

# 基于视频 AI 的通信工程数智化监工系统优化

崔强

北京诚公管理咨询有限公司，北京市，100176；

**摘要：**为应对通信工程施工环境复杂、监管难度大等问题，本文提出基于视频 AI 的通信工程数智化监工系统优化方案。首先分析系统在提升监工实时性与质量管控精度方面的核心价值，结合其在城市通信管网施工和移动通信基站建设中的应用现状，指出当前存在的算法适应性不足、数据传输稳定性欠佳等问题。在此基础上，从提升算法适应性、强化数据传输稳定性、优化硬件部署方案及完善协同管理机制四个维度，探讨具体的优化策略，旨在为通信工程监工模式的智能化升级提供理论参考与实践路径。

**关键词：**视频 AI；通信工程；数智化监工系统

**DOI：**10.69979/3029-2727.25.02.072

## 引言

通信网络是国家经济社会发展的战略性、基础性、先导性设施。在“双千兆”网络协同发展、5G 深度覆盖、算力网络布局加速的背景下，通信工程建设任务日益繁重，技术复杂度不断提升，地理环境愈发多样。近年来，以深度学习为核心的计算机视觉技术取得突破性进展，其在目标检测、行为识别、图像分割等任务上的卓越性能，为通过视频监控数据实现自动化、智能化的工程监管开辟了新路径。同时，5G 网络的高带宽、低时延特性，以及边缘计算、云计算架构的成熟，为海量视频数据的实时传输与处理提供了可能。在此背景下，构建基于视频 AI 的通信工程数智化监工系统，成为推动通信工程建设管理向实时化、精细化、智能化转型的必然选择。该系统通过部署于施工现场的智能感知设备，实时采集视频流数据，并利用云端或边缘侧的 AI 算法模型进行自动分析，实现对施工人员行为、机械设备状态、施工工艺合规性、工程质量缺陷、安全隐患等的智能识别、预警与记录，从而极大延伸管理触角，提升监管效能。

## 1 基于视频 AI 的通信工程数智化监工系统的核心价值

### 1.1 提升监工实时性

传统监工模式受限于人力资源与物理距离，往往只能进行抽样检查或定时巡查，存在大量监控盲区和时间真空。基于视频 AI 的监工系统实现了从“间断式巡查”到“7×24 小时不间断连续监控”的根本转变。

**全天候无休监控：**系统可依托固定摄像头、移动布控球、无人机等多种前端设备，对关键施工点位、高风

险作业区域、隐蔽工程界面进行不间断视频采集，打破时间与天气的限制。

**即时风险感知与预警：**通过对视频流的实时分析，系统能够即时识别出各类异常情况。例如，自动识别未佩戴安全帽、未系安全绳等违规行为；检测作业区域闯入、烟雾火焰等安全隐患；发现关键设备异常停机、材料违规堆放等管理问题。一旦识别到风险，系统可立即通过平台弹窗、短信、APP 推送等方式向项目管理人员、监理人员发出分级预警，促使相关部门在第一时间介入处置，将风险遏制在萌芽状态，显著提升应急响应速度。

**施工过程可追溯：**所有视频流及 AI 分析结果均被同步存储，形成完整的数字化施工日志。一旦发生质量争议或安全事故，可快速回溯历史视频，精准定位问题环节与责任人，为事件定责、工艺复盘与质量追溯提供客观、可视化的证据链。

### 1.2 强化质量管控精度

质量是通信工程的生命线。视频 AI 技术的引入，使得质量管控从依赖个人经验的定性判断，向基于数据模型的定量、定性结合分析演进。

**工艺合规性自动校验：**系统可针对通信工程施工中的关键工艺环节（如光缆接续、天线安装角度校准、管线埋深与间距、接地电阻测试操作等）建立标准工艺模型。通过视频分析，自动比对实际施工动作与标准模型的符合度，识别工序跳步、操作不规范、工艺参数不达标等问题，确保施工严格遵循设计规范与作业指导书<sup>[1]</sup>。

**质量缺陷智能识别：**利用高精度图像识别与分割技术，系统能够自动检测施工完成面的质量缺陷。例如，在基站天面建设中，识别天线安装歪斜、紧固件缺失、

防水密封不严；在管道施工中，识别井盖破损、管孔堵塞、标石缺失或信息错误；在机房安装中，识别线缆布放杂乱、标签缺失、设备安装不平整等。这种自动化的“机器眼”检查，相比人眼更稳定、更细致，能发现人工巡查易忽略的细微缺陷。

数据驱动的质量评估：系统将识别到的各类质量事件（违规行为、工艺问题、实体缺陷）进行结构化存储与统计分析。管理者可基于多维度的质量数据仪表盘，宏观掌握各施工标段、各分包单位的质量表现趋势，定位高频问题点和薄弱环节，从而实现从“事后纠偏”到“事前预防、事中控制”的转变，为质量改进决策提供数据支撑。

## 2 基于视频 AI 的通信工程数智化监工系统的应用现状

### 2.1 城市通信管网施工中的应用

城市通信管网施工具有线性分布广、地下隐蔽工程多、涉及市政协调复杂、施工环境干扰大等特点，是监工难点集中的领域。目前，系统主要应用于管沟开挖、管道敷设、人（手）孔砌筑、光缆穿放与接续、路面恢复等关键环节的监控。在开挖阶段，通过视频 AI 可监控开挖范围是否超界、支护措施是否到位、警示标志是否设置，防止对既有管线造成破坏。在管道敷设阶段，可监测管道埋深、间距、坡向是否符合设计要求。在光缆接续点，可通过固定摄像监控接续操作流程的规范性<sup>[2]</sup>。

### 2.2 移动通信基站建设中的应用

基站建设涵盖铁塔/天面安装、机房设备安装、动力配套引入、传输接入等多个专业，作业常涉及高空、电力等高风险场景。重点应用于高空作业安全监控、设备安装工艺质检、机房环境与秩序管理。在铁塔或楼顶天面，系统可实时监测高空作业人员安全带使用情况、作业平台稳定性、工具材料防坠落措施。在设备安装环节，可识别 AAU/RRU 安装方位角、下倾角是否与工单一致，馈线头制作与连接是否规范。在机房内，可监控消防通道是否堵塞、温湿度是否异常、是否存在无关人员闯入<sup>[3]</sup>。

## 3 基于视频 AI 的通信工程数智化监工系统的优化策略

为克服当前应用瓶颈，推动系统从“可用”向“好用、智用”演进，需从技术与管理层面进行系统化优化。

### 3.1 提升算法适应性

算法是系统的“大脑”，其适应性直接决定应用效果的广度与深度。

开发场景自适应的算法模型：摒弃“一刀切”的通用模型，采用迁移学习、领域自适应（Domain Adaptation）和增量学习技术。利用在标准场景下预训练的基础模型，结合少量特定工地、特定季节、特定天气条件下的新标注数据，快速微调（Fine-tune）出适用于当前具体环境的专用模型，提升在复杂光照（逆光、夜间）、恶劣天气（雨、雾）、杂乱背景下的识别精度。

构建通信工程专属知识图谱与多模态融合模型：建立涵盖通信工程标准规范、安全规程、典型工艺、常见缺陷的知识图谱，为 AI 分析提供领域知识支撑。融合视频流、红外热成像（用于检测设备过热、电缆接头虚接）、音频（用于识别异常机械噪音、报警声）等多模态数据，进行联合分析。例如，结合视频行为识别与音频分析，更准确地判断设备运行状态；结合可见光与热成像，更早发现电气火灾隐患。

引入小样本学习与无监督/自监督学习：通信工程中的某些罕见缺陷或新型违规行为为样本稀少。应探索小样本学习（Few-shot Learning）技术，使模型能够利用极少数样本快速学习新类别。同时，利用无监督或自监督学习方法，从海量未标注的施工视频中自动学习场景表征，减少对昂贵人工标注数据的依赖，提升算法发现未知异常模式的能力。

### 3.2 强化数据传输稳定性

稳定、高效的数据传输是保障系统实时性的“生命线”。

构建“5G+边缘计算+云计算”协同的弹性网络架构：在网络条件好的区域，利用 5G 大带宽特性，将高清视频流直接回传至云端中心进行集中分析。在网络边缘或弱网环境（如偏远基站建设点、地下管网），部署边缘计算节点（MEC）。在边缘节点运行轻量化 AI 模型，对视频流进行本地实时分析，仅将告警事件、关键片段、结构化分析结果等低带宽数据上传云端，极大缓解网络压力，保障在弱网下的核心监控功能不中断。

采用自适应码流技术与智能缓存机制：视频前端设备应具备自适应码流（Adaptive Bitrate Streaming）功能，根据当前网络带宽动态调整视频编码码率、分辨率与帧率，优先保障关键区域的画面流畅与清晰。同时，在网络中断时，前端设备或边缘节点应能启动本地缓存，

待网络恢复后自动续传数据，确保数据完整性。

探索新型无线通信技术的应用：针对特定场景，可结合使用卫星通信（用于极其偏远的站址）、LoRa/Wi-Fi 6（用于施工营地、固定厂区的低成本覆盖）等，作为5G网络的补充，形成多层次、冗余的无线传输保障体系。

### 3.3 优化硬件部署方案

硬件是系统的“感官”与“肢体”，其部署方案直接影响系统效能与成本。

推行“模组化、智能化、低功耗”的前端设备策略：研发集成了轻量AI芯片的智能摄像模组，支持设备端初步的智能分析（如人形检测、安全帽检测），实现“端侧过滤”，减少无效数据上传。设备应具备太阳能+电池的供电能力，适应无市电场景。采用三防（防尘、防水、防震）设计，增强野外环境耐久性。

设计动态灵活的部署模式：结合工程特点，采用“固定监控点+机动巡检单元（无人机、机器人）+可穿戴设备”的立体化部署。对基坑、材料堆场等固定区域，部署固定监控。对线性工程（如管道敷设）、高空或危险区域，利用无人机进行定期自动航线巡检，获取全局和特殊视角画面<sup>[4]</sup>。为现场安全员、质检员配备智能安全帽或AR眼镜，实现第一视角的视频记录与远程专家协作。

实施全生命周期成本管理与集约化利用：通过硬件模块化设计，使摄像头、智能分析盒等核心部件能在不同项目间快速拆装、循环利用。建立设备租赁共享平台，降低单个项目的硬件投入成本。同时，考虑设备在工程完工后，可部分转为通信设施的常态化安防监控或基础设施巡检之用，提升资产长期利用率。

### 3.4 完善协同管理机制

技术系统需要嵌入有效的管理流程才能发挥最大价值。

推动监工系统与项目管理平台深度集成：打破系统孤岛，将视频AI监工系统与项目的BIM（建筑信息模型）系统、智慧工地平台、ERP（企业资源计划）系统、OA（办公自动化）系统等深度融合。实现告警事件自动生成整改工单，派发至相应责任人；将AI识别的质量缺陷与BIM模型中的构件信息关联；将人员到岗、设备使用等数据与进度管理、成本核算联动。形成“感知-分析-决策-执行-反馈”的数字化管理闭环。

建立“人机协同”的智能化监工流程：明确AI系统与现场监理人员、项目管理人员的职责边界与协作流程。AI系统负责全天候监测、自动预警、初步判别与数据记录，充当“不知疲倦的哨兵”。人类管理者则专注于复杂问题研判、决策制定、关系协调与价值创造，充当“智慧的指挥官”。通过系统将监理人员从繁琐的重复性巡查中解放出来，聚焦于更高层次的质量与风险控制。

构建数据驱动的持续改进文化与管理体系：管理层需重视并利用系统产生的数据资产。定期分析报告类型分布、高频问题点位、整改响应时长等数据，用于优化施工方案、完善安全培训、考核分包商绩效。建立基于系统数据的量化考核指标，推动各参建方主动提升规范化施工水平。鼓励一线人员反馈系统误报、漏报案例，用于算法模型的持续迭代优化，形成技术与管理的良性互动循环。

## 4 结语

基于视频AI的通信工程数智化监工系统，是顺应产业数字化转型趋势、破解传统工程管理痛点的关键创新。它通过将人工智能的“智”与视频监控的“眼”深度融合，显著提升了通信工程监工的实时性与质量管控的精度，在城市管网、基站建设等场景中已展现出初步应用价值。然而，要使其从“示范应用”走向“规模化深耕”，仍需克服算法环境适应性不足、数据传输受制于网络、硬件部署成本效益有待优化、以及与现有管理体系融合不深等一系列挑战。未来，随着技术的不断成熟与行业认知的深化，基于视频AI的数智化监工系统必将从一种辅助工具，演进为通信工程建设不可或缺的新型基础设施和核心能力，为铸造高质量通信网络、赋能千行百业数字化发展奠定坚实的管理基石。

### 参考文献

- [1] 庞运泽. 通信工程施工的信息化管理策略研究[J]. 通讯世界, 2024, 31(12): 154-156.
- [2] 林宇鹏, 林荣. 通信工程施工作业智慧安全管理新方法[J]. 电信工程技术与标准化, 2023, 36(07): 28-35.
- [3] 王子超. 浅谈通信工程施工过程中信息化管理的应用[J]. 产业创新研究, 2023, (06): 140-142.
- [4] 杨阳. 监理单位在通信工程安全管理中的作用分析[J]. 计算机产品与流通, 2020, (04): 86.