

1500m 以上超深立井井筒施工技术刍议

汪洋

中煤第五建设有限公司第三工程处, 江苏 徐州 221000

[摘要] 金属矿山的开采深度越深, 对开采技术的要求也就越高。开采超过 1500m 的矿山目前已有两座, 现阶段的立井井筒施工技术难以保证超深立井的施工作业的安全, 因此有必要加快井筒施工技术的进步, 本篇文章通过对掘进与支护施工技术的优化, 明确超深立井井筒施工关键技术及相关要求, 从而保障施工质量, 提高施工效率。

[关键词] 1500m 超深立井; 机械化; 新技术

DOI: 10.33142/aem.v3i8.4730

中图分类号: TD262

文献标识码: A

Discussion on Shaft Construction Technology of Ultra Deep Vertical Shaft above 1500m

WANG Yang

The Third Engineering Office of China Coal Fifth Construction Co., Ltd., Xuzhou, Jiangsu, 221000, China

Abstract: The deeper the mining depth of metal mines, the higher the requirements for mining technology. At present, there are two mines mining more than 1500m. At this stage, the shaft construction technology is difficult to ensure the safety of ultra deep shaft construction, so it is necessary to speed up the progress of shaft construction technology. This article defines the key technologies and relevant requirements of ultra deep shaft construction through the optimization of excavation and support construction technology, so as to ensure the construction quality, improve construction efficiency.

Keywords: 1500m ultra deep shaft; mechanization; new technique

引言

随着采矿深度的延伸, 超深立井的施工变成行业普遍现象, 但 1500m 以上的超深立井井筒, 存在着施工环境恶劣, 现场作业空间狭小的客观因素, 施工技术复杂、施工设备性能相比要求更高。为了更好的解决地压大和地温高的问题, 谨防岩爆事故, 应结合施工工艺特点, 科学布置施工方案, 优化设备配置, 做好井筒施工、掘进施工以及支护施工的细节分析, 以此降低事故风险概率。

1 1500m 以上超深立井井筒施工工艺

从技术层面了解 1500m 超深立井井筒施工工艺特点, 具体体现在以下几方面: (1) 施工作业方式上, 以短段掘砌的作业方式, 按照具体施工图纸完成地面临时凿井设施的平面布置。(2) 工程中凿井和设备间的安装关系, 按照顺序进行施工, 也可以考虑在凿井砌壁时预埋螺母盒, 方便井筒落底之后快速安装井筒装备。(3) 提升系统与井内布置方面, 需要布置 1 台双筒提升机挂吊筒, 增大出矸效率, 以此满足 1500m 以上的立井施工提升要求。(4) 井筒防治水与井下通风降温工作。通过冻结与地面预注浆的措施解决水患问题, 井中设置中间转水站达到接力排水的目的。地面设置风机, 配合井壁风筒向工作空间提供畅通的风流, 如果处于高温环境或者夏季施工, 建议在风机后部设置降温棚, 从而降低入井风流温度, 在降低作业面温度的同时, 及时排除井中的有害气体, 优化施工作业环境^[1]。

2 施工准备与方案优化

2.1 施工准备

施工之前需要做好相应的准备工作, 提前完成技术交底, 将器材与施工材料运输到施工现场, 组织人员进行培训, 在满足生产设施条件的情况下建立施工工作站。1500m 以上超深立井井筒施工工程的准备工作内容大致包含以下几点:

(1) 按照施工设计图纸完成设备基础施工; (2) 安装临时井架与凿井设备; (3) 临时土建工程施工, 安装施工辅助系统; (4) 对井筒试挖段展开施工, 准备正式施工。

2.2 施工方案与设备配置

井筒采用短段掘砌施工方案, 表土段采用挖掘机挖掘, 基岩段采用钻爆法施工, 挖掘机配合中心回转抓岩机出矸, 整体金属下行刃脚模板砌壁, 掘砌有效段高 2.5/4m, 相关硐室与井筒同时施工。

井筒施工布置 2 套提升, 采用液压伞钻凿岩, 井筒内布置中心回转式抓岩机配合挖掘机出矸, 井筒施工供水管、压风管、排水管及风筒均采用井壁固定。

3 1500m 以上超深立井井筒施工技术

3.1 试挖段施工

在井架、提升机、稳车、压风、供电等凿井系统、施工设备及设施安装调试完毕, 具备试挖条件后组织施工。表土段采用挖掘机挖掘, 风化基岩段采用挖机配合破碎锤挖掘, 吊桶提升, 整体金属模板浇筑混凝土砌壁(模板段高 2.5/4m)。若岩石坚硬、破碎锤施工不理想, 则采用钻爆法松动爆破后挖机挖掘, 采用伞钻凿岩, 多打眼、少装药, 掏槽眼深度 1.7m, 其它炮眼 1.5m, 爆破材料采用 2#岩石乳化炸药、半秒延期导爆管, 若爆破点离井口较近, 必须做好防护和警戒工作, 放炮前在工作面放置草垫或废旧轮胎, 防止崩坏井口设施, 同时人员撤至安全地点后方可放炮, 井口设警戒。

若井帮土层稳定, 掘进深度 4m; 若井帮土层稳定性较差, 将采取架设井圈背板的临时支护方案。待段高掘够 2.5/4m 后, 在工作面按设计要求绑扎钢筋, 组装刃脚、整体金属模板。临时锁口位置要预埋风筒、风水管路及回风口, 浇筑混凝土时要采用预埋钢管并用钢丝绳将其与井架基础紧密连接防止井壁下沉。

3.2 井筒施工

基岩段采用立井机械化快速施工工法组织施工。采用伞钻配凿岩机凿岩, 爆破材料采用 2#岩石乳化炸药和半秒延期导爆管。采用光面、光底、弱震、弱冲深孔爆破技术, 4m 段高整体下行金属模板砌壁, 实现正规循环。应用该工法施工, 井帮围岩暴露时间短, 施工安全, 简化了施工工序, 辅助时间少, 并能实现工种专业化, 有利于提高工人的操作技术水平, 保证工程施工质量和进度。

为保证相关硐室与井筒连接的整体性, 相关硐室均采用和井筒同时施工方法, 即在井筒基岩段掘进的同时, 将相关硐室掘出, 并分别对井筒及相关硐室进行锚网喷一次支护, 然后与井筒同时立模并浇筑混凝土。

3.3 钻爆施工优化

1500m 深度以上的井筒掘进施工应按照岩层的不同使用不同掘进技术。比如金属矿岩石硬度大, 可以使用液压伞钻钻取和掘进。使用型号为 YSJZ4.8 型的液压伞钻, 其中包含液压凿岩机、立柱、支撑臂、摆动架、推进系统以及液压系统等部分, 将变压器的电压调整到 660V, 通过带动液压泵使电能转化成液压能, 从而更好的作用于凿岩机, 带动其在岩石中冲击和回转。优化爆破工艺, 合理选用爆破材料, 采用两级掏槽的形式, 保持掏槽眼深度达到 4.5m 左右, 周围炮眼的间距保持在 550mm, 使用水胶炸药, 使用放炮器达到远程起爆的作用, 保障现场作业人员的人身安全, 降低爆炸风险发生几率^[3]。

3.4 井筒出矸及支护技术

采用中心回转抓岩机分区装岩, 人工配合出矸清底。矸石经吊桶提升出井, 经翻矸装置翻矸溜出井口外的矸石地坪, 装载机配合自卸汽车排入指定地点。

砌壁选用 MJY 型整体金属下行模板(带刃脚), 砌壁段高为 4m, 一掘一砌正规循环作业。模板由地面稳车悬吊, 实行集中控制, 该模板整体强度大, 不易变形, 接茬严密无错台。单缝式液压脱模机构操作方便, 砼由井口集中搅拌站搅拌, 经溜槽进入底卸式吊桶, 由底卸式吊桶接料下井, 经吊盘受灰、分灰装置入模; 入模砼采用振动棒通过合茬窗口进行分层震捣。

3.5 工作面预注浆

注浆方案: 注浆站布置在井口附近, 注浆管路利用井壁固定的高压供水管路, 进行注浆施工。

先施工砼止浆垫、加固止浆岩帽, 并搭设施工平台, 埋设注浆孔口管、安装高压阀门及防喷装置, 之后从孔口管内钻进穿过含水层; 通过地面注浆设备和井壁固定的高压注浆管路及其连接装置, 将搅拌好的浆液压入含水段地层, 采用分层(单个含水层)或分段(多个含水层)下行式注浆的方法, 探注段高不超过 100m。

浆液类型: 根据现场情况, 可选用水泥浆、化学浆或黏土水泥浆, 并选用配套的注浆设备。

3.6 岩爆专项治理方案

(1) 应力监测预判: 监测围岩应力应变, 掌握其随深度变化的规律, 初步计算出不同深度垂直和水平应力大小, 最大、最小主应力的方向, 结合工程地质情况, 预判冲击地压或岩爆的形式以及可能出现地压危害的位置。检测的方

式主要有应力、应变传感器方式和微震监测方式，辅助方式有钻屑取样。

(2) 应力释放：分预释放和后释放。预释放是在凿炮眼前先斜下方凿空眼，成为岩石变形释放压力的空间。后释放是在爆破后或出渣后放置一段时间，应力部分释放或危险高峰期过后再从事下道工序的施工。在工作面与井壁之间留出一定空间，作为混凝土产生足够强度前围岩变形的补偿空间，也是后释放的一种形式。释压孔的密度和时间间隔、永久支护后的空间大小需要根据现场积累的经验分析总结后确定。

(3) 改善承载性能：分为三种，一种是改善井筒内马头门、硐室等的结构形式，减小岩石开挖后围岩的应力集中。另外一种是采用光面爆破技术，减少爆破对围岩的破坏影响，减少围岩凹凸不平造成的应力集中。第三种是采用注浆锚索对围岩进行加固，提高其承载性能。

(4) 加强支护：分临时支护和永久支护。临时支护分为锚杆挂网支护、锚喷网联合支护、锚索（束）和锚网联合支护等形式，锚杆优先采用管缝式锚杆。永久支护在适当增加混凝土厚度的基础上，采用钢筋混凝土支护，或者在混凝土中添加钢纤维，进一步增加混凝土的抗拉强度。

(5) 通过探水注浆孔超前软化岩层，释放地应力。

(6) 拉大空帮距离达到二次释放地应力，并采用锚网喷支护控制井帮围岩稳定性。

3.7 新技术应用

BIM 技术的应用可以使立井井筒施工变得可视化，从以往的二维转为三维，并创建工程实体模型和施工设备库，为施工碰撞检测与虚拟施工奠定基础，提高立井井筒施工质量。将 BIM 技术用于井架的建模。井架作为一项单独施工设备，主要以杆件为主，杆件位置在空间分布的两个平面上有一定的角度，图纸绘制难度较大，应用 BIM 技术选择立面为工作平面，经过拉伸或者放样的命令创建井架杆件，同时调整角度。选择工作平面后，经过旋转命令旋转杆件的角度，确定杆件材质，依据井架实际高度摆放干架，完成对整个井架的科学组装。

凿井绞车与井架一样，也是一个独立的设备，但设备结构比较复杂，零件较多，建模的时候过程繁琐。坚持模型和外观一致的原则，按照 1:1 的比例为凿井绞车建模。比如选用 JZ-16/1300 型号的凿井绞车，建模时底座采取放样命令完成绘制，卷筒的位置和电机分别采用拉伸命令与旋转命令，其他部件通过拉伸、放样以及融合等命令的操作即可完成。这些模型中所有结构都是可视化的，为了让施工方案能够以动态的形式传递给作业人员，应用 BIM 技术和 Navisworks 软件为 1500m 超深井筒施工过程创建施工动画，工程交底时以三维模型向人们展示，通过动画视频可以了解不同材料和机械设施的实际应用效果，特别是对于一些比较复杂的结构，BIM 技术能够计算出大概工程量，为项目施工材料与机械设备计划的制定提供科学参考依据，从而控制材料的不必要消耗，利用 BIM 技术下的虚拟施工帮助人们了解项目进展，防止实际项目施工与计划之间差异过大，为接下来的施工与监理提供良好的信息平台。

4 总结

总而言之，本文提到的立井凿井与井筒施工工艺适用于 1500m 左右的超深立井施工，应用大功率提升悬吊装置明确施工基础条件。对于地面情况复杂的施工面需要分为上下两部分施工，经过井筒施工、掘进施工等阶段，采用合理的技术，明确工程重难点，保证工程施工效果。

[参考文献]

- [1] 刘海龙. 煤矿立井井筒装备设计与施工中的问题及对策[J]. 内蒙古煤炭经济, 2020(19): 155-156.
 [2] 邹元春, 李金龙, 张善兵. 立井井筒装备关键构件参数建模及自动装配技术的研究与实现[J]. 煤炭工程, 2021, 53(4): 11-15.

作者简介：汪洋（1990-），男，江苏省徐州市人，汉族，大学本科学历，中级工程师，长期从事矿井建设工作。