

第九篇

立井工程施工设计 实用技术与图集

第一章 钻眼爆破

第一节 概 述

矿山建设中,立井井筒施工是关键工程。虽然其掘进工程量仅占全矿井工程量的4%~5%,工期却占35%左右,且此比数随井筒深度的增加而增大。加快立井掘砌速度,是缩短矿井建设工期的关键。几十年来,经过广大建设者的努力,目前我国立井机械化装备水平与施工速度已达到当代国际先进水平。我国煤矿立井基岩段施工月进超过100m的井筒见表9-1-1。

20世纪50~60年代,立井施工作业方式以短段单行作业为主,掘砌段高一般30m左右,用挂圈背板作临时支护,料石砌壁。为了减轻笨重的体力劳动和提高砌壁质量,60年代后期井壁结构改为砼,用分节小模板支模。进入70年代,临时支护改为锚喷,永久支护改为整体滑动模板及现浇砼,作业方式由短段单行作业发展成长段单行作业,段高一般为80~100m。70年代末期,液压滑模得到了成功应用。由于单行作业存在着工序转换时间长和质量差等问题,作业方式逐渐过渡到混合作业。其特点是不需临时支护,掘砌可以适当地平行作业,使掘砌工序在同一循环内完成,工序转换时间少,施工速度快,而且安全。混合作业成为目前我国立井井筒施工的主要作业方式,平均月成井50m左右。

立井施工的钻眼爆破技术,已由50年代采用手持式凿岩机钻眼,浅眼、硝铵炸药、段发电雷管,发展到80年代采用伞钻凿岩、中深炮眼、水胶炸药或乳化炸药、高精度毫秒电

雷管、非电导爆管及多功能立井发爆器等 ,使爆破效率、循环进度大大提高。井筒治水技术已由 60 年代的被动治水发展到 80 年代以地面预注浆为主 ,结合工作面预注浆和壁后注浆为辅的综和治水技术 ,大大改善了井筒作业条件 ,为加快井筒掘砌速度、保证井壁质量创造了条件。

50 ~ 60 年代 ,多用 0.11m^3 的气动抓岩机装岩、 $1.0 \sim 1.5\text{m}^3$ 吊桶及生产用提升机提升。1974 年 ,煤炭工业部 ,冶金工业部和第一机械工业部三部组织立井机械化设备配套攻关 ,至 80 年代已先后研制成功单卷筒和双卷筒提升机、 $3.0 \sim 5.0\text{m}^3$ 吊桶、 $0.4 \sim 1.0\text{m}^3$ 抓岩机、六臂或九臂伞钻、500 ~ 750m 扬程吊泵 ,16t、25t、40t 凿井稳车以及深井激光指向仪、井筒通讯及信号装置、凿井局部通风机等一系列凿井设备。1988 年 ,使用这套机械化装备在中国承包建设的摩洛哥立井工程中 ,曾达到平均月成井 81.6m、最高成井 107.6m 的水平 ,使中国立井技术跨进了国际先进行列。

表 9 - 1 - 1 立井基岩段月成井超过 100m 的部分井筒统计情况

顺序	井 筒 名 称	净深 (m)	井筒深度 (m)	作业方式	最高月成井 (m)	平均月成井 (m)	成井时间 (年、月)
1	江苏徐州权台副井	4.5	186.50	单行作业	115.278	—	1958.9
2	江苏徐州权台主井	4.5	210.43	单行作业	160.920	70.94	1958.10
3	河北峰峰薛村主井	5.0		单行作业	109.130	—	1959
4	河北峰峰薛村副井	6.0	214.50	单行作业	142.410	—	1959.1
5	贵州水城老鹰山副井	6.5	308.70	平行作业 (柔性掩护筒)	105.430	—	1966.4
6	湖南涟邵五亩冲主井	4.0	211.00	单行作业	130.070	—	1970.5
7	辽宁红阳二井主井	6.0	653.4	平行作业 (长段平行)	134.300	74.4	1970.7
8	河北开滦荆各庄主井	5.0	445.0	单行作业	100.300	—	1972.3
9	湖南涟邵桥头河二号主井	5.5	293.24	短段掘喷 (锚喷永久支护)	174.820	120.40	1973.7
10	广东红工矿务局田螺冲副井	5.0	285.00	短段掘喷 (锚喷永久支护)	103.00	—	1976
11	安徽淮南谢二矿中央风井	5.0	479.80	三掘一喷 (锚喷永久支护)	103.600	41.20	1976.3
12	辽宁北票冠山矿主井	6.0	1059.00	二掘一喷 (锚喷永久支护)	114.700	42.00	1977.1
13	河南平顶山一矿丁组风井	5.5	367.00	二掘一喷 (锚喷永久支护)	112.200	41.60	1980.7

顺序	井 筒 名 称	净深 (m)	井筒深度 (m)	作业方式	最高月成井 (m)	平均月成井 (m)	成井时间 (年、月)
14	河北邯郸九龙口南风井	5.5	513.00	短段掘喷	104.000	—	1984.4
15	山西阳泉供水工程进风井	4.0	281.20	三掘一喷 (锚喷永久支护)	177.020	—	1984.6
16	黑龙江七台河新兴矿立风井	6.5	530.00	混合作业	113.000	83.65	1987.8
17	辽宁铁法三台子一井主井	—	—	混合作业	105.00	53.50	1987
18	黑龙江鸡西小恒山西风井	5.0	524.00	混合作业	121.00	84.80	1988.5
19	黑龙江七台河东风矿立风井	—	—	混合作业	141.80	—	1988
20	黑龙江鸡西二道河南风井	5.0	648.00	混合作业	163.10	69.40	1989.5
21	辽宁铁法大兴中央风井	6.5	524.60	混合作业	123.00	89.02	1989.6
22	摩洛哥杰拉达 2 号井	6.8	785.00	混合作业	107.60	81.30	1990.11
23	黑龙江鸡西城子河西风井	5.0	572.00	混合作业	187.10	115.00	1991.5
24	辽宁铁法三台子二井主井	5.0	711.40	混合作业	127.50	83.30	1991
25	黑龙江鸡西滴道东风井	5.0	684.00	混合作业	201.00	120.40	1992.5
26	山东滕南傅村矿井副井	8.0	547.70	混合作业	120.00	—	1993.10
27	海石湾风井	6.0	732.00	—	114.30	—	1994.11
28	龙湖主井	5.0	419.00	—	163.5	—	1995.6
29	甘肃海石湾副井	7.0	760.00	—	123.88	—	1996.12
30	新兴回风井	5.5	510.00	—	151.00	—	1996.8
31	河南梁北主井	5.0	686.70	—	148.00	—	1997.1
32	丰城曲江副井	6.5	912.50	—	148.68	—	1998.5
33	河南梁北副井	6.0	702.50	—	192.00	—	1998.4
34	河北宜东二号井主井	6.0	824.0	混合作业	141.0	100.35	1998
35	河北宜东二号井副井	6.5	854.0	混合作业	141.0	104.48	1998
36	祁东煤矿副井	6.0	655.00	—	190.8	—	1999.5

施工作业方式、施工技术及施工装备不断更新 ,促进了立井凿井速度的提高。50 年代 ,我国井筒平均深度不超过 280m ,最深为 510m ,井筒最大净直径 6.5m ,平均月进度 20.3 ~ 27.1m。1958 年 10 月 ,在江苏省徐州权台主井建设中 ,创月成井 160.92m 的全国最高纪录 ,平均月成井达 70.91m。60 年代 ,井筒平均深度不超过 300m ,最深为 533m ,井筒最大净直径 6.5m ,平均月进度 13.5 ~ 32.3m。70 年代 ,井筒平均深度超过 440m ,最深达 1059m ,井筒最大净直径 8.0m ,平均月进度 16.2 ~ 26.1m。1973 年 7 月湖南省桥头河

二号立井创月成井 174.82m 的全国纪录。进入 80 年代 ,新开发矿区的井筒平均深度均在 600m 左右 ,最深达 1072m ,井径 6~8m ,平均月进度在 40m 以上。1984 年 6 月 ,山西省阳泉矿区供水工程进风立井创月成井 177.02m 的全国纪录。进入 90 年代 ,由于推广混合作业、深孔爆破 ,促进了立井施工速度的提高 ,鸡西矿区滴道东风井 ,创月成井 210m 的全国纪录 ,平均月进度达 120.4m。

第二节 钻眼爆破

五十多年来 ,我国立井施工爆破技术经历了由 1.5m 左右的浅孔到 4m 左右的中深孔爆破 ,由自由式爆破到控制爆破的发展过程 ,标志着我国的爆破技术都有了长足的进步。

为适应爆破技术的发展 ,我国对炸药热化学、爆轰波、冲击波等爆炸过程中的理论问题和岩石的可钻性、可爆性进行了较为深入的研究。特别是 80 年代以来 ,随着高速摄影、动态光弹、超动态应变量测等先进试验设备和量测手段的应用以及计算机数据处理技术在爆破模拟及实验中的应用 ,爆破数学模型的建立及爆破参数的优化 ,比较系统的研究了爆破动应力场 ,提出了爆破的近区、中区、自由区和远区的爆破破碎规律和地震效应 ,揭示了光面爆破的机理 ,提出了适合我国各种硬岩、中硬岩和软岩的光面爆破参数 ,使我国的控制爆破理论和技术提高到一个新的水平。

一、钻眼机具

立井施工的凿岩机应具有钻速高、扭矩大、适应性强和运转可靠等性能。

(一) 凿岩机

50 年代初 ,我国研制的 01-30 型和改型后定名为 YT30 型凿岩机 ,是当时立井凿岩的主要机具。60 年代末 ,我国先后引进了日本古河厂的 322D 型、日本东洋厂的 TY76LD 型、瑞典阿特拉斯厂的 BBD-90 型、芬兰塔母佩勒厂的 K-90 型等风动凿岩机。70 年代初 ,我国又研制成功中频 YT-23(7655)型、YT-24 型、高频的 YTP-26 型等新型凿岩机 ,并和研制成功的环形钻架配套 ,使立井钻眼深度达到 2~2.5m。

70 年代末 ,外回转重型凿岩机 ,如江苏南京战斗机械厂生产的 YGZ-70 型 ,成为我国伞型钻架的主要配套机型 ,使立井的钻眼深度可达到 3~4m ,到 80 年代末已在我国的

主要矿区的立井施工中广泛使用并取得了较好的经济效益。液压凿岩机的出现 ,现示了它独特的优越性能 ,我国在吸取了国外先进经验的基础上 ,研制成功了 YYG – 90 型液压凿岩机 ,为我国的立井凿进钻孔提供了较先进的设备。

(二) 环形钻架与伞形钻架

70 年代为提高立井掘进凿岩的效率和机械化程度 ,我国研制了环形钻架 ,曾在一些矿井掘进中使用 ,由于使用中问题较多 ,未能推广应用。

伞形钻架由于具有结构紧凑、机动灵活、钻眼速度快的优点 ,目前已成为我国立井中深孔爆破的主要钻眼设备。引进的有日本的古河四臂、六臂和德国的六臂、九臂等机型。我国自行研制并应用较广的为 FJD – 6 型和 FJD – 9 型 ,其动力有风动和液压两种 ,主要技术特征见表 9 – 1 – 2 ,其中以 FJD – 6 型应用较多。

表 9 – 1 – 2 伞形钻架技术特征

项 目	FJD – 6 型	FJD – 9 型
支撑臂个数 ,个	3	3
支撑臂支撑范围 ,m	5 ~ 6.8	4.9 ~ 9.5
动臂个数 ,个	6	9
钻垂直炮眼的圈径 ,m	1.34 ~ 6.8	1.64 ~ 8.6
配用凿岩机型号(台数)	YGZ – 70(6)	YGZ – 70(9)
动力形式	风动 – 液压	风动 – 液压
油泵型号	YB – A25C – FF	CB – C25C – FC
推进器形式	风马达 – 丝杠	风马达 – 丝杠
推进行程 ,m	3	4
推进风马达型号	TBIB – 1	TM1 – 4
工作压力 ,MPa	0.5 ~ 0.6	0.5 ~ 0.6
工作水压 ,MPa	0.4 ~ 0.5	0.4 ~ 0.5
耗风量 ,m ³ /min	50	80
收拢后外形尺寸 高 ,m	4.5	5
直径 ,m	1.5	1.6
总重量 ,kg	5000	8500

在组成立井掘进机械化作业线之后 ,我国在如何有效地使用伞钻方面已总结出一套成功的经验：

(1) FJD – 6 型伞钻的收拢高度为 4.5m ,收拢直径为 ϕ 1.5m。选用凿井井架翻矸台

的高度应能满足伞钻的悬吊高度,井口应留出伞钻吊运的空间并设移位装置。当伞钻提升至地面后,由井筒提升位置通过移位装置将其移位至翻矸台下方悬吊。

(2)工作前,用提升机从井口将钻架下放至掘进工作面中心的钻座上,并用钢丝绳将其吊挂在吊盘上的气动绞车上,先接通风、水管路,然后开动油泵马达,操纵调高器,调开伞钻,并将3个支撑臂撑紧于井壁上,即可开始打眼。

(3)打眼时伞钻应始终吊挂在提升钩头上或吊盘上,以防止支撑臂偶然失灵,钻架倾倒。

(4)打眼结束后,先收拢动臂,再收回支撑和调高器油缸,使钢丝绳受力,最后收拢支撑臂,关闭总风、水管,拆下风、水管,捆牢后提升至地面。

(5)用于现浇砼井壁的井内作业时,应保证永久井壁和掘进工作面有一定的距离,以满足伞钻打周边炮眼所需的空間,当井筒掘进采用混合作业、中深孔爆破时,由于滑动模板紧随工作面,故伞钻不能以较大的垂向角度钻周边眼,以致爆破后形成模板位置下欠挖而眼底超挖。为此可将周边眼改为双圈炮眼,最外圈周边眼圈径比掘进直径小300mm,钻1.4~1.5m浅眼,倾角85°,眼底落在井筒掘进轮廓线上,内圈周边眼圈径比掘进直径小600mm,倾角85°,眼底落在井筒掘进直径的轮廓线上,见图9-1-1。

(三)钎子与钎头

立井掘进钻眼使用的钎杆,按断面分为中空六边形和中空圆形二类。中空六边形钎杆主要用于手持式凿岩机,其规格为B22、B25。钎杆材质有碳素钢和合金钢,我国早期多用碳素钢,为提高其性能,近期使用了合金钢。中空圆形钎杆多用于重型导轨式凿岩机和中深孔接杆钻进,其规格为D32、D38,钎杆材质以合金钢为主,其工作性能优于碳素钢钎,但和最先进的钎子钢相比仍存在一定的差距。

60年代以前,多使用整体钎子,其钎头(自刃钎头)一般为镶硬质合金片的一字形或不镶合金片的十字形淬火钎头。目前广泛应用的是镶有硬质合金片的活动钎头,主要采用的形式为:一字形、十字形和柱齿形。一字形钎头,结构简单,多用于钻凿坚固和韧性岩石,其缺点是:开眼困难、磨损快、易卡钎。十字形钎头能克服一字形钎头的缺点,但其钻速较低,制造工艺复杂,多用于坚固性系数较低、裂隙较发育的岩层中。柱齿形钎头,钻速较高,在岩石硬度较高时应用,可取得较好的效果。钎头形式见图9-1-2。

二、爆破器材

(一)炸药

70年代以前,我国立井爆破用的炸药主要有铵梯炸药和胶质炸药(硝化甘油类)两大

类。铵梯炸药,其主要成分是硝酸铵、梯恩梯和木粉。虽然其成本较低、使用较安全,但因硝酸铵具有较强的吸湿性,所以抗水性能较差。为了能够在有水情况下应用,在该炸药中加入了沥青、石蜡等憎水剂;为了改善爆炸性能、提高爆破岩石的效率,研制了适用于井筒爆破的抗水铵梯黑、铵梯铝等高威力炸药。这些炸药曾在河北省邯邢矿区万年二号风井、辽宁省北票矿区冠山立井掘进中应用,并取得了较好的爆破效果。

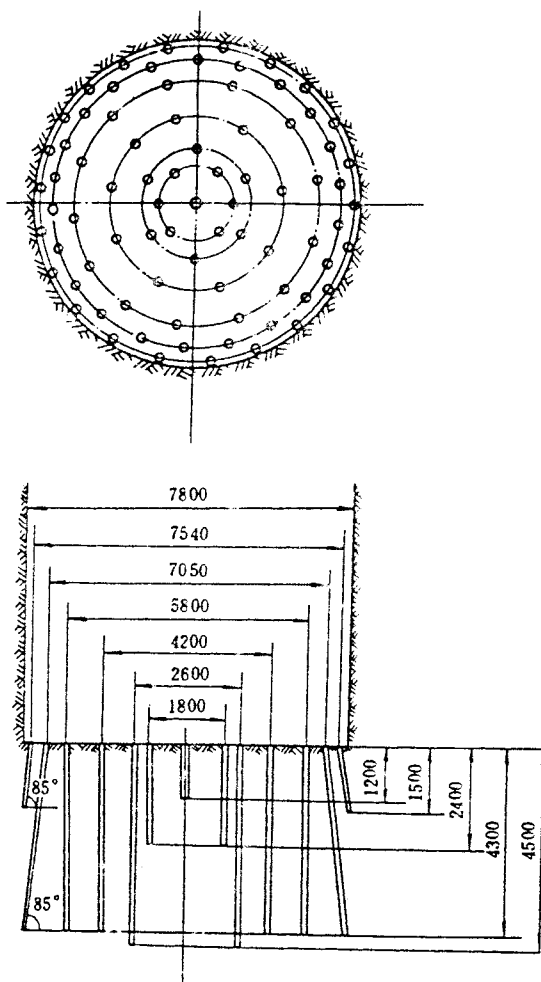


图 9-1-1 混合作业双圈周边眼布置图

胶质炸药,以硝化甘油为主要成分,具有密度大、可塑性好、抗水性能强和威力高的一系列优点。但是,它的感度较高,工程使用中安全性能较差,成本较高。曾在江苏省徐州矿区权台立井、辽宁省沈阳矿区的红阳二井立井、河北省邯邢矿区陶庄二号井立井等施工中应用,效果良好。

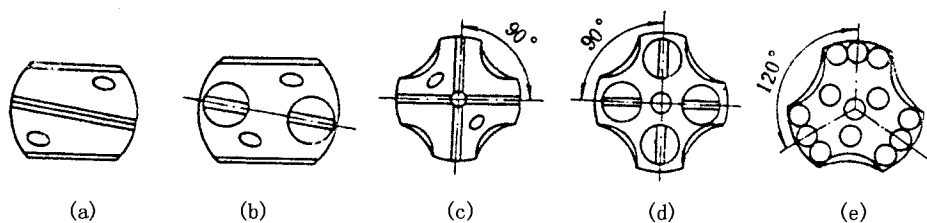


图 9-1-2 钻头形式示意图

a—一字形连续刃形 b—一字形断续刃形 c—十字形连续刃形；
d—十字形断续刃形 e—柱齿形

70 年代末期 ,为了克服上述炸药的缺点 ,我国自己研制了系列水胶炸药。这是一种由氧化剂水溶液为载体加入胶结剂、交联剂、可燃剂、敏化剂等添加剂组成的硝酸铵类含水炸药。它具备了立井爆破要求的抗水性强、炸药密度高、使用安全、威力大的特点。我国已生产出了高威力 1 号、2 号、铝 100 型岩石水胶、一般威力 3 号和煤矿安全型等品种 ,见表 9-1-3 ,已在我国立井施工中广泛应用。

表 9-1-3 国产水胶炸药的组成和性能

	组成和性能	高 威 力		一般威力	铝 100 型岩石 水胶炸药	煤矿安全型水胶炸药	
		1 号	2 号	3 号			
组 成 成 分 %	硝酸铵 AN	40 ~ 50	40 ~ 50	40 ~ 50	48 ~ 53	54.5	57.5
	硝酸钠 SN	8 ~ 13	8 ~ 13	8 ~ 13	8 ~ 13		
	梯恩梯 TNT				0 ~ 20		
	硝酸钾铵 MMAN	25 ~ 30	25 ~ 30	25 ~ 30		30	24
	水	8 ~ 12	8 ~ 12	8 ~ 12	9 ~ 15	10	10
	田菁粉	0.8 ~ 12	0.8 ~ 12	0.8 ~ 12	0.5 ~ 0.5		
	铝 粉	3 ~ 6					
	活性炭				0 ~ 6		
	黑索金 RDX		5 ~ 8				
	亚硝酸钠	0.1 ~ 0.2	0.1 ~ 0.2	0.1 ~ 0.2			
	交联剂	0.05 ~ 0.1	0.05 ~ 0.1	0.05 ~ 0.1	0.1 ~ 0.3		
	延时剂	0.02 ~ 0.06	0.02 ~ 0.06	0.02 ~ 0.06			
	稳定剂	0.1 ~ 0.4	0.1 ~ 0.4	0.1 ~ 0.4			
	消焰剂					4	5
	其 它				1.5	3.5	

	组成和性能	高 威 力		一般威力	铝 100 型岩石 水胶炸药	煤矿安全型水胶炸药	
		1 号	2 号	3 号			
性 能	药卷直径 ,mm	35	35	35		35.25	35
	临界直径					16	
	炸药密度 ,g/cm ³	1 ~ 1.2			1.24		
	爆 速 ,m/s	4360	4400	3590	4150	3400 ~ 3900	3400 ~ 3900
	爆 力 ,mL	330	330		355.1	290	
	猛 度 ,mm	18	20.1	15	16.96	15 ~ 16	15 ~ 16
	殉 爆 ,mm	250	250	120	200	60 ~ 80	60 ~ 80

80 年代 ,我国又研制了乳化炸药 ,其爆炸性能优于水胶炸药 ,因而受到了普遍重视。已生产出乳化岩石炸药、乳化煤矿炸药、乳化高安全炸药等系列产品 ,其组成和性能见表 9 - 1 - 4。但由于成本尚高 ,目前未能普遍应用。

表 9 - 1 - 4 部分国产乳化油炸药的组成和性能

	组成和性能	乳化油岩石炸药		乳化油煤矿炸药		乳化油高 安全炸药
组 成 % 性 能	硝酸铵	55 ~ 65	55 ~ 70	55 ~ 65	55 ~ 65	55 ~ 65
	硝酸钠	8 ~ 15	10 ~ 16	8 ~ 15	10 ~ 15	8 ~ 15
	水	8 ~ 15	8 ~ 13	8 ~ 15	8 ~ 13	8 ~ 15
	可燃剂	1 ~ 4	1 ~ 6	1 ~ 4 (矿物油 - B)	1 ~ 5	(矿物油 - B)
	乳化剂	1 ~ 4	0.8 ~ 1.2	1 ~ 4	0.8 ~ 1.2	1 ~ 4
	稳定剂	1 ~ 4	1 ~ 3	1 ~ 3	5 ~ 10	1 ~ 3
	消焰剂			1 ~ 4		1 ~ 10
	密度调节剂	1 ~ 4	1 ~ 3(珍珠岩)	1 ~ 4	2 ~ 5(珍珠岩)	1 ~ 4
	其 它	2		2		2
性 能	药 径 ,mm	35	35	35	35	35
	密度 ,g/cm	0.95 ~ 1.25	0.95 ~ 1.25	0.95 ~ 1.25	0.95 ~ 1.25	0.95 ~ 1.25
	爆速 ,m/s	3800 ~ 1100		3700 ~ 4000	3819	2500 ~ 3100
	爆力 ,mL	306.4	280 ~ 300	307.5	280 ~ 290	
	猛度 ,mm	15 ~ 17	16 ~ 18	14 ~ 16	12 ~ 15	10 ~ 12
	殉爆 ,mm	80 ~ 140	80	80 ~ 120	60	30 ~ 50

90 年代 ,新研制出的粉状乳化炸药 ,具有乳化和粉状炸药两者的优点 ,被认为是一种有前途的新产品炸药 ,具有世界先进水平。不久的将来 ,乳化炸药和粉状乳化炸药在我

国的立井爆破中将会发挥重要作用。

(二)起爆器材

国产瞬发、秒延期和毫秒延期电雷管是我国立井掘进爆破的主要起爆材料。随着爆破技术的发展,我国又研制了高精度毫秒电雷管、磁电雷管和电子雷管,并已在井筒掘进爆破中试用。

毫秒延期电雷管主要产品有 4 个系列和 1~20 段:高精度系列、普通应用系列、短延期电雷管和直插式电雷管。由于目前控制爆破技术要求一次起爆的雷管段特别多、数量大,为此我国已研制出 40 段高精度的毫秒电雷管,为爆破技术的发展提供了物质条件。在杂散电流较大的矿井施工中,为确保安全,采用非电导爆管(诺内尔管)起爆。在光面爆破中,导爆索作为周边眼的特殊装药结构或作为周边眼的起爆网路而采用。

我国立井爆破的起爆能源主要为矿井的照明或动力电源,目前还没有适用于井筒掘进时多发雷管并联网路为主的专用发爆器,所以爆破网路比较单一。

三、光面爆破

我国井筒掘进爆破施工中,已普遍应用了光面爆破技术。实现了成形规整,对围岩破坏小,周边眼的眼痕率保持在 80% 左右,炮眼利用率可达 90% 以上的好成绩。通常把炮眼深度 2m 左右的称做普通光面爆破或浅眼光面爆破,炮眼深度 3~4m 左右的称做中深孔光面爆破。

(一)浅眼光面爆破

经过多年的实践已积累了丰富的经验,主要可概括为:钻眼做到以爆破图表为依据,实现钻眼平行、等距、同深,掏槽为直眼和锥形二种基本形式,周边眼抵抗线可控制在 500~600mm,眼距为 500~550mm。装药用小直径专用药卷时为连续装药,否则多为空气柱间隔装药,药卷间以导爆索联接,见图 9-1-3。

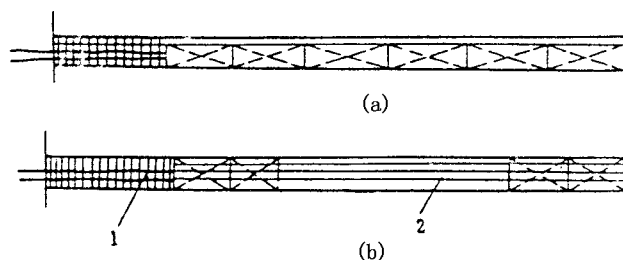


图 9-1-3 光面爆破装药结构示意图
 a—小直径药卷连续装药 b—空气柱间隔装药
 1—导爆索 2—竹片

在施工中 ,各单位都根据自己的工程条件进行优化、调整 ,编制出合理的光面爆破图表指导施工。以兖州矿区北宿矿主井采用过的爆破参数为依据 ,编制了浅眼光面爆破图表 ,见表 9-1-5、图 9-1-4。井筒爆破条件如下：

表 9-1-5 北宿主井爆破参数

圈号	眼号	眼数 (个)	圈径 (mm)	眼距 (mm)	眼深 (m)	倾角 (°)	药径 (mm)	装药量(kg)		装药 结构	起爆 顺序	联结 方式
								每眼	合计			
0	0	1			1.0	⊥						并 联
1	1~6	6	1500	800	1.6	85	32	0.75	4.50	连续	1	
2	7~16	10	2600	800	1.4	⊥	32	0.60	6.00	连续	2	
3	17~32	16	4000	780	1.4	⊥	32	0.60	9.60	连续	3	
4	33~63	31	5000	500	1.4		25	0.16	4.90	连续	4	
合计		64			90.4				25			

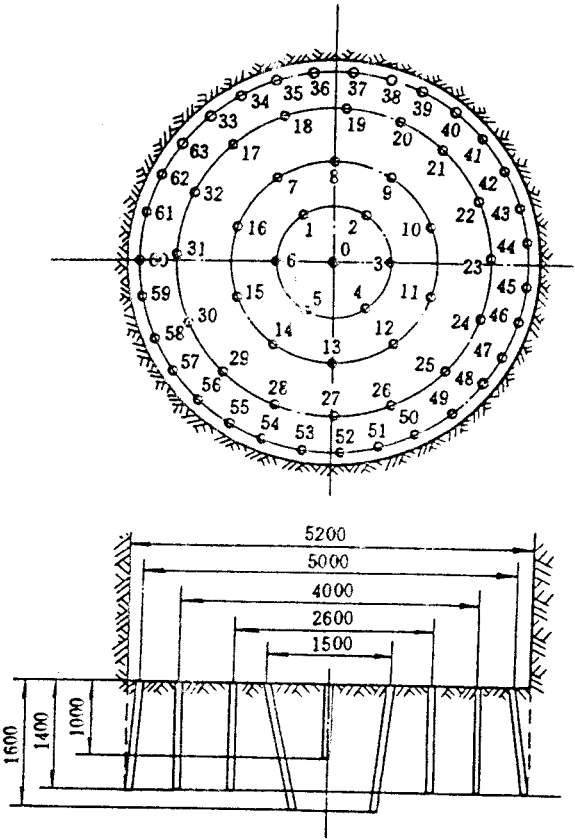


图 9-1-4 浅眼光面爆破炮眼布置图

井筒深度 ,m	293.1
井筒净直径 ,mm	4500
井筒掘进直径 ,mm	5200
井筒掘进断面 ,m ²	21.23
岩石条件	粉砂岩、中砂岩、灰岩
炸药品种	岩石抗水硝铵
雷管品种	秒、毫秒雷管

其主要技术经济指标 :每循环进尺 1.26m ,炮眼利用率 90% ,每循环爆破实体岩石 26.75m³ ,炸药单位消耗量 0.93kg/m³ ,每循环炸药消耗量 25kg ,每循环雷管消耗 63 个 ,每循环炮眼总长度 90.4m。

(二)中深孔光面爆破

1. 爆破参数

(1)炮眼深度

中深孔光面爆破的炮眼深度应根据钻眼设备的能力、循环组织形式确定。

70 年代以来 ,伞形钻架及其配套的导轨式外回转风动凿岩机或液压凿岩机为钻凿 4.0 以上的中深孔提供了可靠的钻具。采用中深孔爆破 ,作业循环交替次数减少 ,每循环的钻眼辅助时间(送钻具、安设钻架、移眼位、炮孔填充、装药连线、人员撤离、爆破通风等)可相对减少 ,从而提高了有效的作业时间。

循环组织应本着实现正规作业循环 ,使管理规范化 ,以提高循环利用率 ,同时也应使炮眼深度与大型金属模板的高度相匹配。江苏省基本建设公司在承建摩洛哥杰拉达Ⅲ号井施工中 ,采用了 FJD-9A 型伞钻、高 3.04m 的金属模板、炮孔深度为 3.6~3.8m ,实现了一次爆破一次立模浇灌砼的循环制度。黑龙江省鸡西矿区 1991 年在二道河子南风井和 1992 年在滴道东风井等井筒施工中 ,采用高 5.0m 的金属模板、手持式 YT-27 型风动凿岩机打眼 ,炮眼深度为 3.4m ,实现了三掘二次立模浇灌砼的大循环工作制度。

(2)炮眼直径和装药直径

手持式风动凿岩机可钻直径为 45mm 左右的炮眼 ;采用伞钻打眼时 ,为增加装药的集中度、提高爆破效率 ,在兖州东滩矿、邯邢九龙口南风井等都采用了直径为 55mm 的钻孔 ,装药直径为 45mm 的水胶炸药。

(3)单位耗药量

单位炸药消耗量常被作为评价爆破效果的一个重要指标。它是由诸多因素决定的 ,其中主要有岩石的物理力学性质、井筒断面积、炸药的性质(密度、猛度、爆力)、炮眼深

度 炮眼直径和装药直径等 ,因此精确的计算比较困难。我国也曾采用过一些经验公式进行估算 ,但主要是实际消耗的炸药量和爆破下来的岩石的原岩体的比值来求得该施工条件下的单位炸药消耗量 ,见表 9－1－6。

表 9－1－6 立井中深孔光面爆破参数统计

立 井 名 称	净径 (m)	掘进断面 (m ²)	掏槽形式	炸药类型	单位药耗 (kg/m ³)	眼深 (m)	眼数 (个)	岩石性质 (f)
潘集三号主井	7	52.8	—	100 型水胶	2.09	3.6	96	砂岩(4～6)
潘集三号副井	8	69.4	—	100 型水胶	1.96	3.8	117	砂岩(4～6)
童亭副井	6.5	43.0	—	T100 型水胶	1.55	3.8	106	泥岩、粉岩
邯邢万二风井	5.5	26.1	—	防水铵黑	2.32	4.2	60	细砂岩(6)
邯邢万二风井	5.5	26.1	—	防水铵黑	1.91	4.2	51	砂质泥岩
邯邢九龙口南风井	5.5	26.1	—	水 胶	2.42	3.0	76	砂岩、粉砂岩
东滩主井	7	47.8	三阶直眼	水 胶	1.90	3.3	107	砂页岩(4～6)
东滩副井	8	63.5	二阶直眼	水 胶	1.77	3.7	115	砂页岩(4～6)
滴道东风井	5	25.5	双锥复式	岩石水胶	1.60	3.7	70	砂岩
城子河西风井	5	25.5	斜眼二阶	101 水胶	1.60	3.4	70	粉砂岩、细砂岩
二道河子南风井	5	25.5	双锥复式	岩石水胶	1.60	3.4	70	砂岩
七台河新兴风井	6.5	43.0	二阶直眼	101 水胶	1.70	4.0	101	细砂岩(4～6)
杰拉达Ⅲ号井	6.8	47.8	直 眼	水 胶	1.70	3.8	75	页岩、石灰岩

(4)炮眼数目及布置

炮眼数目应依据井筒的断面积、岩石条件及炸药的性能等因素确定。对于坚硬难爆的岩石 ,炮眼数目应适当增加 ,一般情况下 ,光面爆破比普通爆破炮眼数目约增加 15%～20%。

我国煤矿立井多为圆形断面 ,炮眼通常采用同心圆布置。其主要优点是 :便于钻眼 ,减少钻眼机具的移动和相互干扰 ;爆破后断面轮廓符合设计要求 ,不至于发生欠挖或超挖 ;爆破的矸石块度均匀 ,大小符合抓岩机装岩的要求 ;可以获得较高的炮眼利用率。

根据岩石条件合理选择周边眼参数是实现光面爆破的关键 ,通常抵抗线 $W=500\sim 600\text{m}$,眼距 $a=500\sim 550\text{mm}$,密集系数 $m=0.8\sim 1.0$,周边眼口布置在井筒设计掘进断面的轮廓线上 ,眼底落在掘进断面轮廓线外 $100\sim 150\text{mm}$,以确保设计断面的尺寸。

中深孔光面爆破在我国许多矿区的立井施工中已普遍获得应用 ,一般都采用了高威力和光爆专用炸药 ,淮北、淮南、邯邢、兖州、鸡西、七台河等矿区的实际统计资料亦见表

9-1-6。

2. 爆破图表

以兖州矿区东滩矿副井采用过的爆破参数为依据,绘制了中深孔光面爆破图表,见图9-1-5、表9-1-7、表9-1-8。井筒爆破条件表如下:

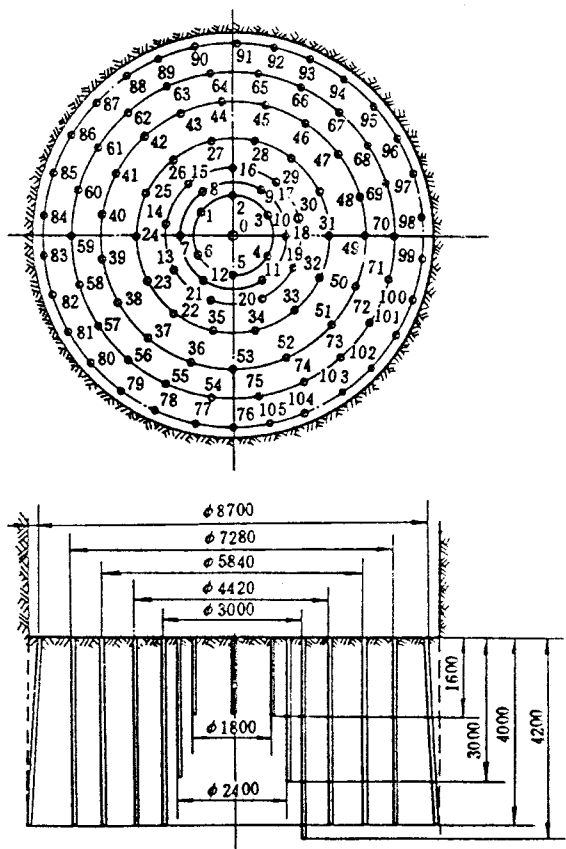


图 9-1-5 中深孔光面爆破炮眼布置图

深 度	784m
井筒净直径	8.0m
井筒掘进直径	9.0m
井筒掘进断面	63.59m ²
岩石条件	砂岩、页岩($f=4\sim6$)
炸药品种	T220 水胶炸药
雷管品种	毫秒电雷管

表 9－1－7 东滩副井爆破参数

圈序	眼号	眼数 (个)	圈径 (mm)	眼距 (mm)	眼深 (mm)	倾角 (°)	药径 (mm)	装药量(kg)		起爆 顺序	联线 方式
								每眼	合计		
0	0	1			1600	90					井 联
1	1～6	6	1800	900	1600	90	45	1.9	11.4	1	
2	7～12	6	2400	1200	3000	90	45	2.6	15.6	2	
3	13～21	9	3000	1020	4200	90	45	3.2	28.9	3	
4	22～35	14	4420	990	4000	90	45	4.0	56.0	4	
5	36～53	18	5840	1000	4000	90	45	4.0	72.0	5	
6	54～75	22	7280	1030	4000	90	45	4.0	88.0	6	
7	76～105	30	8700	910	4000		45	3.0	90.0	7	
合 计		106							361.9		

表 9－1－8 东滩副井光爆技术经济指标

项目名称	数 量
每循环进尺 ,mm	3400
炮眼利用率 ,%	85
每循环爆破实体岩石量 ,m ³	216
单位炸药消耗量 ,kg/m ³	1.67
每循环消耗炸药量 ,kg	361.9
每循环消耗雷管数 ,个	105
每循环所需炮眼总长度 ,m	386

3. 实施中深孔光面爆破的几个技术问题

(1)掏槽爆破

掏槽是爆破能否成功的关键。掏槽眼应尽可能布置在容易爆破的位置上 ,在均质岩层中通常布置在靠井筒中央 ,急倾斜岩层多布置在靠近井筒中央岩层倾斜的下方。

我国立井采用掏槽眼的圈径和炮眼数目统计见表 9－1－9。

表 9－1－9 立井掘进掏槽眼圈径及炮眼数目统计

掏 槽 参 数	岩 石 坚 固 性 系 数				
	1～3	4～6	7～9	10～12	13～16
圆锥掏槽圈径 ,m	1.8～2.2	2.0～2.3	2～2.5	2.2～2.6	2.2～2.8
直眼掏槽圈径 ,m	1.8～2.0	1.6～1.8	1.4～1.6	1.3～1.5	1.2～1.3
炮眼数目 ,个	4～5	4～6	5～7	6～8	7～9

采用锥形掏槽时,当炮眼深度大于 2m 时,炮眼多布置为二阶以上的多阶掏槽形式,为改善爆破条件,一般中心增加一个空眼作为岩石碎胀补偿空间。以鸡西矿区域子河矿西风井为例,其掏槽眼布置图及参数,见图 9-1-6,表 9-1-10。

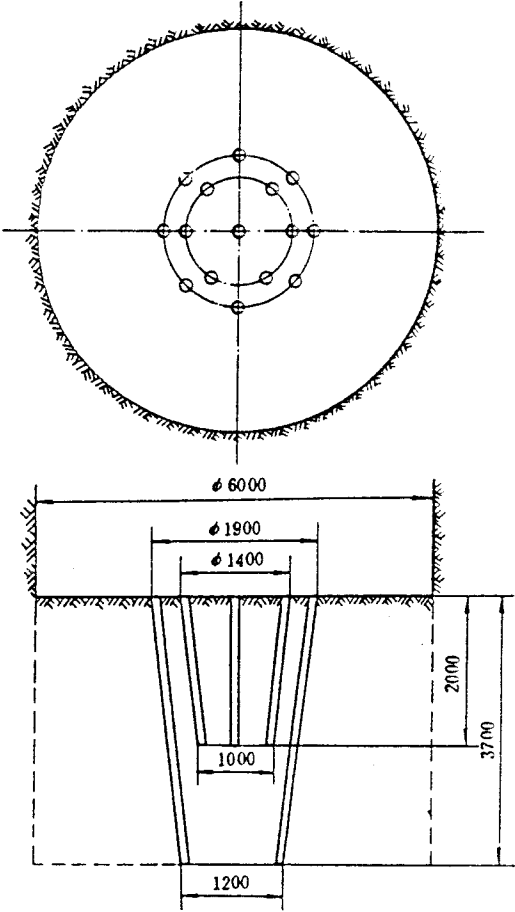


图 9-1-6 鸡西城子河西风井掏槽眼布置图

表 9-1-10 鸡西矿区域子河矿西风井掏槽眼布置参数

槽眼布置	直 径 (mm)	眼 深 (mm)	眼 距 (mm)	倾 角 (°)	眼 数 (个)
一阶槽眼	1400	2000	730	84	6
二阶槽眼	1900	3700	746	84	8

采用直眼掏槽时,如炮孔深度大于 2m 时,常采用同深的二阶和不同深的二阶或三阶

直眼。采用不同深的二阶掏槽时,二阶槽眼装药的顶端位置应低于一阶槽眼眼底位置,并填充炮泥。采用二阶同深掏槽时,一阶掏槽应采取分段装药、分段起爆的方法。井筒中心一般应增加 1 个空眼,深度应超过槽眼 500mm,并在底眼装药,在槽眼爆破中最后爆,以增加抛掷效果,提高炮眼利用率。

(2) 周边眼布置与装药结构

周边眼应布置在井筒设计掘进断面的轮廓线上。炮眼向外倾斜,眼底偏出井筒设计轮廓线外 50~100mm。其装药结构应根据炸药的品种进行设计,采用专用光爆药卷时,一般为连续装药;采用普通药卷时,多用二段或多段空气柱(或水炮泥)间隔装药,药柱间以竹片和导爆索串联成串状,使其沿炮孔均匀分布而后再用炮泥填塞孔口,用雷管或导爆索起爆。

(3) 爆破网路

由于立井断面大、一次起爆雷管数目多、工作面通常有淋水,给爆破网路的设计和实施带来一定的难度。除努力改善环境减少影响、严格检查雷管质量保证准爆外,合理的进行爆破网路设计,是提高立井光面爆破效果的重要环节。

我国立井掘进爆破常用的电爆网路由起爆电源、爆破母线、连接线和电雷管组成。由于目前还没有适用于井筒掘进爆破特点的专用放炮器,所以一般采用 220V 或 380V 交流电源作为起爆电源。在地面设置专用电源开关盒,井筒内敷设专用爆破电缆,工作面设木桩架起一定高度的裸铝线或裸铁丝作为与电雷管脚线的连接线,组成专用的爆破网路。在有瓦斯工作面实施爆破时,采用有限时装置的防爆型爆破开关。

为使爆破网路获得最大电冲能,可采用可控硅等开关元件,在电源最大电压附近接通电爆网路。山东省兖州矿区的东滩矿立井掘进爆破时曾采用 KGBA-200/23-300/230 型可控硅整流设备作为起爆电源。

我国立井掘进爆破常用的网路有串联、并联和混联。由于以交流电作起爆电源,故以应用并联或串并联网路为多,见图 9-1-7。

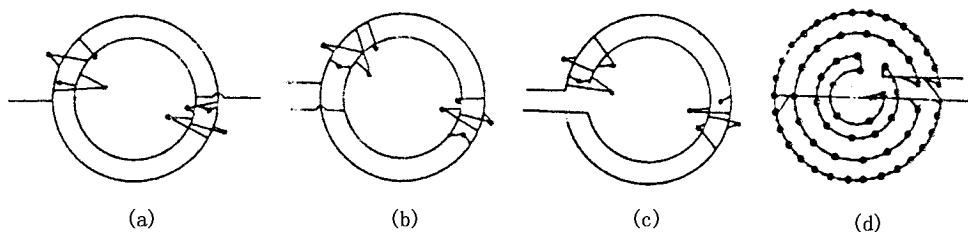


图 9-1-7 立井爆破网路图

a—闭合反向并联 b—闭合正向并联 c—不闭合反向并联 d—串并联

该网路的准爆条件是 通过每个雷管的电流必须大于雷管的最小发火电流 ,即 :

$$I = \frac{U}{NR_C} > I_{\min} \quad (9-1-1)$$

式中 I ——通过雷管的电流 ,A ;

U ——电源电压 ,V ;

N ——并联网路雷管个数 ,个 ;

R_C ——网路总电阻 Ω ;

I_{\min} ——雷管最小发火电流 ,A。

由于闭合反向并联网路电流分部均匀 ,联线操作方便 ,故应用较普遍。当采用串并联网路时 ,当工作面所需雷管总数确定后 ,为保证通过电雷管的电流值为最大 ,还需确定网路最优分支数。

为简化计算 ,设网路区域电阻 $r = 0$,则通过雷管的电流为 :

$$I = \frac{mU}{m^2 R_m + NR_d} \quad (9-1-2)$$

式中 N ——网路总雷管个数 , $N = n \cdot m$;

U ——电源电压 ,V ;

m ——分支数目 ,个 ;

R_m ——母线电阻 Ω ;

n ——各分支内雷管数 ,个 ;

R_d ——雷管电阻 Ω 。

由上式 , U 、 R_m 、 N 、 R_d 为常数 ,通过电雷管的电流是分支数 m 的函数 ,利用求极值得最优分支数为 :

$$m = \sqrt{\frac{NR_d}{R_m}} \quad (7-1-3)$$

第二章 装 岩

装岩是整个凿井工作中既费时又繁重的工作,它约占据进总循环时间的 50% ~ 60%,提高装岩效率和机械化水平是加快立井施工的关键。20 世纪 50 年代初,我国从原苏联引进和使用 БЧ 型气动抓岩机,其理论生产能力 $8\text{m}^3/\text{h}$,比人工装岩效率高 1.3 ~ 3 倍。50 年代末,我国自制了 NZQ - 0.11 型及 HS - 2 型抓岩机,其理论生产能力为 $12\text{m}^3/\text{h}$ 及 $17 \sim 20\text{m}^3/\text{h}$ 。此类抓岩机具有重量轻、体积小、悬吊方便、故障少、适应性强的特点,从 50 ~ 70 年代初,对促进凿井速度的提高,曾起过积极的作用,至今仍在井筒直径 4.5 ~ 5.0m、深度不超过 400m 的浅井中广泛使用。随着井筒加深、直径加大,明显感到用人力操作的小斗容抓岩机适应不了快速凿井的要求。因此我国研制了 0.6m^3 大斗容长绳悬吊抓岩机,并且配套生产了专用悬吊绞车。它的理论生产率比小斗容抓岩机提高了 2 ~ 3 倍,但是其机械化程度较低,不能满足大直径井筒的施工要求。1974 年由第一机械工业部、冶金工业部、煤碳工业部共同组织了立井机械化配套会战,经几年努力,陆续研制成了环型轨道式、中心回转式和靠壁式 3 种大斗容抓岩机。

各类抓岩机的抓斗容积从 0.11m^3 、 0.2m^3 、 0.4m^3 、 0.6m^3 发展到 1m^3 ,组成了我国抓岩机的系列标准,其技术特征见表 9 - 2 - 1。抓斗的形式从减力矩发展到增力矩,其中 0.4m^3 、 0.6m^3 增力矩抓斗能与各类抓岩机操纵装置相匹配。从而实现了抓岩机的标准化、系列化、通用化。另外,为了解决表土冻结段掘进及基岩段清底的机械化,还成功的研制了 0.6m^3 冲击式抓斗。该抓斗在表土冻结段,可直接冲抓冻土,实现抓破功能合一。基岩段可直接冲抓残面碎石及松动的大块岩石,还可处理工作面凹凸不平的部位,达到清底的目的。为了提高机械的自动化程度和防止抓斗与提升吊桶的碰撞,现正在研制抓岩机能在工作面遥控和具有臂杆与上下吊桶防碰撞设施的新型抓岩机。

表 9－2－1 国产抓岩机的主要技术特征(人力操作)

技 术 特 征	吊 盘 悬 吊		地面长绳悬吊
	NZQ－0.11	HS－2	HS－6
理论生产能力(松散体) ,m ³ /h	12	17～20	50
抓斗 容积 ,m ³	0.1	0.2	0.6
闭合直径 ,mm	1000	1150	1170(1150)
张开直径 ,mm	1305	1530	2230(2100)
提升能力 ,kN	10	20	100
提升高度 ,m	40	25～40	700
提升速度 ,m/s	0.5	0.35～0.45	0.13～0.34
工作气压 ,MPa	0.5～0.7	0.5～0.7	0.5～0.7
压风消耗量 ,m ³ /h	3.75～5.25	9.3～9.8	2
气动机总功率 ,kW	3.6	8.8	—
外形尺寸(长×宽×高) ,mm	1350×700×975	1390×530×850	3240×2907×1740
机器总重 ,kg	1187	1610	10090
适用井筒直径 ,m	各类直径	4～5.5	5～8
生产厂名	徐州煤矿机械厂	徐州煤矿采掘机械厂	徐州煤矿机械厂

国产抓岩机的主要技术特征(机械化操作)

技 术 特 征	靠壁式		环形轨道式		中心回转式		
	HK－4	HK－6	HH－6	2HH－6	HZ－4	HZ－6	HZ－10
理论生产能力 (松散体) ,m ³ /h	30	50	50	80～100	30	50	80
抓斗 容积 ,m ³	0.4	0.6	0.6	2×0.6	0.4	0.6	1
闭合直径 ,mm	1296	1600	1600	1600	1296	1600	2050
张开直径 ,mm	1965	2130	2130	2130	1950	2130	2640
提升能力 ,kN	29	40	35	35	35	27.5	35
提升高度 ,m	6.2	6.8	50	50	60	50	30
提升速度 ,m/s	0.2～0.3	0.35～0.4	0.35	0.35	0.35～0.5	0.3～0.4	0.3～0.4
回转变幅机构 (°)	120	120	360	360	360	360	360
径向位移量 ,m	3.43	4.3	—	—	2.45	2.45	3.53
工作气压 ,MPa	0.5～0.7	0.5～0.7	0.5～0.7	0.5～0.7	0.5～0.7	0.5～0.7	0.5～0.7
压风消耗量 ,m ³ /h	25	45	20	35	17	24	<50
气动机总工率 ,kW	14.7	29.4	25	50	24.6	24.6	47.8
外形尺寸 ,mm (长×宽×高)	1190×930 ×5840	1300×1100 ×6325			1170×1400 ×6535	1170×1400 ×6535	1950×1600 ×9120

技 术 特 征	靠壁式		环形轨道式		中心回转式		
	HK - 4	HK - 6	HH - 6	2HH - 6	HZ - 4	HZ - 6	HZ - 10
机器总重 ,kg	5450	7340	7710 ~ 8580	13212 ~ 13636	9427	10283	19216
适用井筒直径 ,m	4 ~ 5.5	5 ~ 6.5	5 ~ 8	6.5 ~ 8	4 ~ 6	5.0 ~ 7	> 7.5
生产厂名	南昌通用机械厂	南昌通用机械厂	煤 炭 研究院	煤 炭 研究院	太原矿山机械厂	太原矿山机械厂	昆明冶金机械厂

备注 ① NZQ2 - 0.11 型、HS - 2 型外形尺寸是指气动绞车；
② HS - 6 型外形尺寸是指地面悬吊凿井绞车；
③ HZ - 4 ,HZ - 6、HZ - 10 型外形尺寸长、宽是指回转盘尺寸 ,高度指吊盘以下及吊盘以上总和；
④ HK - 4、HK - 6、HZ - 10 型外形尺寸是指机器收拢外形尺寸；
⑤ 机器总重是指主机与抓斗重量之和；
⑥ 抓斗闭合直径 ,抓斗张开直径括号内数据为增力矩抓斗尺寸。

目前国外抓岩机类型与我国大致相似 ,主要有靠臂式、环型轨道式、中心回转式。机器的驱动以气动为主。靠臂式斗容一般为 $0.4 \sim 0.6\text{m}^3$,环型轨道式的斗容一般为 $0.4 \sim 0.6\text{m}^3$,个别达 1.25m^3 ,中心回转式的斗容一般为 $0.6 \sim 0.85\text{m}^3$ 。国外抓岩机在抓斗结构上向振动和渐增力矩方面发展 ,在抓岩操作上向遥控系统自动化程序控制方面发展。机械制造力求机器的寿命长 ,可靠程度高。

总之 ,我国各种类型的抓岩机的技术性能 ,目前已达到和接近国外同类型抓岩机的技术水平。

第一节 长绳悬吊式抓岩机

该机是 20 世纪 70 年代结合我国国情设计的一种简易立井抓岩设备。悬吊抓斗绞车安设在地面 ,由凿井工作面的操作人员操纵升降按钮 ,实现抓斗的提升和下放 ,操纵开闭控制阀 ,实现抓斗片的张开和闭合 ;用人力推拉移动抓斗 ,实现在任意点抓取岩石的目的。它具有装备简单、容易在井筒布置、吊盘不需增加荷载、压风耗量小、运行费用低、提升抓斗辅助时间少以及由于工人在井下工作面直接操作、看得清、抓得准、装的满、安全好等优点 ,因而在煤碳建井系统得到较广泛的使用。特别在东北地区约有 90% 施工立井使用。鸡西矿区滴道东风井仅用 1 台 0.6m^3 斗容的长绳悬吊抓岩机 ,于 1992 年 5 月创造了月成井 201m 的全国记录。该机主要缺点是推移抓斗时机械化程度低 ,工人劳动强

度大。因它具有简单、经济、安全和工效较高的特点,现阶段仍具有积极意义。

该机主要由 JZ₂T10/700 型或 JZ_T210/900 型专用凿井绞车与 D₆ 型 0.6m³ 抓斗或 HTZ-6 型增力矩抓斗配套,采用不旋转钢丝绳悬吊。其布置见图 9-2-1。

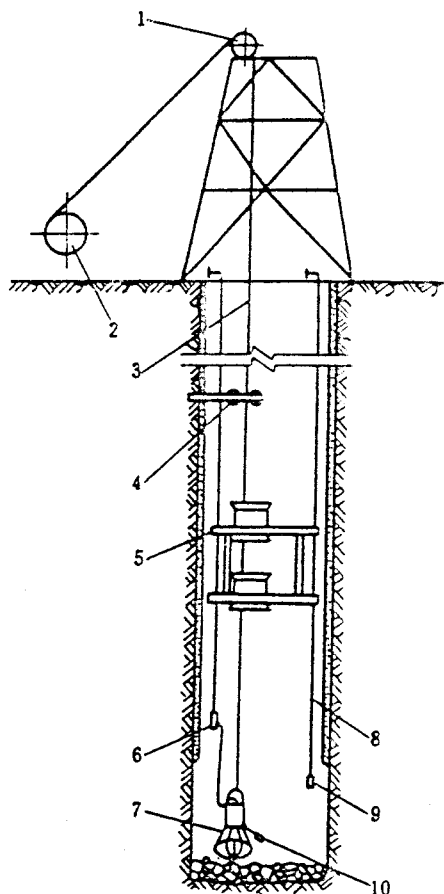


图 9-2-1 长绳悬吊式抓岩机的布置图

- 1—悬吊天轮 2—地面悬吊专用凿井绞车 3—悬吊钢丝绳 4—钢丝绳限位滑架 5—吊盘;
6—供风管路 7—抓斗 8—抓岩机控制电缆 9—升降操纵开关 10—抓斗控制阀

由于该机悬吊装置位于地面,在使用中应掌握好以下几个问题:

(1) 每段限位装置的距离主要应考虑悬吊钢丝绳摆动的幅度不危及安全和抓斗水平推移力不要过大两个因素。通过实践及理论验算证明,当钢丝绳悬吊高度在 80~100m、推移距离在 3m 左右、其水平推力为 685~1200kN 时,操作条件既安全又轻便。因此,每段限位装置的距离一般定为 100m 一道。通常采用限位套的悬梁进行限位,井筒每 100m

要安设一根悬臂梁。悬臂梁一端固定在井壁内,另一端通过限位滑套与悬吊钢丝绳滑动连接。

(2)当井筒直径为5~6m时,抓斗在井内一般布置1台,如井筒直径大于6m则需布置2台。不论单钩、双钩提升,用1台或2台大抓斗,抓斗的悬吊点在不影响测量中心线的原则下,应尽量靠近井筒中心,以使抓斗推移距离大致相等,一般控制在3~5m以内。布置2台抓斗时,应对称布置,以避免井筒内抓岩死角;为避免两抓斗叶片张开时,互相干扰,两台抓斗悬吊点间距不应小于2m。

吊盘布置时要考虑抓斗悬吊钢丝绳穿过吊盘时要有足够的摆动空间,一般将钢丝绳摆动口设计成与两个吊桶喇叭口相连的椭圆形;也可设立独立的喇叭口,其喇叭口尺寸不能小于800~1000mm。

(3)悬吊钢丝绳应优先选择多层股不旋转钢丝绳,若选用交互捻钢丝绳,必须配缓转器,钢丝绳的安全系数应符合《煤矿安全规程》规定,缠绕时应采取紧绳措施,防止压乱。

(4)抓斗操作顺序分为下放、正常装岩和提升3个步骤。当需要下放抓斗时,由凿井工作面操作人员向地面凿井绞车房发送信号,待绞车司机向井下发送相应信号后,凿井工作面司机方可下放抓斗,绞车司机收到到位信号,对好过卷开关后,方可装岩。装岩时工作面1名工人操作升降控制开关,1名工人操作开闭控制阀,3~4人推移抓斗,此时绞车司机主要负责设备的监护工作。装岩结束,提抓斗时由井下发出提抓斗信号,抓斗提到距吊盘底盘3~5m即停止,向地面凿井绞车房发上提到位信号,绞车司机切断电源,关闭工作闸、安全闸。

(5)装岩时除其它安全工作外,为了防止因井下淋水致使抓斗升降按钮失控,自动跑车,抓斗自提,造成抓斗撞盘断绳坠斗事故,应在悬吊专用凿井绞车轴头上安设升降双向过卷保护装置,正常时过升过放距离控制在5~6m,每次装岩前要进行调正,确保过卷开关动作可靠。在吊盘上设保护开关,当工作面按钮失灵、地面信号不通等特殊情况下,可由吊盘上的信号工利用保护开关停止绞车运转,防止事故发生。

第二节 环形轨道式抓岩机

环形轨道式抓岩机由煤炭科学研究总院上海煤研所设计、制造。1974年定型为HH-6型。在此基础上又研制成 0.6m^3 双抓斗的抓岩机,定型为2HH-6型。

该机型具有固定简单、结构合理、动力单一、生产能力大、机械化程度高、抓矸地点不受限制、不存在死角等特点。特别是 2HH-6 型抓岩机,由于双抓斗能同时工作,在清底时 1 台抓斗能用于集中矸石,另 1 台装吊桶,配合默契,缩短了清底时间;当 1 台发生故障时,另一台仍能继续工作,保证抓岩工作连续进行。该机维护、检修较方便。其不足之处是环形轨道直径必须与井筒直径相适应,在 5~8m 井筒直径范围内,其配套抓岩机就有 7 种规格。因此,其通用化及利用率的提高较困难。原苏联多采用环形轨道式抓岩机,现已发展成 2KC2Y/4X(2×0.65)环形轨道式抓岩机与 БУКС-1У 移位式组合钻架配套,能适用于直径 7.5~9.0m,深度大于 700m 的井筒。该凿井设备配套的特点是钻架借助于环形轨道中心回转机构和环形轨道构成转架,移位式钻架悬吊在上面,并可随转架在工作面移动,钻 1 组相邻炮眼,可配 2~5 个钻臂,常用 4 个臂,钻眼深度 4.4m。钻架附有特殊装置,可钻注浆孔,瓦斯排放孔或勘探孔。原苏联这种配套形式,用于混合作业综合机械化作业线具有一定优越性。

2HH-6 型抓岩机是由抓斗、提升机构、行走机构、中心回转机构、支撑系统和司机室组成。见图 9-2-2。抓岩机安装的先后顺序为环轨、中心回转机构、悬梁和环行小车、支撑系统。

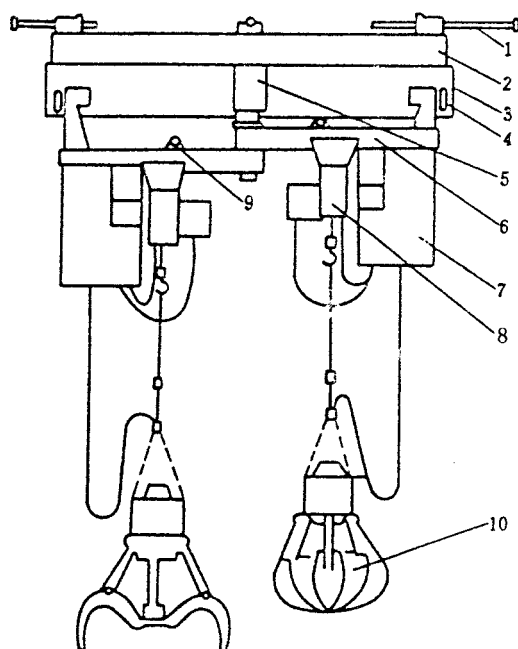


图 9-2-2 2HH-6 型抓岩机构造示意图

- 1—支撑装置 2—吊盘 3—环形轨道 4—环行小车 5—中心回转机构 6—悬梁;
7—司机室 8—提升机构 9—径向移动机构 10—抓斗

环轨与中心回转机构安装时,将环轨拆卸成4段下井。先将环形轨道放于下层吊盘的圈梁上,然后用螺栓将4段环形轨道相互对接上;安装中心回转机构,把中心轴支座落在下层吊盘顶留中心位置的连接梁上,并用螺栓连接;再以中心轴为基准,找正环形轨道,然后再将环形轨道与下层吊盘的圈梁用螺栓连接即可。

为提高装岩效率,保证抓岩机在井下连续地、安全地工作,抓岩机必须由经过培训的专职司机操作,其它人员不准开动机器;操作前要作好各项检查工作,确认无问题时才能开始抓岩;在操作过程中必须注意安全,如发现吊盘倾斜、晃动时,要重新调整吊盘的支撑液压千斤顶;工作面必须配备足够的照明,以使司机视线清楚;为防止吊桶下放时刮碰抓岩机组,应在吊盘上15m处设主提升机的自停站;抓岩工作结束后应将抓斗关闭,提至底盘以下,用绳套、马蹬与机架固定。

当使用中出现故障时,应及时处理。如出现抓斗不紧闭或张闭缓慢的现象时,应检查气管是否漏气,抓斗配气阀是否损坏,发现以上问题及时修理、更换,保持风压在0.5MPa以上;当出现抓斗漏矸、拉杆变形、缓转器失灵现象时,应检查抓尖磨损及抓片变形情况及缓转器平面滚珠轴承磨损情况,提升机卷筒上钢丝绳排列是否整齐,制动器闸带是否过紧及风压情况;当出现自动下滑现象时,应检查自动闸带磨损情况;出现径向移动机构失灵现象时,应检查径向行走机构的气动马达滚针轴承是否损坏,气动马达定位销是否折断;当出现吊盘支撑系统油压骤然下降,液压千斤顶不能支撑井壁现象时,应检查油路系统是否漏油、油箱中油量是否足够、截止阀密封圈是否损坏、手压泵及蓄能器是否完好。发现上述各种问题时必须及时组织修复、更换、排除故障。

第三节 中心回转式抓岩机

该机经平顶山、邯邢、淮南、淮北、兖州、水城、铁法等矿区使用,证实它不象靠壁式抓岩机受地质条件制约,又不象环型轨道式抓岩机要根据不同直径更换轨道。具有使用范围广、适应性强、设备利用率高、动力单一、结构紧凑、占用井筒面积不大、便于井筒布置、安全可靠、操作灵活、维护方便等特点,在煤碳系统已推广使用。但与靠壁式抓岩机相比不足之处是该机须固定在吊盘上,使吊盘负荷加大;吊盘下方要尽量减少设备布置,以防抓岩机动臂旋转时,碰撞悬吊设备。

该机是由抓斗、提升机构、回旋机构、变幅机构、支撑系统和机架等部件组成,见图9-2-3。

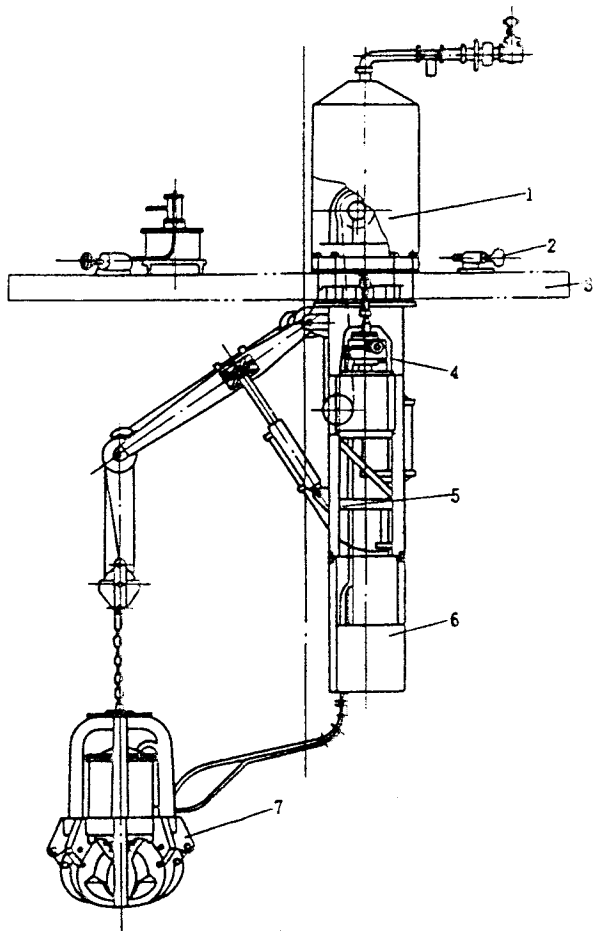


图 9-2-3 HZ-10 型中心回转式抓岩机结构示意图

- 1—提升机构 2—支撑装置 3—吊盘 4—回转机构；
5—机身及变幅机构 6—司机室 7—抓斗

抓岩机的布置要与吊桶协调,保证工作面不出现抓岩死角。一套单钩提升时,吊桶中心要与抓岩机中心各置于井筒中心对应的两侧;采用两套单钩提升时,两个吊桶应分别置于抓岩机中心两侧;采用一套双钩提升、一套单钩提升时,3个吊桶亦应分别置于抓岩机中心两侧。为防止吊盘偏重,抓岩机应尽量靠井筒中心布置,但需预留出激光通过孔。抓岩机中心通常偏离井筒中心 650~700mm,而 ZH-10 型抓岩机通常为 900mm。

为了安全,地面可增设凿井绞车,以便对抓岩机进行辅助悬吊,通常可与伞钻合用一台悬吊绞车。

抓岩机的安装先后顺序为主机(回转机构,机身及变幅机构,司机室),提升机构,抓

斗、支撑系统。

使用中的注意事项与容易出现的问题与环型轨道式抓岩机基本相同,不同的是中心回转机构和变幅机构。当出现回转机构不动或转动缓慢现象时,应检查方向接头销轴是否切断、内齿轮是否被石卡住。发现以上问题应及时更换销轴,清扫内齿轮;当出现变幅机构伸不出或收不拢现象时,应检查管路是否漏气、漏油,油量、风压是否够,配气阀、供油阀、操纵阀是否灵活,推力油缸密封圈是否完好。

为了适应大直径井筒施工要求,研制了 HZ-10 型中心回转抓岩机,不仅将抓斗斗容提高到 1m^3 ,而且对其各主要机构也进行了改进、完善。其样机在兖州矿区济宁二号井累计运转了 1180h,出矸量达 29000m^3 ,抓斗连续装岩达 800h。试验证明,HZ-10 型中心回转抓岩机技术性能达到了 80 年代国际水平,并具有以下特点:

- ①理论生产能力(散体)达到了 $80\text{m}^3/\text{h}$ 。
- ②使用寿命长,工作可靠。
- ③结构新颖、简单紧凑、故障少。
- ④提升机构采用 36kW 气动马达、摆线针轮减速机和制动卷筒带式制动闸,结构性能好,提升能力大,安全可靠。
- ⑤回转机构采用弧面蜗杆减速机和标准回转支承,结构紧凑,体积小,承载能力大,工作可靠,寿命长,减速机内设限矩器,工作安全。
- ⑥抓斗自动闭合,停气时不会自动张开,危及安全。
- ⑦支撑稳定吊盘系统采用气液联动,稳定可靠,操作简单。
- ⑧有紧急脚踏制动装置,能防止提升系统失灵,造成事故。
- ⑨整机操作简单,运转灵活,维修方便。
- ⑩有消音措施,噪音低。

第三章 提升及排矸

第一节 提升方式

20 世纪 50 ~ 70 年代末期提升方式以一套单钩或两套单钩为主。到 80 年代初期 ,随着井筒直径加大、深度加深及专用凿井提升机的问世 ,在直径大于 7m、深度大于 600m 的井筒 ,已过渡到一套双钩配一套单钩的提升方式。

一、单钩提升

不需要调绳 ,使用起来比双钩提升简单、安全、可靠 ,特别是两套单钩的提升能力比一套双钩要大 26% ~ 33% ,其增加比值随着井筒深度加深而加大。但单钩提升比双钩的电耗大。以两套单钩同一套双钩相比 ,两套单钩用电增加 1.8 ~ 2.5 倍 ,设备折旧费及大型临时工程建筑、安装费增加 1 倍 ,操作和维修人员增加 1 倍。

二、双钩提升

最大优点是比单钩提升能力大 ,其能力约增加 30% ~ 50% ,并且随着井筒深度的加深其比值逐渐增大。同型号双卷筒提升机作单钩提升时 ,其提升钢丝绳的终端负荷要减少 ,以 JK 新系列 2JK - 3.5/20 型提升机为例 ,用单钩提升 4m³ 吊桶只能用于深 350m 的井筒 ,而用双钩提升 4m³ 吊桶则能用于近 700m 深的井筒。此外 ,双钩比单钩提升节省电及设备折旧费、大临建筑、安装费、减少操作及维修人员。其缺点是要随着井筒掘进深度

增加而经常调绳。

三、提升方式选择

应根据井筒的直径、深度和作业方式而选定。目前我国常采用的提升方式有一套单钩、两套单钩、一套双钩配一套单钩等三种方式。使用 1 套双钩或 3 套单钩的形式较少。

一套单钩用于单行作业、混合作业,适用于直径不大于 5m(含 5m)、深度不大于 300m 的井筒,若将来在井巷改装期作临时罐笼提升时,则一开始就应选用双卷筒提升机。两套单钩用于单行作业、混合作业、平行作业,适用于直径 5.5~6m、深度 600m 左右的井筒,若将来在井巷过渡期改作临时罐笼提升时,则其中一台将来用于临时罐笼的提升机一开始就应选用双卷筒。一套双钩和一套单钩用于单行作业、混合作业、平行作业,适应于直径 6.5~8.0m、井筒深度 600~1000m 的井筒;一套双钩用于单行作业、混合作业,适应于直径大于 5.5m(含 5.5m)、深度在 400m 左右的井筒;三套单钩用于单行作业、混合作业、平行作业、一次成井,适用于直径大于 6.5m(含 6.5m)、井筒深度在 400m 以上的井筒,但目前采用较少。

综上所述,应根据工程条件,进行技术、经济优化比较,才能做出最佳选择。

第二节 凿井提升机

60~70 年代初期,凿井提升一直使用为生产矿井设计的 XKT 型和 JK 型的卷筒直径 2~3.5m 提升机。该类提升机技术性能比 50 年代、60 年代的 BM 型、KJ 型、KJA 型矿井提升机有很大进步,具有体积小、重量轻、使用可靠、自动化程度高等特点,在矿井建设中发挥了很大的作用。但随着井筒开掘深度的增大,立井施工机械化程度的提高,在施工中采用了大吊桶、大抓岩机、重型伞钻等施工设备,而 JK 型提升机的钢丝绳和最大静张力、最大静张力差难以满足上述设备的提升要求。因此,从 1975 年~1980 年研制成功了 JKZ-2.8/15.5 型和 2JKZ-3/15.5 型凿井专用提升机,并分别在邯邢矿区九龙口副井及兖州矿区东滩副井使用,解决了井深 800m 井筒中 4m³ 吊桶的提升问题。1986 年为解决深 800m 井筒中 5m³ 吊桶的提升设备,又设计了 2JKZ-3.6/13.4 型凿井提升机,1988 年试制完成,首次用于开滦东欢坨主井。从此结束了我国矿井建设没有专用凿井提升机的历史。

为解决新井建设及 800m 以上的深井筒的凿井提升设备 ,1975 年首次引进了 GHH 型直径 3m 和 3.5m 双卷筒提升机用于兖州矿区兴隆庄矿井和鲍店矿井、邯邢矿区万年二号矿井与开滦矿区钱家营矿井。1978 年又将从瑞典 ASEA 公司引进了 HTVD - 3.5m 双卷筒提升机及 HTVD - 2.75 单卷筒提升机用于兖州矿区东滩矿主井、副井、丰沛三河尖矿副井与淮南矿区潘集三号井主井。1986 年引进了较为先进的可斜置双绞盘扁绳凿井提升机 ,并首次用于开滦矿区东欢坨副井。以上提升机在使用中均取得良好效果 ,并对我国改进提升机有一定的借鉴意义。

目前我国凿井常用的有 JK 型新系列直径 $\phi 2\text{m}$ 、 $\phi 2.5\text{m}$ 单卷筒提升机和直径 $\phi 2.5\text{m}$ 、 $\phi 3\text{m}$ 、 $\phi 3.5\text{m}$ 双卷筒提升机 ,以及 JKZ 型凿井提升机 ,其型号为直径 $\phi 2.8\text{m}$ 单卷筒与直径 $\phi 3\text{m}$ 、 3.6m 双卷筒提升机。在选用 JK 型新系列提升机时 ,考虑电动机的功率及吊桶提升速度等因素 ,提升机的减速器传动比以选 1:15.5 或 1:20 为宜。提升机型号选择同吊桶容积大小、提升高度有直接关系。通常情况下当吊桶为 2m^3 、井筒深度 400 ~ 600m 时 ,单钩可选用 JK - 2.5/20、2JK - 3/20 型提升机 ;双钩可选 2JK - 2.5/20、2JK - 3/20 型提升机 ;当吊桶为 3m^3 、井筒深度 600 ~ 800m 时 ,单钩可选 JKZ - 2.8/15.5、2JK - 3.5/20、2JK - 3.5/15.5 型提升机 ;双钩可选 2JK - 3/20、2JK - 3/15.5、2JKZ - 3/15.5 型提升机 ;当吊桶为 4m^3 、筒深度 800 ~ 1000m 时 ,JK 型新系列提升机已不能适应 ,只能选用 JKZ 型矿井凿井提升机 ,单钩可选 JKZ - 2.8/15.5 型提升机 ,双钩可选 2JKZ - 3/15.5、2JKZ - 3.6/13.4 型提升机。

JKZ 型矿井凿井提升机 ,由电动机、减速机、绳卷筒、盘形制动器、牌坊式深度指示器、润滑及电控系统组成 ,其主要技术特征见表 9 - 3 - 1。

表 9 - 3 - 1 凿井提升机的类型及主要技术特征

项 目		JKZ - 2.8/15.5	2JKZ - 3.0/15.5	2JKZ - 3.6/13.4
卷 筒	数 量 ,个	1	2	2
	直 径 ,mm	2800	3000	3600
	宽 度 ,mm	2200	1800	1850
负 荷	最大静张力 ,kN	150	170	200
	最大静张力差 ,kN	—	140	180
钢丝绳	最大直径 ,mm	40	40	46
	钢丝绳总破断力 ,kN	1135	1300	1510
电动机	型 号	YR143 - 46 - 10	JK	YR800 - 12/1430
	额定转速 ,r/min	580	480、580	490
	近似功率 ,kW	1000	800、1000	800 × 2
	电 压 ,V	6000	6000	6000

项 目	JKZ-2.8/15.5	2JKZ-3.0/15.5	2JKZ-3.6/13.4
最大提升高度 ,m	1230	1000	1000
钢丝绳速度 ,m/s	4.54、5.48	4.68、5.88	7
传动比	15.5	15.5	13.4
电控型号	TKD-A	TKD-A	
液压站型号	TYI-D、F-604	TYI-D	TY ₃
制动器型号	B135	B135	TR ₁

JKZ 凿井提升机的主要特点：

(1)提升机的机械强度高 ,具体反映在钢丝绳最大静张力及最大静张力差两个指标值都比较大 ,能满足井筒深度 800~1000m ,能提升 4m³、5m³ 吊桶及国内、外现有伞型钻架等大型施工设备。其钢丝绳最大静张力及最大静张力差这两个指标值比 JK 型新系列相对应的提升机分别提高 18%~67%及 57%~80% ,见表 9-3-2。钢丝绳最大静张力与最大静张力差的比值提高 ,JK 系列直径 2~3.5m 提升机的比值范围为 1:0.62~1:0.67 ,而 JKZ 系列直径 3~3.6m 凿井提升机为 1:0.82~1:0.9 ,能与吊桶容重与吊桶自重的比值相匹配 ,有利于当双卷筒提升机用于单钩提升时 ,提高提升能力。

表 9-3-2 JKZ 型与 JK 型新系列提升机对比

提升机型号	最大静张力 kN	最大静张力差 kN	提升速度 m/S	电动机近似功率 kW
JKZ-2.8/15.5	150	150	5.48	1000
JK-2.5/20	90	90	4.70	487
JKZ 型比 JK 型 ,± 1/2	+ 67	+ 67	+ 17	+ 105
2JKZ-3.0/15.5	170	140	5.88	1000
2JK-3.0/20	130	80	5.60	517
JKZ 型比 JK 型 ,± %	+ 31	+ 75	+ 5	+ 93
2JKZ-3.6/13.4	200	180	7	800×2
2JK-3.5/15.5	170	115	+ 8.5	1000
JKZ 型比 JK 型 ,± %	+ 18	+ 57	- 21	+ 60

(2)主轴装置作了很大改进 ,特别是 2JKZ-3.6/13.4 型凿井提升机 ,由原整体结构改为卷筒为轴向剖分式组合结构 ,使部件的重量减轻 ,从而给安装、运输、拆卸带来方便 ,可适应建井的特点。

(3)盘形制动器与卷筒由两部分组成 ,制动盘采用精加工 ,精度高 ,采用高强度螺栓

与卷筒连接 ,不但便于拆装 ,安装时一般情况下制动盘不需要再进行车削 ,节省安装时间 ,而且提高了制动可靠性。

(4)采用远距离操纵的油压齿轮离合器、高压油操纵的盘形制动器和新的电气控制系统。特别是 2JKZ - 3.6/13.4 型提升机 ,采用齿块调绳离合器比原 2JK - 3/15.5 型提升机离合器具有行程小、阻力小、对齿速度快、动作可靠、维修方便的优点 ,而且该提升机采用 TY₃ 型液压站和 TR₁ 新型盘形制动器 ,比原 2JKZ - 3/15.5 型提升机更安全可靠。

另外 ,在兖州矿区、淮南矿区曾用过的瑞典 HTVD 型凿井提升机其主要特点是直流拖动 ,可控硅供电 ,可节电 70% ;采用行星轮减速器 ,体积小 ,噪音小 ,传动比大 ;装有 45 项安全自动显示装置等。其主要特征见表 9 - 3 - 3。

表 9 - 3 - 3 瑞典 HTVD 系列提升机主要技术特征

项 目		HTVD - 3.5	HTVD - 2.75
卷 筒	数量 ,个	2	1
	直径 ,mm	3500	2750
	宽度 ,mm	1700	2200
负 荷	最大静张力 ,kN	178.6	135
	最大静张力差 ,kN	141.4	—
钢丝绳	最大直径 ,mm	43	38
	钢丝绳破断力 ,kN	1393	1070
电动机	额定转数 ,r/min	直流电机最高 1800	直流电机最高 2200
	最大功率 ,kW	1240	367
最大提升高度 ,m		800	800
钢丝绳速度 ,m/s		6、10	4
加减速速度 ,m/s ²		0.6	0.6
爬行速度 ,m/s		0.4	0.4
减速机型号及传动比		GAP - 290 15.4976	UAAF376 30.88
外形尺寸(长 × 宽 × 高) ,m		11 × 5.2 × 3.3	8.25 × 3.5 × 3.5
重 量 ,t		60	30

德国答尔曼 - 哈尼尔公司制造的可斜置双绞盘扁绳凿井提升机 ,电机、电控由西门子公司配套。其主要技术特征 :绞盘最小缠绕直径 2100mm ,最大缠绕直径 6400mm ,卷筒容绳量 1250m ,运行阻力矩变化小。钢丝绳规格为扁绳宽 146mm、厚 23mm ,用 8 股 4 索 ,每索 12 丝 ,计 384 丝 ,钢丝直径 1.9mm ,其抗拉强度 1770N/mm²。两个绞盘可斜置 ,适宜提升机中心距离的调整 ,调整间距为 2.2 ~ 5.6m。绞盘最大可调偏角 < 1.25° ,减速

机为圆锥－圆柱齿轮,垂直传动,减速比为 18:1。最大提升速度,提人时为 6m/s,提矸时为 12m/s。交流双电机拖动 2×800kW,最大负荷力矩 300kN·m,井深 800m 时可提 5m³吊桶。

第三节 提升容器

我国凿井时提升矸石的容器为吊桶,其容积随着提升机的提升能力的提高而不断增大。20 世纪 50～60 年代初,矸石吊桶的容积有 0.5m³、0.8m³、1.0m³、1.2m³、1.4m³、1.5m³、1.8m³、2.0m³ 共 8 种。到 60 年代中期,吊桶容积增加到 3m³。1966 年以后矸石吊桶的容积统一,规格定为 0.5m³、1.0m³、1.5m³、2.0m³、3.0m³ 共 5 种。到 70 年代末期,随着井筒加深、井径增大和大型抓岩机的使用,3m³ 吊桶已满足不了快速凿井的要求,因此在 80 年代初研制出了 4m³ 吊桶,并在邯邢矿区九龙口副井、兖州矿区东滩副井通过了工业性试验。以后又研制出了 5m³ 吊桶,从而使我国的矸石吊桶容积超过了日本(最大为 4m³) ,接近了德国和原苏联(德国最大为 7m³,原苏联最大为 8m³)。

我国所设计的吊桶几何尺寸同原苏联、德国、日本相近,见表 9－3－4。

表 9－3－4 中国吊桶与外国吊桶基本尺寸对照

吊桶容积 (m ³)	中国吊桶 桶体直径×桶高 (mm)	原苏联 БПС 系列 桶体直径×桶高 (mm)	德国吊桶 桶体直径×桶高 (mm)	日本吊桶 桶体直径×桶高 (mm)
0.5	φ825×110	—	φ800×1200	—
1.0	φ1150×1150	φ1150×1100	φ1015×1350	—
1.5	φ1280×1280	φ1290×1250	φ1250×1450	—
2.0	φ1450×1350	φ1430×1350	φ1350×1650	—
3.0	φ1650×1650	φ1600×1500	φ1550×1800	—
4.0	φ1850×1700	φ1600×2100	φ1750×1900	φ1850×1600
5.0	φ1850×2100	φ2050×1881(5.5m ³)	φ1850×2000	—

钩头装置应与吊桶容积相配套。我国有 5 种规格的钩头装置,即 3.6t、5t、7t、9t、11t ,分别与 1.5m³、2m³、3m³、4m³、5m³ 吊桶相匹配。钩头装置是由吊钩、吊钩保险卡、缓转器、钢丝绳连接器、保险带吊环等组成。吊钩保险卡采用插销式保险卡,缓转器采用半密封式缓转器,钢丝绳连接器有两种形式,3.6t、5t、7t 用不偏心护绳环,板卡连接,其中 7t

钩头装置除采用板卡连接外,还与 9t、11t 钩头装置相同采用锥形套筒连接器,锥接方法是用铅 90%、锑 10% 的铅锑合金灌铸;吊钩选用 35 号钢锻制,销轴采用 45 号钢。

第四节 翻矸装置

凿井翻矸装置实现机械化,直接关系到缩短每次循环的辅助时间,减轻工人劳动强度,节省人力,保证安全,加快凿井速度。我国经过几十年的努力已从人工翻矸发展到自动翻矸。50 年代初期,除井筒直径小于 3.5m 的浅井或在浅表土层掘进时将吊桶中的矸石直接卸入 V 型矿车外,均在凿井井架第一平台设翻矸台,采用人工挂钩翻矸,将吊桶中的矸石经溜槽卸入矿车。1959 年我国设计的 1.5m^3 和 2m^3 吊桶的翻笼式自动翻矸装置实现了机械化取代人工翻矸,在峰峰矿区泉头立井使用,使每次翻矸时间得以缩短 20s,但该装置可靠性差,易发生事故,故未能全面推广。70 年代以后,相继研制出普通弧板链球式、渐开线双弧板链球式、托钩式、座钩式及座轴式等自动翻矸装置。以上自动翻矸装置均可达到提高翻矸速度、改善劳动条件的目的。70 年代曾在甘肃靖远魏家地主井、辽宁红阳一号主井、邯郸陶二副井等使用普通链球式自动翻矸装置,效果良好。但与其相比座钩式自动翻矸装置较为理想,在江苏丰沛矿区三河尖主井、邯郸矿区万二风井、九龙口主、副井等井筒使用均取得了良好效果,并正在我国煤炭系统推广。与此同时座轴式自动翻矸装置在铁法矿区使用,亦取得良好效果。80 年代前,我国矸石吊桶的翻矸方法采用挂钩式(人工)的最多。80 年代,为了适应大吊桶的翻矸,座钩式自翻吊桶得到了发展。挂钩式吊桶容积为 0.5m^3 、 1.0m^3 、 1.5m^3 、 2.0m^3 4 种;座钩式吊桶容积分为 2m^3 、 3m^3 、 4m^3 、 5m^3 4 种。座钩式吊桶均采用双层桶底,桶底座钩的圆孔内径:为 250mm($2 \sim 3\text{m}^3$ 吊桶)与 300mm($3 \sim 4\text{m}^3$ 吊桶)。

一、座钩式自动翻矸装置

该装置具有结构简单,节省人力,减轻工人劳动强度,工作可靠,安全性好,翻矸时间短等优点。与其他自动翻矸装置相比,即克服了翻笼式的翻笼容易变形,工作不可靠,并要加宽翻矸门等缺点,又避免了链球式翻矸冲击力大,易断链的问题,是目前较理想的自动翻矸装置。

座钩式自动翻矸装置的由钩子、带尾架的托梁、轴承座与支撑组成。

装满矸石的吊桶提升到超过翻矸门后,关上翻矸门,下放吊桶。由于钩子、托梁的重力平衡关系,使钩尖保持着铅直和托架尾架向上翘起的状态。当下落的吊桶桶底先碰到尾架,逐渐坐在托梁上时,钩子恰好插进桶底的中心孔内。由于托梁的转轴偏离提升中心线,放松提升钢丝绳时吊桶便可自动翻转,直到桶沿碰到翻矸门底,吊桶自重、翻矸门的摩擦阻力和钩子三者达到平衡为止。吊桶卸矸后提升钢丝绳拉紧,提起吊桶,钩子托梁借自重恢复原位。打开翻矸门,下放空吊桶入井,见图 9-3-1。

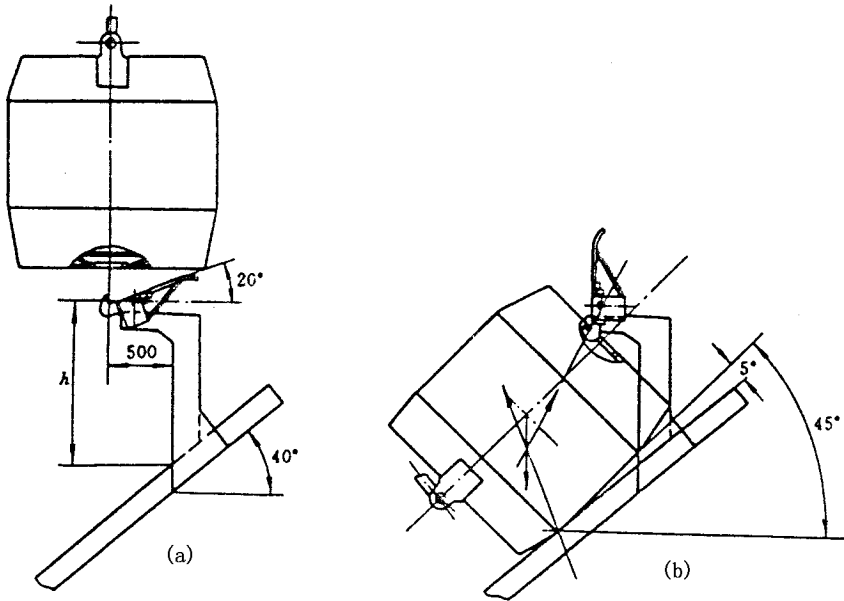


图 9-3-1 座钩式自动翻矸装置翻矸示意图

a—座钩在自由状态下正确位置图;b—座钩式自动翻矸最终位置图

设计时的关键是钩子的变钩角度、托梁的转轴位置和支撑架的高度等几何尺寸,该尺寸要根据翻矸过程中吊桶处于极限位置时重力的平衡关系来确定。安装完毕,要求翻矸装置在自由状态下,钩尖处于垂直状态,钩身状态,钩身前倾与水平线呈 20° 夹角;如达不到要求时,可调整钩尾螺母和垫圈,或在尾梁上加、减配重,直到调整到符合要求为止(见图 9-3-1)。翻矸到最终位置时,吊桶桶身应前倾 45° ,桶内矸石全部要溜尽,如达不到要求时应可调整支撑高度。

二、座轴式自动翻矸装置

该装置由吊桶、翻矸门两部分组成。在吊桶的底部,沿吊桶梁的轴向两侧,设有异形轴座。在翻矸门上的支撑座装有悬臂式短轴头,当吊桶下落时,将轴座与轴头对位,轴头

进入轴座内 ,吊桶沿轴翻转 ,同时轴头卡在轴座内 ,使吊桶只绕轴翻转而不致脱出 ,吊桶内矸石翻完提起时 ,两者自动脱开 ,见图 9-3-2。

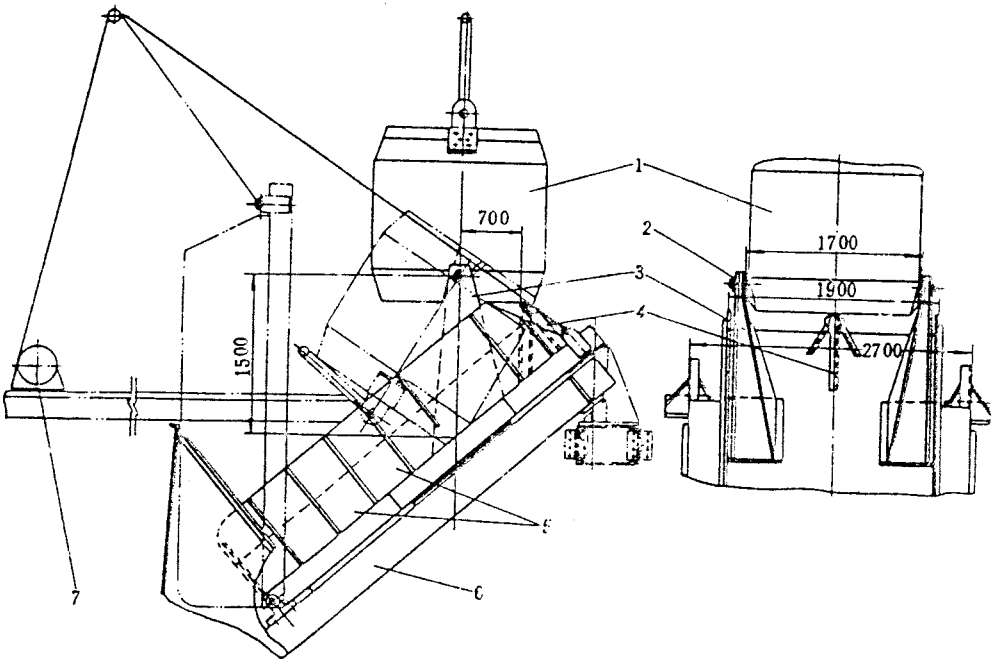


图 9-3-2 座轴式自动翻矸装置示意图

1—吊桶 2—座轴 3—支撑 4—支杆 5—翻矸斜门 6—溜矸槽 7—开门绞车

该装置的结构比座钩式简单 ,加工制造容易 ,翻矸时方向准确、不摆动、不脱钩 ,在铁法矿区三台子二井的主、副、风三个井筒均采用此种翻矸方式 ,效果良好。

三、盖门自动启闭装置

解放初期 ,人工启闭盖门(井盖门、翻矸门) ,劳动强度大。50 年代初期改进成盖门下设 1/4 圆形弓子 ,用钢丝绳杠杆式启闭 ,它结构简单、安装方便 ,比较省力 ,但仍需人工操作。到 60 年代初发展成气动式启闭装置 ,具有结构简单、工作可靠。省人等优点 ,但以压风为动力 ,成本高 ,未能全面推广。60 年代中期 ,曾采用 300kg 皮带绞车启闭盖门 ,结构简单、重量轻、体积小、制造方便 ,但在推广过程中发现电磁闸工作不可靠 ,出现盖门过拉现象 ,亦未能全面推广。直至 80 年代初 ,研制成功 JM 系列专用绞车 ,实现了电动式盖门启闭装置 ,并在全国矿山推广应用。90 年代初 ,东北铁法矿区首先使用电动支杆盖门启闭装置取代了惯用的 1/4 圆形弓子钢丝绳启闭装置。

第五节 储矸设施及排矸方式

储矸设施目前有两种方式,一种是矸石仓,另一种是落地式矸石场。

矸石仓按其是否与溜矸槽合为一体,又分为矸石仓和落地矸石仓。前者受翻矸平台高度的限制,仓内储矸量一般只有 $20 \sim 30\text{m}^3$ 左右;后者于 80 年代在开滦矿区东欢坨矿副井使用,取得较好效果。

落地式矸石场,80 年代末期在兖州矿区、铁法矿区使用,也取得较好效果。

落地矸石仓由立柱、围板构成。结构简单,储矸量大,装车时装载机进入落地矸石仓内,自卸汽车运走。

落地式矸石场,矸石从溜矸槽直接落地,铲斗车装入自卸汽车运走。优点是不需在井口一侧设矸石仓,储矸量大,有利于提高自卸汽车利用率,比落地矸石仓更机动、更经济。

50 ~ 70 年代多采用矿车及翻笼进行矸石排放。70 年代中期以后,多采用自卸汽车排矸。此方式机动灵活,排矸能力大,运输组织简单,不需铺轨,减少了专用排矸设施,排矸场地选择范围大,可根据需要将矸石运到使用地点,且方便工业广场平整。

第四章 凿井装备布置

第一节 凿井设备的布置原则

(1) 凿井设备的布置, 要满足井筒掘砌施工、平巷开拓、井筒安装各阶段的不同要求和地面永久建筑施工的需要。

(2) 井内设备的布置, 在平面上的安全间隙要符合有关“规程”、“规范”的规定, 在立面上互不影响, 为施工创造安全、便利的条件。

(3) 井口凿井设备的布置, 在平面和立面上的间隙或距离要符合有关“规程”、“规范”的规定, 并与井内设备的布置协调一致。尽可能不占用永久设施的场地, 不影响永久建筑物的施工。

(4) 地面提绞的布置, 应根据井架、井塔的结构及受力特点, 使井架、井塔的受力均衡合理, 尽量减少施工荷载。凿井绞车可适当集中, 以便管理。

(5) 凿井设备的布置, 要尽可能满足各盘、台在结构设计上的合理要求, 各盘、台的主梁应采用通梁, 不得在承受荷载的梁上穿孔或通过悬吊钢丝绳。

(6) 凿井设备的布置, 不影响井口运输、卸矸和井筒测量工作, 便于井口矸的输送和井筒连接部分的施工。

凿井设备布置所依据的“规程”、“规范”主要指《煤矿安全规程》、《矿山井巷工程施工及验收规范》(GBJ213-90)等。

第二节 凿井设备的布置方法

凿井施工方式和方法确定之后,即可进行井筒平面布置设计,为便于调整凿井设备、设施、管路和缆线的位置,通常把要布置的凿井设备、设施的外形轮廓按同一比例(一般采用1:20)画在硬纸上,剪成模型,然后在施工图上反复进行布置优化。看其安全间隙是否符合要求,认为合理后,再画出施工图。此广泛采用“硬纸模片法”,直观、简单、可操作性强。随着凿井施工技术的发展和计算机的普遍应用,我国井内凿井装备布置方法也有新的发展。首先建立有约束条件的数学模型,以井筒施工掘进效率最高为模型的目标函数,根据有利于井筒临时装备或永久装备,并使凿井天轮平台布置简单,凿井井架受力合理,及保证凿井设备之间的安全间隙等因素为约束条件,建立非线性规划数学模型,然后编制计算机程序,通过计算机优化井内凿井设备的布置图。

由于电子计算机技术的发展和普遍应用,已有建井专家和学者将电子计算机技术引进到凿井设备布置工作中来,通过计算机进行优化设计,使凿井设备布置工作更趋于科学、合理。

第三节 凿井设备布置的步骤

凿井设备布置时,应初步根据矿井设计及临时工业广场的安排,本着先布置井内凿井设备,后布置井口凿井设备,先布置平面图,后布置立面图的顺序进行。井内凿井设备布置的顺序通常是:井筒平面布置、吊盘布置、封口盘布置、固定盘布置。井口凿井设备布置的顺序为:天轮平台布置、翻矸平台布置、提升机布置、凿井绞车布置、矸搅拌站布置。在具体布置时应注意以下几点:

(1)根据工业广场总平面布置图与井下巷道出车方向,首先确定凿井提升机的方位,定出主提升吊桶和副提升吊桶及稳绳位置。

(2)确定悬吊或固定抓岩机、吊泵、钻架等井内掘进施工设备位置。

(3)确定井内各种管路的位置及悬吊点或固定位置。先布置钢丝绳悬吊的管路,后

布置井壁固定吊挂的管路,先确定管径大的管路,后确定管径小的管路。通常顺序依次是风筒、矸输送管、压风管、供水管和排水管。

(4)确定井内设施、缆线的位置及悬吊点或固定位置。如安全梯的位置及悬吊点,吊盘、模板、放炮电缆的悬吊点,通讯、信号、照明和动力电缆的固定位置。

(5)确定吊盘、稳绳盘、固定盘、封口盘上设备、管路、设施通过口的位置和大小,各盘的梁格布置及盘面上设备的位置。

(6)确定凿井井架与井筒的相对位置,永久井架、井塔天轮平台和翻矸平台的位置,翻矸平台上设备通过口的位置、大小和梁格布置。选择、计算天轮和天轮梁,并确定其平面、立面位置。

(7)布置地面提升机、凿井绞车和矸搅拌及输送系统。

(8)全部布置完后,进行总校核,如不符合规程、规范及有关规定或不便于凿井施工,进行调整,直到满意为止。然后绘制各层平面、立面布置图,并附编制计算书。

第四节 井内凿井设备的布置

井内凿井设备布置的内容包括:掘进和砌壁设备、凿井辅助设备以及吊盘、封口盘的布置。在进行布置设计时,都是从主要设备开始,如首先确定吊桶的位置,然后根据布置原则,逐个予以安排和调整。

一、吊桶的布置

吊桶是立井施工中的重要设备,它与地面布置、出矸方式、下料方式、井筒掘进断面以及提升方式等关系密切,因此井内设备布置一般总是首先从确定吊桶的位置开始。

当采用单钩提升时,吊桶一般靠提升机一侧偏离井筒中心线,既能满足装岩提升的要求,又有利于其他设备的位置选择;当采用一套双钩提升时,一般吊桶偏离井筒中心线,靠提升机一侧沿井筒中心线(巷道出车方向)对称布置。这样既照顾了凿井提升,又考虑了巷道施工时使用同一台提升机提升临时罐笼;当采用两套单钩提升时,吊桶布置在相对的两侧,并尽可能布置在井筒中心线(巷道出车方向)上,使井架、井塔受力均衡;当采用一套单钩与一套双钩提升时,主、副提升吊桶布置在相对的两侧,主提升吊桶沿井筒中心线(巷道出车方向)对称布置,副提升吊桶在井筒在中心线上;当采用双卷筒提升

机利用单钩提升时,由于凿井施工时使用提升机的固定卷筒,吊桶布置在固定卷筒一侧;当立井转入平巷施工需改用临时罐笼提升时,吊桶位置尽可能与临时罐笼的位置一致,以减少改绞工程量。吊桶位置尽量布置在永久提升间内,以利于井筒的永久安装。

吊桶在具体布置时,应以井筒中心为圆心,以井筒净半径减去吊桶外缘与井壁之间距离的差为半径作圆,即为吊桶布置的外圈界限;以井筒中心为圆心,以吊桶外缘与井筒中心的最小距离为半径画圆,即为吊桶布置的内圈界限。根据工业广场总平面布置图和井下巷道出车方向确定提升机的方位,初步定出吊桶的位置,按照对吊桶位置的要求,用吊桶硬纸片模型在内、外圈界限之间进行布置,直到满意为止。

吊桶外缘与井筒中心、永久井壁间的距离,与环轨、环架内缘的间距,两吊桶相邻的两条稳绳之间的距离,吊桶最突出部分与孔口的安全间隙,吊桶上滑架与孔口的安全间隙必须符合有关“规程”、“规范”的规定。

原国标《矿山井巷工程施工及验收规范》(GBJ213-79)(以下简称老规范)的附录7——《立井施工悬吊设备的布置》中规定:“井筒内风筒及各项管路突出部分到提升容器边缘的距离,当井筒深度在400m以内时,不宜小于500mm;当井筒深度在400~500m时,不宜小于600mm;当井筒深度超过500m时,不宜小于800mm”。此规定对深井施工布置大吊桶极为不利。为此,原西安矿业学院进行凿井吊桶提升动力学研究,完成“凿井吊桶提升动力学研究”和“吊桶提升合理安全间隙”两项课题,认为吊桶提升时的摆动量与井深(H)无直接关系,而与稳绳最小刚性系数(K_{\min})呈反比关系。 K_{\min} 对摆动量影响最大。这为规范的修改提供了科学依据。新国标《矿山井巷工程施工及验收规范》(GBJ213-90)(以下简称新规范)中第9.1.5条规定:“井筒内风筒及管路悬吊卡子的端部到提升容器边缘的距离,不得小于500mm,井筒深度超过500m时,宜采用井壁固定吊挂。新、老规范相比,新规范吊筒容积可增大1~2挡,将大大提高排矸能力。

需要说明的是《煤矿安全规程》第346条规定, K_{\min} 不能小于500N/m,且老规范的安全间隙就是依次规定。新规范安全间隙缩小了,对 K_{\min} 之值的要求更应严格。 K_{\min} 可以用GZJ-1型稳绳张紧力检测仪测试。如果施工单位确因条件限制, K_{\min} 达不到500N/m,安全间隙就要增大,笔者推荐以下数据供参考。

凿井吊桶提升安全间隙:

K_{\min} , N/m	500	450	400	350	300	250
最小安全间隙, mm	500	510	540	570	610	660

二、吊泵的布置

吊泵一般重量较大,占平面面积也大,如果直接下到工作面排水时,经常与抓岩机相

互干扰,而吸水笼头又要求处在工作面的最低处。因此确定它的位置时,要考虑井架受力的平衡、与抓岩机的关系,以及有腰泵房时与其关系。

吊泵在布置时,吊泵要避免环形钻架或环行轨道式抓岩机的环形轨道,以便于环钻及环形轨道抓岩机工作;吊泵靠近井壁布置,以便于抓岩机装岩和伞形钻架及环形钻架凿岩;当采用一套提升设备时,吊泵通常布置在吊桶的对侧;采用两套提升设备时,吊泵一般布置在提升方向的两侧,使井架(井塔)受力均衡;当采用分段排水时,吊泵布置在转水站的同侧,以便拆、装和转水。

具体布置是留出吊泵外缘与井壁、吊盘或环形轨道的最小间隙,以井筒中心为圆心画出吊泵布置的外圈界限,用吊泵的硬纸片轮廓模型,按对吊泵布置的要求,将吊泵布置在外圈界限内,直到合理为止。

吊泵外缘最突出部分与井壁的间隙、吊泵外缘与吊盘孔口的间隙、吊泵外缘与吊桶之间的间距,必须满足有关“规程”、“规范”的规定。

三、抓岩机的布置

立井施工中,装岩占整个循环作业时间最长,一般约50%左右,且劳动强度大,因此抓岩机的悬吊点,及其活动轨迹必须有利于抓岩工作,同时还应尽量避免吊泵等设备,减少其干扰。各类抓岩机的工作方法和技术条件、台数不同,布置要点亦异。

当采用NZQ₂-0.11型气动抓岩机时,按每台的合理工作范围12~15m²布置。悬吊点布置在抓岩分区中心靠吊桶一侧,以便于装岩。抓岩机风动绞车在吊盘上的布置,应使吊盘不偏重,必要时可设导向轮。

当采用长绳悬吊抓岩机,井筒直径在6.5m以内时,通常布置1台;井筒直径在6.5m以上时,应布置两台,两台抓岩机抓斗悬吊点间距应不小于2.0m。布置1台时,应尽量靠近井筒中心布置,减少推移距离;布置两台时,与提升吊桶交叉对称布置,满足分区快速高效装岩,长绳悬吊抓岩机以采用JZ₂T型专用凿井绞车地面悬吊和悬吊钢丝绳自由高度以80~100m为宜,当自由高度超过100m时,在井内安装悬臂梁进行限位。工作盘结构上要给抓斗悬吊钢丝绳足够的摆动空间,以满足悬吊钢丝绳的自由高度。

当采用1台HZ型中心回转式抓岩机时,抓岩机位置既要避开井筒中心不能影响井筒测量,又要注意尽可能靠近井筒中心布置,以扩大装岩工作范围,防止吊盘偏重。

各种抓岩机的悬吊点均应尽可能远离吊泵位置,以免影响装岩。

具体进行布置时,将抓岩机的外形轮廓硬纸片模型按抓岩布置的要求进行布置,留出规定的间隙和距离,为使靠臂式抓岩机通过吊盘时离开吊盘圈梁位置(不开口圈梁),

通常单独设立抓岩机的工作提吊点,中心回转式抓岩机通常单独设立安全保险悬吊点。

除环形轨道抓岩机外,其它抓岩机外缘距井筒中心距离、抓岩机停止工作、抓斗闭合状态下自由悬吊时最突出部分与运行吊桶的间隙、靠壁式抓岩机的钢丝绳悬吊点与井壁的距离等要符合有关“规程”、“规范”的规定。

四、凿眼钻架的布置

我国立井掘进使用的钻架有环形钻架和伞型钻架两种,后者使用的较多。

环形钻架用地面凿井绞车悬吊或吊盘上的风动绞车悬吊。在混合作业方式施工时,模板通常采用地面凿井绞车悬吊,环形钻架采用吊盘上的风动绞车吊挂,悬吊点数不少于3个,悬吊点要均匀布置。环形钻架工作时,钻架悬吊在距工作面3.5m左右高处。应考虑其它设备在凿眼时与钻架的关系,为使钻架悬吊钢丝绳避开吊盘圈梁位置,吊盘直径与钻架的环轨直径要有一定的间隙。

伞型钻架重量大,收拢后的外缘尺寸也较大。伞钻在井内的起落是利用主提升钩头经主提升吊桶孔口空间起落。井口翻矸平台下面要留适当的伞钻吊运空间,其高度一般比伞钻高1.5~2.0m,范围不小于伞钻的最小收拢直径,通过伞钻的吊桶孔口直径与伞钻最小收拢直径之差不小于400mm;吊桶上滑架的跨距与伞钻最小收拢直径之差不小于200mm;伞钻工作时,提升钩头必须钩住伞钻上的吊环,或利用中心回转式抓岩机用的钩头钩住伞钻吊环。

五、安全梯的布置

为防止矿井突然停电或井筒突然事故的发生,当提升机不能运行时,井下作业人员能及时安全地升井,立井施工时,井内必须设置安全梯。安全梯均采用地面专用凿井绞车悬吊。安全梯的悬吊位置在立面上有吊盘上和吊盘下之分。

吊盘上的安全梯孔口,应避免吊盘圈梁和环形钻架环道的位置;安全梯布置在吊盘上方时,安全梯不过吊盘,吊盘可不设安全梯孔口,以简化吊盘布置。但必须在吊盘的下层盘与工作面间设软梯。软梯固定在下层盘上,平时堆放在盘上,用时通过吊桶孔口或其他孔口将软梯人工放至工作面。

安全梯应靠井壁悬吊,与井壁之间的距离应符合有关“规程”、“规范”的规定。

六、管路和缆线的布置

凿井管路(包括风筒)和缆线的布置与其悬吊方式有关,悬吊方式分为钢丝绳悬吊和

井壁固定吊挂两种。管路、缆线的布置,要避开井口翻矸溜槽及运输线路,要给伞钻在井口的吊用留出通路,尽量布置在出车方向的两侧;要便于各盘梁格和天轮平台副梁的布置,使各盘结构尽量合理,管、线通过方便,并兼顾井架(井塔)受力均匀。矸输送管、喷射矸输料管尽量靠近地面矸供料系统一侧布置;压风管与地面压风机房、风筒与通风机房的布置方位尽量一致;采用混合通风方式时,两路风筒最好对称布置;放炮电缆应单独用地面凿井绞车钢丝绳悬吊,其他缆线可附在吊盘钢丝绳及管路上,联合悬吊。

悬吊的管路、缆线最突出部分与井筒中心的距离、与永久井壁之间距(井壁固定吊挂和钢丝绳固定悬吊例外)与提升容器最突出之间距、与通过的孔口间距以及照明、动力电缆与通讯、放炮电缆的间距等,均应符合有关“规程”、“规范”的规定。

管路采用井壁固定吊挂时最好采用集中吊挂方式和多管路共用吊挂装置的方法,并将管路布置在提升吊桶的两侧,以便于吊盘圈梁上集中开豁及便于管路的检查、维修。

井内布置实例见图 9-4-1。

七、井内各盘的布置

立井凿井施工,为防止从井口坠物,保护井上下工作人员的安全,升降人员、物料、设备,装拆管路,设置测量仪器,砌筑井壁,设置与悬吊掘进设备,拉紧稳绳等各项工作的需要,井内通常设有吊盘、稳绳盘、固定盘和封口盘。采用单行作业和混合作业施工的井筒,通常吊盘均兼作稳绳盘,但采用长段平行作业时下部掘进工作面仍需稳绳盘。采用多段排水的井筒,还需设置转水盘。井内各盘的布置包括盘的梁格、孔口及盘面上设备与设施的布置等。井内各盘在进行布置时应注意:

(1)采用钢丝绳悬吊管路、缆线的井筒,吊盘圈梁应为闭合圆弧梁;留靠壁式抓岩机通过口,当采用井壁固定吊挂凿井管路、缆线的井筒,吊盘圈梁可为不闭合的圆弧梁;吊盘单独悬吊,悬吊绳为两根时,吊盘主梁应与提升中心线平行,两主梁对称布置,悬吊点位于井筒中心线上;采用稳绳兼吊盘绳时,吊盘主梁,一般与提升中心线垂直;吊盘、稳绳盘各悬吊绳与固定盘、封口盘等各梁之间要错开,避免钢丝绳刮碰钢梁;各盘的主梁应采用通梁,主、副梁的具体位置,按照吊筒、吊泵、安全梯和管线的位置及其通过孔的大小来确定;盘上设有抓岩机、环形钻架、悬吊绞车、稳盘液压千斤顶等设备、设施时,则需结合这些设备、设施布置的要求统一考虑;钢丝绳悬吊的梁必须是一根完整的梁,在主、副梁上不得有管线穿过。各悬吊钢丝绳,力求受力均衡,使吊盘起落平稳。

(2)吊盘、稳绳盘设置井筒中心测孔,测孔规格不小于 $200\text{mm} \times 200\text{mm}$ (或 $\phi 200\text{mm}$)。采用单绳悬吊吊盘时,为了不妨碍井筒测量,悬吊钢丝绳一般要偏离井筒中

心 250mm 左右。固定盘、转水盘处的固定钢梁外缘距井筒中心距离一般不小于 100mm。

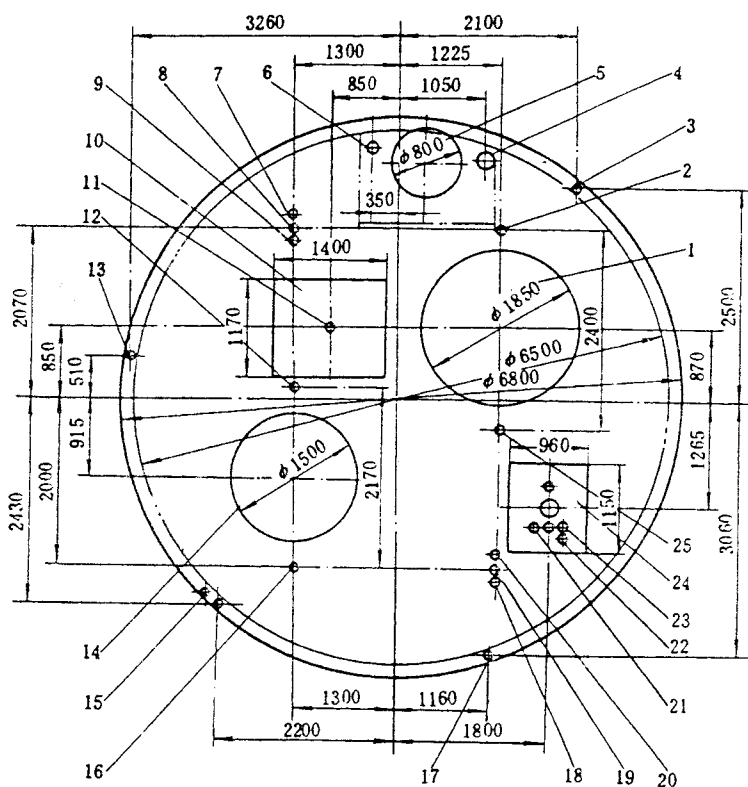


图 9-4-1 摩洛哥杰拉达Ⅲ号井井筒平面布置图

1—主提升桶(4m³) 2、12、16、25—稳绳(兼吊盘绳) 3、13、17—模板悬吊绳 4—压风管(φ159mm×4.5mm 井壁固定) 5—风筒(KSF-800 加强型,井壁固定) 6—供水管(φ57mm×3.5mm,井壁固定) 7—动力电缆 8、19—吊盘绳 9—照明电缆 10—抓岩机(HZ-6) 11—抓岩机悬吊及伞钻夺钩绳 14—副提升吊桶(2m³) 15—放炮电缆 18—副提升信号电缆 20—主提升信号电缆 21、23—吊泵动力电缆 22—吊泵控制电缆 24—吊泵(80DGL75×10)

(3)吊盘突出部分与永久井壁(或碇模)的间隙以及吊盘圈梁外缘或吊盘扇型合页外缘与碇模的间隙要符合有关“规范”、“规程”的规定。

井内各盘的布置方法可按初选的吊盘圈梁规格,在井筒平面图上以双点画线画出圈梁的内外轮廓线。

将初选的吊盘主梁外形硬纸片模型按吊盘的布置要求进行布置,各盘的主梁在平面上相互平行或垂直的,吊盘悬吊绳与其他盘主梁应相互错开,转水盘、固定盘与封口盘的主梁通常布置在上下同一垂直面内。

在井筒平面图上根据盘上安设的设备和吊桶、吊泵、抓岩机、安全梯、管路的位置及其孔口的大小,预选并布置副梁位置。

吊盘的圈梁、主梁和副梁布置合理后,应保证盘上各连接处的节点及梁上的悬吊固定装置与井内各悬吊物错开;为保持平衡盘面荷重之平衡,常采用增设配重或改变盘上风动绞车的位置,必要时可采用设导向轮调整风动绞车悬吊点等措施加以解决。

封口盘吊桶孔口尺寸,以井盖门开启后的净尺寸为准,以避免吊桶通过时安全间隙不够而碰撞井盖门。

第五节 井口凿井装备的布置

一、立井凿井井架

目前使用的立井亭式凿井井架有 I ~ V 型,共 5 个型号,7 个品种。三腿式井架,仅适用于悬吊设备少、井浅的立井施工,故使用很少。一般情况下,井架的选择应根据井筒的直径、深度和悬吊设备、设施、管路、缆线的类型及数量等因素来考虑。但当施工工艺及设备与井架原状设计条件有较大差异时,如总荷载相差过大或总荷载虽相近,但布置不均衡,则应对井架的天轮平台、主体桁架及基础等主要部构件的强度、稳定性及刚度进行验算。

凿井井架的安装应在矿井施工准备期间完成,因之在布置上除注意有利于有关凿井设施的布置外,还要为永久井架及永久性提升系统的改装创造条件。

我国煤矿于 20 世纪 50 年代开始利用永久井架(井塔)凿井,以后陆续在一些矿井推行,但发展缓慢。近年来,由于管路、缆线等井壁固定吊挂技术和落地式多绳轮提升机的采用,利用永久井架(井塔)凿井的井筒日渐增多,并积累了一定的经验。近几年来施工的立井,如开滦矿区的东欢坨副井、永夏矿区的陈四楼副井、兖州矿区的济宁二号和三号副井等均利用永久钢井架凿井。在地质条件与施工措施保证安全施工的前提下,利用永久井架(井塔)凿井在技术上是可行的,其主要的优点是取消临时凿井井架,缩短了建井工期,节省了大量资金。由于永久井架(井塔)的荷载比建井荷载小 2 ~ 3 倍,并且永久井塔和井架多为单向受力,而凿井井架是双向和多向受力,因此必须根据凿井荷载和受力特点对永久井架(井塔)进行适当地加固和改造,防止超负荷运行,造成破坏,为此利用永

久井架(井塔)凿井时,施工单位必须与设计部门密切配合,提出施工设备、设施、管路和缆线的布置与荷载分布情况,以便设计部门统一考虑,设计出既能满足生产使用,又能兼顾凿井需要的建井、生产两用井架(井塔)。

二、天轮平台的布置

天轮平台的布置包括天轮平台平面位置、天轮的布置、天轮梁的布置和天轮梁的调整。

采用天轮平台中梁在中间的标准亭式凿井井架时,天轮平台中梁应与凿井提升中心线垂直布置,即与巷道出车方向垂直布置;天轮平台的中心一般与垂直中梁的井筒中心线重合。立井转入平巷开拓需改用临时罐笼提升的井筒,测量悬吊点在井筒中心线上,或采用天轮平台布置测量仪器时,天轮平台中梁必须与平行于中梁的那条井筒中心线错开一定的距离,使吊盘悬吊钢丝绳、临时罐笼提升钢丝绳、井筒中心等与天轮台中梁边缘有不小于50mm的间隙。错开的方向应是主提升机安装位置的反方向,以防止临时提升时主提升天轮位在中梁上,使天轮安装重心过高。至于用无中梁的非标准井架,或天轮平台中梁不在井架中心线上时,其天轮平台中心线可与井筒中心十字线重合布置。

凿井用天轮按其用途可分为提升天轮和悬吊天轮两大类,按其结构又可分为固定式天轮和游动式天轮两类。凿井时通常采用固定式天轮,游动式天轮主要用于斜井提升。凿井悬吊天轮分为单槽和双槽两种。双绳悬吊时,只要条件许可,优先选用双槽天轮。双槽天轮间距可在最大和最小轮间距间调整,两轴承中心距离也可适量调整,更便于悬吊天轮和天轮梁的布置。在进行天轮布置时,应力求天轮平行于井架(井塔)中心线,要结合井口地形、井架(井塔)的受力特点使受力均衡,亭式井架可两面或四面出绳,必要时也可与井架十字中心线斜交布置,但利用永久井架(井塔)时,尽量两面出绳,不宜多向出绳。如采用凿井井架时,不论采用两套单钩提升或一套双钩提升,应布置在同一水平,如利用永久井架(井塔)时,可布置在同一水平,也可布置在两个水平,但凿井天轮平台采用多层布置时,尽量使施工荷载与各楼层在生产时的荷载相近似,尽量利用悬挂钢丝绳罐道的楼台层,作为凿井的主要承载平台;悬吊天轮采用多层布置时,靠井壁的设备、设施和管路布置在较低的平台,靠井筒中间的设备、设施和管路布置在较高的平台上,以便于布置及避免相互干扰。除中心回转式抓岩机、伞钻架及靠壁式抓岩机的钢丝绳安全悬吊点与工作点可以不一致外,其它各天轮的钢丝绳悬吊点与工作点必须重合。天轮、钢丝绳与天轮平台各构件、井架各构件、井塔任何物体的间隙应符合有关“规程”、“规范”的规定。

天轮的布置方法,一般可用透明纸与开凿井筒设备的平面布置图相同的比例,画出天轮平台的轮廓线(包括节点)。按确定的井筒中心线与井架(井塔)中心线相对位置,用双点划线在天轮平台图上画出井筒净径轮廓线。各天轮的钢丝绳悬吊点必须和井筒平面布置中相应的设备钢丝绳悬吊点重合,因之应将开凿井筒的设备平面布置图上所有的钢丝绳悬吊点投影到天轮平台图上。根据各绳点位置,按天轮的布置原则,确定各绳点的出绳方向,并将所选的天轮规格及确定的出绳方向在天轮平台图上画出天轮位置,将天轮轴承中心线用点划线画出,并标出天轮轴承的轮廓线。如天轮轴承间有重叠现象或轴承间间隙过小,不便于安装,应进行调整,直到合适为止。

当采用凿井井架时,天轮副梁布置的中心线一般都与天轮轴承中心线重合,并尽可能与天轮平台中心线平行或垂直,必要时也可斜放;但采用永久井架(井塔)的天轮副梁不应与临时天轮中心线成斜交布置。为简化设计,便于制作与安装,天轮副梁的类型要尽量少,型号相近时可选用较大者,或全部采用同一型号,通常选用2~3个型号即可。天轮副梁的数量力求减少,可能时,可在一根副梁上布置几个天轮轴承垂直中梁的天轮副梁,尽可能采用通梁。在天轮副梁布置时,应根据天轮轴承中心线,先用点划线画出天轮副梁的中心线,然后画出天轮副梁的轮廓线,使其相互间以及副梁与天轮、钢丝绳、钢丝绳出绳点均互不干扰。绘制各梁的侧视图,为各提升机、凿井绞车的平面布置选定的绳角作准备,同时检查各天轮布置在立面上是否相碰、在安装时是否相干扰。

天轮及天轮副梁布置完后,检查其布置是否符合“规程”、“规范”及有关规定要求,如不符合要求,或者天轮安装时相互干扰,均需对天轮及天轮副梁进行调整,直到满意为止。在进行平面布置的调整时可在规定的最小与最大间距内任意调整双槽天轮绳轮间距和轴承中心间距,当改变绳轮间距时,要核算天轮的安全荷重,可采用短梁或通梁等办法,改变天轮副梁的支承点,也可采用桁架梁、箱形梁、组合梁等,改变天轮副梁的形式。采用多层天轮平台布置,可利用地轮悬吊与井壁固定吊挂。必要时亦可改变井内悬吊设备、设施、管路和缆线的位置。

在进行立面布置的调整时,可在天轮轴承下加垫梁,通常采用不对称工字形组合梁;可改变天轮的型号和梁的形式,改变梁之间的连接方法,调整竖向位置。如采用多层平台布置时,可在天轮主梁下翼缘加托梁或主梁上翼缘加小平台方法来安放天轮;可将钢丝绳由天轮平台上出绳改为天轮平台下出绳,用地轮悬吊或采用井壁固定吊挂,必要时亦可改变井内凿井装备的布置。

三、井口提绞设备的布置

(一) 提绞设备布置的要求

(1) 除多绳轮磨擦式提升机外,卷筒直径 3m 以下的缠绕式永久提升机均可用于凿井,卷筒直径大于 3m 的提升机,绳速符合《煤矿安全规程》规定的也可以采用。

(2) 临时提升机的位置不应影响或尽量不影响永久提升机房或其它永久建筑物的施工。

(3) 提绞设备相互间的距离,或与其它结构物的距离应满足有关规定。提绞设备布置参数如钢丝绳的弦长、最大偏角、最大仰角、最小仰角、提升机和凿井绞车与井筒的间距和提绞设备之间以及其他设施之间的距离均应符合有关“规程”和“规范”的规定。

(4) 根据井架(井塔)结构特点,提绞设备布置应使井架(井塔)受力均衡,并符合井架(井塔)设计受力要求。标准亭式凿井井架可两面或四面对称受力。

(5) 同侧布置的凿井绞车宜采用集中布置,以便修建一个绞车房,节省建筑面积,便于管理。

(6) 两个或两个以上井筒集中在同一工业广场、井筒间距离又较近时,各井提升机及凿井绞车的位置须统一考虑,互不干扰。

(7) 凿井提升机的布置,应尽量满足井筒开凿、巷道施工和井筒安装三个不同施工阶段的要求。

(8) 长绳悬吊抓岩机用的凿井绞车应布置在凿井绞车群后部,并远离提升机,以便于其它凿井绞车出绳,防止其信号与提升机信号相互干扰。

(二) 提绞设备的布置方法

永久提升机中心线与井下巷道出车方向平行时,临时提升机中心线应与永久提升机中心线平行。用一套提升设备时,临时提升机应布置在永久提升机的对侧;用两套提升机时,主提升机和副提升机应分别布置在永久提升机对侧和同侧前方。

为了便于天轮平台的布置、简化设计,临时提升机中心线通常都与井下巷道出车方向平行布置;只有用临时凿井井架凿井时,用多套提升机提升,布置副提升机时,或因地形等条件所限时才采用提升机中心线与井下巷道出车方向成斜交布置。临时提升机的布置与落地式永久提升机的位置有关。

根据提绞设备与井筒中心的最近和最远距离,在地面提升布置平面图上画出提绞设备布置的最近、最远界限。先布置提升机,后布置凿井绞车;提升机在界限内距井筒中心距离的大小,依据提升机前凿井绞车布置的数量及其后有无永久提升机而确定。临时提

升机前凿井绞车较少、其后有永久提升机时,通常将提升机布置在最近界限附近,以加大临时提升机与永久提升机的间距,便于永久提升机的施工;临时提升机前凿井绞车较多,其后又无永久提升机时,一般将提升机布置在最远界限附近,使井口两侧场地宽阔,便于井口排矸与运输;提升机的提升中心与凿井绞车的卷筒中心线通常与天轮的中心线重合。如凿井绞车布置困难,在保证最大偏角的前提下,卷筒中心线可与天轮中心线不重合,错开一定距离,或斜交布置。用选定的凿井绞车基础平面轮廓硬纸片模型和提升机房平面轮廓硬纸片模型按规定的布置原则逐个逐面进行布置,凿井绞车基础间可互相连接。提绞平面布置完后,画出提绞设备的平面图。检查钢丝绳是否相碰,否则要进行调整提绞布置。地面提绞设备的平面和立面布置结束后,重新计算各提绞设备的钢丝绳偏角、仰角和弦长,并检查其是否符合有关“规程”、“规范”的规定。为井架(井塔)、天轮副梁强度验算提供依据。

当提升和悬吊钢丝绳与天轮平台、井架物件的间隙不符合有关“规程”、“规范”的规定要求时,一般按下列方法进行调整:在天轮轴承座下加垫梁,抬高天轮高度,增大钢丝绳仰角或在天轮后面加设导向轮,加大钢丝绳仰角;改变提绞设备的位置(包括抬高卷筒轴承中心的地面高度),减少钢丝绳仰角;改变钢丝绳出绳位置,由天轮平台上出绳改为天轮平台下吊绳;受地形限制,改造老井或利用现有库存设备、钢丝绳最大偏角超过 $1^{\circ}30'$ 规定时,可将绳偏角大的一侧靠卷筒边缘部分用木衬垫高,以减小滚筒的缠绳宽度来减少钢丝绳偏角或将偏角大的天轮偏转一角度,并在绳弦间加一导向轮和托轮的方法以减少绳偏角。以上布置实例见图9-4-2、图9-4-3、图9-4-4、图9-4-5。

四、矸搅拦站的布置

立井永久支护现多采用现浇砼,矸搅拌站的布置随下料方式和服务对象的不同而异,常用的下料方式有管子、矸石吊桶和底卸式吊桶3种。50年代,我国开始用管子输送砼,在不同深度的矿井都曾普遍使用,如平顶山矿区八矿立井输送深度达500~600m,浇筑效果良好。近年来,徐州矿区张小楼矿采用大流态砼(坍落度18cm),输料深度已达千米,井上下砼强度对比只减少了5%,施工速度明显得到提高。江苏基建公司在摩洛哥杰拉达Ⅲ号井筒施工采用底卸式吊桶下料,吊桶容积为 2m^3 ,也取得了良好效果与高效率。

当两个或两个以上井筒在同一工业广场时,宜采用集中搅拌站,即一个搅拌站服务于多个井筒砌壁,以节约搅拌设备、设施和便于集中管理。搅拌站位置应尽量布置在各井筒之间的中部,以便于同时向多井供料。当采用管子下料时,多采用分散式矸搅拌站,

即搅拌站仅服务于一个井筒。分散式砼搅拌站通常布置在井口房内,以便搅拌后的砼经溜槽直接进入砼下料斗,不需二次运输。如用吊桶下料,并用分散式搅拌站时,则搅拌站宜布置在井口棚以外,以便改善井口作业环境,便于运输。

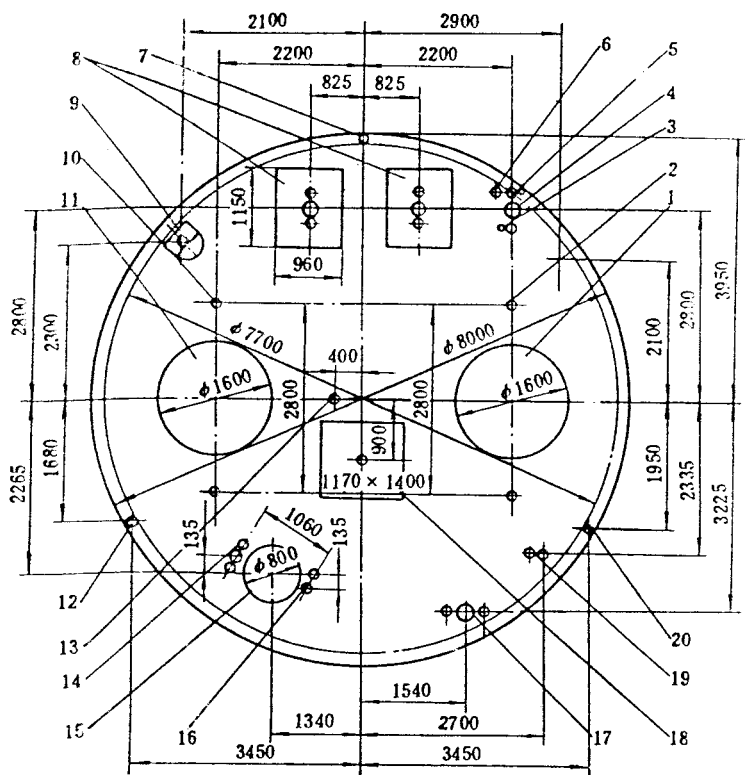


图 9-4-2 济宁三号副井利用永久钢井架凿井井筒平面布置图

1—副提升吊桶 (3m^3) ; 2、10—稳绳兼吊盘绳悬吊点 (回绳轮悬吊) ; 3—照明电缆 ; 4—压风管 ($\phi 159\text{mm} \times 4.5\text{mm}$) ; 5—动力电缆 ; 6—供水管 ($\phi 57\text{mm} \times 3.5\text{mm}$) ; 7、12、20—模板悬吊点 ; 8—吊泵 (80DGL75 $\times 10$) ; 9—安全梯 ; 11—主提升桶 (3m^3) ; 13—伞钻悬吊绳 (FJD-6A) ; 14—信号电缆 ; 15—风筒 ($\phi 900\text{mm}$ 玻璃钢) ; 16—通讯电缆 ; 17—输料管 ($\phi 159\text{mm} \times 4.5\text{mm}$) ; 18—抓岩机 ; 19—放炮电缆

砼搅拌站应尽量利用永久建筑物,以节省大型临时建筑,简化地面布置,降低造价。其生产能力根据砌壁速度而确定,通常按 $10 \sim 15\text{m}^3/\text{h}$ 设计。采用集中式搅拌站,可将砌壁时间错开,以确保连续浇筑砼。原苏联广泛使用集中自动砼搅拌站,生产能力达 $20\text{m}^3/\text{h}$ 。我国开滦东欢坨矿曾引进过原西德研制的专用砼搅拌系统,生产能力为 $15\text{m}^3/\text{h}$ 。

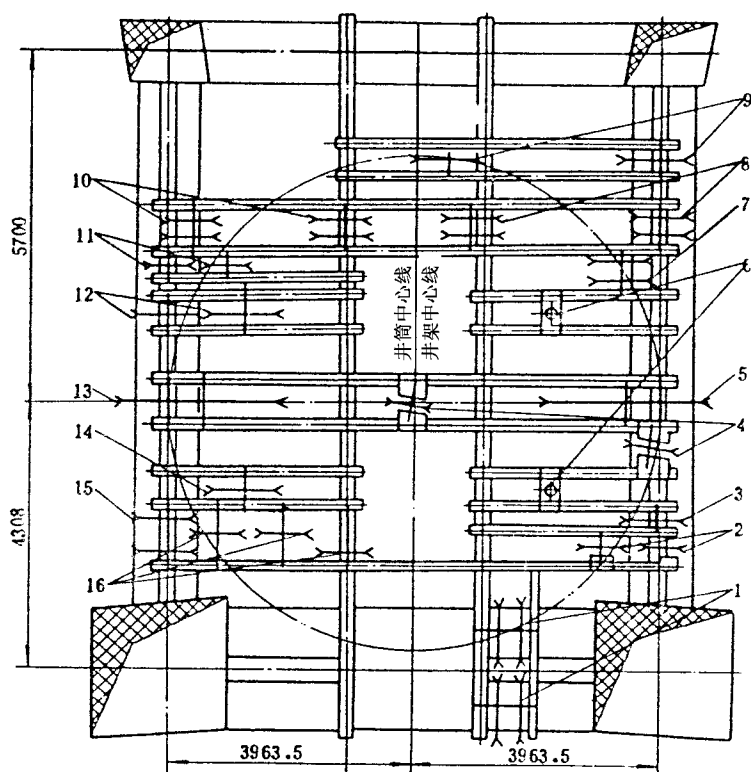


图 9-4-3 济宁三号副井天轮平台平面布置图

1—悬吊输料管天轮 2—悬吊放炮电缆天轮 3、9、15—悬吊模板天轮 4—悬吊伞钻天轮 5—副提升天轮 6—稳绳兼吊盘绳悬吊点 7—悬吊压风管天轮 8、10—悬吊吊泵天轮 11—悬吊安全梯天轮；12、14—悬吊稳绳兼吊盘绳天轮 13—主提升天轮 16—悬吊风筒天轮

矸搅拌站的布置方式有低于井口式、高于井口式和台阶式 3 种，但较广泛采用高于井口式。

地形平坦时，一般多采用搅拌站平台高于井口的布置方式，无论是管子下料或吊桶下料时都应布置在井口房外，以有利于操作和冲洗搅拌机，避免水流到井下，但上料需提升设备。当地形平坦，并采用管子下料的分散式矸搅拌站时，则搅拌站平台可采用低于井口，在井口房内布置的方式，其优点是上料方便，卸料容易，但操作的环境差，污染井口附近空气，且冲洗搅拌机的水易流入井内，因之很少采用。当地形为山坡时，可将供料、搅拌及井口下料布置成台阶式，以节约提料设备，改善上料、卸料工作环境。

砂、石的上料方式依搅拌站的布置形式而定。台阶式搅拌站一般多采用胶带输送机、装载机上料，高于或低于井口式搅拌站，多用装载机、绞车或胶带输送机上料。

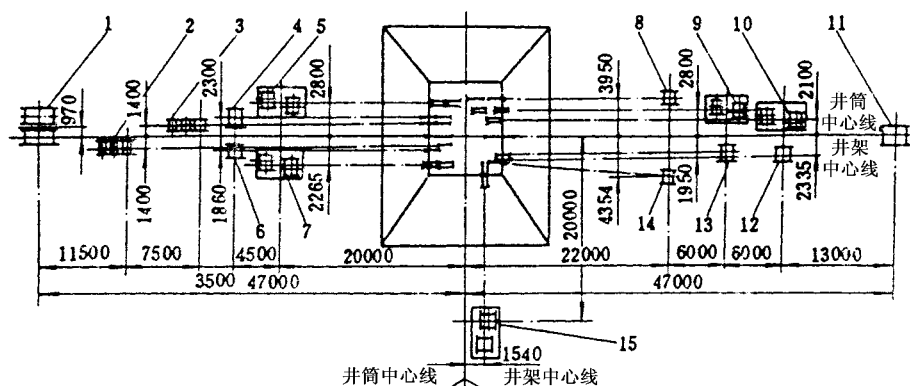


图 9-4-4 济宁三号副井地面提绞布置图

1—主提升机(2JKZ-3/15.5) 2、3—稳绳用凿井绞车(JZM-25/800A) 4—安全梯用凿井绞车(JZA₂-5/1000) 5、9—吊泵用凿井绞车(2JZ₂-16/800) 6、8、13—模板用凿井绞车(JZ₂-16/800) 7—风筒用凿井绞车(2JZ₂-10/600) 10—压风管、供水管用凿井绞车(2JZ₂-16/800) 11—副提升机(瑞典1×2.75) 12—放炮电缆用凿井绞车(JZ₂-10/600) 14—伞钻用凿井绞车(JZT-10/700) 15—输料管用凿井绞车(2JZM-25/800A)

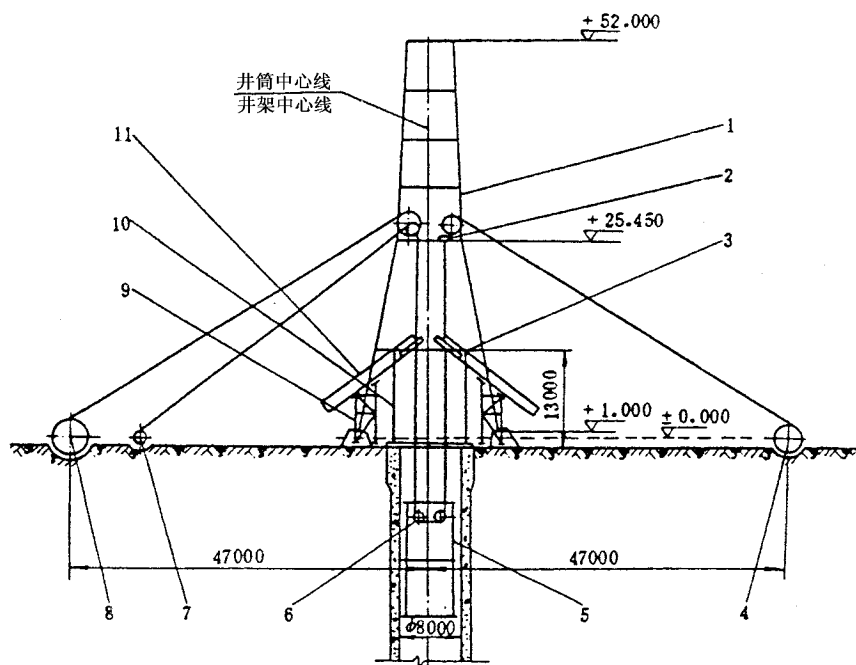


图 9-4-5 济宁三号副井利用永久井架凿井立面布置图

1—永久井架 2—稳绳固定装置 3—翻矸台 4—副提升机 5—三层吊盘 6—滑轮；
7—凿井绞车 8—主提升机 9—支撑架 10—支撑立柱 11—溜矸槽

水泥的上料方式过去普遍采用人工,但近年来已开始在一些矿井推广使用螺旋推进式自动上料方式。通过螺旋式推进器和时间继电器定量向搅拌机供料。

我国承包施工的摩洛哥杰拉达煤矿Ⅲ号井井深 785m,采用混合作业方式施工,井壁为厚 500mm 的 C25 级强度的现浇砼。砼输送使用 DX-2 型底卸式吊桶 2 个,用主、副提升机同时下料。搅拌站采用高于井口式的布置形式,布置在提升方向的南侧。距井筒中心 7.5m 处设搅拌平台,为确保在 3h 内完成一个段高 3.0m 的砌壁任务,安装 2 台 JQ-1000 型强制式砼搅拌机,生产能力为 $20 \sim 30 \text{m}^3/\text{h}$ 。筛洗后的砂、石分别由两条胶带输送机转载送入砂、石集料仓。砂、石集料仓下设有杠杆电磁自动计量装置,计量后的砂、石由胶带输送机转载送至搅拌机上的分料斗,然后进入搅拌机。搅拌后的砼卸入底卸式吊桶内,运到井口,由提升机下放到吊盘的第三层盘分灰器内,经溜槽、溜灰胶管、流入模板。溜灰胶管固定悬吊在三层盘下,其余输送设施均为可拆卸式,浇灌前组装,结束后拆除。浇灌时缓冲弯管放在模板内,起到缓冲和防止砼离析的作用。

第五章 支 护

第一节 临时支护

临时支护技术是随着井筒作业方式的发展而变化的。20 世纪 70 年代前,大多数井筒掘砌以长段单行作业为主,临时支护主要采用挂井圈背板方式。井圈规格视井径的大小而定,井径为 3.0~4.5m 时,一般选用 14a 槽钢;井径为 5.0~5.5m 时,一般选用 16a 槽钢;井径为 6.0~7.0m 时,一般选用 20a 槽钢制作。背板形式依围岩稳定程度而定,一般有倒鱼鳞式、对头式和花背式。随着锚喷支护的推广,目前井圈背板的临时支护形式已很少使用,但在井筒涌水量大,且采用长段单行作业或表土层中施工时,仍有它的优势。

在 50~60 年代,立井井筒曾采用掘砌平行作业,临时支护除采用井圈背板外,个别也曾用钢丝绳网加角钢圈制成的柔性掩护筒。柔性掩护筒挂在稳绳盘下,段高可调节,随掘进面的推进而下移,以维护围岩,而在砌壁作业盘上面平行地进行永久支护。由于平行作业管理与临时支护施工较复杂,而且要求围岩稳定,因此,这种工艺和临时支护多年来已很少采用。

我国立井施工采用的锚喷临时支护,根据围岩稳定条件有:喷射砂浆或喷射砼、锚杆喷射砼、锚喷网等多种形式。支护参数可根据井筒围岩稳定性、岩层倾角、井筒直径等因素加以确定。喷射砼的强度不得低于 20MPa,砼与岩石粘结力(抗拉)不小于 0.5MPa。锚杆必须是金属锚杆。排列的方式,围岩好的一般选矩形或三花形,围岩差的一般选五花形。锚网的网格,一般不小于 150mm×150mm,金属网所用的钢筋或钢丝直径为 2.5~10mm。

立井锚喷临时支护方式,一般采用短段掘喷,即井筒掘出一个小段高后,随即在该段高进行锚喷,维护井帮稳定。临时支护的作业线,如砼搅拌、输料系统等,应尽量与永久筑壁设备配套共用,以节省设备,简化井上下的布置。我国多采用以下布置方式:一种是永久筑壁搅拌站远离井口,并配套上料机械和贮料罐,出料弯头配胶管与输料钢管相连,钢管下部接缓冲器和喷头,喷头一侧与供水胶管相联;另一种是永久筑壁搅拌站布置在井口附近,并用管路下料时,搅拌机应适当提高水平,使其下部能设贮料罐和分灰器。两种方式永久筑壁时,拌合砼入输料管,临时支护时入喷射机。喷射机与输料钢管用胶管相连,输料钢管下端接缓冲器或喷头。

第二节 永久支护

立井永久支护的材料、结构与施工工艺直接影响着建井速度、工程质量与生产期间的井筒安全。

50~60年代中期,立井永久支护以砌块为主,约占80%以上。其砌块材料多用料石,其次是青砖、钢砖、砼预制块。料石在大部分矿区均可就地取材,强度高,当时加工费较低,成为井壁支护材料中的首选对象。1958年在徐州矿区权台主井的长段掘砌中,曾创月成井160.92m的全国记录;1959年又在峰峰薛村副井长段掘砌中,创月成井142.41m的成绩。但是由于劳动强度大,难以实现机械化施工,效率较低,特别在涌水量较大的立井中,砌块井壁的整体性和封水性差的缺点更加突出。

60年代中期,发展为以现浇砼支护为主。1964年,煤炭工业部在总结各地施工经验的基础上,提出了包括有拆卸式金属模板筑壁与溜灰管输料在内的《立井施工二十项经验》,并出版了相应的《凿井非标准设备图册》在全国推广。1965年前后,贵州水城老鹰山矿研制出的平行作业砌井用的门扉式活动钢模板,取得了月进105m的好成绩;河南新密矿区米村立井首次应用短段悬吊式整体活动钢模板筑壁成功,在厚表土施工中平均月进42m,在基岩施工中平均月进35m。

70年代,煤炭开发重点转向南方各省,小井和浅井较多,岩层相对稳定,因此推广喷射砼支护较多,并积累了丰富的经验。其中,湖南涟邵矿区桥头河二号立井,应用双套砼喷射机和远距离管路输料施工,创造了月进174.82m的全国纪录。此外,在北方各矿区也有一些井筒采用了锚喷永久支护。但在井型大、水文和地质条件较复杂的井筒仍采用

现浇砼支护。在现浇砼永久支护中 ,不少井筒以喷射砼代替井圈背板作临时支护 ,实行大段高掘进 ,自下而上的金属模板筑壁 ,其中模板的形式有拆卸式 ,也有液压整体滑升式 ,施工机械化程度和工程质量得到进一步提高。此外 ,在短段掘砌施工中 ,各种悬吊式整体活动钢板也相继出现 ,如各种手动缩径式钢模板、门轴式钢模板等 ,其高度均在 2m 左右 ,由于这些模板用久了易变形、脱模困难、井壁接茬质量较差等问题 ,未能推广应用。

80 年代 ,煤炭科学研究总院北京建井研究所设计的大段高液压下行单缝式整体活动钢模板 ,江苏煤炭基本建设公司与原阜新矿业学院于 1983 ~ 1985 年间设计的以加强模板强度和刚度 ,实现全方位浇灌挤压式合页接茬 ,实行同步增力脱模等内容的新型模板 ,都较好地解决了模板长期存在的易变形、脱模难和接茬质量差的问题。后来在国际招标工程摩洛哥杰拉达Ⅲ号立井 ,应用 3m 高度模板施工 ,两次月成井突破百米 ,质量优良。在我国东北地区 ,也应用类似的脱模机构原理 ,改用液压双向千斤顶脱模 ,5m 高度模板筑壁 ,多次刷新了全国立井成井纪录 ,1992 年 5 月鸡西矿区滴道东风井创月进 201m 最高纪录。辽宁铁法矿务局首次成功地使用了自动脱模、支模模板 ,把脱模和支模对中找平的作业时间 ,由一个多小时缩短到几分钟 ,明显地提高了筑壁速度。几十年来 ,特别是近年来 ,为适应混合作业工艺 ,设计并有效地应用了高度 3.5 ~ 5.0m 的强度大、立拆模速度快的金属活动模板 ,进行了砼上料、计量、搅拌、输料等机械化设施配套 ,使用了大流态、高强、速凝等多种性能砼 ,使我国的立井支护技术和工艺跻身于世界先进行列。

一、锚喷永久支护

立井锚喷永久支护形式有 :喷射砼支护、锚喷支护和锚喷网支护 3 种。具体支护形式与参数 ,目前主要还是根据围岩稳定性、井筒断面、工程性质和服务年限等因素 ,采用工程类比法确定 ,见表 9 - 5 - 1。

表 9 - 5 - 1 立井井筒锚喷支护类型和参数(净直径 > 4.5m) 单位 :mm

围岩分类		岩层倾角 < 30°			岩层倾角 > 30°		
类别	名 称	喷砼厚度	锚 杆		喷砼厚度	锚 杆	
			锚 深	间 距		锚 深	间 距
I	稳定岩层	50 ~ 100			50 ~ 100		
II	稳定性较好岩层	100 ~ 150			100 ~ 150	1400 ~ 1600	800 ~ 1000
III	中等稳定岩层	100 ~ 150	1400 ~ 1600	800 ~ 1000	100 ~ 150	1600 ~ 1800	600 ~ 800
IV	稳定性较差岩层		1600 ~ 1800	600 ~ 800	150 ~ 200	1600 ~ 1800 加钢筋网	600 ~ 800
V	不稳定岩层	150 ~ 200	1600 ~ 1800	600 ~ 800	200	1600 ~ 1800	600
		加金属网			加钢筋网		

立井井筒锚喷支护类型和参数(净直径 < 4.5 m)

围岩分类		岩层倾角 < 30°			岩层倾角 > 30°		
类别	名 称	喷砼厚度	锚 杆		喷砼厚度	锚 杆	
			锚 深	间 距		锚 深	间 距
I	稳定岩层	50			50		
II	稳定性较好岩层	100			100	1400	800 ~ 1000
III	中等稳定岩层	100 ~ 150			100 ~ 150	1600	800 ~ 1000
IV	稳定性较差岩层	100 ~ 200	1400 ~ 1600	800 ~ 1000	150 ~ 200	1600 ~ 1800	600 ~ 800
V	不稳定岩层	150 ~ 200	1600 ~ 1800	600 ~ 800	150 ~ 200	1600 ~ 1800	600 ~ 800
		加金属网			加金属网		

无论是锚喷永久支护或是锚喷临时支护 ,根据循环进度 ,可实行一掘一喷或不超过全段高的多掘一喷方式。喷射机多布置在井口 ,但也有将其布置在吊盘上的。1965 ~ 1982 年 ,煤炭系统采用锚喷支护的立井井筒共计 73 个 ,井筒深度最大达 1127m ,井筒净直径最大为 7m。

二、现浇砼永久支护

(一)支护工艺及流程

我国应用现浇砼支护的工艺形式 ,主要有金属活动模板短段筑壁和液压滑模长段筑壁两种。金属活动模板短段筑壁的作业是穿插在掘进出矸工序之中进行的 ,当掘进面掘够一个模板高度后 ,即开始筑壁工作。筑完壁后清除模板下座底矸石 ,打眼放炮出矸 ,然后再进行下一个循环的筑壁。

采用机械化作业线时 ,砼浇灌作业的工艺流程由下列环节组成 :①骨料筛选→②上料→③贮存→④计量→(添加剂)⑤输送→⑥搅拌→⑦下井→⑧配料→⑨浇灌振捣→⑩砼凝固后脱模和立模(包括绑扎钢筋)。其中① ~ ⑥组成搅拌系统或机组 ,⑦为下料系统 ,⑧ ~ ⑨组成浇灌系统。三个系统之间和系统内部的组合形式 ,应根据井上下空间、施工速度、技术设备条件等因素而定。在确定施工工艺的基础上 ,制订劳动组织。

液压滑模长段筑壁适用于长段单行作业 ,它是当井筒完成大段高掘进后 ,用液压爬升(或用凿井绞车提吊)模板由下而上连续浇筑砼井壁的工艺。按液压爬升的方式 ,又有压杆式和拉杆式。前者利用井壁砼内的竖向钢筋为承压支柱 ,通过多个液压千斤顶 ,将模板随砼的浇筑水平不断地升高。一般每浇筑 300mm 上滑一次模板 ,直到与上段井壁衔接。拉杆式液压滑模的支承爬杆安装在两层吊盘的围梁上 ,模板通过液压千斤顶顺承拉爬杆上滑 ,爬完吊盘层间行程后 ,再上提吊盘一个段高 ,继续浇灌砼。

(二) 筑壁钢模板的类型及其性能

在我国现阶段,金属活动模板和长段液压滑模模板在筑壁施工中应用较多。拼装式、绳捆式模板有的仍在应用。80~90年代,金属活动模板的研究和应用得到了长足发展。

金属活动模板国内使用较好的有3种:一是江苏煤炭基本建设公司在摩洛哥杰拉达Ⅲ号井应用的MJS-6.8×3型,它于1990年创平均月成井81.3m,最高月成井107.6m,工程质量优良的成绩;二是鸡西矿务局建井工程处使用的ZYJM-5×5型,曾在1992年创月成井201m全国最高纪录;三是煤炭科学研究总院北京建井研究所研制的YJM-3.5/5型液压单缝式金属活动模板,脱模立模机械化程度高,平均月成井达40多米,最高月进117.8m。上述三种金属活动模板均适用于立井混合作业和短段单行作业,永久井壁紧跟掘进工作面,取消了临时支护,能适用于不同的围岩条件,工作安全,平均速度较快,但接茬缝较多。

MJS-6.8×3型模板采用三块三缝式桶壳结构(图9-5-1)。即由3扇模块组成1个三联杆式稳定结构的模板体。模块用螺栓将多层25号槽钢,加工成弧形联接而成。模块之间有3条竖向伸缩缝,缝内设置水平导向槽钢和同步增力脱模装置。该装置附设能折叠的棘轮搬手,以拧动同步增力脱、立模装置上的竖向丝杠螺母收缩,从而带动与其相联的上下端水平拉杆做左右缩径运动。由于各动作杆件构成三角形增力机构,使得用较小的人力搬动棘轮搬手,达到数十吨的脱模力。同时增力机构可随模板与井壁上下部分阻力的大小而相应增减脱模力,使模板上下收缩同步。为了浇灌、接茬和立模对中导向,分别在模板上部装有数十块合页挤压接茬板、折叠式自锁定位脚手架、六根滚轮弹压式对中导向柱。在模板下部联有45°刃脚圈。模板由三台地面集控凿井绞车悬吊。

ZYJM-5×5型模板由模板主体、伸缩装置、刃脚、伸缩缝小模板、环形浇注槽、导向柱、转动式工作台等7部分组成(图9-5-2),其中模板主体由3块120°弧形板组成筒壳,弧形板以30号槽钢作骨架,外围8mm厚钢板。全高5100mm,分为3段,用螺栓组合,每段中间设300mm×300mm浇灌窗一个。各弧形板间留有宽度为200mm伸缩缝,缝间装有3个滑动绞接装置,缝外搭接带竖筋的小模板。为实现模板直径伸缩,缝内装有同步增力液压脱、立模装置,其工作原理与MJS-6.8×3型模板相同,只是在其下部装有两个手动液压千斤顶,以代替竖向丝杠驱动联杆实现伸缩运动。环形浇注槽在每块主体模板上端焊接向井壁倾斜的弧形漏斗坡面,便于溜灰管沿漏斗坡面全方位地向模板后浇注砼。为了立模,以上段井壁为导向对正井筒中心,沿环形槽上面均布焊接12根高约

900mm 槽钢立柱。在环形槽下部有与模板主体绞接的数十个三角形可转动梯架和木板组成浇注砼脚手。模板由地面 3 台凿井绞车悬吊。

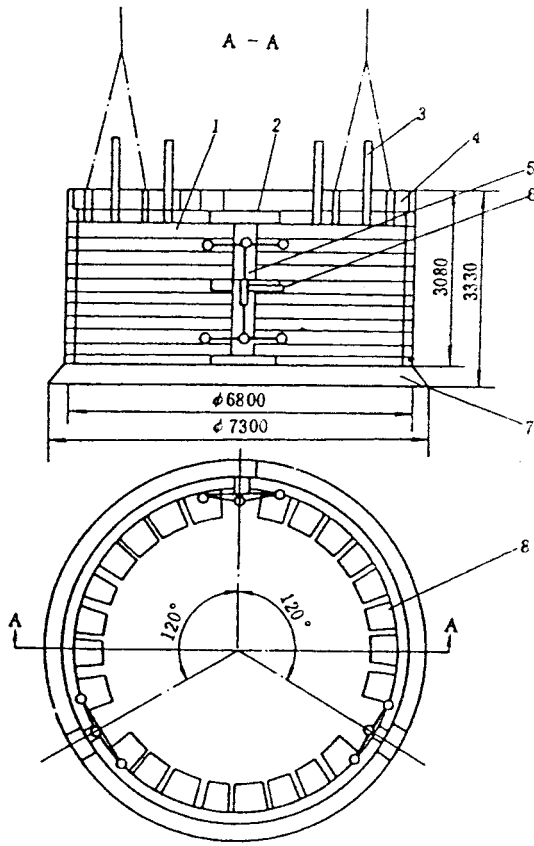


图 9-5-1 MJS-6.8×3 型模板构造示意图

1—模板体 2—导向槽钢 3—导向柱 4—接茬合页 5—同步增力器；
6—棘轮搬手 7—刃脚 8—脚手板

YJM-3.5/5.0 型模板由模板主体、缩口模板、刃脚、液压脱模机构、悬吊装置、撑杆式工作台和浇注漏斗等 7 个部分组成,见图 9-5-3。模板主体由上下两段组合,上下段都是用 20 号弧形钢作骨架,外焊厚 8mm 围板 13 块组成 1 段,围成只留一条伸缩缝的桶壳结构,刚度很大;上段模板顶部设九个浇灌窗口和数十个工作台铰座;下段模板设有一个处理故障的门扇,缩口模板为 T 形,宽 550mm;刃脚分 7 段,液压脱模机构装在缩口两侧模板主体上,由 4 套推力双作用单活塞油缸、风动高压油泵、多种控制阀等组成;撑杆式工作台板铰接在模板上,台板下有活动撑杆以支撑平台板。由于模板刚度大,通过油

缸的强力收缩,使模板产生弹性变形,可实现单缝收缩脱模,油缸撑开即恢复模板设计直径和圆度。

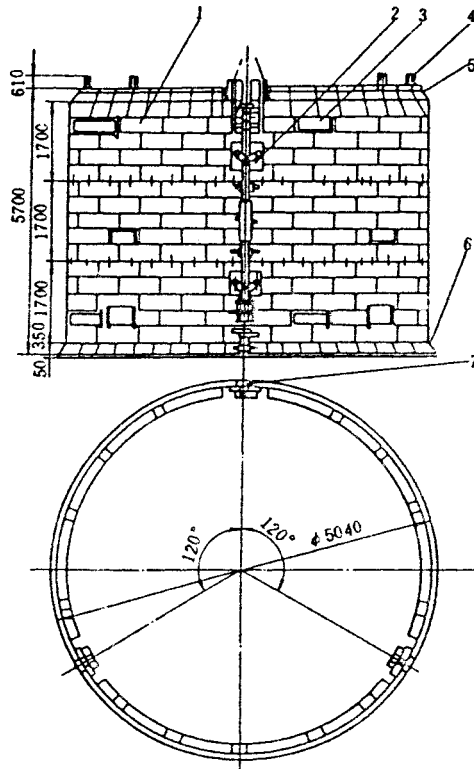


图 9-5-2 ZYJM-5×5 型模板构造示意图

- 1—模板主体 2—伸缩装置 3—工作台 4—导向柱；
5—环形浇注槽 6—刃脚 7—伸缩缝小模板

1989 年以后,煤炭科学研究总院北京建井所开始对 YJM-3.5 型整体下移金属模板性能改进,逐步实现多功能、系列化,并定型为 MJY 型,在全国大范围应用,到目前为止,已有 123 个井筒采用该种模板进行支护,有 46 个井筒 60 次取得了月进 100m 以上的好成绩。

MJY 型系列多用金属模板主要特点如下：

模板系列化。设计直径 4.5~8.5m,共分 9 个档次;高度 2.5~4.0m,共分四种。按直径和段高不同排列组合为 36 种形式,重量在 6.28~24.7t 之间,主要技术参数见表 9-5-2。

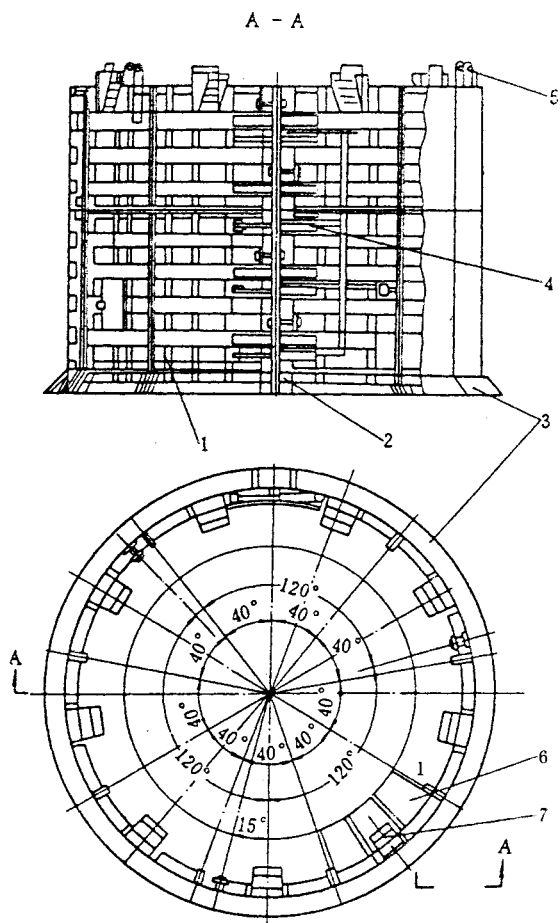


图 9-5-3 YJM-3.5×5 型模板构造示意图

1—模板主体 2—缩口模板 3—刃脚 4—液压脱模机构；
5—悬吊装置 6—撑杆式工作台 7—浇注漏斗

表 9-5-2 MJY 型系列多用金属模板主要技术参数

模板直径 ,m	4.54	5.04	5.55	6.05	6.55	7.06	7.56	8.06
模板块数 ,个	9	9	12	12	12	12	15	15
收缩口数 ,个	1	1	1	1	1	1	1	1
模板重量(2.5m) ,t	6.82	7.56	8.32	9.68	10.48	11.30	14.45	15.41
模板重量(3.0m) ,t	7.72	8.88	9.79	11.37	12.32	13.28	16.68	17.98
模板重量(3.5m) ,t	8.89	10.21	11.25	13.08	14.16	15.99	19.27	20.55
模板重量(4.0m) ,t	10.05	11.54	12.71	14.77	16.00	17.25	21.68	23.12

变径模板。一般井筒设计规格为基础在选定模板半径和基本模板块后,模板变径以冻结段内壁厚度为半径增量,把模板直径扩大到外壁直径,有些井筒需变径 2~3 次。变径模板设计时其径向变化范围控制在 25mm 以内,超过范围需增加基本模板块数。

上行砌壁可将模板刃角去掉。为满足冻结井筒砌壁,外壁刃角和模板主体是分体的。另外,这种模板还可以用于砌筑井下大煤仓。

(三) 砼搅拌与运输

现阶段,施工企业为适应矿区建设项目施工地点分散、流动性大、对象多变的特点,都没有设立固定的基地集中生产砼。为立井筑壁服务的砼搅拌站形式,多以地形、工程、设备等条件而组合,大部分没有定型。

江苏煤炭基本建设公司综合多年的实践经验,设计并首次在国际招标工程——摩洛哥杰拉达Ⅲ号立井施工中成功地采用了近井布置形式,满足了两次月进破百米掘砌施工的要求,目前已为其它一些井筒采用。该站由上料、集料、计量、搅拌和骨料输送等部分组成。上料是由 1 台 VVA300 型 2t 装载机将砂、石分别铲入两个料斗,然后由两条 T45-15 型上料胶带输送机装入容量为 17m^3 和 31m^3 桶式集料台,集料台下部设气控门,砂石经闸门进入计量斗,经杠杆平衡秤计量后,再过气控闸门流入集料仓下的平胶带输送机和主胶带输送机,在主胶带输送机上砂石与定量水泥混合进入分料斗和 JQ1000 型搅拌机。为了连续供料和加大生产率,搅拌机并列设置了两台。

由山东省建筑机械厂生产的建友牌砼搅拌站,在山东济宁三号井净径为 6.5m 的风井井壁施工中,采用远井点布置形式,并于 1992 年 12 月创月进 158m 的好成绩。该站砂石上料用铲装机,水泥可用散装罐车,速凝剂溶于溶液池。集料设备有 L800 型砂石存料斗各两套,容量为 20t 的水泥罐 4 个,螺旋输灰器两套。砂石存料斗下设置电子秤计量斗和短胶带输送机,经铲装机和水泥罐车装入设备的骨料和水泥,由闸门及螺旋输灰器、计量斗、短胶带输送机混合于贮料仓,然后喂给搅拌机的上料箕斗中,用两台 JS500 型卧式螺旋强制砼搅拌机(每台生产率为 $21\sim 25\text{m}^3/\text{h}$)运至井口下井。

井内砼输料的方法,我国常用的是用凿井提升机将底卸式吊桶中的砼卸在吊盘上的受料斗中入模或用溜灰管自地面下砼直接入模。底卸式吊桶的技术特征见表 9-5-3。

表 9-5-3 底卸式吊桶主要技术特征

技术参数	TDX-1	TDX-1.6	TDX-2.0	2DX-2.0	HTD-2.4
容 积 m^3	1.0	1.6	2.0	2.0	2.4
下料能力 m^3/h	8~10	11~16	15~20	16~20	20~24
桶口直径 mm	1334	1320	1450	1450	1450

技术参数	TDX－1	TDX－1.6	TDX－2.0	2DX－2.0	HTD－2.4
外径最大尺寸 ,mm	1370	1494	1650	1650	1650
桶口高度 ,mm	1550	1870	2125	2200	2100
下料口尺寸 ,mm	400×400	400×400	400×500	300×250	470×470
最大高度 ,mm	2485	3004	3200	3540	3340
总 重 ,kg	639	882	1066	1400	1250

注 :DX－2.0 型吊桶外形与普通吊桶一致 ,并有闸门开启自锁装置 ;TDX－1、TDX－1.6、TDX－2 和 HTD－2.4 型下部为圆柱形 除 HTD－2.4 外 均无自锁。

底卸吊桶在地面用轨道平板车转运 ,平板车载着底卸式吊桶驶至井盖门 ,提升机挂吊桶下放至井内吊盘受灰斗 ,打开底卸式吊桶闸门 ,将矸卸至受灰斗 ,然后分两路斜溜槽、高压胶管、竹节铁管、导灰管等进入筑壁模板中。

采用管路输送矸 ,国内从 50 年代末即开始应用于不同深度的井筒 ,最深的已超过千米 ,井筒数量达二百多个。实践表明 ,该输送方式系统简单 ,不占用提升机 ,省电 ,速度快 ,内径 150mm 的钢管可满足两台 0.4m³/min 矸搅拌机同时工作。经中国矿业大学等几个单位研究 ,当连续输送矸骨料时 ,在管内因受空气阻力和管壁碰撞 ,其速度达到一定深度后即维持等速 ,经测定 ,当井深分别为 162m、545m、846.5m 时 ,矸料平均下降速度分别为 21.30m/s、21.87m/s、22.64m/s。因此 ,使用方法得当可以克服骨料离析和堵管现象。如果用大流态高强度矸 ,则堵管完全可以避免 ,并保证井壁设计强度。国内部分立井管输矸筑壁质量情况见表 9－5－4。

表 9－5－4 国内部分立井管输矸筑壁质量情况

井 筒 名 称	井 深 (m)	矸配合比 水灰比	井壁质量情况 矸压强(MPa)
长广七号主、副井	860、550	1:2:4 0.65	C16、C12
长广六号主、副井	488.5、652	1:2:4 0.65	C20
北票台吉主、副井	924、892	1:1.6:3.2 0.63	C15～C20
北票冠山副井	925	1:1.6:3.2 0.63	C15 占 78.2% ;C13.6～C11 占 15.0%
潘一主井、副井、风井	110、156、204		漏水 < 2m ³ /h

矸输送管路系统自上而下由溜槽和漏斗套管、输料管、缓冲器、活节溜灰筒(或胶皮软管)导灰短管等 6 部分组成 ,见图 9－5－4。

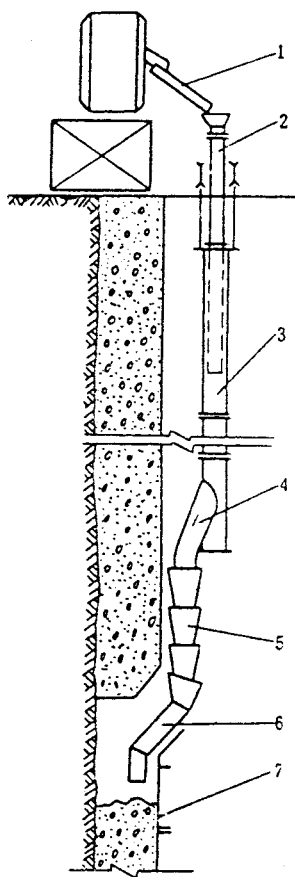


图 9-5-4 砵输送管路图

1—溜槽 2—漏斗套管 3—输料管 4—缓冲器 5—活节溜灰筒；
6—导灰短管 7—模板

使用管路输送砵要注意防止砵离析、堵管、管路磨损等三个问题。

防止砵离析，一是严格控制水灰比在 0.65 以下，坍落度在 8 ~ 12cm 之间，有良好的骨料级配；二是限制石子粒度不超 30mm；三是采用强度高、容重小的石子；四是首次下砵时，先下些砂浆，防止砵中的砂浆粘附在管壁上引起离析，砵入管均匀而连续。

为防止堵管，一是漏斗上需设筛片，防止大块物料和 $\phi 30 \sim 50\text{mm}$ 石子入管；二是保持管路清洁，每浇灌 15min 用清水洗管 1 次，全段高筑壁完毕，用清水加石子彻底清洗；三是采用高效减水剂或大流态砵，并掌握好胶管弯度和防止坡度过小；四是地面与筑壁工作面保持信号畅通，密切注意堵管预兆和易堵部位的运转情况，将堵管故障消灭在萌芽状态。

为防止管路磨损，一是管子悬吊尽量垂直，末端加缓冲器；二是严格掌握管子接头的

质量, 法兰盘必须与管轴线垂直; 三是选用卵石作砟骨料, 同时选用耐磨管材。

(四) 筑壁砟和添加剂

根据建井工程的需要, 近年已有高强砟、大流态砟多种新材料在立井筑壁中使用。

1. 高强砟

通常将强度等级 $\geq C50$ 的砟称为高强砟。高强砟具有高强、抗渗、耐久等特点, 不仅技术性能符合井壁需要, 而且还能减薄井壁厚度, 减少掘砌工程量, 具有明显的经济效益, 因而受到建井界的重视。1990年兖州矿区首次在浇筑冻结井壁内壁施工中采用C55高强砟, 以后永城、枣庄、淮北等矿区在冻结井壁中也相继采用。目前, 现浇井壁的高强砟均用常规工艺施工, 砟强度等级为C50~C60, 坍落度 $\geq 60\text{mm}$, 多用525号普通硅酸盐水泥和最大粒径40mm的致密石灰岩石子等材料配制。增强方法有单掺高效减水剂和双掺高效减水剂及硅粉两种, 而以后者居多。

硅粉高强砟指同时掺有硅粉高效减水剂的高强砟。硅粉亦称硅灰, 它是生产硅金属或硅铁合金时的副产品, 主要成分是 SiO_2 。它的颗粒极细, 具有很高的火山灰活性, 掺入后能明显地改善砟的性能, 大幅度的提高砟的强度。单掺硅粉会使砟拌合物的坍落度显著降低, 必须与减水剂同时使用。我国用硅粉高强砟浇筑冻结段井壁已取得一定经验, 兖州、枣庄、淮北等矿区采用的都是硅粉砟, 砟强度可达C55和C60。

由于硅粉兼胶结和填充两种作用, 化学活剂比水泥高得多, 是配制高强砟和超高强砟(抗压强度 $\geq 100\text{MPa}$)的有效手段。据测定, 硅粉砟1天强度约为28天强度的40%, 3天强度可为28天强度的70%~80%, 而且和易性、粘聚性好, 不易泌水和离析, 具有早强、高强、便于施工的特点, 可及早地承受井壁施工时的各种荷载, 有利于加快施工进度。

同时, 硅粉还改善了砟内部的空隙结构, 提高密实度, 使砟的抗渗性、抗冻性、抗侵蚀性、抗干缩性显著提高。其抗碳化性能也优于普通砟。

由于硅粉的增强作用大, 可以取代硅粉用量3~4倍的水泥, 因此可以减少水泥用量, 如 1m^3 C55砟的水泥用量仅为420kg左右, C60砟的水泥用量也不过为450~480kg。

在制备高强砟的方法中, 单掺高效减水剂配制普通工艺高强砟最为简便、经济。1991年, 永城矿区采用525号普通硅酸盐水泥、JP-1高效减水剂配制了C50和C55的高强砟, 成功地浇筑了冻结井壁。

由于高效减水剂有很高的减水率和很强的分散作用, 可以大大降低水灰比, 提高密实度, 改善孔隙分布特征, 使砟的各龄期强度都得到很大的提高, 它的1天强度可为28天强度的30%, 3天强度可达28天强度的50%~70%。这种砟的抗渗性、抗冻性也都明显改善, 干缩和普通砟基本相同, 拌合物的和易性也较好, 实践证明, 这种砟的性能虽不

如硅粉砼优越,但完全能够满足冻结井壁的要求,勿须加昂贵的硅粉,成本较低,施工工艺也较简单,对于要求强度等级不太高的砼值得推广使用。

2. 大流动性

坍落度在 20cm 左右,流动性好,不易离析的砼拌和物称为大流动性砼。增大流动性的措施是掺入高效减水剂,而不是增加用水量,因此这种砼具有塑性砼的物理力学性能,是一种施工性能和硬化性能俱佳的新型砼。近年来我国对溜送大流动性砼进行了研究,1991 年徐州矿务局首次使用流灰管下送 C30 和 C40 大流动性砼浇筑井壁,取得了良好效果,目前溜深已超过 800m。

大流动性砼有如下特点:

流动性大。砼拌合物的坍落度为 18 ~ 22cm,易于在管道中溜送,不会堵管,也易于浇捣,轻振式插捣即可密实。

粘聚性和保水性好。由于配制时采用了一系列避免离析的措施,使大流动性砼具有很好的抗离析性能。实践证明,当溜深不超过 700m 时,不会发生离析现象,入模砼质量均匀,井上和井下试样强度基本相同。

井壁质量好。大流动性砼极易浇筑,杜绝了在施工中随意加水的现象,使砼质量得到了保证,而且井壁表面光滑、蜂窝麻面少,抗渗性好。

节能、高效。大溜动性砼最适合用溜灰管溜送,不需动力,不占用提升设备,而且易于浇筑,省工、省力,可以大大提高工效,可加快速度,缩短工期。

配制大流动性砼采用不低于 425 号的普通硅酸盐水泥、5 ~ 40mm 连续级配的碎石等材料,并外掺高效减水剂(徐州用的 JP-1),常规工艺施工,方法简便,很容易掌握。可在溜深不超过 700m,砼强度等级不超过 C45 的情况下应用。

3. 砼外加剂

为改善砼性能,在拌制过程中掺入重量不大于水泥用量 5%(特殊情况除外)的物质称为砼外加剂。由于掺入外加剂可以使砼许多性质得到预期的改善,而且施工简便,效益显著,因而使用者日益增多。

高效减水剂是在砼坍落度基本相同的条件下,能大幅度减少拌合用水量的外加剂。1974 年,在淮南首先用于冻结段井壁,以后逐渐推广,先后采用过 MF、NNO、NF、JP-1 等品种,而以 NF 和 JP-1 用的最多。NF 和 JP-1 均为非引气型高效减水剂,产品质量好,符合国家标准一级品的要求。它们性能相近,减水率高,可达 12% ~ 25%;增强作用大,在水泥用量相同,坍落度相同时,砼的 3 天强度可提高 50% ~ 60%,28 天强度可提高 15% ~ 35%;塑性性能好,掺量 0.5% 时在砼配合比不变的条件下,坍落度可增大 100mm

左右,注水性有所改善,振捣容易,保持砼强度和坍落度相近,掺入两种高效减水剂,均可节约水泥 10% ~ 20%,砼的抗渗、抗冻、徐变等物理力学性能得到改善,对钢筋无锈蚀作用。NF 和 JP-1 主要用于配制早强高强砼和大流动性砼,适宜掺量 0.5% ~ 1%。

应用最多的早强剂是三乙醇胺复合剂,其配合比为 0.05% 三乙醇胺 + 1% 亚硝酸钠,一般在现场复合,并常与高效减水剂同时使用。1976 年开始使用 J851 早强减水剂,它效果好、成本低、工艺简单,很快得到推广,成为冻结井壁砼中的常用外加剂。J851 的早强减水剂具有较好的减水、早强和增强作用,在保持坍落度相近的情况下,1 天强度较未掺者提高 1 ~ 2 倍,28 天强度可提高 20% ~ 30%,低温时也能达到较高的强度,在 +3℃ 的条件下养护,1 天强度可达设计强度等级的 9%,3 天强度达设计强度等级的 34.7%,28 天达设计强度等级,可以满足井壁施工时的拆模和承受冻结压力的要求,对钢筋无腐蚀性。适宜参量为 2.5% ~ 3%。

第六章 施工作业方式

作业方式是关系立井施工质量、速度、成本和安全的重要方面,是统管全局和发挥施工技术优势的关键所在。随着立井掘、砌技术和装备的不断发展和更新,立井施工工艺也有了很大的发展。按照掘、砌两大作业之间的不同安排,形成了多种立井施工方式。

第一节 掘砌单行作业

掘、砌单行作业曾是我国煤炭系统开凿立井最常用的一种施工方式。这种作业方式工序单一、管理方便,特点为掘、砌两大作业在同一井段在时间上顺序进行。先自上而下掘凿井筒,达到施工组织设计规定的井段高度,便由下而上完成永久井壁的砌筑。该段井壁筑成后,再转向下一井段施工,先掘进后砌壁。如此往复,逐段进行,直至掘砌完整个井筒。

这种作业方式之所以最先、最广泛地被施工单位所采用,主要在于井筒内凿井装备简单,井内只需配置一个双层工作吊盘,便可兼顾掘、砌两大作业。掘进时,吊盘可用于固定稳绳、悬吊抓岩机;砌壁时,稍作改装,便成移动式砌壁作业平台。20世纪50年代,徐州权台煤矿主井采用这种作业方式,创造了月成井160.92m的当时全国最高的纪录。

一、长段单行作业

60年代,为了加快立井施工速度,一度采用加长掘、砌单行作业的施工段高,以利于

在相同井深的条件下,减少掘、砌作业的交替次数、井壁接茬数目和工序转换所消耗的无效工时,其中包括集中排除砌壁期间的井底积水、清理井底杂物及落灰、吊盘起落、抓岩机的重复拆装和管路接长等辅助工时。从而提高了井筒的施工速度,增强井筒永久支护的整体性和封水性。段高的长短主要应根据岩层的稳定程度、井筒涌水量大小、月成井速度以及临时支护和砌壁模板的周转用量等因素综合考虑,合理选择,以达到安全、优质、快速、经济施工的目的。我国采用长段单行作业方式时的施工段高一般为 30 ~ 60 m,个别采用喷砼作临时支护的井筒,段高加大到 100m。

二、短段单行作业

(一)短掘、短砌单行作业

60 年代末、70 年代初,砌壁材料用砼代替了料石,金属模板以及随后研制成功的金属整体活动模板取代了木模板,从而使永久井壁的施工段有可能缩短,甚至自上而下按 1.5 ~ 2.0m 的短段进行分段浇筑,逐步发展形成了短掘、短砌单行作业方式。这种施工方式可以直接在井筒工作面岩壁上立模浇注永久井壁,从而改变了长段单行作业高空筑壁工艺,实施随掘随砌,掘、砌交替进行。掘、砌作业始终在永久支护保护之下,安全性好,不需临时支护,节约材料,并且可节省长段单行作业中掘、砌交替间的无效时耗,从而有利于加快立井的施工速度。

这种作业方式可适用于各种围岩条件,加上整体无骨架轻型金属活动模板,在广东红工煤矿和浙长广煤矿的立井开凿中首先得到使用,为我国掘、砌作业方式的进一步发展,开辟了道路。

(二)短掘、短喷单行作业

短段砌筑永久井壁时,上、下接茬频繁,不利于井筒封水。喷射砼技术在立井开凿中的应用,较妥善地解决了井壁接茬这个技术难题。湖南桥头河二号井,在开凿净直径 5.5m 立井时,成功地采用了段高 1.5m 的短掘、短喷的短段单行作业方式,其工艺系统见图 9-6-1。掘进后,转入永久支护的喷射作业。喷射段高与循环进尺取值一致,支护作业所占用的工时仅为 40 ~ 45min。抓岩和排矸作业紧随永久支护完成。工作面经清底后,转入下一循环钻爆作业。循环工作为 6h,月成井速度达 174.82m,为当时全国最高纪录。

短掘短喷单行作业不受井筒深度的限制。在地质条件多变的岩层中,具有较高的灵活性,可随岩性的变换,及时调整炮眼的深度,改变锚、喷的支护结构。当岩层构造复杂、破碎,且涌水很大时,亦可事先注浆封水,作加固处理,而后再行短掘、短喷作业,从而可

安全顺利地通过困难地层。

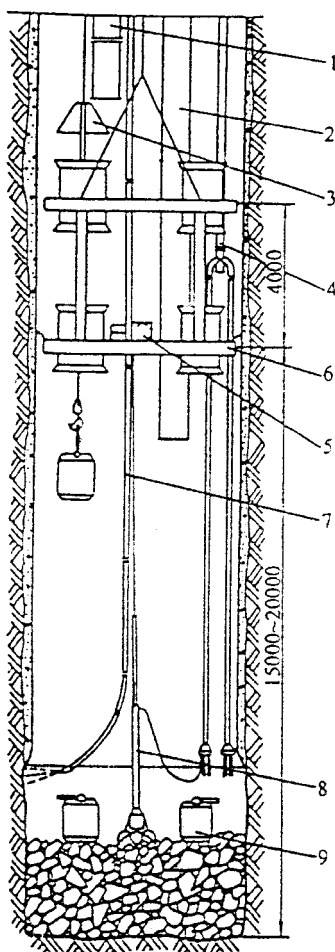


图 9-6-1 掘砌单行作业示意图

- 1—金属风筒 2—胶皮风筒 3—滑架 4—压风管 5—气动绞车 6—吊盘；
7—输料管 8—抓岩机 9—吊桶

短掘、短喷工艺中无需临时支护,不但可节省器材,还可免除架设和拆卸临时支护、放炮后清扫临时井圈、修缮临时支护、下放模板、立模和稳模等烦杂的辅助工序,节省大量非生产工时,有利于高效快速施工,而且还可把岩帮的暴露时间控制到最低限度,使井帮及时得到积极支护,有利于维护井筒围岩的稳定,改善井内安全状况。

此外短掘、短喷单作业不仅可以减少材料、设备的提、放量,保证提升系统能充分有效地投入井底排矸作业,提高装岩效率和缩短排矸工时,使掘、砌作业循环更为紧凑,而

且可取消砌壁模板和悬设模板的凿井绞车,减少凿井装备,简化井内、天轮平台和地面的设备布置,保证井筒工作面抓岩与钻眼作业有足够的操作空间。由于装、拆设备的辅助工时有所缩减,因而也有利于井筒平均成井速度的提高。

总之,短掘、短喷单行作业可较理想地提高井筒的月成井速度和平均成井速度,有利于岩帮的稳定性,改善施工的安全,提高井壁的支护质量,降低施工成本和提高工效。在保证锚喷支护质量的情况下,可成为一种适应性较强的作业方式。

第二节 掘、砌平行作业

50年代,辽源煤矿中央立井和阜新煤矿平安立井等井筒开凿中,采用了掘砌平行作业,并取得了显著的月成井技术指标。60~70年代,我国煤矿的立井开凿深度超过500m者越来越多。掘、砌平行作业被视作可提高立井速度和缩短建设工期的最具希望的作业方式。

一、长段掘、砌平行作业

这种作业方式的实质,在于充分利用井筒的纵深,在井筒相邻的两个井段、井筒的不同深度处,使掘、砌两大作业能充分地平行完成,砌壁作业不再单独占用凿井工时,从而可有效地加快井筒的成井速度。

这种作业方式与单行作业相比较,其最大的区别在于井筒施工装备复杂,设备用量多,除了在井筒掘进工作面上方需设置稳绳盘,以满足提升及保护作业安全外,尚需挂设一个移动的砌壁作业盘和必须分别设置两套独立服务于掘进与砌壁作业的提升系统和信号系统,以满足不同深度处两个作业面同时工作的需要。此外,由于两个井段的岩壁都必须用临时支护来维护,这样不但加大了临时支护的数量和使用时间,而且也增加了围岩暴露时间和范围,对井筒围岩的稳定程度产生不利的影响,井内的淋水也会增大,因此,这种长段掘、砌平行的作业方式必然会使施工的组织工作和安全作业复杂化。

在推行掘、砌平行作业的过程中,我国煤矿建设者攻克了一系列的技术难题,通过精心编制和科学管理掘、砌循环作业图表,尽量减少掘进与砌壁作业相互干扰,并在作业段高的选取、防坠和提绞操作方面制订了各种有效措施,确保井内掘、砌施工的安全。所有这些都为掘、砌平行作业的推广创造了有利的条件。

沈阳红阳煤矿二号井主井,开凿深度 653.4m,净直径为 6.0m;掘进工作面配备了一套吊桶容积为 2.0m^3 的双钩提升,用于掘进排矸;独立设置了吊桶容积为 1.0m^3 的一套单钩提升,用于砌壁和下料;在稳绳盘上方,挂设了一个三层砌壁作业盘,由下而上完成砌井壁的浇注工作;砌壁所用的模板为装配式固定金属模板;掘、砌作业的交替段高为 30~40m。采用这各种作业方式曾获得连续 3 个月,月月超过百米的掘、砌成井速度,最高达 134.3m。其工艺系统见图 9-6-2。

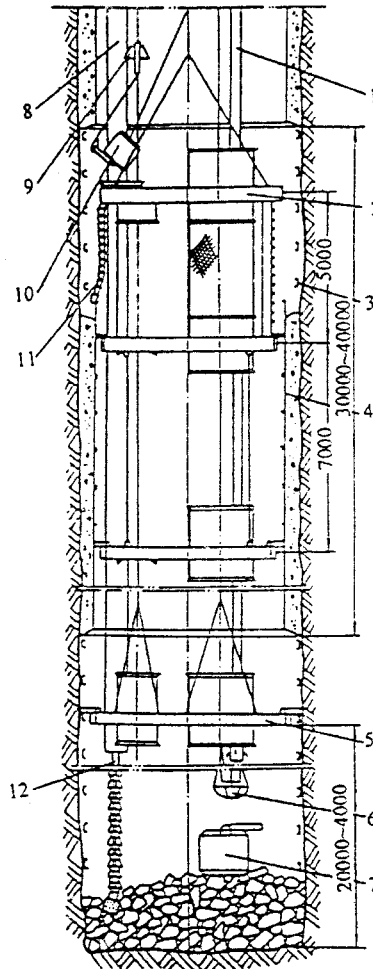


图 9-6-2 掘砌平行作业示意图

1—压风管 2—三层掘砌吊盘 3—井圈背板临时支护 4—装配式金属模板 5—稳绳盘 6—抓岩机;
7— 2m^3 矸石吊桶 8—风筒 9—滑架 10— 1m^3 材料吊桶 11—竹节管 12—排水管

随着砼取代料石作为井筒的永久支护材料,各种金属移动模板相继问世、管道输送砼技术的推广以及喷射砼替代传统的挂圈背板临时支护,使立井砌壁作业所耗的工时大大下降,从而减轻了砌壁作业对成井的影响程度。

当今,在立井砌壁装备及技术已发展到一定水平情况下,立井开凿的成井速度,无论是掘、砌单行作业还是掘、砌平行作业,主要仍取决于井底工作面的掘进速度,其中,尤其取决于井底工作面的排矸能力。在采用掘、砌平行作业时,由于提升矸石的吊桶在通过稳绳盘和砌壁吊盘时必须减速,势必延长吊桶的一次提升运行时间,加之井筒断面的限制,难于在井底配置大容积吊桶和大斗容抓岩机,从而大大降低了排矸能力和限制了立井掘进速度的增长,致使长段掘、砌平行作业在 70 年代后期发展停滞。

二、短段掘、砌平行作业

贵州水城老鹰山矿区在副立井施工中采用了短段掘、砌平行作业,基本上克服了前述平行作业的问题,并连续创出了掘砌月成井 94.17m 和 105.46m 的好成绩。

该矿施工时采用了整体门扉式金属移动模板,紧随掘进工作面的推进,在掘进吊盘上方完成砼永久井壁的浇注工作。这种新的筑壁工艺,把以往长段掘、砌平行作业中,由下而上长段筑壁改为小段由上而下的分段筑壁,使砌壁与掘进工作面始终保持 15~20m 的间隔距离同向推进。为了保障掘进工作面的正常作业和安全,在吊盘以下采用了整体移动柔性金属掩护网,在满足掘、砌同时作业的各项要求的情况下,可为暴露的岩帮提供较快的积极支护。由于未封闭岩帮的面积有所控制,因而可减少井筒内的淋水,改善了掘进工作面的作业环境。

这种施工工艺可使掘进与砌壁吊盘合一,排矸吊桶无需二次减速运行,完全克服了掘、砌平行作业对掘进提升能力的限制。在严格信号系统管理和施工工序组织恰当的情况下,还可创造掘、砌工作面共用提升系统的条件,从而创造了在有限的井筒作业断面内装备大斗容抓岩机和大容积排矸吊桶的可能,如能采用管路输送砼,还可使砌壁作业对掘进提升的影响降到最低程度。老鹰山煤矿副立井的实践,为 60 年代立井掘、砌平行作业提供了快速施工的宝贵经验。

老鹰山煤矿副立井采用柔性金属掩护网,旨在替代传统的井圈背板临时支护,既满足了砌壁工作自上而下与掘进工作同步,又保护了掘进作业的安全,但必须对围岩的稳定程度作出可靠的估计。当今,锚喷临时支护工艺在凿井中的成功应用,可完全改变上述防护措施,使吊盘以下的井帮用锚喷及时封闭,从而可较圆满地消除掘进作业和砌壁作业中的不安全因素,将使平行作业更具广泛的适应性。

这种作业方式不受井筒深度和断面大小的制约 ,随着掘进速度的加快 ,砌壁与掘进作业的平行比重也会有所增长。这种施工工艺的不足之处在于 ,必须设置一个结构坚固的重型吊盘 ,以满足重型抓岩机的挂设和高空浇筑永久井壁的需要。

第三节 掘砌混合作业

根据我国煤矿立井开凿逐渐加深、井筒直径加大的特点 ,我国凿井施工装备越来越向重型机械化和简化工艺的方向发展。在井筒工作面装备重型伞钻、大斗容抓岩机和大容积吊桶的同时 ,配置大段高金属模板 ,使掘进与砌壁两大作业有可能同时在井筒工作面上实施。当井筒开凿一个段高后 ,可尽快地在井筒工作面碎矸上立模并浇灌砼。当砼浇注高度达 1m 左右后 ,即可实施装矸与砌壁同时作业。这种高模板、近作业面的掘砌工艺 ,可取消掘进作业中的临时支护工作 ,减少砌壁作业所占的成井工时 ,既可省略一系列辅助工序和工时 ,还可简化施工组织 ,提高施工速度。我国采用这种施工方式 ,取得了较快施工速度 ,见表 9-6-1。

表 9-6-1 我国近年来混合作业部分井筒施工速度情况统计

井 筒 名 称	井筒深度 (m)	井筒净径 (m)	凿井速度(m/月)		施工时间 (年、月)
			最 高	平 均	
七台河新兴立风井	482.0	6.5	113.0	96.80	1987
铁法三台于一井主井	537.0	5.5	116.0	53.50	1987
鸡西小恒山矿西风井	451.32	5.0	121.3	84.60	1988
鸡西二道河子南风井	579.5	5.0	163.1	90.50	1990.5
鸡西城子河西风井	572.0	5.0	187.1 *	115.0	1991.5
铁法三台子二井 主井 副井 风井	711.4	5.5	127.5	83.30	1991.9 ~ 1992.8
	662.3	8.0	90.0	58.93	1992.1 ~ 1992.12
	629.5	6.5	80.0	56.38	1991.7 ~ 1992.7
鸡西滴道东风井	683.5	8.0	201.0 *		1992.5
摩洛哥杰拉达Ⅱ号立井	785.0	6.8	107.6	81.30	1990
河北宣东二号井 主井 副井	824.0	6.0	141.0	100.35	1998
	854.0	6.5	141.0	104.48	1998

注： * 者为月成井全国新纪录

这种作业方式的特点是需采用较高的整体活动模板(> 3m) ,这样才能在模板浇注到

一定高度(约 1m)后与掘进装岩实施平行作业,见图 9-6-3。

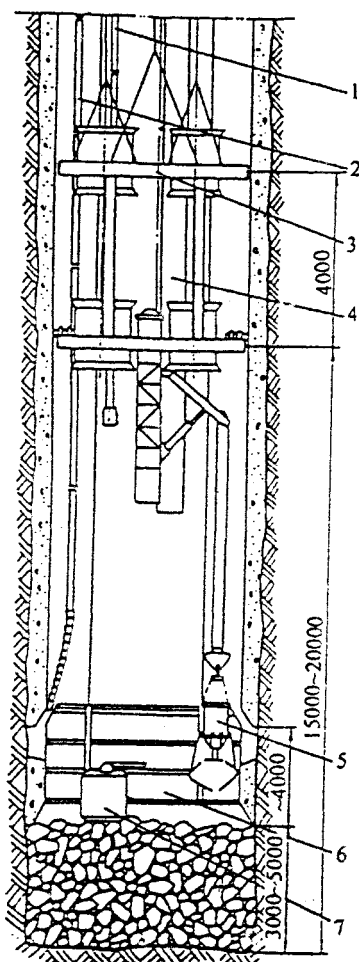


图 9-6-3 掘砌混合作业示意图

1—压风管 2—输料管 3—吊盘 4—风筒 5—抓岩机 6—模板 7—吊桶

采用这种工艺凿井时,井内装备全部集中在吊盘以下 15~20m 井段范围之内,且掘、砌作业就在离工作面 3~5m 范围内完成,有利于不同深度的井筒在各种围岩稳定条件下组织施工,因而这种作业方式具有较广泛的适应性。近年来,我国东北地区鸡西矿务局建井工程处,在杏花立井、二道河子矿南风井、城子河矿西风井和滴道矿东风井等立井施工中采用了掘、砌混合作业,相继创出了月成井 121.3m、163.1m、187.1m 和 201m 等好成绩。特别是滴道矿东风井,在 1992 年 5 月创造成井 201m 的全国最高立井施工纪录后,于 6、7 两个月中又连续创出 140m 和 120m 的快速施工纪录,使该立井的实际施工成

本比计划成本降低了 34%。中国煤炭海外开发公司在承包摩洛哥杰拉达煤矿Ⅲ号井施工中,也采用了这种作业方式,在采用凿井机械化作业线的条件下,创出了月掘、砌成井 106.5m 和 107.6m 的好成绩,在七个月的施工中,共成井 569m,平均月掘、砌成井达 81.3m。上述一系列凿井实践充分证明了掘砌混合方式具有显著的优越性。它不但有利于凿井装备的利用率,能达到稳定的快速施工指标,而且从总体上能降低立井的施工成本,提高施工效率,改善立井的安全作业条件。这种作业方式目前已获得我国建井界的广泛认同。

掘、砌混合作业同时包含掘、砌平行作业和掘、砌顺序作业的组织要素,但是,国内目前所施行的掘、砌混合作业任应属于单行作业。掘、砌作业虽具有交叉混合处,但仍多是分别单一完成。随着砌壁模板的加高和一次浇注砼时间的加长,在模板底部砼达到终凝强度的状况下,且井筒有足够掘进断面积时,完全有可能局部地实施抓岩与砌壁平行作业,这样既有利于缩短掘、砌循环时间,提高掘、砌工效,而且可使掘、砌混合作业方式更名符其实。

总之,掘、砌混合作业方式,在重型凿井机械化的利用、施工组织管理、施工安全作业以及成井的各项经济技术指标等方面,都优越于单行作业和平行作业,是一种具有较强适应性的、有推广前途的施工方式。十几年来,我国的凿井实践,已为推广这种作业方式积累了丰富经验。目前用该作业方式施工的立井比例已达 80% 左右,今后这种作业方式仍将成为我国立井开凿的主导作业方式。

第四节 掘、砌、安一次成井

在我国立井开凿的实践中,个别矿井曾采用过掘、砌、安一次成井的作业方式。它把掘、砌两大基本作业安排在相邻两个井段内上、下平行实施,同时,还安排了罐梁、罐道等井筒永久装备的安装工作。这种作用方式能全面合理地组织三种作业同时施工,以达到充分利用井筒空间,从而能从整体上最有效地缩短立井的施工工期,提高全井筒的平均成井指标。

这种作用方式的最主要的特点还在于可利用井内的永久罐梁来固定各种施工管道(如通风、压气、供水、输料和排水管等),既可省略凿井悬挂设施,减省井内悬挂缆绳,减轻井架荷载,简化天轮平台上天轮、天轮梁以及地面的凿井绞车的布置,有利于永久井架

的利用,还可节约大量施工器材,减轻凿井的辅助准备工作量和缩短凿井的准备工期。

凿井时采用管线固定吊挂可提高管路的稳定性和连接质量,特别在深立井施工时,管路固定吊挂可为凿井提升系统提供更大的提升空间和更安全的运行环境,可从根本上保证快速掘进的基本条件。

一次成井作业方式不但可改善井筒自身开凿的各项技术经济指标,而且可缩短建井过度期,为尽快转入平巷施工创造有利条件。总之,这种作业方式有利加快矿井建设,是一种有效地缩短建井工期的凿井作业方式。

然而这种作业方式具有工序种类繁多、同期完成的作业量大、施工设备多、施工组织复杂等特点,因此,要有充分的准备和严格的安全技术措施,才能顺利地推行这种作业方式。同时由于施工占用的井段高度较大,因而适宜于在围岩比较稳定、涌水量较少且井筒深度大、断面大和井内为刚性永久装备的条件下采用。

一次成井作业方式可分为掘、砌、安顺序作业,掘砌、掘安平行作业,掘、砌、安混合作业等多种组合方式。其中以掘砌、掘安平行作业较为理想。它分别安排高空筑壁及井筒永久装备的安装与井筒工作面掘进平行完成。在保持工作面连续推进的同时,使掘进与砌壁和掘进与安装的作业量在时序上大致取得平衡,这样,既有利于施工的组织管理,也可使劳动力达到均衡,以便于加快成井速度、提高劳动工效和减低施工成本。这种作业方式与三大工序完全平行的方式相比,它易于保证施工作业面有较好的安全作业环境。

图9-6-4所示的施工工艺系统示意图为掘砌、掘、安平行的一次成井作业方式。在井筒工作面不断地向下推进的同时,在相邻井段内先由下而上砌筑永久井壁,而后在该井段内自上而下完成井筒的永久安装。鹤壁矿区梁峪煤矿副立井的井筒净直径为6.0m,开凿终深为291m,井筒施工段高取30~40m,采用这种作业方式最高月成井达到97.33m,使建井工期缩短了3个月,每米井筒成本比预算降低了28.22%,节约投资26万元,取得了较好的技术经济效果。

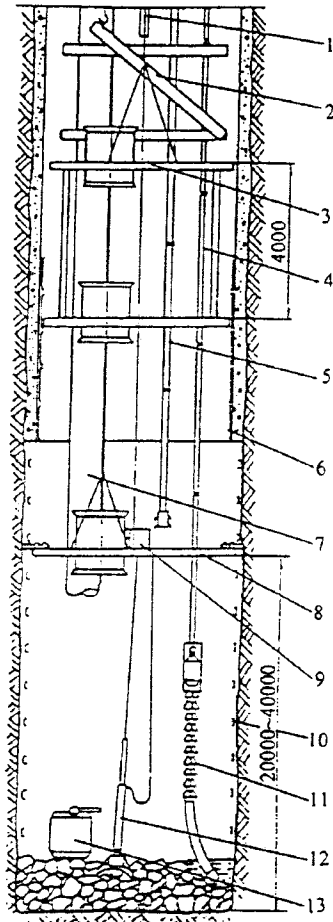


图 9-6-4 掘、砌、安一次成井示意图

- 1—罐梁 2—罐道 3—吊盘 4—排水管 5—压风管 6—模板 7—风筒 8—稳绳盘 ;
9—气绞车 ;10—临时支护 ;11—吊泵 ;12—BQ-1 型抓岩机 ;13—吊桶

第七章 立井施工机械化配套

第一节 概 述

立井施工机械化配套,就是根据立井工程条件、施工队伍素质和技术装备情况将凿井各主要工序用的施工设备进行优化,使之能力匹配,前后衔接组成一条工艺系统完整的机械化作业线,并与各辅助工序设备相互协调,充分发挥各种施工机械的效能,快速、高效、优质、低耗、安全地完成作业循环。

立井井筒施工是矿井建设的关键工程,技术复杂、工况条件差、速度慢、占用建井工期长。因此,世界各国都把提高凿井机械化程度和设备的配套,作为提高立井施工速度和工效的突破口。

在国外 20 世纪 50 ~ 60 年代是煤矿建井技术突飞猛进的时期,凿井设备由轻型半机械化向大型机械化方向发展。同时,发展钻井法,实现立井掘进综合机械化。到 70 ~ 80 年代,随着综采技术的迅速发展和开采深度的加大,矿井井型趋向于大型化和集中化。为适应这类矿井建设的需要,凿井设备能力也逐步增大,性能也不断提高。立井施工已配套使用了一机多用和钻架、生产能力为 $200\text{m}^3/\text{h}$ 的重型抓岩机、 8m^3 矸石吊桶和落地式矸石仓、扁钢丝绳绞盘式提升机、容绳量 3000 ~ 8000m 的大吨位凿井绞车、移动式凿井设备、高约 20m 的 9 层吊盘、高 6m 的整体活动金属模板、管路输送矸深度达 800 ~ 1000m 和井壁吊挂凿井管线技术等。混合作业已成为立井施工的主要作业方式,施工队伍趋向专业化,月平均成井速度为 80 ~ 100m。

我国立井施工技术 with 国外相比进展较慢。50 年代以人工作业为主。60 ~ 70 年代才实现了半机械化作业 ,其基本特点是多台手持式风动凿岩机打眼 ,炮眼深度 1.5m 左右 ;采用斗容 0.11m^3 人力牵引的小型抓岩机装岩 , $1 \sim 1.5\text{m}^3$ 小吊桶出矸 ,5t 和 8t 凿井绞车悬吊井内设备 ,250m 扬程吊泵排水 ,人工敲击信号 ,挂圈背板临时支护 ,长段单行作业方式 ,平均月成井约 10m 左右。随着井筒直径和井筒深度不断增加 ,轻小型施工设备已不能适应 ,自 1974 年煤炭工业部、冶金工业部、第一机械工业部等三部联合进行立井施工机械化科研会战以来 ,我国的凿井技术、装备、施工工艺有了长足的进步 ,以中深孔光爆技术、设备大型化、支护机械化和注浆堵水打干井为主要内容的机械化配套设备相继研制成功 ,使我国凿井技术和装备水平跨入了一个新的阶段。凿岩钻架和高威力炸药的使用 ,实现了中深孔光爆技术 ,机械化大斗容抓岩机的使用 ,提高了装岩的生产能力 ,从而促进了提升系统(包括提升设备、自动翻矸装置、大矸石仓、汽车排矸等)的一系列改革 ;井筒支护设备的更新和锚喷支护在立井工程中的应用 ,取代了挂圈背板临时支护等施工工艺 ,出现了液压金属活动模板和混合施工作业条件。在此期间 ,辅助作业机械化程度也得到了同步发展 ,750m 高扬程吊泵、千米激光指向仪、凿井专用通风机 ,新型通讯设备等一批更新换代产品取得了良好效果。随着这些凿井配套设备的不断改进和完善 ,加快了凿井速度、缩短了建井工期、改善了工人的劳动条件 ,使我国凿井装备水平和深井施工技术达到了国际 80 年代水平。

立井施工机械化作业线及其配套设备在设计时 ,应遵循以下原则 :

(1) 根据工程条件和已具有的设备等因素 ,进行综合考虑 ,选定配套类型。例如 ,井筒直径、深度较大 ,施工队伍素质较好 ,应尽量选择重型或轻型机械化配套设备 ,否则 ,应考虑选用轻型或半机械化设备。

(2) 各设备之间的能力要匹配 ,主要应保证提升能力与装岩能力、一次爆破矸石量与装岩能力、地面排矸与提升能力、支护能力与掘进能力和辅助设备与掘、砌能力的匹配。

(3) 配套方式应与作业方式相适应 ,例如采用重型或轻型机械化作业线时 ,一般采用短段单行作业或混合作业。若采用长段单行作业 ,则凿井设备升降、拆装频繁 ,设备能力受到很大的影响。

(4) 配套方式应与设备技术性能相适应 ,选用寿命长、性能可靠的设备。配套机械设备的生产能力应有一定的富裕系数 ,某些设备(如吊泵、吊桶等)应有备用。

(5) 配套方式应尽可能使各工序所采用的机械设备在能力基本上相适应 ,以利充分发挥凿井设备的综合生产能力 ,避免因设备能力不均衡而影响某些设备潜力的发挥 ,使整个方案不能发挥综合效能。应与施工队伍的素质相适应 ,能熟练使用和维护机械设

备,保证作业线正常运行。

(6)配套方式应考虑使供水、电力、压气、通讯、信号、照明、运输等辅助作业能满足施工机械化的要求。

(7)配套方式要统筹考虑,使井上、下各种配套设备在操作使用、悬吊布置、升降固定等方面互不干扰,保证作业安全。

(8)配套方式应保证能获得良好的技术经济指标。

第二节 装岩提升综合能力分析

设备配套设计中,要综合考虑各设备之间能力的匹配、设备与作业方式协调、设备与组织适应、设备及工艺的适应等多环节的一致,以便充分发挥其效能。我国立井施工中,曾因设备可靠性差或使用、维修质量低,工艺安排不当,配套设备不匹配存在薄弱环节,关键技术未能及时解决,再加上井筒涌水未能很好解决等原因,使较现代的装备不能发挥应有的作用。反之,在井筒涌水大的情况下也有曾选用较小的施工设备,由于设备配套合理而创造了好的记录。总之,这是一项综合的系统工程。

一、机械化作业线设备能力的匹配

(一)提升能力与装岩能力的匹配

抓岩和提升能力的大小对于立井施工速度的影响最大,因此,首先应使装岩能力和提升能力相匹配。为了充分发挥抓岩机的生产能力,保证抓岩机在装岩时间内不间断地连续工作,提升能力应大于抓岩机的生产能力,即 $P_{\text{提}} > P_{\text{抓}}$ 。抓岩机的生产能力可由抓岩机技术特征查得,或根据抓岩机生产率实测资料选用。

单钩提升和双钩提升能力,可按下面公式进行计算。

$$\text{单钩提升能力: } A_1 = \frac{3600 \times 0.9 V}{K T_1} \quad (9-7-1)$$

式中 A_1 ——单钩提升能力, m^3/h ;

V ——吊桶容积, m^3 ;

K ——提升不均衡系数, $K = 1.25$;

0.9——吊桶装满系数;

T_1 ——一次提升循环时间, s 。

$$T_1 = 2T_y + 2T_{ws} + Q_s \quad (9-7-2)$$

式中 T_{ws} ——无稳绳段总运行时间 $27s$;

Q_s ——一次提升休止时间 $90 \sim 150s$;

T_y ——有稳绳段运行时间 s 。

$$T_y = t_4 + t_5 + t_6 = \frac{v_{\max}}{a_4} + \frac{h_5}{v_{\max}} + \frac{v_{\max}}{a_6} \quad (9-7-3)$$

式中 t_4 、 t_6 ——沿稳绳加、减速运行时间 s ;

t_5 ——沿稳绳匀速运行时间 s ;

a_4 、 a_6 ——运行加、减速度 $0.5 \sim 0.6m/s^2$;

v_{\max} ——有稳绳段最大速度 m/s ;

$$v_{\max} \leq 0.5 \sqrt{H-40}$$

h_5 ——沿稳绳最大速度运行高度 m 。

$$h_5 = H - 40 - h_4 - h_6 \quad (9-7-4)$$

式中 H ——最大提升高度 m ;

40——无稳绳最大高度 m ;

h_4 、 h_6 ——段高 m ;

$$h_4 = \frac{1}{2} v_{\max} t_4, \quad h_6 = \frac{1}{2} v_{\max} t_6 \quad (9-7-5)$$

双钩提升能力 :

$$A_2 = \frac{3600 \times 0.9 V}{K T_1} \quad (9-7-6)$$

公式中符号意义同上。

$$T_1 = \frac{v_{\max}}{a} + \frac{H-80}{v_{\max}} + 54 + Q_s \quad (9-7-7)$$

式中 a ——运行加、减速度 $0.5 \sim 0.7m/s^2$;

Q_s ——一次提升休止时间 $110 \sim 170s$;

54——无稳绳段总运行时间 s 。

依据(9-7-1)式和(9-7-6)式计算出不同条件下的提升能力见表9-7-1和表9-7-2。

由表可知,两套单钩的提升能力比一套双钩要大 $25\% \sim 35\%$,其增加比值随着井筒深度加深而加大。双钩提升比一套单钩提升能力约增加 $30\% \sim 50\%$,并且随着井筒深度的加深其比值逐渐增大。东滩副井各种提升方式的提升能力对比见表9-7-3。吊桶容积每增

大一个档次单钩提升能力一般增长 50% ~ 100% 双钩提升能力一般增长 25% ~ 50%。

表 9 - 7 - 1 吊桶单钩提升能力											
		单位 :m ³ /h									
吊桶容积 (m ³)	提升机型号	绳速 (m/s)	提升高度(m)								
			200	300	400	500	600	700	800	900	1000
1.5	JK - 2/30	2.5	16.11	12.10	10.76	8.81	8.08	7.46	6.47	5.71	5.11
		3.3	17.37	15.30	12.35	10.29	9.59	8.92	7.83	6.98	6.29
	JK - 2/20	3.7	15.85	12.99	11.00	9.54	9.54	8.42	7.54	7.54	6.83
		5.0	17.05	14.51	12.62	11.85	11.17	10.02	9.08	9.08	8.31
	JK - 2/11.5	6.5	17.15	15.58	13.88	12.51	11.40	10.46	9.66		
	JK - 2.5/30	2.5	13.82	10.76	8.81	7.46	6.74	5.71	5.11		
	2JK - 2.5/30	3.1	15.04	12.07	10.08	8.65	7.58	6.74	6.07	4.62	4.22
	JK - 2.5/20	3.8	19.97	13.13	11.15	9.69	8.57	7.68	6.95	6.35	5.85
	2JK - 2.5/20	4.7	16.84	14.22	12.30	8.57	9.69	8.76	8.00	8.12	7.55
	JK - 2.5/11.5	5.5	17.34	14.92	13.09	9.69	10.52	9.58	8.79		
	2JK - 2.5/11.5	6.6	17.76	15.60	13.91	10.52	11.43	10.50	9.70		
2.0	JK - 2.5/20	3.8	21.30	17.51	14.87	12.92	11.42	10.23	9.27	8.47	7.80
		4.7	22.45	18.96	16.41	14.46	12.92	11.68	10.66	9.80	9.11
	JK - 2.5/11.5	5.5	23.12	19.90	17.46	15.55	14.02	12.77	11.72	10.83	10.06
		6.6	23.68	20.80	18.55	16.73	15.24	14.00	12.94	12.03	11.24
	2JK - 3/30	3.0	19.74	15.74	13.09	11.20	9.79	8.70	7.82		
		3.7	21.13	17.32	14.67	12.72	11.23	10.60	9.10		
	2JK - 3/20	4.5	22.24	18.68	16.10	14.15	12.62	11.39	10.37		
		5.6	23.19	20.00	17.57	15.86	14.15	12.89	11.84		
	2JK - 3/11.5	6.6	23.68	20.80	18.55	16.73	15.24	14.00	12.94		
		8.0	24.00	21.51	19.49	17.81	16.41	15.20	14.16		
3.0	2JK - 3.5/20	4.4	31.18	27.79	23.91	20.98	18.69	16.69	16.85	15.34	17.20
		5.3	34.47	29.53	25.83	22.95	20.65	20.65	18.77		
		6.6	35.53	31.21	27.82	25.10	22.86	21.00	19.40		
	2JK - 3.5/15.5	5.7	34.85	30.09	26.48	23.64	21.35	19.47	17.89		
		6.9	35.65	31.44	28.12	25.44	23.22	21.36	19.77		
	2JK - 3.5/11.5	7.7	35.93	32.06	28.94	26.37	24.22	22.40	20.83		
		3.8	31.95	26.27							
	JK - 2.5/20	4.7	33.68	28.44							
		5.5	34.69	29.85							
	JK - 2.5/11.5	6.6	35.53	31.21							
		4.5	33.42	28.10	24.24	21.32	19.02	17.17	15.65	14.37	13.29
	JKZ - 2.8/15.5	5.5	34.66	29.81	26.15	23.30	21.00	19.12	17.54	16.21	15.06
4.0	2JK - 3.5/11.5	4.9	33.92	28.76	24.95	22.04	19.74	17.87	16.33	15.30	13.92
		5.9	35.03	30.38	26.82	24.00	21.72	19.84	18.26	16.90	15.74
	2JK - 3.5/15.5	7.7	47.90	42.74							
		5.7	46.47	40.13							
		6.9	47.53	41.92							
4.0	2JK - 3.5/20	4.4	44.25	37.06							
		5.3	45.96	39.38							
	2JK - 3.5/20	6.6	47.37	41.61							

表 9－7－2 吊桶双钩提升能力 单位：m³/h

吊桶容积 (m ³)	提升机型号	绳速 (m/s)	提升高度(m)									
			200	300	400	500	600	700	800	900		
1.5	2JK－2.5/30	2.5	15.74	13.55	11.89	10.59	9.55	8.70	7.98			
		3.14	16.30	14.38	12.87	11.64	10.63	9.78	9.05			
	2JK－2.5/20	3.8	16.67	14.98	13.60	12.46	11.49	10.66	9.94			
		4.7	16.98	15.54	14.32	13.28	12.38	11.60	10.90			
	2JK－2.5/11.5	5.5	17.14	15.87	14.77	13.82	12.98	12.24	11.57			
		6.6	17.25	16.16	15.21	14.36	13.59	12.91	12.29			
2.0	2JK－2.5/30	2.5	20.99	18.07	15.85	14.13	12.74					
		3.14	21.74	19.18	17.15	15.52	14.17					
	2JK－2.5/20	3.8	22.23	19.98	18.14	16.61	15.32					
		4.7	22.64	20.72	19.09	17.71	16.51					
	2JK－2.5/11.5	5.5	22.86	21.16	19.70	18.42	17.31					
		6.6	23.00	21.55	20.27	19.14	18.13					
	2JK－3/30	3.0	21.60	18.97	16.90	15.25	13.89	12.75	11.78			
		3.7	22.17	19.87	18.00	16.46	15.16	14.05	13.09			
	2JK－3/20	4.5	22.57	20.58	18.91	17.49	16.27	15.21	14.28			
		5.6	22.87	21.20	19.76	18.50	17.39	16.41	15.53			
	2JK－3/11.5	6.6	23.00	21.55	20.27	19.14	18.13	17.21	16.39			
		8.0	23.04	21.83	20.74	19.75	18.85	18.03	17.28			
3.0	2JK－3/30	3.0	32.40	28.45	25.36	22.87						
		3.7	33.25	29.81	27.01	24.69						
	2JK－3/20	4.5	33.85	30.87	28.37	26.24						
		5.6	34.31	31.81	29.64	27.75						
	2JK－3/11.5	6.6	34.50	32.33	30.41	28.71						
		8.0	34.56	32.74	31.10	29.62						
	2JK－3.5/20	4.4	33.80	30.76	28.22	26.07	24.23	22.62	21.22	19.98	18.88	
		5.3	34.22	31.60	29.35	27.40	25.69	24.18	22.84	21.64	20.56	
		6.6	34.50	32.33	30.41	28.71	27.19	25.82	24.85	23.46	22.44	
		5.67	34.33	31.85	29.70	27.83	26.18	24.71	23.40	22.22	21.15	
	2JK－3.5/15.5	6.85	34.56	32.42	30.56	28.91	27.42	26.08	24.86	23.75	22.74	
		7.65	34.56	32.66	30.96	29.43	28.04	28.75	25.63	24.57	23.59	
4.0	2JK－3.5/11.5	7.65	46.08	43.55	41.29	39.24	37.39	35.71				
		9.25	46.08	43.88	41.96	40.20	38.58	37.09				
		5.67	45.77	42.47	39.60	37.11	34.91	32.95				
	2JK－3.5/15.5	6.85	46.08	43.23	40.75	38.54	36.56	34.77				
		8.5	46.08	43.77	41.70	39.81	38.09	36.51				
		4.4	45.06	41.01	37.63	34.76	32.30	30.17				
	2JK－3.5/20	5.3	45.63	42.13	39.13	36.53	34.25	32.24				
		6.6	46.00	44.10	40.55	38.28	36.25	34.43				
	2JK－4/10.5	9.6	46.08	43.91	42.06	40.35	38.78	37.32	35.98			
		8.7	46.08	43.80	41.78	39.93	38.23	36.68	35.25			
	2JK－4/11.5	10.5	46.08	43.94	42.24	40.66	39.19	37.83	36.56			
		5.1	45.53	41.92	38.84	36.18	33.86	31.83	30.02			
	2JK－4/20	6.1	45.90	42.79	40.08	37.69	35.57	33.68	31.98			
		4.86	45.39	41.64	38.46	35.73	33.37	31.30	29.47	27.83	26.38	
	2JK－3/15.5	5.88	45.84	42.64	39.85	37.40	35.24	33.32	31.59	30.03	28.62	

吊桶容积 (m ³)	提升机型号	绳速 (m/s)	提升高度(m)								
			200	300	400	500	600	700	800	900	1000
5.0	2JK－3.5/15.5	5.67	57.21	53.08							
		4.4	56.33	51.21							
	2JK－3.5/20	5.3	57.03	52.66							
		6.6	57.50	53.88							
	2JK－4/20	5.1	56.91	52.40	48.55						
		6.1	57.38	53.50	50.10						
	2JK－3/15.5	4.86	56.74	52.05	48.08	44.67	41.71				
		5.86	57.30	53.29	49.81	46.76	44.09				

表 9－7－3
 东滩副井各种提升方式的提升能力对比

提升高度 ,m	250			450			750		
吊桶容积 ,m ³	2	3	4	2	3	4	2	3	4
一套单钩 ,m ³ /h	18	26	27	15	22	22	12	17	18
两套单钩 ,m ³ /h	36	52	54	30	44	44	24	34	36
一套双钩 ,m ³ /h	27	33.7	40.5	23	30.6	34.7	19	26	28.6
两套单钩比一套双钩提高 ,%	33	33	57	30	26	43	26	18.8	34
一套双钩比一套单钩提高 ,%	50	50	30	53	57	39	58	68	48

从表 9－7－1 和表 9－7－2 可以看出 ,当井深 600m ,井内布置 1 套 5m³ 吊桶 ,用双钩提升 ,1 套 3m³ 吊桶 ,单钩提升时 ,提升能力为 65m³/h ,而 2HH－6 型抓岩机的实际生产能力为 60～70m³/h ,提升能力基本上能满足装岩生产能力的要求。当井深超过 600m 以后 ,提升能力和装岩生产能力就不相适应 ,井筒越深提升能力越小 ,装岩能力与提升能力的匹配性愈差。在井筒断面条件允许的情况下 ,可采用多套提升 ,如北票矿区台吉主、副井 ,开滦矿区钱家营风井曾采用 3 套提升机提升。为了彻底解决国内深井提升能力与大斗容高效抓岩机生产能力相匹配的技术问题 ,应着手研制大功率提升机。

表 9－7－2 按以上双钩吊桶提升能力的计算公式计算 ,计算时取 $\theta_s = 140s$; $\alpha = 0.5m/s^2$; $K = 1.25$ 。

提升机的选择除了满足抓岩机生产能力的要求外 ,还要保证伞型钻架等大型设备的有效升降。如 PJD－9 型伞钻自重 8.5t ,如选用 JKZ－2.8/15.5 型提升机 ,其钢丝绳最大静张力为 15t ,提升能力完全符合要求。

(二)一次爆破岩石量与装岩能力的匹配

抓岩机的生产能力与一次爆破岩石量有密切关系。炮眼越深 ,一次爆破矸石量越大 ,抓岩机连续工作的时间就长 ,装岩准备、清底和收尾时间所占的比例就相对减少 ,因

而获得的平均装岩生产率将有所提高。

根据原苏联矿井施工的一些统计数据 ,见表 9－7－4 ,可以充分说明抓岩能力与一次爆破岩石量的关系。抓岩机的生产率变化有两个阶段：

表 9－7－4 抓岩能力与一次爆破岩石量关系

项目	诺沃－勃托夫卡矿	萨姆索诺夫斯克 2 号井	南新井	南通风井	西主井	5/7 号主井(库塔沃尔)	鲁特禅科夫煤矿 29 号井	朴梦列塔尔斯克－格鲁博夫卡亚
井筒直径 ,m	5.2	5.5	6.5	6.5	6.0	7.0	6.2	6.2
一次爆落岩石量 (松散) ,m ³	165	140～170	130	180	120	200～280	225	290
抓斗容积 ,m ³	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	1.08	1.08
抓片数量 ,片	6	6	6	6	6	6	8	8
第一阶段抓岩时间 min	223	223～350	450	270	360	280～420	232	—
第一阶段生产能力 (松散) ,m ³ /h	59	28	25	37	17	37	52	—
第二阶段 m ³ 清矸量 %	10～15 9	21～30 17	8～18	15 8	15～24 20	20 10	25～31 13.7	27～33 11.3
清理工作面时间 min	3～5	80～205	150	60	150	120	90	—
第二阶段生产能力 (松散) ,m ³ /h	20	11	5.2	15	8	10	18.5	—
平均生产能力 (松散) ,m ³ /h	37.5	22	1.9	33	14	30	43	—
第二阶段装载 平均 岩石层高度 ,m 最高	0.42 0.48	0.83 0.96 ^①	0.32 0.43	0.36 0.36	0.53 0.65	0.42 0.42	0.73 0.81	0.77 0.86

注 ①第一阶段大块岩石从抓斗中散落。

第一阶段爆破后岩堆情况较好、高度较高 ,抓岩生产率高于平均生产率 20%～30%。第二阶段岩堆较低 ,且有的处在振裂状态 ,其生产率比第一阶段低 70%左右。一次爆破岩石量增加时 ,第一阶段的抓岩时间也增加 ,第二阶段的抓岩时间基本不变。一次爆破岩石量越大 ,则抓岩机的平均生产率越高。提高一次爆破岩石量 ,必须设法加深每循环的炮眼深度 ,改善爆破技术 ,提高爆破效果。一般要求一次爆破岩石量是抓岩生产能力的 4～5 倍以上。第二阶段的岩石量与抓岩机的一次抓取量、井筒的断面和抓岩机的叶片数有关。

(三)吊桶容积与抓斗容积的匹配

抓斗容积增大 ,抓斗张开尺寸也越大 ,抓斗装桶时的矸石流直径也越大。为了不使

抓取的矽石在装入吊桶时撒落吊桶外,试验资料表明,抓斗直径与吊桶应满足下式:

$$d_D \geq 0.8 d_r \quad (9-7-8)$$

式中 d_D ——吊桶直径, m;

d_r ——抓斗直径, m。

$0.8 d_r$ 是从抓斗卸出来的矽石流断面的最大直径(已考虑到抓斗在吊桶上方的位置的不对正的情况)。若岩石流断面积大于吊桶,则有矽石撒落。以吊桶口断面积和矽石流面积之比率 P 表示抓斗容积的利用率,则 P 为:

$$P = \left(\frac{d_D}{0.8 d_r} \right)^2 \quad (9-7-9)$$

当 $P \geq 1$ 时,抓斗容积的利用率最高,例如采用 2HH-6 型抓岩机,抓斗张开时的直径为 2.13 m,主提升采用 5 m^3 吊桶,桶口直径 1.63 m,则抓斗利用率由计算结果表明,2HH-6 型抓岩机和 5 m^3 吊桶匹配使用较为合适,其抓斗利用率为 0.91。

(四) 地面排矽能力与提升能力的匹配

排矽能力一定要满足装岩和提升能力的要求,以不影响装岩提升工作连续进行为原则。排矽方法有自卸汽车排矽和矿车排矽两种。自卸汽车排矽机动灵活,简单方便,排矽能力强,排矽距离在 500 m 左右,单车(7 t)小时排矽能力可达 $50 \sim 60 \text{ m}^3$,是国内大型矿井用得最多的一种方法。

为了解决在生产中提升和排矽不均衡的矛盾,可在井架卸矽方向设置矽石仓,其容量可达 30 m^3 ,亦可采用落地矽石仓。

(五) 支护能力与掘进速度的匹配

立井井筒支护机械化作业线较为成熟,施工速度快,特别是采用锚喷支护技术后,井筒支护占整个循环时间的比例大幅度下降,一般为 15% 左右;在现浇砼的井筒中,由于采用了液压金属活动模板、大流态砼、砼输送管下料等新技术,使立模、拆模、下料、浇注砼等工序基本实现了机械化,砌壁速度大大加快,使砌壁占整个循环时间的比例在 20% 左右。因此,提高井筒支护工作能力的关键是选用一套完整的机械化程度高的筑壁作业线,加快其速度,降低其占用施工循环的时间比例,使其与掘进速度相匹配。

二、辅助作业设备配套

辅助作业设备包括通风、排水、照明、通讯、测量、以及安全梯等,它们是立井正常施工的保证,必须按照机械化作业线主要设备的要求,予以正确地选择。

(一) 通风方式与设备

立井施工时,要求及时地排除井内爆破产生的有害气体,经常性地保持工作面空气

新鲜。立井通风方式有压入式、抽出式和混合式三种。压入式通风虽然工作面有害气体排除较快,但是井筒中污浊空气排除缓慢,因此一般用于井深小于 400m 的情况。抽出式通风能将污浊的空气经风筒排出地面,井筒内空气新鲜,光线清晰,利于测量激光通过,放炮后,在短时间内人员即可下井作业,但是需要较大风量的通风机,由于凿井专用大功率通风机已经解决,因之一般在大直径深井中施工应用广泛,如同时辅以压入式形成混合式通风,则效果更好。应用压入式通风时,如将通风机设在吊盘上,也能达到风量大、通风时间短、井内空气新鲜、激光光点清晰的目的。

我国已研制和使用了 4-58-11No.11.25D 型凿井专用通风机,由于配用调速电动机驱动,可以通过无级调速实现风量、风压的调节。通风机最高转速 1370r/min,最高风压 3650Pa,相应风量 12m³/s,最高效率 89%,噪音低于 89dB,这类风机既可满足放炮后大风量的通风,又可满足工作时小风量的通风。在深井施工中,经过长期的使用获得了良好的效果。

我国目前已很少采用金属风筒,多采用玻璃钢硬质风筒,已有系列产品,这种风筒质轻,不会生锈。在选择凿井通风设备时,还应考虑到井巷过渡期通风问题,减少通风设施的改装工作量。

(二) 排防水及设备

为了从根本上消除井筒淋水对立井工程进度、质量、作业条件等方面的影响,《矿井井巷工程施工及验收规范》规定:“立井井筒施工,当通过涌水量大于 10m³/h 的含水层时,应采取注浆堵水等措施。”我国很多矿区都积极采用注浆堵水打干井的办法,取得了很好的技术经济效益。注浆后井筒的涌水量,一般用吊桶即可排除。为了防止意外水患,在凿井设备布置时,往往配置 1 台或留出 1 台吊泵的位置作为辅助措施,井内少量涌水用隔膜泵或潜水泵排至吊桶提出地面或先将水先排至吊盘的转水箱中,再用高扬程吊泵排至地面。这是国内井筒淋水治理中常用的一种方法。

为了解决排水问题,70 年代我国研制和使用了扬程 500m 和 750m 的高扬程吊泵,其主要技术特征见表 9-7-5。

表 9-7-5 吊泵主要技术特征

型 号	扬程 (m)	流量 (m³ / h)	电动机		叶轮直径 (mm)	外形尺寸(mm) (长 × 宽 × 高)	重 量 (kg)
			功率(kW)	转数(r / min)			
80DGL50 × 10	500	50	150	2980	210	840 × 925 × 5503	2400
80DGL50 × 15	750	50	250	2980	210	890 × 985 × 6421	4000

(三)照明设施

立井施工灯具应具有照度大、防水、防爆性能。80年代研制成DS-NG150型隔爆立井照明灯,效果较好,但重量大(40kg)。目前又研制成Ddc2590/127型井巷施工隔爆照明灯,容量250W,光通量20500lm,效率高,显色性好,寿命长,外壳密封性能好,是目前较好的立井照明灯具。

(四)信号及通讯设施

为了确保立井施工升降人员、物料和设备时的安全,需在井内外建立信号和通信系统。50~60年代曾用人工锤击信号,现被电器信号所取代。电信号简单可靠,声、光兼备,并有保留信号指示验证功能。信号机有KJ-8-1型,KZL系列矿用隔爆型电铃。通讯机有CB-2C1型隔爆磁石挂机,SMY-H1型矿用电子电话机,目前又研制了KJTX-SX-1型井筒通讯和信号装置,它由KTX-1型井筒提升机信号机、KT-T-1型煤矿井筒通讯机、KJ-X-1型煤矿井筒信号机、KDD-1型矿用电话机组成一套完整的安全火花型通讯信号控制台,专门用于凿井工程联络和提升指挥系统。通讯信号传送距离大于1000m,在井下噪音120dB时,通话清晰度大到90%以上,声光显示,并备有记数和寄存装置,全套装置性能良好,是目前机械化凿井最佳配套通讯、信号装置。

(五)测量设施

测量工作是井筒掘砌达到设计要求的保证。50~60年代,曾采用挂线垂球测量法。70年代初,我国研制了DTK-1型立井激光指向仪,效果较好。为了适应千米深井测量工作的要求,80年代初又研制DJ2-1型深井激光指向仪,穿透力强,清晰度高,光点漂移小,精度高,在长广、北票、兖州等矿区深井中应用均取得了很好的效果。

(六)安全梯

突然停电或发生意外情况时,为便于将井下人员迅速撤离,在配套设备中应设有安全梯。我国已有悬吊安全梯的专用JZA-5/1000A绞车,用交流电驱动,必要时可用人力、汽车、柴油机或直流电等多种动力驱动。

三、凿井设备与凿井方式及工艺的配套

新型凿井设备的出现会引起凿井工艺甚至凿井方式的改革,反之亦然。在50~70年代,我国基本上采用半机械化凿井设备施工,因此当时在凿井方式及工艺上,力求在掘进砌壁的时间关系上,以及掘进、砌壁作业的时间上寻找潜力以提高速度。例如,当时井深超过400m就首先考虑掘砌平行作业方式。锚喷临时支护的运用将单行作业的段高提高许多,也改变了施工工艺。

70 年代,我国凿井用的重型、轻型机械化设备开始应用时,由于作业方式与施工工艺不相适应,故其效率低。如采用长段单行作业,在每一段掘砌工作的转换时,大量设备的装拆占去了较多的时间,使得设备的利用率较低;工人素质较低,实现了机械化而人员减不下来;同时由于中深孔爆破技术未能解决,一次爆破的岩石量很小,大型抓岩机又不能充分发挥作用,凿井提升能力小而与抓岩机的能力不匹配;伞形钻架不能下井,工作面活动模板虽然得到了应用,但是伞钻凿边眼困难,模板高度过低,且拆装困难;井筒施工时涌水量过大影响效率等。

为了解决这些问题,除了施工设备和设施不断完善匹配外,还要在使用过程中不断地从作业方式和施工工艺方面改进,才能充分发挥作业线的效能。目前我国最能发挥机械化作业线效能的是短段掘砌单行作业和混合作业。随着活动金属模板高度的增加(已达 5m),为砼浇注进一步与抓岩平行作业和提高设备利用率创造了条件。

第三节 常用机械化作业线及其配套设备

我国矿产资源分布辽阔,开发的程度不平衡,地质条件及施工习惯各不相同,目前主要有重型设备机械化作业线、轻型设备机械化作业线和半机械化作业线 3 种。

一、重型设备配套方案

由 9 臂伞钻、双抓斗环行轨道抓岩机为主要设备组成的机械化作业线属于重型设备配套方案,机械化程度高,主要适用于大直径、深井工程。曾在几个大型矿井中应用,如兖州矿区东滩副井净径 8m、井深 784.4m,采用这种方案取得了较好的经济技术指标,最高月成井 86m。

重型设备机械化作业线及其配套设备内容见表 9-7-6 和图 9-7-1。实践证明,这种方式设备能力相互匹配,工艺也较合理,可以满足大型井筒快速施工的要求。

表 9-7-6 重型设备机械化作业线及其配套设备

序号	设备名称	型 号	单位	数量	主要技术特征
1	凿岩钻架	FJD-9 型	台	1	动臂 9 个,推进行程 4m,收拢直径 1.6m,高 5m,重 8.5t
2	抓岩机	2HH-6 型	台	1	抓斗 2 个,斗容 $2 \times 0.6\text{m}^3$,生产能力 $80 \sim 100\text{m}^3/\text{h}$,重 1t

序号	设备名称		型 号	单位	数量	主要技术特征
3	提升机	主提	2JKZ-3/15.5 型	台	1	最大静张力 17t ,最大静张力差 14t ,绳速 5.88m/s
		副提	JKZ-2.8/15.5 型	台	1	钢丝绳最大静张力 15t ,绳速 5.48m/s
4	吊桶	主提	矸石吊桶	个	2	吊桶容积 5m ³ ,桶径 1.85m ,重 2t
		副提	矸石吊桶	个	1	吊桶容积 3m ³ ,桶径 1.65m ,重 1.05t
5	凿井井架		V 型	座	1	天轮平台尺寸 7.5m×7.5m ,高度 26.364m ,卸矸台高度 10.3m ,重 98.24t
6	凿井绞车		JZM-40/1000	台	2	钢丝绳静拉力 40t ,容绳量 1000m
			JZM-25/800	台	2	钢丝绳静拉力 25t ,容绳量 800m
			JZA-5/1000	台	1	钢丝绳静拉力 5t ,容绳量 1000m
			JZ 系列	台	12~14	钢丝绳静拉力 10t ,16t ,容绳量 800m
7	活动模板		YTM 系列	个	1	直径 7.5m.....8.0m ,高度 3.5m
8	吊 泵		80DGL 型	台	2	扬程 750m ,流量 50m ³ /h ,重 4t
9	通 风		4-58-11 No.11.25D 型	台	1	最高转速 1370r/min ,风压 3650Pa ,风量 12m ³ /s
			BKJ56No.6	台	1	最高转速 2900r/min ,风压 1600Pa ,风量 4.17m ³ /s
10	通讯、信号		KJTX-SX-1 型	台	1	通讯、信号传送距离大于 1000m ,清晰度达 90%
11	照明设备		Ddc250/127 型	台	2	每台容量 250W ,光通量 20500lm ,距工作面 16m
12	测 量		DJZ-1 型	台	1	指向精度 12"

重型设备机械化作业线及其配套方案适应于井径 7~8m、井深 800m 的大型凿井工程。方案中多数配套设备都是按照千米井筒施工条件设计的 ,例如 V 型井架、FJD-9 型伞形钻架、2HH-6 型抓岩机、JZM 系列凿井绞车、4-58-11No.11.25D 型凿井专用通风机、KJTX-SX-1 型通信信号控制台等都能满足深井快速施工要求 ,设备能力、施工技术及辅助作业等相互协调 ,配套性能较好 ,装备水平已达到国际 80 年代水平。在今后的深井工程中很有发展和使用前景。

在配套方案中 ,由于选用了 2HH-6 型抓岩机 ,在大直径井筒它能抓取工作面任意部位的岩石 ,装岩无死角。由于抓岩机能力大 ,如一个抓斗发生故障另一个抓斗可以继续工作 ,不致使工作面发生停工现象 ,这些独特的优点是其它抓岩机无法比拟的。为了发挥抓岩机的作用 ,配用了国内一次推进深度最大的 FJD-9 型伞型钻架 ,实行中深孔爆破、增加一次爆破岩石量 ,选用了最大静张力及最大静张力差的凿井专用提升机、5m³ 吊桶、座钩自动翻矸装置 ,使出矸能力达 60~70m³/h ,如另外配两台提升机 ,机动、灵活、方便 ,一套提升系统发生故障时 ,另一台可以继续工作 ,有利于施工安全。如不选用混合作业方案 ,施工时不需要经常升降吊盘和频繁改装吊盘 ,更利于加快施工速度和保障安全。

液压金属模板 脱模力强、刚度大、变形小、立模拆模方便 ,模板高度较大、井壁接茬少、更为提高井壁质量创造了条件 ;采用输送管下大流态砼 ,有利于加快筑壁速度 ;采用双圈周边眼(参见图 9-1-1) ,可以妥善的解决因模板使伞钻难于按设计钻凿周边眼而造成的超挖、欠挖的矛盾 ;凿井专用通风机、激光指向仪、通讯信号控制台等设备性能稳定 ,质量可靠 辅助作业机械化程度高 ,有较强的适应深井施工的能力 ;注浆堵水打干井的推广 ,亦为井筒机械化施工创造了良好的施工条件。

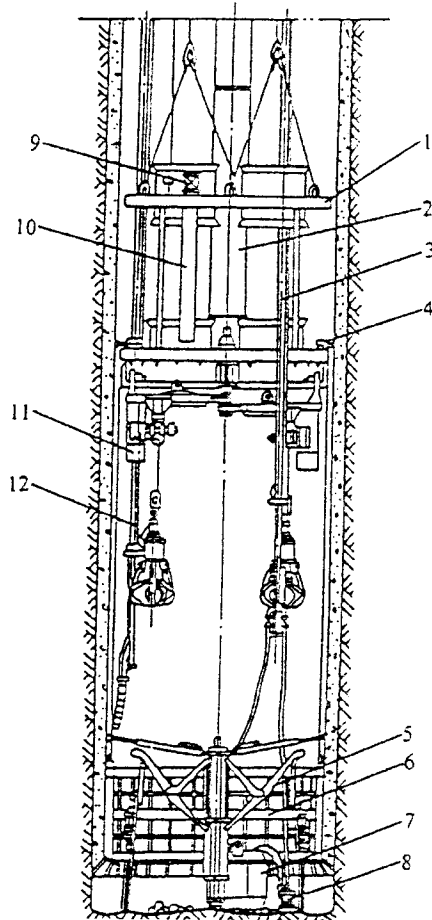


图 9-7-1 重型设备机械化作业线及其配套方案示意图

1—吊盘 2—风筒 3—压风管 4—吊盘固定装置 5—FJD-9 型伞钻 6—活动模板 7—吊桶 ;
8—潜水泵 9—通风机 ;10—压入式风筒 ;11—抓岩机 ;12—砼输送管

应当指出 :在重型设备机械化作业线及其配套方案中还存在某些薄弱环节。当井筒

深度超过 700m 时 ,有些设备的能力显得不足。例如 2JKZ - 3/15.5 型凿井专用提升机最大静张力差只能满足 5m³ 吊桶、井深 600m 时的提矸要求 ,井深超过 700m 后 ,只能换用 4m³ 吊桶 ;JZ₂ 系列凿井绞车的容绳量也不能满足千米井筒施工要求 ,高扬程吊泵等某些凿井设备的性能有待进一步改进完善等。因之 ,随着开采水平的加深 ,适用于深井开凿的某些大型设备必须进一步开发研制 ,努力提高产品质量、增加品种、降低造价 ,以满足机械化作业线及其合理配套的需要 ,使我国深井重型机械化装备配套技术跨入一个新的水平。

二、轻型设备配套方案

由 6 臂伞形钻架 ,中心回转抓岩机为主要设备组成的机械化作业线属于轻型设备配套方案。这种方案应用最广 ,淮南潘集矿区 ,邯鄯矿区、平顶山矿区、兖州矿区都曾采用过 ,并取得了很好的经济技术效果。这种方案机械化程度高、设备轻巧、灵活方便 ,主要适用于井径 5 ~ 6.5m ,深 500 ~ 600m 井筒施工。轻型机械化作业线及其配套设备内容和施工示意图见表 9 - 7 - 7 和图 9 - 7 - 2。

表 9 - 7 - 7 轻型机械化作业线及配套设备

序号	设备名称		型 号	单位	数量	主要技术特征
1	凿岩钻架		FJD - 6 型	台	1	动臂 6 个 ,推进行程 3m ,重 5t ,高 4.5m
2	抓岩机		HZ - 4 型	台	1	斗容 0.4m ³ ,生产能力 30m ³ /h ,重 8t ,适用直径 5m
3	提升机	主提	2JK2 - 3/15.5 型	台	1	最大静张力 17t ,最大静张力差 14t ,绳速 5.88m/s
		副提	JKZ - 25/11.5 型	台	1	最大静张力 9t ,绳速 8.2m/s
4	吊桶	主提	3m ³	个	2	桶径 1.65m ,重 1.05t
		副提	2m ³	个	2	桶径 1.45m ,重 0.7t
5	凿井井架		新Ⅳ型	座	1	天轮平台 7.0m × 7.0m ,由基础顶至第一平台高 10.5m ,高 25.87m
6	凿井绞车		JZA - 5/1000A 型	台	1	钢丝绳静拉力 5t ,容绳量 1000m ,多种动力
			JZ 系列	台	12 ~ 14	钢丝绳静拉力 10t ,16t ,容绳量 800m
			JZM - 25/860 型	台	2	钢丝绳静拉力 25t ,容绳量 800m
7	活动模板		YTM 系列	个	1	直径 5.5 ~ 6m ,高度 3 ~ 4m
8	吊 泵		80DGL 型	台	2	扬程 750m ,流量 50m ³ /h ,重 4t
9	通讯、信号		KJTX - SX - 1 型	台	1	传送距离 1000m
10	通 风 机		4 - 58 - 11No. 11.25D 型	台	1	最高转速 1370r/min ,风压 3650Pa ,风量 12m ³ /s
			2BKJ56No.5 型	台	1	最高转速 2900r/min ,风压 2400Pa ,风量 4.11m ³ /s

序号	设备名称	型 号	单位	数量	主要技术特征
11	照 明	Ddc250/127 型	台	1	容量 250W ,光通量 20500lm ,距工作面 16m ,照度 60lx
12	测 量	DJZ - 1 型	台	1	指向精度 12"

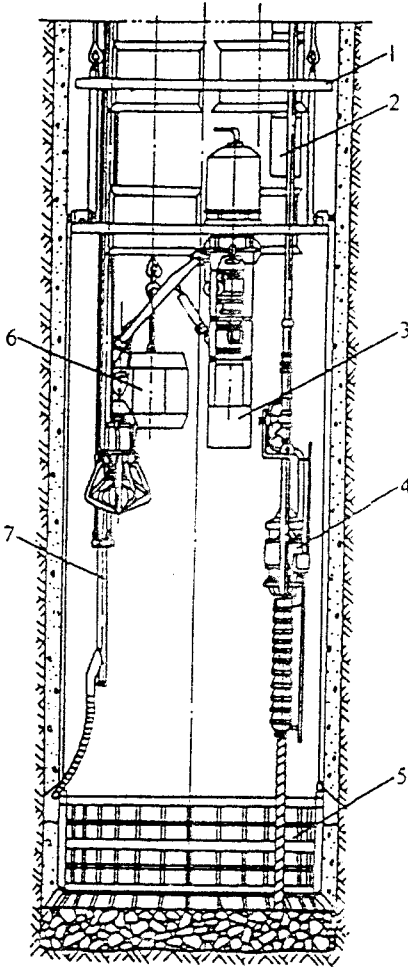


图 9 - 7 - 2 轻型设备机械化作业线及其配套方案示意图

1—吊盘 2—风筒 3—中心回转抓岩机 4—吊泵 5—活动模板；
6—吊桶 7—矸输送管

轻型设备机械化作业线及其方案的设计内容和重型设备的方案相同 ,但最重要的也是使装岩能力与提升能力匹配。为了保证 HZ - 4 型抓岩机在装岩时间内连续不断的进行工作 ,可配用两套单钩提升系统 ,吊桶容积为 2m³ 和 3m³。由表 9 - 7 - 1 单钩吊桶提

升能力计算得知,当井深 600m 时,两套提升系统的提升能力为 $36\text{m}^3/\text{h}$,而 HZ-4 型抓岩机最大生产能力为 $30\text{m}^3/\text{h}$,两者性能匹配。而且主提升机或副提升机的钢丝绳最大静张力都能满足 FJD-6 型伞形钻架的施工要求。

为了提高抓岩机的平均生产率,炮眼深度需要增大为 3m,考虑到炮眼利用率,在井径 6~6.5m 的井筒中每个循环爆破的岩石量一般应为 $146\sim 177\text{m}^3$,一次爆破岩石量为抓岩机小时生产能力的 4.8~5.9 倍。伞形钻架的配用为充分发挥抓岩机的效率创造了有利条件。地面排矸能力要与装岩、提升能力相适应,应以不影响装岩、提升工作正常进行为依据。为使井内外排矸系统协调一致,地面可配用自卸汽车,以满足施工要求。为了提高地面矸石仓储量,适当加大溜矸槽的高度,或采用落地矸石仓,以便使提升排矸能力有一定的缓冲。

为了加快井筒砌壁速度,提高支护系统的生产能力,方案中可配用 3~4m 高液压金属活动模板、大流态砼、砼输送管供料等先进施工工艺。由于多采用锚喷临时支护、长段单行或混合作业,锚喷临时支护长段单行作业在Ⅱ、Ⅲ类稳定的岩石中,段高可以加大到 50~100m,可相对减少掘砌交替次数,提高井壁整体质量和防渗性能,掘砌交替时改装吊盘也比较简单,因为 HZ-4 型抓岩机是用 4 个 L 型螺栓挂钩将机座固定在吊盘钢梁上的,改装吊盘时,只要将 L 型挂钩顶端的螺母卸下就可用提吊专用绞车将抓岩机的主体架提出地面,将吊盘下放到井底工作面进行砌壁作业。但是这种作业方式需要增加 1 台提吊抓岩机的专用绞车,喷射砼回弹物中的灰浆易将吊泵叶轮粘结烧坏吊泵。轻型设备机械化作业及其配套采用混合作业具有许多优点,抓岩机安装在吊盘上,不需要随着掘砌交替而改装吊盘,没有掘砌交替期,有利于井筒快速掘进;掘进后可立即进行永久支护,不需要临时支护,工序简单,掘砌施工都在永久井壁的保护下作业,施工安全,同时也有利于伞钻支撑固定在永久井壁上。

根据井筒特征和凿井设备的悬吊重量选用新Ⅳ型井架即能满足要求。由于新Ⅳ型井架底脚跨距为 $15.3\text{m}\times 15.3\text{m}$,由基础顶面至第一平台的高度为 10.5m, FJD-6 型伞形钻架高 4.5m,因之伞钻的提吊、移位、检修装置具有足够的空间。同时,溜矸槽下口至地面高度也能满足汽车进出溜矸槽下方装矸运输的要求。

FJD-6 型伞型钻架是这种配套方案的主要设备,选用两套单钩提升对伞钻作业也十分有利,一台提升机提吊伞钻进行打眼时,另一台提升机可以正常升降人员或物料,施工安全,灵活方便。FJD-6 型伞型钻架动臂最大支撑范围为 6.9m,若在井筒直径 7.0m 中使用,需要增加支撑臂的长度,但井筒直径过大即使再加长支撑臂,动臂也无法钻凿周边眼,所以使用范围是有一定限度的。另外,在设计轻型设备方案时,也要考虑到中心回

转抓岩机与伞型钻架的配套和使用条件的一致性 ;中心回转抓岩机要偏离井筒中心 ,部置在吊盘中心的一侧(吊盘中心需要留有 $200\text{mm} \times 200\text{mm}$ 测孔) ;若井筒直径过小 ,操作不慎 ,抓斗大臂顶端易碰井壁造成事故 ,给司机操作带来一定的困难 ;若井筒直径过大 ,又需要甩斗抓岩 ,也不利于施工安全。所以 FJD - 6 型钻架与 HZ - 4 型抓岩机为主组成的机械化作业线 ,在井径 $6 \sim 6.5\text{m}$ 中使用最为理想。为了提高抓岩机的生产效率 ,根据抓岩机的特点 ,除一台吊泵外 ,其它设备和管路均不应伸至吊盘以下。

辅助作业设备的配套中 ,应采用混合式通风方式和注浆堵水打干井技术。为防止意外水患 ,可布置一台吊泵作备用。为了给抓岩机创造一个良好的工作条件 ,现场多用潜水泵将工作面积水排至吊盘上的转水箱 ,再由吊泵转排至地面。通讯信号、测量、照明等设施与重型设备配套方案基本相同 ,这些设施在轻型设备浅井工程条件下应用 ,测量光点更加清楚 ,通讯信号和照明效果会更好。

轻型设备配套方案是立井施工中应用最广泛的一种 ,在我国机械化凿井工程中占有很大比重。这种作业线机械化程度高 ,设备能力和施工技术配套性能好 ,机动灵活 ,操作使用方便 ,工效高 ,速度快 ,在新井建设中为加快建井速度、缩短建井工期曾发挥了积极的作用。今后随着凿井工程的增多、凿井技术的发展和凿井设备的完善 ,在井径 $6 \sim 6.5\text{m}$ 的井筒工程中仍将是主要机械化作业线而被推广使用。

三、半机械化作业线设备配套方案

半机械化作业线是以手持式凿岩机、人力操纵的抓岩机为主要设备组成的作业线。它的特点是设备轻小 ,生产能力低 ,机械化程度低 ,劳动强度大 ,多用于井筒直径较小的浅井。但从施工速度方面看仍有潜力。最近几年 ,鸡西矿区及其它地区的一些矿井 ,在一些大直径深井工程中 ,选用斗容 0.6m^3 长绳悬吊抓岩机 ,配用多台手持式凿岩机 ,段高 $3 \sim 5\text{m}$ 液压金属整体活动模板 ,采用短段单行作业或混合作业 ,先后曾创造立井月进 100m 以上的好成绩 ;1992 年 5 月在鸡西矿区滴道矿东风井的施工中又创出了立井井筒月成井 201m 的全国最好成绩。

半机械化作业线的设备配套中 ,多采用 YT - 27 型或 YTP - 26 型手持式风动凿岩机打眼 ,其主要特点是作业灵活 ,能实现多台凿岩机同时作业 ,但是工人劳动强度大 ,需用人员多 ,不宜于中深孔爆破。由于一次爆破岩石量较小 ,多与斗容 0.11m^3 或 0.2m^3 小型抓岩机及 2m^3 吊桶配套 ,使钻眼爆破、装岩与提升能力均衡、相互配套。为使钻眼爆破与长绳悬吊 0.6m^3 抓岩机配套 ,需要加大炮眼深度 ,增加一次爆破岩石量 ,才能发挥长绳悬吊大抓斗的作用。然而 ,加大炮眼深度 ,势必降低钻眼速度 ,增加打眼时间 ,发生夹钎事

故难于处理 ,严重时钎子拔不出造成废眼。

人力操纵的抓岩机有斗容 0.11m^3 、 0.2m^3 和 0.6m^3 3 种。它们的共同特点是设备简单 ,操作容易 ,抓点准确 ,维修方便 ,清底量小 ,采用多台抓岩机可以适用于各种井筒直径。其缺点是机械化程度低 ,工人劳动强度大 ,需用人员多 ,生产能力小 ,安全工作要求高。若采用混合作业 ,为便于施工 ,活动模板高度应为掘进循环进尺的整倍数 ,采用手持式凿岩机炮眼深度容易调节 ,根据模板高度和凿岩机最佳钻凿深度 ,可采用二掘一砌或三掘一砌等形式 ,容易实现模板高度与炮眼深度的匹配。

这类凿井设备配套方案 ,由于设备轻便 ,操作、维修水平要求不高 ,设备费用省 ,施工组织管理简单等优点 ,目前仍有不少立井工程采用。

第八章 深立井施工

第一节 概 述

随着矿山开采规模的增大和深部资源的开发 ,现代矿井的井筒工程具有深度大、断面大、服务年限长、质量要求高、施工难度大等特点。因此要求施工技术新 ,机械化施工程度高 ,凿井速度快 ,这促使井筒的施工技术和装备发生变革。

我国立井井筒的深度从“ 一五 ”期间的 300m 左右增大到目前的千米以上 ,其深度划分尚无统一的定论。根据立井井筒工程施工技术的难易程度和凿井装备的配套程度 ,可将井筒深度划分为浅井、中深井、深井、超深井和特深井五类 ,其划分界限见表 9 - 8 - 1 ,我国部分深立井施工情况见表 9 - 8 - 2。

表 9 - 8 - 1 立井井筒深度的分类

类 别	名 称	井深界限(m)
第一类	浅 井	< 300
第二类	中深井	300 ~ 800
第三类	深 井	800 ~ 1200
第四类	超深井	1200 ~ 1600
第五类	特深井	> 1600

表 9－8－2 我国部分深立井井筒技术特征

井筒名称	深度 (m)	净径 (m)	井壁 结构	井壁厚度 (m)	最高月进 (平均月进) (m/月)	施工单位	备 注
小恒山南风井	815.0	6.5	—	—	—	已竣工	—
沛县三河尖主井	817.0	5.6	混凝土	—	—	江苏基建公司	已竣工
平顶山八矿东风井	801.0	5.7	混凝土	—	—	平顶山建井一处	已竣工
阜新艾友主井	813.7	7.0	混凝土	0.5	103.0 (55.7)	沈阳矿建处	1993 年竣工
开滦唐山矿 10 号井	873.0	8.0	混凝土	0.6	—	开滦局建井处	1992 年竣工
谢桥副井	890.0	8.0	混凝土	—	—		1991 年竣工
阜新王营主井	905.5	5.5	混凝土	0.4	(21.5)	阜新局建井处	1985 年竣工
北票台吉主井	925.3	6.0	混凝土	0.4	81.6 (28.9)	北票局建井处	1974 年竣工
北票台副井	893.3	7.0	混凝土	0.45	41.4 (21.2)	北票局建井处	1974 年竣工
鸡西荣华主井	921.0	5.5	混凝土	—	—	鸡西局建井处	1991 年开工
鸡西荣华副井	859.0	—	混凝土	—	—	鸡西局建井处	1992 年开工
红阳三矿主井	928.0	5.5	混凝土	—	—	沈阳矿建处	1991 年 12 月开工
红阳三矿副井	911.0	7.0	混凝土	—	—	沈阳矿建处	1991 年开工
浙江长广七号主井	976.0	5.8	混凝土	0.6	(42.4)	长广井巷公司	1978 年竣工
浙江长广七号副井	934.0	6.0	混凝土	0.6	(42.4)	长广井巷公司	1979 年竣工
北票冠山主井	1059.2	6.2	锚喷	0.2	114.2 (26.5)	北票局建井处	1983 年竣工
北票冠山副井	1025.5	7.6	混凝土	0.6	51.5 (22.3)	北票局建井处	1983 年竣工
新汶孙村北风井	1054.6	6.5	混凝土	0.65	63.5 (31.0)	新汶翟镇建井处	1988 年竣工
徐州张小楼主井	1078.7	5.7	混凝土	0.6~1.0	(34.4)	徐州局建井处	1993 年竣工
徐州张小楼副井	1095.48	7.0	混凝土	0.6~1.0	(35.8)	徐州局建井处	1993 年竣工
本溪彩屯郑家风井	1072.0	6.2	锚喷	0.2	55.6 (29.1)	北票局建井处	1986 年竣工
铜陵东爪山主井	1120.0	5.6	混凝土	—	—	铜陵井巷公司	1990 年开工
淮南谢李深部主井	1022.2	6.5	网喷 + 混凝土	0.45 ~0.65	—	淮南 39 处	—

井筒名称	深度 (m)	净径 (m)	井壁 结构	井壁厚度 (m)	最高月进 (平均月进) (m/月)	施工单位	备 注
淮南谢李深部副井	980.0	8.5	网喷 + 混凝土	0.6 ~ 0.8	—	淮南凿井处	—
淮南谢李深部中央 风井	998.0	8.0	网喷 + 混凝土	0.6 ~ 0.7	—	淮南 39 处	—
江西丰城曲江主井	970.0	5.0	混凝土	0.9 ~ 0.4	—	江西基建公司	—
江西丰城曲江副井	917.0	6.5	混凝土	1.0 ~ 0.5	148.6	一公司 49 处	—
江西丰城曲江风井	887.5	7.5	混凝土	0.9 ~ 0.4	102	江西基建公司	—
河北宣东二号井主井	824.0	6.0	混凝土	—	141.0 (100.35)	一公司 49 处	1997 ~ 1998
河北宣东二号井副井	854.0	6.5	混凝土	—	141.0 (104.48)	五公司 3 处	1997 ~ 1998

国外前苏联的顿巴斯矿区千米以上深井最多 ,如普奇科夫矿风井深 1440m、斯科钦斯克矿井深 1300m ,南非的井筒深度为 1500 ~ 2000m ,净直径 6 ~ 9m ,已施工过 2500m 以上深井 ,对开凿 3000m 特深井进行了可行性研究 ;波兰平均井深 800m 左右 ,最深达 1243m ,井径 7.5 ~ 9m ,德国的井筒深度也达 1600m。

提高立井井筒钻爆法施工速度是国内外建井界非常关注的问题。1992 年鸡西滴道矿东风井创 201m/月我国纪录。前苏联 1969 年创 401.3m/月世界纪录 ,南非 1962 年创 381.56m/月纪录 ,波兰 1977 年创 175.4m/月最高速度。我国与世界产煤先进国家的立井井筒施工均已达到较高的速度 ,但是各国的平均速度都不高。我国几十年来全国平均施工速度一直在 30m/月左右徘徊。提高井筒施工的平均速度对加快我国深井和现代化矿井的建设具有重要意义。

加快深立井施工速度 ,提高劳动生产率的途径是 :治水打干井 ;采用先进的凿井工艺与技术 ,选用高效能的凿井设备及设施 ,使钻、装、提、排、砌主要工序实现机械化 ,并合理配套 ,改革深井凿井装备的悬吊方式 ;利用永久设施凿井 ;充分发挥设备性能 ,协调各工序 ,优化劳动组织 ,实现科学管理 ,使井筒施工速度稳定在 60 ~ 100m/月。

第二节 施工技术与工艺

一、施工作业方式

掘砌混合作业是一种简单而又经济的井筒施工作业方式。混合作业方式在前苏联获得了广泛的应用,约占施工井筒总数的 95% ~ 98%,取得了较高的稳定的凿井速度(100 ~ 110m/月),最高凿井速度达 200 ~ 220m/月。我国混合作业方式近年来连续创造了最大的凿井深度。实践证明,它可适应各种井深、各种井径和各种围岩条件的井筒施工,凿井速度一般可达 100m/月左右,最高速度可达 200m/月以上。深井施工采用混合作业,可获得较高的稳定速度,这对主、副井尽早贯通和提前改绞具有重要作用。

平行作业也是深井施工可采用的掘砌作业方式。原苏联采用平行一掩护筒作业方式,创 401.3m/月世界纪录。掘进工作在钢板掩护筒的保护下进行,随掘进工作面的推进,下放由钢丝绳悬吊的掩护筒,砌壁工作在掩护筒上方的多层吊盘上与掘进工作平行进行,每掘砌一个段高,模板随吊盘下放一次。这种平行作业方式凿井装备重量大,悬吊数量多,安装时间长,适用于岩层稳定的深井或超深井井筒施工。若将笨重的钢板掩护筒改用锚喷作临时支护,则可减少钢材消耗,减轻悬吊重量,扩大平行作业方式的使用范围。

掘、砌、安一次成井也是深立井可选用的作业方式。1958 年,鹤壁梁峪矿副井使用这种方式凿井(见图 9-6-4),由于各工序平行作业,时间得到充分利用,当时就取得月成井 97.33m 的优异成绩。国外捷克采用时平均月成井高达 69.80m。在深立井开凿中若井筒工作面采用掘砌混合作业,上部采用树脂锚杆安装固定罐道梁技术,则掘、砌、安施工方向一致,同步均衡地由上向下施工,使一次成井在施工方法和工艺内容上得到进一步完善与提高,成为一种新的混合作业、树脂锚杆固定罐道梁的立井“综合一次成井作业”方式。它必将有助于提高深井施工技术 with 成井速度。此外,这种作业方式还可以利用永久罐梁固定施工管路,简化深立井井内悬吊布置的复杂性。

二、掘进技术与装备

深立井井筒的钻爆工作,应根据岩石坚固性、钻眼机具、爆破器材以及施工组织确

定。伞钻在各种凿岩钻架中采用最广,可减轻体力劳动,提高劳动生产率,实现钻眼机械化,但伞钻成本高,下放、提升及稳定钻架的时间较长,使用中更换钻机麻烦。手持式凿岩机钻眼,虽然有许多缺点,但它具有钻跟灵活方便和成本低的优点。深立井井筒施工宜采用不仅能钻炮眼,而且可钻 50~70m 注浆孔(供工作面探水注浆用)的多用途钻架;应采用中深孔和深孔爆破,选用高威力炸药和长脚线多段毫秒雷管,实现大并联一次爆破。

立井施工中,装岩工作时间长,劳动强度大,深井装岩应采用大容积抓斗、高生产能力和机械化的抓岩机,并配备大吊桶。小时装岩能力在 30m^3 左右,可配备 $2\sim 3\text{m}^3$ 矸石吊桶;小时装岩能力达 $60\sim 110\text{m}^3$,配备 $6\sim 8\text{m}^3$ 大吊桶。

深井施工宜采用两套提升设备,工作面不摘钩装岩。这种提升方式机动性大,并能提高装岩生产率,取得稳定的掘进速度。国外在深井施工中,为了充分发挥抓岩机效率,减少抓岩机的停歇时间,采用了井内矸石转载仓,协调提升与装岩工作。

超深井施工时,提升与排矸的问题最为突出,建议采用两阶段施工。第一阶段凿井深度在 1200m 以内时,仍用两套吊桶提升。第二阶段是凿井深度超过 1200m 以后,采用两级提升的方案。第一级为箕斗提升,从设在 1200m 处的矸石转载仓装满矸石提到地面,提升速度高,提升容积大。第二级是吊桶提升加矸石转载系统,在 1200m 处设置临时提升机和矸石转载仓,吊桶从工作面将矸石提到 1200m 处卸入转载仓,供箕斗提升至地面。

三、砌壁工艺与装备

深立井砼井壁的砌筑工作,应采用由自动化集中搅拌站、溜灰管下送砼入模和自动找中、快速脱模、稳模的金属整体移动模板组成的砌壁机械化作业线。砼自动化集中搅拌站,在国内外土建工程中广泛使用,在建井工地也有采用,但配料、上料、称量、搅拌系统等机械化和自动化程度,以及控制系统的功能尚待完善。

井筒内用溜灰管下送砼,可以连续输送和浇灌,是深井砌壁快速、高效、低成本的输送方式。这种输送方式,在国外已有几十年的使用历史,目前使用最为广泛,在乌克兰的顿巴斯矿区溜送深度达 1410m 以上,在南非更深,在我国徐州张小楼新副井溜送深度达 1000m 以上,但至今尚未得到广泛使用,其主要原因是:一怕砼溜送后发生离析影响井壁质量;二怕砼堵管和管壁磨损,延误工期;三怕砼溜送速度快,冲击力强,增大悬吊设备。

采用容重轻、粒度小的骨料和大流动性砼,可以防止砼在管内下溜产生离析。为防止砼出现离析,前苏联采用坍落度为 15~17cm 的大流动性砼;英国采用 $\phi 15\text{mm}$ ~

$\phi 19\text{mm}$ 的小粒径骨料,我国在张小楼千米深井中已成功使用了坍落度达 18cm 、标号可达 C40~50 的大流动性砼,8h 可拆模板,水泥用量小于 $500\text{kg}/\text{m}^3$ 。

砼在溜灰管内的运行速度,国内外都有研究,普遍认为砼下溜一定深度后以匀速运行。实测资料表明:砼在 $\phi 150\text{mm}$ 管内下溜 $4\sim 4.5\text{s}$,达井深 $60\sim 100\text{m}$ 后,下溜速度稳定在最大速度 35m/s 之后砼以此速度匀速运行。因此在深井施工中不需设置中间速度缓冲器,只需设置终端缓冲器即可。

砼下送时对溜灰管悬吊系统的冲击力影响悬吊方式的选择和悬吊设备的计算。我国采用《建井工程手册》第二卷表 7-1-35 提供的冲击力值(该表仅提供井深 800m 内的冲击力值)计算悬吊能力。近年来的实测结果表明:在 800m 以内砼下溜的最大冲击力比手册提供的数值小得多,仅为手册值的 $6\%\sim 17.3\%$;在 $800\sim 1050\text{m}$ 井深的砼下溜最大冲击力也仅为手册中 800m 井深冲击力的 56.8% 。

金属整体移动模板是当今各国广泛采用的砌壁模板形式。深井砌壁用的金属整体移动模板应该整体强度高、刚度大,脱模、稳模和找中快而简便可靠。

原苏联深井砌壁多采用机械式自动脱模、支模的骨架式金属整体移动模板。该模板由内骨架和外模板两部分组成,模板的悬吊点设在内骨架上。模板的三条伸缩缝处各设两组不同结构的刚性脱模机构,另一组为斜面导向滑板及滚轮组成的机械式自动脱模、支模机构。其工作原理是:当内骨架在自重作用下下降时,设置在内骨架上的滚轮沿设置在外模板上的斜面导向滑板下降,致使外模板直径缩小,脱离井壁,并向下一个砌壁段下降;在新的砌壁段,外模板在自重作用下,滚轮又自动张开模板,恢复到设计直径。这种模板刚度大、重量大,已系列定型,平均内骨架占总重的 37.5% ,外模板占总重的 62.5% 。

金属整体移动模板的有效高度在逐渐加大,我国已成功地达到 $4\sim 5\text{m}$;在国外原苏联采用 $3\sim 6\text{m}$,一般采用 4m ,日本为 $3.5\sim 4\text{m}$,美国为 $4\sim 5\text{m}$ 。

随着井筒深度增大,井筒地压也随之加大,若遇到软岩层围岩压力可能更大,为了提高深井井壁支护效果,可借鉴孙村千米深井立井施工作法,即当井筒施工到深部时,可将永久砼井壁支护厚度分成两层施工,第一层(外壁)井壁按正常混合作业由上向下掘砌支护封闭围岩,若有软岩地压大时可在井壁外附一层塑料板材,以缓冲初期来压,待第一层井壁施工到一定段高(视围岩稳定性而定)后,由下向上二次套壁到设计净直径。这样以适应深立井围岩变形和释放地应力的规律,从而减小支护抗力,保证施工安全和井壁质量。

四、凿井装备悬吊技术

深井施工用的凿井装备,不能全部延用传统的钢丝绳悬吊方式,而应该根据其工况和特点,采用相应的方式。

深立井施工的凿井管路过去多采用预埋构件式井内吊挂方式。这种方式,吊挂能力大,但是在砌壁时预埋构件的施工复杂,定位困难,钢材用量较多,推广受限。

近年来中国矿业大学与江苏基建公司合作,在摩洛哥杰拉达Ⅲ号井、徐州张小楼千米深井等处成功地使用了非预埋构件式井壁吊挂方式,即用树脂锚杆和与伸缩梁焊在一起的管卡固定管路。树脂锚杆井壁吊挂系统由管路和锚固装置(锚杆、伸缩梁、管卡)组成。多管路井壁吊挂布置,如图9-8-1所示。锚固层间距为混合作业掘砌段高的倍数,管路长度与层间距整数一致,采用伸缩梁调整井壁施工误差。理论分析、模拟实验是第一层锚杆受力最大,以后逐渐减小,并趋于定值。设计时可按第一层锚杆受力为 $3.5ql$ 验算锚杆强度(q —相邻层间的管路载重, l —锚杆的计算长度)。

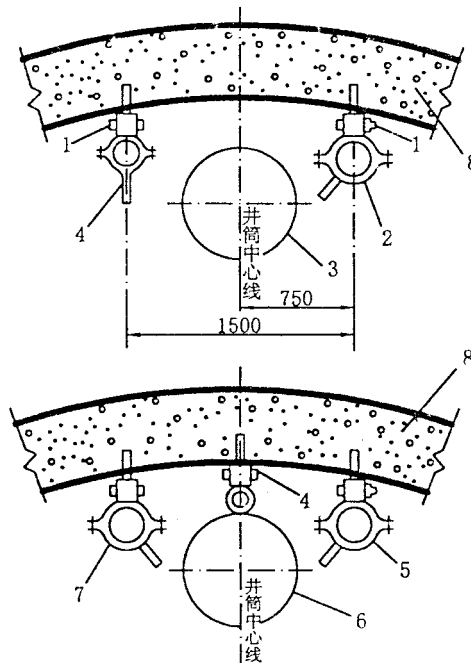


图9-8-1 多管路树脂锚杆井壁吊挂布置示意图

1—伸缩梁 2、5— $\phi 159\text{mm}$ 压风管 3—伸缩风筒 4— $\phi 57\text{mm}$ 供水管;

6— $\phi 600\text{mm}$ 胶质风筒 7—喷射矸管 8—井壁

深立井施工的凿井设施(吊盘、模板等),可采用一绳多用途悬吊方式,这种方式在国外的深井施工中广泛采用,在我国个别的井筒施工中也有类似应用。稳绳兼吊盘绳悬吊时,应尽量使吊盘的重心不偏心或小偏心,使各根钢丝绳和最大受力趋于平衡。若采用滑轮组悬吊方式,则各根悬吊绳的张紧力易于平衡,升降吊盘易于同步。稳绳兼模板悬吊绳时,吊盘有专用钢丝绳悬吊,两组悬吊绳相互制约,既可防止吊盘下放和提升时发生旋转,又可方便模板的稳模和找中,这对深井施工具有重要的实用价值。

五、利用永久井塔开凿深立井井筒

V型井架设计总静荷量虽比Ⅳ型井架提高了59%,但对大深井仍不能充分满足施工要求,如东滩副井净径8.0m,井深738.60m,使用V型井架布置凿井设备时,某些设备仍布置不下,去井深增至1100m,则全部悬吊设备总静荷载将接近600t,超过设计能力37.2%,利用永久井塔凿井是解决这一问题的方法之一。永久井塔承载能力大,井塔平台面积大,可多层利用,布置方便,防雨防寒性能好,还可以减少临时凿井井架安装与拆除工期与费用,如冠山主、副井和台吉主井三个千米深立井均是利用永久井塔凿井,使井筒顺利到底。

利用永久井塔凿井,施工前必须与设计单位取得联系,要对井塔局部构件进行验算、补强加固等,使其受力性能满足生产需要又能兼顾凿井施工要求。

德国常用生产、凿井两用井架凿井,我国河南陈四楼矿副井开凿时,在施工准备期内一次立好国内首座生产、凿井两用“尺”字形钢井架,少占井口工期4个月,累计节省资金300万元,取得了明显的技术与经济效益,在深立井施工中也应积极开发这一技术。

六、其它有待解决的问题

深立井施工在注意应用以上一些技术措施外,更重要的是使凿岩、装岩、提升、排矸、砌壁等主要工序实现机械化,各设备能力相匹配,而且通风、排水、信号、测量等辅助作业尽量实现机械化,这样就能逐步完善适合我国国情的深立井井筒施工技术,使我国深立井施工月成井速度稳定提高。

深井施工还有许多技术难题,如:井筒涌水的预测和综合治理、围岩的稳定性和井壁结构、利用永久井架或井塔进行冻结法凿井、井筒装备的新材料、新结构、新安装工艺,以及合理、经济的井筒断面尺寸等,有待我国建井界的同行们共同深入研究,提出对策和解决办法,以确保施工安全和质量。

第九章 立井延深

第一节 概 述

矿井投产若干年后,由于现有生产水平已不能保持矿井正常的持续生产能力,必须开始组织矿井井筒延深。仅统配煤矿“八五”期间,需要延深的矿井共 254 处,核定能力 180.81Mt/a,占总核定能力的 46.7%,总工程量 121.18 万 m,其中近一半的矿井是向深部延深,任务艰巨。矿井延深在保证我国煤炭稳产、高产和煤炭生产适应国民经济发展的需要方面具有重大作用。

矿井延探是在其不停产的条件下进行的,因此给施工带来许多复杂问题。按施工方法的不同,可以分为正井法和反井法两类。前者是自上而下全断面开掘,即和地面打井基本上一致,其差别在于施工设备受井下空间限制在布置上不同;后者是自下向上先开掘小断面反井,而后再自上而下刷砌成井,因此,两者在排水、提升、通风、安全、打跟放炮和永久支护等方面均具有实质性的差别。上述两种方法在我国都曾采用过。

20 世纪 50 年代末期,由于许多矿井超强度开采,致使生产水平储量严重不足,矿井延深迫在眉睫。由于事先并未开掘通往新水平的巷道,故只能采用正井法向下延深。到 60 年代初期,在京西和开滦等矿区开始采用反井法进行井筒延深,其前提条件是必须先开掘通往新水平的巷道,为此必须提前设计和施工。若是矿井两个井筒同时延深,也可选用其中一个井筒采用正井法,另一个井筒采用反井法的顺序进行。

由于反井法的广泛应用,故技术上得到了较快发展。1964 年煤炭系统在京西矿区大

台矿副井井筒首先由第二水平向第三水平延深时采用了自制的吊罐打反井,并获得了成功,创造了 19.7 天掘进 93.55m 的好成绩,比普通反井法速度提高了 3.5 倍,工效由每工 0.398m^3 提高到 0.99m^3 ,节省坑木 78m^3 ,因此得到广大建井工作者的赞许。继而开滦矿区的矾土矿国各庄副井采用吊罐反井法施工,70m 的反井仅用 14 天。吊罐反井法的各项技术指标有大幅度的提高,但仍然是人工打眼,劳动强度大,工作条件艰苦,安全性较差。

我国从 70 年代开始研制反井钻机。长沙矿山研究院研制了 TYZ-1000 型反井钻机,并于 1983 年首先在兖州矿区鲍店矿施工煤仓(直径 8m)时钻凿直径 1m 的反井获得成功。到 1986 年,煤炭科学研究总院北京建井研究所先后研制出 LM-90、LM-120 和 LM-200 等型的反井钻机,在开滦、鹤岗、鸡西、双鸭山、西山、京西等矿区推广使用。山东新泰市汶南煤矿使用 LM-200 型反井钻机成功地一次钻成深 316m、直径 1.4m 的长溜井。南京煤研所也研制成 ATY-1500 型和 ATY-2000 型反井钻机,后者可开凿直径 2m、2.5m 和 3m 的反井。从而使我国打反井技术得到了很大地发展和提高,反井钻机在煤炭系统中已列为“八五”期间重点推广项目之一。

矿井延深施工前,须制定符合实际情况的正确方案,以便给施工创造有利的条件。一般来讲,进行方案选择时,除了解施工队伍素质、经验以及专长、特点和原矿井的设计外,还须详细查清以下因素:

(1)岩层的涌水量较大时,如选用正井法施工,将大大影响钻眼爆破和抓岩作业的效率,致使施工速度慢、造价高、效率低。选用反井法则较为有利。实践证明,由于井筒中心钻孔起了泄水作用,所以涌水量对反井影响不大。有的矿在建井时涌水量为 $35\text{m}^3/\text{h}$,而反井施工时基本上没有出现大量淋头水。

(2)井筒所穿过岩石的软硬和围岩的稳定性对正井法有影响,但不是决定性因素,相反,由于反井工作面是暴露在工作人员的头顶上,因而对反井施工有较大影响。经验表明,当反井全长或大部分处于稳定性不好($f < 3 \sim 4$)的岩层时,不宜采用普通反井法,以免造成施工困难和增加危险性;若只是个别地段为松软破碎地层,只要采取适当的技术措施,亦可顺利通过。由于反井大多数是圆形断面,面积较小,又可采用光面爆破技术进行控制,因此当岩石变软时,只要措施得当,也能顺利通过。如包头矿区五当沟立井延深时,采用了吊罐反井法施工,成功地穿过了 4.5m 厚的煤和 20m 厚的油母岩层,就是例证。使用反井钻机可以较好地克服围岩条件的影响。

(3)井筒一次延深深度,对正井法影响不大,但对反井法影响甚大。一般认为普通反井不应超过 100m,吊罐反井法不宜超过 150m,钻机反井法不宜超过钻机规定的最大钻

进深度,一般也控制在 100~200m 之间。实践证明当深度达到 200m 时,钻机故障增多,偏斜增大,效率降低。例如,开滦局曾出现过掉钻杆和钻头被卡住等现象。因此,当深度大于 200m 时,应尽量分段施工。

(4)井筒延深时的瓦斯情况,对正井法影响不大,采用通风措施易于解决。对于吊罐反井法,则必须采用强力通风措施,使瓦斯由中心孔排出。对于普通反井法,由于瓦斯易于集聚在独头工作面,通风困难,故不宜采用。

(5)正井法延深井筒的施工设备同地面开凿立井相同。而反井法施工,所需设备却少得多,一般不需要提升矸石用的大型提升机,而代之以提升人员和工具的小型绞车即可,不需要排水、抓岩、安全梯等设备以及配套用凿井绞车等,所以施工方法和设备布置简单,但需配备打反井的专用设备,如反井钻机或吊罐等。反井钻机价格较贵,仅用于反井施工不够经济。但反井钻机功能多,可利用它钻凿通风眼、溜井和煤仓反井等。

(6)若延深施工是由专门的基建队伍承担,无论采用正井法或反井法均可。若由生产矿井自己组织队伍施工,由于反井法不需添置很多设备、技术比较简单和井筒刷砌工艺易为工人掌握,因此,采用反井法施工较多。

(7)不论采用哪种延深方案,都必须满足生产矿井所要求的投产日期,以保证矿井的持续生产和能力。其中采用反井法所需工期一般要长一些,因为必须先掘巷道通往新水平的井底后才能进行反井井筒施工。对于急需新水平投产的矿井,反井法有可能延误工期影响生产。如果提前搞好延深设计和施工准备,采用反井法仍然是有利的,因为先将巷道掘进至新水平后,在进行延深井筒的同时可开拓巷道,准备采区。

综上所述,影响延深方案选择的因素是多方面的,必须进行综合评价,优化决策,以利于制定符合矿井具体条件的、合理的、可行的延深方案。保证延深工作能快速、优质、高效、低耗、安全地完成。

我国 50 年代和 60 年代建成的副井,其井底水窝较浅,一般深为 4~5m,这给井筒延深造成较大困难。但《煤矿安全规程》中规定,副井井底必须设置过放距离,其长度和井口过卷距离相适应。故新设计的副井井底均有 15m 左右深的水窝,这对于利用水窝延深,将提供有利条件。

当今的井筒延深工程和 50 年代、60 年代相比,已有很大不同。一般 50~60 年代建成投产的矿井至今已多次延深,但延深到了一定深度后,若超过了原矿井初步设计的井田深部边界时,则将引起一系列的问题。例如提升机能力(包括最大静张力、最大静张力差、缠绳长度和提升能力等)已不能满足需要,必须更换提升机,原有井架必须推倒重建;甚至井筒装备也必须拆除后重新安装。因此,比之以前的单纯延深工程要复杂得多。今

后这种延深与技术改造相结合的工程将会愈来愈多。例如京西矿区大台主井已延深过两个水平后,于1989年又开始延深下两个水平时,就出现了提升机、井架以及井筒装备均重新改装的例子,上述情况说明,随着延深技术的不断发展,新的问题也会不断出现。这就要求我们不断地进行研究和探索,制定相应对策,发展相应技术,以满足今后矿井延深工程新形势的迫切需要。

第二节 正井法延深立井

正井法延深立井的各项施工作业和地面开凿立井基本上相同,但延深工作由于井下空间有限,设备布置将受到很大制约。按施工水平的位置不同,可分为利用辅助水平延深和现有生产水平延深两种。

一、利用辅助水平延深

为了不干扰现有生产水平的正常生产秩序,新开凿一个比现有生产水平标高低30~50m,能供延深施工设备布置的施工水平,即辅助水平。我国在50~60年代,大多采用了这种方式。下述矿井便是较成功采用该方式的实例。

徐州矿区大黄山煤矿一号井,延深垂高200m,主、副井共用一个辅助水平,其标高比生产水平低56m,总辅助工程量为 10538m^3 。

淮南矿区谢二矿,延深垂高195m,主、副井各用一个辅助水平,巷道布置比大黄山简单些,故总辅助工程量降为 6057m^3 。

淮南矿区李二矿,延深垂高220m,设有中间水平。主、副井各用一个辅助水平,但副井提升机房设在生产水平,故总辅助工程量又降为 3927m^3 。

在没有通往新水平的巷道的条件下采用正井法向下延深时,所必须的辅助工程量往往很大。开掘这么多的辅助工程需时1~2年,投资需百万元以上。但若做好矿井整体规划,及早施工,就有可能避免上述诸多的辅助工程,节省延深总工程量和总投资。

二、利用现有生产水平延深

为了克服利用辅助水平延深法需要开掘大量辅助工程的缺点,应尽可能采用现有生产水平延深,为此,必须尽最大可能地利用井筒内原预留的延深间和已有的梯子间,且将

部分施工设备布置到地面,以减轻井下布置受空间限制的压力。

鹤岗矿区兴安矿主井井径 6.5m、井深 190m,延深总高度为 400m。矿井原设计中有一套带平衡锤的单罐笼,移交生产时未安装。根据这个实际情况,有条件利用此空间和井架上预留位置布置凿井用的设备。在井下开掘凿井绞车硐室,其中 2 台凿井绞车吊挂吊泵;1 台凿井绞车吊挂风筒;另 1 台凿井绞车吊挂安全梯。硐室全长 15.6m。

上例表明,采用井下和地面联合的布置方式,可大大地减少井下开掘辅助水平的井巷工程量,节约投资总额。

京西矿区大台矿主井,利用现有生产水平的井底车场和井筒贯通部分的巷道作延深用的提升硐室,省去了大量辅助工程。同时充分利用井筒内预留的延深间布置输送矸的管路,将吊挂管子用的两台凿井绞车安装在地面井筒附近,并配备有信号电缆。因之不但矸输送效率高,矸可直接溜至工作面模板内,减少了工作环节,减轻了井下设备安装工作量。为了减少设备数量,该矿成功地将矸输送管兼作了压风管,实践证明,只要严格遵守操作规程,是可行的。

该矿实际的辅助工程量只有 600m^3 左右,比设立辅助水平时大为减少,具有较好的经济效益。

第三节 反井法延深立井

传统的反井法是指先由下向上开凿反井,然后再由上向下刷砌成井的延深方法。由于施工工艺与正井法相比具有需用的设备少、方法简单、工作面的矸石和涌水全部经反井自溜到下水平,省去了抓岩和排水两大作业;上下水平之间已用风井贯通,可大大地改善通风条件等优点,故而逐步得到推广。

使用反井法的基本前提条件是事先有通往延深水平的巷道,即待延深的井筒的井底通道已畅通。对于矿井的水平接替的总体工程来说,不仅在于井筒本身的延深,而更主要的是必须较快地开拓出延深水平的巷道、硐室以及通往采区第一个工作面的石门、上山、下山和顺槽等,以便缩短整个延深工期,达到尽快投产的目的。为此,根据整个矿井水平接替的总体布置,在适时开凿出通往新水平的巷道之后,一方面积极组织井筒延深工作,另一方面应及时安排队伍向采区第一个工作面掘进以及开凿投产前所必须的各种硐室,如火药库、水泵房、水仓和井底车场等。根据我国现有矿井的情况,可以认为一般

均具备采用反井延深法的条件,为此应优先考虑采用。

我国自 60 年代至今,反井施工技术已有了很大进步,常用的方式大致有以下几种。

一、普通反井法

由于普通反井法施工是先以小断面向上掘进全深而后再向下刷砌,因之反井的断面尺寸应满足三个条件:首先是满足施工要求,使采用的施工设备能在有限的断面内有效地配合作业;第二是刷砌时不会被矸石杂物所堵塞;第三是软岩时断面要尽可能地小一些,以利用控制顶帮不致塌冒。

普通反井施工是以架盘支护和爆破掘进为基本作业,因此断面都采用长方形。图 9-9-1 所示,是一个净长 2.5m 和净宽 1.0m 的矩型断面。

我国在普通反井法长期实践中,积累了不少宝贵的经验。对井框的结构也曾作过重大改革。当围岩较好时,井框可采用半盘形式,矸石间可以不设井框,只在提升间和梯子间架盘。采用半盘支护,不但节省了大量坑木和人工,而且使矸石间不易被堵塞,使用效果较好。

为了缩小反井断面,风筒可由圆形改为直角三角形,紧贴在梯子间或提升间内的一个角落里,占面积小,既不影响提升又不影响上下人,效果也很好。

使用普通反井法的最大垂高一般不超过 100m,否则会给施工造成困难。

二、吊罐反井法

为了克服普通反井法存在施工速度慢、劳动强度大、材料消耗多、安全性差等缺点,在金属矿山广泛采用吊罐法掘反井,我国煤矿系统最早推行吊罐法的是京西矿区大台矿。1964 年,在延深副井时,成功地使用了吊罐反井法,反井全高 97m,只用了 19.7 天,比普通反井法的速度提高了 3.5 倍,工效由每工 0.398m^3 增至 0.99m^3 ,节省坑木 78m^3 。此后抚顺矿区龙凤矿、淮北矿区朱庄矿、包头矿区五当沟矿和开滦矿区马家沟矿和矾土矿等均采用了吊罐反井法,甚至用于掘进煤仓,还顺利地通过了煤层群、软岩和破碎带。实践证明,吊罐反井法比普通反井法要优越得多。

开滦矿区吕家坨矿反井断面见图 9-9-2,图中的木盘结构和盘梁、盘柱的尺寸,可供参考。

吊罐是反井施工的专用设备,构造比较简单,各矿均可根据实际情况自制。京西矿区大台矿自制的外形为双层六角笼式,四周折页打开后为圆形,直径由 1.6m 扩展到 1.8m,适用于直径为 2m 的反井。上层盘有 3 个互成 120° 角的小气缸横撑用于固定吊

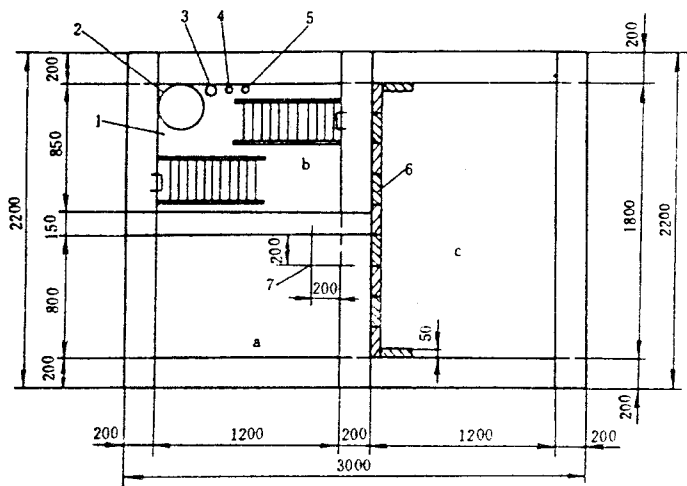


图 9-9-2 开滦矿区吕家坨矿普通反井法施工断面布置图

a—提升间 b—梯子间 c—矸石间

1—信号电缆 2— $\phi 300\text{mm}$ 风筒 3— $\phi 75\text{mm}$ 压风管 4— $\phi 38\text{mm}$ 供水管；
5— $\phi 38\text{mm}$ 传话管 6—隔板 7—井筒中心

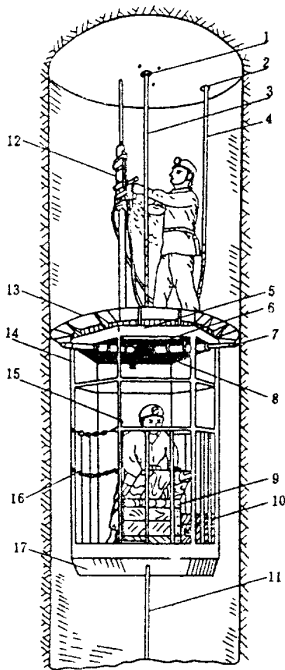


图 9-9-3 简易笼式吊罐示意图

1—绳孔 2—辅助孔 3—提升钢丝绳 4—风、水管路 5—吊罐上盘 6—顶盖门 7—横撑；
8—吊罐联结装置 9—工具箱 10—炸药箱 11—信号电缆 12—凿岩机 13—工作台折页；
14—吊罐立柱 15—信号按钮 16—链子 17—下盘

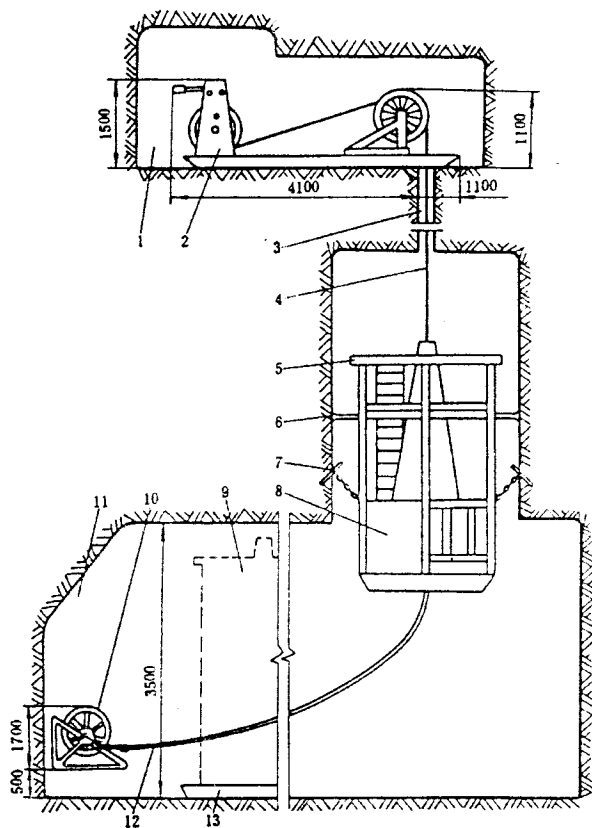


图 9-9-4 气动吊罐示意图

1—辅助硐室 2—钢丝绳绞车 3—绳孔 4—提升钢丝绳 5—凿岩平台 6—风动横撑 7—锚杆及短链 8—提升机 9—吊罐停放位置 10—软管绞车 11—吊罐硐室 12—压风软管 13—运载架

华-1型和气动吊罐的技术特征见表 9-9-1。

表 9-9-1 华-1型及气动吊罐的技术特征

技术特征	华-1	气动吊罐		
		吊 罐	软管绞车	钢丝绳绞车
最大牵引力 ,kN	10	21		
提升速度 ,m/min	6.27	5		
下降速度 ,m/min		7	7	
最大提升高度 ,m		100		100
卷筒 :直径×宽度 ,mm	214×310	720×260	400×800	600×390
钢丝绳直径(37×6+1) ,mm	15	19		19

技术特征	华 - 1	气动吊罐		
		吊 罐	软管绞车	钢丝绳绞车
容绳量 ,m	65	120	100	200
气动机 功率 kW	2.8	3	1.5	1.4
转速 r/min		250	600	150
风压 ,MPa		0.6	0.6	0.6
有效支撑长度 ,mm	2160			
外形尺寸(L × B × H) ,mm				
折叠时	900 × 900 × 1250	1650 × 1650 × 3210		
展开时	1760 × 1460 × 2100		1365 × 1325 × 1170	1500 × 1170 × 1200
吊罐内最大空间高度 ,mm	1720			
重 量 kg	450	1200	100	900
有效载重 kg	600			
行走车轮 轨距 ,mm	600			

采用吊罐反井法施工必须注意以下问题：

(1) 钻孔。必须在反井断面中间部位首先钻出 1 ~ 2 个孔 ,用于下提升钢丝绳及信号、放炮缆线等辅助设施。其中下提升绳的孔径应在 150mm 左右 ,另一个孔径为 100mm 左右。钻孔可以采用地质钻机施工 ,缺点是需要先掘钻窝 ,速度较慢。目前新产品有无钻窝全液压坑道钻机 ,若配以金刚石钻头和绳索取芯等新技术 ,工效可大大提高 ,施工所占空间也大为缩小。煤炭科学研究总院西安分院所研制的 MK 型钻孔机 ,其性能特征见表 9 - 9 - 2。

表 9 - 9 - 2 MK 型全液压坑道钻孔机性能

钻孔特征	MK - 3	MK - 300	MKG - 5
钻孔深度 ,m	100 ,150	300 ,200	500 ,400 ,375 ,300
直 径 ,mm	φ110	φ110	φ110
转 速 r/min	10 ~ 320 ,10 ~ 140	10 ~ 150 ,10 ~ 320	10 ~ 800
最大扭矩 ,N · m	700	1000	900
给进行程 ,mm	650	800	1200
给进能力 ,kN	29	24.7	50
给进速度 ,m/s	0 ~ 0.45	0 ~ 0.93	0 ~ 0.5
起拔能力 ,kN	42	36	50
起拔速度 ,m/s	0 ~ 0.31	0 ~ 0.64	0 ~ 0.5

钻孔特征	MK-3	MK-300	MKG-5
额定压力 ,MPa	16	16	20
电机功率 ,kW	15	22	30
外型尺寸 (L × B × H) ,mm	1730 × 600 × 1300	1680 × 680 × 1500	2200 × 800 × 1300
重 量 ,kg	700	900	1500

钻孔机钻孔的关键问题是孔的垂直度 ,要避免偏斜太大而造成废孔。实践证明 ,只要钻孔不偏出井筒断面之外 ,均可使用。如京西矿区大台矿副井中心孔的偏斜率为 0.5 % ,河北铜矿为 0.38 %。为防止偏斜 ,关键是钻井前必须制定严格的防偏措施 ,钻进中经常测斜 ,发现偏斜立即采取措施纠偏。目前有效的办法是反转纠偏或采用偏心管法纠偏 ,偏心管见图 9-9-5 ,将纠偏管放入孔底继续钻进 ,就能将孔纠正过来。

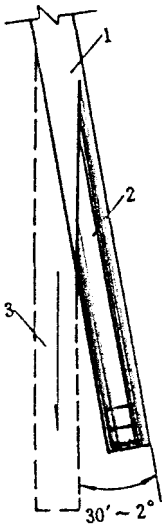


图 9-9-5 偏心管法纠偏法示意图

1—已偏斜钻孔 2—偏心管 3—纠偏后钻孔钻进方向

- (2)吊罐反井断面在煤炭系统全部采用圆形。因为圆形断面通过煤层和破碎带等不稳定地层较为有利 ,而且在升降过程中不易被卡住。
- (3)应特别重视吊罐反井法施工的安全工作。为了防止在升罐过程中落石伤人 ,必须在爆破时多打眼(比普通爆破多打 1/3 的眼) ,确保爆破后工作面上没有危石。实践证明 ,采用光面爆破可以保证围岩稳定、完整。

在提升绞车选择上宜选用带蜗轮蜗杆式减速器的绞车 ,由于具有自锁能力 ,可以不

致发生跑车事故。同时要加装手动闸和磁力闸,确保制动装置可靠;加装电流表和电压表,使司机能及时发现运行过程中的故障或意外情况,采取安全措施。

炸药和雷管必须分别装在防水和防静电的箱子内,放在吊罐下层安全地方。每次向上提升绳头时,必须检查钢丝绳完好情况,发现异常情况,立即处理。

为了防止爆破堵孔,掏槽眼的深度不可超过辅助眼。万一堵孔,则可在绳头上挂重锤向下冲击数次,一般可以冲开。否则,可采用装药爆破进行疏通。

当有瓦斯时,爆破前要测定其含量,若超过安全规程规定值时,不许放炮。在提升水平上的局部通风机要不停地转,加强通风。

(4)信号装置非常重要,必须设置双路系统。一路由反井底水平通过联络巷再通达反井上口的提升水平;另一路由反井底通过反井副孔通向提升绞车处,此一路可以是电信号,也可以使用铁制笨钟式的机械敲击信号。

(5)吊罐反井法与普通反井法不同,必须有安装钻机位置。首先考虑利用主井清底斜巷下的井筒水窝作为安装钻孔机之用。对于副井则有两种情况:一种是水窝只有4~5m深,其高度不足于设置保护盘和安装钻机,为此必须打1个小斜坡通至井窝下方,并将井窝加深到8m方可满足使用。另一种是井底设有过放距离,这样井窝深已有10~15m,便足够施工之用。除此之外,也可以作少量辅助工程(包括小下山、硐室等)通至井底下方,安设钻机,作为吊罐反井施工空间。由于各矿情况不同,可以根据上述做法,因地制宜地采用适当办法来解决钻机安装问题,同时亦应结合刷大时需要综合考虑。

我国吊罐反井法一次反井的最大垂高是河北铜矿的186m。但一般认为,以不超过150m为宜,大部分煤矿的垂高均在100m以内,这样可一次完成,否则宜分段施工。

三、钻进反井法

(一)反井钻机及其安装

我国80年代已研制出反井钻机,专门用于开掘反井以及煤仓等工程,使反井施工技术得到一次重大的突破。实践证明,其效率和速度远远超过吊罐反井法,而且用人少,成本低,安全性好,实现了反井施工机械化。目前常用反井钻机性能见表9-9-3。反井钻机的结构,以LM-120型为例,主要由主机、液压泵站、控制台和钻具等4部分组成。钻机除钻具外,分别装在600mm或900mm轨距的轨轮平车上,可装在1.5t的罐笼运到井下,然后沿运输巷运到工作地点。该机采用液压驱动,用液压马达驱动钻杆、钻头旋转,液压缸实现提升、下放,其它液压装置完成各项辅助作业。如1990年京西大台矿由-10m水平向-110m和-210m水平延深时,采用LM-120型反井钻机,在倾角65°和 f

= 10 ~ 12 的急倾斜砂岩和砾岩地层中开凿反井 ,获得成功 ,续而又在同样的地层中开凿风井亦顺利完工。该工程导孔钻进平均班进 3.9m ,折合月进可达 319.5m ,100m 垂高的导孔 9 天左右即可完成 ,扩孔钻进平均班进 3.27m ,折合月进 294.3m ,也只需 10 天左右 ,比吊罐反井法的速度提高了 1 倍。

表 9 - 9 - 3 国产反井钻机技术特征

主要性能	TYZ - 1200	TYZ - 1500	LM - 120	LM - 200	ATY - 1500	ATY - 2000
扩孔直径 ,mm	1200	1500	1200	1400 2000	1200 1500 1800	2000 2500 3000
导孔直径 ,mm	216	244	244	216	250	311
钻孔深度 ,m	120	120	120	150 ~ 200	200	100 ~ 250
导孔钻速 ,r/min	0 ~ 40	0 ~ 40	15 ~ 43	0 ~ 36	0 ~ 36	0 ~ 36
扩孔钻速 ,r/min	0 ~ 20	0 ~ 13	8 ~ 22	0 ~ 18	0 ~ 18	0 ~ 18
导孔推力 ,kN	245	314	250	350	488	941
扩孔拉力 ,kN	785	890	500	850	1150	1793
最大扭矩 ,kN·m			31.8	40	66	107
主机重量 ,kg			4791	8277	5985	9300
功 率 ,kW	92	92	62.5	82.5	118.5	161
工作时 长 ,mm	2994	3050	2977	3230	2180	2868
外 型 宽 ,mm	1320	1630	1422	1770	1310	1505
尺 寸 高 ,mm	3294	3289	3277	3438	3700	4043
研制单位	长沙矿山研究院机械一厂		煤科院北京建井所 苏南煤机厂		煤科总院南京所	

反井钻机的外型尺寸较小 ,安装容易 ,既可在原生产水平反井上方适当刷大的硐室中安装 ,见图 9 - 9 - 6。也可在已排干积水的井底水窝中安装 ,但要在井筒内钻机上方安设两根工字钢梁 ,以便顶住上支撑油缸。钻机、钻杆和人员一律从清扫斜巷上下。

(二) 钻进反井工艺

反井钻机安装完毕后 ,先从上向下钻导向孔与二水平相通 ,导孔直径依钻机定(参见表 9 - 9 - 3)。之后 ,取下导孔钻头 ,换上扩孔器 ,再自下而上扩孔至设计的反井直径 ,一般为 1.2 ~ 2.0m ,最大为 3.0m。孔径大时需扩孔 2 ~ 3 次 ,见图 9 - 9 - 7 和图 9 - 9 - 8。

钻井反井法的适用垂高宜控制在 150m 之内 ,超过此高度后钻机易出故障。在煤炭系统中 ,开滦、鹤岗、鸡西、双鸭山、西山、兖州、淮北、峰峰等矿务局以及山东汶南煤矿等均曾使用过 ,效果良好 ,而且经受住了复杂的地质条件和施工条件 ,是目前推广的新技术

之一。京西矿区大台矿曾用 LM-120 型钻机钻过 4 个反井 ,共进 356.42m ,最高垂深为 101.42m ,具体技术效果见表 9-9-4。

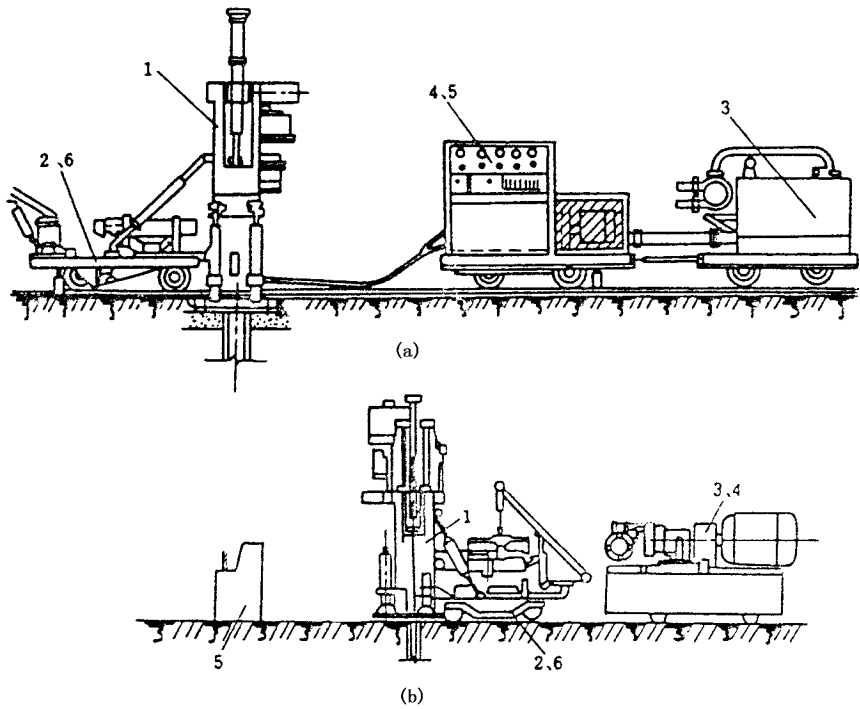


图 9-9-6 两种反井钻机钻场布置示意图

(a)—LM-120 型反井钻机 (b)—TYZ1200 型反井钻机

1—钻架 2—运搬车 3—油箱车 4—动力车 5—操作台 6—起吊装置

四、刷大与支护

(一)反井刷砌的特点

不论采用那种反井施工方式 ,反井掘完后 ,即可进行刷大 ,达到设计断面 ,并作好永久支护。由于延深井筒中央已完成反井掘进 ,对刷砌施工造成了极为有利的条件。反井可作为出矸、泄水、通风的通道 ,工作面无积水和增加自由面 ,可以提高钻眼效率和爆破效率 ,由于水不会淹没工作面 ,故安全梯可以不设。反井施工能将复杂的立井施工技术大大简化 ,因而受到生产矿井的欢迎。

反井刷砌作业方式 ,按刷大的施工方向 ,可分为自上而下和自下而上 ;按刷砌施工距离可分为短段刷砌和分段刷砌。

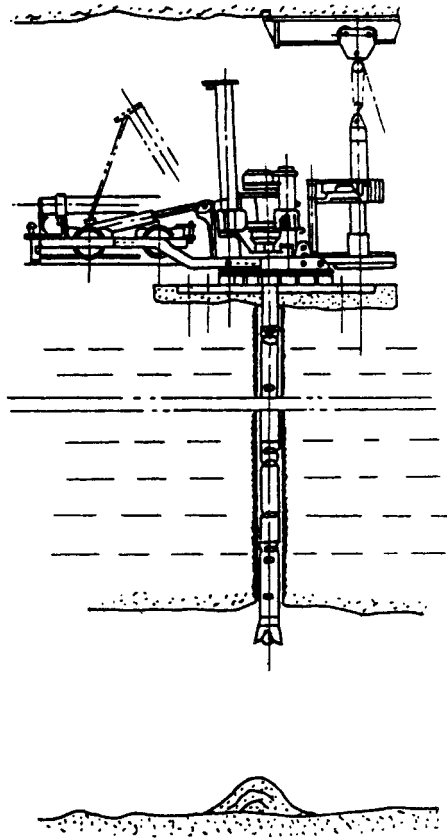


图 9-9-7 钻导孔

自上而下刷大,应以反井为中心,分圈布置炮眼,利用反井作爆破自由面,爆落岩石由反井落入井底巷道装车,或在反井下口设漏斗,将矸石放入矿车,但最大块度不宜超过300mm。爆破后一般利用矿井总负压通风,亦可设置局部通风机通风。人员和工具的升降,常采用小吊桶。由于提升能力较小,辅助水平空间有限,常采用段高2.0m左右的短段支护。如条件允许或淋水较大时,也可采用自上而下分段刷大,先临时支护,而后分段自下而上进行长段支护,以减少接茬。

自下而上刷大,需用吊桶将风水管悬吊在反井中,登碴或筑工作台向上打眼。爆落的岩石,直接落入井底巷道,用漏斗或装岩机装车。在辅助水平设局部通风机抽出式通风,必要时用压风吹散炮烟。

过去人们认为反井内矸石不能放空,以免工人作业时失足坠下,发生人身事故。但实践证明,矸石留在反井内不仅易于堵塞,不便处理,甚至可能将人陷下,而且对通风极为不利。放空后,为了防止人员不慎坠入,必须在反井口设置一个活动的保护盖,其升降

可利用安设在吊盘上的气动小绞车控制 放炮时提至吊盘下面 放炮后放至工作面 盖住反井口。保护盖四周留有出矸石的缺口。更安全的办法是井边人员佩带保险带作业。

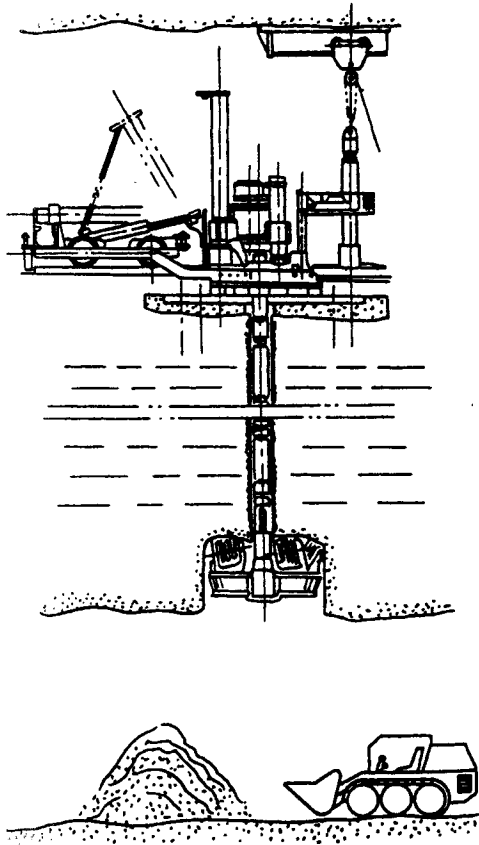


图 9-9-8 扩孔

表 9-9-4 京西矿区大台矿反井钻机施工技术指标

反井 孔号	综合指标				导 孔(m/班)			扩 孔(m/班)		
	反井深度 (m)	作业天数 (d)	平均日进 (m)	偏斜率 (%)	作业天数	最高班进	平均班进	作业天数	最高班进	平均班进
1 号	101.42	34	2.98	2.1	13	7.42	3.90	21	3.7	2.41
2 号	55.50	15.5	3.58	1.1	7	6.00	3.96	8.5	4.5	3.27
3 号	99.70	29	3.44	0.3	11	13.00	4.53	18	5.5	2.77

注 :作业班数为每天两班作业 ,有 1 班空缺。

刷大进行到辅助水平后 ,及时进行永久支护。当岩石为中硬比较稳定时 ,可以 2.0m

短段放矸,利用矸石当工作台或用活动保护盖作工作台进行永久支护。当岩石坚硬稳定时,可将矸石分长段放出,利用吊盘进行永久支护。目前砌壁多采用不设临时支护的短段作业。一次砌壁段高视围岩稳定性而定,一般可控制在4~10m之间。岩石完整坚硬,应尽可能增加段高,否则井壁接茬太多,影响井壁质量。

(二)刷砌设备布置与吊挂

井筒刷砌一般只需提升设备,用于人员、材料和工具等升降。由于提升工作量很小,选用小型 $\phi 0.8\text{m}$ 绞车即可满足要求,有的矿甚至可以选用回柱慢速绞车。稳绳和吊盘绳可兼用,有的将压风管兼作矸输送管,省去一条管路。

为了减少井下辅助硐室和凿井绞车数量,可将搅拌站设置在地面井口,矸完全可以由地面经井筒的延深间或梯子间用矸输送管下放,省去了由地面向井下大量提运材料工作。

除风筒和各种管路可以固定外,也可将吊盘用起重葫芦吊挂在封口盘上方井壁内的钢架上(图9-9-9)。用提升机升降吊盘时,升降到所需位置后,用起重葫芦挂紧并锁在钢梁上,然后松开提升机钢丝绳钩头即可。这种办法可省去两台悬吊凿井绞车。

(三)反井刷砌设备布置的实例

京西矿区大台矿副井延深垂高97m,井筒直径6m,利用4m深井底水窝安设人员保护盘后,向下刷砌10m作为延深天轮平台和固定盘位置,然后在固定盘水平略高处向南掘了10m硐室安装两台8t凿井绞车和一台 $\phi 800\text{mm}$ 提升绞车。凿井绞车吊挂吊盘,吊盘绳兼作稳绳,绞车用于提升 0.8m^3 吊桶。矸输送管同样由地面两台凿井绞车吊挂,从梯子间侧的空间下放至工作面,使用情况良好。辅助硐室总共只有10m,见图9-9-10。工具桶10停放在生产水平的井筒原梯子间(已拆除)空间内,升降用的调度小绞车11安装在其上的泵房管子道出口小巷12内;人员上下是通过梯子9到达其下的固定盘水平,使用较为方便。

包头矿区五当沟矿主井延深共设4台凿井绞车,不设提升绞车,2台8t凿井绞车吊挂吊盘;1台5t凿井绞车提升吊桶;另一台5t凿井绞车吊挂稳绳。硐室布置在两侧,总长20m。矸输送管同样安设在地面凿井绞车上,其方式与京西矿区大台矿相似。而淮北矿区朱庄矿由于矸搅拌站和凿井绞车均设在井下,故辅助工程略大一些,但也只有33m。

总之,利用先反井后刷砌的延深方式较之正井法延深,不仅可以减少辅助工程,而且可节省投资和缩短工期。

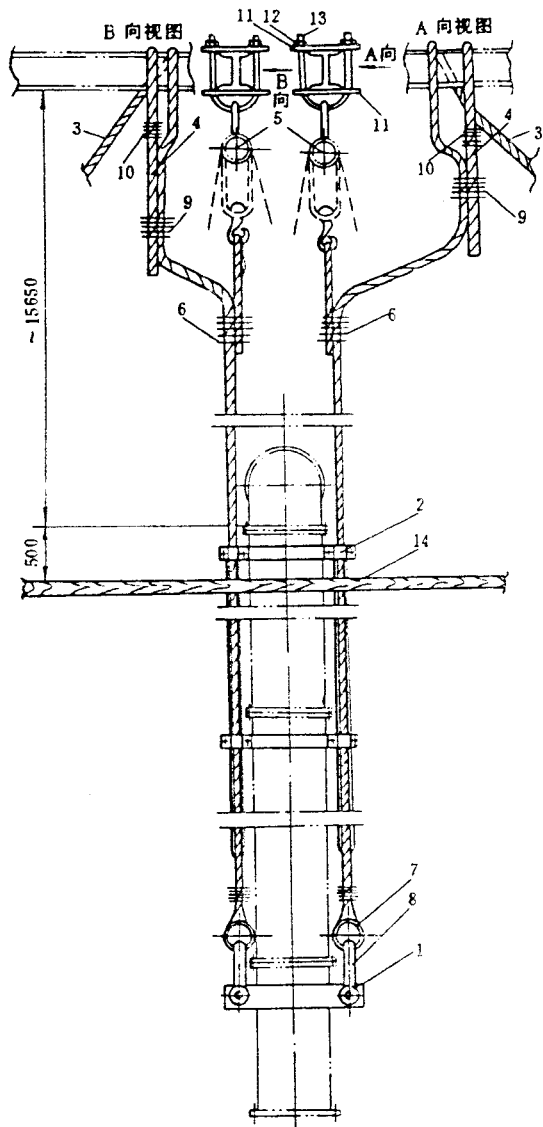


图 9-9-9 环链式葫芦悬吊管路图

1—终端卡子 2—卡子 3—悬吊钢丝绳 4—保险钢丝绳 5—环链式葫芦 6、9、10—绳卡子；
7—护绳环 8—U 型环 11—垫铁 12—螺母 13—U 型螺栓 14—封口盘

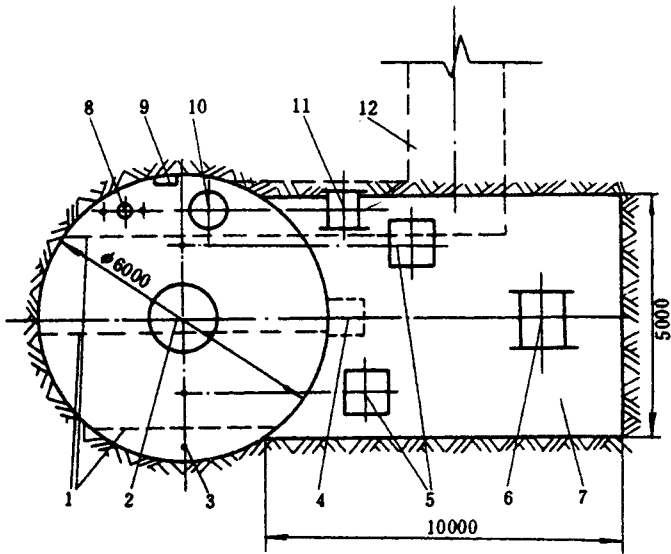


图 9-9-10 大台矿副井延深井下提升绞车布置图

1—副井罐梁位置 2—吊桶 3—供水管 4—出绳缺口 5—悬挂吊盘的凿井绞车 6—提升绞车；
7—增掘硐室 8—砗输送管 9—上下人梯子 10—自制工具桶 11—调度小绞车 12—管子道出口

第四节 延深保护设施

立井延深多是在原有生产井筒不停止生产的情况下进行的。为了安全,无论用哪种延深方法,均必须将延深工作段井筒与生产提升段井筒用保护设施分隔开,防止上面的提升容器、物料等重物坠下,砸伤下面延深设备或人员,造成重大事故。其保护形式可分为两大类:一类是设保护岩柱,即在井筒底部留一段长 6~10m 的岩体,岩体下设护顶盘,以防岩柱碎块下落;另一类为人工保护盘,它又分两种,即刚性人工保护盘和柔性人工保护盘。

只有在岩石完整坚硬的情况下才允许采用岩柱,同时由于拆除岩柱将给收尾工作带来困难,故采用者甚少。

一、刚性人工保护盘

刚性人工保护盘结构形式有水平保护盘、斜面保护盘和楔形保护盘 3 种。刚性水平

人工保护盘的结构见图 9-9-11。刚性人工保护盘由 3 部分组成 ;防淋水部分 ,将井内淋水集中到一处 ,用泄水管引出 ,它是由木板、水泥、钢板等组成 ;缓冲部分(垫层) ,对坠落物起缓冲作用 ,由木垛、梢子、竹捆等组成 ;第三部分由钢梁组成 ,以承受缓冲后的冲击力。由于缓冲垫层厚度有限 ,所能吸收的冲击动能很小 ,坠落物的冲击力主要由钢梁承受 ,故称刚性人工保护盘。

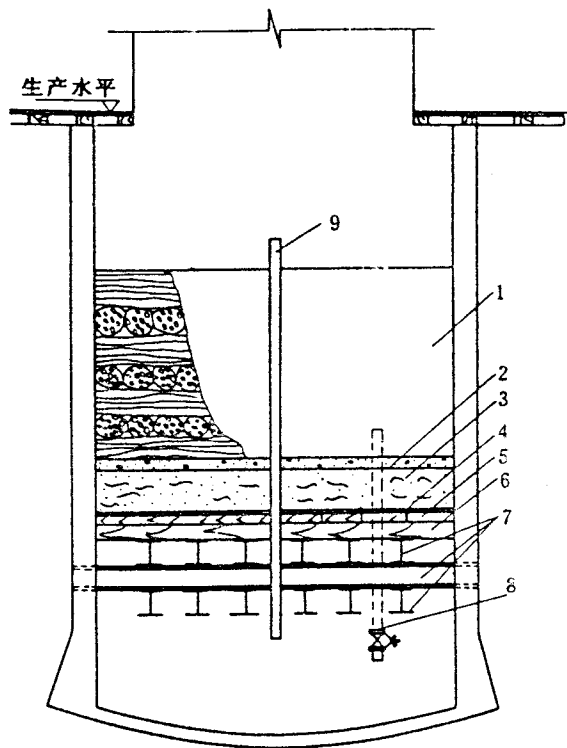


图 9-9-11 刚性水平保护盘结构图

1—缓冲层 2—矿浆(或矸)隔水层 3—粘土隔水层 4—钢板 ;
5—木板 6—方木 7—工字钢盘梁 8—放水管 9—放线管

二、柔性人工保护盘

为了提高人工保护盘的承载能力 ,可用钢丝绳网替代承载钢梁 ,称为柔性人工保护盘。其设计技术关键是以柔克刚 ,承载构件为双层钢丝绳及绳端缓冲器等。这种新型人工保护盘首先在铜川矿区鸭口煤矿由原西安矿业学院进行试验研究。该矿副立井原位延深时 ,将其设置在生产水平副井井底水窝中 ,安装在已支护的井壁上 ,不影响井筒延升

后井壁支护的上下衔接,减少了后期接井工程量。该柔性人工保护盘每层最大高度化为2m,在井底水窝中,其上留有6m永久提升1t矿车罐笼的过降距离,其下方留有便于向下挖掘的2m空间高度。其构造见图9-9-12。

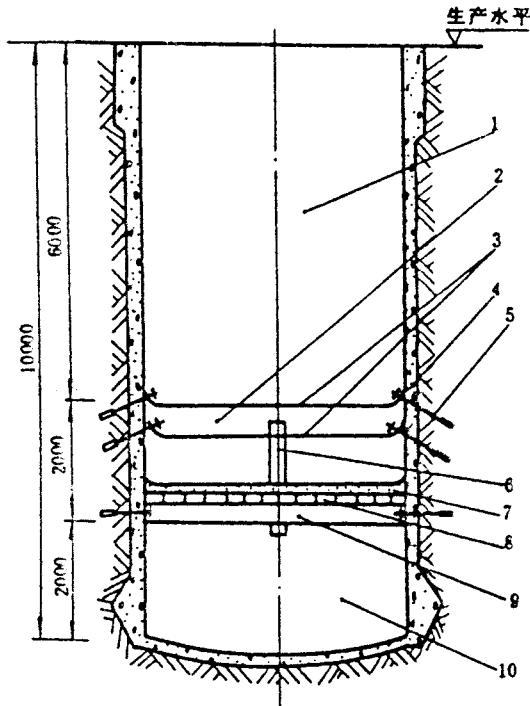


图9-9-12 柔性人工保护构造示意图

- 1—井底水窝 2—塘材 3—钢丝绳网 4—缓冲器 5—悬挂锚杆；
6—测孔管 7—隔水层 8—方木 9—钢梁 10—下部井底水窝

柔性人工保护盘由钢丝绳构造,抗拉强度大,富有弹性,便于吸收动能;施工工艺简单,结构紧凑,占用空间小;用锚杆吊挂钢丝绳网,承载能力大,架设和拆除非常方便,辅助工程量小,对生产影响小;造价与刚性人工保护盘相比相当低廉;技术先进,适应性强,能用于各种不同立井井筒延深施工,一般可避免停产2个月,缩短延深工期3~5个月,经济效益十分显著。

第十章 国外凿井技术

世界各主要煤炭生产国家在新建立井当中 80% 以上还是以钻爆法进行凿井作业。钻爆法中原苏联、德国、捷克、加拿大等国普遍采用钻架凿岩,原苏联 1987 年利用伞钻打眼,机械化水平已达 80%,钻眼深度 4~6m,兼可打 50m 注浆孔,3~8m³ 吊桶系列化,采用整体移动金属模板砌壁,管子或吊桶下料,机械化配套占 70% 以上,而德国近几年几乎全部井筒采用机械化配套施工和混合作业方式,南非由于井筒深、加之雇用附近非洲国家工人费用较低等原因,有部分井筒还采用手抱钻打眼,多层吊盘平行作业方式。

国外凿井已从 60、70 年代争、超月成井的高纪录转变为追求全井稳定高速,以求得好的经济效益。原苏联及东欧国家近几年来平均成井速度为 50~60m/月,工效达 3.0~3.5m³/工,德国平均成井速度为 80~100m/月,工效达 4.0~5.0m³/工。

第一节 立井施工工艺

单行作业现已逐步淘汰,因为它需大量临时支护。

平行作业曾创造过 401.3m/月的世界纪录,因设备布置复杂,工作安全性差,加上支护技术的改进和提高,砌壁占时由原来的 25% 降到 15% 以内,平行作业也逐渐失去市场。

由于混合作业方式具有不用临时支护、成井速度快、工艺简单、施工成本低、管理方便和安全性好等优点,已成为国外开凿立井的主要施工方法,据统计,原苏联和波兰的混

合作业比例达 90% ,德国为 100%。

国外短段掘砌混合作业普遍采用深孔爆破、一掘一砌正规循环的作业方式。根据各国钻架钻眼深度 ,大多数一次循环进尺 4 ~ 4.5m。

第二节 井筒综合治水

水害是影响掘进速度和井壁质量的主要原因之一。打干井已成为世界各国凿井的必要条件。国外综合治水原则是尽量采用地面和工作面预注浆 ,实现干打井。对井壁淋水采取截、导、排方法处理 ,不让淋水进入模板内和流入工作面。

原苏联、波兰、德国和捷克等要求井筒工作面涌水量小于 $5\text{m}^3/\text{h}$ 。原苏联在井深 800m 以内用 6 ~ 8 个注浆孔、800 ~ 1000m 用 8 ~ 12 孔、1400 ~ 1500m 用 10 ~ 14 孔进行地面预注浆。对一些深井下部的个别含水层采用工作面超前钻孔和注浆 ,一般孔深 40 ~ 50m ,并尽量利用伞钻凿孔 ,德国比较善长用伞钻打注浆孔 ,每次注浆深度为 35 ~ 40m ,留 6 ~ 10m 左右的岩帽 ,再往下推进下一个循环。波兰除注浆堵水外 ,还在井壁上设置截水槽 ,在集中出水点埋导水管 ,通过井壁内埋设 $\phi 150\text{mm}$ 的导水管 ,将井筒淋水、渗水截导引向工作面 ,再用风(电)泵将工作面水排到吊盘上 ,由吊盘上的卧泵排至上水平或腰泵房 ,然后再排到地面 ,此法有效地解决了深井排水问题。

第三节 施工准备

据原苏联对近 20 年来顿巴斯煤田立井施工分析表明 ,施工准备阶段时间约占井筒施工总时间的 30% ,过渡阶段约占 20% ,直接用于开凿井筒的时间占 20% ~ 27%。缩短施工准备时间和过渡时间的最有效的办法 ,就是大量采用移动式设备和大量利用永久设备(特别是两用井架和生产用提升机)凿井。

原苏联 1969 年开始使用移动式稳车 ,1974 年开始批量生产。移动式设备由最初的凿井稳车发展到提升机、压风机房、风机、变配电站、冻结站等。移动式设备安装在具有刚性底盘的棚屋内 ,棚屋可以整体移动并用汽车运输。根据不同设备对基础的不同要

求,棚屋分别装在适当的组合基础上,组合基础为钢筋砼预制件,是每块为 12t 的标准基础块。每座基础可由 4~10 块构成,用钢梁联为整体。移动式组合基础一般只在经过平整、定位的地面上布置,故拆、装、运方便,这种基础一般可重复使用 4 次。应用移动式凿井设备使建井准备期由原来 1~2 年缩短到 4~6 月,减少工人劳动量 60%~70%,并使全部工作机械化。同时减少广场占地,一般一个井筒工业广场占地仅为 10000~15000m²。

第四节 凿 岩

原苏联钻眼机械化达到 89%,钻架主要型号有 БУКC-1M(4 臂、钻眼深 4.5m); СМБУ-4M 伞钻,这种伞钻固定在工作面的模板上,并可同时钻 3 个炮眼;БУКC-1У5 型组合钻架,该钻架吊挂于环形轨道抓岩机的转架上,并可随转架在工作面移动,每次移位可钻一组相邻炮眼,钻眼角度可调,钻架可配 2~5 个钻臂,钻眼深度 4.4m,钻架装上重型凿岩机可钻深度 50m 的注浆孔。

德国钻架也有多种型号。近年来使用最广泛的是 TK-4 型水平转臂式钻架,结构简单,重量轻,液压动力部分借用抓岩机的液压设备,适用于井筒直径 5~8m,可钻 $\phi 38\text{mm}$ ~ $\phi 50\text{mm}$ 、4m 深的炮眼,还可钻 35~40m 深的注浆孔。德国国内钻眼机械化水平已达 100%。

捷克井筒一般都用简易伞型钻架,有 2~4 臂,品种齐全,使用灵活,打眼深度 2.8~4m。

波兰通常采用 WUP-22、WUP-27、WUP-28 型风钻人工打眼,采用套钎方法,钎杆长度依次为 0.8m、1.6m、2.4m、3.2m 和 4.0m。为防止卡钎故障,采用依次缩小钻头直径的方法,钻头直径分别为 46mm、44mm、42mm、40mm 和 38mm。

日本的古河 4 臂、6 臂和东洋 6 臂伞钻都是人们熟悉的性能良好的钻眼设备。近年来无新产品问世。

加拿大采用两台双臂凿岩钻架组成 4 臂电动-液压伞型钻架,各自带动力装置,爆破时钻架只提升到吊盘中间不升井,以减少辅助时间。

南非手持钻机仍普遍使用,但近 10 年在凿井技术上开发了立井凿岩钻架,该钻架已在 10 个立井中使用。

不管采用何种钻眼设备,在现有立井钻眼中均能实现 4.0m 左右的深孔爆破,实行一掘一砌的混合作业方式,并使掘砌循环进尺在 4.0m 左右。目前国外钻架发展趋势是提高完善钻架的性能,特别注重发展钻架兼钻注浆孔的性能,由于涉及钻架重量(提升机能力)和施工安全等因素,钻架钻眼深度近 10 年仍维持在 4 ~ 5m 之间。因此可以认为,钻眼深度决定了一掘一砌的循环作业方式的段高。

第五节 爆破与通风

一、爆破

近年来钻眼深度大多在 4.0m 以上,提高爆破效率成为主要目标,目前原苏联炮眼利用率在中硬岩中为 0.90 ~ 0.95,在坚硬岩层中为 0.8 ~ 0.85,波兰爆破效率在 0.85 ~ 0.9。所用爆破器材情况大致如下:

(一)起爆器

随着井筒的加深和井筒直径加大,对起爆器要求愈来愈高。原苏联利用露天和城市控制爆破用的起爆成果,已开发出适用于深井的一次起爆雷管 500 发的专用起爆器。

(二)雷管

在立井爆破中已普遍采用覆铜钢壳防水电雷管,瑞典、德国、原苏联等国都已有 1 ~ 15 段、间隔为 25ms 的雷管,可满足立井多段起爆的需要。雷管起爆精度也大大提高,以此为基础的立井减震爆破技术也有所发展,这样对工作面模板破坏力减小,吊盘高度也随之降低。

(三)炸药

除波兰、南非还在井筒中使用部分铵油炸药外,其他国家大多采用水胶或浆状炸药、粉状炸药,如西德 DelexG 岩石炸药。装药机械化成为各国追求的目标。美国奥斯汀火药公司研制出一种不含硝化甘油且有雷管感度的 Emuline 药卷,这种药卷与奥斯汀导爆线串在一起。由于它们预先已装配好,所以能迅速顺利地连续装入炮孔,从而缩短了装药时间。

二、通风

井筒直径加大、深度加大和炸药性能改进后炮烟减少,使压入式通风在立井掘进中

应用最广泛。原苏联井筒采用离心式扇风机或轴流式扇风机和直径 $0.8 \sim 1.2\text{m}$ 风筒进行压入式通风,这样可在 $15 \sim 25\text{min}$ 内把放炮后的有害气体从工作面排出。

第六节 出 矸

一、装岩

装岩在凿井循环中占工时最长。大斗容抓斗和大吊桶已在各国广泛使用。

南非:几乎都使用 4 瓣抓斗的回转式抓岩机,抓斗容积为 0.56m^3 和 0.85m^3 ,在小直径的井筒中也有钢丝绳吊挂斗容 0.28m^3 的小型抓岩机装岩,用 4 个吊桶,两个装,两个提,最后三吊桶的矸石不得不用人工装,这时开始用“风力吹洗”,将两个 50mm 压风软管下放到工作面,用风将剩余矸石吹成抓岩机能抓的小堆。

加拿大:抓岩清底机械有克赖德门型抓岩机 Riddell 抓岩机和多瓣式抓岩机,也有在井底使用履带式装载机装岩的。

德国:采用 $0.5 \sim 0.8\text{m}^3$ 的风动抓岩机装岩,抓岩机为中心回转环轨式,安装在下层吊盘。

捷克 0.65m^3 风动抓岩机 KS2U/40 型(仿苏)只用单抓斗,抓岩机沿环形轨道运行,环形轨道悬吊在吊盘下边,操作台在中心轴下部。

原苏联采用 KC 型大能力抓岩机(远距离操纵一个或两个容积为 $0.65 \sim 1.2\text{m}^3$ 的抓斗)和 $3.0 \sim 6.5\text{m}^3$ 大容积自卸式吊桶,使用最多的是 0.65m^3 斗容抓斗,配用的风马达每分钟耗风 20m^3 ,钻眼时利用这种抓岩机稳钻,在大直径井筒有时还配备斗容为 0.25m^3 的抓岩机清底。还广泛利用风枪的压风清底法,使这道工序的掘进工劳动生产率提高了 $1 \sim 1.5$ 倍,最近准备研制一种安装在模板上的抓岩机。

波兰抓岩采用中心回转式单抓斗或双抓斗抓岩机,抓斗容积为 $0.6 \sim 0.65\text{m}^3$ 。吊桶容积为 $3 \sim 4\text{m}^3$,吊桶在井下摘钩,翻矸利用两个卡钩卡住吊桶底缘,翻笼翻矸方式。

原苏联学者认为,吊桶井下摘钩,特别是大容积吊桶,需要消耗很大体力,使劳动安全要求变得复杂化。所以现都采取井下不摘钩出矸工艺,这可大大减少工作面人员。

二、地面排矸

现在吊桶已全部实现自动翻矸。地面排矸采用矸石落地,铲车装岩,汽车集中排矸

方式。一般井架不设矸石仓,可以减轻井架重量,矸石利用铲车白天集中装车运走。这种出矸方式被认为是劳动生产率最高的。

在原苏联、波兰、加拿大寒冷地区以及在南非的部分井筒,矸石仓加矿车排矸仍被采用。

第七节 砌 壁

一、矽材料

德国在冲积层采用复合井壁,包括水泥砂浆、砌块层、沥青层、钢板圈层、钢筋矽层。而捷克则根据地层变化,随时改变井壁结构。一般稳定基岩层为素矽,破碎和复杂地层改为丘宾筒或钢筋矽预制块等加强层。

原苏联在冻结段也常用丘宾筒作外壁。但现浇矽的井壁在立井砌壁中仍是占主导地位的支护材料。

目前国外普通立井现浇矽设计标号 300[#] 以上。冻结段高达 500[#] ~ 600[#]。提高矽标号,保证浇注质量的一个重要因素是矽外加剂的使用。矽中一般均加早强剂和减水剂,以提高矽质量和流动性。

二、矽搅拌

原苏联广泛使用集中自动矽搅拌站,自动计量,配比准确,并装有砂、石加热系统。一个搅拌站只有两人操作,搅拌矽能力约 20m³/h。德国有专用矽搅拌系统,处理能力为 15m³/h,捷克也常采用这种方式。

另外,利用集中矽搅拌站,自动计量搅拌,由大容积矽专用运输车运到井口。这种砌壁前电话预约的矽商品化的方式正在英国、波兰、德国、原苏联使用。这样可大大简化工作广场布置,减少占地和投资,总体经济效益很好。

三、矽下料

通常采用管子下料和底卸式吊桶下料,原苏联成功地解决了管子下料带来的离析、磨漏、堵管等问题。目前使用管子下料的最大深度达 1300m。捷克也是采用管子下料方

式。而波兰规定管子下料的最大距离为 100m。德国则只准 50m ,因此实际上他们只有部分正延深的井筒使用 ,其他下料均采用 $1 \sim 3\text{m}^3$ 的底卸式吊桶。

四、砌壁

世界各国普遍采用整体下移式金属模板 ,一次砌壁段高 $4 \sim 5\text{m}$ 。南非在平行作业中还有采用 6m 高模板的。井筒加深后要求一套模板打到底 ,故对模板设计提出更高要求。

德国经常采用单收缩口结构模板 ,液压油缸脱立模 ,模板靠井壁内螺纹钢筋拉杆悬吊 ,移动时靠四套吊盘葫芦下放 ,砌壁时吊盘都降至距工作面 $5 \sim 6\text{m}$ 处 ,在每段高之间留有 300mm 的敞口 ,以便吊挂模板和固定吊盘。

捷克模板为 2 个收缩口 ,液压缸伸缩 ,每层为 1m ,一般组装成 4m 段高模板 ,模板直接座在矸石上 ,平时用钢丝绳悬吊在吊盘上。

南非和加拿大 ,砼砌壁模板靠 8 根 Dwidag 吊杆悬吊 ,用底卸式 4m^3 吊桶将砼下放到吊盘砼分料器上 ,通过分配系统分两次由四个管子把砼均匀分配在模板周围 ,模板安装在四层吊盘最下层盘上。

据原苏联建井专家介绍 ,他们使用的钢模板为内外两层 ,外层为钢板加筋模板 ,内层为支撑框架总体 ,它们之间通过斜面滑移导向柱连接 ,地面稳车悬吊内层框架 ,当脱模时下放框架 ,靠自重使外模直径自行收缩脱模 ,当模板移动部位调平找正后 ,进行浇注。

第八节 提升与吊挂

一、提升

从英、德两国的科技刊物看 ,近 20 年他们已不采用 2 台单钩提升 ,而改用双滚筒提升机了。德国鲁道夫王子公司的双绞盘提升机 ,可提容积达 8m^3 的吊桶 ,并且随着井筒延深 ,吊桶容量逐渐减少到 $5 \sim 3\text{m}^3$ 。这种提升机可单独操纵每个滚筒 ,最大提升高度为 1500m ,提升速度 $6 \sim 12\text{m/s}$ 。这种双绞盘提升与两套单钩相比 ,基建投资、提升机体积、建筑安装工程费用都可减少约 20% ,电动机功率也可减少约 20%。

加拿大 :一台 4.6m 双筒、单离合器矿用提升机 ,配用 12.5t 特大吊桶。

波兰、捷克均采用两套单钩提升、提升吊桶容积 $3 \sim 6\text{m}^3$ 。

原苏联研制和采用各种装配式基础的组合式单钩提升机(MIII - 6.3 , MIII - 9 和 MIII - 17.5 型提升机) , 这可保证开凿 1000m 深井筒使用 , 建筑安装工程工期和费用能在一定程度上缩短和降低。

二、吊挂

吊盘绳兼稳绳和回绳轮技术已被广泛应用 , 实现干打井后取消了吊泵 , 井壁吊挂技术应用也日趋广泛 , 这些都使凿井稳车大为减少。

德国除放炮电缆和照明通讯电缆用 2 台稳车悬吊外 , 其余井筒管路一般不设稳车悬吊 , 采用锚杆卡箍的办法把管路固定在井壁上或固定在井壁钢梁上 , 一般地面布置 6 ~ 10 台稳车。

捷克 除溜灰管、放炮、照明、通讯电缆外 , 其余管路采用永久罐道梁固定 , 在井下接长各管路 , 吊盘以下用胶管接长。

原苏联是井壁吊挂最多的国家 , 他们发明了一种新型的快速管接头 , 可使吊挂的管路自动垂直 , 用树脂锚杆吊挂管路。原苏联除稳绳、放炮、照明供电电缆稳车悬吊外 , 其余管线均采用井壁吊挂 , 他们已成功使用溜灰管井壁吊挂输料距离达到 1300m。

第九节 井架、通讯、信号与照明

原苏联已研究出适用于深度 1500m 以上的统一规格的凿井井架 , 其适用的井筒直径为 6m、7m、8m。井架上的设备包括开启封口盘和卸矸架盖门用的小绞车 , 铅锤悬吊绞车 , 矸输送设备等。

捷克凿井也用专用凿井井架。德国一般采用永久和凿井两用井架。

声光信号、电话通讯仍然是最主要的通讯手段 , 由于井下条件差 , 工业电视在井下还处于研制阶段。德国在井口、翻矸台上设置录像口 , 使提升机操作人员在机房可以看到吊桶的运行 , 提升更加安全。

原苏联建井施工与机械化研究院研制的 PBD - 1B 立井防爆照明灯 , 现场使用效果极好。220V、125W、光能量 5200 流明 , 采用汞电源。

第十节 其它施工方法

一、反井钻机施工

在有条件的地方,使用反井钻机技术较之传统凿井方法更为优越,它不需要井架和提升机之类的基础设施,也不需要庞大的凿井工程队,且凿井速度快。

利用原来井下巷道,先在地面打一导孔贯通,然后在巷道内安装反井钻头,扩孔至地面,一般反井孔为 1.4~2.0m 左右,利用这个孔通风和排矸,加快了凿井速度,降低了施工成本。刷大时可分成普通打眼放炮刷大砌壁和掘进机刷大。

立井掘进机在先导孔基础上刷大的施工法具有以下优点:施工一个深 600m 的井筒,工期约缩短 50%,施工造价比普通法要低 50%,由于不会超挖,落岩量少 10%~15%,中心孔不易堵塞,井壁围岩完好,砌壁减少 30%,安全条件好,德国已用 SBV II-650/850 型立井掘进机开凿直径 6.5~8.5m 井筒 4 个,总长 1728m,创造 3 月成井 494.86m 的好成绩。

二、立井掘进机

美国阿尔卑尼设备公司开发了一种双用掘进机,既可掘进立井,又可掘平巷,该机属于部分断面掘进机,可掘进任意开头和尺寸的立井,无需准备时间,设备到达工地就可全部组装好,有多种切割臂可供选择,可装配履带行走机构、护盾平台等装置,重量 15~17t,装机功率 30~450kW,这种新颖的立井掘进机在美国已完成 13 个立井井筒,其中 12 个为圆形井筒,直径 6.1~11.9m,所开挖岩石有石灰岩、页岩冻土、砂砾、硬砂岩、泥灰岩,都取得成功。

美国 J.S. Redpath 有限公司制造的一种带水平轴切割滚筒的立井钻井机,其水平轴与垂直动作的轴架联接,而轴架又安在旋转机构上,切割滚筒对面的抓岩排矸机构也安在旋转机构上,直接从井底工作面抓取矸石排入矸石仓斗,由上下支撑机构将全套钻井机设备固定在已钻好的井壁上,钻井机迈步行程 600mm,切割滚筒上有 28 把滚刀,514.85kW 电机、转速 14rpm,钻井机所有部件都能通过 2m×2m 断面,其最长 5.5m,个别重达 14t,这套立井钻井设备及其专用部件比较轻便,具有广泛的使用性。

原苏联采用 CK-1Y 型无钻杆掘进机凿井,正常运转时井下只需 2 人操作,每钻进 1.3m 钻机下移一次,掘进三次支护一次,管子下料、砟支护,金属下行自动浇注式模板砌壁。砌壁时,井下只 3 人工作。CK-1Y 型钻井机正常破岩效率可达 $1.5\text{m}^3/\text{h}$,软岩中月进可达 60m,而在硬岩中刀具平均寿命只有 4.0m,且钻进速度慢,遇到硬岩($f > 12$)和破碎地层时,钻井机工作问题较多。

井下无人凿井一直是人们追求的目标,大钻机钻井法施工由于刀具磨损扭矩大,泥浆处理等问题多,只用于表土、软岩或较小直径井筒钻井。反井钻井机出现,引出刷大施工法,立井掘进机既实现了井下全部机械化,又解决了大钻机钻杆扭矩大,泥浆处理等问题。虽然目前制造、维护、刀具磨损等费用都较高,但这种钻机发展前景是很好的,应引起我们重视。

第十一章 立井施工技术展望

第一节 历史与回顾

20 世纪 50 ~ 60 年代的矿井建设 , 主要是开发浅部煤层 , 以 90 万 t 以下的中、小型矿井为主。井筒直径一般为 5.0 ~ 6.5m , 井筒施工主要采用单行作业、反向平行作业方式 , 井筒施工设备主要采用 01 ~ 30 型手持式风动凿岩机、0.11m³ 斗容的气动抓岩机、1.5 ~ 2.0m³ 容积的吊桶、2.5m 直径的提升机、Ⅰ ~ Ⅳ型的金属凿井井架、8 ~ 16t 的凿井绞车及 250m 扬程的吊泵等中小型设备 , 井筒管线设施大都采用钢丝绳悬吊方式。

70 年代 , 矿井建设逐渐向深部煤层开发 , 一批年生产能力为 240 万 t、300 万 t、400 万 t 的大型矿井相继开始建设 , 井筒深度 700m 以上 , 井筒直径一般都在 6.5 ~ 8.0m , 地质条件复杂。为了适应大型矿井的开发 , 研制成功了六臂和九臂大伞型钻架 , YGZ - 70 型重型导轨式风动凿岩机 , 0.4 ~ 0.6m³ 斗容的中心回转式、环形轨道式、长绳悬吊式和靠壁式等形式的抓岩机 , 3 ~ 4m³ 容积的吊桶 , 卷桶直径 3m、3.5m、4m 的提升机 , 新Ⅳ型和Ⅴ型金属凿井井架 , 16t、25t、40t 的单、双卷筒凿井绞车 , 750m 的高扬程吊泵 , 链球式和座钩式自动翻矸设施、自卸汽车排矸、激光指向、液压滑模和整体活动金属模板等机械化水平较高的凿井设备和设施 , 井筒的管线推广了井壁吊挂方式 , 井筒的施工大都采用短段掘砌单行或混合作业方式。

至 80 年代已先后研制成功单卷筒和双卷筒提升机、3.0 ~ 5.0m³ 吊桶、0.4 ~ 1.0m³ 抓岩机、六臂或九臂伞钻、500 ~ 750m 扬程吊泵 , 16t、25t、40t 凿井稳车以及深井激光指向

仪、井筒通讯及信号装置、凿井局部通风机等一系列凿井设备。1988年,使用这套机械化装备在中国承包建设的摩洛哥立井工程中,曾达到平均月成井 81.6m、最高成井 107.6m 的水平,使中国立井技术跨进了国际先进行列。

到目前为止,仅我国煤炭系统就建成立井井筒近 2000 个,完成立井凿井施工技术成果 120 余项,专利 11 项,出版立井井筒施工技术的图书 127 本(套)。

经过多年的努力和实践,使我国的立井开凿技术有许多独特之处,主要特点是:

(1) 两套提升系统

采用两套提升系统,一套主要提升系统,一套辅助提升系统,目的是保证有足够的矸石提升能力,满足快速施工的要求。目前专用凿井提升机有 JK2.5/20、JKZ2.8/15.5、2JKZ3.0/15.5、2JKZ3.6/13.3 等四种型号,其结构有轴向刨分式和径向刨分式两种,便于运输、安装、调试、拆除。双卷筒提升机还有调绳装置。与提升系统配套的有新Ⅳ型和Ⅴ型凿井井架,可以满足伞钻进出、座钩式翻矸装置和矸石仓(溜槽)布置要求。此外,还有新系列 7t、9t、11t 钩头和 2m^3 、 3m^3 、 4m^3 、 5m^3 吊桶可供选用。

(2) 系列稳车悬吊井内设施

现有 5~40t 系列稳车,有单双筒 8 种规格和缠绕、摩擦式两种结构,以及带活动基础的单、双筒 10t 稳车。使用这些稳车悬吊吊盘、模板、吊泵、抓岩机、安全梯及各种管线。稳车集中控制可保证吊盘、模板等同步运行,安全作业。为了简化地面布置,满足深井施工需要,还可应用各种管线井壁吊挂技术,减少稳车用量。

(3) 伞形钻架打眼配合深孔光面爆破技术

现有伞形钻架有 FJD6、FJD6.7、FJD9、FJD9A 四种,配备 YGZ-70 型独立回转气动凿岩机,可以打直径 42~55mm、深 3.2~4.2m 的炮眼,配 YGZ-55 型凿岩机还可打 40m 深的工作面注浆钻孔。新近开发的 LBM 型模板钻架可以打 4m 深炮眼和 12m 深探水孔,供小直径立井施工使用。高威力防水、乳化、水胶炸药,高精度毫秒、电磁雷管,高频发爆器等火工新产品,可以满足中、深孔光面爆破的需要,为推广应用深孔光面爆破技术提供了物质保证。

(4) 大型抓岩机装岩

大型抓岩机抓斗容积有 0.4m^3 、 0.6m^3 两种规格(也有 0.2m^3 的小型抓岩机),比传统的 0.11m^3 小抓斗能力提高 1~4 倍。大型抓岩机有 4 种结构,7 种规格,目前普遍使用的有 HZ 和 HC 两种,一个井筒配备 1 台,装岩能力可达 $50\text{m}^3/\text{h}$ 左右。也有使用 2 台的,如宣东二号副井就配备 HZ-6、HZ-4 型抓岩机各 1 台,装岩能力比 1 台提高 30% 以上。近年又开发了 DTQ 系列通用抓斗、增力矩和冲击式抓斗,使抓岩机的可靠性、耐久性有

了很大提高,同时也扩大了使用范围。

(5) MJY 系列多用金属模板

“六五”国家科技攻关开发的 MJY 系列整体移动金属活动模板,比原有的金属活动模板有重大改进,不仅采用了独特的结构,只设一个收缩口,大大提高了抗变形能力,还可根据施工要求,组成直径 4.5~8.5m、高度 2.5~4.0m、刃脚高 0.2~0.3m 的 36 种规格的砌壁模板,而且采用了液压脱模技术,改造了浇注口,实现了一模多用,解决了浇筑困难和接茬差的问题,大大充实了立井机械化配套中支护这一薄弱环节,为快速施工提供了有效机具。为与金属活动模板砌壁配套,还研制了由强制式混凝土搅拌机、砂石配料、水泥罐、水泥螺旋输送机、自动计量装置等设备组成的混凝土集中搅拌、自动计量上料系统,能力达 $40\text{m}^3/\text{h}$,可满足月成井 100m 以上快速施工的要求。荆东矿副井应用这套装置曾创出月成井 212.6m 的高水平。此外,利用管子下料,或用 1.0m^3 、 1.6m^3 、 2.4m^3 底卸式吊桶下料,井下用混凝土分料器及振捣器等,对于提高砌壁效率和保证工程质量起到了积极作用。

(6) 综合治理井下涌水,千方百计实现干打井

治理好涌水,不仅改进了安全和作业条件,而且能充分发挥机械的作用,实现快速施工。我们坚持堵排结合的方针双管齐下。一方面根据水文地质条件和施工实际,分别采用地面预注浆、工作面预注浆、工作面堵漏注浆、壁后注浆等办法堵水。近年开发综合注浆法,专用钻机,注浆泵,止浆塞,少孔高压注浆及群孔定向钻井技术,在注浆效果、钻孔效率、注浆工期上都取得了突出成就。另一方面对于涌水不大或注浆后仍涌水较多时,提倡采取集流、导排措施,用各种扬程的吊泵和工作面气动、电动潜水泵及隔膜泵排水,为施工创造良好的作业环境。

(7) 凿井辅助设施配套,缩短了辅助作业时间

4-58 型风机,高效率,低噪音,风量可调,与玻璃钢风筒配套使用,能缩短排炮烟时间,保证工作面空气新鲜,能减轻风筒悬吊重量,延长风筒使用寿命。

KJTX-SX-1 型煤矿井筒通信与信号装置,包括信号控制台、提升机信号机、通信机和矿用抗噪声电子电话等装置,取代了传统的手工拉绳信号系统,而且不怕淋水与噪声,大大提高了通讯联络的质量和效率。

DJZ-II 型深井激光指示仪功率大,有效射程远,用激光束给井筒中心定位,指导掘砌作业,简化了放大线、铅锤找中的繁杂工序,大大缩短了放线测量占用的生产时间,节省了辅助作业时间,也有助于提高测量质量。

DKS250/127 型立井照明灯,采用卤素灯泡,光效高、照度大、防爆,彻底改变了井下

作业环境,有利于安全施工,提高效率。在凿井设备移动化方面,已开发了无基础空压机,取代冷却水池的节水、节电LY系列和ZX-2系列组合循环冷却水装置。在凿井设备标准化方面,除钩头、吊桶新系列外,还有井盖门小绞车、动力电缆绞车、座钩翻矸装置、多层凿井吊盘等,都有利于机械化配套。

(8) 科学组织,加强施工管理

为适应机械化配套快速施工而进行的施工科学管理工作的改进,也促进了机械化作业,发挥机械化优势。如地面三八作业、井下四六作业,组建专业班组进行排矸、砌壁、钻眼爆破等作业,执行工种岗位责任制,主要凿井设备包机制和定期检修制,安全、质量检查制等,都在推广应用凿井机械化快速施工中,起到了重要的作用。

我国独特的煤矿凿井机械化配套设备和工艺,经过多年推广应用不断改进和提高,从总体上、技术上都已进入世界先进水平的行列。

第二节 发展与展望

我国凿井机械化配套设备存在的问题是:施工单位限于经济实力和现有在用设备,无力优择国内新型设备进行综合配套,加之工人素质较低,月成井速度和人工效率与国外差距较大,行业管理部门尚未根据不同井径、井深、相应出岩量、月成井速度指标等,结合现有凿井设备能力进行科学研究并制定出相应凿井机械化配套设备的规范性要求。主管研究部门未能针对上述凿井机械化配套设备的规范性要求,对现有单机上能力,对不同档次配套设备系统上水平提出指导性的科技规划,研究单位缺乏国家长远科技规划的指引,限于在凿井工程近期市场需求中寻找课题等。这些问题的存在,必然影响我国凿井机械化配套实际水平的发展,影响施工速度,特别是全国凿井平均速度的提高。

一、凿岩

建议我国的伞形钻架大致应朝以下几个方向发展:

(一) 钻臂数一般确定为4、6、9个比较适宜

钻臂多少与井筒横断面积大小有关,通常井筒横断面积大,钻臂就多;井筒横断面小,钻臂就少。从统计资料分析,我国立井开掘规格有4.5m、5m、5.5m、6m、6.5m、7m、7.5m、8.0m;从比例上看,5~6m规格较多,约占立井总数的49%。根据井筒规格可以划

分为三类:一类是 4.5~6.5m 的配用 4 臂伞形钻架;二类是 5.5~7.0m 的配用 6 臂伞形钻架;三类是 6.5~8.0m 以上的配用 9 臂伞形钻架。这种划分方式,目的是把钻眼时间限制在 2.5~3.5h 范围内,便于施工现场实现四六制循环的劳动组合。

(二) 产品部件要系列化、标准化

为了扩大产品的使用范围,可以只改变配用的凿岩机、钻臂数、推进机构和系统中的关键部件,就能组成不同系列的产品。例如:伞形钻架中心立柱上部顶盘,设计成三种系列部件,周围分别能挂 4、6、9 三种钻臂,以满足 4.5~6.5m、5.5~7m、6.5~8m 以上的不同规格井筒的要求。将中心立柱下部(包括:下立柱、泵站和调高器等部件)作为产品的基础,分别配置三种顶盘,可以组成三种系列产品,不仅广泛满足市场需要,而且可以大大缩短产品研制周期,降低产品制造成本,提高产品制造质量。

(三) 加强试验研究

伞形钻架的设计要从传统的静态分析扩展到动态分析,单靠经验和理论计算,一般很难得出符合实际的受力状态,往往出现设计结构不尽合理现象:需增强的构件,截面积小;需减弱的部件,反而截面积大,特别是复杂杆件,更是如此。影响了机器的可靠性和使用寿命。应注重开发机器动态试验,测出各部件实际受力状态,根据受力大小和载荷谱的分析,确定各构件合理尺寸,从而使产品结构更加合理化。

(四) 重视低噪声和低速大扭矩凿岩机的研制

伞形钻架 90% 的噪声来源于风动凿岩机和气动机。经实测,一台正在工作的 6 臂伞形钻架,无论是国产的还是日本古河或德国的,环境噪声值都在 100dB 以上,甚至高达 120dB。在这样高的噪声条件下,现场工人必须配带双级防护用品(耳塞和耳罩),即使这样从井下上来的工人,仍有耳朵不适的感觉。因此大力开发低噪声凿岩机的研制,是一项非常紧迫的技术课题。为了谋求新的降噪途径,应开发液压凿岩机伞形钻架的研究。但庞大的液压泵站不适宜在伞形钻架上布置,这又成为设计的技术关键。

为了使伞形钻架能打 40m 深的泄水孔、注浆孔、探水孔,原有的 YGZ70 型配套凿岩机已不能满足要求:一是因为扭矩不够,二是因为冲洗岩屑的水压太低,仅 0.3~0.5MPa,只能打 7~8m 深的炮孔,若加大水压则会冲洗凿岩机的内腔,有损零件精度。样板研制的凿岩机除了具有低速大扭矩以外,冲洗水液由内排水变成外排水,可以加大水压实现深打孔,并增加一个减压阀,随钻孔深度的大小调节水压,可使深层岩屑被冲翻上来,实现深孔正常钻凿。目前,这种凿岩机仅有六台样机,还没有批量生产。

(五) 选择高质量的液压和风动配套元件

伞形钻架液压和风动配套元件约占总部件的 20%,包括各种高压软管、活塞式或叶

片式气动机、高压叶片泵、液压溢流阀、单向阀、单向节流阀、多联手动换向阀、各类轴承和滚针轴承以及各类橡胶密封圈等。这些元件质量的优劣将直接影响整机的可靠性和使用寿命。

(六) 注重外观质量和整体美观

随着市场经济的开拓,产品外观质量和形体美观越来越显示出其重要性,要把用户意见吸收过来,对每一个零件,从结构、操作的方便性、涂装色标、外观造型等诸多方面的研究,系统的完善设计制造,使国产伞钻走出国门,参加国际市场竞争,是我国伞形钻架今后发展的方向。

二、爆破

深孔光爆技术是立井快速、优质、高效施工的关键所在,搞好爆破可充分发挥各种大型机械的优势。

采用多阶漏斗式掏槽和分段掏槽,不但能提高爆破效率,而且可以减少爆破飞矸和冲击,减少对模板及其他悬吊设备的影响;分段掏槽是立井深孔爆破的发展方向。采用大直径药卷和炮眼,能提高炸药的爆破作用,减少炮眼数目,降低辅助作业时间,节约炸药用量,提高爆破效率。采用1~8段百毫秒延期覆铜电雷管,爆破时差合理;段数增加后,减少了一次爆破用量,起到准爆、防水和减震作用。周边眼布置和装药结构合理,井筒成形良好。设计合理的装药结构,使破碎块度均匀,便于装岩。

- (1) 立井短段掘砌混合作业法施工中的深孔爆破在技术上先进、合理。
- (2) 实施深孔爆破是提高施工速度、减少辅助时间及提高经济效益的关键。
- (3) 对爆破网络进行计算机优化设计,可减少瞎炮,提高网络的准爆性。
- (4) 选择先进的凿岩设备,如凿井钻架等,提高机械化程度,减少工人劳动强度。
- (5) 生产更高威力的水胶炸药,配合深孔爆破,提高爆破效果。
- (6) 采用磁性电雷管起爆系统,解决工作面装药时预防杂散电流问题。

三、装岩

(1) 探索将抓岩机操作系统移到井筒工作面,实现离机遥控操作,提高抓岩机工作效率,避免误操作。

- (2) 对抓岩机关键元部件进行技术攻关,提高设备的可靠性。
- (3) 研制适于抓岩机配套的消声装置,降低工作面噪声,改善抓岩作业环境。
- (4) 减轻抓岩机重量,减小机器外形尺寸,最大限度地减少占用井筒有效空间。

四、支护

根据我国目前立井凿井现状,整体移动金属模板应在如下几个方面开展研究:

(1)模板的高度决定了短段掘砌混合作业循环段高,因此随着凿岩钻架机械化凿岩和深孔光爆技术的不断完善,模板的高度宜加大到4~5m。

(2)模板的脱模、立模应全部实现液压机械化操作,立模操作上应研究以激光投点调平和测距仪测量半径的对中找正方法。

(3)由于新的《煤矿井巷工程质量检查评定标准》对井壁成形质量要求提高,必须严格控制模板设计、加工质量,使模板由非标准设备逐步成为标准设备,同时要加快模板行业标准制定。

(4)目前模板大多以地面稳车钢丝绳悬吊,随着煤炭开采深度增加,立井井筒平均深度已达到600m左右,千米深立井逐渐增多,因此应着手研究能独立行走的迈步式模板,以节省大量的钢丝绳和稳车,使井筒断面布置更趋简单方便。

(5)煤炭科学研究总院北京建井研究所已研制成功一种固定在整体移动金属模板上的凿岩钻架,在济宁运河煤矿主井完成了工业性试验,可钻凿4m深的炮孔和12m的探水注浆孔。研制一种以模板为中心,安装分离式钻架和抓岩机组,能分别完成凿岩、抓岩、筑壁和工作面探水注浆等多道工序的综合凿井设备机组,以满足我国深井凿井的需要,可能是今后的方向之一。

五、施工队伍专业化

立井施工有其自身特点,一个大的行政区域应保持一支稳定的专业施工队伍。该队伍有定型化设备,待准备工作完成后,专业队伍就能正常施工,千米井筒一年左右即可到底,并可为井筒延深施工服务。

六、管理

随着现代化管理技术的深入发展,微机管理、电脑操作和机械化配套应同时创新与发展。今后一方面要继续完善和提高施工作业线,同时也要使管理手段进一步现代化,广泛利用网络技术和工业电视监控以及信号、通讯、瓦斯监控等方面的智能化、自动化科技新成果,使立井施工的管理水平进一步提高。

立井工程施工采用项目法管理。施工企业要适应这一管理模式,提高自身管理能力。工程质量管理技术也是一个薄弱环节,我国建井技术要和国际接轨,必须贯彻执行ISO-9000标准,建立完整的企业质量保证体系,使每项工程都能达到标准。