

网格化协调与分层管控在大型项目监理中的应用与成效研究——以 OPPO 智能制造中心项目为例

夏天金 李志龙 (通讯作者) 段四国 (通讯作者) 黄艺强 (通讯作者)

公诚管理咨询有限公司, 广东广州, 510660;

摘要: 大型智能制造项目存在参建方多元、技术集成度高、安全风险突出等特征, 传统监理模式难适配协同管控需求。本文以 OPPO 智能制造中心 C 地块数据中心项目为载体, 构建“网格化协调+分层管控”一体化监理体系, 解析三维网格化协调机制与三级分层技术管控实施路径, 阐述其在给排水、脚手架、消防工程等专项的应用要点, 结合量化数据与典型案例验证了方法成效。

关键词: 大型项目; 网格化协调; 分层管控; 监理; 成效

DOI: 10. 69979/3029-2727. 25. 07. 078

引言

随着智能制造产业向规模化、精密化升级, 大型数据中心项目建设复杂度攀升, 需兼顾常规“质量-进度-成本”目标与高可靠性、高安全性标准, 面临参建方诉求分化、专业交叉冲突、突发风险响应等挑战。传统监理模式因协调责任模糊、技术管控针对性不足难以适配, 引入协同效率模型与风险量化评估, 构建一体化监理方法意义重大。

1 项目概况与监理工作基础

1.1 项目基本信息

OPPO 智能制造中心项目用地面积约 796151. 25m², 规划总建筑面积约 1350000m², 主要建设制造中心、研发中心、数据中心等。项目 C 地块数据中心共建 4 座数据机房及配套用房, 占地面积 62630. 62m², 备案总建筑面积 94908m²。项目涉及桩基、结构主体、幕墙、装修、给排水、暖通、电气、消防、弱电等多个系统工程, 其中给排水工程包含生活、冷却、消防、雨水、污水等 10 个给排子系统, 安全管理涉及脚手架搭设、高支模、动火作业等多个高危环节。

1.2 监理机构设置与核心职责

(1) 监理机构组织架构

项目监理机构采用以总监理工程师为核心、总监代表具体负责现场管理的直线-职能式架构, 下设专业监理工程师和职能管理组, 形成分工明确、责任到人的管理体系。其架构如图 1 所示。

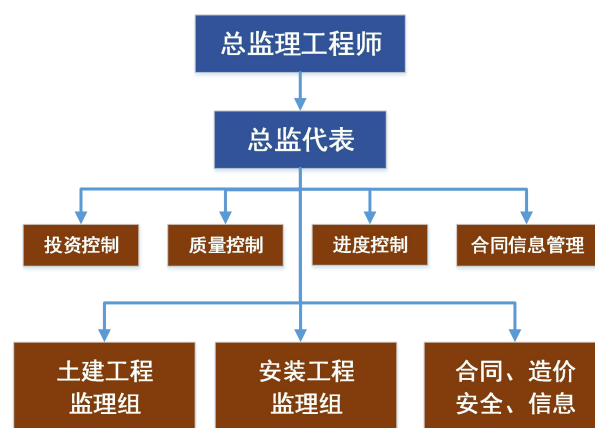


图 1: 项目监理机构组织架构图

专业监理层按工程类型细分土建、给排水、电气、消防、暖通等专业监理工程师岗位, 职能管理组设置合同、造价、安全、信息资料管理岗位, 形成专业覆盖全面、责任分工明确的组织体系。

(2) 核心监理职责

基于项目复杂特性, 监理机构核心职责聚焦两大维度:

1) 协调管理: 组织召开周监理例会及专题协调会, 协调建设单位、施工单位、设计单位等各方关系; 解决专业交叉施工冲突, 处理分包单位间的协作问题; 响应地质条件复杂、恶劣天气等突发事项并组织应急协调;

2) 技术管控: 审查施工组织设计及专项施工方案, 重点审核高风险分项工程的技术措施; 监督关键工序施工质量, 实施旁站监理; 核查进场材料与设备的技术参数; 处理施工中的技术变更与签证; 参与隐蔽工程验收与分部分项工程验收。

2 大型项目监理核心难点解析

OPPO 智能制造中心项目作为典型的大型复杂项目，其监理工作面临三大核心难点，直接制约管理效率与管控质量：

2.1 参建方利益诉求多元化

建设单位聚焦进度与投资控制，施工单位追求施工效率与成本节约，设计单位强调技术合规性，15 家分包单位中机电安装、消防工程、弱电系统等专业分包存在明显的工序交叉与资源竞争。引入协同冲突指数公式量化矛盾程度：

$$CI = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1, j \neq i}^n \frac{W_i \times W_j \times |G_i - G_j|}{D_{ij}} \quad (1)$$

其中，CI 为协同冲突指数， W_i 、 W_j 为参建方权重， $G_i - G_j$ 为利益诉求目标值差异， D_{ij} 为协作紧密程度。

通过基于项目 15 家参建方权重分配、利益诉求目标差异及协作关联数据测算，初始协同冲突指数达 0.78（取值范围 0-1，数值越高代表协同冲突越突出），传统分散式协调模式难以实现高效协同。

2.2 专业交叉冲突频繁

项目涵盖 12 类专业工程，仅给排水就包含 10 个子系统，与电气、消防、暖通等专业在管线布置、作业面占用等方面存在大量交叉点。通过空间干涉概率公式推导：

$$P = 1 - \pi \prod_{k=1}^m \left(1 - \frac{S_k}{S_{\text{total}}} \right) \quad (2)$$

其中，P 为专业交叉干涉概率， S_k 为第 k 专业占用空间， S_{total} 为总作业空间。计算机房区域专业交叉干涉

概率达 63%，仅管道穿结构伸缩缝、抗震缝的防护处理就涉及 3 类以上专业协同，技术衔接与作业协调难度极大。

2.3 突发事项应对压力大

项目地处滨海湾新区，地质条件复杂，存在淤泥层与地下出水问题；施工过程中遭遇 6 级以上阵风等恶劣天气，且面临设计变更、材料供应延迟等突发情况。采用风险发生概率-影响程度矩阵，推导突发事项风险值：

$$R = \sum_{t=1}^q P_t \times I_t \times T_t \quad (3)$$

其中，R 为突发风险综合值， P_t 为第 t 类事项发生概率， I_t 为影响程度， T_t 为响应时间敏感度。计算得项目突发风险综合值为 0.69，需快速响应并协调解决，否则易引发进度延误与安全风险。

3 网格化协调与分层管控方法构建

针对本项目监理核心难点，构建“网格化协调+分层管控”一体化监理管理体系，通过协调机制与管控体系的深度融合，实现复杂场景下的精准管理。

3.1 网格化协调机制构建

构建“网格化+时间窗口+利益锚点”三维协调机制，实现协调责任精准化、协调流程规范化、协调目标统一化。

（1）网格化协调架构设计

按“功能区域-专业类型”双维度划分协调网格，将项目现场划分为 6 个一级网格、18 个二级网格，形成“总监（总监代表）-专业监理-网格专员”三级协调架构。每个网格明确责任监理工程师与协调责任人，实现协调责任的全覆盖与精准落地（如表 1 所示）。

表 1：项目网格化协调责任划分表

一级网格	二级网格	协调范围
中心机房 1 区	土建结构网格	主体结构施工、模板支架搭设
	给排水网格	机房内给水、排水管道安装
	电气系统网格	配电系统、弱电管线敷设
中心机房 2-4 区	综合安装网格	多专业交叉施工协调
配套设施区	消防水池网格	消防水池结构与防水施工
	空调补水池网格	补水管网与设备安装
	门卫及附属网格	门卫室结构与装修工程

（2）时间窗口协调机制

针对专业交叉密集的关键施工阶段，设置三级协调时间窗口：

1）每日晨会：各网格责任监理与施工单位现场负

责人召开 15 分钟短会，同步当日施工计划与协调需求；

2）每周例会：由总监（或总监代表）主持，建设单位、施工单位、主要分包单位参加，复盘上周协调事项落实情况，协调本周关键问题；

3) 专项协调会: 针对管线综合排布、交叉作业面移交等专业冲突突出环节, 随时组织专题会议, 限定 24 小时内形成解决方案。

在给排水管道与电气管线交叉密集的机房区域, 通过时间窗口机制明确各专业作业时段, 协调效率提升 60%, 协同冲突指数降至 0.23。

(3) 利益锚点协调策略

以项目总体目标为核心, 建立三方利益共赢锚点:

1) 进度锚点: 以主体结构封顶、给排水管道试压等关键节点为考核依据, 将各参建方的进度考核与节点完成情况挂钩, 设置奖惩机制;

2) 质量锚点: 统一各专业质量验收标准, 以规范要求为统一依据, 避免因质量标准认知差异引发争议;

3) 成本锚点: 对于设计变更、现场签证等涉及成本调整的事项, 坚持“先核算后实施”原则, 提前与建设单位、施工单位确认成本影响, 避免事后纠纷。

3.2 分层技术管控体系构建

根据工程重要性与技术难度, 构建“三级管控+专项强化”分层技术管控体系, 实现技术管控的差异化与精准化。

(1) 管控层级划分

按工程风险等级与技术复杂度, 通过风险强度公式划分管控层级:

$$S = P \times C \times V \quad (4)$$

其中, S 为风险强度, P 为发生概率, C 为后果严重程度, V 为可监测度。根据计算结果将管控对象划分为三个层级, 匹配差异化管控措施与检查频率(如表 2 所示):

1) 一级管控(重点管控): 涵盖深基坑施工、高支模等高危工程 ($S \geq 0.7$), 实行“方案专项审查+全程旁站+第三方检测”;

2) 二级管控(常规管控): 包括主体结构钢筋绑扎等, $0.3 \leq S < 0.7$, 实行“方案审查+巡视检查+平行检验”;

3) 三级管控(一般管控): 涵盖室外道路等, $S < 0.3$, 实行“方案备案+定期检查”。

表 2: 技术管控层级与措施对应表

管控层级	涵盖工程类型	管控措施	检查频率
一级管控	脚手架工程、给排水承压管道、消防系统调试	专项方案专家论证、全程旁站监理、第三方检测	关键工序全程跟踪, 每日检查
二级管控	主体结构施工、普通装修工程	方案审查、巡视检查、平行检验	每周不少于 3 次检查
三级管控	室外道路、附属设施	方案备案、定期检查	每周 1 次检查

(2) 全流程管控节点设计

技术管控贯穿施工准备、施工过程、验收阶段全流程, 明确关键管控节点:

1) 施工准备阶段: 重点开展施工组织设计与专项施工方案审查、进场材料设备质量核查、施工人员资质验证、施工测量放线成果复核;

2) 施工过程阶段: 实施关键工序旁站监理、隐蔽工程验收、技术变更审核、质量偏差纠正;

3) 验收阶段: 落实检验批验收、分项工程验收、分部工程验收、竣工预验收、资料审核。

(3) 技术风险清单预警机制

梳理项目 12 类常见技术风险, 建立“风险类型-风险描述-预警阈值-处置预案”闭环管理体系, 实现风险前置管控(如表 3 所示)。通过风险清单明确各类技术风险的识别标准与处置路径, 提前规避质量安全隐患。

表 3: 主要技术风险清单

风险类型	风险描述	预警阈值	处置预案
管道安装偏差风险	给排水管道坡度、标高偏离设计, 接口渗漏	单批次检测点偏差率>3%, 接口渗漏>1 处/100m	调整支架高度与间距, 重新密封接口, 局部返工校正
脚手架安全风险	立杆沉降、垂直度超标, 连墙件松动	单日沉降>3mm, 垂直度偏差>30mm/全高	停止使用, 增设垫板加固, 补装连墙件, 复查合格复工
消防系统风险	消火栓压力不足, 管网渗漏, 联动响应滞后	实测压力<设计值 90%, 联动响应>40s	排查堵塞渗漏点, 调整泵组参数, 优化联动控制逻辑
材料质量风险	钢管壁厚、钢筋力学性能、防水卷材性能不达标	抽检合格率<95%, 单批次不合格项>1 项	不合格材料全退场, 重新采购送检, 合格后方可使用
混凝土质量风险	强度不足, 表面裂缝、蜂窝、振捣不密实	试块强度<设计值 95%, 裂缝宽度>0.3mm	复核强度, 强度不足时加固, 修补缺陷, 强化浇筑旁站

风险类型	风险描述	预警阈值	处置预案
钢筋安装风险	规格数量不符, 搭接/焊接质量差, 保护层偏差	规格数量偏差>5%, 搭接长度<规范 90%	更换钢筋补足数量, 切除不合格部位重施工, 校正保护层
模板支撑风险	标高尺寸偏差, 支撑刚度不足, 接缝漏浆	标高偏差 $\pm 15\text{mm}$, 漏浆面积 $>0.2\text{m}^2/100\text{m}^2$	调整尺寸加固支撑, 封堵漏浆部位, 验收合格后浇筑
弱电系统风险	管线损伤, 接口连接不良, 信号衰减超标	管线破损率>3%, 信号衰减>设计 10%	更换损伤管线, 重新连接测试, 优化线路路由
防水工程风险	屋面/卫生间渗漏, 卷材搭接不足, 涂料厚度不够	蓄水试验渗漏>1 处/100m ² , 厚度<设计 80%	剥离重铺防水层, 补涂涂料至规定厚度, 延长蓄水试验
钢结构安装风险	焊缝质量不合格, 构件偏差, 螺栓扭矩不足	焊缝不合格率>3%, 扭矩<设计 90%	补焊焊缝重检测, 校正构件偏差, 复紧螺栓复核扭矩
装饰装修风险	墙地面平整度差, 饰面砖空鼓, 吊顶龙骨变形	平整度偏差>5mm/2m, 空鼓率>5%	打磨修补墙地面, 重贴空鼓面砖, 更换变形龙骨并加固
电气安装风险	电缆损伤, 配电箱接线错误, 接地电阻超标	电缆破损率>2%, 接地电阻>设计 1.2 倍	修复或更换电缆, 校正接线, 优化接地网重新测试

4 方法在重点分项工程中的应用

将“网格化协调+分层管控”方法应用于给排水工程、脚手架工程、消防工程等重点分项工程, 通过针对性管控措施保障工程质量与安全。

4.1 给排水工程监理应用

给排水工程作为项目核心系统之一, 涉及 10 个子系统, 按一级管控标准实施全流程管控:

(1) 材料设备管控

所有进场管材、阀门、设备必须提供完整的中文质量合格证明文件与性能检测报告, 生活给水系统材料需符合饮用水卫生标准。

阀门安装前按批次进行强度和严密性试验, 主干管阀门全数检查, 试验压力为公称压力的 1.5 倍(强度试验)和 1.1 倍(严密性试验), 持续时间符合规范要求(见表 4)。

表 4: 阀门试验持续时间要求表(单位: s)

公称直径 (mm)	严密性试验-金属密封	严密性试验-非金属密封	强度试验
≤ 50	15	15	15
65~200	30	15	60
250	60	30	180

(2) 管道安装管控

管道穿地下室外墙、屋面等有防水要求的部位必须设置防水套管, 套管制作符合国标 S312 要求; 管道支吊架安装位置正确, 间距满足规范, 钢管保温管支架最大间距为 2~7m, 不保温管为 2.5~9.5m; 排水塑料管道立管支架最大间距 1.2~2.0m, 横管 0.5~1.6m。

(3) 试验检测管控

承压管道水压试验按公式 $P=1.5P_0$ (P_0 为工作压力, P_0 需 $>0.6\text{MPa}$) 控制试验压力; 金属及复合管在试验压力下观测 10min, 压降 $\leq 0.02\text{MPa}$, 再降至工作压力检查无渗漏; 塑料管在试验压力下稳压 1h, 压降 $\leq 0.05\text{MPa}$, 再在工作压力 1.15 倍状态下稳压 2h, 压降 $\leq 0.03\text{MPa}$ 且无渗漏。通过上述管控措施, 监理过程中共发现并督促整改管道安装偏差、接口密封不严等问题 32 项, 最终管道试压一次合格率达 98.5%, 未出现渗漏等质量隐患。

4.2 脚手架工程监理应用

项目落地式脚手架搭设高度达 36m, 属于高危分项工程, 按一级管控标准实施专项管控:

(1) 方案审查

脚手架专项施工方案经专家论证通过后实施, 重点审查搭设参数、基础处理、计算书、应急预案等内容, 明确立杆间距 1.5m、步距 1.8m、连墙件间距 $3\text{m}\times 3\text{m}$ 的搭设标准。

(2) 材料验收

进场钢管壁厚实测 $\geq 4.6\text{mm}$, 锈蚀深度 $\leq 0.5\text{mm}$; 扣件抗滑承载力 $\geq 8\text{kN}$, 螺栓拧紧扭力矩 $\geq 40\text{N}\cdot\text{m}$; 安全网密目密度 ≥ 2000 目/100cm², 阻燃性能达标。

(3) 搭设过程管控

基础施工前复核地基承载力 $\geq 180\text{kPa}$, 浇筑 100~150mm 厚混凝土垫层; 立杆搭设实行旁站监理, 垂直度偏差控制在 1/500 或全高 $\leq 30\text{mm}$; 连墙件采用刚性连接,

与主体结构牢固固定；剪刀撑连续设置，夹角控制在 45° - 60° 。

（4）分段验收

脚手架搭设至 10m、20m 高度时进行分段验收，重点检查立杆间距、垂直度、连墙件设置等指标，验收合格后方可继续搭设；封顶后委托第三方检测机构进行结构稳定性检测。

项目脚手架工程共进行 3 次第三方检测，第一次检测发现 2 处立杆沉降超标，整改后复检合格，最终脚手架工程一次验收合格率达 100%，使用期间未发生任何安全隐患。

4.3 消防工程监理应用

消防工程涵盖消火栓系统、自动喷水灭火系统、气体灭火系统等，按一级管控标准实施管控：

（1）系统安装管控

消火栓栓口中心距地面 1.1m，允许偏差 $\pm 20\text{mm}$ ；栓口朝外，距箱侧面 140mm、距箱后面 100mm，允许偏差 $\pm 5\text{mm}$ ；自动喷水灭火系统管道支架与喷头间距不小于 300mm，与末端喷头间距不大于 750mm。

（2）试压调试管控

消火栓系统取屋顶层试验消火栓和首层两处消火栓做试射试验，流量、压力达到设计要求；自动喷水灭火系统管网试压压力为工作压力的 1.5 倍，稳压 30min 无渗漏；消防联动调试时，系统响应时间 $\leq 30\text{s}$ ，动作准确可靠。

5 方法应用成效验证

5.1 量化指标验证

通过对比项目实施效果与行业平均水平，量化评估方法应用成效（如表 5 所示）。

表 5：项目实施效果量化对比表

指标类型	项目实际值	行业平均值	提升幅度
分部分项工程合格率	100%	95.20%	5.80%
关键工序一次验收合格率	98.50%	90.10%	9.30%
安全事故发生率	0	0.80%	100%
参建方冲突解决时长	≤ 24 小时	72 小时	66.70%
技术变更合规率	100%	92.30%	8.30%
资料归档完整率	100%	95.70%	5.60%

项目实现分部分项工程合格率、关键工序一次验收合格率、安全事故发生率、技术变更合规率，以及参建方冲突解决时长、进度偏差、成本超支等各项指标均显著优于行业水平。

5.2 典型案例验证

（1）多专业交叉协调

中心机房 2 层存在给排水管道、电气桥架、暖通风管三重交叉冲突，通过网格化协调机制统筹各方诉求，结合空间干涉概率公式优化排布方案，最终采用“风管上翻、桥架平移、水管下铺”的避让方案，明确各专业施工顺序与时间窗口：先施工风管、再安装桥架，最后铺设水管，同步协调支架位置与固定方式。通过该协调方案，成功解决交叉冲突，避免返工，节约工期 12 天，减少成本损失约 8.6 万元。

（2）恶劣天气应急协调

2021 年 5 月 12 日，项目遭遇 6 级阵风天气，触发

脚手架安全预警。项目监理组立即启动网格化应急协调机制：指令施工单位停止所有高空作业，组织架子工及现场人员撤离至安全区域；协调脚手架分包单位对已搭设 36m 高落地式脚手架进行临时加固，重点检查连墙件与剪刀撑连接；天气转好后，组织监理、总包、分包三方联合检查，发现 3 处连墙件扣件松动、2 处脚手板移位，督促分包单位 24 小时内完成整改，经复检合格后恢复作业，避免了安全事故发生。

（3）技术偏差整改

在给排水管道试压过程中，发现 3 处 DN100 钢管接口渗漏，按分层管控闭环流程：下达整改通知书，要求施工单位拆除渗漏接口，重新进行焊接处理；整改过程实行旁站监理，重点检查坡口形式、焊缝质量；整改完成后重新试压，直至合格。整个处理过程历时 48 小时，未影响后续工序，确保管道系统的密封性。

6 总结

本文以实际项目为案例,系统构建“网格化协调+分层次管控”一体化监理体系,明确核心架构与实施路径,细化高危工程及多专业交叉环节操作要点,通过量化数据与典型案例验证,该方法可显著提升项目协调效率与管控质量,为同类大型项目提供了可复制的监理范式,对推动行业管理水平提升具有积极意义。

参考文献

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 建设工程监理规范:GB/T50319-2013[S]. 北京:中国建筑工业出版社, 2013.
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范:GB50242-2002[S]. 北京:中国计划出版社, 2002.
- [3] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 建筑施工脚手架安全技术统一标准:GB51210-2016[S]. 北京:中国建筑工业出版社, 2016.
- [4] 黄艺强,张少均,李志龙. 建设工程流水作业技术应用策略与评估研究[C]. 中国智慧工程研究会. 新技术与新方法学术研讨会论文集. 2024:1-5.

用策略与评估研究[C]. 中国智慧工程研究会. 新技术与新方法学术研讨会论文集. 2024:1-5.

作者简介: 1) 夏天金(1981—), 男, 汉, 本科, 工程师, 任项目总监、高级专家, 主要研究方向为建设工程全过程管理、基建业务风险管控、智慧工地与系统开发应用等。

2) 李志龙(1983—), 男, 汉, 本科双学士, 高级工程师, 任项目总监、高级专家, 从事建设项目管理相关工作 20 年; 主要研究方向为建筑工程工法、智能建筑及项目建设全过程管理等。

3) 段四国(1982—), 男, 汉, 本科, 工程师, 任项目总监、高级专家, 主要研究方向为房屋建筑工程、建筑机电设备安装及市政工程、建设智能化及建设工程全过程管理、基建业务风险管控等。

4) 黄艺强(1984—), 男, 汉, 本科, 高级工程师, 任项目总监、高级专家, 主要研究方向为建设工程全过程管理、智慧工地系统开发与应用等。