

最佳实践案例

项目名称：三澳核电“华龙一号”

工程数字化质量签点

单位名称：中广核苍南核电有限公司

一、背景与挑战

三澳核电是浙江省首个采用我国完全自主知识产权“华龙一号”三代核电技术的核电项目，也是浙江省打造“国家清洁能源示范省”的重要支撑项目。本项目由中国广核集团有限公司（以下简称“中广核集团”）下属的中广核苍南核电有限公司（以下简称“苍南核电公司”）负责开发、建设和运营，为全国首次引入民营资本参股投资的核电项目。项目规划6台百万千瓦级核电机组，分三期建设，一期工程1号机组于2020年底开工，预计2025年底具备商运条件，二期工程已于2024年8月由国务院核准，预计2025年10月开工建设。

对于核电行业，“核安全是生命线”，建设期质量直接决定运行期核安全，而质量签点作为各级QC及监理对质量控制点检查验证的核心环节，是质量管理的关键抓手。然而，传统纸质签点模式难以适配核电“建设周期长、作业类型广、参建单位多、人员流动大、签点数量庞大”的特点，暴露出诸多痛点：一是造假风险高，纸质文件易篡改、伪造，难以追溯真实验收过程；二是易违规与人因失误，人工记录易漏填、错填，流程规范性依赖人员主观意识；三是流程效率低，纸质文件传递耗时久，跨单位协作存在滞后；四是数据统计难，海量纸质数据无法快速整合分析，难以支撑质量管理决策。

同时，国家监管要求持续趋严，监管部门强调对“弄虚作假”“违规操作”零容忍。2020年12月国家能源局、生态环境部联合发布《关于加强核电工程建设质量管理的通知》，明确提出“推广质量计划标准化、电子化”“探索区块链等技术在质量管理中的应用，防止质量

信息篡改”，传统模式已无法满足监管与项目高质量建设的双重需求，亟需创新质量管理工具。

二、解决方案与创新点

为解决传统纸质签点痛点、响应国家监管要求，苍南核电公司联合中广核工程有限公司（以下简称“工程公司”），以“智慧工地”为基础，创新研发“数字化质量签点”解决方案，通过技术融合与流程重构，实现核电质量管理的数字化变革，核心方案与创新点如下：

（一）核心解决方案

1. 构建全链条数字化平台架构

基于核电建设场景特点，搭建“内外网数据贯通、PC端与移动端协同”的一体化平台，覆盖施工质量文件“编审、发点、签点、核查、交付”全流程。平台实现最小施工单元（如单条焊缝、单个设备基础）生产要素数据（人员、设备、材料、工序）的结构化录入，打破参建单位（施工单位、总承包单位、监理单位、业主单位）的数据壁垒，推动产业链用户同平台统一协作。

2. 多技术融合保障签点真实性与可追溯性

身份核验层：推行“人员资质数字化管理”，将参建人员资质与平台账号绑定，从源头杜绝“代签、冒签”，确保验收人员身份真实、资质合规。

过程管控层：引入“电子围栏+影像留存”技术，签点时需在指定施工区域（电子围栏划定范围）内操作，通过上传拍摄验收现场照片，记录验收时间、地点、人员及现场状态，实现“验收过程可视化、

可回溯”。

数据存证层：基于区块链平台、数字身份与分布式存储技术，将每一个签点数据（验收记录、影像资料、人员信息）实时上链存储，实现可追溯、防篡改的目标，杜绝数据篡改风险；同时采用“数字签名服务”加盖电子签章，确保文件法律效力与传统纸质签章一致。

3. 构建自主可控的安全保障体系

数据安全：采用“两地+互备”模式建立数据灾备中心，确保极端情况下数据不丢失；搭建三级等保安全网络，多维度防范安全风险。

技术自主：平台核心软硬件均采用国产化产品，包括“国产达梦数据库”（数据存储）、“新华三”服务器（算力支撑）、“爱数”备份一体机（数据备份），实现技术自主可控，规避外部技术依赖风险。

4. 分阶段推进模式切换与体系完善

为确保从“纸质签点”到“数字化签点”的平稳过渡，采用“双轨制→单轨制”分阶段推进：前期同步运行纸质与数字化签点，对数字化签点结果进行交叉验证；同时制定《苍南项目部土建 ETF 数字化执行导则》、《数字化质量跟踪文件执行导则》、《数字化消点影像资料上传细则》等程序，完善从施工单位到营运单位的全流程管理体系；期间对参建单位依层级开展专项培训，覆盖各类相关人员，最终实现主体土建工程“单轨制”顺畅运行。

三、成果与效益(质量安全、经济效益与社会效益)

（一）质量安全效益：筑牢核安全防线，实现“零造假、低失误”

1. 高效防范造假风险：通过区块链与影像留存技术，累计 360 万余个签点数据均实现“不可篡改、全程可追溯”，自 2023 年 7 月启用以来，未发生一起质量签点造假或数据篡改事件，获核安全监管部门认可。

2. 强化核安全文化：数字化签点规范了作业与验收行为，参建人员“质量第一、安全至上”的意识显著提升，为“华龙一号”机组安全建设奠定坚实基础。

（二）经济效益：全流程降本增效，人工效率显著提升

1. 直接成本节约：数字化签点通过与自动化工具集成，减少近 30% 的人工干预与手动处理时间，省去纸质文件打印、装订、传递成本，显著节约成本。

2. 间接效率提升：数字化签点实现质量数据“实时生成、自动分析”，管理人员可通过平台查看“签点日志、累计签点曲线、一次合格率趋势、质量计划进度”等数据图表；同时，结构化的签点数据形成“数字资产”，为后续工程优化（如施工工序调整、人员配置优化）提供数据支撑。

（三）社会效益：树立行业标杆，推动核电数字化转型

1. 行业示范效应显著：2023 年 7 月，三澳核电成为全国核电行业首个实现工程数字化质量签点的项目，此后逐步推广至核岛、常规岛及 BOP 全部建安工程，2024 年底实现在建工程全覆盖。核电行业内 10 余家电厂均已到项目调研学习，形成显著“示范效应”。

2. 获权威机构高度认可：2023 年 11 月通过核能行业协会专家

评审，被认定为“运行效果良好、切实起到提质增效、防造假的效果，达到国内领先水平”，并被建议“开展成果推广”；2024年1月获浙江省质量协会第一届多维质量管理工具应用成果“一等奖”；2025年1月获中广核集团“安全质量管理创新实践奖”。

四、可复制性与展望

（一）可复制性：多维度适配，可在全行业推广应用

1. 技术层面可复制：数字化质量签点的核心技术（区块链、生物识别、国产化软硬件）已形成标准化模块，可根据不同核电项目的机组类型（如“华龙一号”“国和一号”）、建设阶段（土建、安装、调试）调整参数（如电子围栏范围、签点要素），无需大规模重构平台。目前已在中广核集团内其他核电项目（如惠州核电、陆丰核电）全面推广。

2. 管理层面可复制：项目形成的“双轨制切换流程”“人员培训体系”“管理制度规范”其他项目可直接借鉴，降低推广成本；同时，苍南核电公司专项责任团队，可提供技术咨询与现场指导，确保推广过程顺畅。

3. 跨领域可延伸：该模式的核心逻辑（“技术防造假+流程提效+数据赋能”）可延伸至其他大型能源工程（如水电站、风电场）或重工业建设项目（如化工、钢铁）。

（二）未来展望

1. 深化数据价值挖掘：目前签点数据应用仍处于“统计分析”层面，未来将引入大数据分析算法，通过挖掘“签点合格率与施工人

员、设备型号、材料批次的关联关系”，识别质量风险点（如某类设备安装合格率偏低），实现“事前预警、精准管控”；同时探索 AI 辅助验收，通过计算机视觉技术自动识别施工缺陷（如焊缝裂纹、混凝土平整度偏差），进一步降低人因失误。

2. 拓展全链条数字化覆盖：当前数字化签点聚焦“施工过程”，未来将向上延伸至“设计文件、施工方案”数字化，实现“设计文件→施工方案→施工记录→验收”全流程文件数据结构化与互联互通；向下延伸至“运行阶段”，在建设期间同步采集设备安装参数、维护记录，为机组运行期的“设备管理、大修计划制定”提供数据支撑，实现“永临结合”与机组数字化移交。

3. 构建行业级数字化平台：联合核能行业协会、国内核电集团及国产化技术企业，推动建立“核电质量管理数字化共享平台”，整合各项目签点数据、最佳实践案例，形成行业级“质量风险数据库”“数字化工具库”，推动全行业质量管理数字化水平整体提升。

五、项目团队

姚利勇、冷东、孙方兴、孙博文、常丽君、郑立春、叶弛川、赵亮、周昕、王东、魏鹏、徐俊、季建杰

联系人：姚利勇 18657708138