中硬矿岩中约为15~25米，在软岩中可达30多米，其台班效率则相应为70~100米，100~150米和200~300米。台年效率一般为5~6万米（爆破量600~800万吨），高的可达8~10万米（爆破量1000多万吨）。苏联牙轮钻机的台年效率一般为3~3.6万米，较好的可达4~5万米。美国牙轮钻头寿命在坚硬矿岩中一般为500~600米，在中硬矿岩中可达1000~2000米，在软岩中则可达3000米，甚至6000~7000米。

目前，国外牙轮钻机孔径已达445毫米，轴压已提高到60吨，长钻杆一节可穿凿15~20米深炮孔。

在工作机构和传动系统方面，美国在55-R(II)型钻机上采用弹簧加载单链推压机构。其回转、提升和行走机构均改用交流电机，将电机功率由75马力提高到125马力。

在马里昂公司最新研制的M-3型钻机上，首次采用一台微信息处理机，同时设有电子数字显示装置，可显示主要穿孔工作参数，并进行自动控制。

2. 装载设备

(1) 挖掘机

国外大型金属露天矿的挖掘装载设备仍以电铲为主，但前端式装载机在一定条件下逐渐发展成为主装设备，而拉铲则在比较松散的覆盖层和大水矿床中用于基建工程和剥离作业。

目前的挖掘机和10年前相比，更大型、坚固和高效。国外当前常用的挖掘机斗容为9.2~15.2米³，随着电子计算机的应用和精确的疲劳应力分析，已有可能设计更大型的挖掘机。哈尼斯费格公司在1980年制造的斗容40米³的5700型挖掘机是目前最大的采矿用挖掘机。据悉，有的制造厂家计划发展更大型的挖掘机，从挖掘机本身结构方面考虑，制造更大型挖掘机是有可能的。

在动力传动系统方面，去年美国布赛路斯·伊利公司采用了交流变频系统，这是为矿用挖掘机装备的最新型电子控制系统，这种系统和相当的直流系统相比，具有瞬时功率大、挖

掘加速快，提升、推压和回转各部分运转速度高等优点。由于电刷、整流子等被静态元件所代替，因此维护费用较低。

最近几年，液压挖掘机使用得更加广泛，在某些应用范围内，正在和机械挖掘机竞争。多数液压挖掘机能爬60~65%的坡，作业循环周期约为23~25秒钟。使用寿命大约30000小时。

(2) 前端式装载机

前端式装载机由于具有快速灵活，一机多能和重量轻、造价低、操作方便等优点，近年来在国外一些金属露天矿使用得越来越多，在一些大型金属露天矿已逐渐成为主要装载设备，或同时兼作采装设备和清理采场工作面，修筑和养护道路。混匀矿石，填塞炮孔等辅助设备。预计八十年代，前端式装载机将得到进一步发展，但使用范围将仅限于比较松软的矿岩或块度较小的硬矿岩。

3. 汽车

国外金属露天矿山大部分采用汽车运输。根据矿山条件不同，或采用单一汽车运输，或采用汽车—铁路联合运输，或采用汽车—破碎机—胶带运输机联合运输。

汽车运输多采用电动轮自卸汽车，其载重量由七十年代初的100~120短吨发展到七十年代中的150~170短吨，八十年代初在新建或改建的矿山或在设备更新中，主要采用170短吨的，因为170短吨的电动轮自卸汽车重量利用系数大于120短吨以下的汽车，且其载重量大，运输成本低。有人认为，随着大型电铲的问世和汽车工业的发展，250短吨级的汽车在八十年代中将成为采矿工业的重型载重车辆，而300短吨的汽车则将在九十年代投入使用。

国外金属露天矿使用的电动轮汽车大部分是美国产品。美国生产电动轮汽车的公司主要有4家，生产的电动轮汽车载重量从85~350短吨。苏联现已小批量生产110吨电动轮汽车，有的矿已采用180吨电动轮汽车，计划到1985年可累计生产80台，不久的将来，还可能研制240~260吨级电动轮汽车。

架线式电动轮汽车（辅以摩电装置并直接从网路上获得电源）从七十年代使用以来，由于在生产中具有突出的经济效益，目前国外有些矿山正在改装、试验或考虑采用这种架线式电动轮汽车。这种电动轮汽车以电节油，具有很大节能潜力，它可从网路上供电，可提高汽车运行速度，对长距离重车上坡运输尤为有利。据美国通用汽车公司计算，电动轮汽车从网路供电，可使柴油耗量减少70~80%，虽然耗电量增加，但其费用较低（如以一座年运量800万吨的矿山为例，一年可节省运营费约185万美元）。

国外电动轮汽车效率当运距在2~3公里左右时，120短吨级汽车的台年效率约为80~120万吨，170短吨级汽车约为150~200万吨，美制电动轮汽车发动机的保修期一般为10000小时，实际使用都超过此数。轮胎寿命一般为5000小时左右，有的可达7000~8000小时。

七十年代末国外金属露天矿在汽车运输上的一大进展是采用了电子计算机自动调度技术，这不但有利于提高电铲和汽车的装运效率，而且还降低矿石开采成本。目前，美国、加拿大等国的很多铁矿、铜矿已经或准备采用。

近来，有人认为随着石油产品价格的上涨，将日益重视发展除汽车以外的其他运输系统。

4. 胶带运输机

实践表明，在水平运距1.2公里和垂直运距180米条件下，胶带运输机的每吨矿石的运输成本比汽车运输少71%，每吨岩石的运输成本少31%。目前，国外金属露天矿在使用胶带运输时，大部分采用汽车—破碎机—胶带运输机系统，以充分发挥汽车运输的灵活性和胶

带运输机的优越性，同时减少汽车台数，节约电耗。

在未来10~15年内，苏联有17个露天矿将采用汽车皮带运输工艺，因为据国外资料介绍，大型深凹露天矿山每延深100米的运输成本，汽车运输时能增加50%，而胶带运输只增加5~6%。所以，当大型深凹露天矿开采至一定深度后，采用这种运输工艺最经济。一般来说这种工艺可使矿石开采成本降低25~30%，工人劳动生产率提高30~50%，运输费降低42%，汽车需要量减少35%。

为了提高胶带运输机的适应性，近年来，美国、联邦德国和苏联等国正在积极研制试验露天采场内可移式或半移动式破碎机——运输机系统，当采矿作业向前推进时，可使破碎机随着向前移动，使开采顺序有较大的灵活性。

美国杜瓦尔公司最近研制成功了一套可移动给矿机——破碎机——运输机系统，生产能力可达4000吨/时，选用阿里斯·查尔默斯60~89型（1524×2260毫米）旋回破碎机，已于1982年底在美国西雅里塔铜钼矿投入试验。其主要设备可用履带式运输车分别搬运。这套可移式矿石破碎机系统可根据采矿作业条件的变化，每隔6~9个月移动一次，其移动距离为300~800米，在48小时内即可在新的作业场地快速组装并重新运转。

南非锡兴铁矿在剥离时用载重170短吨的电动轮汽车将废岩运到设在露天底的一台半移动式破碎机，岩石破碎后经胶带运输机系统运往废石场，并用堆积机排土，整个半移动式破碎机系统由联邦德国克虏伯公司及其南非分公司设计制造，选用阿里斯·查尔默斯60~109型（1524×2768毫米）旋回破碎机，排料口尺寸为250毫米，最大生产能力为7000吨/时，年处理量为3000万吨。该系统1982年投产，破碎机组大约每隔5年移动一次，由一台履带式运输车搬运。

目前国外大型露天矿使用的胶带运输机带宽多为1500、1600、1800和2000毫米。个别矿山采用2400毫米。带速多为3.5~4.5米/秒（苏联一般为2~3.2米/秒）。运料最大块度，美国一般为300~350毫米。钢芯胶带强度一般为5000公斤/厘米²，有的达6000公斤/厘米²。胶带寿命约5年。

苏联计划大力推广这种破碎—胶带运输系统，但由于在运输胶带、破碎机、转载机、筛分机、给矿机、排土机等设备的制造和技术上存在问题，最近几年，推广工作进展缓慢。

5. 重视露天矿用辅助设备

辅助设备是保证矿山顺利生产，提高主体设备效率，降低开采成本必不可少的。国外一般露天矿都备有足够数量的推土机、平路机、压道机、吊车、水车、撒砂车、油车、工程车及运送人员和材料的杂用车等。

目前国外使用较多的大型履带式推土机为270~335、385~410和700马力推土机，使用较多的轮胎式推土机为300和400马力推土机。

平路机常用卡特皮勒公司的180马力和250马力两种。

压道机常用英格索尔·兰德公司的SP-60型232马力振动压路机。

水车常用卡特皮勒公司的Cat769型26米³水车。

第二节 露天采煤及设备

一、扩大露天矿规模、主要靠露天采煤增加煤炭产量

目前，国外开发的大型褐煤露天矿年生产能力达2500~4800万吨，储量开采年限至少30年，

露天矿外排开拓量为5~20亿米³。中型露天矿开采年限至少为20年，露天矿外排开拓量为1~2亿米³。小型露天矿外排开拓量为5000万米³。

国外褐煤露天矿趋向于加大开拓深度，民主德国露天矿开拓深度将发展到140~180米，到2000年，世界褐煤露天矿采深将达500米，剥采比为20:1。

据苏刊报导，露天开采的吨煤成本仅为井工的五分之一，其投资仅为井下投资的27%，而劳动效率则比井工高10倍。将露天开采比重增加1%，就可使采煤费用减少7500~8000万卢布/年，人员减少1万人，节约坑木14万米³以上。由于有这样高的经济效益，美、苏、联邦德国、波兰等国都在大力发展露天采煤，并取得显著效果。1980~1981年各国露天采煤技术指标见表1-1。

表1-1 1980~1981年各国露天采煤技术指标

国别	露天矿个数 (个)		露天矿产量 (百万吨)		露天矿产量比重 (%)		露天矿平均工数 (吨/工)	
	1980	1981	1980	1981	1980	1981	1980	1981
美国	3565 (1979)	约3500	43540	44190	59.7	60.3	25.2	25.6
苏联	70	70	26780	27460	37.4	38.7	24.2	
民主德国	35	35	25800	26700	100	100		
联邦德国	17	17	129.9	13060	57.9	59.6	77.8	81.8
波兰	6	7	3690	3550	16	17.9	32.1	
澳大利亚	45	45	94.8	8200	74.4	61.3	32.2	37.6
英国	57		1630		12.1			
捷克		21 (1979)		8400 (1979)		68.0 (1979)		

露天矿或矿区规模继续大型化、集中化。如美国现有露天矿平均规模只有十几万吨，今后十年新建露天矿平均规模将为400万吨，波德河煤田总规模将达20000万吨。苏联1980年露天矿平均规模为370万吨，今后十年提高到1000万吨，坎斯克—阿钦斯克矿区总规模达到5000~10000万吨，美、苏、波兰、民主德国、联邦德国、澳大利亚等国正在建1000~6000万吨的大型露天矿。

当前主要产煤国家继续靠大力发展露天开采来增加煤炭产量。

如美国1980~1989年煤的新增产量将达78000万吨，其中露天矿产量为57600万吨，占总产量的74%。苏联1990年露天煤矿产量将为39000~40000万吨，露天开采比重由现在的38%提高到44~46%。波兰、南斯拉夫、罗马尼亚、捷克等东欧及其他具备露天开采条件的国家均将靠大力发展露天采煤作为增产煤炭的主要途径。

二、美国、苏联主要采用间断开采工艺和设备

世界上采用间断开采工艺开采露天煤矿的国家主要是美国和苏联，苏联在间断工艺设备制造能力及水平方面不及美国。下面就这两个国家的情况分别介绍：

1. 美国

美国适用于露天开采的煤实测储量为1418亿吨，仅次于苏联，占世界第2位，美国露天煤矿产量自七十年代初开始超过民主德国，占世界第一位，1981年以来，平均每年增加1700万吨，是世界上同期露天煤矿产量增长最快的国家。

美国适于露天开采的煤田条件比其他国家优越，煤层埋藏条件比较简单，埋藏较浅，易于回采。

目前，美国还没有采用轮斗挖掘机配胶带运输机的连续开采工艺，只采用了轮斗挖掘机直接排土；或与其他倒堆设备配合剥离的方法。

美国露天煤矿主要是采用间断开采工艺，煤岩预先爆破。剥离主要采用下列工艺：拉铲、机械铲或轮斗挖掘机直接倒堆或者多次倒堆；机械铲或前装机装载、自卸汽车运输；铲运机、推土机配合作业；以上三种工艺相互配合的联合工艺。采煤主要用机械铲或前装机装载，汽车运输的开采工艺。

美国露天煤矿平均规模很小，大约只有11万吨/年，规模大于1000万吨/年的有18个，1800万吨/年以上的有5个。2000万吨/年的2个。

美国是世界上露天开采设备制造能力最大的国家之一，除满足本国需要之外，大量销往国外，因此美国露天开采发展快；除有优越的地质、地理条件外，发达的机械制造业提供了坚实的物质基础。美国露天开采设备规格、品种齐全，拥有世界上最大型的拉铲、机械铲、牙轮钻机、自卸汽车、推土机等。美国露天煤矿的装备水平和主要设备如下：

(1) 穿孔设备

美国露天煤矿至今几乎全用钻爆法。不用炸药的破岩工艺——松裂法刚开始采用，目前使用最多的穿孔设备为孔径250~300毫米的中型牙轮钻机。

(2) 挖掘装载设备

① 拉铲：已生产的拉铲斗容从7~168米³，悬臂长43~110米，为减轻重量，已制成铝合金悬臂。168米³拉铲只生产过一台，矿山常用的拉铲斗容在100米³以下。

② 机械铲：斗容从3~137米³，斗容最大的137米³机械铲用于倒堆，其臂长58米，机重13000吨，只生产过一台。剥离和采煤常用的机械铲斗容为9~23米³。

③ 前端式装载机：近年来前端式装载机发展很快，在中小型矿山中可代替机械铲作为装载设备，美国普遍用前端装载机装煤，斗容最大为27米³，常用的小于10米³。前端式装载机还大量用作大、中型矿山的辅助设备。

④ 螺旋钻：螺旋钻有单头、双头和多头，直径460~2100毫米，孔深45~80米。

(3) 运输设备

美国露天煤矿主要使用自卸汽车运输。载重量从15~318吨。剥离运输常用77~154吨，采煤运输常用32~109吨。新建的大型露天矿多用109吨和154吨的自卸汽车运煤和运岩。

(4) 辅助设备

美国矿用辅助设备品种齐全，如推土机、铲运机、平路机、装药车、洒水车等。

美国现有设备规格已能满足大、中、小型露天矿的建设及生产需要。目前主要是改进设备性能、结构、提高生产能力，使设备操作灵活、舒适。

美国露天矿用量不多的设备，从国外引进。如伊利诺斯州一露天矿的带排土悬臂的轮斗挖掘机是从西德引进的。

下面介绍一个美国的露天煤矿装备情况。

美国卡巴罗·罗约露天煤矿于1975年开始设计和勘测。1982年4月开始剥离表土，1982年11月开始采煤。1983年产量可达150万吨，1984年达200万吨，1987年预计产量500万吨，计划1996年产量达1500万吨。按设计能力，剥离需要5台挖掘机和20辆自卸汽车，采煤需要

2 台挖掘机和19辆自卸汽车。

表土剥离使用铲运机。表土剥离后使用 $\phi 143 \sim 251$ 毫米孔径牙轮钻机穿孔。剥离岩石使用15米³挖掘机装载，154吨电动轮自卸汽车运输，挖掘机配卡特皮勒988型轮胎式推土机平整采场和路面。

煤层用小型钻机和小孔位穿孔爆破。爆破后的煤由25.9米³挖掘机装入154吨自卸汽车运往采场储煤仓。

运输道路用两台卡特皮勒16G型机动平路机和两辆容量为13000加仑洒水车进行维护。

2. 苏联

苏联目前约有70个露天煤矿，1980年露天矿平均规模为370万吨，平均采剥比为4:1。平均开采深度为104米，最深419米。平均劳动生产率为455.5吨/月或24.2吨/班。在开采工艺方面，苏联由于地质条件不一，采用了多种开采工艺，目前正在大力推广连续开采工艺（对软岩），并将半连续工艺作为改造硬岩深露天矿的方向。但到1990年前，仍以间断工艺为主，预计1985年各种开采工艺的剥离量及比重见表1-2。

表1-2 苏联1985年各种开采工艺的剥离量及比重

工 艺		1985年		比1980年提高比例 (%)
		剥离量 (万米 ³)	比重 (%)	
运输开采		83400	67.9	69.9
其 中	铁路	40000	32.5	43.2
	汽车	42200	34.3	90.3
	胶带	1250	1.0	56.9
无运输开采		35200	28.6	3.7
连续工艺		2850	2.3	41.1
水力运输		1500	1.2	15.3
总 计		123000	100.0	38.4

苏联露天煤矿的穿孔设备主要有牙轮钻机、潜孔钻机和切削钻机，1980年共有各种钻机843台，其中牙轮钻机271台，钻机的最大穿孔直径320毫米，将研制孔径为320~400毫米的牙轮钻机。

苏联露天煤矿的特点是大量使用拉铲，拉铲型号比较齐全，斗容从3.6~100米³，臂长从36~100米。1980年使用了422台拉铲。大约63.5%的拉铲为ЭШ-10/70型，ЭШ-13/50型和ЭШ-10/60型。17%是ЭШ-15/90型，12%为ЭШ-6/45型、ЭШ-5/45型、ЭШ-1型和ЭШ-4/40型。

近年来又制造和使用了ЭШ-100/100、ЭШ-40/88、ЭШ-25/100、ЭШ-20/90型拉铲。还将生产ЭШ-100/120和ЭШ-65/100型拉铲。

运煤和剥离物使用电机车和内燃机车，以及大功率的自卸汽车。目前以铁路运输为主，1980年有各类牵引机车及机组1055台，其中粘重360~372吨的交、直流机组223台，内燃机车590台，分别比1975年增加7~25%，电机车242台，比1975年减少25%，常用的直流电机车粘重为80~180吨，交流电机车为94~240吨。

在铁路运输车辆方面，1980年有各种载重的剥离自翻车和运煤底卸车5577辆，其中100~180吨的占76%，比1975年增加50%。

1980年有各种载重的自卸汽车3099辆，其中载重27吨和45吨的占64%，载重75吨的已完成工业性试验并投入使用，载重110吨的电动轮汽车开始小批量生产，载重180吨的试验样机正在进行工业性试验。

三、发展连续和联合开采工艺和设备

1. 连续开采工艺及设备

(1) 大力发展和推广连续开采工艺

连续开采工艺分：a. 链斗铲或轮斗铲配运输排土桥；b. 链斗铲或轮斗铲配胶带运输机、排土机。连续开采工艺始于三十年代，五十年代推广应用，该法能力大、效率高，适用于软岩露天矿，联邦德国、民主德国、捷克等中、东欧国家大部分露天煤矿都采用这种工艺，并在继续推广。其缺点是对岩性、气候、地形等条件要求苛刻，但随着科学技术的发展，这些不利条件的影响正在日益被克服。

联邦德国适于露天开采的煤田均为第三纪地层，煤、岩较软，不经爆破即可挖掘。气候适中，无奇寒酷暑。具备发展连续开采的良好天然条件，是世界露天开采连续工艺的发源地，到七十年代，基本取代了铁路运输间断工艺。联邦德国露天采煤技术的进步见表1-3。

表1-3 联邦德国露天采煤技术进步

年代 项目	18世纪末 19世纪初	二十年代	三十年代	五十年代	七十年代	八十年代
开采 工艺	间断和半连续 开采工艺	间断和半连续 开采工艺	开始连续开采 工艺	连续开采工艺	连续开采基本 取代铁路运输间 断工艺	拉铲和轮斗铲 联合开采工艺
技术 装备	蒸汽铲开采 蒸汽机车运输 斗容4米 ³ 木 质翻斗车	电力驱动机械 铲链斗铲	开始用轮斗挖 掘机和胶带运输 机	10万米 ³ /日的 连续工艺装备	24万米 ³ /日的 轮斗挖掘机宽 3.2米、速度7.5 米/秒、运量4000 吨/时的钢芯胶 带机	30万米 ³ /日 (第五代)轮斗 挖掘机(准备用 于哈姆巴赫露 天矿)
劳动生产率 (莱茵矿区)				22吨/工	92.72吨/工	98.63吨/工

苏联为扭转煤产量连年欠产状态，确保完成第11个五年计划，在露天采煤方面决定采取下列措施：提高技术水平和生产集中化水平；推广并尽快采用连续采煤工艺，开发大型或特大型露天煤田。1985年使轮斗铲的采煤比重提高到47%（1970年只8%，1982年已达45%）；提高维修站的技术装备水平；加速成批生产辅助工序用的机械化设备。

(2) 解决采用连续采煤工艺中存在的问题

有些国家的露天煤矿往往处于高寒地带，且水文、工程地质条件复杂，给采用连续开采工艺带来一些困难，如苏联的坎斯克—阿钦斯克露天褐煤田处于高寒地区，冬季温度多在-40°~-50°C之间，煤层平均倾角为6°，厚40~60米。有硬夹石，覆盖层厚达30~180米。为解决这些问题，苏联有人提出下列建议：a. 由于受高寒气候影响，需采用“季节性工作制（即每年剥离8个月，采煤12个月）；b. 用2×2米的网度和125~160毫米直径的炮孔进行爆破，以解决轮斗铲的铲挖问题。

(3) 加强配套和辅助设备的生产

联邦德国、苏联等国都非常重视辅助设备的配备和选用，以保证主要设备经常在完好状态下运转，充分发挥设备效能。如联邦德国弗尔图纳露天煤矿采用7套轮斗铲，全矿辅助设备达69台。

联邦德国弗尔图纳露天矿的设备：

①主采设备

4套10万米³/日级轮斗铲；2套20万米³/日级轮斗铲；1套2万米³/日级轮斗铲；1台1万吨/日级拉铲；排土机5台（其中24万米³/日3台、10万米³/日2台）；皮带运输机72台总长50公里。

②辅助设备（共69台）

轮胎式装载机22台；履带式推土机14台；轮胎式推土机9台；移设机4台；单斗挖掘机7台；移动式吊车9台；槽车3台；平路机1台。

弗尔图纳露天矿是目前世界上开采深度较大、出煤最多、劳动效率最高、装备最先进、管理水平最高的露天煤矿。该矿设计能力5000万吨/年，开采深度345米，79年出煤4800万吨，剥离量8760万米³，人班效率130吨。

该矿四十年代开发。开始用铁道运输，1955年进行设备更新，采用日产10万米³级轮斗铲和排土机，带宽2.2米的皮带运输机。1961年全部取消铁道运输，实现采、剥生产工艺连续化。1964年又装备了2套日产20万米³级轮斗铲，3套日产24万米³排土机及3米宽的皮带运输机。1979年用拉铲和轮斗铲联合开采深部煤炭，改善了开采和排土条件。

该矿目前有7个开采水平，1、4、5、6水平各用1套10万米³/日级轮斗铲。2、3水平各用1套20万米³/日级轮斗铲。第7水平用2万吨/日级轮斗铲和1万吨/日级拉铲各1台。第7水平64米厚，轮斗铲上挖24米，拉铲下挖40米。

(4) 轮斗挖掘机

① 大型化

联邦德国奥伦斯坦·寇培尔公司在1933年首次生产轮斗挖掘机，到1979年已生产了世界上最大型的日产量24万米³轮斗挖掘机并投入运行。1933年和1979年生产的轮斗挖掘机性能比较见表1-4。

表1-4 轮斗挖掘机性能比较

参 数	1933年	1979年
斗轮直径(米)	5	21.6
斗轮驱动功率(千瓦)	74	4 × 840
每小时产量(松) (米 ³)	750	19000
工作重量(吨)	352	13265
电动机总安装容量(千瓦)	300	16900

下一代30万米³/日的轮斗挖掘机已开始研究，但由于结构上的困难和地质条件的限制，预计十年之内很难达到和超过这一规格。

② 发展适应不同用途的轮斗挖掘机

在六十年代，联邦德国为印度南部热带矿区如奈维利褐煤矿和加拿大北部寒冷地区的油砂矿研制了多台轮斗挖掘机。在加拿大油砂矿使用的轮斗挖掘机上，联邦德国采用了耐低温的细晶粒钢材。

1955年，联邦德国为意大利一个褐煤露天矿制造了一台在大倾斜度工作面作业的轮斗挖掘机；工作面倾斜度高达1:6。在这台机器上，整个可回转的上部结构可用装在底座上的一个中间平台来平衡，因此，上部结构所有部分都不受行走地面倾斜度的影响。

七十年代初，联邦德国奥伦斯坦·寇培尔公司研制了第一台全液压传动的轮斗挖掘机，其额定斗容为0.4米³，日产量500~1000米³（按物料而定），斗轮的3台传动马达总容量为160千瓦。该机于1972年在西德北部一个石灰石矿用于剥离表土。工作良好。以后又制造了几台不同规格的、可使用电力和柴油动力的机型。

轮斗挖掘机的价格与重量有关。重量则主要取决于臂架的长度，因此出现了短臂轮斗挖掘机（从生产能力看属于大型的）。波兰贝乌哈托夫褐煤露天矿首先采用了这种挖掘机。

（5）胶带运输机

降低胶带运输机费用和提高运输系统可靠性的最有效方法是减少线路上运输机数量，并增加单机的长度。长度1000~3000米的输送机已普遍使用，在地面运输系统中，经常采用3~6公里长的运输机，最长的已达10多公里。从单机的最大长度来分析表明，采用现有的结构，输送机长度已经达到上限，目前正在寻求新的结构方式，从当前认识看，采用中间驱动装置可能是解决问题的方法之一。使用线性电动机驱动胶带至今未能成功。波兰和其它一些国家正在集中研究摩擦驱动装置。

另外，还有些国家正在研制高倾角运输机和胶带列车等高效运输设备。

2. 联合开采工艺及设备

随着露天矿向大而深发展，单一开采工艺逐渐向综合开采工艺方向发展。

目前北美和澳大利亚等国的硬煤露天矿多用经济有效的拉铲、单斗挖掘机和自卸汽车。在联邦德国及欧洲各国则主要用轮斗挖掘机——胶带运输机——排土机系统。由于采深增大、剥离物硬度变化、剥采比提高、石油涨价等原因，引起人们重视联合开采工艺。

联合开采工艺及采用的设备有以下几种形式：

轮斗挖掘机——单斗挖掘机形式。如美国一个年产420万吨的褐煤露天矿剥离用了3台轮斗挖掘机，2台排土机。采煤用10和16米³单斗挖掘机，65吨自卸汽车及半移动式破碎机，再接胶带运输机。

拉铲——轮斗挖掘机形式。如澳大利亚的古尼拉矿目前用拉铲剥离，单斗挖掘机采煤，因倾角增大，剥离物加厚到45米以上，再用拉铲第2次捣堆不合算，研究了几个不同方案后，认为用轮斗挖掘机—胶带机工艺生产成本最低。

单斗挖掘机——自卸汽车——破碎机胶带机方式。美国黑雷露天矿煤层厚20米，平均剥离厚39米，目前用单斗挖掘机、自卸汽车，但随着矿山延伸，运距加大，成本增加，故研究采用联合开采工艺，即用履带行走的移动式破碎机和胶带运输机运输。

第三节 地下采矿及装备

一、地下开采在矿山开采中仍占重要地位

进入七十年代以来，国外大力发展露天采矿，露天矿的产量超过了地下矿产量。但是由于地下矿品位高，所以其金属产量却占有重要的地位，尤其对有色金属矿更是如此。例如苏

联近年有色金属矿石地下矿产量虽然只占总量的35%，但其金属产量却占50%。美国1978年铅、锌、锑矿石的100%，钨矿石的96%、银矿石的63%、金矿石的54%是靠地下开采的。瑞典、法国、联邦德国、日本、南非等国的金属矿石主要靠地下开采，而且，由于各种先进技术和工艺的采用，使地下采矿效率有了大幅度提高，年产500~1000万吨以上的大型矿山，其主要生产过程（凿岩、爆破、装载、运输）所达到的指标，与露天矿相应生产过程指标不相上下，但由于通风巷道支护费用大，辅助作业机械化水平低，以及井巷掘进量大，故地下矿山每吨矿石的开采成本仍为露天矿开采成本的两倍多。

二、地下矿山向大型化、露天化发展

国外地下金属矿山的生产规模近十年来不断扩大，据英国《采矿杂志》统计，国外（不包括苏联及东欧国家）在1970年年产矿石大于300万吨的地下金属矿只有19个，到1982年已增加到47个，世界最大的地下矿山是瑞典基律纳铁矿，其矿体长约5公里，平均厚度90米，全矿井下工人1000名，井下劳动生产率约为80吨/工·班，现正在进行扩建和向深部开拓。最终规模年产矿石为3000万吨。南非金属矿是世界最深的地下矿山，开拓深度已达3777.7米，1979年采矿324万吨，矿石通过竖井分三段提升到地面。

国外地下金属矿由于采用先进的采矿工艺、采矿设备和管理方法，劳动生产率不断的提高。如占法国铁矿石产量95%的洛林铁矿区全员劳动生产率1967年为21吨/工·班，1979年为43吨/工·班，1980年达44.85吨/工·班。主要采用地下开采的瑞典、芬兰等国地下金属矿全员劳动生产率平均都在20吨/工·班以上。

国外地下矿山开采技术逐步朝大跨度、高分层（段）和深孔崩矿方向发展。六十年代开始采用的大型无轨高效设备，如装运机、凿岩台车、装药机等采用，促进了地下采矿工艺的革新，达到高分层、高中段和高效率的目的。大直径深孔落矿的VCR法（垂直深孔漏斗爆破后退式回采法）是七十年代发展起来的一种很有潜力的新采矿方法，这种工艺在天井掘进和大型硐室开挖以及在竖井延伸和水平巷道掘进中也得到应用。它利用利文斯通爆破漏斗的爆破理论，从采场上部平巷凿直径150~165毫米（苏联最大有243毫米的），深度一般不超过60~70米（最大到90米）的炮孔，分段向下爆破。该法的特点是采场工程量少，凿岩爆破成本低，管理简单，作业安全，矿石爆破块度均匀。总的采矿成本低，被誉为当今最安全的高效率采矿工艺，并很快在许多国家推广。如美国的霍姆斯特克金矿，近年采用VCR法，与原充填采矿法比较，按采矿方法（包括采准切割）计，工人劳动生产率从15.1吨/工·班，提高到31.6吨/工·班，回采费用（包括附加费用）从9.49美元下降至4.91美元，该公司计划今后几年将VCR法采矿比重提高到35~60%。西班牙计划采用深孔空场法和水平分层充填法的年产100万吨的鲁别尔斯铅锌矿，现全改用VCR法开采。瑞典最近也制定了发展VCR法的计划，预计今后这种大直径深孔法的使用将日益扩大。

值得提出的是澳大利亚从七十年代末期开始研究和试验的一种不留矿柱的深孔空场法，该采矿法与VCR法的共同点是能够比较理想地解决矿柱回采的安全和工效问题。与VCR法不同之处是它用常规的柱状药包进行爆破落矿，故其工效、成本比VCR法理想得多。它的使用范围更广泛，更接近于井下矿山露天化的设想。

三、继续发展自行式采掘设备

当今，国外仍在继续发展适于各种采矿方法的自行式成套设备，除进一步完善结构、提高运转可靠性外，还进行研究和试验各种遥控和距控系统以及微处理机控制系统。总之，在2000

年前，国外地下金属矿山机械化的基本方针仍然将是发展各种自行式采掘和辅助设备。当前，美、加、澳、非洲和西欧约有80%矿山在不同的矿山地质条件下使用自行式设备。这些矿山的生产规模小到10万吨/年，大到2900万吨/年。

液压凿岩机的出现是七十年代世界采矿工业的最大成就之一，至八十年代初，资本主义国家已有17个厂家生产48种型号的液压凿岩机，目前正在使用的冲击式液压凿岩机总共约4500~5000台，装备的台车约2000台，有的厂家已生产出可凿直径200毫米以上炮孔的大直径液压凿岩机，在凿岩速度方面，可与潜孔和牙轮凿岩相竞争。它与同规格的气动凿岩机比较，速度高50~100%，甚至2~3倍，节约能耗1/2~1/3，使用寿命长1.5~2倍，工作无钻雾、噪音低。它配以液压台车不仅能用于平巷掘进还可用于采场深孔凿岩，以及处理大块的二次破碎。目前瑞典、南非等国已建成全部采用液压凿岩机和台车凿岩的矿山，瑞典乌登有色金属矿山用液压凿岩机凿岩，台时穿孔80米，而相同规格的气动凿岩机只有45米。液压凿岩机的缺点是投资大，维修要求严格。它的推广速度虽然快，但在近期内还不可能代替气动凿岩机。

七十年代后期，还出现了微型机控制的凿岩台车和低噪音气动凿岩机，液压凿岩机上的特点被移植到气动凿岩机上，提高了气动凿岩机的效率。

自行式设备除凿岩台车外，还有装运设备，如装运机、装载机和井下汽车等等。

由于柴油装运机存在废气净化问题，因而近年来出现了以电代柴油的趋向，西方国家已有200台电缆供电的电动装运机在矿山应用，其最大运距可达300米，在运距为50~100米时，电动装运机效率比同类柴油装运机高一些，成本低50%。但由于带电缆作业，所以使用范围受到限制。

在长距离运输中，装运机与自卸汽车配套使用。目前有80个矿山使用四百多台5~70吨自卸汽车，其使用期最长14年，平均为4年，最佳经济寿命为7年。设备利用率40~80%，平均为58%。台班运输效率为50~1500吨，生产费用（不包括固定资产折旧费）平均约1.2美元/吨。使用柴油自卸汽车也存在运输巷道通风困难的问题。

联邦德国GHH公司和加拿大贾维斯克拉克公司已制成井下架线式电动无轨装运机和自卸汽车，并在加拿大和南非进行了试验。联邦德国生产的MK- ϕ 40型柴油架线自卸汽车载重40吨，自重36吨。在加拿大福克斯铅锌矿建成了第一条架线式装运机和自卸汽车运输作业线。

四、推广自行式潜孔钻机和牙轮钻机

目前已有7台牙轮钻机在加、澳、美的三个矿山作业，穿孔直径170~228毫米。澳大利亚艾萨山矿在抗压强度平均171.6兆帕的矿石中采用牙轮钻机钻孔，工班效率达1330吨。苏联的列宁矿务局使用2台新研制的、能钻直径243毫米炮孔的牙轮钻机。大直径深孔采矿工艺的发展，又促进了潜孔钻机和牙轮钻机及凿岩工具的进一步完善和改进，促进了高风压凿岩在井下的应用。现已出现了可用于钻凿环形孔的潜孔钻机和18~24巴高风压潜孔冲击器。

五、井下胶带运输机有新的突破

近年来，在胶带运输机上有许多改进，如研制成电子计算机与电子控制系统的驱动装置和径向轮中间驱动装置，可省去中转站，至少在理论上可无限延伸运输距离。采用可自动调整胶带上矿岩块位置的环形托辊，以及运输带可水平拐弯等，运输带的速度可达到360米/分。因而在地下矿推广较快。美国白松铜矿从主平巷通过一条18公里的电动胶带运输机将矿石沿斜巷运至选厂。

六、大力发展连续采矿设备

天井钻机已被广泛采用,到1981年为止,估计有300台天井钻机在世界上25个国家中使用,目前国外金属矿山每年钻天井达82公里,使用的钻机有120多种型号。美国近年来用天井钻机钻进的进尺已超过了用凿岩爆破法掘进的进尺。目前各国钻天井的直径从0.7~6.4米,一般为3.7米。天井高度即使在硬岩也已超过600米,最高达914米。加拿大国际金属公司用罗宾斯61R钻机钻直径1.8米的硬岩天井,速度达1.2~3米/时,每米成本比普通法低60%。现在已出现了履带自行式天井钻机。

竖井钻机在金属矿山使用得还不普遍,1979年美国罗宾斯公司组装了直径7.6米的钻机。

使用钻机钻井是国外矿山技术发展主要方向之一,使用钻机最为经济的钻井深度不少于180米。

平巷掘进机经过多年来的不断改进,现已可在曲率半径小的巷道作业,能钻各种非圆形断面巷道,可向上向下打斜井。适用于单轴抗压强度2800公斤/厘米²的岩石,目前在坚硬岩石的金属矿作业仍受到限制。南非一金矿用联邦德国 Wirth 全断面掘进机掘进直径3.4米的平巷,通过坚硬和耐腐蚀性大的石英岩,其成本比普通掘进法要高一倍以上。据称,因其钻进速度快,在经济上仍有其生命力。

连续采矿机在煤、钾碱矿和盐矿已广泛采用,但在金属矿还在研究试验阶段,连续采矿机现已有多种类型,值得特别重视的是杰弗利采矿设备公司制造的120HR型采矿机。美国一地下铁矿也使用这一型号的采矿机进行了多年的生产试验,据说,生产率平均达每班300吨,比普通法提高40%。

七、发展新的岩石破碎方法

高压水、等离子射流、激光、红外线发生器、电弧、化学表面活化剂以及其它形式的能源都被用于岩石破碎,其中以高压水成绩最大,现已能产生对岩石冲击压力3500~70000公斤/厘米²的脉冲射流,可破最坚硬的岩石。

第四节 井下长壁采煤及装备

一、发展长壁法采煤

当前,人们普遍认为装备最现代化采煤机和运输机的长壁开采系统,是高产高效的采煤方法。长壁开采技术正在向厚煤层、倾斜煤层和煤层群中发展。

联邦德国、英国和美国都很重视长壁采煤的发展,其技术水平也很高。1982年国外长壁采煤工作面主要指标见表1-5。

表5-1 1982年长壁采煤工作面主要指标

项 目	苏 联	波 兰	英 国	联邦德国	日 本
采煤机械化程度(%)	96.0	96.2	99.0	99.7	78.1
综采程度(%)	69.0	83.8	97.0	98.8	69.5
综采工作面数(个)	1300	462	601	228	24
工作面平均长度(米)	138	143	195	233	110
工作面平均日产量(吨)	397	897	743	1448	638
综采面平均日产量(吨)	644	1142	754	1479	1387
工作面平均效率(吨/工)	7.8(1980)		9.9	19.9	19.9
综采面平均效率(吨/工)		16.9		20.2	30.9