

28547

3

中文资料

美国地下铁矿

361.1

马鞍山矿山研究院 技术情报研究室
地下采矿研究室

前 言

英明领袖华主席指示我们：科学要兴旺发达起来，要捷报频传。还指出：有毛泽东思想，有毛主席制定的革命路线，有社会主义制度，有现在这样一支科技队伍，有八亿勤劳勇敢的人民，我们应当有信心赶超世界先进水平。全国人民积极响应华主席、党中央的号召，决心把毛主席、周总理规划的四个现代化的宏伟蓝图，在本世纪末变成辉煌灿烂的现实。在这样大好形势鼓舞下，遵照伟大领袖和导师毛主席关于在经济上“超过美国，不仅有可能，而且完全有必要，完全应该”的教导，为了适应冶金矿山生产建设的发展和赶超美国的需要，我们编写了《美国地下铁矿》，供有关方面参考。

美国目前共有六个地下铁矿，历史长短不一，规模大小不同，技术各有特点，水平互有高低。但总的说来，美国地下铁矿开采技术，在世界上不算最先进。

这份资料的编译方法是：先对美国地下铁矿开采技术进行综合介绍和具体分析，然后主要以译文形式对各矿山分别介绍。最后附国外地下采矿技术发展动态和美国采矿领域技术发展研究课题。

资料有限，时间仓促，加上我们水平不高，错误难免，渴望得到批评指正。

编 者

一九七八年元月

目 录

美国地下铁矿开采技术	(1)
------------------	-------

美国地下铁矿山

1. 桑拉斯铁矿	(25)
桑拉斯地下矿	(25)
桑拉斯矿的地理环境、历史背景和开采	(26)
2. 谢伍德铁矿	(27)
谢伍德矿井下延深新水平	(27)
3. 马瑟铁矿	(28)
马瑟A矿由出矿平巷拉底的经验	(28)
马瑟矿的天井钻进	(31)
马瑟矿的矿块崩落法年产二百万吨矿石	(37)
4. 格雷斯铁矿	(38)
格雷斯矿简况	(38)
格雷斯矿的技术改造	(39)
格雷斯矿创造新的世界安全纪录	(42)
格雷斯矿改进矿块崩落采矿方法迅速提高凿岩爆破效率	(53)
格雷斯矿2号破碎站可以连续生产	(57)
格雷斯地下矿无线电通讯系统的安装、使用和维修	(60)
5. 皮·锐奇铁矿	(63)
米莱密克公司皮·锐奇铁矿开始生产	(63)
皮·锐奇铁矿地下破碎和运输系统的开凿、装备与效果	(68)
米莱密克：一个优质高产的典型	(75)
米莱密克矿山公司的大爆破	(77)
6. 派洛特·诺勃铁矿	(82)
派洛特·诺勃铁矿平面图	(82)
典型矿块的开采——矿块长62.5米宽3.1米	(83)
派洛特·诺勃铁矿采用分段崩落法和房柱法联合开采	(84)
派洛特·诺勃矿采用多种采矿法提高产量	(85)
派洛特·诺勃铁矿	(86)

附 录

国外地下采矿新技术发展动态	(89)
美国矿山需要发展与研究的技术课题	(91)

美国地下铁矿开采技术

内 容 提 要

美国现有六个地下铁矿，拥有年产原矿900万吨的能力。1975年地下铁矿的产量按原矿石计占全国铁矿石开采总量的4%。

美国地下铁矿朝着大型、优质、高效方向发展，以降低生产成本，满足铁矿石的需要。

大型：最新投产的四个地下铁矿均属大型，日产6000—8500吨。

优质：四个大型地下铁矿均附设球团厂，把产品加工成含铁65—66%的球团矿。

高效：采用新技术以提高效率。其技术水平概括如下：

1. 采用高效率的空场采矿法与崩落采矿法。

2. 井下内燃无轨化。已有三个大型地下铁矿全部内燃无轨化。内燃无轨设备往大型、配套发展。井下应用的最大的铲运机斗容达7.6米³，效率达到5万吨/台月；普遍采用双臂或三臂掘进钻眼台车与双臂采矿扇形孔凿岩台车。辅助车辆的类型有装药车、二次破碎凿岩台车、混凝土浇灌车、人车、材料车等。

3. 某些矿山采用最新型的“台阶”式落矿方法，即用潜孔钻机钻凿向下大孔径（150—200毫米）深炮孔，配合大型铲运机，提高开采效率与强度，使地下开采露天化。

4. 成功地运用大爆破技术回收矿柱。最大一次用药量达483吨，崩落矿石270万吨。回收率达到75—90%。

5. 掘进平巷用内燃无轨的凿岩台车与铲运机。某些矿山已用天井钻机掘进天井，爬罐及吊罐已普遍应用。井巷支护的混凝土工程实现了机械化。

6. 井下运输系统采用可以集中控制的井下破碎机—皮带机系统，运输连续，生产能力大。矿井箕斗提升采用全自动的多绳摩擦轮提升机。

美国地下铁矿的全员效率一般在11—17吨/人班之间，最高达到31吨/工班。

美国地下铁矿技术水平并不是最先进的，与国内其它金属矿山或与瑞典、加拿大的地下金属矿山相比，还有一定差距。

一、概 况

1. 美国铁矿石生产概貌

美国1976年产钢1.16亿吨，生铁7881万吨，消耗铁矿石1.158亿吨；当年，国内产

铁矿石8055万吨，进口4513万吨^{〔37〕}。进口铁矿石主要来自加拿大、委内瑞拉、巴西及利比里亚等国。

美国是世界主要铁矿石生产国之一。但随着世界铁矿石产量剧增，美国产量比重日益降低。美国铁矿石产量占世界铁矿石总产量的比重，1949年为38%，1959年下降到14%，1969年为12%，1976年为9.2%^{〔38〕}。美国铁矿石产量及世界铁矿石产量逐年变化见图1^{〔31〕}。

美国以开采贫铁矿为主。为了提高入炉矿石质量，近年来大力发展球团矿的生产。美国历年商品铁矿石产量中，球团矿比重变化见图2^{〔31〕}，截至1975年，球团矿所占比重达到72%^{〔39〕}。地下铁矿也如此，其总产量中，约有85%是球团矿。其中，皮·里奇矿生产的优质球团矿含铁达67—68%，矽1—2%，可直接炼钢^{〔10〕}。

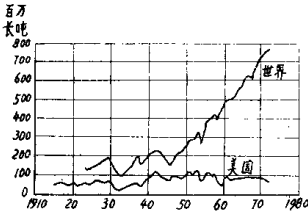


图1 美国及世界铁矿石产量

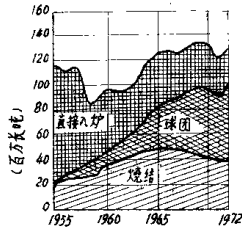


图2 美国消耗的铁矿石组成

2. 地下铁矿产量比重日益下降

美国的铁矿石主要产自露天矿，地下矿产量比重逐年下降，如表1所示。1975年，

表1 美国露天、地下铁矿石开采量比重变化，万吨^{〔25〕〔33〕〔36〕}

年 度	露天产量	地下产量	总 计	地 下 %
1930	2897.6	2941.7	5839.3	50.0
1935	1792.7	1261.3	3054.0	41.0
1940	4959.1	2410.5	7369.6	32.5
1945	7893.5	2737.7	10631.2	26.0
1950	9686.3	2887.2	12574.0	23.0
1955	11470.3	2762.3	14232.9	19.3
1959	8707.9	1550.5	10258.4	15.0
1969	19340.0	1380.0	20700.0	6.6
1972	17810.0	965.4	18775.4	5.1
1974	21160.0	937.2	22097.2	4.2
1975	20900.4	899.6	21800.0	4.1

* 文中铁矿石或商品铁矿石指销售的产品，部分是精矿、烧结或球团。采剥后未经加工的铁矿石文中称原矿石。

表 2

美 国 地 下 铁

矿 名	经 营 公 司	地 理 位 置	投 产 年 份	矿 种	铁品位 %	日产量 吨/日	精粉 品位 %	精粉 产量 吨/日	球团 品位 %	球团 产量 吨/日	年		
												1969	1970
桑 拉 斯	科罗拉多燃料钢铁公司	怀俄明州盖恩塞区	1900	赤铁矿							原矿石	615,373	503,25
Sunrise	CF & I St. Co.	Guernsey, Wyo.					43.79	2400					
谢 伍 德	内陆钢铁公司	密执安州铁河区	1940	针铁矿							原矿石	382,668	342,83
Sherwood	Inland St. Co.	Iron River, Mich.		赤铁矿	54.70	1600					售出精粉		
马 瑟	克利夫兰钢铁公司	密执安州依希伯明区	1943	赤铁矿							原矿石	1,923,702	2,204,10
Mather	Cleveland-Cliffs	Isbipemich Mich.		假象赤铁矿	54.69	7300	③						
格 雷 斯	伯利恒钢铁公司	宾夕法尼亚州摩根城	1968	磁铁矿							原矿石	1,616,466	1,574,89
Grace	Bethlehem St. Co.	Morgantown Pa.		辉铜矿	41.75	7025	66.35	4900	65.40	4900	售出球团		
皮·里奇	米莱密克矿山公司	米苏里州苏利文区	1961	磁铁矿	43.00	8500	69.00	5503	67.00	4800	原矿石	2,300,257	2,351,89
Sea Ridge	Meramec Min. Co.	Sullivan Mo.									售出球团		
洛特·诺勃	汉纳矿山公司	米苏里州爱因顿区	1968	磁铁矿	34.60	5979	65.00	5616	63.46	4080	原矿石	1,402,920	1,704,467
Pilot Knob	Hanna Min. Co.	Irontown Mo.									售出球团		

①未注明的，均来自[32]；②矿石运附近比奥尼尔球团公司（Pioneer Pellet Co）造球；③见表四；④见表五；⑤见表六；⑥[23]P. 65

矿 的 概 况 ①

产 量 吨 (33) (34)						井型	井下运输系统	采矿方法	已开采深度	效率⑩	雇佣人数		采矿工
1971	1972	1973	1974	1975	1976	③	④	⑤	⑥	吨/工班	职员	工人	作制度
487,789	491,382	457,479	442,014	432,074	349,578	竖井	电耙—矿车 —箕斗	矿块(自然) 崩落法	210米 七水平	11.5	25	200	
346,815	387,748	346,351	344,045	252,008	199,540	竖井		空场法		17.6	9	100	
330,332	346,440	366,679											
145,358	2,022,685	1,776,501	1,668,349	1,774,999	1,515,897	竖井	电耙—底卸 矿车—破碎 机—箕斗	矿块(自然) 崩落法	1050米 十二水平	13.4	49	526	16班/周 〔17〕
711,447	1,901,522	2,141,875	2,329,974	1,921,685	1,897,022	竖井	铲运机—破 碎机—皮帶 机—箕斗	同 上	675米 六水平	11.9	118	700	20班/周 〔2〕
591,049	2,770,777	2,874,316	2,038,197	2,405,176	2,359,067	竖井	同 上	空场法 17% 矿柱回收 64% 分段崩落法19%	742米 七水平	14.4			5天/周 〔6〕
589,293	1,589,263	1,475,507	1,187,510	1,504,312	1,321,005								
729,619	1,729,132	1,675,585	1,528,748	1,338,046	1,742,415	竖井	同 上	空场法		31.0	75	360	5天/周 2班/天 〔12〕
867,624	888,561	882,593	897,000	773,000	802,000								

美国原矿石总产量约2.18亿吨，其中地下矿仅占4%〔30〕。

这一趋势的主要原因是：1) 美国铁矿资源适于露天开采，特别是球团矿问世后，美国浅部蕴藏丰富的铁隧石资源可以利用，使特大型露天铁矿迅速发展。2) 地下铁矿生产工艺复杂，不便大型机械化，因而生产成本高，难与露天矿竞争。

目前，美国地下铁矿的出路是技术改造，提高机械化、自动化程度，降低成本。因此，六十年代以来新建的几个地下铁矿规模大，机械化程度高，矿井运输及提升等设备局部自动化，提高了全员效率，降低了成本。老矿也在积极改造，以适应生产要求。因此，地下铁矿近年来的生产及产量比较稳定。

美国现有六个地下铁矿，共拥有生产约900万吨原矿石的能力。各矿的基本情况如表2所示。表中六个矿山按投产早晚排列，可以看出，晚投产的都是大型矿山，技术装备好，效率较高，并附有球团厂。投产最晚的派洛特·诺勃矿效率最高，达31吨/工班。

二、开拓系统

1. 井型与提升装置

美国地下铁矿的矿体赋存条件见表3。可以看出，这些矿体埋藏均较深，大多是深成盲矿体，其上部有较厚的覆盖层。因此，美国六个地下铁矿均采用竖井开拓。

表3 美国地下铁矿矿体赋存条件

矿名	矿体尺寸, 米			矿种 (32)	品位 (32)	埋藏深度, 米		围岩	
	走向长	倾斜长	厚度			最上部	最下部	上盘	下盘
桑拉斯 〔20〕〔21〕	480~ 830		15~18	~90°	赤铁矿	露天采 深60			
谢伍德					针铁矿 赤铁矿	54.70			
马瑟 〔15〕〔16〕			~120		赤铁矿 假象赤铁矿	54.69			
格雷斯 〔1〕〔2〕	360		90	30°	磁铁矿 辉钨矿	41.76	450 探明 900	石英岩	辉绿岩
皮·里奇 〔6〕	800	探明 980	~185	80°	磁铁矿	45.00	390	砂卡岩60米 流纹斑岩	石英与赤铁矿 互层；流纹斑 岩
派洛特·诺勃 〔12〕〔13〕〔14〕	640	840	15~90	15~ 45°	磁铁矿	34.60	120 450	流纹斑岩	流纹岩

除派洛特·诺勃矿的两个竖井采取中央对角式布置外，其它地下铁矿均用中央并列式布置方式。主井中，均采用底卸式箕斗提升矿石，有的还配有一个上下人员、材料的辅助罐笼。付井中，均配备一个单罐笼，提升人员、材料与废石。皮·里奇矿的付井还配备了一对箕斗提升废石。

为了提高箕斗的提升能力,节省人员,美国地下铁矿的提升设备向自动化与多绳摩擦轮提升机发展,并提高提升速度。如马瑟矿与格雷斯矿均采用半自动或全自动的普通双滚筒卷扬机,而最近投产的皮·里奇矿与派洛特·诺勃矿则更进一步采用全自动的多绳摩擦轮卷扬机。提升速度均较高。如格雷斯矿的最大提升速度为12.5米/秒,皮·里奇矿为13.5米/秒,马瑟矿为16米/秒。

美国六个地下铁矿的井型、井筒要素与提升方式见表4。

2. 井下运输系统

美国地下铁矿的井下运输系统在六十年代前后经历了两次变革。

六十年代初,美国大型地下铁矿在原有轨道运输的基础上,纷纷改用瑞典式的底卸矿车,以提高运输效率,如马瑟矿与格雷斯矿。当时新投产的皮·里奇矿也采用这种底卸矿车。由采场采出的矿石装入底卸矿车,用电机车牵引到井底车场,不摘车头,直接通过卸载站,底卸矿车的车底在卸载站的导轨引导下打开,将矿石卸入箕斗矿仓中。然后通过转载设备将矿石转运到箕斗装载站。由于不摘车头,井底车场处的卸载站的通过能力大大提高。

六十年代中期,随着内燃无轨设备与地下破碎机站的推广,美国大型地下铁矿又纷纷改用铲运机—井下破碎机—皮带机—箕斗的井下运输系统。一般,采用斗容为3—5米³的铲运机,将采出的矿石直接运到卸矿点,卸入溜矿井中。通过溜矿井,将各水平的矿石集中到破碎基站,一般破碎到15—20厘米的粒度,再用皮带运输机运送到箕斗矿仓。这种运输系统,不但环节少,而且是连续运输,通过能力大。管理也很简单,只要在集中控制室配备一个人,便可以监控铲运机以后的各个环节的运转情况。大大提高了效率。

目前,格雷斯矿、皮·里奇矿与派洛特·诺勃矿均采用了这种运输系统。谢伍德矿新延深的盲斜井系统投产后也将采用这种运输系统。美国地下铁矿井下运输系统的情况见表5。

以皮·里奇矿的井下运输系统为例⁽⁶⁾,1961年投产时,采场用100马力的电耙出矿,装入20吨底卸矿车,用11吨架线机车牵引到井底车场的卸载站,将矿石卸入箕斗装载站的储矿槽中,再用150马力的电耙将矿石耙入计量矿仓,向箕斗装载。1966年开拓742米的第六水平时,改造了井下运输系统,在755米标高处设置了一台42"圆锥破碎机。上部各水平的矿石均由铲运机运到卸矿点,向中央溜井卸矿,矿石通过中央溜井转运到破碎基站。溜井中放出的矿石由一台1.8米×6米的往复式给矿机向破碎机给料。破碎机将矿石破碎到200毫米以下,卸入一个小的调节矿仓,下有1.5米×4.8米的振动式给矿机,向一条宽1.05米,长535米的悬吊式钢绳皮带运输机给矿。皮带以2.2米/秒的速度,1000吨/时的能力,9.5°的上坡向690米水平的箕斗矿仓运矿。在箕斗矿仓上部有1.05米宽,3.2米长的皮带小车向两个箕斗矿仓配矿。

整个系统采用集中控制。设有一个集中控制室,其中有:

1) 超声波测厚计监测给矿机的耐磨橡胶衬板的厚度。当磨损超过极限时报警,以便更换。

美国地下铁矿的井型与提升设备

表 4

矿 名	井 型	布 置 方 式	井 筒 要 素			提 升 方 式		井 下 破 碎 机
			井 别	位 置	断 面, 米 ²	长 度, 米	支 护	
桑 拉 斯 〔20〕	竖井		主井					无
谢 伍 德 〔19〕	竖井		主井			525		无
马 瑟 〔15〕	竖井	中央并列	主井		4×5.6	1200		1030米 十二水平
格 雷 斯 〔1〕〔3〕	竖井	中央并列	主井	下盘	φ 6.5	700	混凝土	12.5 48×80" 卧式
			付井	下盘	φ 5.25		混凝土	7.25 42" 元锥
皮·里奇 〔6〕〔8〕	竖井	中央并列	主井	下盘	φ 5.8	760	混凝土	13.5 42" 元锥
			付井	下盘	φ 5.8	762	混凝土	6.4 250HP 卧式
派洛特·诺勃 〔14〕〔22〕	竖井	中央对角	主井	下盘	φ 6.0	410	混凝土	6.0 6.4
			付井	上盘	φ 4.5	270	混凝土	

注：皮·里奇矿9吨底卸箕斗最大提升能力500吨/时。

表 5

美国地下铁矿井下运输系统

矿名	采用年份	采场运输		大巷运输		破碎机	皮带	带	机	已采深度 米
		型式	规格	规格	规格	型式	宽度, 米	长度, 米	速度, 米/秒	
桑拉斯 〔20〕		电耙		矿车		无		无		210米 七水平
洛佐德										
马 〔16〕		电耙		底卸车	7吨	卧式	0.175	无		1050米 十二水平
格雷 〔1〕〔3〕	1958	电耙	75 HP	底卸车	20吨	无		无		673米
	1966	铲运机	3.8米 ³	同左		卧式	0.15	1.0	810	水平
	1975	铲运机	3.8米 ³	铲运机	0米 ³	元锥		1.0	195×2	上拔20% 六水平
皮·里奇 〔8〕	1961	电耙	100 HP	底卸车	20吨	无		无		742米
	1966	铲运机	3.8米 ³	无		元锥	0.20	1.0	535	上拔9.5% 六水平
沃洛特·诺勃 〔12〕	1968	铲运机	7.6米 ³	同左		卧式		220	上拔	

2) 控制盘上有按钮、指示灯、警报器、电流表以及工业电视,对整个系统中的设备全面监视。

3) 破碎机下的调节矿仓下的振动式给矿机由可以变速的绕线电机拖动,其转速根据矿仓中的矿量进行调节,由集中控制室操纵。

4) 箕斗矿仓上的皮带小车也由集中控制室控制,根据需要,将矿石装入两个箕斗矿仓中的任意一个中间去。

皮·里奇矿改用这套系统后,使运输能力增加了12.6%。

三、采矿方法

1. 中深孔高效率采矿方法

美国地下铁矿采矿方法可分为两种,一种是矿块崩落法,一种是空场法。这两种方法都适用于厚矿体,都是采用深孔爆破的高效率、高强度的采矿方法。各矿自建矿以来,采矿方法基本没有变化,只是随着设备的更新,特别是内燃无轨设备的采用,才使巷道布置、底部结构与炮孔布置有所变化。

马瑟矿与格雷斯矿均用矿块自然崩落法,其布置形式见图4及图5。两矿的矿体赋存条件相差不多,均为倾斜厚矿体,因此,两矿的采场布置形式也相差不多,都是在矿体底盘或靠近底盘的矿体中做漏斗或堑沟,然后将矿体下部拉开,形成自由面,上部矿石即自然崩落。

六十年代以前,两矿均用电耙出矿。底部布置均为电耙巷道及双排漏斗(或双排堑沟),电耙巷沿走向布置,一侧为高漏斗,一侧为低漏斗。1966年,格雷斯矿采用内燃无轨设备,用铲运机取代了效率较低的电耙,并将底部结构由图4的形式改为图5的平底柱的形式,以便胶轮设备运行。而马瑟矿仍然沿用电耙,至今不变。其原因可能是因为马瑟矿的矿石极其疏松,崩落块度较小,大于1000毫米粒级的少于15%,二次破碎量少,电耙可以保持较高的效率。而格雷斯矿崩落的矿石粒度较大,大于1000毫米粒级的多达70%^[35],改用铲运机及井下粗破碎机后,允许增大采出矿石的粒级,可以大大提高采场强度。

桑拉斯矿的矿块崩落法据资料分析,也是自然崩落法。其采场布置见图3。与前不同的是在矿块两侧用留矿法向上各采出一个垂直的切割槽,促进矿石自然崩落。底部结构为电耙巷道及双侧漏斗,电耙巷道垂直走向布置。

皮·里奇矿与派洛特·诺勃矿采用空场法。皮·里奇矿的空场(矿房)采用天井水平扇形深孔落矿(图6)。派洛特·诺勃矿则采用小分段平巷垂直扇形深孔落矿(图7)。

皮·里奇矿建矿时采用100马力电耙作为采场运搬设备,1966年起改用内燃无轨设备。派洛特·诺勃矿建矿时就采用内燃无轨设备。因此,两个矿目前的底部运搬设备均为铲运机,而底部采取便于胶轮设备运行的平底柱结构形式。

皮·里奇矿的空场法(矿房)产量只占全矿总产量的17%,矿柱回收占64%,其余19%的产量由分段崩落法在回收边界地区的零星矿体时采出。

美国六个地下铁矿的采矿方法、底部结构及落矿方法见表6及表7。

表 6 美国地下铁矿采矿方法及底部运搬

矿 名	采 矿 方 法	附 图	底 部 结 构	出 矿 设 备			其 它
				类 型	规 格	效 率	
桑 拉 斯 [20][21]	矿块(自然)崩落法	图 三	电耙道及双链漏斗	电 耙			
谢 伍 德 [19][24]	空 场 法						矿房宽 24米 矿柱宽 9米
马 瑟 [16][17]	矿块(自然)崩落法	图 四	电耙道及双面蟹沟	电 耙			
洛 斯 [1][2][3]	矿块(自然)崩落法	图 五	平底柱蟹沟	铲运机①	斗容4.5米 ³		原用电耙,后改铲运机,生产率由12.8上升为15.2吨/工班
皮 · 里 奇	空场(矿房)法17%	图 六	平底柱蟹沟	铲运机③	斗容3.5~3.8米 ³		
	矿柱回收64%	图 六	平底柱蟹沟	铲运机③	斗容3.5~3.8米 ³		回收率75~90%
	分段崩落法19%						
[6][9][10][11]							
派洛特·诺勃 [12][14]	空 场 法	图 七	平底柱蟹沟	铲运机③	斗容7.6米 ³	5万吨/台月 980吨/台班	

②Wagner ST5A型; ③WagnerST-3B型及Corotec OH580型; ④Eimco 520型。

第 7

美国地下铁矿采场需矿方法

矿名	落矿部位	落矿方法	凿岩			方 法			爆 破	装 药	方 法
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗			
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度	效 率	炸 药	初 次 消 耗		装 药 方 法	二 次 破 碎
			备 孔	排 距	深 度						

④J-405与J50-S型；⑤Ingersoll-Rand TRDJ-2型；⑥上向孔用Gardner Denver "Fandril" 台车，φ75孔；下向用Mission A53-15型Megadrill潜孔钻；φ102孔；⑦Gardner Denver型及Ingersoll-Rand型；⑧配合硝化甘油起爆药包；⑨美国杜邦公司产Tovex炸药；⑩Wagner UT-42型；⑪Nitro-Nobel T6C型；⑫John Deer 440型。

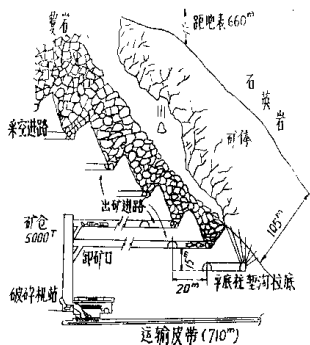


图5 格雷斯矿的矿块崩落法

建矿时，用顺走向的电耙道及底部漏斗（后改为竖沟）出矿，经转运电耙向20吨底卸矿车装车。1988年改用内燃无轨设备，底部改成如图的平底柱型竖沟结构。竖沟由垂直扇形中深孔凿成。矿石自然崩落，由铲运机装矿运出。进路间距20米，分段高15米。

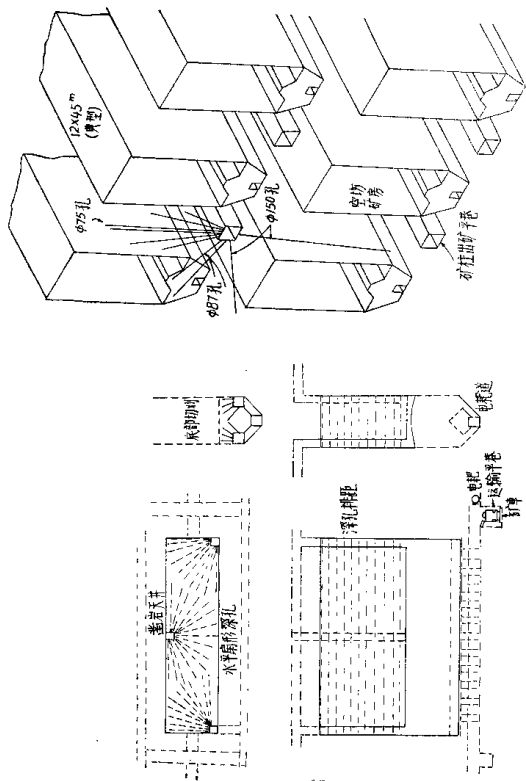


图6 皮·里奇矿的空场法及矿柱回收

建矿时，底部用电耙及交槽布置的双排漏斗出矿，后改为矿运机及平层柱型结构。空场（矿房）部分用天井水平层形深孔落矿。空场有三种布置方法：1）顺走向布置：长45米，宽12米，高45米；2）垂直走向布置：长60—90米，宽15米。矿柱用360°辐射布置扇形深孔落矿，一次爆破几个水平，最大一次用药量达483吨，崩落矿石270万吨。