

临淮河侧超宽断面水闸盘扣式脚手架施工技术

董 党

华北水利水电大学水利学院 河南 郑州 450001

摘 要: 本文以董峰湖进退洪闸为工程背景, 针对其启闭机台及排架柱高支模施工难题, 系统研究并成功应用了盘扣式脚手架技术。文章首先阐述了盘扣式脚手架的技术原理与核心优势, 包括其先进的节点设计、高强度低合金材料、热镀锌防腐工艺以及卓越的承载性能。其次, 详细论述了该技术在超宽断面水闸高支模工程中的具体施工工艺流程、关键操作要点及精细化的质量控制措施。再次, 从组织管理、技术交底、过程监控到应急保障等维度, 全面构建了严密的安全与环保保障体系。最后, 通过效益分析, 量化了该技术在节约工期、降低成本、提升工程形象及保障质量安全等方面的显著成效。实践证明, 盘扣式脚手架技术是解决大型水闸高支模施工难题的有效途径, 具有极高的安全可靠性、经济合理性和广泛的推广应用价值。

关键词: 盘扣式脚手架; 高支模; 水闸工程; 施工技术; 安全控制

引言

脚手架是建筑施工不可或缺的临时结构, 其安全性关乎工程质量与人员生命。传统扣件式钢管脚手架虽构造简单、成本低, 但节点刚度不足、搭设依赖工人经验、整体稳定性差, 在高大重载支撑体系中风险突出。随着建筑工业化和安全标准提升, 以盘扣式脚手架为代表的新型模块化支撑体系应运而生。它起源于德国, 核心技术是独特圆盘节点设计, 能形成几何不变的三角形单元, 整体稳定性极佳。我国20世纪初引进后, 凭借诸多优势, 逐渐获大型建设集团认可, 在重型支撑领域展现出强大生命力^[1]。本文依托董峰湖进退洪闸项目, 该工程启闭机台及排架柱施工涉及典型高支模作业, 对支撑体系要求极高。项目摒弃传统方案, 创新采用盘扣式脚手架, 旨在系统总结其应用全过程, 为同类水利工程提供借鉴。

1 盘扣式脚手架的技术特点与优势分析

盘扣式脚手架之所以能成为高支模领域的优选方案, 源于其一系列区别于传统脚手架的革命性技术特点。

1.1 先进的节点设计与可靠的连接方式

盘扣式脚手架的核心在于其立杆顶部焊接的八孔圆盘。其中, 四个小孔专供横杆插入, 四个大孔则用于安装斜杆。所有连接均采用插销式, 横杆、斜杆的接头依据钢管圆弧精密制造, 与立杆呈整面接触。当敲紧插销后, 接头上下两点与插销对圆盘一点形成“三点受力”状态, 不仅连接牢固, 更能有效传递水平力, 极大地增强了结构的整体刚度和稳定性。立杆之间通过内置的四方管连接棒进行对接, 无需额外接头, 简化了操作, 也

避免了配件丢失的风险。

1.2 高强度原材料与卓越的承载能力

盘扣式脚手架的主要构件(立杆、横杆)均采用国标Q345B低合金结构钢制造, 其屈服强度(345MPa)远高于传统脚手架所用的Q235普碳钢(235MPa), 强度提升约1.5-2倍。以常用的60系列重型支撑架为例, 一支5米高的单立杆允许承载力可达9.5吨(安全系数为2), 破坏荷载高达19吨, 是传统产品的2-3倍。这意味着在满足同等承载要求下, 盘扣架的立杆间距和横杆步距可以设置得更大(立杆间距可达1.5-3米, 步距可达1.5-2米), 从而大幅减少材料用量和自重。

1.3 优异的防腐性能与长久的使用寿命

为应对施工现场复杂的环境, 盘扣式脚手架的主要部件均经过内外热镀锌防腐处理。这层锌保护层不仅能有效抵御雨水、湿气的侵蚀, 将钢管的使用寿命延长15-20年, 还显著降低了后期高昂的维护成本^[2]。同时, 统一的银白色外观不仅美观大方, 提升了工地的整体形象, 也为现场管理和安全识别提供了便利。

1.4 标准化生产与高效便捷的施工体验

盘扣式脚手架从下料到成品需经过20余道标准化工序, 关键部件如横杆、立杆采用全自动焊接专机生产, 确保了产品精度高、互换性强、质量稳定。这种高度的标准化使得现场组装变得异常快捷。由于其用量少、重量轻(相同支撑体积下, 材料用量和重量可减少1/2至1/3), 操作人员劳动强度大大降低。综合测算, 其在搭拆、运输、租赁及维护等环节的费用可节省约30%, 经济效益显著。

2 工程概况与施工难点

2.1 工程概况

董峰湖进洪闸作为行洪区的核心构筑物,属大(2)型水闸,设计流量达 $2500\text{m}^3/\text{s}$,为钢筋砼开敞式结构,闸室紧临淮河南岸。它共22孔,单孔净宽12m,总净宽264m,闸室总宽297.6m,顺水流方向长19.0m。高支模部位涉及排架柱、启闭台及启闭机房,其中启闭机台单跨长13.6m,梁最大截面 $500\text{mm}\times 1500\text{mm}$,排架柱截面 $1000\text{mm}\times 1200\text{mm}$,支架搭设高度12.6m。

2.2 施工难点分析

本工程高支模施工面临三大核心挑战:(1)高支模风险:12.6米的搭设高度属于危险性较大的分部分项工程,一旦失稳,后果不堪设想。必须选用稳定性极佳、计算模型清晰的支撑体系。(2)超宽断面与复杂基础:闸室总宽近300米,作业面广阔。更为棘手的是,脚手架基础位于已建的检修便桥上,桥面上分布有门槽和检修门槽孔等预留孔洞,导致基础承载条件不连续、不均匀,局部区域存在悬空风险。(3)工期压力:作为主线工程的关键节点,高支模施工的效率直接影响整体工期。需要一种能够快速搭拆、周转高效的支撑体系。针对上述难点,项目团队经过充分论证,最终选定盘扣式脚手架作为解决方案,以其卓越的整体稳定性应对高支模风险,以其灵活的组合方式适应复杂基础,并以其高效的施工速度缓解工期压力。

3 盘扣式脚手架施工工艺与操作要点

为确保盘扣式脚手架在本项目中的成功应用,项目部制定了详细的施工工艺流程和严格的操作要点。

3.1 总体施工工艺流程

盘扣式脚手架的施工遵循“自下而上、逐层搭设、同步防护”的原则,其标准流程为:

场地平整、夯实、铺砟→基础承载力试验、材料配备→画立杆安装点位线、定位设置通长垫板、可调底座→安装首层立杆→安装纵、横向扫地杆→安装第一道纵、横向横杆→安装第二层立杆→安装第二道纵、横向横杆→安装外竖向斜杆及水平斜杆→设置连墙件→安装挂扣式钢脚手板→绑扎防护栏杆→满挂阻燃密目安全网。

3.2 关键施工操作要点

3.2.1 复杂基础的差异化处理

这是本项目最核心的技术难点。针对检修便桥上的不同区域,采取了差异化的基础处理方案:(1)孔洞区域:对于存在门槽和检修门槽孔的部位,为确保立杆底部有足够的支撑反力,统一在撑脚位置下方铺设10-18号工字钢作为分配梁,将集中荷载有效扩散至两侧完好

的桥面结构上。(2)非孔洞区域:其余完好的桥面区域,则在立杆底座下铺设规格为5cm厚、20cm宽的木垫板,长度不少于2跨,以增大受力面积,防止局部压溃。

(3)安全防护:所有孔洞在未被工字钢覆盖前,均使用钢马道板进行严密覆盖,严防高处坠落和物体打击事故。

3.2.2 精确定位与水平控制

为保证架体垂直度和整体方正,定位工作至关重要。首先,利用GPS精确测放出脚手架四个角点的位置并标记。然后,使用高精度钢尺沿纵横方向分出所有立杆的中心点,并用喷漆清晰标识^[3]。底座安装时,先调整四角底座的可调螺母至同一设计高程(用水准仪控制),再通过拉设通线的方式,逐一调整中间所有底座,确保整个架体底部处于同一水平面上,为上部结构的垂直度奠定基础。

3.2.3 架体构造与安全防护

严格按照规范和专项方案要求进行搭设:(1)斜杆设置:及时安装竖向和水平斜杆,形成稳定的三角形格构,这是保证架体抗侧向力的关键。(2)作业层防护:作业层脚手板必须满铺,钢脚手板的挂钩须完全扣入水平杆并锁紧。外侧必须设置双道防护栏杆(上栏杆高120cm,中栏杆高60cm)和18cm高的挡脚板,并满挂阻燃密目安全网。(3)内侧封闭:当架体与墩柱结构间隙大于20cm时,使用专用的悬挑三脚架挂扣在连接盘上,并铺设脚手板进行内侧封闭,防止人员和物料坠落。(4)水平兜网:在施工层以下每隔10米及架体底部,设置双层水平安全兜网,形成多重防坠落保护。

3.2.4 人员通道设置

为保障人员上下安全,严禁攀爬架体。在脚手架外侧同步搭设“之”字形钢制爬梯。楼梯转角平台及梯步宽度均为0.9m,休息平台满铺钢制脚手板,周边同样设置防护栏杆、挡脚板和安全网,确保通道安全可靠。

4 质量、安全与环保控制体系

4.1 全过程质量控制

建立了贯穿材料进场到架体拆除的全过程质量控制体系:(1)材料验收:所有构配件进场时,必须查验产品质量合格证、标识、技术参数及说明书。对存疑材料进行抽检。(2)分阶段验收:在基础完工后、每搭设完两层、加载前、达到设计高度后、恶劣天气后及停用超一个月等关键节点,组织专项验收。(3)最终验收:由安全总监、技术负责人、生产经理等联合验收,对照《建筑施工承插盘扣式钢管支架安全技术规范》(JGJ231-2021)附录E的要求,检查构配件连接、安全

网张挂、地基状况、连墙件及斜撑设置等,并悬挂验收合格牌。(4)使用期巡检:使用期间设专人每日巡检,发现问题立即整改。

4.2 多维度安全保障措施

安全是高支模施工的生命线,为此构建了立体化的安全保障网络:(1)组织与教育:成立安全管理机构,强化全员安全意识。所有上岗人员必须接受安全教育和交底,未受教育者严禁上岗。(2)技术先行:严格按审批后的专项施工方案进行技术交底和施工,一次搭设高度不超过相邻连墙件以上两步^[4]。(3)避雷与应急:在架体四角设置避雷针,接地电阻不大于 30Ω 。项目部设立医务室,常备应急车辆,并与附近医院建立联动机制。(4)严禁超载:明确告知并监督,严禁在架体上集中堆放材料,杜绝超载行为。

4.3 绿色环保施工措施

积极响应绿色施工理念:(1)体系保障:建立以项目经理为首的环保管理体系,将环保责任落实到各施工队。(2)噪声控制:盘扣架本身搭拆噪声较低,但仍要求在敲击插销等环节注意控制,避免在夜间或休息时进行高噪声作业。(3)文明施工:构配件分类堆放整齐,场地排水畅通无积水,保持现场整洁有序。

5 效益分析与应用实例总结

5.1 综合效益分析

本项目采用盘扣式脚手架取得了显著的综合效益:(1)经济效益:得益于其高效的搭拆速度和较少的材料用量,关键线路工期节约了25天。同时,租赁费用相应减少了约13万元。长远来看,其长达15-20年的使用寿命也意味着更低的全生命周期成本。(2)社会效益:统一、大气、美观的银色架体极大提升了工程形象,展现了现代化、标准化的施工管理水平,获得了业主和监理单位的高度评价。(3)安全效益:整个高支模施工过程安全平稳,未发生任何安全事故。其可靠的品质和清晰的传力路径,从根本上保障了施工人员的安全和工程结构的安全。

5.2 应用实例总结

董峰湖进退洪闸高支模工程的成功实践,充分验证了盘扣式脚手架技术在大型水利枢纽工程中的适用性和

优越性。面对高支模、超宽断面、复杂基础等多重挑战,该技术凭借其内在的结构优势和标准化的施工模式,完美地解决了安全、质量、进度和成本之间的矛盾。其施工速度快、质量安全可靠、经济效益显著的特点,为后续类似水利工程,特别是涉及高大空间、重载支撑的水闸、泵站、厂房等结构的施工,提供了极具价值的参考范本和可复制的成功经验。

6 结语

本文通过对临淮河侧超宽断面水闸高支模盘扣式脚手架施工技术的系统研究与应用总结得出:盘扣式脚手架基于三角形稳定原理的节点设计、高强度钢材、热镀锌防腐处理及卓越承载能力,构成安全可靠耐久的支撑体系,是高支模工程的理想选择;精细化施工组织是成功关键,针对复杂现场条件需制定并执行差异化基础处理方案,严格定位放线、水平控制等确保架体整体性能;完善管控体系是效益保障,建立全周期质量控制和全方位安全保障体系,才能将技术优势转化为工程效益;其具有广阔推广应用前景,在大型水利水电等领域展现出“安全、高效、经济、美观”等综合优势。总之,盘扣式脚手架技术代表未来方向,大力推广应用对提升我国工程建设整体水平意义重大。

参考文献

- [1]王建烁,蒲思宇,陈志华,等.盘扣式脚手架力学性能与应用研究综述[C]//北京市建筑设计研究院股份有限公司,浙江省建筑设计研究院有限公司,亚太建设科技信息研究院有限公司.第二十届高层建筑抗震技术交流会论文集(上册).天津大学建筑工程学院;天津城建大学土木工程学院;河北建工集团有限责任公司;2025:337-341.
- [2]罗娟,杨小成.一级堤防穿堤水闸盘扣式脚手架施工技术研究[C]//《中国防汛抗旱》杂志社,中国水利学会城市水利专业委员会.第八届城市水安全与水管理学术交流会论文集.黄河建工集团有限公司;2025:45-49.
- [3]杨德旺.盘扣式钢管脚手架超高支模架施工技术[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(18):124-126.
- [4]郭梦龙,刘洪波,刘用海.构造措施对盘扣式脚手架整体稳定性的影响分析[J].建筑施工,2025,47(03):423-427.