

Shenbu Kuangjing Kaicai Jishu

深部矿井开采技术

李德忠 夏新川 韩家根 涂敏 梁袁 编著

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

深部矿井开采技术

李德忠 夏新川 韩家根 涂敏 梁袁 编著

中国矿业大学出版社



作者简介

夏新川,男,1949年生,研究员级高级工程师,历任连云港市白集煤矿矿长,江苏省连云港市煤炭工业公司总经理。全国煤炭系统优秀企业家,多次获省部级科技进步二、三等奖,发表论文20余篇。

前 言

我国采矿工作者一般把采深等于及大于 800 m 的矿井称深井。深部矿井开采是我国煤矿井工开采面临的重大技术课题之一。

随着社会对煤炭需求量的日益增加,开采能力不断提高,开采深度不断增加是井工开采的必然趋势。我国淮南、徐州、新汶、长广、开滦、北票、沈阳、鸡西、抚顺、峰峰、大屯、鹤岗、天府、通化、广旺、平顶山、水城、舒兰等矿区已进入深部开采。沈阳的彩屯矿采深已接近 1 449 m,我国煤矿正以每年 8~12 m 的速度向深部延深。因此,可以预计,在今后 10 年内,现有的大部分矿井将逐步进入深部开采。

深部开采出现了一系列新问题和新特点。其中,建井技术难度增加,岩层发生变化,软岩增加,压力增大,巷道位移量增大,巷道维护难度大,尤其是采准巷道维护更加困难。底板突水事故及冲击地压发生频率的增加,迫切要求对深部煤矿开采进行深入研究。这一问题已引起世界各国采矿界的高度重视,有关国际学术组织已多次召开了以深部开采为专题的国际会议。

世界上已进入深部开采的采矿国家中,如德国的鲁尔矿区、乌克兰的顿巴斯矿区等,对深部开采问题进行了大量研究工作,初步形成一套比较完善的开采体系。我国在深部软岩矿压研究方面也做了大量工作,取得了一定成果,但在深部开采体系上还有很多工作要做。因此,较系统地论述深部开采的理论和方法十分必要。

本书是作者多年来所从事的深井开采研究和现场实践的总结。书中大量吸收了国内外在煤矿深部开采研究方面成功的经验和技術,曾作为讲义给本科生讲授,本书是在此基础上修改加工编写而成的。书中较系统地叙述了深井建井技术,深部矿井巷道部署,采煤工艺,采准巷道支护设计的理论和方法,冲击地压的预防与控制,以及承压水体上开采等。

深部开采是一个复杂的系统工程,本书的出版只是这一工作的开始,若能为进一步的研究起到抛砖引玉的作用,作者将不胜荣幸。由于水平有限,书中难免存在一些缺点和不足,恳请广大读者给予批评指正。

本书在编写过程中得到了安徽理工大学资源开发与管理工程系的领导与同仁的大力支持,得到了淮南矿业集团、新集国投公司领导及同仁的大力支持。方华淑同志进行了大量的文字和图件的处理工作,夏孝够研究生、李冲研究生等对本书的编写也做了不少工作,在此一并表示衷心的感谢。同时向出版社和为本书编写、出版提供过帮助的同志表示深切的谢意。

作 者
2005 年 8 月

第一章 深部矿井开采综述	1
第一节 深部矿井开采的概念.....	1
第二节 我国深部矿井开采的基本状况.....	1
第二章 深立井建井技术	7
第一节 深立井井筒快速施工技术综述.....	7
第二节 立井冻结段快速施工实例	10
第三节 立井井筒快速支护技术	19
第四节 立井井筒快速施工的组织管理	26
第五节 深立井施工设备发展方向	29
第三章 矿井深部开采技术	33
第一节 矿井开拓部署	33
第二节 经济的巷道布置及矿压显现	37
第三节 减压的巷道布置	44
第四节 采煤工艺	61
第四章 软岩巷道基本性质	71
第一节 软弱岩层的基本性质	71
第二节 巷道围岩稳定性分类	85
第三节 巷道围岩稳定状态的特征及其控制途径	92
第五章 采准巷道合理支护设计	97
第一节 采准巷道合理支护形式选择方法	97
第二节 采准巷道合理支护形式推荐方案	99
第三节 采准巷道支护参数设计方法.....	103
第四节 跨采巷道锚杆支护参数设计.....	116
第五节 采区平巷合理位置的选择.....	122
第六章 锚杆锚索支护设计与施工	129
第一节 锚杆支护作用机理研究现状.....	129

第二节	单体锚杆支护作用机理·····	134
第三节	群体锚杆支护作用机理及支护参数的确定·····	137
第四节	锚索支护·····	144
第五节	工程应用实例·····	151
第七章	冲击矿压及其预防控制·····	156
第一节	冲击矿压成因·····	156
第二节	冲击矿压的影响因素·····	161
第三节	冲击矿压治理措施·····	166
第四节	开采技术措施·····	172
第五节	煤层注水·····	175
第六节	煤层卸载爆破·····	186
第七节	冲击矿压预测技术·····	188
第八节	冲击矿压综合防治·····	189
第八章	承压水体上开采支承压力在下伏岩层中的传递及底板突水防治·····	195
第一节	支承压力在下伏岩层中的传递过程·····	195
第二节	底板突水机理与防治预测方法·····	202
参考文献 ·····		218

第一章 深部矿井开采综述

第一节 深部矿井开采的概念

深部矿井开采的深部标准,目前我国尚无明确规定。根据我国煤矿的地质条件、开采技术水平、矿井装备水平、巷道矿压显现的特征,一般认为采深 800 m 及以上为深部开采,软岩矿井采深 600 m 及以上为深部开采。各国关于深部矿井开采的深部标准并不一样,例如德国为 800~1200 m,俄罗斯为 800 m,波兰、英国为 750 m,日本为 600 m。

第二节 我国深部矿井开采的基本状况

目前我国多数煤矿的开采深度已由 20 世纪 50 年代平均不到 200 m,增加到 90 年代的 500 m 左右。生产矿井 1980 年平均开采深度为 288 m,1995 年平均开采深度增加到 428 m,现在已达到 500 m 左右,相当于每年以 8~12 m 的速度向深部发展。据统计,我国已有平顶山、淮南和峰峰等 43 个矿区的 120 座矿井开采深度超过 600 m,逐步进入深部开采的范畴。其中开滦、北票、新汶、沈阳、长广、鸡西、抚顺、阜新和徐州等 171 处矿井开采深度超过 800 m。而开采深度超过 1 000 m 的有开滦矿务局赵各庄煤矿(1 160 m),年生产能力 230 万 t,主斜井、副立井综合开拓;沈阳彩屯煤矿(1 199 m),年设计生产能力 150 万 t,立井多水平开拓;新汶孙村煤矿(1 055 m),年设计生产能力 60 万 t,主斜井、副立井综合开拓;北票冠山煤矿(1 059 m),年生产能力 81 万 t,立井多水平开拓;北京门头沟矿(1 008 m),年设计生产能力 120 万 t,主斜井、副立井综合开拓等多处矿井。我国深部开采情况见表 1-1 至表 1-8 所示。因此,可以预计,在今后 10 年内,现有的大部分矿井都将逐步进入深部开采。

表 1-1 我国部分重点煤矿目前采深 ≥ 800 m 的生产矿井简况

矿井类型	最终采深范围 /m	矿井数目		平均采深 /m
		矿井处数	比重/%	
深矿井	800~<1 200	141	23.54	947.00
	800~899	53	8.85	845.49
	900~999	41	6.84	945.27
	1 000~1 099	33	5.51	1 029.97
	1 100~1 199	14	2.34	1 140.79

续表 1-1

矿井类型	最终采深范围 /m	矿井数目		平均采深 /m
		矿井处数	比重/%	
特深矿井	1 200~1 600	30	5.01	1 283.63
	1 200~1 299	20	3.34	1 234.10
	1 300~1 399	6	1.00	1 340.33
	1 400~1 499	4	0.67	1 446.25

表 1-2 我国部分重点煤矿目前采深 ≥ 800 m 的生产矿井开拓特征简况

序号	集团、矿	目前采深 /m	煤层倾角 /(°)	总层厚 /m	井田尺寸/km		生产能力/ $10^4 \text{ t} \cdot \text{a}^{-1}$		开拓方式
					走向长	倾斜长	设计	核定	
1	鸡西大通沟矿	802	14~20	1.1~1.3	3.00	2.60	24	18	片盘斜井
2	沈阳红菱矿	812	25~45	6.5	8.00	1.50	150	150	立井多水平
3	北京长沟峪矿	826	0~90	12.56	14.00	0.67	30	45	平 硐
4	开滦吕家坨矿	828	7~40	10.5	8.50	4.60	150	250	立井多水平
5	徐州权台矿	833	5~60	8.41	5.90	3.90	90	110	立井多水平
6	抚顺龙凤矿	834	0~50	51~3	5.00	2.50	180	110	立井多水平
7	抚顺老虎台矿	844	25	45	4.90	2.00	300	250	综合主斜副立
8	舒兰营城九台矿	856	0~15	12	6.00	1.50	75	75	立井多水平
9	北京木城涧矿	869	30~65	24.1	8.70	3.53	90	90	平 硐
10	天府三汇二矿	870	14~46	4.48	12.20	2.20	60	69	综合主平副斜
11	鸡西小恒山矿	880	10~25	15	5.00	6.00	240	240	综合主斜副立
12	开滦林西矿	900	18~30	13	8.20	4.00	230	100	立井多水平

表 1-3 我国最终采深 1 000~1 200 m 的部分生产矿井开拓特征简况

序号	集团、矿	最终采深 /m	煤层倾角 /(°)	煤层总层厚/m	井田尺寸/km		设计生产能力 / $10^4 \text{ t} \cdot \text{a}^{-1}$	服务年限 /a	开拓方式
					走向长	倾斜长			
1	平顶山一矿	1 000			5.00	5.50	400		综合主斜副立
2	新汶张庄矿	1 000	17~25	12.75	7.00	2.90	75	26.00	综合主斜副立
3	七台河富强矿	1 000			4.50	3.50	90		立 井
4	平顶山六矿	1 000			5.70	3.60	210		综合主斜副立
5	七台河东风矿	1 002			6.50	5.40	21		斜 井
6	峰峰二矿	1 005	7~23	13.03	3.80	1.30	60	24.90	综合主斜副立
7	鸡西城子河矿	1 006	8~36	14	6.70	4.00	240	70.00	立井单水平
8	水城大河边矿	1 010	25~30	10.05	5.50	2.00	60	100.0	斜 井
9	南桐砚石台矿	1 010	25~80	5.7	6.40	1.10	45	17.40	综合主斜副平
10	舒兰街矿一斜井	1 018	7~35	21	3.20	2.40	30	50.00	片盘斜井

续表 1-3

序号	集团、矿	最终采深/m	煤层倾角/(°)	煤层总层厚/m	井田尺寸/km		设计生产能力/ 万 t·a ⁻¹	服务年限/a	开拓方式
					走向长	倾斜长			
11	舒兰营城九台矿	1 019	0~15	12	6.00	1.50	75	48.00	立井多水平
12	南桐鱼田堡矿	1 020	20~90	5.2	4.20	2.50	90	24.00	立井多水平
13	鸡西麻山矿杏花井	1 026	4~30	10.1	8.20	4.20	120	81.00	立井多水平
14	淮南新庄孜矿	1 027	14~45	32.94	5.60	3.20	270	67.00	综合主斜副立
15	鸡西滴道矿	1 028	22~30	18	7.50	1.80	60	80.00	立井多水平
16	淮南孔集矿	1 029	60~90	29.11	8.70	1.10	90	99.00	立井
17	淄博夏庄矿二立井	1 029	13~21	5.7	10.00	4.20	21	30.00	综合双斜双立
18	徐州垞城矿马坡井	1 035			4.50	3.30	30		立井
19	大屯煤电公司姚桥矿	1 036	5~25	10	13.00	4.30	120	76.10	立井
20	大屯煤电公司孔庄矿	1 036	18~32	13.5	14.00	2.70	105	50.00	立井多水平
21	大屯煤电公司徐庄矿	1 036	15~28	10.13	10.00	3.00	90	97.00	立井多水平
22	徐州三河尖矿	1 037	0~37		15.00	4.25	120	85.80	立井多水平
23	大屯煤电公司龙东矿	1 037	2~35	7.08	13.00	2.50	90	51.00	立井
24	徐州垞城立井	1 037	22~45	6.96	9.20	2.90	45	41.00	立井
25	徐州张小楼矿	1 038	17~32	8.72	13.00	3.30	120	105.0	立井
26	徐州张集矿	1 043	10~65	9.74	9.50	2.50	45	48.00	立井多水平
27	平顶山八矿	1 043			12.50	4.20	300		立井
28	七台河铁东矿	1 048			8.30	1.50	120		综合主斜副立
29	兖州东滩矿	1 050	0~16	12.92	12.50	4.80	400	79.00	立井多水平
30	南桐矿二立井	1 070			5.00	1.00	30		综合主斜副立
31	南桐矿一斜井	1 070	40	4.6	5.00	1.50	30	31.50	斜井
32	阜新王家营矿	1 071	6~24	43.7	2.60	3.70	120	83.00	立井单水平
33	铁法大兴矿	1 073	<25	45	6.40	3.20	300	89.90	立井多水平
34	平顶山十矿	1 100			3.80	5.00	180		立井
35	天府三汇一矿	1 100			4.10	2.00	30		平硐
36	平顶山十一矿	1 125			3.70	2.80	60		立井
37	新汶华丰矿	1 128	26~45	12.6	7.70	2.10	90	40.00	斜井
38	肥城陶阳矿	1 129	6~30	8.88	4.60	4.30	90	52.00	综合主斜副立
39	北京门头沟矿	1 132	5~90	8.83	8.20	2.00	120	60.00	综合主斜副立
40	鸡西东海矿	1 134	12~60	14.55	11.50	3.00	90	45.00	斜井
41	广旺旺苍矿	1 140	37~45	4.4	8.20	1.80	10	21.00	平硐
42	华蓥山李子垭矿	1 150	0~80	2.1	7.80	3.20	75	38.00	平硐
43	新汶孙村矿	1 150	10~13	12.8	4.00	3.20	60	40.00	综合主斜副立
44	新汶良庄矿	1 150	12~17	8.22	3.70	3.30	120	20.00	斜井

续表 1-3

序号	集团、矿	最终采深/m	煤层倾角/(°)	煤层总层厚/m	井田尺寸/km		设计生产能力/ /万 t·a ⁻¹	服务年限/a	开拓方式
					走向长	倾斜长			
45	广旺广元矿	1 167	20~47	2.87	7.80	1.50	15	9.50	斜井
46	淄博岭于矿一斜井	1 175	8~12	8	7.50	6.00	21	20.00	斜井
47	鹤岗大陆矿	1 191			2.00	3.50	30		斜井

表 1-4 我国最终采深 1200 m 以上的部分生产矿井开拓特征简况

序号	集团、矿	最终采深/m	煤层倾角/(°)	煤层总层厚/m	井田尺寸/km		设计生产能力/ /万 t·a ⁻¹	服务年限/a	开拓方式
					走向长	倾斜长			
1	新汶翟镇矿	1 200			5.80	4.00	120		立井
2	华蓥山绿水洞矿	1 200			10.00	3.30	60		平硐
3	广旺白水矿	1 200	17~37	1.35	5.80	3.50	15	34.62	综合主斜副平
4	新汶协庄矿	1 212	5~34	8.97	13.10	2.90	120	72.00	综合主斜副立
5	北京木城涧矿	1 220	30~65	24.1	8.70	3.53	90		平硐
6	开滦钱家营矿	1 220	7~16	19.74	12.70	3.30	400	60.00	立井多水平
7	开滦唐山矿	1 227	0~90	15.8	14.50	3.50	210	60.00	立井多水平
8	开滦吕家坨矿	1 229	7~40	10.5	8.50	4.60	150	55.00	立井多水平
9	新汶潘西矿	1 230	22~28	5.2	6.00	2.90	30		斜井
10	沈阳红菱矿	1 232	25~45	6.5	8.00	1.50	150	42.00	立井多水平
11	开滦马家沟矿	1 233	45~85	14.8	8.90	2.10	90	67.00	立井多水平
12	徐州义安矿	1 237	10~85	8.35	4.50	1.30	60	47.90	综合主立副斜
13	沈阳林盛矿	1 238	20~75	18.5	9.00	3.00	90	59.00	立井多水平
14	徐州张小楼立井	1 238			5.00	3.00	45		立井
15	徐州夹河矿	1 243	16~26	8.3	5.50	3.50	45		立井
16	开滦林西矿	1 250	18~30	13	8.20	4.00	230	125.00	立井多水平
17	开滦赵各庄矿	1 254	25~90	482	9.00	1.70	230		综合主斜副立
18	松藻矿一井	1 258	22~30	4.39	9.00	2.50	60	91.00	综合主平副斜
19	北票台吉矿立井	1 272	42~75	14.18	7.80	2.20	75	45.70	立井多水平
20	长广公司七矿	1 289			12.00	L 50	45		立井
21	北票冠山矿	1 310	35~75	15.2	9.20	2.20	81	38.00	立井多水平
22	通化砬子矿四立井	1 325	10~70	22.1	2.50	1.70	45	28.18	立井多水平
23	通化道清矿北斜	1 330	25~58	8.15	2.80	1.80	15	48.00	片盘斜井
24	徐州旗山矿	1 333	10~60	6.3	7.50	4.50	60	48.00	立井多水平
25	天府三汇二矿	1 350	14~46	4.48	12.20	2.20	60	72.00	综合主平副斜
26	抚顺老虎台矿	1 394	25	45	4.90	2.00	300	53.60	综合主斜副立

续表 1-4

序号	集团、矿	最终采深/m	煤层倾角/(°)	煤层总层厚/m	井田尺寸/km		设计生产能力/ 万 t·a ⁻¹	服务年限/a	开拓方式
					走向长	倾斜长			
27	北京房山矿	1 421	0~90	9.78	7.50	2.50	90	120.0	平 硐
28	鸡西小恒山矿	1 432	10~25	15	5.00	6.00	240		综合主斜副立
29	沈阳彩电矿	1 449	5~18	7.24	7.80	2.40	150	54.00	立井多水平
30	一平浪煤矿抗八矿	1 483	15~51	3.69	6.00	2.80	45	16.00	平 硐

表 1-5 我国深井不同深度类型矿井的开拓方式

矿井类型	最终采深变化范围/m	立井开拓		斜井开拓		平硐开拓		综合开拓		合 计	
		矿井数处	比重/%	矿井数处	比重/%	矿井数处	比重/%	矿井数处	比重/%	矿井数处	比重/%
深矿井	800~<1 200	65	46.10	32	22.6	14	9.93	30	21.28	141	100
特深矿井	1 200~1 600	16	53.33	2	6.67	4	13.33	8	26.67	30	100

表 1-6 我国深井不同深度类型矿井井筒深度(长度)情况

矿井类型	最终采深变化范围/m	立井开拓			斜井开拓		
		矿井数处	井筒平均深度/m	比较/%	矿井数处	井筒平均长度/m	比较/%
深矿井	800~<1 200	65	495.6	226.8	27	1 070	187.3
特深矿	≥1 200	16	601.7	275.4	5	2 046.2	358.2

注:表中特深矿井斜井开拓项内包括综合开拓中的斜井。

表 1-7 我国近期开凿的部分深立井的井筒情况

矿井深度/m	集团、矿	井筒作用	井筒净径/m	井筒深度/m
800~1 000	北票台吉矿	副井	7.0	893.3
	阜新王营矿	主井	5.5	905.5
	北票台吉矿	主井	6.0	925.3
	淮南谢李深部	主井	6.5	986.5
	淮南谢李深部	中央风井	8.0	998
>1 000	淮南谢李深部	副井	8.5	1 022.2
	北票冠山矿	副井	7.6	1 025.5
	徐州张小楼矿	新主井	5.7	1 037.5
	新汶孙村矿	风井	6.5	1 052.0
	徐州张小楼矿	新副井	7.0	1 057.5
	北票冠山矿	主井	6.2	1 059.0
	北票郑家矿	风井	6.2	1 072.0

表 1-8 我国国有重点煤矿现有不同深度类型生产矿井生产能力比重

矿井类型	最终采深变化范围/m	矿井数		设计生产能力			
		矿井处数	比重/%	生产能力合计 /万 t·a ⁻¹	占总能力比重 /%	平均值 /万 t·a ⁻¹	比较 /%
深矿井	800~<1 200	141	23.54	12 831	27.59	91	131.88
特深矿井	1 200~1 600	30	5.01	3 390	7.30	113	163.77

深部开采出现了一系列新问题和新特点,其中,由于岩层压力大,巷道位移量显著增大,支架损坏严重,巷道返修量剧增,巷道维护变得异常困难。据统计由于深部开采引起围岩变形、位移和片帮、冒落、崩塌等安全事故,占矿山建设、生产事故中总数的40%以上,由此所带来的损失,仅死亡人数就占矿山百万吨死亡率中的50%以上。至于事故发生后的清理修复、加固等所耗费的资金和影响生产所造成的经济损失则以数亿元计,而且巷道量大面广,据估计深部矿井有各类巷道5万多千米,每年用于巷道的支护费用达百亿元以上。所以煤炭生产建设形势迫切要求对深部开采问题进行深入研究,这一问题已引起世界各国采矿界的高度重视。有关国际学术组织已多次召开了以深部开采为专题的国际会议,例如:1986年6月,国际岩石力学学会地层局在前苏联召开“深部矿井地层控制”国际学术会议;1989年8月在法国召开了“深部围岩岩石力学与岩石物理学”学术讨论会;1990年在英国召开了“软岩工程地质”国际学术讨论会;1992年7月在澳大利亚召开了“采矿地层控制”国际学术会议等。

第二章 深立井建井技术

第一节 深立井井筒快速施工技术综述

立井是煤炭开采的主要开拓方式之一,近年来新建矿井近半数是采用立井开拓方式。随着平原地区新井建设和煤炭开采向深部发展,立井开拓所占比重还会增大。

立井井筒工程是新建矿井中的关键工程。立井施工技术复杂,作业场所狭窄,工作环境恶劣,且受地质条件变化的影响大,有时甚至威胁到安全生产,因而井筒工程量虽然只占全矿井井巷工程量的 3.5%~5.0%,但是其施工工期往往占到全矿井建设总工期的 35%~40%,或更多。随着开采深度的增大,高产高效矿井的建设这一矛盾将会更加突出。

为了加快矿井建设速度、缩短矿井建设工期、尽早发挥投资效益,提高凿井技术水平、加快立井施工速度就具有特别重要的现实意义。

近年来,我国煤矿凿井技术发生了巨大变化,凿井技术水平和立井施工速度有了大幅度提高,在加快矿井建设中起到了重要作用。这些成绩主要表现在以下几个方面:

全国煤矿立井施工平均月成井进度迅速提高,1974 年成井进度平均为 16.4 m/月,1984 年提高到 29.26 m/月,10 年增长了 78.4%。1994 年又达到 39.44 m/月,这 10 年又增长了 35%,与 1974 年相比,提高了 140%。1997 年成井进度平均达到了 45.43 m/月,比 1994 年增长了 15%,与 1974 年相比,提高了 177%。

涌现出了大批立井快速施工新纪录。过去立井井筒施工月进度突破百米是很困难且极少的。据不完全统计,1974~1985 年立井施工月进度有 25 次突破 100 m,最高月成井 183.3 m(表土冻结段);1986~1996 年又有 23 次月进度突破 100 m,最高月成井 201 m;而 1997 年全年就有 28 次月成井突破 100 m,最高月成井 146 m;1998 年底已经有 19 次突破月成井 100 m,其中 5 次超过 183 m,最高月成井 216.5 m(表土冻结段)。特别指出的是月成井超过 100 m 水平的分布面很广,华北的开滦、邯郸、邢台、宣化、阳泉、离柳,东北的鸡西、七台河、鹤岗、双鸭山、铁法、沈阳,华东的淮南、淮北、兖州、枣庄、济宁、丰城,中南的平顶山、鹤壁,西北的窑街等矿都已出现过月成井超过 100 m 的成绩。中煤五公司承建的摩洛哥王国杰拉达 3 号井、孟加拉国巴拉普库利亚副矿井施工中也有 3 次月成井突破 100 m,最高达 115.1 m。同时,立井施工连续几个月持续快速施工,月月超 100 m 的捷报也多次出现。鹤岗煤建处在兴安矿主井施工中,连续 5 个月月成井破百米,最高月成井 120 m,平均月成井 100.56 m;鸡西建井处在滴道东风井施工中,5 个月成井 622 m,平均月成井 120.4 m;中煤五公司三处在宣东二矿副井施工中连续 6 个月月成井超百米,平均月成井 121.2 m,全井筒平均月进度 108.3 m。这些都充分显示了我国煤矿凿井的技术水平。

井筒施工速度加快,从而使建井工期大大缩短。最突出的就是涌现出一批当年开工、当

年到底的井筒。峰峰大淑村矿副井深 688 m, 实现当年开工, 当年到底, 平均月成井 77.34 m; 平顶山十三矿副井、鸡西小恒山西风井平均月成井分别为 78 m 和 84.8 m; 宣东二矿副井 6 个月成井超百米, 全井平均月成井 108.3 m, 主井 3 个月超百米, 基岩段平均月成井达 108.9 m。快速施工, 既缩短了建设工期, 也节省了大量资金。设计年产能力 1.5 Mt 的铁法三台子一井井筒在快速施工中, 多次月成井超百米, 全井建设总工期仅 40 个月。大淑村副井工期比合同要求缩短 5.5 个月, 比预算节约 300 万元。宣东二矿主井工期比合同要求提前 5.7 个月, 比预算节约 500 万元, 为矿井提前建成投产创造了条件。

凿井机械与工艺不断提高和完善。在三部立井掘进机械化配套科研攻关会战取得的近百项科研成果的基础上, 1985 年以后在推广应用之又开发出了井壁支护系统的新设备和新工艺。并专门研究了混合作业法, 发展了综合注浆法新技术, 改进了钻架和大抓斗, 成功研制独具特色的 3.5 m 高、单伸缩缝的整体下移金属模板等, 初步形成了我国煤矿独具特色的凿井新技术, 为快速施工提供了物质基础。这些设备全部国产化, 在短段掘砌混合作业中, 机械配套合理, 性能可靠, 使用得心应手, 在立井井筒快速施工中发挥了重大的作用。

这些成绩的取得首先是领导重视。各级领导对立井施工难度大、立井是矿井建设的关键工程有正确的认识, 并给予极大的关注。其次是基本建设改革逐步深入, 如执行了项目法、招投标、质量监督、建设监理、投资拨改贷等一系列新政策, 引进了激励、竞争机制, 简化了管理层次, 明确了责权利, 改进了分配和奖惩制度, 极大地调动了广大建设职工快速施工的积极性, 激发了依靠科学求生存、求发展的竞争意识, 施工队伍素质有了很大提高, 快速施工得到普遍的、全面的发展。第三是 1974~1984 年煤炭、冶金、一机三部组织了立井掘进机械化配套科研攻关会战, 取得近百项成果, 为凿井技术的提高和快速施工奠定了基础。一经煤炭部发起, 就得到冶金、一机部的支持, 迅速组织有关厂家、企业、高校、科研、设计等 140 多个单位, 统一规划, 分头执行, 先研制单机, 后组织配套。数以万计的职工参加了科研会战。经过几年努力, 取得科研成果近百项, 组织 30 个立井进行施工机械化配套试验, 取得成功后又为 40 个立井装备了主要凿井设备, 从而为立井快速施工奠定了基础。

20 世纪 70 年代, 用锚喷支护取代井圈背板临时支护, 简化了工艺, 减少了掘砌变换工艺的次數。后来又研究了前苏联的凿井历史, 发现短掘短砌混合作业法不仅可完全取消临时支护, 而且掘砌作业可适当平行, 有利于安全, 还可保证工程质量。为此, 将立井短段掘砌混合作业及其配套施工设备列入“六五”国家重点科技攻关项目, 由煤科总院北京建井所和平顶山三处等单位共同研究, 显示了其工序组织合理, 技术配套科学, 机械化程度高, 工艺简单, 安全和快速施工的先进性。尤其是整体下移金属活动模板的研制成功, 充实了机械化配套中砌壁这一环节。在“七五”国家科技攻关中, 煤科总院北京建井研究所等单位, 又承担了凿井设备井壁吊挂等项目, 并在凿井设备性能提高、完善和其他配套技术等方面做了大量工作。开发出了 MIY 型系列多用金属模板、混凝土施工中的集中上料自动计量、分料器、振捣器等配套设施, 改进了伞形钻架, 配备了 YGZ55 型凿岩机, 开发了与整体模板配套的小型钻架, 研制了大型通用抓斗等, 使立井施工机械化配套得到充实和发展。

经过多年实践, 我国煤矿凿井技术(包括机械化配套器具)有许多独特之处。其主要特点是:

(1) 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矿石提升能力, 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、2JKZ

3.0/15.5和2JKZ3.6/13.3等四种型号,其结构有轴向剖分式和径向剖分式两种,便于运输、安装、调试和拆除。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 2 m^3 、 3 m^3 、 4 m^3 、 5 m^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,减少稳车量。

(3) 伞形钻架打眼配深孔光面爆破技术。现伞形钻架有FJD6、FJD6.7、FJD9和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深的工作面预注浆钻孔。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 0.4 m^3 、 0.6 m^3 两种规格(也有 0.2 m^3 的小型抓岩机),比传统的 0.11 m^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,它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,改造了浇筑口,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的机具。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。邢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 1.0 m^3 、 1.6 m^3 、 2.4 m^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都起到了积极作用。

(6) 综合治理井下涌水,千方百计实现干打井。治理好涌水,不仅可改进安全和作业条件,而且能充分发挥机械的作用,实现快速施工。治水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。近年开发的综合注浆法,专用钻机,注浆泵,止浆塞,少孔高压注浆及群孔定向钻进技术,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,缩短辅助作业时间。

4—58型凿井风机,高效率、低噪音,风量可调,与玻璃钢风筒配套使用,能缩短排除炮烟时间,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型煤矿井筒通讯与信号装置,包括信号控制台、提升机信号机、通讯机、信号机和矿用抗噪声电子电话等本安型装置,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—Ⅰ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、铅垂找中的繁杂工序,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,同时又有助于提高测量质量。

DKS250/127型立井照明灯,采用金属卤素灯泡,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,已开发出无基础空压机,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)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,发挥了机械化优势。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 立井冻结段快速施工实例

一、例一,邢东矿副井冻结段快速施工

1. 工程概况

邢东煤矿设计年生产能力为0.6 Mt,采用立井开拓,设主、副井各1个。副井井筒设计净直径6.0 m,全深842.5 m,其中冲积层段265.5 m。井壁结构0~—4.5 m段为红砖砂浆砌筑临时井颈;—4.5~—256.5 m段为内层和外层钢筋混凝土井壁,厚度均为450 mm。混凝土强度等级在—4.5~—141.5 m段分别为C25和C30;在—141.5~—256.5 m段分别为C45和C35;—256.5~—265.5 m段为锥形整体钢筋混凝土壁座,厚度900~1 900 mm,混凝土强度等级为C45,钢筋为20~22 mmⅡ级20MnSi螺纹钢,间排距均为300 mm,钢筋搭接长度为环筋 $25d$ (d 为钢筋直径),竖筋 $35d$ 。副井冻结段掘进体积12 886.6 m³,共用混凝土5 917.7 m³。

2. 地质条件

根据邢东煤矿副井井筒检查孔柱状图可知,井筒穿过的地层:0~—8 m为黄色表土;—8.0~—233.8 m为第四系冲积层,多为结构松散尚未胶结的沉积物,主要有红棕色、褐色、绿灰色黏土和砂质黏土,有绿灰色、土黄色、浅灰色砂层,有肉红色、紫红色砾石;—233.8~—265.0 m为基岩风化带,主要为泥岩和砂岩,见表2-1所示。

表 2-1 邢东副井冲积层段地层统计表

序号	岩层名称	层数	累计厚/m	占冲积层段百分比/%
1	表土	1	8.00	3.0
2	砂质黏土	7	49.24	18.5
3	黏土	7	62.37	23.5
4	细粉砂	7	65.06	24.5
5	中粗砂	6	37.43	14.1
6	砾石	3	10.60	4.0
7	泥岩	2	18.50	7.0
8	粉砂岩	1	12.23	4.6
9	粗砂岩	1	2.07	0.8

该井田位于邢台雁行斜列式构造邢台 1 号断层东侧,井田内为一波状起伏的单斜构造形态,地层走向总趋势为 NW—ES,倾向 NE,倾角一般为 $10^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 。为全隐蔽型井田,上覆第四系地层厚度变化大,尤其在井深 210~320 m 段,分布规律为西薄东厚,其底界面无大的波状起伏。

副井冲积层段有 3 个含水层:第四系上部为砂砾石和卵砾石含水层,成分为石英岩和石英砂岩,砾径 100~600 mm,半滚圆状,甚坚硬,砾石孔隙间充填混粒砂,厚度 48 m,埋藏浅,地下水垂直补给充足,含水丰富;中部为砂层含水层,厚度 42 m,为弱含水层;下部为砾石含水层,成分由乳白色和肉红色石英岩组成,砾径一般 100~200 mm,半滚圆状,甚坚硬,厚度为 2 m,为极弱含水层。副井冲积层段涌水量为 $85.9\text{ m}^3/\text{h}$ 。

3. 施工方案

根据副井第四系地层与水文特征,为了改善凿井施工条件,加快施工速度,冲积层段采用冻结法凿井。

黏土和砂土层掘进采用大型抓岩机直接抓土装罐,风镐和铁锹配合,砾石层和基岩风化带采用钻爆法掘进。

冻结段外层钢筋混凝土井壁采用短段掘砌混合作业方式施工。冻结段壁座和内层钢筋混凝土井壁采用长段单行作业方式施工。

4. 现代凿井设备与技术的应用

(1) 立井综合机械化配套

邢东副井具有井筒深、断面大、冲积层厚等特点,根据工程的实况,装备了能够代表我国建井技术先进水平的综合机械化配套设备:主提升选用 JKZ—2.8/15.5 型绞车,配 YR 143/46—10 型 1 000 kW 电机;副提升选用 2JK—3.5/20 型绞车,配 YR143/39—12 型 800 kW 电机。主副提升均选用 11 t 钩头和 3.0 m^3 大吊桶,主副提升绞车操作台前均安装了黑白电视监控井口系统;装岩用 HZ—6 型中心回转抓岩机,装备了三层吊盘。安装了 6 kV 临时变电所,空压机房安装 8LL—60/8 型空压机 1 台,5L—40/8 型空压机 1 台,4L—20/8 型空压机 2 台。安装了 2JZ—16/800 型稳车 2 台,JZ—16/1000 型稳车 8 台,MJY 型整体金属模板 1 套,组合式钢模板 13 套,还有 FJD—6.7 型伞钻,28 kW 凿井风机,吊泵,8 t 自卸汽车等。