阿布扎比高温环境下房建施工 PERI 支撑体系的安全应用

赵霆龙
（中交一航局第三工程有限公司）

摘　要：为解决阿布扎比高温环境下房建施工支撑稳定性不足、属地规范适配难及人员中暑风险高等核心问题，以哈里发港 CT3 项目为依托，综合采用 PERI 支撑体系，探索“人员–施工机具–工序”三级许可体系、基于 TWL 的“绿–橙–红”高温分级管控模式，构建 PERI 标准与 ADOSH–SF 规范的协同管理方法。通过现场实践，该体系承载能力提升 50%，高温变形量增幅≤5%，施工效率提升 30%，项目实现零安全事故、零中暑事件目标。结果表明，PERI 体系模块化优势与属地化管理的结合，可破解海外高温房建施工安全难题，并为类似工程提供技术与管理参考。

关键词：PERI 支撑体系；阿布扎比；高温施工；房建施工；属地化安全管理；三级许可；热辐射管控

0　引言

PERI 支撑体系采用标准化构件与模数化设计，实现三维空间灵活调节，具备高承载力和整体稳定性，可搭配配套组件应对复杂结构及重载工况，施工高效安全。现有研究虽证实 PERI 支撑体系的模块化技术优势，且积累了海外 HSE 管理与高温防护的基础经验，但研究场景多局限于常规环境，研究维度较为单一，缺乏针对阿布扎比 50 ℃极端高温下支撑体系变形控制、承载适配的专项研究，且未形成技术体系与 ADOSH–SF 等属地规范的深度协同路径，精细化管控方案缺失。

本文以哈里发港 CT3 项目为依托，将 PERI 支撑体系技术特性与阿布扎比高温环境、属地要求精准融合，构建三级许可体系与 TWL 分级管控模式，形成技术标准与属地规范的协同路径。研究成果可填补极端高温地区 PERI 体系应用及属地化管理空白，为类似工程提供安全管控范本，兼具实践价值与学术意义。

1　工程概况

哈里发港 CT3 项目位于阿联酋阿布扎比哈里发港内，主要为 1 200 m 码头岸线对应的后方堆场建设，占地面积 69 万 m^2，包含管网管线、面层等堆场施工及综合楼、机修车间、变电所、进出港闸等 22 座房建单体施工，总计建筑面积约 1.87 万 m^2。

阿布扎比为典型沙漠气候，年平均气温超过 25 ℃，年降水量约 90 mm，全年可分为热季（5—10 月，平均气温超过 40 ℃，最高可达 50 ℃）与凉季（11 月—翌年 4 月，平均气温 15~35 ℃）。当地常风向为偏西北向，但项目位于封闭港湾内，房建施工无风荷载显著影响，因此 PERI 支撑体系未额外设抗风构件，且按属地规范验算显示，风荷载对体系应力影响≤3%。

2　PERI 支撑体系的应用

在 CT3 项目中，该支撑体系主要用于房建单体施工。项目房建数量多、结构多样，综合楼为 3 层钢筋混凝土框架（90 m×30 m×18 m），总工期为 13 个月且无富余时间，需各环节紧密衔接。为了快速、安全、高效地实现履约，通过项目设计，选用 PERI 支撑体系，为项目的成功实施提供坚实保障。

2.1　PERI 支撑体系结构组成

PERI 支撑体系主要由独立钢支撑、简易脚手架、工字梁等组成[1]。其中，承插式脚手架和独立钢支撑作为主要的支撑构件，工字梁作为水平支撑体系的主、次梁，面板选用 18 mm 厚的优质小规格胶合板模板（1 830 mm×610 mm 和 1 220 mm×610 mm）。

2.1.1　独立钢支撑

立柱采用 Q345B 焊接钢管，内外套管通过钢销调节长度，外管螺纹管配合微调螺母实现±50 mm 精准调整。折叠三脚架以 3.5 mm 薄壁钢管焊接，靠偏心卡棍锁紧固定，顶托按工况选用 2a、2b、2c 型号，见图 1。

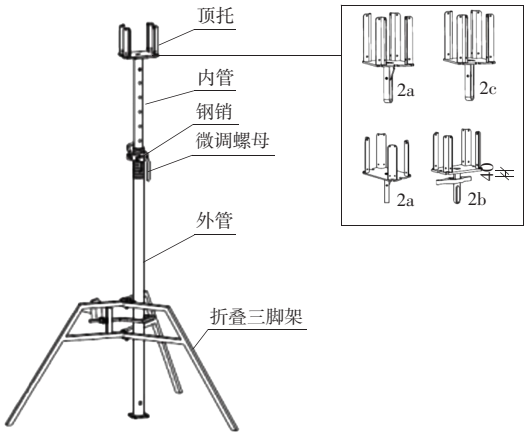


图 1　独立钢支撑体系

2.1.2　简易脚手架

简易脚手架用于主次梁工字梁两端连接，其核心构件包括水平杆、斜撑等，节点焊接强度≥400 MPa，以保障稳定，中间配独立钢支撑，见图 2。

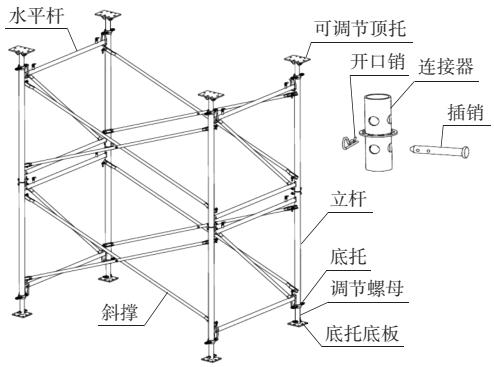


图 2　简易脚手架体系

2.1.3　工字梁

工字梁的主梁与次梁(结构形式见图 3)均采用木制材料，使用钢钉固定，工字梁材料截面尺寸为 80 mm×240 mm×120 mm，单位长度重量为 5.26 kg/m，抗弯强度≥15 MPa，弹性模量≥10 GPa。

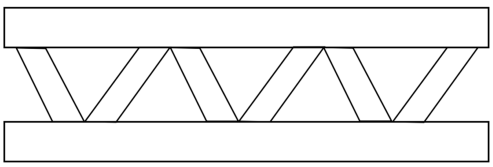


图 3　工字主梁、次梁

2.2　PERI 支撑体系安装工艺

2.2.1　安装工艺流程

安装流程为：地基处理→脚手架→钢支撑→工字梁→模板。地基承载力需≥150 kPa，软弱地基铺 200 mm 级配砂石碾压。

2.2.2　安全技术操作要点

1）施工前依据计划施作的混凝土板厚、梁截面尺寸及施工荷载要求进行水平支撑体系的设计与计算，并绘制相应的平面布置图。

2）根据支撑平面布置图的位置和间距，布置简易脚手架和独立钢支撑，并安装三脚架。确保独立钢支撑排列整齐，垂直于楼板，并使上下层支撑对齐(偏差≤50 mm)。

3）按照主次龙骨平面布置图的方向和间距，放置方钢管主龙骨，并通过可调顶托调整主梁的顶部标高(误差±3 mm)。

4）拆除时，先拆除独立钢支撑之间的连接钢管，松动独立钢支撑中部的可调螺母，然后按顺序拆除主次龙骨、梁侧模和胶合板模板。拆下的构件需分类堆放，及时倒运，保持施工及应急通道畅通(应急通道宽度≥1.2 m)。

5）高处作业时，搭设作业平台，必要时设置生命线(直径≥12 mm 钢丝绳，张拉力≥15 kN)，保障搭设、拆除作业安全。

3　安全管理

以阿联酋阿布扎比职业安全健康管理规范 ADOSH–SF[2]、哈里发港港务局建筑施工安全管理要求为例，结合 CT3 项目房建施工实际(PERI 支撑体系应用场景、高温环境约束)，明确安全管理全流程要点，重点解决海外项目“合规性与实操性平衡”“高温风险防控”“技术与管理协同”等核心问题，部分措施与国内管理要求形成差异化适配。

3.1　许可管理

3.1.1　人员许可

作业人员需经第三方认证公司培训考核，内容涵盖 PERI 体系结构原理、安装拆除流程、风险辨识、应急处置等，考核合格后颁发《PERI 支撑体系操作资格证书》，证书有效期 3 a。其中第三方认证公司须符合 ISO/IEC 17024 认证标准，并需经 UAE EIAC(阿联酋国际认证中心)注册，获得培训资质。建立人员资质台账，定期核查证书有效性，严禁无证人员作业。

3.1.2　施工机具许可

检查所有 PERI 支撑体系的组件是否完好无损，确保没有变形、裂纹或其他损坏。施工中涉及的工具、材料，如吊带、钢丝绳、卡环等，需全部经由第三方认证公司对其检测，吊点、吊索具还应进行无损探伤检测，合格后出具《构件检测报告》，方可投入使用，检测周期为 1 次/6 个月。吊车进场前，需由第三方政府认证公司对吊车性

能、安全装置等进行检查、检测，声明吊车额定起重量、安全系数(75%)，合格后颁发认证合格证书，方可进场作业。

3.1.3　工序许可

支撑体系搭设前需按“申请—核查—签发—执行—监督—处置”闭环流程办理施工许可[3]。由持证作业组组长提交附专项施工方案、人员资质清单、施工机具检测报告的申请，经主管工程师、安全员、设备管理员联合核查地基承载力等作业条件后，由分项工程授权负责人(Authorized Person)签发有效期 24 h 的《支撑体系搭设许可》；作业前需完成技术交底(留存签字记录)，作业中实时检查水平度及垂直度，若不符合施工许可规定则收回许可并停工整改，无证作业组暂停施工资格并重新培训，许可到期未续者按属地规定处罚，结果纳入安全信用档案。

3.2　起重作业管理

3.2.1　人员管理

为有效确保支撑体系材料、构件吊装搭设安全，要求单独设置起重作业经理，全面负责起重吊装作业管理，起重作业经理需有 10 a 以上工作经验。作业过程中，至少由 1 名起重监督员、2 名指挥同时上岗，管理、发起相关作业，且起重监督员、指挥必须经由三方认证公司培训考核，取得资格证书后，方可上岗作业。

3.2.2　方案、许可管理

主办工程师编制专项起重方案，明确吊点设置(按构件重心对称布置)、吊索具选型(安全系数≥1.5)，经起重作业经理审核批准后实施；作业前办理《起重作业许可》，核查吊具状态、作业半径内障碍物等，许可由起重作业经理签发。每班召开班前会，分析当日风险(如高温对吊索具强度的影响)，明确注意事项。

3.3　检测验收和定期监测

3.3.1　检测验收

支撑体系搭设完成后，由项目工程师与第三方认证公司联合验收。核查是否按方案施工，重点检查立杆间距(偏差±10 mm)、垂直度(≤0.1%)、节点连接紧固力矩(≥30 N·m)。验收合格后第三方出具《支撑体系检测报告》，在出入口悬挂绿色合格牌(标注额定荷载 30 kN/m²、有效时限 7 d)。

3.3.2　定期监测

在支撑体系使用过程中，由第三方认证公司定期(次/3 d)对支撑体系进行监测，如有变形、扰动，及时停止施工作业。作业前还需进行荷载试验，记录试验数据，如表 1 所示，试验重复 3 次，标准差≤0.5 mm。

表 1　PERI 支撑体系荷载试验数据记录表

试验工况	设计荷载/kN	实际最大荷载/kN	支撑变形量/mm	是否合格
梁板自重加载	15	18	2.1	是
施工荷载叠加	20	22	3.5	是
极限荷载测试	30	28	5.8(未超限)	是

3.4　夏季作业管理

由于项目属地高温高湿气候环境，作业人员在夏季作业过程中极易出现中暑情况，尤其是从事支撑体系安拆、高处作业时，防暑降温管理尤为重要。

3.4.1　优化作业时间

严格执行阿布扎比有关规定[4]，6 月 15 日—9 月 15 日期间的 12:30—15:00 严禁室外作业；其他时段结合 TWL 值(热辐射监测仪数据)动态调整作业计划。

3.4.2　环境实时监测

配置 TWL 监测仪器，即热辐射监测仪。实时监测气候数据，每 30 min 记录 1 次，并将数据发布至工作平台。基于监测数据实施防暑降温色标管理，划分风险等级，制定不同级别的安全预控措施，对应不同级别颜色。同时在施工现场显著位置悬挂相应颜色旗帜，便于作业人员直观识别旗帜颜色，快速掌握工作要求，实现制度措施可视化、清晰化落地。高温作业管理分级表见表 2。

表 2　高温作业管理分级表

工作序列	风险分级	工作要求	作业类型	工作–休息时刻表
低风险(悬挂绿色旗帜)	TWL:140~220	无限制	轻型/重型	可持续作业
中风险(悬挂橙色旗帜)	TWL:115~139	严禁单独室外作业	轻型	可持续作业
			重型	连续工作 45 min，至少需要持续休息 15 min
高风险(悬挂红色旗帜)	TWL:<115	严禁单独室外作业	轻型	连续工作 45 min 内，至少需要持续休息 15 min
			重型	连续工作 20 min，至少需要持续休息 40 min

其中，轻型作业指模板清理、构件搬运（单件重量≤20 kg）；重型作业指 PERI 支撑体系搭设、起重吊装、模板安装。

3.4.3 保障措施

现场设置医务室 1 处，配备持阿布扎比医疗执照的专职医生；每个作业区设置遮阳休息棚 1 个，配备冰水、电解质饮料（每 50 人配置 1 台饮水机）；为作业人员发放防烫手套、降温背心等防护用品并按需发放藿香正气水、清凉油等药品。

3.5 应急管理

3.5.1 支撑失稳应急响应

施工过程中当发现支撑变形、异响等险情时，立即启动应急警报，组织作业人员沿应急通道撤离；应急小组（由安全员、工程师组成）现场评估险情，制定加固方案（如增设临时支撑）；险情排除后，第三方认证公司重新检测，合格后方可恢复作业。

3.5.2 中暑应急处置

轻度中暑时将患者转移至阴凉处，补充电解质饮料，用湿毛巾降温；重度中暑时立即由专职医生进行急救（如静脉补液），同时联系哈里发港应急服务中心进行处置（港务局 24 h 应急电话为800112）。

3.6 技术支持与监督

配置 2 名持 PERI 原厂认证的技术专员，负责安装指导、问题处置；主办工程师、安全员每日巡查，重点检查许可有效性、构件状态、作业规范，并留存巡查记录，每周形成《安全周报》。

4 安全成效

4.1 承载稳定性提升

PERI 支撑体系（设计荷载 30 kN/m^2）采用 Q345B 高强度钢材及优化节点设计，相较于传统钢管扣件架系（设计荷载 20 kN/m^2），承载能力提升 50%，高温环境下变形量增幅≤5%（传统架≥12%），有效规避荷载超限导致的坍塌风险，CT3 项目房建施工期间未发生支撑体系变形超标问题。

4.2 模块灵活性增强

模块化设计使立杆间距可根据荷载需求灵活调整（范围 1.2~2.4 m），适配综合楼不规则平面布局；纵横向水平杆仅设 1 道，减少限制，更为便捷，为人员通行、材料搬运预留安全通道（宽度≥1.2 m），施工效率提升 30%；设计变更时，支撑体系调整周期缩短至 2 d（传统架需 5 d），确保工期节点可控。

4.3 安拆操作性优化

PERI 体系耗材量仅为传统钢管架的 30%，材料吊装倒运次数减少 70%；安拆流程标准化，同等面积的作业时间缩短 40%，降低工人劳动强度。热季施工期间，因作业时长减少、劳动强度降低，未发生中暑事件，较项目初期预期降低 100%。

4.4 环保可持续性提高

部件重复利用率高、耗用量少，减少运输倒运与材料浪费，降低碳排放与废弃物产生，助力环保可持续发展。

5 结语

本文结合阿布扎比 CT3 项目实践，构建起“技术标准-属地规范-人员管理”三位一体协同体系，通过 PERI 支撑体系的模块化技术优势与“三级许可、热辐射分级管控”的属地化管理创新深度融合，实现施工全过程零安全事故、零中暑事件的安全目标。该体系不仅可直接推广至沙特、卡塔尔等中东沙漠高温地区的房建项目，为类似海外工程提供“技术选型—合规管理—风险防控”的全流程参考；亦适配国内新疆、甘肃、内蒙古等夏季极端高温区域的施工场景，为国内跨区域房建施工安全管理提供差异化解决方案。研究形成的模块化管理方案与技术适配路径，可有效降低海外高温地区施工的安全管控门槛，为我国工程企业提升国际化安全管理能力、打造海外安全示范工程提供可复制、可迭代的实践范本。

参考文献：

[1] 毕建秋，王坤，王震. PERI 模板支撑体系在房建工程的应用[J]. 华北交通工程，2024(5)：78-81.

[2] Abu Dhabi Public Health Centre. Abu Dhabi occupational safety and health system framework (ADOSH-SF) Code of practice[R]. Version 4.0. Abu Dhabi：Abu Dhabi Public Health Centre，2024.

[3] 田锐. HSE 管理制度在阿联酋钻井项目的应用[J]. 石油工业技术监督，2022，38(9)：47-51.

[4] Abu Dhabi Occupational Health and Safety Center. Administrative decision No.(19)of 2023 relating to occupational safety and healty & labour accommodations. Article(11)Mid-day work exceptions [EB/OL]. (2023-07-15)[2025-09-10].https://www.adphc.gov.ae.