

超前长距离大管棚支护在深表土层斜井施工的应用

金向阳

(天地科技股份有限公司 国内成套装备部, 北京 100013)

摘要: 在斜井施工中, 为了顺利通过含有深表土层、流砂层的地段, 设计提出了超前长距离大管棚支护和冻结法2个可行的施工方案, 经过详细的方案论证和技术经济比较, 推荐采用了超前长距离大管棚支护方案, 并在经坊煤矿成功采用导向跟管钻进技术实施超前长距离大管棚支护及滑模施工。工程实践表明, 采用导向跟管钻进技术, 能使超前大管棚一次支护长度达到160 m。与冻结法相比, 超前长距离大管棚支护可使工期缩短77%、造价减少83%。同时, 该施工方法成功推广到了庄子河煤矿。

关键词: 深表土层; 流砂层; 斜井施工; 大管棚; 导向跟管钻进; 滑模施工

中图分类号: TD262 文献标志码: A 文章编号: 0253-2336(2012)06-0019-03

Pilot Long Distance Large Pipe Shield Support Applied to Construction of Mine Inclined Shaft in Deep Overburden Soil

JIN Xiang-yang

(Domestic Complete Equipment Department, Tiandi Science and Technology Company Ltd., Beijing 100013, China)

Abstract: In order to successfully pass through the deep overburden soil and quicksand section for the mine inclined shaft construction, two construction plans of a pilot long distance pipe shield support and ground freezing method were provided for the design. With the plan verification as well as the technical and economic comparison, the guidance long distance large pipe shield support plan was applied. A guidance pipe drilling technology was successfully applied to conduct the pilot long distance large pipe shield support and the slip-form construction in Jingfang Mine. The project practices showed that the pilot pipe drilling technology was applied to make the once support length of the pilot pipe shield reached to 160 m. In comparison with the ground freezing method, the pilot pipe shield support could make the construction period reduced by 77% and the cost could be reduced by 83%. Meanwhile, the construction method was successfully promoted to Zhuangzihhe Mine.

Key words: deep overburden soil layer; quicksand layer; construction of mine inclined shaft; large pipe shield; guidance pipe drilling; slip-form construction

在煤层埋深不太深的情况下, 斜井开拓比立井开拓具有明显的优势, 如投资少、速度快、成本低等。因此, 在条件允许的条件下, 一般“能斜不立”。近年来, 随着矿井集中化、大型化、机械化和自动化程度的不断提高, 要求发展连续运输工艺, 增大提升能力。国内外许多新建和改扩建的矿井, 包括开采深度较大的大型矿井, 都趋向于采用斜井开拓方式或斜立混合开拓方式。特别是随着大倾角、长距离带式输送机的研制与应用, 在煤层埋

深不大于500 m的矿井, 主斜井采用带式输送机提升具有结构简单、输送量大、装卸料方便等优点。然而, 深表土层、流砂层的斜井施工一直是煤矿斜井施工的难题, 甚至制约开拓方式的选择, 有些斜井施工难以通过流砂层, 被迫改为立井, 造成了很大的浪费和工期的延误。笔者通过对经坊煤矿副斜井施工方案的比较, 成功应用了超前长距离大管棚支护导向跟管钻进技术, 取得了理想的技术经济效果, 并把该技术推广到了邻近的庄子河煤矿。

收稿日期: 2012-01-15; 责任编辑: 王晓珍

作者简介: 金向阳(1980—), 男, 吉林榆树人, 高级工程师。Tel: 010-84263329-1201, E-mail: 657865695@qq.com

网络出版时间: 2012-06-15 10:27:00; 网络出版地址: http://www.cnki.net/kcms/detail/11.2402.TD.20120615.1027.201206.19_005.html

引用格式: 金向阳. 超前长距离大管棚支护在深表土层斜井施工的应用 [J]. 煤炭科学技术, 2012, 40(6): 19-21, 25.

1 设计依据

经坊煤矿矿井生产能力为240万t/a，矿井采用斜立混合开拓方式，工业场地内建有主斜井、副斜井，主斜井采用1.0m宽带式输送机提升，副斜井安装1台GKT2×2×1-20型绞车，采用单钩串车提升，为方便人员上下井，设计将副斜井扩断面，原轨道位置不变，另一侧装备架空乘人装置，架空乘人装置与轨道中间布置隔离带。

原副斜井倾角20°，斜长400m，其中表土及软岩段长度230m，三心拱断面，井筒净宽3.1m，净高2.7m，断面面积7.72m²，料石砌碹支护。扩断面后，副斜井净宽6.0m，掘进宽度6.9m，净高4.4m，净断面面积为22.5m²，掘进断面表土段采用钢筋混凝土砌碹支护，正常基岩段采用锚网喷与锚索联合支护。根据原副斜井开挖揭露地质情况，表土段深度65m，主要以黄土、亚黏土层为主，局部为含砾砂层，围岩自稳定性相对较差，而且局部淋水较大，容易出现塌方，原副斜井施工时，曾发生3次冒顶事故，造成地面坍塌，采取措施后才通过。该副斜井掘进断面宽度达到7m，且距井筒外侧4m有联合建筑，如果塌方，后果十分严重，因此，为确保副斜井扩断面工程的安全施工，需对斜井穿越表土层段采取特殊措施。

2 施工方案比较与选择

根据工程特点，安全可靠的施工方法为冻结法或超前长距离大管棚支护^[1]。

2.1 冻结法

1) 分区冻结。将斜井分成若干区段、每个区段采用不同的冻结技术参数进行冻结。

2) 分期冻结。距离井口近的区段先冻结，距离井口较远的区段后冻结。分期冻结的时间间隔根据井筒掘进速度和每个区段需要的积极冻结时间确定，理想的情况是井筒掘进到各区段时，该区段的积极冻结时间刚好达到设计要求。

3) 竖孔局部冻结。在斜井上方地面打竖直冻结孔进行冻结，并按照冻结壁设计范围，对冻结壁上方的冻结管进行保温隔热处理，以节省冷量^[2]。

经坊煤矿副斜井需冻结段的长度为210m，共分为3段，每段长70m，采用分段打钻、冻结、掘砌的施工工艺，冻结和掘砌平行施工。冻结壁的

外边界为矩形，实际形成冻结壁应进入掘进断面0.5~2.0m。钻孔冻结孔沿井筒布置5排，排距2.0~2.5m，间距2.5~3.0m。

在每个区段布置3个测温孔，其中2个布置在设计冻结壁外边界，要求与冻结孔间距大，另1个布置在斜井开挖区内冻结孔间距较大处。测温孔深度与附近冻结孔一致。根据各段测温孔数据分析，判断冻结交圈时间、确定开挖时间及井筒掘砌至各分段时，冻结壁能够达到设计需用的强度和厚度。

冻结管采用φ127mm×5mm的优质20号低碳钢无缝钢管。管接头均采用内衬管对焊焊接。为满足冻结要求，最大区段冻结时间为180d，此时2区段维护，3区段积极冻结。根据测算，冻结费用为13.2万元/m。冻结段施工工期约为9.5个月(含冻结期)。

2.2 超前长距离大管棚支护

近年井筒及隧道已广泛采用超前大管棚支护，但传统的超前大管棚支护工法有很多局限性，比如一次施工距离短、难度大、工期长，或者一次施工距离大时通常偏差太大不能满足设计要求^[3]，为此该设计采用在北京地铁工程中成功应用的导向跟管钻进法进行超前长距离大管棚支护。该方法具有如下优点^[2,4-5]：①该方法施工不需要开设管棚工作室，可在很多狭小复杂的井筒或隧道中进行施工作业。②导向跟管钻进法的钻头是楔形的，在钻机水平顶进所产生反力的作用下改变方向，便于纠偏，且钻孔能适应各种角度。③一次施工长度可超过150m。④由于限定了水泥浆注入范围，相对注入量大幅减少，施工速度比深孔注浆提高2~3倍，周期缩短，成本较普通管棚支护低约50%。⑤可一次施工较大长度，减少窝工，提高效率。工期较普通管棚支护节省30%左右。⑥具有提高复合土体强度、防渗、抗滑、预支撑等多重效果。

超前长距离大管棚支护导向跟管钻进法与冻结法相比，具有工期短(本工程缩短77%)、造价低(本工程减少83%)的优点，因此经坊煤矿副斜井采用超前长距离大管棚支护导向跟管钻进法施工。

3 超前长距离大管棚支护导向跟管钻进法施工方案

3.1 工艺原理

该方法要求在钻进过程中每钻进一段距离后测

一次方位角并通过方位角进行纠偏。此方法采用工作钢管作为钻杆，在钻头部位安装有线导向仪器，根据钻头在钻进过程中的位置和方向同设计轨迹的差异，利用能进行方向调节的楔形钻头，从而改变钻头的钻进方向^[6~7]。钻头内装有特制的传感器，传感器通过有线线缆同管外的显示屏连接。显示屏显示钻头的倾角、面向角（显示器上有一角度指示钟，导向板斜面朝下时指示12点），导向钻头钻进角度如果偏下，可以把导向钻头调到12点，即导向板斜面朝下，钻机直接顶进后，由于此时导向板底板斜面面积大，受到土体向上的一个托力，导向钻头轨迹就会向上运移。同理在6点位置纠偏可以使钻头朝下钻进，9点、3点分别为左、右纠偏方向。当钻机匀速旋转钻进时，钻杆轨迹基本是平直的。利用显示屏反馈的信息来控制导向钻头的方位是此法的关键^[8]。

3.2 管棚布置及管棚工作室

1) 管棚布置。副斜井表土段长度210 m，暗槽表土段长度190 m，采用水循环导向跟管钻进法一次施工到位。管棚布置在斜井隧道开挖线外300 mm的弧形轮廓线上，采用φ133 mm×6 mm的无缝钢管，相邻管棚中心间距为300 mm，单根管棚全长为190 m，共布置管棚39根，钻孔倾角为20°，管棚布置如图1所示。

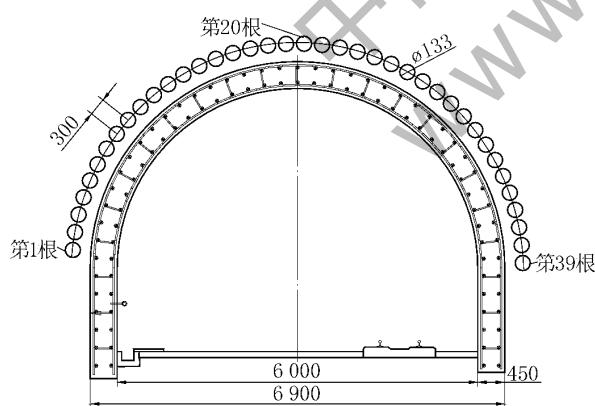


图1 管棚布置

2) 管棚工作室。该工程管棚工作室即现场开挖的明槽，工作室净尺寸为8 800 mm×8 000 mm，钻机安装平台标高应比最低一根管棚中心标高低1.0 m。

3.3 管棚施工工艺及工期

1) 施工工艺流程。现场准备→测量放线→钻机安装→调整钻机对孔位→钻进→回次加尺→跟踪

导向测量→直至设计孔深→取出导向仪→封孔→注浆^[6]。

2) 施工组织。采用三八制，每班5人。

3) 施工机械。① HTG-200型水平定向钻机1台，全液压驱动，功率为55 kW；顶进/回拖力为250 kN；扭矩为6 000 N·m。② SE-1型水平导向系统1套，包括探头和监视器，导线连接，可测钻头倾角及钻头斜面的面向角，探头发射的光束可监测左右偏斜。③ 泥浆系统包括BW-250型泥浆泵1台，泥浆搅拌器1台。④ BX1-500型电焊机1台。⑤ H-3移动式钻机工作台架1套。

4) 施工工期。每天完成1根管棚施工任务，从开钻日期算起，工期39 d。

3.4 支护

表土段临时支护采用U型钢骨架，短掘短支。永久支护采用钢筋混凝土砌碹支护，混凝土模板采用自制滑模。

4 施工效果及推广应用

经坊煤矿副斜井扩断面工程于2011年2月10日开始施工，3月29日完工，工期为39 d（扣除因机器故障等耽误的时间），平均每天打1根钢管。管棚平均长160 m（设计长度为190 m，由于受管棚施工机械的限制，管棚长度超过160~163 m后就不能再钻）。管棚支护每米井筒造价为2.2万元。

副斜井表土段长度230 m（含风化基岩段），永久支护于2011年4月1日开始施工，8月12日完工。施工过程中未出现异常情况，井筒质量完全达到了设计的要求，紧邻井筒的建筑物及路面也未出现下沉。

经坊庄子河煤矿为经坊煤矿下属子公司，该矿建设规模为120万t/a，矿井设计中有1条倾角为16°的主斜井和1条倾角为6°的副斜井。2条井筒处表土厚度为13 m左右，以粉土为主，土质均匀，含有风化砂泥岩颗粒，湿度大，给施工带来难度，因此，也采用了超前长距离大管棚支护。目前2条斜井井筒管棚已施工完毕，正在进行永久支护。

5 结语

大断面、深表土、含有流砂层的斜井井筒采用
(下转第25页)

周边矿区矿井的支护参数，确定18204运输巷的支护方式锚索可以优化为8000mm。

5 支护参数确定

通过对18204运输巷顶板支护方案的应力特征、位移特征及顶板监测点的对比分析，并参照现有巷道支护参数和支护效果，确定巷道支护方案为锚杆+锚索+钢筋网联合支护。

1) 顶板锚杆采用端头锚固，矩形布置方式，锚杆规格为 $\phi 18\text{ mm} \times 2000\text{ mm}$ ，间排距为 $1000\text{ mm} \times 1000\text{ mm}$ ，1排6根锚杆；锚杆材质为A3圆钢；树脂型号为CK2335，1卷/眼；钢筋网规格为 $1200\text{ mm} \times 2600\text{ mm}$ 。

2) 锚索补强支护，锚索规格为 $\phi 15.24\text{ mm} \times 8000\text{ mm}$ ，间排距 $2000\text{ mm} \times 2000\text{ mm}$ ，一梁3根锚索；树脂型号为CK2335，3卷/眼；锚索施工角度不小于 80° ，外露长度不得大于350mm。

3) 巷帮采用锚杆+金属网联合支护；其中煤柱侧负帮金属锚杆端头锚固，矩形布置，锚杆规格为 $\phi 16\text{ mm} \times 1800\text{ mm}$ ，间排距均为 $1000\text{ mm} \times 1000\text{ mm}$ ，至少3排；锚杆材质为A3圆钢。树脂型号为CK3540，1卷/眼；金属网规格为 $1200\text{ mm} \times 5000\text{ mm}$ ，巷道工作面侧帮采用玻璃钢锚杆支护。

6 结 论

通过数值模拟、并参考现有巷道支护参数和支护效果，确定了18204煤层巷道锚固支护参数，在18204工作面运输巷进行了工程试验。巷道围岩移

(上接第21页)

超前长距离大管棚支护导向跟管钻进法施工为国内首次在煤矿施工中的成功应用，工程实践表明：超前长距离大管棚支护是斜井井筒通过深表土、流砂层的有效方法之一，且技术、经济效果显著。施工中须注意以下问题：①钻机选型应根据地质条件及钻孔长度，考虑一定富余。②导向跟管钻进法的定向精度仍需进一步提高。③斜井施工时，如遇土质疏松地段，尽管已打上管棚，也要进行短砌短支。

参考文献：

- [1] 刘英杰, 李成涛. 斜井穿越流砂层施工 [J]. 建井技术, 2006, 27 (4): 2-5.

动监测结果表明：巷道支护按设计参数实施后，巷道围岩的表面最大位移为18mm，大幅减轻了工人劳动强度，提高了巷道支护效果和安全程度，从根本上改善于巷道围岩力学状况，巷道掘进速度提高了20%，缩短了准备工期，支护材料使用量下降了12%，巷道维护费用降低了15%，使采掘接替更加协调。

参考文献：

- [1] 陈育民, 徐鼎平. FLAC/FLAC^{3D}基础与工程实例 [M]. 北京：中国水利水电出版社，2009.
- [2] 田瑞云, 姚社军. 锚杆与锚索联合支护复合顶板 [J]. 煤炭科学技术, 2004, 32 (1): 70-72.
- [3] 康红普, 王金华. 煤巷锚杆支护理论与成套技术 [M]. 北京：煤炭工业出版社，2007.
- [4] 康红普. 煤巷锚杆支护成套技术研究与实践 [J]. 岩石力学与工程学报, 2005, 24 (21): 3596-3964.
- [5] 陈炎光, 钱鸣高. 中国煤矿采场围岩控制 [M]. 徐州：中国矿业大学出版社，1994.
- [6] 郝峻青, 赵军. 松软破碎顶板巷道支护技术研究与应用 [J]. 煤炭科学技术, 2011, 39 (3): 18-21.
- [7] 刘洪涛. 基于锚固串群体围岩的煤巷锚杆支护参数研究 [D]. 北京：中国矿业大学（北京），2007.
- [8] 刘洪涛, 马念杰. 煤巷破碎顶板锚固串结构及其力学性质分析 [J]. 煤炭科学技术, 2010, 38 (5): 5-8.
- [9] 刘洪涛, 马念杰. 综采工作面大倾角破碎顶板片帮冒顶防治技术 [J]. 煤炭科学技术, 2008, 36 (2): 6-8.
- [10] 何忠明, 彭振斌. 双层空区开挖顶板稳定性的FLAC^{3D}数值分析 [J]. 中南大学学报：自然科学版, 2009, 40 (4): 1066-1071.

- [2] 王友新. 斜井井筒冻结法凿井的施工实践 [J]. 陕西煤炭, 2011, 30 (2): 73-74.
- [3] 范俊廷, 林丽芳, 席继红, 等. 超前管棚支护在浅埋偏压黄土隧道施工中的应用 [J]. 现代隧道技术, 2011, 48 (6): 137-140.
- [4] 高怀鹏, 毛海东. 长管棚预注浆超前支护技术在浅埋偏压大跨隧道洞口施工中的应用 [J]. 公路, 2005 (10): 214-217.
- [5] 黄昌富. 超前支护大管棚的导向跟管钻进技术 [J]. 岩土工程界, 2007, 10 (1): 78-80.
- [6] 黎爱清, 吕秀华. 长大管棚施工工法 [J]. 西部探矿工程, 2003 (12): 80-81.
- [7] 张孔晶. 大管棚导向跟管钻进技术在新金华北山隧道应用 [J]. 山西建筑, 2012 (6): 190-192.
- [8] 刘伟, 杨林浩. 一次性导向跟管钻进法大管棚施工技术在客运专线施工中的应用 [J]. 铁道标准设计, 2007 (S1): 100-102.