大中型泵站盘扣式脚手架模版支撑体系施工关键技术研究

胡明杰
广州新珠工程监理有限公司　广东　广州　510610

摘　要：大中型泵站面临重载、大跨度、临水软弱地基及流道线形复杂等特殊工况，传统扣件式支架稳定性差、变形可控性弱。本文结合泵站特点，系统分析盘扣式支撑体系受力与协同机制，总结精细化搭设、动态监测、分层浇筑及规范拆除等关键技术，梳理质量安全隐患并制定全过程管控措施。实践表明，该技术可显著提升成型质量与施工效率，降低成本，具备良好推广价值。

关键词：大中型泵站；盘扣式脚手架模板支撑体系；施工关键技术

引言：大中型泵站混凝土结构复杂，施工荷载大，且面临临水软弱地基与复杂风荷载，对模板支撑体系稳定性及变形控制要求极高。传统支架节点刚度不足、抗倾覆性差，易致沉降超标、架体偏移。本文针对泵站特殊工况，研究盘扣式脚手架模板支撑核心施工技术，优化工艺与管控方案，为水利高支模安全标准化施工提供技术支撑。

1 大中型泵站盘扣式模板支撑体系理论与工况分析

1.1 盘扣式脚手架模板支撑体系结构组成与工作原理

（1）核心构配件：立杆为Q345B Φ60×3.2mm钢管，每0.5m设直径120mm、厚10mm连接圆盘，周向8孔。水平杆与斜杆端部焊楔形锁销，锤击锁紧。可调底座采用T38×6梯形螺纹丝杠，调节范围0~500mm；可调托撑顶部设U型托板。构件热镀锌处理。（2）受力原理：竖向荷载经托撑传至立杆，水平力通过斜杆经圆盘在立杆间分配，节点抗弯刚度较扣件式提升约3倍，滑移近乎零，实现“立杆轴心受力、斜杆协同抗侧”的高效传力。（3）协同机理：荷载经“面板→次楞→主楞→托撑→立杆”逐级传递，盘扣节点半刚性吸收局部变形，与模板系统形成“弹性协同、变形匹配”空间体系，有效控制成型精度[1]。

1.2 大中型泵站工程施工工况特殊性

（1）结构荷载特殊性：底板厚1.2~2.0m，流道侧壁高8~15m，大梁截面0.8m×1.8m，单杆荷载40~60kN（远超房建20~30kN）。流道渐变段存在大偏心集中荷载，对支架局部承载及抗倾覆要求极高。（2）施工环境特殊性：临水基坑含水率 ≥ 25%，承载力下降30%~50%；场地狭窄，机械行走与材料堆载产生附加水平力，临水风荷载增大，严重威胁支架抗滑移与抗倾覆稳定性。（3）施工工艺特殊性：大体积混凝土分层（ ≤ 500mm）对称浇筑，要求支架刚度大、变形 ≤ L/400；对称施工产生的非对称动载冲击，要求支架具备足够抗扭刚度与快速恢复平衡能力。

1.3 支撑体系设计计算理论与规范依据

（1）核心设计规范：遵循《建筑施工承插型盘扣式钢管支架安全技术标准》（JGJ/T231）、《混凝土结构工程施工规范》（GB50666）及《水利水电工程模板施工规范》（SL/T32），并执行《建筑结构荷载规范》（GB50009）。（2）关键计算内容：

① 地基承载力验算：可调底座底部地基承载力应满足下式要求：$\frac{N}{A_d} \leqslant \gamma_e f_a$

式中：*p*——立杆基础底面处的平均压力（kPa）；N——立杆传至基础顶面的轴向力设计值（kN）；A_d——可调底座底板对应的基础底面面积（m^2）；γ_e——地基承载力修正系数，泵站临水地基取0.7~0.85；f_a——地基承载力特征值（kPa）。

② 立杆稳定性验算：不组合风荷载时：$\frac{N}{\varphi A} \leqslant f$

组合风荷载时：$\frac{N}{\varphi A}+\frac{M_w}{W} \leqslant f$

式中：N——立杆轴向力设计值（kN）；φ——轴心受压构件稳定系数，根据立杆长细比λ按JGJ/T231附录C取值；A——立杆横截面面积（mm^2），按附录B表B.0.2采用；*f*——钢材抗拉、抗压和抗弯强度设计值（N/mm^2）；M_w——立杆段由风荷载设计值产生的弯矩（kN·m）；W——立杆截面模量（mm^3），按附录B表B.0.2采用。

立杆计算长度应按下列公式计算，并取较大值：

$l_0 = \beta_\eta \eta h$

$$l_0 = \beta_\eta \eta h' + 2ka$$

式中：η—— 立杆计算长度修正系数，步距0.5m或1.0m时取1.5；μ—— 考虑脚手架整体稳定因素的立杆计算长度系数；*h*—— 水平杆竖向最大步距（m）；h'—— 支撑架顶层步距（m）；*k*—— 悬臂端计算长度折减系数，取0.6；*a*—— 可调托撑支撑点至顶层水平杆中心线的距离（m）；β_η——搭设高度调整系数。

③ 风荷载弯矩设计值：

$$M_w = 0.9 \times 1.5 M_{wk} = 0.9 \times 1.5 \times \frac{w_k l_a h^2}{10}$$

式中：M_{wk}—— 立杆段由风荷载标准值产生的弯矩（kN·m）；w_k—— 风荷载标准值（kN/m^2）；l_a—— 立杆纵距（m）；*h*——水平杆步距（m）。

④ 整体抗倾覆稳定性：$\frac{M_R}{M_T} \geqslant \gamma_0$

式中：M_R—— 设计荷载下脚手架抗倾覆力矩（kN·m）；M_T—— 设计荷载下脚手架倾覆力矩（kN·m）；γ_0——脚手架结构重要性系数。

⑤ 连接盘抗剪承载力：$F_R \leqslant Q_b$

式中：F_R—— 作用在连接盘上的竖向力设计值（kN）；Q_b——连接盘抗剪承载力设计值，取40kN。

（3）工况修正系数：永久荷载分项系数取1.35，可变荷载取1.5；地基承载力修正系数0.7~0.85；沉降修正系数1.2~1.4；临水风荷载放大1.1~1.2；立杆计算长度附加系数K = 1.155。

2 大中型泵站盘扣式脚手架模板支撑体系核心施工关键技术

2.1 施工前期精细化准备技术

（1）专项方案编制与论证：针对泵站高支模危大工程，编制专项方案（含立杆排布、节点构造、剪刀撑布置、浇筑顺序及沉降监测），经结构验算确定立杆间距、步距及地基参数，专家论证后报批。施工前逐级进行书面与现场交底。（2）构配件质量检验：建立进场检验制度，逐批对外观、壁厚、焊接质量及镀锌层厚度全数检查，锁销灵活性、楔紧行程抽样测试。可调托撑与底座丝杠精度、承载能力按批次送检复验，不合格品清退并留档，实现质量全程可追溯[2]。（3）地基硬化与预处理：临水软弱地基采用级配碎石分层换填，压实系数 ≥ 0.95；面层浇筑C20混凝土垫层并设排水坡度。沿架体四周布设排水沟与集水坑，确保承载力满足要求，从源头控制差异沉降。

2.2 架体精准搭设施工关键技术

（1）立杆定位与排布：依据泵站结构轴线放线，按优化间距排布立杆，重载区域加密。首步架搭设后校核全数立杆垂直度，偏差 ≤ 3‰。（2）杆件连接与锁紧：水平杆与竖向斜杆同步安装，采用标准锤击工艺，锁销楔入深度 ≥ 5mm。分阶段逐点检查节点，及时补锁，确保连接可靠。（3）剪刀撑与加固：纵横向每隔4跨设连续竖向剪刀撑，倾角45°~60°；水平剪刀撑于顶部、底部及中间 ≤ 8m设一道。高宽比 > 3时增设连墙件或地锚缆风绳，保证抗倾覆。（4）顶托底托调试：逐排调节可调托撑，水准仪控制同跨顶标高差 ≤ 2mm。丝杠外露 ≤ 300mm，插入立杆 ≥ 150mm。底托与垫板紧密接触，全数检查受力，脱空及时垫实，消除应力集中[3]。

2.3 模板安装与混凝土浇筑配套施工技术

（1）模板与主次楞铺装：主楞双拼槽钢通长布设，次楞方木或矩形钢管，间距150~200mm垂直铺放。硬拼缝或嵌缝密封，平整度 ≤ 3mm。主次楞与可调托撑设防滑限位，传力清晰。（2）分层对称浇筑：大体积混凝土每层厚300~500mm，浇筑速度 ≤ 2m/h。两台泵车从中心向两侧对称下料，两侧高差 ≤ 300mm，防偏压侧移。渐变段设溜槽，自由倾落高度 ≤ 2m。（3）动态调整：浇筑中于关键部位布设沉降及位移监测点，每30min用水准仪与全站仪观测。预警阈值：沉降 ≤ 3mm/h、累计 ≤ 5mm，水平位移 ≤ 3mm。异常即停工排查，旋调托撑微调标高，松脱节点复锁。

2.4 架体拆除与构件周转技术

（1）拆模强度：侧模须混凝土强度 ≥ 2.5MPa且棱角完好；承重底模及支架须同条件养护试块达设计值100%，经监理书面确认，关键部位辅以回弹仪实测，严禁提前拆模。（2）分层有序拆除：按“先搭后拆、后搭先拆、自上而下、先内后外”顺序，分区分层对称作业。每步先松顶托退模，再卸水平杆及斜杆，最后拔立杆。下方设围挡警戒，禁止上下同时作业，构件机械吊运或滑槽传递，严禁抛掷[4]。（3）防护与周转：拆除后及时清灰、分类码放；镀锌层破损补刷防锈漆，丝杠清理后涂润滑油脂，更换变形锁销及磨损插销。修复合格后入库、建周转台账，延长寿命，降低摊销成本。

3 施工质量安全控制与工程应用分析

3.1 施工常见质量安全隐患与成因分析

（1）架体搭设隐患：立杆垂直度偏差 > 3‰，因基础平整度不足、定位误差及未及时校核；盘扣节点锤击锁紧不到位或漏检，致连接松动、传力下降；斜杆缺失、步距增大削弱刚度与抗侧移力。主因作业人员违规、过程管控缺位及验收流于形式。（2）地基沉降隐患：临

水地基含水率高、承载力低，换填不实、压实不足或排水缺失，引发不均匀沉降，轻则架体倾斜、节点附加弯矩，重则整体失稳。（3）施工操作隐患：浇筑顺序不当或单侧集中下料产生偏压，致架体侧移；拆模时混凝土未达强度即提前拆除承重支架，致开裂、变形甚至坍塌；随意堆载、擅自拆除连墙件及加固杆件等违规行为，风险严重。

3.2 全过程质量安全管控措施

（1）事前管控：编制专项方案并组织专家论证，逐级进行书面与现场交底，确保操作人员掌握搭设参数与安全标准。严格材料进场联合验收，复核地基处理效果并做承载力验证，组织特种作业人员岗前培训考核，从源头消除隐患。（2）事中管控：搭设过程实行挂牌验收，每步架经专职安全员检查合格后方可继续施工。浇筑及拆模全程专人旁站，建立“报验→发现→整改→复查”闭环管理机制，杜绝违规作业，确保过程受控。（3）事后管控：混凝土终凝后全面检查架体，复核截面尺寸、平整度及标高偏差，整理施工记录、监测数据、验收报告等资料归档，实现质量可追溯、可核查，保障施工全面达标[5]。

3.3 施工动态监测技术与异常处置

（1）监测点位：高支模区域立杆跨中及四角设沉降观测点（间距 ≤ 10m），架体顶部和中部设水平位移监测点，关键杆件布设振弦式应变计，形成空间监测网络。（2）实时管控：浇筑时每30分钟采集变形数据，应变实时传输。阈值：沉降 ≤ 3mm/h、累计 ≤ 5mm，水平位移 ≤ 3mm，杆件应力 ≤ 设计值80%，超限报警。（3）应急处置：编制预案并演练。沉降异常时暂停浇筑，千斤顶配合垫铁调平并增设支撑；应力超限时局部加固并减缓浇筑；变形严重时立即停工疏散并加固。应急物资就近存放，定期检查，确保可用。

3.4 工程应用效果分析

（1）质量效果：盘扣式支撑体系节点刚度大、整体性好，混凝土表面平整度偏差 ≤ 3mm（传统5~8mm），全站仪实测最大差异沉降 ≤ 2mm，模板拼缝无错台，结构成型精度与外观质量显著优于传统支架，有效保障泵站流道线形及尺寸精度。（2）安全与效率效果：施工全程零安全事故；盘扣支架搭设工效约50~60m^2/（人·日），较传统提升1.8倍，搭拆衔接紧凑，分层浇筑无需额外加固，标准层工期缩短2~3天，工序转换效率明显提升。（3）经济效益：盘扣周转利用率92%~95%，材料损耗 < 1.5%（传统3%~5%），人工费节约30%~40%，每万平方米支撑面积节约直接成本约10~15万元，效益显著，具备在大中型泵站工程中推广价值。

结束语

本文围绕大中型泵站特殊施工工况，全面探究盘扣式脚手架模板支撑体系的设计要点、核心施工工艺及质量安全控制体系，针对性解决了临水重载工况下支架失稳、变形超标等施工难题。该体系凭借刚度大、整体性强、周转利用率高的优势，有效提升泵站结构施工精度，保障施工安全，缩短施工工期、节约工程造价，可为同类水利泵站模板支撑工程的施工与优化提供可靠参考依据。

参考文献

[1]刘哲,刘战伟.重型承插型盘扣式钢管脚手架连接节点抗弯性能研究[J].施工技术,2024,53(02):110-116.

[2]张凌博.盘扣式钢管脚手架节点转动刚度及稳定承载力研究[J].北京理工大学学报,2023,43(12):1224-1231.

[3]杨阳,李洪强.水利泵站高大模板盘扣支撑体系施工技术及稳定性控制[J].水利水电技术,2023,54(08):156-162.

[4]王超,赵健.复杂工况下泵站工程盘扣式高支模体系优化设计与施工[J].人民长江,2022,53(19):189-194.

[5]谭强,靳庆峨.重型盘扣式钢管支撑脚手架平台法施工技术[J].建筑技术,2025,56(07):780-783.