

# 精细化管理在路桥施工管理中的作用

张晓光

海军后勤部工程代建管理办公室 北京 100080

**摘要：**本文聚焦精细化管理在路桥施工管理中的作用，路桥工程具有系统性、复杂性与动态性，传统粗放式管理难满足需求。精细化管理以数据驱动等为核心，适配路桥施工。其在施工前期准备、现场施工、竣工验收与运维准备各环节作用显著，能提升管理效能、保障工程长效价值。同时，从技术赋能、体系完善、人员提升三方面提出优化方向，并结合黄百铁路项目、G30连霍高速清忠段项目案例，展现精细化管理实践成效，为路桥施工管理提供参考。

**关键词：**精细化管理；路桥施工；作用

引言：路桥工程作为基础设施建设的关键部分，规模宏大、技术复杂、环境多变且资源管理难度大，传统管理模式弊端渐显，难以适应高质量发展要求。在此背景下，精细化管理凭借“数据驱动、过程可控、结果可溯”的特点，与路桥施工高度适配。它通过技术手段优化施工、以管理机制提升效能、用资源整合控制成本，有效解决路桥施工中的诸多难题。深入探究精细化管理在路桥施工管理中的作用，对推动行业转型升级、保障工程质量与安全具有重要意义。

## 1 路桥施工管理现状与精细化管理需求

### 1.1 路桥施工管理的特点

路桥工程作为基础设施建设的核心领域，具有显著的系统性、复杂性与动态性特征。从项目规模看，大型跨江跨海桥梁（如港珠澳大桥）主跨长度超千米，隧道工程（如秦岭终南山隧道）单洞长达18公里，施工周期跨越5-8年，涉及多专业、多工种协同作业。技术层面，深水基础施工需应对潮汐、流速等海洋环境影响，高空作业存在坠落、物体打击等安全风险，而大体积混凝土浇筑需严格控制温度裂缝，技术难度极高。环境方面，项目常穿越生态敏感区（如湿地、保护区），需平衡施工与环保要求，同时受极端气候（台风、暴雨）影响显著，易导致工期延误。资源管理上，路桥工程材料消耗量大（如单座特大桥钢筋用量超10万吨），机械种类多（起重机、架桥机等），但传统管理模式，材料浪费率常达5%-8%，机械闲置率超20%，成本失控风险高。另外，路桥工程社会关注度高，涉及征地拆迁、交通导改等民生问题，协调难度大。这些特点决定了路桥施工管理需具备全要素整合、全流程把控、全风险预控的能力，而传统粗放式管理已难以满足高质量发展需求<sup>[1]</sup>。

### 1.2 精细化管理在路桥施工中的适配性与需求

精细化管理以“数据驱动、过程可控、结果可溯”

为核心，与路桥施工的适配性体现在技术、管理与资源三方面。技术层面，BIM（建筑信息模型）技术可模拟施工过程，提前发现设计冲突（如管线碰撞、结构干涉），减少返工成本；物联网传感器能实时监测地质变形、应力变化，动态调整施工参数，提升安全性。管理层面，通过分解项目目标为具体指标（如质量合格率 $\geq 98\%$ 、工期偏差 $\leq 5\%$ ），结合PDCA循环（计划-执行-检查-改进）实现闭环管控，解决传统模式中“重结果、轻过程”的问题。资源层面，ERP系统可优化人力、材料、机械调配，例如通过“限额领料+动态调整”机制，将钢筋损耗率控制在1.5%以内，机械利用率提升至85%以上。需求方面，路桥工程对质量、安全、成本的高标准要求迫切需要精细化管理：质量上，需通过标准化流程（如三检制）和智能检测（如AI裂缝识别）降低缺陷率；安全上，需借助风险评估（FMEA）和实时监控（如人员定位系统）预防事故；成本上，需通过挣值分析（EVM）和成本动态表控制超支。实践表明，采用精细化管理的路桥项目，综合效益可提升15%-20%，成为行业转型升级的关键路径。

## 2 精细化管理在路桥施工各环节的作用分析

### 2.1 施工前期准备阶段：奠定管理基础

施工前期是路桥工程精细化管理的起点，其核心在于通过系统性规划与资源整合，为项目实施奠定科学基础。首先，设计优化与图纸审查是关键，通过BIM技术对设计模型进行碰撞检测（如管线与结构冲突），可提前修正问题，减少施工阶段变更成本。其次，施工组织设计需细化至工序级，明确各环节资源投入（人力、机械、材料）及时间节点，例如通过甘特图与关键路径法（CPM）优化工期，避免资源闲置或冲突。再次，资源预控包括材料采购计划（如钢筋、水泥的批量进场时间）与机械配置方案（如架桥机、盾构机的选型与进场顺序），结

合ERP系统实现动态调配,降低库存成本。最后,风险预评估需识别地质灾害(如软土地基沉降)、环境限制(如生态保护区施工)等风险,制定应急预案。

## 2.2 现场施工阶段:提升过程管控效能

现场施工阶段是精细化管理的核心实施场景,其作用体现在质量、安全、进度与成本的动态平衡。质量控制方面,通过标准化作业流程(如三检制:自检、互检、专检)和智能检测技术(如AI裂缝识别、混凝土强度无损检测),可实时发现并纠正偏差,确保实体质量达标。安全管理中,物联网传感器(如人员定位手环、塔吊防碰撞系统)与视频监控结合,实现风险行为预警(如未戴安全帽、违规操作),事故率可降低50%以上。进度管理依托动态进度表与挣值分析(EVM),对比计划与实际进度,及时调整资源投入,避免工期延误<sup>[2]</sup>。成本管理通过“限额领料+动态核算”机制,实时监控材料消耗与机械台班使用,超支预警可促使快速纠偏。

## 2.3 竣工验收与运维准备阶段:保障工程长效价值

竣工验收与运维准备阶段是路桥工程全生命周期管理的收官环节,其精细化目标在于确保工程交付质量并规划长期运维策略。验收阶段需建立多级检查体系,包括施工单位自检、监理单位复检、建设单位终检,重点核查结构安全(如承载力检测)、使用功能(如排水系统通畅性)及环保指标(如噪声、振动控制),确保符合设计规范。资料归档方面,通过数字化平台整合施工记录、检测报告、变更文件等,形成可追溯的“工程数字档案”,为后续运维提供数据支撑。运维准备需制定预防性维护计划,例如基于BIM模型建立设施台账,明确桥梁支座、伸缩缝等关键部件的检修周期;同时培训运维团队掌握智能监测系统(如结构健康监测系统SHM)的操作,实现从“被动维修”到“主动预警”的转变。

## 3 精细化管理在路桥施工管理中的优化方向

### 3.1 技术赋能:强化数字化工具应用

数字化工具是推动路桥施工精细化管理升级的核心驱动力。当前,BIM(建筑信息模型)技术已从设计阶段延伸至施工全周期,通过三维模型集成地质、结构、管线等多维度数据,可实现施工模拟与冲突预判,例如在跨海大桥深水基础施工中,BIM能精准模拟潮汐影响下的桩基施工顺序,减少返工率超30%。物联网(IoT)技术通过部署传感器网络(如应力计、倾斜仪、温湿度传感器),实时采集结构变形、环境参数等数据,结合5G低时延传输,实现风险预警的秒级响应,如某隧道工程通过物联网监测系统,提前24小时发现拱顶沉降异常,避免塌方事故。此外,AI算法在质量检测中应用广泛,例

如基于深度学习的混凝土裂缝识别系统,检测效率较人工提升5倍,准确率达98%。未来需进一步整合数字孪生技术,构建虚拟与现实同步的“工程镜像”,通过仿真推演优化施工方案。同时,推动区块链技术在材料溯源中的应用,确保钢筋、沥青等关键材料的全生命周期可追溯,从源头保障工程质量<sup>[3]</sup>。

### 3.2 体系完善:构建全周期精细化管理机制

全周期精细化管理需打破传统“分段式”管理壁垒,建立覆盖规划、设计、施工、运维的闭环体系。在规划阶段,通过大数据分析历史项目数据(如工期、成本、质量),结合地理信息系统(GIS)评估地质、交通等条件,优化路线选址与设计方案。设计阶段推行“设计-施工-运维”一体化(DBOM模式),例如在特大桥设计中嵌入运维需求(如检修通道宽度、传感器预埋位置),减少后期改造成本。施工阶段实施“工序标准化+动态调整”机制,将每道工序分解为可量化的操作指南(如钢筋绑扎间距误差 $\leq 5\text{mm}$ ),同时通过挣值管理(EVM)实时监控进度与成本偏差,触发预警时自动生成纠偏方案。运维阶段建立基于BIM的设施台账,结合结构健康监测数据(SHM)数据,制定预防性维护计划(如桥梁支座每5年更换、伸缩缝每年检修),延长工程使用寿命。此外,需完善考核体系,将精细化管理指标(如质量合格率、成本节约率)纳入项目团队绩效,形成“目标-执行-反馈-改进”的良性循环。

### 3.3 人员提升:强化精细化管理能力

人员能力是精细化管理的关键落脚点,需从知识、技能、意识三方面系统提升。首先,知识更新方面,定期组织数字化工具培训(如BIM操作、物联网平台使用),确保管理人员掌握数据分析、模型应用等核心技能,例如通过“理论+实操”课程,使90%以上技术人员能独立完成BIM模型审核。其次,技能深化需聚焦工序标准化执行,例如开展“工序模拟演练”,要求工人严格按照操作指南作业,并通过智能穿戴设备(如AR眼镜)实时指导关键步骤,减少人为误差。再次,意识培养需强化全员精细化管理理念,通过案例分享会、标杆项目参观等方式,树立“细节决定成败”的价值观,例如某项目通过“质量缺陷曝光台”展示典型问题,推动全员主动参与质量管控。此外,需建立激励机制,将精细化管理成果(如成本节约、工期提前)与个人绩效挂钩,激发主动性。最终形成“管理层懂技术、执行层精操作、全员重细节”的人才梯队,为精细化管理提供持续动力。

## 4 精细化管理在路桥施工中的实践应用案例

### 4.1 复杂地质路桥工程案例:黄百铁路项目隧道施工

### 精细化管控

黄桶至百色铁路HBZQ-1标段地处云贵高原与广西丘陵过渡带,隧道占比达95.3%,其中上里隧道全长17.276公里,穿越断层破碎带、瓦斯突出区及放射性元素富集层,施工难度极高。项目部创新构建“十三项机制”精细化管理体系,以地质安全评估机制为例,通过超前地质预报与孔内成像技术,实时监测围岩变化,在幼平隧道施工中提前30天预警富水断层,调整支护参数后避免突水事故,节约工期15天。针对材料超耗问题,项目部推行“日核算机制”,每日统计柴油消耗与火工品用量,结合循环方量动态调整爆破参数。例如,在Ⅲ级围岩段采用聚能爆破技术,单方炸药用量降低18%,超耗率从5.2%降至1.3%。同时,通过拌和站“进出库日登记”制度,实时监控型钢加工与混凝土配比,某工区因及时纠正砂石含水率偏差,避免200立方米混凝土强度不达标的质量事故;安全管控方面,项目部建立“三色预警”系统,对瓦斯浓度、收敛变形等指标分级响应。在瓦斯突出段施工中,通过24小时监测与自动排风联动,瓦斯浓度始终控制在0.5%以下,实现“零伤亡”目标。此外,通过“施工作业人材机日统计”机制,优化人员与设备配置,某断面开挖效率提升22%,单月进尺突破120米,创同类地质条件施工纪录<sup>[4]</sup>。

#### 4.2 城市智慧路桥工程案例: G30连霍高速清忠段智慧化建设

G30连霍高速清忠段项目位于湿陷性黄土地区,桥隧比达68%,施工需兼顾效率与环保。项目公司打造“智慧工地管控平台”,集成BIM、GIS与物联网技术,实现全生命周期数字化管理。在隧道施工中,通过“隧道监控量测系统”实时采集围岩位移数据,某断面因及时预警沉降超标,调整支护方案后避免拱顶坍塌,节约返工成本300万元;针对混凝土质量管控,平台接入拌和站“生

产数据链”,自动分析砂石级配与外加剂掺量。在某特大桥施工中,系统检测到粉煤灰细度异常,立即终止生产并追溯供应商,避免1200立方米不合格混凝土流入现场。同时,通过“环境监测系统”联动喷淋降尘设备,施工区域PM2.5浓度长期低于35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,获环保部门“绿色施工示范项目”称号;交通疏导方面,项目部与交警部门共建“智慧调度中心”,利用高德地图API实时分析车流,动态调整匝道开放时段。在跨兰海高速段施工中,通过“可变限速控制”技术,将通行效率提升18%,事故率下降40%。另外,平台“区域人员定位”功能精准追踪1200名施工人员,某日因及时定位被困于深基坑的3名工人,救援响应时间缩短至8分钟,体现智慧化管理的安全价值。

### 结束语

精细化管理在路桥施工管理中展现出强大的生命力与价值,从施工各环节的精准把控到全周期管理机制的构建,从技术工具的赋能到人员能力的提升,都为路桥工程的高质量建设提供了有力支撑。实践案例也充分证明,实施精细化管理能显著提升工程效益、保障安全与质量。未来,随着技术的不断进步和管理理念的持续创新,精细化管理将在路桥施工领域发挥更大作用,助力我国路桥建设事业迈向更高水平,实现可持续发展。

### 参考文献

- [1]申修会.精细化管理在路桥施工项目管理中的作用探讨[J].黑龙江交通科技,2021,44(01):245+247.
- [2]范洪星,赵久敏.精细化管理在路桥施工管理中的作用[J].智能建筑与工程机械,2024,6(10):49-51.
- [3]陈晖.精细化管理在路桥施工项目管理中的作用研究[J].大众标准化,2021(6):19-21.
- [4]杨晓东,张永强.精细化管理在路桥施工项目管理中的作用研究[J].门窗,2021(10):139-140.