

分类号 T14  
《国外机械工业基本情况》参考资料

# 矿 山 机 械

洛阳矿山机械研究所 主编

第一机械工业部科学技术情报研究所

一九七九年

087639

**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1974年出版的《国内外矿山机械发展概况》国外部分的续编。主要内容介绍国外采掘设备、提升设备、选矿设备、选煤设备、标准化、制造业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

(内部资料)

\*

第一机械工业部科学技术情报研究所编辑出版

北京印刷二厂印刷

中国书店(北京琉璃厂西街)经售

\*

1979年8月北京

代号79—43 • 定价：3.27元

## 出版说明

以华主席为首的党中央向全国人民提出了新时期的总任务，全国从上到下一心一意搞四个现代化。机械工业要适应“四化”的要求，必须为国民经济各部门提供现代化的技术装备。为此，需要研究和学习国外机械工业的先进技术和经验。在这种形势下，我们组织有关单位编写一套《国外机械工业基本情况》参考资料。这项工作第一次开始于1973年，1975年基本完成。这次是第二轮，在内容和范围上都比上次有所充实和扩大。

这套参考资料按专业分册出版。本书为《矿山机械》分册，主编单位是洛阳矿山机械研究所，参加编写单位有鞍山矿山设计院、东北工学院、吉林工业大学、太原重型机器厂、抚顺挖掘机厂、沈阳选矿机械研究所、重庆重型汽车研究所、北京钢铁学院、二机部第四设计院、上海煤矿机械研究所、沈阳重型机器厂、石家庄矿山机械研究所、南昌矿山机械研究所等。

井下内燃无轨设备将另行出版。

一机部科学技术情报研究所

# 目 录

## 第一篇 综 述

## 第二篇 采掘设备

第一章 牙轮钻机 .....	20
第一节 概述 .....	20
第二节 美国、苏联的牙轮钻机及其技术性能 .....	20
第三节 牙轮钻机的结构及其发展 .....	25
第四节 牙轮钻机的穿孔效率 .....	39
第五节 牙轮钻机的自动化 .....	43
第二章 牙轮钻头 .....	46
第一节 概述 .....	46
第二节 几种牙轮钻头结构简介 .....	49
第三节 钻头材料及热处理工艺 .....	55
第四节 钻头机械加工工艺 .....	60
第三章 挖掘机 .....	63
第一节 矿用挖掘机在露天矿的使用简况 .....	63
第二节 矿用挖掘机的生产概况 .....	64
第三节 矿用挖掘机的技术现状 .....	69
第四节 矿用挖掘机的发展趋势 .....	83
第四章 前装机 .....	85
第一节 概述 .....	85
第二节 前装机的生产情况 .....	85
第三节 前装机的结构特点 .....	88
第五章 矿用自卸汽车 .....	92
第一节 重型矿用自卸汽车的设计生产情况 .....	92
第二节 重型矿用自卸汽车的使用维修情况 .....	96
第三节 露天金属矿汽车运输的一些经济指标 .....	97
第六章 凿岩台车 .....	99
第一节 生产概况 .....	99
第二节 技术发展状况 .....	110
第七章 装运机 .....	112
第一节 概述 .....	112
第二节 一些国家装运机的生产情况 .....	112
第三节 装运机的发展趋势 .....	119

第八章	梭式矿车	121
第一节	瑞典赫格隆德梭车	121
第二节	苏联 BIK 型梭车	126
第三节	目前梭车存在的问题及改进措施	127
第九章	联合掘进机	128
第一节	概述	128
第二节	掘进机在矿山的应用	133
第三节	新的破岩技术的应用	142
第十章	天井掘进设备	143
第一节	概述	143
第二节	吊罐掘进法	144
第三节	爬罐掘进法	147
第四节	深孔分段爆破掘进法	154
第五节	全断面钻进法——天井钻机	159
第十一章	抓岩机	165
第一节	概述	165
第二节	一些国家竖井抓岩机的情况	166
第三节	铲斗式装岩机	173
第四节	抓岩机的发展方向	173
第十二章	竖井钻机	174
第一节	概述	174
第二节	美国钻井法凿井	175
第三节	苏联钻井法凿井	178
第四节	德国(现东、西德)钻井法凿井	183

### 第三篇 卷扬设备

第一章	概述	186
第二章	一些国家卷扬设备的发展近况	187
第一节	西德	187
第二节	瑞典	160
第三节	南非	191
第三章	新产品、新结构、新技术	192
第一节	大型四绳落地式提升机	192
第二节	布雷尔多绳提升机	193
第三节	斜井、斜坡多绳提升机	195

### 第四篇 选矿设备

第一章	破碎粉磨机械	249
第一节	现状	249
第二节	2000年展望	254
第二章	分级机械	255

第一节	概述	255
第二节	分级机械发展简史	256
第三节	七十年代的分级机械	258
第四节	分级机械的发展趋势	259
第三章	弱磁场磁选机	259
第一节	弱磁场磁选机发展简史	260
第二节	弱磁场磁选机的七十年代水平	262
第三节	弱磁场磁选机的关键技术环节	267
第四章	强磁场磁选机	268
第一节	概述	268
第二节	几个国家典型机种的介绍	270
第三节	两个水平的分析与估计	278
第五章	浮选机械	282
第一节	概述	282
第二节	几个国家典型机种的介绍	282
第三节	两个水平的分析与估计	289
第六章	重选机械	293
第一节	概述	293
第二节	重选机械发展简史	294
第三节	重选机械的七十年代水平	303
第四节	重选机械的关键技术环节	303
第七章	电选机	304
第一节	电选机的发展简史	304
第二节	电选机的七十年代水平	305
第三节	电选机的关键技术环节及发展趋势	308
第八章	光电选矿机	308
第一节	概述	308
第二节	光电选矿机的发展简史	309
第三节	光电选矿机的七十年代水平	310
第四节	光电选矿机的关键技术环节及发展趋势	311
第九章	脱水机械	313
第一节	概述	313
第二节	浓缩机	313
第三节	过滤机	315
第十章	选矿设备2000年的展望	318
第一节	选矿100年的回顾	318
第二节	最近十多年来的发展	321
第三节	2000年选矿设备发展水平预测	323

## 第五篇 选煤设备

第一章	主选设备	325
第一节	跳汰机	325

第二节	重介质分选设备	329
第三节	煤泥浮选机	332
第二章	筛分设备	334
第三章	脱水和煤泥水处理设备	340
第一节	浓缩机	340
第二节	离心脱水机	341
第三节	真空过滤机	345
第四节	压滤机	346
第五节	其它脱水设备	346
第四章	选煤厂自动化	347

## 第六篇 国外矿山机械标准化工作

第一章	概况	349
第一节	标准化的意义及矿山机械行业标准简介	349
第二节	标准化工作动向	350
第二章	日本标准化情况	350
第一节	概述	350
第二节	组织机构	351
第三节	标准分级与分类	353
第四节	标准化与专业化生产的关系	354
第五节	标志的作用	355
第三章	美国标准化情况	356
第一节	概述	356
第二节	标准分级	358
第三节	标准化机构	359
第四节	标准化措施	360
第四章	英国标准化情况	361
第一节	标准分级	361
第二节	标准化机构	361
第三节	标准化措施	362
第五章	苏联标准化情况	363
第一节	概述	363
第二节	标准化的原则	363
第三节	标准分级	363
第四节	标准的制订法	364
第五节	标准化机构	365

## 第七篇 国外矿山机械制造业简介

第一章	美国矿山机械制造业情况	366
第一节	行业情况	366
第二节	企业情况	367

第三节	科研情况	375
第二章	西德矿山机械制造业情况	379
第一节	行业情况	379
第二节	西德矿山设备的现状及发展趋势	381
第三节	企业情况	383
第四节	科研情况	389
第三章	日本矿山机械制造业情况	390
第一节	行业情况	390
第二节	企业情况	393
第三节	科研情况	398
第四章	英国矿山机械制造业情况	401
第一节	行业情况	401
第二节	企业情况	405
第三节	科研情况	408
第五章	法国矿山机械制造业情况	409
第一节	行业情况	409
第二节	企业情况	411
第三节	科研情况	415
第六章	苏联矿山机械制造业情况	416
第一节	行业情况	416
第二节	苏联采矿、选矿设备的现状及发展趋势	418
第三节	企业情况	421



# 第一篇 综 述

## 一、金属和非金属露天采矿

金属和非金属矿山的露天采掘是矿山开采的主要方式。这一方面是由于矿藏资源的赋存条件决定的，但另一方面则取决于技术经济效果的对比。由于露天开采能够使用大型高效的设备以实施生产集中化，所以比地下开采有产量大（世界目前最大的露天矿年采剥总量达1.4亿多吨，正在设计的最大露天矿年采剥总量达2.44亿吨），效率高（一般地高5~10倍，甚至更多），成本低（低1~2倍），基建速度快（约快一倍），单位基建投资少（约少5~6倍），易于实现机械化和自动化，生产安全，劳动条件好，回采率高等一系列优点，所以世界各国都优先发展露天矿。只要适合露天开采的资源都尽量采用露天开采。过去开采的露天矿山一般矿体赋存条件较好，剥采比较小（一般为1~3，有的甚至只有零点几），但随着采矿技术的发展和装备水平的提高，使一些复盖层较厚，剥采比较大的矿山也采用了露天开采法，其技术经济指标仍可与地下开采相抗衡。例如美国双峰铜矿，复盖层平均厚度为138米，在一期工程中用不到四年的时间总共剥离冲积层2.46亿吨，据称这是世界采矿史上最大的剥离工程（该矿建成投产后的剥采比高达9:1，近几年的平均剥采比为9.7）。秘鲁的库阿荷聂铜矿，（设计能力4.5万吨/日）基建剥离工程量也高达2.4亿吨，其最终开采深度达760米。号称世界最大露天矿的美国宾厄姆铜矿最终开采深度为800米。美国 Lu CKY MC 铀公司的舍莱盆地铀矿剥采比竟高达76:1。苏联最近设计的乌达坎铜矿，采矿能力达3500万吨/年，其最大采剥总量将达2.44亿吨/年。正在规划的契尔良斯克露天铁矿采剥总量也达1.83亿吨/年，其一期开采深度即达565米。据称，苏联正在研究在南部采选公司和新克里沃罗格采选公司的基础上建设一座设计开采深度达1000米的超深露天矿。

鉴于露天开采的优越性，国外露天开采比重逐渐增长。据统计，资本主义国家1969年开采的各种矿山约有7000个，其中三分之二用露天开采。

美国铁矿露天开采比重由1960年的87%增长到1970年的94%，1975年又增长到96%。铜矿露天开采比重由80%增长到1970年的88%，1973年又增长到89.1%。

苏联铁矿露天开采比重：1960年为57.1%，1970年为78.4%，1975年为82%，预计1980年将达到83%。有色金属1975年露天开采比重也达65%。

加拿大铁矿露天开采比重1970年即达96%，铜矿露天开采也占85%（1973年）。

澳大利亚、巴西、利比里亚、智利、委内瑞拉和印度等国的铁矿山，则几乎全部用露天开采。

当前世界各国金属和非金属露天矿的发展趋势是：

1. 大型化。露天矿规模大型化早从六十年代初就开始了，但进入七十年代以来大型化的速度大大加快了。这一方面是因为原矿品位下降，冶炼对原矿的需要量增加了；另一方面是因为建设大型矿山具有产量大，效率高，可以减少单位投资，降低生产成本，使用大型、

高效的设备，可以缩短矿山基建周期等优点所致。

美国1959年有铁矿223个，平均每个矿山产量45万吨/年，而1969年铁矿山数减为92个，平均每个矿山产量增为230万吨/年。1975年正在生产的铁矿为66个，平均每个矿山产量增为330万吨/年。

苏联1960年有60个露天铁矿，550万吨/年以上的只有4个，其中1500万吨/年以上的只有2个，露天铁矿平均规模为135万吨/年。到1969年剩下54个露天铁矿，500万吨/年以上的增加到13个，其中1500万吨/年以上的增加到5个，这5个矿1970年的产量已占全部露天矿产量的51%以上。1970年露天铁矿平均规模已达600万吨/年。1974年露天铁矿数为63个，但近一半的产量来自年产1000万吨以上的七个露天矿。每个露天矿的平均规模已达675万吨/年。

这些数字说明，由于实施了生产集中化，露天矿的数量逐渐下降或增加较少，但每个矿山的平均规模却大大增加，大型矿山的数量剧增。进入七十年代以来，大型矿山的规模已向5000万吨/年迈进。有的矿山采剥总量已超过了1亿吨，预计到八十年代仍有继续向大型发展的趋势。

如澳大利亚从1966年到1976年的十年新建铁矿山的生产能力超过1亿吨，使澳大利亚的铁矿石产量增长了10倍。这主要是依靠新建四座大型露天矿来实现的。其中纽曼山铁矿的惠尔巴克露天矿、哈默斯利铁矿的汤姆·普赖斯和帕拉布杜露天矿生产能力都为4500万吨/年，罗比河铁矿的生产能力为1300万吨/年。

美国近年在其铁矿比较集中的默萨比矿区同时新建和扩建八座大型矿山，预计到1979年时，其球团矿山的生产能力可达6500万吨/年，几乎等于1975年全美球团能力的总产量。明塔克铁矿1972年二期工程能力为3900万吨/年，预期1978年三期扩建工程结束时，产量增加50%，达5700万吨/年，采剥总量达9300万吨/年。1976年采矿量已达3967万吨，剥离量1187万米<sup>3</sup>。伊利铁矿能力达3200万吨/年，采剥总量达5200万吨/年。巴比特铁矿能力为3100万吨/年，采剥总量为4400万吨/年。梯尔登铁矿扩建规模将达3500万吨/年。号称世界最大的露天矿宾厄姆铜矿1967年完成扩建计划时，日产矿石10.8万吨（约相当于3000万吨/年），采剥总量约38万吨/日（约相当于1.2亿吨/年），以后又进行扩建，1973年采矿量最高，达3827万吨，采剥总量达1.38亿吨，1976年采矿量2957万吨，采剥总量高达1.42亿吨。双峰铜矿1975年完成扩建任务后能力为4万吨/日，采剥总量达40万吨/日，1975年产量为1535万吨，采剥总量达1.62亿吨/年。这一年的采剥总量超过了宾厄姆铜矿。

苏联除已建成投产十四个大型采选公司（其中有一半的原矿生产能力为2400~3500万吨/年）外，目前正在设计能力为4000~5000万吨/年的采选公司（如卡奇卡纳尔第二采选公司）。据报导，苏联正规划在库尔斯克磁力异常区建设一座契尔良斯克露天铁矿，一期规模即定为6800万吨/年，采剥总量达1.83亿吨/年。乌达坎铜矿设计能力为3500万吨/年（精铜40万吨/年），采剥总量最高将达2.44亿吨/年（或9000万米<sup>3</sup>），将是世界上采剥量最大的露天矿。

加拿大1975年建成投产的赖特山露天铁矿能力达4450万吨/年，采剥总量达7750万吨/年。卡罗尔铁矿能力已达4900万吨/年。

巴西的高依铁矿1975年已形成4600万吨/年的能力。1975年新建卡腊贾斯铁矿1979年一期规模为1200万吨/年，1985年最终规模将达4500~5000万吨/年。

智利的丘基卡马塔铜矿，1974年完成改扩建能力为8.4万吨/日，采剥总量达26万吨/日。

墨西哥1977年投产的卡里达铜矿，初期能力为7.2万吨/日。

实施大型化后，露天矿的劳动生产率有了大幅度的提高。如美国露天矿的平均劳动生产率由1960年的58吨/工班（原矿）提高到1970年的102吨/工班（原矿），提高了76%。世界最高的露天矿采矿全员劳动生产率（矿岩）为10.6万吨/人年，（加拿大布伦达铜钼矿）。采矿工人效率（矿岩）最高为17.4万吨/人年（加拿大洛尔勒克斯铜钼矿）。

2. 采用汽车运输方式，加快露天矿的建设速度。汽车运输方式可以减少基建工程量，取消铺道工程。修建每公里公路的投资仅为修建铁路的1/4左右，从而可以减少基建投资约30~40%，特别是深凹露天矿，由于汽车爬坡能力较铁路大三倍，运距短30~50%，效率高（可使电铲的台年效率提高20~40%），可缩短采区长度，加快掘沟速度，实施强化开采，因而可使露天矿的年下降速度较铁路运输方式高50~100%。目前国外露天矿的年下降速度均在12米左右，即一年下降一个台阶。

汽车运输方式在国外露天矿运输方式中占有绝对优势的地位，它即可是单一的运输方式，又可以是联合运输的一环。据世界上128个金属露天矿的统计，采用汽车运输的有103个，占80.5%；汽车——铁路联合运输的有12个，占9.4%；汽车——皮带机联合运输的有11个，占8.6%；单一铁路运输的只有2个，占1.5%。据各国60个深度100米以上的深凹露天矿统计，单一汽车运输方式的占30个，单一铁路运输方式的只有苏联的3个，预计也要转入联合运输，其它均为各种形式的联合运输。

西方国家建一个500~2000万吨级的露天矿，采用汽车运输，基建时间2~3年。苏联建一个2000万吨的露天矿，采用铁路运输，基建时间6~8年。

3. 牙轮钻向高轴压、大孔径发展，普遍采用高钻架并设有程度不同的自动化控制装置。六十年代末和七十年代初牙轮钻的典型代表是60-R II型（孔径250~310毫米，轴压45吨）。而七十年代中期牙轮钻的典型代表则是60-R III型（孔径250~380毫米，轴压50吨）和GD-120型（孔径250~380毫米，轴压54吨）。目前世界上大型金属露天矿采用310毫米孔径为多，仅在软岩、铜钼矿有采用380毫米孔径的，并有少数矿山试验使用445毫米孔径。

4. 电铲仍大量采用机械铲，但斗容继续向大发展，六十年代末和七十年代初电铲斗容多数在7.6~11.5米<sup>3</sup>，但七十年代中期新装备的矿山不少使用了15.2米<sup>3</sup>的电铲。矿用电铲的标准斗容最大已达40米<sup>3</sup>（P&H5700型为40米<sup>3</sup>，395B型为38米<sup>3</sup>），但绝大多数矿山都采用20米<sup>3</sup>以下的。

液压铲的大型化，已使其在软岩矿山开始发挥其作用，并显示了优越性，能同中小型电铲和前装机竞争，但在最近的将来，还不可能同在硬岩和大型露天矿使用的大型电铲竞争。世界最大的液压铲标准斗容已达22米<sup>3</sup>（西德RH-300型）。

5. 汽车向大型化发展。七十年代初期电动轮汽车的典型吨位是100~120短吨级的，七十年代中期已经发展到150~170短吨级，据称其单位运输效率和运营费比100短吨和200短吨汽车优越。200短吨汽车已经从试验阶段进入生产阶段，但认为其技术性能、轮胎寿命和运营费是可以被接受的上限。因此，目前只在少数矿山投入使用。

6. 深凹露天矿采用汽车——皮带运输机联合运输被认为有较大的发展前途。当采场深度超过300米时，采用单一的汽车运输已感到困难和不经济。如智利丘基卡马塔铜矿使用100短吨电动轮汽车向300~400米高的地表运矿已感到不适应。在深凹露天采用汽车——皮带机的“循环——流水作业”方式可以使采场延伸不受采场深度的限制。

美国双峰铜矿1965年就采用了这种运输系统，近年来对这个矿多次进行了调查研究，证

明了这个系统是优越的，美国产量最大的西雅里塔铜钼矿最近也新建了一套这种运输系统，并于1977年初投产，包括5条6500吨/时的运矿皮带和一条8000吨/时的废石皮带。其主要优点是：

- (1) 皮带机的爬坡能力大，其允许极限坡度为汽车的3.25倍，因此总运距缩短了。
- (2) 减少了露天矿的扩帮和路堑工程量，因而缩小了矿山的基建和采准工程量。
- (3) 汽车运距缩短到最佳范围，因而可以大大提高电铲和汽车的效率，并减少设备台数，(美国西雅里塔铜钼矿增建一套坑内破碎——皮带机系统使汽车需要量减少25%)，简化运输调度和组织工作。
- (4) 对于高差比较大(从露天矿到选厂)的高山露天矿，下行皮带可以再生电能，大大减少经营费用。
- (5) 尽管一次投资费用要比汽车方案高11%，但年平均基建投资和经营费用较低。美国西雅里塔铜钼矿估计用6~8年可收回3200万美元的投资。
- (6) 装运工人数大大下降，劳动生产率上升。

7. 前端式装载机近年虽有较大发展，但在大型金属露天矿仍属辅助设备，其主要用途是清理工作面、归拢爆堆、向二次破碎设备供料和排土场作为排土设备。仅在中小型和软岩露天矿作为主要装载设备代替电铲。大型露天矿使用的斗容多在4.6~11.5米<sup>3</sup>。最大的前装机是密执安675型18.4米<sup>3</sup>的前装机。

8. 推土机向大型化发展。大型露天金属矿普遍使用270~410马力的大型推土机。苏联新设计的乌达坎铜矿准备采用600~700马力的轮式推土机。美国已制造了SXSD9H型820马力的和D10型720马力推土机。

9. 露天矿装药普遍使用装药车，粉状和浆状炸药都有。但矿山本身自备装药车不多，大部分是由承包公司专门装药，因为国外矿山大部分使用大爆破，一个星期左右爆破一次。大型露天矿用装药车的吨位一般在10吨左右。

10. 矿山辅助设备维护检修工作得到重视。  
世界大型露天金属矿山技术装备水平大体上可按装备规模分为二挡，列于表1-1，左侧一挡代表六十年代末和七十年代初期的水平，右侧一挡代表七十年代中期水平。

## 二、露天采煤

露天采煤技术发展较金属露天矿慢，较地下采煤技术发展也慢。五十年代以后，由于石油和天然气技术的发展，和世界能源危机的出现，才促使露天采煤技术的发展。这主要是因适合露天开采的煤一般煤质较差，发热量较低。过去技术不发达时，一般不愿开发这种煤田，所以地下采煤技术得到发展，并占各国采煤绝对优势的地位。如美国1950年商品煤产量达5.08亿吨，露天开采比重仅达23.9%，苏联1950年煤总产量达2.61亿吨，露天开采比重也只10.3%。五十年代以后，由于石油和天然气技术的发展，使得地下采煤受到限制，因为竞争不过石油和天然气，使得世界煤产量下降，特别是美国在1950年的能源消费构成中，石油的比重开始超过了煤炭，到1960年商品煤产量仅达3.94亿吨，较四十年代末和五十年代初期有大幅度下降。但尽管这样，露天开采比重却仍然缓慢上升到1960年的29.5%。苏联1960年露天开采比重也增到20.0%，比1950年增长了一倍。这一方面说明地下采煤由于效率低，成本高，在石油和天然气的竞争下，迫使大批矿井倒闭。另一方面说明，只有高效率的露天采煤才可

表1-1

设 备	时 期 装 备 规 格 型 号	六十年代末和七十年代初期的水平		七十年代中期的水平	
		矿石: 1000~4000万吨/年 矿岩: 2000~6000万吨/年		矿石: 2000~5000万吨/年 矿岩: 4000~10000万吨/年	
		规 格	典 型 型 号	规 格	典 型 型 号
穿 孔 机		$\phi$ 250~310毫米	45-R (软岩、铜钼矿) 60-R II	$\phi$ 310~380毫米	60-R II; GD-120, M-4; 61-R II; GD-130, M-5 (软岩、铜钼矿)
挖 掘 机		7.6 9.2 米 <sup>3</sup> 11.5	195-B; P&H1900; 191-M; P&H2100; 280-8;	12.2 15.2米 <sup>3</sup> 16.8~18.3 (21~22.9箱)	P&H2100BL; 192-M; 201-M; 295-B; P&H2300, P&H2800
汽 车		85 100 短吨 120	M-85; M-100; D-2771; M-120; Wabco120	160 170 短吨 210	Mark-33; Mark-36; Terex-33-15 Wabco-170c, M-200; R-210; Wabco-3200B
推 土 机		270 300 马力	D-8K; Cat824	270~410马力	D-8K; D-9H; 82-50; Cat834
前 装 机		4.6 7.6 米 <sup>3</sup> 9.2	Cat988B; Cat992B; 72-81; Michigan475B;	11.5米 <sup>3</sup>	D-600 L-700
装 药 车		8~11吨		10~15吨	
水 车		26米 <sup>3</sup>		38米 <sup>3</sup>	
平 路 机			Cat12; Cat14; Cat16		Cat12; Cat14; Cat16
落 锤		5~8吨		5~8吨	

能和石油及天然气竞争, 所以露天开采技术在六十年代得到了发展, 先进的无运输倒堆工艺和连续开采工艺得到迅速发展, 大型和高效的露天开采设备相继出现。

进入七十年代以来, 随着世界对能源需要的急剧增长, 出现了世界能源危机, 石油和天然气的价格急剧上升, 因而需要重新考虑煤炭在能源消费构成中占的地位。而大型高效的露天开采设备的发展, 使露天采煤的效率进一步提高, 成本继续下降, 所以七十年代以来, 为解决能源危机而促使大型露天煤矿大大增加, 1970年美国煤炭产量已恢复到5.56亿吨, 主要是靠发展露天开采, 其比重已增加到43.8%, 1975年达54.8%, 超过了地下采煤。苏联1975年也达到32.2%。

露天采煤的效率较地下开采高3~7倍, 成本低40~80%, 吨煤投资少, 产量大, 基建工期短, 所以国外近年急剧开发大规模的露天煤矿以增加露天开采比重。据苏联计算, 露天采煤比重每增长1%, 煤炭工业每年约可节约成本5000万卢布, 提高整个煤炭系统生产效率1.8%, 减少工人一万人, 节约坑木22万米<sup>3</sup>。

目前露天煤矿的发展趋势如下:

1. 为适应和石油、天然气竞争的需要, 在开采工艺上选用先进的高效的连续开采工艺

和无运输倒堆工艺。运输开采工艺已逐渐被淘汰，仅苏联仍有采用。如：采用连续开采工艺和铁路运输开采工艺相比，单位能力的设备重量减轻 $\frac{1}{2}$ ，电耗省 $\frac{1}{3}$ ，成本低50~66%，生产率提高3~5倍。而无运输倒堆工艺的生产率为运输工艺的2倍。

2. 开采规模向大型化发展，以便能使用大型设备，降低开采成本，实施生产集中化。如苏联，在提高露天开采比重的同时，减少或不增加露天矿个数，使每矿平均生产能力迅速上升，如1970年露天矿个数为68个，露天开采比重为26.6%，平均产量为245万吨/年矿。到1977年露天矿个数为63个，露天开采比重增至33.8%，平均能力到385万吨/年矿。

苏联坎斯克·阿钦斯克煤田别列佐夫一号矿的设计能力在5500万吨/年。目前苏联最大的露天煤矿是埃基巴斯杜兹煤田的“勇士”露天矿，设计能力为5500万吨/年，77年产量已达3500万吨/年。

美国是一个以煤矿多而小著称的国家，平均每个露天矿年产量仅9万吨。但进入七十年代以来也在迅速走向大型化。美国1977~1985年规划新建315个煤矿，到1985年底新增能力77750万短吨。其中露天矿109个，新增能力50895万短吨，占65.4%，平均每个新建露天矿的能力将达467万短吨/年矿。新建露天矿中1000万短吨以上的有16个，2000万短吨的有4个，这20个大型矿山能力达28860万短吨，占新增露天矿总能力的56.8%。

西德拥有世界最大的露天煤矿，即弗尔图纳—嘎斯多夫矿，1975年产量已达3860万吨，预计1983年将达5000万吨/年。弗里默尔斯多夫矿设计能力4500万吨/年，1975年产量为3110万吨。新建的哈姆巴赫一号矿设计能力也达5000万吨/年。

3. 设备大型化。在美国表现得最突出，美国煤矿多而小，但使用的设备却很大，如伊利诺斯州开普顿矿产量570万吨(1968年)，1965年装备了世界最大的斗容为137.5米<sup>3</sup>的倒堆机械铲。1968年俄亥俄州马士金根矿产量从320万吨增至500万吨时，增添了一台世界最大的索斗铲，斗容168米<sup>3</sup>。美国1958~1969年期间，倒堆索斗铲斗容增加了6.2倍，倒堆机械铲斗容增加了2.6倍。

苏联露天煤矿单斗电铲的平均斗容由1950年的2.39米<sup>3</sup>增长到1970年的5.26米<sup>3</sup>，1976年又增加到6.90米<sup>3</sup>，26年增加了1.9倍。

东、西德的斗轮铲也在迅速大型化。西德的斗轮铲已经发展到第五代，台日能力达20万米<sup>3</sup>/日，斗轮直径21.6米，单斗容量6.3米<sup>3</sup>，斗轮悬臂长达70.5米，斗轮铲总长225米，高83米，重达13100吨，斗轮驱动率功2520千瓦，总功率14000千瓦。该机已用于西德弗尔图纳矿，并和能力达24~27万米<sup>3</sup>/日的巨型排土机、3米宽的钢绳夹芯皮带机、皮带卸料转载机配套，用于西德哈姆巴赫一号矿。

西德正准备发展能力达30万米<sup>3</sup>/日的第六代斗轮铲。  
表1-2列出了世界最大规格的露天煤矿设备。

4. 斗轮铲向高切割力发展，以扩大连续式开采工艺的使用范围。单位挖掘力的提高使斗轮铲能在中硬岩和冻土带的剥离工程中使用。东德斗轮铲从三十年代到现在已发展了四代，每一次换代不仅改进了结构设计，扩大了产品的规格，而且大大提高了斗轮铲的单位挖掘力。如1960年以前的老产品，单位挖掘力通常为30~60公斤/厘米，1964年开始生产的新产品单位挖掘力已提高到100~160公斤/厘米，1969年以后的新产品单位挖掘力已可达455/

395公斤/厘米，并生产了世界上最大单位挖掘力的SRS(K)2000 $\frac{28}{3.5}$ 型斗轮铲，其单位

表1-2 世界最大规格的露天煤矿设备情况

露天矿设备	一般规格	最大规格及制造国	
斗轮铲	1500~4000米 <sup>3</sup> /时	15900米 <sup>3</sup> /时或20~24万米 <sup>3</sup> /日 总重13100吨	西德
排土机	1500~4000米 <sup>3</sup> /时	24~27万米 <sup>3</sup> /日 皮带宽3.2米, (7.5米/秒)	西德
排土桥	1500~4000米 <sup>3</sup> /时	23200米 <sup>3</sup> /时 总重9100吨 皮带宽2.2米 (10米/秒)	东德
倒堆机械铲	15~50米 <sup>3</sup>	137.5米 <sup>3</sup> (3800万米 <sup>3</sup> /年)	美国
索斗铲	25~70米 <sup>3</sup>	168米 <sup>3</sup> (5348万米 <sup>3</sup> /年)	美国
电铲	7.6~13.8米 <sup>3</sup>	40米 <sup>3</sup>	美国
前端式装载机	7.6~11.5米 <sup>3</sup>	18.4米 <sup>3</sup>	美国
自卸汽车	77~136吨	317.5吨	美国
牵引机车	粘重80~150吨	机组粘重368吨 (100 + 2 × 134) 单机粘重190吨	苏联 美国
自翻车	50~60吨	180吨	苏联
皮带运输机	宽1~2米	宽3米, 速度6米/秒	西德

挖掘力达720/550公斤/厘米。

实施上述发展趋势将能使露天煤矿达到现代化。西德由于使用了斗轮铲剥离的连续开采工艺, 并实施了矿山规模大型化和设备大型化, 其露天矿的劳动生产率在世界遥遥领先, 平均达到了68.0吨/人·日(1975年), 为美国的二倍, 苏联的三倍, 其世界最大的露天煤矿弗尔图纳——嘎斯多夫矿的劳动生产率达到120.3吨/人·日(1976年)。

### 三、地下采矿

地下采矿在矿山开采中仍占有一定的比例。近十年来, 主要矿产资源地下开采比重虽然由于露天开采的竞争逐渐下降, 但绝对值并没有下降。在某些受资源条件限制的国家, 地下开采仍占绝对优势, 如日本、西德、法国、瑞典、南非。就是在露天开采比较发达的国家, 某些有色金属和非金属的开采仍是以地下开采为主, 如加拿大, 按金属量计, 1973年地下开采比例: 钾盐为100%, 镍92%, 铜61%, 锌43%, 铅41%。

由于大量开发露天矿山造成近地表的矿石储量下降, 新发现的和高品位的矿床又埋藏在深部, 而且由于露天开采占用大量农田和造成环境污染, 使得地下开采在今后若干年将重新得到重视和发展。近年来由于为适应和露天矿竞争的需要, 以及西方世界劳动力的不足和经济危机的出现, 都促使地下开采技术得到发展。

地下开采技术近十几年来最大的革命性的变化就是柴油无轨设备的推广使用。这种变化不仅仅是提高了产量和效率, 而且它“正在改变着采矿概念”, 以及“采矿方法的组织和设计”。其主要的优点是:

1. 由于使用了斜坡道开拓系统, 所以矿体开拓快, 开拓系统和竖井建设可以同时进

行，缩短了基建周期。

2. 产量大、效率高、成本低。使用柴油无轨的装运机出矿，效率可达450~500吨/台班，而使用电耙绞车出矿，效率仅250~350吨/台班。可提高效率50~100%，采矿成本降低10~25%。世界最大的地下矿山——瑞典的基鲁纳铁矿的井下工人平均劳动生产率高达80吨/工班（2万吨/人年）。美国克莱马克斯钼矿的采矿工人劳动生产率200吨/工班，全效达52吨/人班，可和露天矿的先进水平比美。

3. 无轨设备机动灵活，使用范围广，通用性强，设备利用率高，设备数量可以大大减少。无轨设备由于自带动力，故机动性强，可以迅速转移，以适应采掘作业的需要，并提高了作业率。另外，无轨设备的种类可以适应凿、装、运、装药、锚固、喷浆、支护、顶板管理、材料和人员运输等多种作业的需要，可使地下开采机械化程度达到100%。大部分无轨凿、装、运设备可以同时满足掘进和回采的需要，故设备利用率较高，矿山设备数量可以大大减少。无轨设备还可以同时适应不同采矿方法的需要，其通用性很强，使得某一个矿山可以根据矿山需要同时使用二种以上的不同采矿方法而无需另置设备。其通用性强也使得设备制造厂可以成批大量地组织生产和备件供应，以降低设备成本和维护费用。

4. 无轨设备能分担提升任务，提高竖井效率。矿井生产能力的提高往往受到竖井提升能力的限制，在使用无轨设备的矿山，可以借助斜坡道开拓系统担负人员、材料和废石的运输，从而可以提高竖井的效率。

5. 无轨设备的动力来源广泛。无轨设备的动力来源主要有：柴油机、蓄电池、架线、电缆和压气。现在国外矿山基本是使用柴油驱动的无轨设备。这种设备的传动效率比使用传统的压气设备高得多。但由于柴油设备需要废气净化设施和通风设备，因此，近年电缆拖曳的无轨设备得到了发展，并在中小型无轨矿山取得了良好的效果。

6. 采用无轨设备的矿山节约了大量的轨道钢材，并取消了繁重的铺、拆轨的体力劳动。

柴油无轨设备也有它的不足之处：

(1) 由于机械化程度的较高，使设备一次投资费用提高了。

(2) 对设备的操作和维护水平要求较高，维护工作量较大，备件需要量增多，维护费用也高。

(3) 柴油机废气净化虽有一定的措施，但仍需大量的通风来稀释排出的废气。风量必须保证 $2\sim 2.8\text{米}^3/\text{分}\cdot\text{马力}$ （美国规定的低限，按经验公式，通常取 $3\text{米}^3/\text{分}\cdot\text{马力}$ ）。瑞典乌登铜矿在采矿油、电消耗费用中，井下通风占47%，风量达 $20\text{万米}^3/\text{时}$ 。

柴油机下井始于1939年，用于柴油机车作为人员运输。1953年，美国的一家公司曾公开介绍过井下无轨装运机。1955年开始引起世界各国的重视。到五十年代末期，约有不到10个矿山使用了装运机。六十年代，开始研究并初步解决了柴油机废气净化问题，使柴油无轨设备得到了较大的发展。1965年使用无轨设备的矿山增加到20多个，1967年则为30多个，1969年增加到60多个，1971年发展到近100个矿山，到1974年，英国采矿杂志对560个年产15万吨以上地下非煤矿山的调查表明，182个提供了资料的矿山中有119个采用了柴油无轨设备，这些矿山中的75%的产量是用无轨设备开采出来的，使用了1510台装运机，总斗容为 $3530\text{米}^3$ 。1975年估计世界硬岩矿山使用的装运机台数已达五、六千台左右。1976年苏联有色金属地下矿山使用自行式设备已占总产量的30%，达1500台。目前，不仅新建地下矿山都采用柴油无



轨设备，就是老矿也正在逐步淘汰电耙绞车，被无轨设备所取代。不管矿体产状和采矿方法有什么不同，都可以使用无轨设备出矿。

近来地下采矿的发展趋势主要是：

1. 由于实施生产集中化的结果，大大提高了采矿强度，所以井型趋于大型化。

这在地下煤矿最显得突出。如苏联，矿井数量不断减少，但每矿平均年产量却逐年增长，1976年的矿井平均产量为87.5吨，而新设计的矿井平均能力达240万吨，约为现有平均产量的3倍。美国是以煤矿多而小著称的国家，1974年有1650个矿井，年平均产量仅15.5万吨，但在1985年前计划新建的206个地下煤矿的平均能力却达130万吨/年。为现在年平均产量的8.5倍。波兰矿井平均产量1976年已达276万吨，20年增加了2.3倍。西德1975年达201万吨。地下煤矿的趋势是实行工作面综合机械化。因此工作面单产大幅度增加而工作面个数反而下降。西德已有40多个工作面年单产百万吨以上。一个工作面的产量就相当于过去一个大矿的产量。鲁尔矿区从1956年到1975年期间，工作面数由2049个减到240个，工作面平均日产量由190吨增至1210吨。矿井平均日产量由3238吨增至8751吨。苏联已开始建设能力为750万吨/年的拉斯帕德矿。波兰皮阿斯特矿能力将达700万吨/年，“三十周年”矿1981年将扩建到750万吨/年。英国正在建设的塞尔比矿，能力达1000万吨/年。美国也计划在犹它州建能力达1000万吨/年的ICPA煤矿。

金属和非金属地下矿山生产集中化的程度虽没有煤矿那么明显，但由于大型柴油无轨设备的出现，采矿强度大大地提高了，因而大型地下矿山相继出现，只要地质储量允许，矿山规模已不受限制。世界最大的地下矿山是瑞典的基鲁纳铁矿，智利的埃尔·特尼恩特铜矿和美国的圣·曼纽尔铜矿，产量都已达2000万吨/年以上，基鲁纳铁矿1975年产量达2440万吨，最终规模将达3000万吨/年。产量大于700万吨/年的金属矿山已有十来个。

2. 无轨化得到进一步发展。近年来由于无轨设备的品种逐渐增加，无轨设备已经用到采矿作业的所有工序。有些矿山在干线运输中还采用了地下汽车，从而成为“无轨矿山”。美国的地下煤矿也使用了大量的无轨设备。

3. 高效采矿方法得到发展。由于无轨设备的发展，使得采场的出矿强度可以大大提高，而不受电耙道能力的限制。故而高效的采矿方法得到推广和发展，以适应无轨设备的应用。在英国“采矿杂志”所调查的矿山中，阶段矿房法、小中段法、房柱法、充填法、分段崩落法继续得到了应用和推广，这些方法占采用无轨设备的矿山采矿方法总数的90%，而留矿法等其它采矿方法则使用得很少。加拿大1973年用房柱法、充填法、空场法的产量占地下开采总产量的82%。

4. 钻爆法仍是巷道掘进的主要方法，仅仅是在软岩掘进中，如半煤岩，使用部分断面掘进机钻进。全断面掘进机在矿山使用仍是个别的情况。普通掘进设备也在向柴油无轨发展，以便使掘进作业彻底甩掉风管、电缆和轨道，掘进作业的机械化程度可达到100%。掘进用凿岩设备在向台车化、标准化、液压化、一机多用发展，装配有标准液压钻臂的台车即能用于掘进，又能用于采矿和峒室掘进。内燃的装运机即用于掘进，又用于采场出矿。一个掘进头2~3人就可作业，如瑞典基鲁纳铁矿，在5×3.6米大断面巷道掘进中创造了班进尺8.1~8.7米，工效高达50米<sup>3</sup>/工班的先进水平。

5. 竖井掘进仍以钻爆法为主，但钻进法得到了一定程度的发展。普通凿井法施工设备向钻、装、砌壁浇灌，提升翻矸，排水等综合机械化方面发展。进而达到远距离操纵和局部系