 DOI: https://doi.org/10.12349/edc.v8i7.11053

Research and Application of New Process Technology for the Installation of Large Wellheads in Confined Spaces Along Cliff Edges

Dongfeng Xu

Jiangsu Provincial Mining Engineering Group Co., Ltd., Xuzhou, Jiangsu, 221000, China

Abstract

Many mineral resources are located in mountainous areas, necessitating the placement of major mining facilities on mountainsides—a practice that poses significant construction challenges and high economic costs, requiring minimal land occupation during installation. The derrick, serving as the core support structure for the mine surface, is used to secure the hoist drum, gangway, and unloading curve rails while bearing all lifting loads; it is situated near the mine entrance at a relatively high elevation. Particularly for large permanent derricks constructed on mountaintops, the surrounding terrain consists largely of cliffs and buildings, restricting assembly sites. Additionally, the selection of appropriate large cranes for derrick installation is limited due to poor transportation conditions in mountainous regions, with some areas being inaccessible to heavy machinery, thereby imposing constraints on derrick hoisting operations.

Keywords

large derrick; slope platform; space constraints; lifting equipment selection

崖边受限空间大型井架安装新工艺技术研究与应用

徐东风

江苏省矿业工程集团有限公司，中国·江苏 徐州 221000

摘　要

许多矿产资源分布在山区，导致矿山的各种主要设施布置在山上，建设较困难、经济成本较高，尽量减少建设期间所占区域。在矿山工程安装期间，而作为矿井地面的核心支撑结构、用于固定天轮、罐道及卸载曲轨、同时承受全部提升载荷的井架，位于井口附近，所属位置海拔标高较高。特别是建设在山顶的大型永久井架，周围多数是悬崖和建筑物，井架的组装场地受到制约；对于井架吊装所需用的各种大型吊车选择受到限制，山区交通运输不便，有的地方大型吊车进不去，导致井架的吊装受到一定的限制。

关键词

大型井架；边坡平台；空间受限；吊装设备选型

1 引言

矿山竖井井架包括凿井井架和永久井架，凿井井架在矿山井筒开凿期间使用，用于悬挂吊桶、吊盘、抓岩机等凿井设备，为井筒施工提供作业平台和提升支撑。永久井架主要用于矿山正常生产阶段的提升作业，负责将井下的矿石、废石等提升到地面，或把人员、设备、材料等运输至井下指定位置。永久井架按照结构形式分类，可分为 L 型鲁式钢结构井架和 A 式箱型变断面金属结构井架，主要作用包括支撑天轮、承受全部提升载荷，固定罐道以及曲轨，进行提升工作，用于提升人员、设备器材以及矿石。永久井架的结构主体结构为支撑整个井架的结构，根据井架规格、大小、高度，现场地形等情况，安装难易程度各不相同。

国内外的对井架吊装工艺技术研究由来已久，目前基本形成了较成熟的理论和技术管理体系，取得了一定的研究成果。随着现代吊装施工工艺和手段的不断发展，现代安装项目越来越倾向于设备、结构的整体安装，尽可能划为数量较少的若干单元，分别在地面制作完成，再以大型吊车为机器进行整体组装，这种吊装施工是以 " 空间 " 结构的组合来节省施工时间，既可以提高工程质量又可以缩短工程周期，因此，对于安装企业提高经济效益具有重要意义。

2 拟解决的关键技术难题

榜上磷矿主井、副井位于山体标高 1300 平台，主、副井相距为 50m，主井东侧是道路，西侧为原建井稳车群位

【作者简介】徐东风（1987–），男，中国江苏邳州人，本科，工程师，从事施工工艺研究。

置，稳车群后面就是崖边边坡（距离地面高度 20m），主井北侧为副井，主井南侧为边坡（距离井口 40m）。主井井筒净直径 5m，井深 646.8m，井口标高 +1300m，井下马头门标高 +700.5m，设计井底标高 +653.2m。主井井架由立架和斜架组成，斜架分为主斜架、副斜架。井架总重 638t，其中立架重 165t，主斜架重 296t，副斜架重 177t；主斜架设计高度为 60.5m，副斜架设计高度为 52.9m，立架设计高度为 40m，上天轮平台高度为 52.9m，下天轮平台高度为 46.4m。

而主井井架现场地理条件：主井口向南 45m 至南悬崖边坡，井口向西 50m 至西悬崖边坡，井口向北 30m 为主井提升机房、搅拌站，井口向东 20m 为矿方调度室、变电所，因此，井架安装位置两边是悬崖，另两边已建好的建筑物，现场空间狭小，造成主井井架的组装、吊装均受到严重制约。

为了解决现场复杂条件限制，我方多次对现场实地勘察、测量，构思方案，进行了崖边受限空间大型井架吊装新工艺技术研究与应用项目的科研攻关，解决传统井架组装、吊装现场受限的问题。

增加安装边坡延伸平台。从主斜架基础至南边坡进行组装，但是主斜架基础至南边坡距离仅有 60m，而主斜架总长度为 63m，场地距离不够。因此南侧崖边边坡位置需要向边坡外伸出 3.6m，使用 I25# 工字钢搭设临时施工平台。使用风锤在混凝土边坡上平面打眼安装 M20×1000 锚杆，利用汽车吊将横梁 I25# 工字钢分别吊放在边坡上，使用压板将 I25# 工字钢放在锚杆上，并连接固定。利用吊车将立柱 I25# 工字钢吊放就位，使用电焊机将立柱与横梁焊接牢固，并在横梁 I25# 工字钢上敷设 δ6 花纹钢板，并在平台周围安装 1.5m 围栏。

上、下空中分层组装。即在主斜架组装完成后，在其下方放置钢结构支撑将主斜架上端部抬高约 7m，在主斜架下方进行组装副斜架。主斜架支座采用工字钢、槽钢、角钢、钢板等焊接组合而成。支座共计布置在 3 处，分 3 处不同高度将主斜架抬高 7 米。

在井架组装前安装固定铰链：

（1）在 CAD 软件上进行放样，包括铰链位置高度、铰链轴中至主斜架腿中心距离、铰链转动、主斜架腿基础尺寸等尺寸。

（2）在主斜架腿基础施工前，提前联系施工单位，将铰链支座预埋板及具体位置进行交接，并将预埋板与主斜架腿基础共同浇筑为一体，增加其刚度、强度及稳定性。

（3）在主斜架腿与铰链支座的连接件加工前，在连接件的内部位置进行增设加强筋，确保主斜架底腿件的刚度和强度，防止在吊装过程中损伤。

（4）按照设计图纸及放样尺寸进行布置铰链下半部分就位，固定，再将铰链上半部分吊装与铰链下半部分使用轴销连接好，使用 [10# 槽钢临时将铰链上、下部分固定，再利用汽车吊将准备好的马腿架放置就位。

（5）将主斜架底腿件 ZZ-1 正、反箱体进行二次倒运至施工现场，利用 50t 汽车吊挂设 4 根 L=6mΦ28 钢丝绳头，使用 2 个 10t 卸扣与 ZZ-1 正斜架箱体连接牢固（ZZ-1 重量为 12739.8kg），汽车吊将 ZZ-1 正斜架箱体吊放至准备好的马腿架上，同方法将 ZZ-1 反斜架箱体吊放就位，在对应铰链位置处焊接 δ30 钢板，在不影响井架结构情况下，防范受力不均单腿落地导致箱体结构凹陷、变形，影响井架安全。

（6）测量人员使用水准仪，对照井架中线拉尺，对 ZZ-1 正、反斜架箱体进行找平找正，测量好对角线，施工人员使用电焊将铰链上半部份与斜架箱体底面临时焊接固定。

（7）铰链支座模拟转动。待铰链与斜架箱体临时固定完成后，在 ZZ-1 斜架箱体前端使用 δ20mm 钢板焊接起吊点，50t 汽车吊挂设 2 根 Φ28 钢丝绳头、10t 卸扣与起吊点连接牢固，汽车吊将 ZZ-1 正斜架箱体前端抬起，施工人员观察铰链转动情况，至 ZZ-1 斜架箱体起吊至设计角度 70.906°，测量箱体底板位置尺寸与设计是否有偏差，若有偏差及时将 ZZ-1 箱体放平后调整铰链位置及尺寸，多次重复试验确保 ZZ-1 箱体吊起后与设计尺寸一致。同方法对 ZZ-1 反斜架箱体、铰链进行试验。待铰链试验完成后对铰链进行加固焊接。

安装凿井绞车：

（1）测量人员将井架中心线投放至凿井绞车基础处，使用白色石粉在地面上对凿井绞车基础进行放样。

（2）联系挖机到现场，挖机开挖凿井绞车基础坑，将挖出来的渣土放在渣土上车厢内，运至指定地点。

（3）凿井绞车基础开挖完成后，施工人员及时使用脚手架管在基础坑周围卡设安全防护栏，挂设警示牌。

（4）施工人员将铝合金爬梯放置到基础坑内，人员通过爬梯下至基础坑内，使用铁锹对基础坑进行平整，在基础坑内放置 4 根 L=3.5m 的 I20# 工字钢。

（5）使用 25t 汽车吊将电机底座吊放在基础坑内坐在布置好的工字钢上，放置平稳，使用电焊将底座与工字钢焊接牢固，使用气割将电机底座割孔，方便浇筑时混凝土能够填充密实。

（6）下料 50mm 厚钢板，制作滑轮组地锚固定连接板，利用 25t 汽车吊将 50mm 钢板吊至基础坑内与电机底座立板焊接固定，使用气割割孔，穿 Φ40 圆钢，将 50mm 钢板与电机底座立板固定，使用电焊将进行焊固定。

（7）在基础坑上方南北方向放置 4 根 25#b 工字钢，工字钢之间使用 12# 槽钢连接牢固，防置倾倒，工字钢放置要平稳，利用 25t 汽车吊将凿井绞车整体吊放坐落在基础坑上方，穿好地脚螺栓。

（8）待凿井绞车就位完成后，施工人员根据基础坑的

尺寸截取 Φ22 螺纹钢，将螺纹钢放置在基础坑内进行钢筋绑扎，电机底座位置钢筋与其焊接牢固，钢筋绑扎间距位 300mm 见方，间隔 500mm 放置 1 根站筋。

（9）基础坑内钢筋绑扎完成后，联系商混站将 C30 混凝土运至现场，混凝土罐车将混凝土料放至基础坑内，施工人员及时使用震动棒振捣混凝土，确保混凝土密实，直至整个基础坑内注满混凝土，混凝土浇筑至凿井绞车底座下平面即可。

3 主要研究内容及技术路线

根据主斜架、副斜架、立架的重量和摆放位置，确定多台吊车相互配合起吊的井架吊装方案。重点解决主斜架的吊装方案，重点控制主斜架、副斜架的空中对接。

（1）吊装顺序：主井井架由立架、主斜架、副斜架组装，其中井架总重 638t，立架重 165t，主斜架重 296t，副斜架重 177t。根据公司在井架吊装方面的经验，结合现场实际情况，和主斜架、副斜架、立架的结构特性和作用，拟定吊装顺序：主斜架→副斜架→立架。

（2）吊装方案：根据主斜架、副斜架、立架的重量和摆放位置，拟定选择多台吊车相互配合起吊的吊装方案。

重点解决主斜架的吊装方案，选择 4 台吊车相互配合，利用多台吊车定向空间旋转、分 2 个档位吊装、辅以凿井绞车 2 台挂设滑轮组进行牵引的大型井架吊装综合技术，并在主斜架基础上安装铰链，作为起吊井架使用。

1）根据主斜架重量，结合现有场地受限条件，主斜架吊车只能选择最大额定量型号为 500t 的汽车吊。

2）主吊车为 500t 汽车吊 2 台，副吊车为 300t 汽车吊 2 台。

3）在主斜架基础处，安装铰链与主斜架腿连接，便于主斜井吊装期间的竖立和旋转。在主斜架腿焊接处内外部位置增加加强筋。同时铰链安装所需的预埋钢板与井架基础共同浇筑为一体，增加其刚度、强度及稳定性。

4）由于主斜架重量为 296t，长度为 63m，通过软件模拟汽车起吊旋转半径达不到起吊要求，不能一次将主斜架吊装到位。因此必须采用凿井绞车配合滑轮组牵引分担主斜架的重量。在主斜架基础向北侧 52m 位置安装 16t 凿井绞车 2 台，在凿井绞车基础前安装 2 台 80t 滑轮组及 1 台 80t 过渡滑轮，在主斜架前端合适位置固定安装 2 台 80t 滑轮组，并在凿井绞车及滑轮组之间进行穿绳（Φ32 防旋转钢丝绳）3200m。

5）使用 500t 汽车 2 台、300t 汽车吊 2 台将主斜架前端吊起，配合铰链转动，直至主斜架与地坪面夹角为 45° 时，使用 16t 凿井绞车 2 台及 80t 滑轮组带劲牵引主斜架，配合 4 台吊车将主斜架竖立至设计角度 70.906° 。

6）副斜架使用 500t 吊车 2 台主吊、300t 吊车 2 台留尾，4 台吊车抬吊的方法进行吊装。

7）立架吊装采用场外组装、二次平移的方式。立架吊装前，采用 1 台 500t 汽车吊、2 台 300t 汽车吊及 2 台 100t 汽车吊依次配合起吊立架，先用将立架抬起摆放正后，再向井筒方向进行平移，平移至井口附近，再缓慢竖立立架。

8）通过凿井绞车、滑轮组及铰链配合进行主斜架吊装，减少了多台吊车承担的受力。

4 结语

研制了崖边受限空间大型井架安装新工艺，以榜上磷矿主井井架安装工程设计及工期要求，传统的井架安装工艺已不能满足实际需要，为此，在总结分析传统施工工艺的基础上，结合施工现场实际情况及施工工序特点，围绕提高工作效率、加快工期、节约资金、实现生产安全等方面，对对传统的井架吊装工艺进行了技术攻关，并对新工艺进行了反复验算和专家论证，制定了科学合理的施工技术措施，最终确定崖边受限空间大型井架安装新工艺方案。

充分利用现有平面场地，通过增加安装边坡延伸平台，扩大现有空间，采用主、副斜架进行上下空中分层组装技术，立架采用场外组装、二次平移的方式，满足井架组装的要求，解决组装场地崖边受限空间狭小的问题。根据主斜架、副斜架、立架的重量和摆放位置，确定多台吊车相互配合起吊的井架吊装方案。崖边受限空间场景下，利用多台吊车定向空间旋转、分 2 个档位吊装、辅以凿井绞车 2 台挂设滑轮组进行牵引的大型井架吊装综合技术的吊装综合技术。解决了汽车吊因旋转半径达不到起吊要求的问题。主斜架基础上安装铰链，并对铰链进行模拟实验，确保在施工中起吊顺利和安全可靠。新工艺有效缩短了施工工期，提升了施工安全系数。

参考文献

[1] 汪志浩. 一种辅助钢结构井架大翻转法竖立创新工艺研究[J]. 机电信息, 2024, (11): 89-92.

[2] 张红旗. 箱型井架分段组装和空中对接吊装工艺[J].江西煤炭科技,2010(4):48-49.

[3] 岳广义. 矿山箱型钢井架起立安装技术研究与应用[J].中国煤炭,2014,40(1):82-84.

[4] 卢倩,朱真才,文红,瞿超,钮磊. 大型钢结构井架起吊过程中钢丝绳的力学分析[J].矿山机械,2008,36(3):46-50.