

井巷施工 技术分析

易恭猷 编著

煤炭工业出版社

井巷施工技术分析

易恭猷 编著

煤炭工业出版社

783465

(京) 新登字042号

内 容 提 要

井巷施工是矿井建设及生产中的重要环节。如何使井巷施工安全、快速、优质、低耗,是工程技术及管理人员刻意追求的目标。另外,作为大专院校矿建及采矿专业的学生在学习《井巷工程》这门专业课程时,由于没有从事井巷施工的经验,学生们总感到难以掌握。针对上述存在的问题,本书作者在搜集了100多个井巷施工的实例的基础上,经分析、筛选出有关立井、斜巷、平巷、硐室等方面近50个实例汇编成书,并对每个施工实例中施工方案的选择、机具的配备、劳动组织等进行了技术、经济分析,对好的施工技术与措施加以肯定,对施工中存在的不足之处提出了改进意见。本书的特点是内容全面、实用性强,分析切中利弊。

本书可供从事井巷工程设计、施工的技术及管理人员阅读,也可供大中专院校矿建及采矿专业师生参考

井 巷 施 工 技 术 分 析

易 恭 猷 编著

责任编辑: 陈 昌

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平里北街21号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

开本787×1092mm¹/₁₆ 印张10¹/₄

字数 240 千字 印数1—677

1993年12月第1版 1993年12月第1次印刷

ISBN 7-5020-0797-0/TD·736

书号 3565 G0276 定价 8.50元

序

《井巷工程》是采矿专业与矿井建设专业的主要专业课程之一。学生学习这门课程，单从字面上理解并不难，凭记忆也可能考出好成绩，但是学生总是感到难以掌握，关键在于他们没有实践经验，无法深刻体会其内涵。为此，教学计划中专门安排了实习、课程设计与毕业设计，教学中教师们也尽量利用挂图、放录像、看模型来深化学生们的印象。但是，由于时间的限制，对众多的工程项目，不同的施工方案、不同的机具与不同的工艺，不要说在校四年学习期间的学生不能看全，就是毕业后从事现场施工的工程技术人员也无法遍历。为了从理论到实践架一座桥梁，为了汇集各种施工的实践案例，为了与教材、手册、汇编等配套，易恭猷教授历时一年多，收集整理资料，经过分类、改写、综合与分析，由百余案例中精选其半，按工程与施工方案编写成书，这就是现在呈现在读者面前的《井巷施工技术分析》一书。

本书作者易恭猷教授1962年毕业于重庆大学采矿系。毕业后，在现场从事井巷施工与设计的技术工作20余年。1985年调来山东矿院井巷教研室工作之前，是龙口工程处的副总工程师。来到山东矿院井巷教研室之后，以其丰富的实践经验参加井巷工程的教学与科研工作，发挥了良好的作用。本书的编写出版，就是他对井巷工程教学的贡献。因此，本书的特色，除了具有实践设计与施工的深度与广度以外，还有作者本人的分析见解，给学生以启迪、给现场技术人员以参考。尽管有的分析还不够深刻、见解还不一定准确，但是类似这样的著作，在国内毕竟还是太少。若能因此引起同行们的议论或争论，这对推进井巷施工技术的改革将会有一定的作用，我认为这也是编写、出版本书的目的。

周 文 安

1993年4月

目 录

序

第一章 概论	1
一、立井施工	1
二、斜巷施工	3
三、平巷施工	4
四、硐室施工	6
五、不稳定地层中的井巷施工	6
第二章 立井井筒施工	8
第一节 普通凿井法井筒施工	8
一、东滩立井施工机械化配套	8
二、千米立井施工	13
三、九龙口矿主副井井筒施工	19
四、万年矿中部立风井施工	25
五、七台河新兴立风井施工	30
六、小直径立井快速施工	33
第二节 冻结法冻结段井筒施工	38
一、钱家营矿冻结井快速施工	38
二、东庞矿井冻结井施工	40
三、冻结基岩段全断面爆破施工	43
第三节 化学注浆堵水施工	49
第四节 井筒延深	52
一、吊笼反井延深井筒施工	52
二、马家沟矿吊罐反井施工	57
三、用大钻孔放矸延深立井	61
第三章 斜巷施工	66
第一节 斜井施工	66
一、下石节煤矿胶带暗斜井施工	66
二、陈家山平硐三号斜井施工	71
三、马脊梁矿新高山主斜井施工	76
四、贵石沟主斜井机械化施工	79
五、山南斜井机械化施工	83
第二节 上、下山施工	85
一、林南仓矿下山施工	85
二、马家沟矿上山施工	87
第四章 平巷施工	93
第一节 岩巷施工	93
一、钱家营矿-450水平东翼胶带运输巷施工	93

二、黄港煤矿总回风巷施工	95
三、芦岭煤矿838轨道巷施工	99
四、任楼矿-315水平回风巷施工	101
五、焦村煤矿掘进动力单一化施工	106
第二节 煤巷、半煤岩巷施工	111
一、林西矿煤和半煤岩巷道施工	111
二、掘进机在煤和半煤岩巷道施工	114
三、燕子山矿半煤岩巷掘进机组施工	117
四、RH-25煤巷掘进机在平顶山矿务局一矿的应用	121
第五章 硐室施工	126
第一节 马头门及箕斗装载硐室施工	126
一、鲍店副井马头门施工	126
二、任楼矿风井马头门施工	128
三、东滩主井双面箕斗装载硐室施工	132
第二节 煤仓施工	138
一、兴隆庄煤矿井下煤仓施工	138
二、鲍店煤矿井下煤仓施工	140
三、甘豪煤矿井下煤仓施工	146
四、海孜煤矿井底圆筒煤仓施工	148
五、存在的问题及改进意见	151
第三节 其它硐室及交岔点施工	152
一、某矿大断面绞车硐室施工	152
二、兴隆庄煤矿1号磁岔锚喷支护施工	154
编后语	157
主要参考文献	158

第一章 概 论

随着煤炭工业的发展,井巷施工技术也在不断改进和提高,立井、斜井、平巷的掘进已基本形成了配套的机械化作业线,新型支护材料、支护技术也得到较大发展和广泛应用,为我国煤炭产量近十年来翻一番起到了促进和保证作用。

一、立井施工

(一) 立井表土段施工

我国立井表土段施工除少数矿井可以采用普通法施工外,绝大多数立井均需采用特殊凿井法施工。到目前为止,应用冻结法最多;其次是沉井法、大钻机法、帷幕法和注浆法。

1. 冻结法凿井

自1955年我国从波兰引进了立井冻结法凿井技术,在开滦林西矿风井成功地应用以来,我国用冻结法已建成300多个井筒,累计冻结凿井深度达50km。1984年建成的潘三东风井,冻深达415m,穿过第四系冲积层的厚度为358.6m,是我国第一个超400m的冻结井。目前,陈四楼立井冻深已达435m。谢桥立井冻深363m,建井获得成功。这表明我国在深厚膨胀性粘土中的冻结技术已取得可贵经验。

自引进冻结技术以来,我国建井工作者完成了大量的科学研究工作,促进了冻结技术的发展,为在我国极复杂地层地区建井创造了条件。

(1) 钻孔和测斜。1983年我国研制成DZJ500-1000型转盘钻机,扭矩大(12000Nm),可使用多种钻具组合,能提高钻孔垂直度;钻杆较粗,可与JDT-3型陀螺测斜仪配合,实现不提钻测斜;泥浆泵流量大,可与地下动力钻具配合,实现定向钻进,台月效率1000~1400m。1980年在潘三东风井首次用戴纳钻具实现定向钻进纠偏。1988年用纳维钻具在开滦煤矿完成我国第一口“S”形钻孔。DD-96型地下动力钻具已研制成功。1980年研制成的JDT-3A型电脑陀螺仪,可打印出偏距、偏向、斜率,并可绘制出偏斜图。近年来又研制成小型化的JDF-5型陀螺仪,可用于定向钻进测斜。

(2) 制冷设备。目前除常采用常规制冷设备外,制冷量大、工作稳定、维护操作简单的螺杆式制冷机已开始在一些工程中采用,如烟台冷冻机厂研制的KY-KA20型移动式冷冻机组。这些设备的采用将有利于冻结站装备的改善。

(3) 井壁材料。冻结井壁材料要求早强、高强。目前主要采用掺外加剂的方法,如早强剂、高效早强减水剂、硅粉等来获得早强、高强混凝土井壁。井壁结构现已由过去的单一井壁,发展为各种结构的复合井壁,锚喷在冻结井中用作外壁临时支护,已取得良好效果。

(4) 冻结井施工。利用控制冻结,可实现快速施工,开滦钱家营主井创全国最高月进183.3m。采用爆破法掘进时,炮眼深度及装药量有增大的趋势。

目前冻结凿井存在的主要问题是:井壁偏厚,成本偏高,冻结管易断裂等。此外,冻结壁自身的稳定性、井壁与冻结壁的关系,特别是在沉降地层中井壁结构等均有待进一步研究解决。

为实现深井冻结,还需对制冷设备和系统、温度量测智能化,以及确保钻孔、冻结管

质量等问题进行研究。

2. 沉井法

迄今,我国已有近200个井筒采用沉井法通过了不稳定表土含水层,仅次于冻结法凿井。最早采用的普通沉井法,沉深一般为20~30m。1958年震动沉井法试验成功,下沉深度达43.5m。自1969年以来,在山东、江苏等省试验成功触变泥浆淹水沉井施工工艺,采用水枪水下破土,压气排渣,辅以抓斗取石穿过冲积层。采用这种方法,1975年邯邢东庞北风井采用泥浆护壁,人工挖掘、沉深达83.13m,偏斜率仅3.8%。1976年6月,山东蔡园煤矿副井用触变泥浆淹水沉井,183天沉井103m,井筒偏斜率8.7%。1982年7月,山东曲阜单家村矿主井井筒用触变泥浆淹水沉井法成功地通过表土流砂,沉井深度为192.7m,偏斜率6.88%,创我国沉井最深纪录。

沉井法具有工艺简单,需用设备少,易于操作,成本低,工人不下井,劳动条件好,确保人身安全等优点,有广泛应用前景。但由于在防偏、纠偏上尚无十分可靠技术,因此偏斜率目前尚无可靠保证,故现在一般主张沉井深度以不超过100m为宜,最好是在50m以内。

3. 钻井法

自1969年钻井法凿井试验成功以来,使用钻井法施工已竣工的井筒约40个,累计成井深度约9km。最大成井深度508m,最大钻井直径9.3m,最高月成井74.73m。

从70年代起,我国已研制了工艺先进、机械化程度高的新钻机SZ-9/700型和AS-9/500型,提升能力达320t,能钻直径9.3m、深500m的井筒。深井测斜已基本解决,钻井工艺有很大改善,在选择试用的钻头旋转、滚刀破岩、自动给进、减压钻进、泥浆护壁、反循环洗井、机械与重力净化泥浆,地面预制悬浮下沉井壁等钻井工艺方面均取得了良好的技术经济效果。但在钻机、刀具、壁后充填、井壁结构、泥浆处理方面有待进一步研究、改进、提高。

4. 帷幕法

这种方法工艺简单,机具容易解决,造价较低,迄今约有20多个井筒采用这种方法,但最大深度均不超过100m。缺点是难于保证按工艺要求施工,可靠性较差。但在过浅表土流砂层时可以采用。

5. 注浆法

主要用于井筒堵水,用注浆法过表土流砂层。在我国仅在少数几个井筒进行过试验,虽然试验取得成功,但终因注浆材料费用昂贵而未能推广,今后如能研制出性能优良、价格低廉、来源丰富、操作方便的注浆材料,此法亦有广阔推广前景。

(二) 立井基岩段施工

井筒是矿井的咽喉,是矿井建设主要矛盾线上的关键工程。据统计,井筒工程量一般只占矿井井巷总工程量的5%左右,而施工工期却占矿井总工期的30%~60%,因此,加快井筒施工有着十分重要的意义。

统计表明,目前立井井筒全国平均成井速度与50年代后期相比相差无几。尽管机械化程度及施工技术均有较大提高,但为什么建井速度提高不大呢?究其原因,一方面是因为井筒加深。50年代井筒平均深度不足200m,最大深度仅300多m;而现在平均深度已超过500m,最大深度已超过1000m,且井筒断面也增大。另一方面在施工技术、机械化配套、

工人素质、企业管理等方面均存在许多与施工井筒不匹配等因素,制约着井筒施工速度的加快,另外重要的一点是井筒涌水严重影响着井筒施工进度。统计表明:井筒平均月进度超过40m的井筒绝大多数是打干井;井筒涌水量超过 $20\text{m}^3/\text{h}$ 时,大多数井筒平均月进度在20m以下。因此,实现打干井是加快井筒施工速度的关键之一。

迄今,我国立井施工的平均速度与先进工业国家比还有较大差距。但在近几十年来,我国立井施工技术仍有很大改进,并取得多项科研成果,在立井施工中发挥了很大作用。

1. 立井井筒施工机械化配套

自1974年起,由机械、冶金、煤炭三个工业部组织的立井机械化配套科研会战,取得丰硕成果,在立井施工中发挥了巨大作用。

目前我国立井施工机械化配套有大配套,即大抓岩机($0.4\sim 0.6\text{m}^3$)、大吊桶($3\sim 4\text{m}^3$)、大提升机、大凿井绞车(10、16、25、40 t)、大井架(新Ⅳ型、Ⅴ型)、高扬程吊泵(500、750m)和高扬程卧泵(800m)、自动翻矸、汽车排矸、多层吊盘、液压滑模等。如万年二号风井采用大配套,即采用伞钻、大抓、锚喷支护,平均月进为82.7m,最高月进为92m;杏花主井采用伞钻、大抓,支护为混凝土砌碇,平均月进50.3m,最高月进92m。

一般称手钻、小抓配备常规井筒施工装备为小配套,只要应用恰当,小配套同样可以取得较好的技术经济效益,如牛七南风井,采用手钻、小抓,井壁为混凝土支护,平均月进48.7m,最高月进61m。

2. 深孔爆破

我国已有几十个井筒采用深孔爆破技术,炮眼深度达4~4.7m,除可用伞钻打深孔外,七台河新兴立风井,采用人抱钻,打眼深达4.7m;在万年中部立风井进行深孔爆破,平均爆破率达88.9%。

为了提高爆破及抓岩效率,我国已开始试用大直径($\phi 55\text{mm}$)爆破,使炮眼数目可减少约40%。

3. 混合作业或短掘短砌

由于短段掘砌省去临时支护,可使成本降低4%~15%,并省去了临时支护时间(一般占循环时间15%~20%)。由于通过吊盘次数减少,从而提高了提升速度。同时,短段掘砌还省去了长段单行作业掘和砌的互相转换时间。因此,在同样条件下短段掘砌比长段单行作业速度快14%~27%,节省的费用达15%~21%。鸡西杏花主井、长广牛头山七号井、江苏三河尖主井、七台河桃山风井、新兴主风井等采用混合作业或短掘短砌均取得良好的技术经济效益。

在干打井(涌水量 $<5\text{m}^3/\text{h}$)的情况下,采用短掘短砌或混合作业的施工方式,应用深孔、大直径控制爆破技术,优化立井井筒施工机械化配套设备,立井施工进度会有很大的提高。

二、斜巷施工

过去,我国斜井施工一直比较落后自1972年组织斜井机械化配套科研攻关以来,我国斜井施工水平已步入世界先进行列。采取的主要技术是:光面爆破、激光指向、耙斗装岩机装岩、箕斗提升、储料斗卸矸、潜水泵或喷射泵排水、远距离输料锚喷支护等一系列新工艺、新装备。1972年湖南三处在利民斜风井创月成井365.5m,破日本325m的世界纪录;铜川下石节斜井最高月进达705.3m,创下新的世界纪录。为进一步改进斜井施工技

术,应在大耙斗装岩机、大箕斗、高频风钻、深孔光爆等方面加强研究,以期在斜井施工中广泛应用。从长远来看,应加强斜井钻装锚机组或斜井全断面掘进机研究,使我国的斜井技术居于国际领先水平。

斜井施工技术在条件适宜的下山巷道也应推广应用。

目前,上山施工除在装岩方面采用耙斗装岩机取得较好技术经济效益外,其它方面尚无大的突破,因此,研制适合我国国情的上山施工机械化作业线势在必行,否则,它将成为影响采区开拓的关键工程。

三、平巷施工

新建矿井中,平巷工程量约占井巷总工程量的70%,生产矿井平巷工程量所占比重则更大,因此,加快平巷施工速度对矿井建设和生产有着重要的现实意义。机械化施工是实现快速、优质、高效、低耗、安全施工的重要手段。近年来,我国已经采用的掘进机械化作业线有以下几种方式。

(一) 岩巷

1. 气腿凿岩机和耙斗装岩机为主的快速施工

(1) 七台河建井处在铁东西一采区零片石门,掘进断面 7.9m^2 ,用7655气腿凿岩机6台,防水高效水胶炸药,耙斗装岩机,转子Ⅱ型喷浆机1台等设备,1988年6月成巷进尺306m。

(2) 鸡西工程处在小恒山三水平东部胶带道等,掘进断面 7.22m^2 和 8.33m^2 ,采用7655气腿凿岩机多台作业,耙斗装岩机1台、浮放道岔、8t蓄电池电机车、喷浆机、激光指向仪等,1988年8月实现月进310m。

(3) 阳泉一处57队在贵石沟矿中央风井第三高水平抽风巷,掘进断面 6m^2 ,采用7655气腿凿岩机5台、ZYP-30型耙斗装岩机1台、2.5t及8t蓄电池电机车各2台、转Ⅱ喷浆机2台、激光指向仪等,1988年9月实现月进360m。

(4) 大同燕子山工程处2队在马脊梁矿1136轨道大巷,掘进断面 11.46m^2 ,采用气腿凿岩机、耙斗装岩机、3台喷浆机同时作业、激光指向仪等,在1991年3月实现月进306.2m。

2. 液压钻车和侧卸式装岩机为主的快速掘进

(1) 开滦钱家营矿在-600m东大巷掘进断面 14.7m^2 ,采用CTH₁₀-2F全液压钻车,孔深2m,ZC-213型侧卸式装岩机1台(备用1台),5t、8t蓄电池电机车分别为1台和2台,转Ⅳ喷浆机2台,激光指向仪等,1989年5月实现月进252.4m。

(2) 东庞煤矿在-280中央石门胶带巷,掘进断面 15.3m^2 ,采用CTH₁₀-2F全液压钻车,孔深2.1m,6号铵梯岩石炸药,ZC-2型侧卸装岩机、耙斗装岩机,2.5t蓄电池电机车,喷浆机等,1989年1月实现月进217.8m。

(3) 徐州建井处在夹合矿新副井-600西大巷,掘进断面 16.33m^2 ,采用CTH₁₀全液压钻车,钎长2.48m,ZC-2B侧卸装岩机(备用1台),2.5t蓄电池电机车1台,5t蓄电池电机车2台,转Ⅳ喷浆机2台,1.8m管缝式锚杆等,1989年3月实现月进260.7m。

3. 其它机械化配套作业线

(1) 多台气腿风钻打眼,ZYC-21型铲斗后翻装岩机装岩、浮放道岔、2.5t电机车掘进工作面短距离调车,8t电机车牵引矿车编组长距离运输。北票矿务局冠山矿4805队采用这一作业方式,1972年5月在掘进断面为 6.4m^2 的岩石平巷掘进中,实现独头月进712m。

(2) 多台气腿风钻打眼, 耙斗装岩机装岩, 浮放道岔配2.5 t 蓄电池机车调车。淮北基建局第30工程处猛虎队, 1973年10月在掘进断面 6.8m^2 的巷道时, 实现月进759.2m。

(3) 多台气腿风钻打眼, 两台耙斗装岩机装岩, 2台悬臂式胶带转载机转载, 电机车调车, 列车编组电机车运输。抚顺矿务局胜利矿于1975年在掘进断面6、9、 14m^2 巷道中月进1037.2m。

(4) 多台气腿风钻打眼, 侧卸式装岩机装岩, 悬臂式胶带转载机转载, 电机车调车, 列车编组电机车运输, 山东新汶协庄煤矿在大巷施工中月成巷一般均在100m以上。

(5) 多台气腿风钻打眼, 立爪蟹爪式装岩机装岩, 底卸式胶带转载列车转载并运输, 电机车牵引, 卸载坑自动卸载, 新晃汞矿于1976年3月, 在掘进断面 6.6m^2 巷道中实现月进1056.8m。

(6) 多台气腿凿岩机打眼, 蟹爪式装岩机装岩, 3台梭式矿车组列, 电机车牵引运输, 自动卸载。马万水工程队于1977年11月, 创岩巷月进1403.6m的世界纪录, 巷道掘进断面 6.7m^2 。

4. 全断面岩巷掘进机

全断面岩巷掘进机在国外是一种较成熟的巷道掘进设备, 但在我国仍处于研究、试验阶段。上海掘进机械研究所研制的适用于煤矿双轨岩巷机械化掘进的 $\phi 5\text{m}$ 全断面掘进机, 在山西古交矿区东曲煤矿平硐进行工业性试验14个月, 掘进1448m, 平均月进103.4m, 最高月进202m, 掘进断面 20.3m^2 , 工程质量全部合格, 1987年11月通过部级鉴定。该机截止1989年底, 完成了东平硐全长3600m的掘巷任务。

采用适合于煤矿单轨巷道掘进的 $\phi 3.2\text{m}$ 全断面掘进机, 于1988年1月~1989年2月在云南羊场煤矿掘巷1014m, 平均月进156.13m, 最高月进260.53m, 机组经受了硬岩和破碎带施工的考验, 工程质量全部合格, 为我国煤矿巷道全断面机掘施工积累了经验。

(二) 半煤岩巷施工

在半煤岩巷掘进中, 我国尚无成熟的掘进机组, 长期以来仍沿用钻爆法掘巷。这种方法与综掘机相比劳动强度大、运输环节多、效率低、进度慢, 常影响回采工作面的正常接续。为此, 大同矿务局曾引进一台英国生产的LH-1300H型掘进机组。该机组为履带行走、纵向切割的半煤岩巷掘进机, 它适用于大断面、低高度的巷道掘进, 它与国产胶带输送机配套使用。

机组于1990年3月在燕子山矿309盘区4号煤层的2911、2913、309、5913及2915五条巷道内使用。巷道净宽4.2m, 净高2.4m; 卧底掘进, 底板为深灰色粉砂岩, 抗压强度为78MPa, 抗拉强度为4.65MPa。至1991年9月底, 实际掘进279天, 进尺3325m, 刷帮卧底巷道633m, 平均日进11.91m, 最高日进21m, 最高月进400m, 取得了较好效果。

(三) 煤巷施工

目前, 就我国多数矿井来看, 煤巷施工仍以钻爆法为主。装运煤主要方式有:

(1) 煤电钻打眼, 装煤机装煤。阜新高德矿322队甲队, 1980年6月在净断面 5.17m^2 煤巷中, 木棚支护, 月进1514m。

(2) 2台煤电钻打眼, ZMZ₂-17型装煤机与爆破落煤相结合, 刮板输送机、吊挂胶带直接卸煤仓。西山官地矿23组1973年5月在净断面 5.4m^2 、木棚支护的巷道中, 月进2154.3m。

(3) 煤电钻打眼、ZYP-17型耙斗装岩机装煤, 矿车运输; 煤电钻打眼, 撬煤机装煤, 刮板输送机运输; 煤电钻打眼, 装煤机装煤, 胶带机运煤等等。

我国从1956年开始使用联合掘进机以来, 陆续在其它煤矿也使用, 并取得良好的技术经济效果。

(1) 1974年8月, 开滦唐家庄矿301队在净断面 4.7m^2 , 金属拱形支架的巷道中, 采用ELM型掘进机, 11型刮板输送机等, 实现月进2002.6m。

(2) 平顶山矿务局一矿, 采用安德森公司制造的RH-25型煤巷掘进机、桥式胶带转载机转载, SSJ-800型胶带输送机, 上胶带运煤, 下胶带进料, 在风巷单独铺设600mm轨距轨道, 进行辅助运输; 支架采用U型钢拱形支架, 或11号矿用工字钢梯形支架支护, 自1987年至1990年总进尺达25750m, 1990年实现月进183.35m。

(3) AM-50型掘进机组掘进, 转载机转载, 胶带机(链板输送机或矿车)运煤, 轨道或单轨吊运料, 这套作业线在淮南、龙口、晋城等矿务局获得广泛应用。王台铺矿在1991年采用这套作业线最高月进1100余m, 平均月进500余m。

(4) 兖州济宁二号井在建井期间, 煤巷施工中使用EBJ-100型国产部分断面掘进机掘进, SZQ-40型刮板转载机转载, ST-80型可伸缩胶带输送机运煤, FND-90型单轨吊运输机运料, 150t金属结构、机械式水平煤仓贮煤、装车、断面 20m^2 、36号U型钢拱形支架支护, 实现月进300m。

我国其它一些矿还引进国外掘进机组或国产其它掘进机组用于煤巷施工, 均取得一定的技术经济效果。

四、硐室施工

井下硐室工程由于用途不同, 其形状、规格各异。由于所处的位置、围岩不同, 其施工程序及施工方法也不相同。

对于大断面硐室, 过去一般均采用全断面法、台阶工作面施工法、导硐施工法施工; 近年来由于光爆锚喷的广泛应用, 特别是用锚喷做临时支护后, 井下各类大断面硐室多数采用全断面法施工, 或者台阶法分层掘进, 锚喷临时支护, 全断面分层配模, 连续浇灌等施工工艺。

马头门、箕斗装载硐室的施工与井筒施工同步, 或是井筒施工结束, 永久改绞前再另行施工; 如果井筒采用液压滑模筑壁、马头门或箕斗装载硐室硐口部分可与永久井壁同步浇灌, 这样不仅可简化施工工艺、而且整体连续浇灌, 有利于井筒及硐室的稳定。

井下煤仓, 仍以普通反井, 吊罐反井掘进为主。先做一小井, 然后由上向下刷大, 进行永久支护。部分斜煤仓采用由下往上全断面施工方法, 少数立煤仓也有采用由上向下全断面一次掘进, 锚喷临时支护, 再由下往上做永久支护。现在一些软岩矿井或煤仓深度不大的工程亦可采用普通钻机先打一导孔, 然后再分次刷大到 $\phi 800 \sim \phi 1000\text{mm}$, 做溜矸孔, 再从上向下刷大, 由下向上套壁。随着反井钻机的推广, 会有更多的矿井采用反井钻机施工煤仓。

随着深孔、特深孔爆破技术的发展, 今后在不少矿井也将采用特深孔控制爆破来施工井下煤仓。

五、不稳定地层中的井巷施工

随着煤炭产量的不断增加, 开采范围越来越大, 开采深度也不断增加, 地质条件更加

复杂，地压显现更加明显，施工及井巷支护更加困难。

在立井施工中遇到松软破碎岩层时，一般采用短掘短砌，锚网喷或金属井圈做临时支护，这种情况下井圈一般不回收，遇有水时，可优先考虑注浆。

在巷道或硐室遇到松软破碎膨胀岩层时，掘砌方法一般也是采用放炮与人工挖掘相结合，短掘短砌。对于砌碛巷道或硐室可用过顶梁、腰梁临时支护，亦可用喷-锚网-喷临时支护；如采用金属支架时，可采用前探梁临时支护，金属支架紧跟工作面；如采用锚喷支护、放炮后先喷一层混凝土，再打锚杆、挂网，最后复喷成型。

在具有膨胀性，特别是强膨胀性岩层中施工，采用金属支架时，一般应选用可缩性支架；采用砌碛或锚喷支护时，一般应采用扩大断面二次支护的方法施工，即掘进时根据围岩膨胀量适当扩大掘进断面，当巷道收缩、变形而逐渐趋于稳定时，再上二次支护即永久支护，永久支护后的断面应等于或大于设计断面。

在通过断层破碎带、淋水带、强膨胀性地层时，可采用可控压内注式注浆锚杆超前支护。这种锚杆是将注浆与锚固结合为一体，既能将破碎的围岩胶结成一个整体，用锚杆加固后，更能充分调动围岩本身的承载力，又可起到封水、堵水的作用。采用这种超前锚杆后，可以在破碎带下、淋水带下用普通掘进法施工，这种锚杆还可用于二次支护、已破坏巷道的加固与维修等工作。

第二章 立井井筒施工

第一节 普通凿井法井筒施工

一、东滩立井施工机械化配套

(一) 工程概况

东滩煤矿设计年产量400万t，位于兖州煤田中部，一对中央立井对角式开拓。主井净径7m，井深798m；副井净径8m，井深738m；北风井净径6m，井深561m；西风井净径6m，井深690m。

井筒穿过第四系、上侏罗系和煤系地层。第四系表土厚105~132m，其中含水砂层24~60m。往下为侏罗系岩层，下段为红色砂岩，煤系地层属石炭二叠系，厚约73~192m，主要由砂岩、砂质页岩、页岩、泥岩、灰岩及煤组成，岩层稳定。主要含水层有：三层煤顶底板砂岩，属孔隙裂隙性含水层；三灰、十灰属岩溶裂隙含水层。

主井预计涌水量，500m以上为 $24\text{m}^3/\text{h}$ ；西风井为 $376\sim 2660\text{m}^3/\text{h}$ 。为此，采取地面预注浆，主井施工至深500m时，涌水量仅 $8\text{m}^3/\text{h}$ ，经两次壁后注浆后，涌水量降至 $2\text{m}^3/\text{h}$ 。副井在270m以上时涌水量为 $0.5\text{m}^3/\text{h}$ 。北风井井筒涌水量 $1\sim 2\text{m}^3/\text{h}$ 。西风井采用冻结法治水。

施工方式，表土段采用短段掘砌；基岩段采用大段高单行作业。

(二) 井筒掘进机械化配套

东滩矿井是全国立井掘进机械化配套的试点单位之一，井筒施工配备了较多的国内外大型新型凿井设备，其配备情况如表2-1。

(三) 配套设备使用情况

1. 提升

井筒施工期间，主、副井主提为双钩提升，两个风井主提为单钩提升；副提均为单钩提升。综合提升能力分别为：立井井深600m时为 $27.2\text{m}^3/\text{h}$ ，790m时为 $24.4\text{m}^3/\text{h}$ ；副井井深400m时为 $39.28\text{m}^3/\text{h}$ ，660m时为 $34.65\text{m}^3/\text{h}$ ，748m时为 $31.98\text{m}^3/\text{h}$ ；北风井深562m时为 $26.5\text{m}^3/\text{h}$ ；西风井井深400m时为 $35.0\text{m}^3/\text{h}$ ，690m时为 $25.5\text{m}^3/\text{h}$ 。由此可见，随着井筒深度的增加提升能力逐渐减少，与装矸能力不相适应，随着深度的增加，提升能力越显不足。

2. 凿岩

除北风井外，各井筒均使用伞钻打眼。开始时进度较慢，工人熟练后速度加快。如主井用的日本古河六机伞钻，使用初期约需20h才能打106个3.5~4.0m深的炮眼，熟练后只需2~6h即可完成。实际平均钻眼时间约6h，钻一个4m深孔约需4~8min。

3. 装矸、排矸

除北风井外，各井筒均配有大型抓岩机，虽然机械故障较多，配合也欠协调，但深部装岩能力仍大于提升能力。如副井使用双抓斗环形轨道式抓岩机，因提升能力不足，实际

表 2-1

项 目		井 别	主 井	副 井	北 风 井	西 风 井
井筒主要特征	净直径(m)		7	8	6	6
	净断面(m²)		38.5	50.3	28.3	28.3
	井壁厚度(mm)	表土	900	1000	800	800(950)①
		基岩	450	500	400	400①
	掘进断面(m²)	表土	62.2	80.2	46.6	46.6(50.3)
基岩		50.3	65.1	37.4	37.4	
井深(m)			798.2	738.6	561.3	690.8
提 升	主 提	提升设备	瑞典 φ3.5m 双筒提升机	洛矿JKZ2-3/15.5 提 升 机	洛 矿2JK-3.5/20 提 升 机	洛矿2JK-3.5/20 型提升机
		最大静张力(t)	17.86	17	17	17
		最大静张力差(t)	12.7	14	11.5	11.5
		电机容量(kW)	直流1240	1000	800	800
		最大提升速度(m/s)	10	5.88	5.3	5.3
		吊桶(m³)	3	4	3	3
	副 提	提升设备	洛矿JK-2.5/20 提 升 机	瑞典 φ2.75m单筒 提 升 机	洛矿JK-2.5/20 提 升 机	洛矿JK-2.5/20 提 升 机
		最大静张力(t)	9	13.5	9	9
		最大静张力差(t)	9	13.5	9	9
		电机容量(kW)	直流1240	1000	800	800
		最大提升速度(m/s)	3.8	4	4.7	4.7
		吊桶(m³)	1.5	2	1.5	1.5
凿 岩	凿岩设备		日本古河六机伞钻	国产FJD-9 型九机伞钻		国产FJD-6 型六机伞钻
	最小收拢直径(m)		2.1	1.6		1.5
	高度(m)		8.5	5.0		4.5
	悬吊重量(t)		12	8.5		5.0
	钻 机		日本D95-S1型	YGZ-70型导轨式 独立回转	YD-24型气腿式	YGZ-70型导轨式 独立回转
	气缸直径(mm)		95	110	70	110
	活塞冲程(mm)		90	50	70	50
	冲击功(kg·m)			10	76	10
	频率(次/min)		1500	3000	1800	3000
	耗风量(m³/min)		6.4	单7总100	<2.9	单7总50
	钻头直径(mm)		42和52	42和52	42	40~45
	凿岩行程(m)		4.0	4.0	1.5	4.0
爆 破	炸 药		水 胶	水 胶	2号岩石硝铵	水 胶
	雷 管		100ms,5m脚线	100ms, 5m脚线	段发, 2.5m脚线	100ms, 5m脚线
	发 爆		220V直流	220V直流	380V交流	220V直流
装 研	抓岩机		中心回转式 HZ-4型	环行轨道式 2HH-6型	NZQ ₃ -0.11型	环行轨道式 日本大抓
	抓斗容积(m³)		0.4	0.6	0.11	0.6
	抓斗数(个)		1	2	2	1
	生产能力(m³/h)		20~30	双50~100,单33	双14.8	
	气动机总功率(马力)		33.5	2×34	气绞5	35
	压风总消耗量(m³/min)		17	~15	2.5气绞3.5~5.0	

续表

项 目		井 别	主 井	副 井	北 风 井	西 风 井
排 矸			8t自卸汽车		8t和32t自卸汽车	8t自卸汽车
砌 壁	表土	外壁(300号以上钢筋混凝土)	下滑刃角模板, 短段掘砌, 局部平行作业			
		内壁(300号以上钢筋混凝土)	液压滑模, 整段砌筑			
	基岩	临时支护	锚喷、立井喷浆机械手	锚	喷	
		永久支护(200号以上混凝土)	液压滑模, 整段砌筑			
悬吊提升设施	吊 盘		双层, 间距6m	五层, 全高16m	双层, 间距5.5m	日本双层吊盘, 间距4 m
	吊盘悬吊凿井绞车		JZM25/800A型, 2台	JZM40/1000A型, 2台	JZM25/800A型, 2台	JZ16/800型, 5台
	井 架		开滦槽钢井架	V型	开滦槽钢井架	
	总重(t)		72.18	98	72.18	
	设计最大荷载(t)		331.74	427	331.74	
	施工最大荷载(t)		308	404	200	227
	高度(m)		26.16 ^②	26.274	24.76 ^③	
	天轮平台平面(m×m)		7.5×7.5	7.5×7.5	7.5×7.5	
	井架底跨(m×m)		15×15	16×16	15×15	
	卸矸台高度(m)		10 ^②	10	8.6 ^③	
排 水	排水方式		一般用风泵吊桶, 涌水量大时用吊泵			
	吊 泵		80DGL-50/500, 流量为50m³/h, 扬程603m, 功率150kW			
水			6GD67×9型 2台, 流量150m³/h, 扬程603m, 功率440kN		两台吊泵接力	6GD67×5, 2台, 流量150m³/h, 扬程335m, 功率240kW
	腰 泵					

注: ①各井筒全部壁后充填50mm, 西风井井深140.5m以上壁厚0.8m; 140.5~274.5m壁厚0.95m。
②基础提高2.4m。
③基础提高1.0m。
④西风井在造表时尚未开工, 所用资料数据摘自施工组织设计。

上只用一个抓斗。北风井使用0.11m³小抓岩机两台, 机械故障较少, 打眼与抓岩可平行作业, 在小直径井筒, 使用它是合适的。

4. 液压滑模

各井筒除在冻结段采用可伸缩下滑整体金属模板外, 永久井壁全部采用液压滑模浇筑。滑模速度平均日进5~8m。副井因个别出水点涌水太大, 浇灌时冲去灰浆, 曾引起质量事故。

液压滑模提升架安装数量分别为: 主井14个, 副井16个, 两个风井各12个, 间距为1.5~2.0m。原则上每块模板一个提升架, 两个千斤顶, 千斤顶间距为300mm。

除副井基岩段平行作业外, 各井筒冻结段和基岩段均采用压杆式液压滑模。副井平行作业段用拉杆式液压滑模。爬杆悬于吊盘上, 呈受拉状态, 这样可提高爬杆承载能力, 且能回收使用。

5. 悬吊设施

东滩矿各井筒吊盘悬吊使用25 t 和40 t 大型凿井稳车。副井用五层吊盘,以适应短段掘砌平行作业。全吊盘由三层吊盘和两层滑模盘组成,外径7.6m,全高16m。第一层盘为吊盘悬吊绳生根盘,也是保护盘。往下6.62m的第二层盘为悬吊液压滑模的生根盘,也是混凝土的分灰卸载盘,本层设有扇形活页及4台液压撑紧装置。第三、四层为联成整体的滑模板,通过第三层操作盘上的手动葫芦,能在第二、五层之间升降。第三层是震捣混凝土、安设爬杆、下送滑模的操作平台。向下2.3m的第四层盘为辅助盘,是安设液压控制柜与管路,检查修整井壁,设置爬杆的控制平台。第五层是下层盘,距第二层8.82m,同上层盘一样,四周安有扇形活页和4个18 t 千斤顶,稳绳固定在此盘,盘下安装2HH-6环形轨道抓岩机,亦是液压滑模的安装找正盘。主提升双喇叭口贯穿五层盘,在盘面通过位置安有活页门,各层盘间有固定的铁梯,便于人员上下。

6. 凿井井架

主井和两个风井使用了开滦槽钢井架,为适应伞钻高度的需要,水泥基础主井提高2.4m,风井提高1m。副井使用V型井架。实践证明,经加高后的槽钢井架及V型井架均能满足掘进井筒机械化配套及悬吊设施要求。

7. 排水

鉴于实施了地面预注浆,编制施工组织设计时考虑井筒涌水量为 $2\sim 8\text{m}^3/\text{h}$ 。用风动潜水泵把水排到吊桶内即可。为防止意外,设计时仍布置了一台500m扬程吊泵。实践证明,设置这样一台吊泵是必需的,井筒通过某些区段涌水较大,套壁和处理事故时存水较多,仅靠风泵、吊桶排水难以胜任。除北风井涌水确实很小外,其他3个井筒设计了腰泵房(主副井共用),布置了两台腰泵。施工中发现80DGL-50/500型高扬程吊泵机械事故较多,施工时应有足够的备用泵。

(四) 施工简况

1. 主井

1979年12月1日试挖,1980年1月1日正式开挖。表土段采用差异冻结,长管深150m,短管深130m,冻结地压1.09MPa,冻结壁厚1.35m以上,冻结圈径12m,布置冻结孔30个。从开冻到试挖共81天,冻结段最高月进度81m,平均月进度34.34m。基岩段采用钻爆法单行作业施工,刚开始由于主提升瑞典提升机未到货,采用 $\phi 1.6\text{m}$ 国产提升机配 1m^3 吊桶。初期还使用YT-24型风钻打眼,眼深1.5~1.8m,眼径 $\phi 45\text{mm}$,2号岩石炸药,6段毫秒雷管,用这种浅眼爆破法掘进135m。1980年10月29日开始使用日本古河6机伞钻,眼深2.5~4m,炮眼直径 $\phi 54\text{mm}$,用 $\phi 45\text{mm}$ 和 $\phi 35\text{mm}$ 高、中威力水胶炸药,5m脚线6段百毫秒雷管,炮眼布置106个,220V、200A可控硅整流器直流大并联一次发爆,每循环总装药量260kg,爆破进尺一般为2~3m,最高3.4m。

2. 副井

1980年8月24日试挖,10月6日正式开挖。表土段冻结法施工基本上同主井,冻结深度长管145m,短管135m,冻结壁厚1.5m,冻结孔圈径13.5m,孔距1.25m,布置冻结孔34个。因开工日期的拖延,从开冻到试挖用了70天,积极冻结期加消极冻结期共7个月。冻结段最高月进度88m,平均月进度32.42m,伞钻下井前,也采用YT-24型风钻作浅眼多循环爆破,自1981年5月2日开始采用国产FJD-9型九机伞钻打眼,进行深孔光爆作业,炮眼128个,用7段百毫秒雷管,总装药量280kg。