

拉森钢板桩围护体系在深基坑施工中的监理风险管控实践

蔡璐明

上海宝钢工程咨询有限公司, 上海, 201900;

摘要: 拉森钢板桩围护体系因其施工便捷、止水性能良好等特点, 在深基坑工程中得到广泛应用。但在复杂地质及周边环境条件下, 围护结构稳定性、支撑体系受力及变形控制等问题仍存在较高风险。结合宝山基地炼钢、焦化变电所易地改造2标主体标段工程实例, 从监理风险管控视角出发, 系统梳理钢板桩围护体系施工过程中的主要风险点, 围绕方案审查、过程控制、监测预警及分级响应机制等方面, 提出全过程风险管控措施。通过建立风险分级处置机制和动态监测闭环管理体系, 有效提升了围护结构施工安全可控性, 确保基坑施工顺利完成。相关实践可为类似工程监理风险管控提供参考。

关键词: 拉森钢板桩; 围护体系; 深基坑施工; 监理风险管控; 施工监测; 分级响应

DOI: 10.69979/3029-2727.26.04.016

引言

近年来, 随着工业厂区更新改造项目不断推进, 深基坑工程在既有生产区域内实施的情况日益增多。受复杂地质条件、高地下水位及周边既有建(构)筑物密集等因素影响, 基坑围护结构稳定性与变形控制难度明显增加。拉森钢板桩围护体系因施工便捷、止水性能较好, 在工业基坑工程中得到广泛应用, 但在支撑受力、锁口止水及邻近结构保护等方面仍存在一定风险。若缺乏系统化风险识别与动态监测管控机制, 易导致变形超限、渗漏或既有结构受损等问题。结合宝山基地炼钢、焦化变电所易地改造2标主体标段工程实践, 本文从监理风险管控视角出发, 总结拉森钢板桩围护体系施工阶段的风险识别、过程控制及分级响应措施, 为类似工业基坑工程监理管理提供参考。

1 工程案例概况

1.1 项目背景与工程难点

宝山基地炼钢、焦化变电所易地改造2标主体标段工程包含土建、电气及配套设施建设, 其中深基坑施工为关键控制环节。基坑包括新建炼钢变电所基坑及新中央变电所扩建地下室延伸段基坑, 最大开挖深度6.25m, 围护形式采用拉森钢板桩配合内支撑体系, 并设置管井降水系统。工程位于既有生产厂区内, 地下水位较高, 土层以黏质粉土、淤泥质粉质黏土为主, 土体稳定性较差, 周边分布既有地下室、设备基础及多条管线, 施工场地受限。钢板桩打设垂直度控制、锁口止水效果、支撑体系受力稳定以及基坑开挖与降水协同管理成为施工控制重点, 同时邻近既有结构对沉降与振动控制要求

较高, 基坑变形容许值较小, 整体施工风险较为集中, 对监理过程中的风险识别与动态管控提出了较高要求。

1.2 监理目标与工作范围

本工程深基坑施工阶段监理工作的总体目标为确保围护结构稳定、降水系统运行有效、支撑体系受力安全可靠, 控制基坑变形在设计及规范允许范围内, 杜绝安全事故发生, 保障工程顺利推进。监理工作贯穿方案审查、施工过程控制及监测数据管理全过程, 重点对支护与降水专项方案的合理性进行审核把关, 对钢板桩打设、围檩及支撑安装、土方分层开挖等关键工序实施现场监督与旁站控制, 严格执行隐蔽工程验收程序。同时对围护结构位移、沉降及地下水位等监测数据进行动态跟踪分析, 结合现场施工进度及时提出预警和整改要求, 协调处理基坑施工与邻近既有结构之间的影响问题, 实现风险可识别、过程可控制、问题可追溯的管理目标。

1.3 监理风险识别分级与分级管控

结合本工程拉森钢板桩围护体系施工特点, 监理团队围绕支护施工、降水作业、基坑开挖及邻近结构保护四个方面开展风险识别, 梳理形成12项主要风险点, 并按风险影响程度划分为重大、较大和一般三级, 明确分级管控责任。重大风险由总监理工程师牵头管理, 较大风险由总监代表负责, 一般风险由专业监理工程师全过程跟踪^[1]。钢板桩锁口渗漏、围护结构位移接近报警值及邻近高风险结构沉降列为重大风险; 钢板桩打设垂直度偏差、降水水位控制不达标列为较大风险; 围檩焊接质量缺陷、监测数据报送不及时等列为一般风险。同时建立风险动态更新机制, 监理工程师每日排查现场风

险并更新风险台账, 实行问题闭环管理, 确保风险早识别、早预警、早处置, 实现基坑施工全过程可控。

2 拉森钢板桩围护体系施工监理控制实践

2.1 深基坑专项方案审查

深基坑施工专项方案审查实行“初审—复审—专家论证—审批”四级流程, 总监代表组织监理工程师重点核查拉森钢板桩围护体系施工方案、降水方案及开挖顺序, 确保围护结构稳定、支撑受力可靠及基坑变形可控。在初审阶段, 发现原轻型井点降水方案在场地受限时, 降水深度和效果可能不足, 无法完全满足基坑底板安全要求, 并可能对钢板桩施工顺序产生一定影响, 为此签发《监理通知单》, 要求施工单位优化为管井降水方案, 并提交修正后的布置及参数, 以兼顾施工可行性和钢板桩安全性能。在复审阶段, 对优化后的管井降水方案进

行核查, 确认降水深度和抽水能力满足设计要求, 且与钢板桩、围檩及支撑体系施工顺序协调一致, 同时结合专家论证分析关键技术参数及施工可行性, 确保方案在满足施工要求的同时不引入新的风险隐患^[2]。审批阶段, 总监理工程师批准方案实施后, 持续跟踪方案在现场落实情况, 重点核查管井降水系统布置与钢板桩支护体系的配合, 通过监测数据复核降水深度、围护结构位移及支撑受力状态, 确认施工操作符合方案要求, 实现方案审查与施工监理闭环, 确保拉森钢板桩围护体系施工过程中的安全与稳定。

2.2 拉森钢板桩及支撑体系施工过程控制

监理单位围绕“事前预控、事中旁站、事后验收”的全过程控制思路, 对拉森钢板桩及支撑体系施工实施精细化监管, 重点从材料质量、施工精度、节点传力及预应力控制等方面开展管控工作, 具体如图1所示。

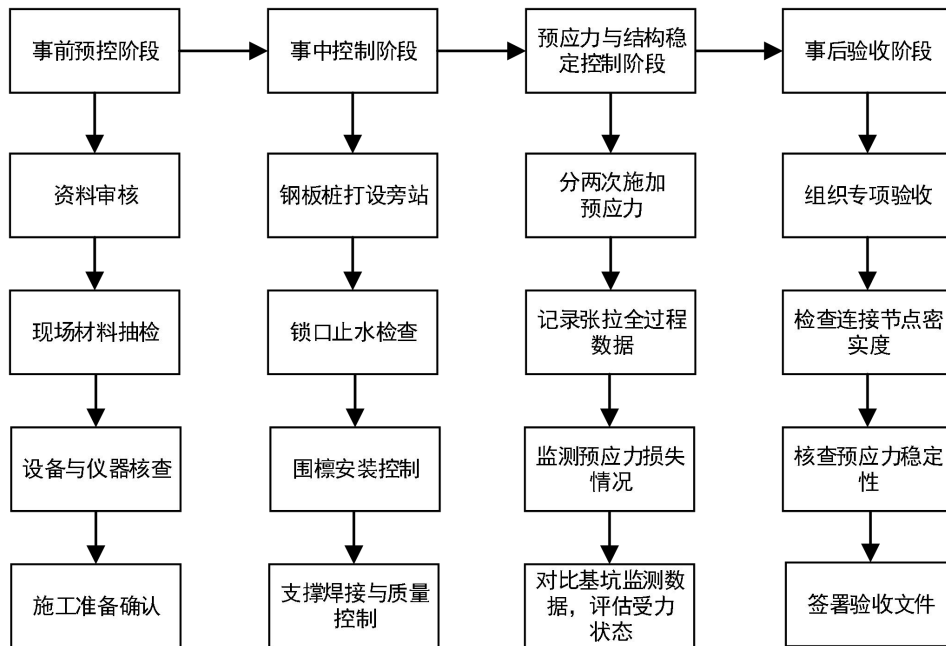


图1 拉森钢板桩及支撑体系施工过程控制

2.2.1 材料与施工前审核

施工前, 严格审核钢板桩出厂合格证、材质及力学性能报告, 并组织现场抽检, 重点核查桩体平直度、锁口完整性及有无断裂或扭曲。对存在缺陷的桩体立即退场处理, 防止施工阶段隐患。施工设备(振动锤、测量仪器)精度核查合格后投入使用。施工现场设立沉桩控制标识及警戒区域, 明确关键工序旁站点及责任分工。

2.2.2 沉桩垂直度与锁口渗漏控制

钢板桩沉桩阶段实行实时旁站监理。监理团队复核桩位与垂直度, 控制偏差小于1%, 记录每根桩打入深度及打击次数。沉桩完成后逐桩检查锁口咬合情况, 并

组织浇水试验验证止水性能。发现异常立即下达整改指令, 督促施工单位进行锁口补焊或注浆处理, 确保围护结构受力连续可靠。

2.2.3 围檩与支撑施工控制

拉森钢板桩施打完成并验收合格后, 进行围檩及钢支撑安装施工。围檩安装前由监理复核标高与轴线位置, 采用水准仪与钢尺进行双重校核, 围檩与钢板桩之间采用钢楔楔紧, 确保接触密实、传力可靠, 避免局部受力不均。钢支撑安装时对焊缝进行外观检查, 重点控制焊缝高度、宽度及饱满度, 杜绝裂纹、夹渣、气孔等外观缺陷。支撑安装到位后分阶段施加预应力, 首次张拉至

设计值的 80%，持荷稳定后复测轴力及变形，再补张拉至 100% 设计值，全过程记录张拉数据并监测预应力损失，出现明显损失时及时复张。施工期间结合基坑自动化监测数据，实时分析支护结构水平位移、围檩内力及周边构筑物沉降变化，确保受力状态与设计工况一致^[3]。

支撑拆除遵循先换撑、后拆除、先支后拆、分级卸荷的原则，按设计工况由上至下、对称有序进行，严禁超挖、超前拆除及不对称卸荷。钢支撑卸荷采用分级缓慢释放预应力，避免应力突变引发基坑侧壁位移骤增、地表沉降加大及周边构筑物开裂、不均匀沉降等风险。拆除过程中加密监测频率，重点跟踪围护桩水平位移、周边建筑物及管线变形，出现异常立即停止作业并采取加固措施。钢板桩拔除采用振动拔桩机施工，拔桩前对桩体进行润滑减阻处理，由上至下间隔拔除，减少土体扰动与位移传递。拔桩后及时对桩孔进行回填密实，控制基坑后期回弹与周边地面沉降，确保周边道路、管线及构筑物安全稳定。

2.2.4 隐蔽障碍风险控制

在基坑北侧临近厂区道路区域，沉桩至约 3.5m 时出现连续受阻，振动锤电流明显升高。经探查发现，该区域地下存在一排既有 PHC 桩遗留结构，原施工资料未完整标识，属于典型隐蔽障碍物风险。考虑到 PHC 桩为完整构件，若强行振打或局部破除，可能导致钢板桩锁口变形及围护轴线偏移。立即要求暂停施工，并组织施工单位进行技术论证。

经分析，清除整排 PHC 桩风险大且扰动范围广，最终方案为对围护体系线形进行优化调整，适当扩大钢板桩施工范围以避让既有桩体。方案经设计单位确认后实施，对调整后的围护轴线及间距进行复核，并加强施工过程旁站控制。调整完成后，沉桩施工恢复正常，围护体系线形及垂直度控制均符合设计要求。

2.3 基坑开挖与监测数据联动管理

基坑开挖阶段是围护体系风险最集中的环节，土体受力变化、地下水位波动及周边既有结构安全均需实时监控。土建监理工程师全程主导监测数据复核、开挖节奏控制及风险处置，确保施工与安全防护形成闭环管理。

施工前，审核施工单位的监测布点方案，确保围护墙顶、深层位移及地下水位等关键点覆盖全面。施工前审核施工单位监测布点方案，确保监测体系完整覆盖关键部位。新建炼钢变电所基坑布设钢板桩墙顶水平及竖

向位移监测点 7 处、钢板桩深层水平位移监测点 4 处、已建基础沉降及位移监测点、周边地表沉降监测点与地下水观测井。中央变电所延伸段基坑布设墙顶位移监测点 4 处、深层位移监测点 2 处，并在邻近设备基础及管线区域增设沉降监测点与水位观测点。监测布点严格遵循围护结构、基坑内部、周边环境三级控制原则，全面反映基坑变形及对既有结构的影响。

开挖过程中，每日独立复核监测单位报送数据，分析位移趋势与开挖作业关联。一旦监测数据接近或超过预警值，即可立即下达局部停工指令，要求施工单位排查支护及降水系统，并制定整改方案。施工单位必须严格按照“分层分段、对称均衡”原则开挖，分层深度不超过 3 m，并及时施工支撑、垫层，缩短基坑暴露时间，避免局部土体失稳^[4]。

在新建炼钢变电所基坑开挖过程中，邻近蒸汽分离罐区域沉降值一度达到 14mm，已达到报警值 20mm 的 70%，沉降速率约 2mm/d。现场立即启动基坑安全动态响应机制，及时下达放缓开挖及局部停工指令，并组织施工、设计单位开展风险分析，研判沉降诱因。随即在基坑与成品区之间增设高压旋喷桩进行土体加固，同时在侧壁增设临时钢支撑以控制位移。监理全程旁站监督加固施工，同步加密沉降监测频次，直至沉降速率降至 0.3mm/d 以内，最终累计沉降稳定在 15.2mm，未触发报警，基坑及周边既有结构安全受控。

通过上述监测与开挖联动管理，实现了施工节奏与风险防控同步控制。监测数据复核、停工预警、整改措施实施及复工审批均由统一主导，形成完整闭环，确保基坑开挖安全、周边结构稳定，同时兼顾施工效率，为深基坑施工提供可靠的安全保障。

3 邻近既有结构保护的监理风险管控实践

3.1 施工前现状调查与初始风险评估

基坑施工前，监理单位组织开展周边既有结构专项踏勘与资料复核，对邻近建（构）筑物、设备基础及地下管线进行现状调查，并结合设计资料核实结构类型、基础形式及与基坑的相对位置关系。调查结果表明，新建炼钢变电所基坑周边 10.5m 处为铁水脱硫除尘器，7.26m 处为脱水机房控制室，新中央变电所延伸段基坑与既有地下室直接衔接，周边还分布污水管、地下管廊等重要设施。监理依据结构距离、基础形式及施工影响敏感性开展初始风险评估，将周边结构划分为高风险和中风险两级，划分结果如表 1 所示。

表1 初始风险评估

既有结构名称	与基坑距离	结构类型	基础形式	风险等级	主要风险因素
地下管廊	5.0m	钢筋混凝土管廊	条形基础高	高	沉降变形、结构开裂
铁水脱硫除尘器	10.5m	单层钢结构	独立桩柱基础	中	振动影响、沉降变形
脱水机房控制室	7.26m	混凝土框架结构	桩筏基础	中	位移叠加、结构开裂
既有地下室	0m	混凝土框架结构	桩筏基础	高	衔接部位渗漏、结构受力突变
污水管	2.4m	地下管线	管道基础	中	管线位移、接口渗漏

其中地下管廊距离基坑约 5.0 m，为钢筋混凝土条形基础结构，受基坑开挖卸荷及土体扰动影响，易产生沉降变形及结构开裂风险；既有地下室与基坑直接衔接，可能出现衔接部位渗漏及结构受力突变问题。铁水脱硫除尘器、脱水机房控制室及污水管等设施被划分为中风险对象，其主要风险为施工振动、土体位移及局部沉降引起的结构变形或管线接口渗漏。上述评估结果为后续监测布设及施工风险管控措施制定提供了依据。

3.2 钢板桩施工对邻近建筑物的振动控制

钢板桩沉桩施工产生的振动是影响邻近既有结构安全的重要因素。针对本工程周边结构分布密集、部分设施距离基坑较近的特点，监理从源头控制、过程监测和动态调整三方面实施振动风险管控。在施工前，监理审核钢板桩施工方案，要求采用低频振动锤并控制沉桩速度，优化沉桩顺序，原则上按“由远及近”方式施工，以减少振动叠加影响；对邻近高风险结构区域，要求采取铺设缓冲材料、必要时进行土体注浆加固等措施，以降低振动传播。施工过程中，监理对沉桩工序实施旁站监督，并在高、中风险结构附近布设振动监测点，实时监测振动速度，控制限值为钢结构 2.5 mm/s 以内，混凝土结构 1.5mm/s 以内。当监测值接近控制限值时，及时要求调整沉桩参数或暂停施工，待风险消除后方可恢复施工，从而有效控制振动对邻近结构的不利影响。

3.3 施工期间动态监测与应急响应

在新中央变电所延伸段基坑开挖过程中，监测数据显示邻近浅埋管廊出现沉降及位移变化。该管廊为前期风险评估确定的高风险控制对象。随着基坑分层开挖推进，监测数据呈现轻微沉降趋势，部分位移逐渐接近预警控制值。土建监理工程师在监测数据复核中及时发现异常情况，并立即组织施工单位开展原因分析。

通过现场踏勘及技术分析认为，沉降主要受基坑开挖卸荷效应及土体扰动影响，导致管廊周边土体局部变形。针对该情况，监理组织召开专项技术协调会，会同施工单位及相关技术人员研究处置措施，并要求施工单位采取针对性加固与施工控制措施。在处置过程中，施工单位按照监理要求对管廊周边土体实施高压旋喷桩加固，同时优化基坑支撑体系布置，以提高局部土体稳

定性并减小开挖影响^[5]。监理对加固施工实施全过程旁站监督，并加密监测频次，对监测数据进行每日复核与分析，确保加固措施有效落实。

加固及优化措施实施后，管廊沉降速率明显减缓，监测数据逐步趋于稳定，后续施工阶段未再出现异常沉降或位移。实践表明，通过监测预警、技术协调及加固施工全过程管控相结合的方式，有效控制了基坑施工对周边高风险设施的影响，保障了基坑施工及既有管廊结构安全。

4 结语

本文以宝山基地炼钢、焦化变电所易地改造深基坑工程为例，总结拉森钢板桩围护体系施工中的监理风险管控实践。通过专项施工方案审查、钢板桩垂直度与锁口止水控制、支撑体系受力及预应力监督，以及邻近既有建筑沉降与振动动态监测，建立风险分级与闭环管理机制。监理单位通过数据复核、旁站监督和技术协调等措施，有效控制桩体偏差、锁口渗漏及周边结构变形风险，保障基坑施工安全与质量。在未来的工作中，应采用智慧监控系统进行信息化监管，完善监理风险控制程序，提高深基坑工程监理工作的准确性和时效性。

参考文献

- [1] 吴棕鹏, 曲彦霖. 拉森钢板桩围护体系在过路管基坑支护中的应用[J]. 中国住宅设施, 2021, (08): 127-128.
- [2] 黄剑. 拉森钢板桩施工关键技术研究[J]. 工程建设和设计, 2025, (18): 131-133.
- [3] 潘尚选. 某医院污水处理池基坑围护工程管理分析[J]. 中国医院建筑与装备, 2022, 23(06): 70-73.
- [4] 鹿存龙. 泵站泵房建设工程中拉森钢板桩基坑支护施工技术研究[J]. 工程机械与维修, 2025, (11): 114-116.
- [5] 武鹏飞. 钢板桩支护施工技术在市政道路施工中的应用研究[J]. 建筑机械, 2026, (01): 280-283.

作者简介: 蔡璐明 (1989.7-), 男, 汉, 江苏镇江人, 本科, 工程师, 研究方向: 工程管理。