

智慧城轨先行工程先进性、安全性、经济性分析

中国城市轨道交通协会

2021年2月22日

遵循习近平总书记关于城轨交通的指示精神，落实《交通强国建设纲要》，顺应智慧交通发展趋势，城轨交通行业正在推进城轨信息化、发展智能系统、建设智慧城轨。

什么是智慧城轨？中国城市轨道交通协会发布的《智慧城轨发展纲要》明确的内涵是：新一代信息技术成果与城轨交通深度融合，经自主进化，构建安全、便捷、高效、绿色、经济的中国式新一代智慧化城市轨道交通。

智慧城轨建设尚处在初始阶段，已经建成的智能智慧系统，是否比传统城轨更加安全可靠、更加出行便捷、更加运营高效、更加绿色环保、更加经济实惠，从而推动城轨交通高质量发展，为行业内外关注。为此，中国城市轨道交通协会对5个先行工程进行了调研和分析，初步分析表明：技术先进，安全可靠，经济合理，成效明显。

（一）

北京燕房线全自动运行工程——作为国家发改委自主创新示范工程，突破了城轨交通的“卡脖子”技术，开创了我国自主化城轨交通全自动运行的先河，技术水平国际先进，运营安全大

幅提升，初期投资有所增加，运营成本有所降低。

该工程，攻克了长期由少数外商垄断的一批关键核心技术，研制了成套技术装备，提高了运输能力和服务质量，运行准点率达到 99.992%，成为继法、德、日之后又一掌握全自动运行技术的国家，跻身世界轨道交通先进国家行列。

全自动运行系统减少了人为误操作，提高了运营安全性。2020 年服务可靠度（线网 5min 及以上延误事件平均运营里程）较北京地铁路网平均水平高 41.6%，安全可靠性和大幅提升。

燕房线按传统地铁建设，主线线路（14.4 公里）工程建安费和车辆购置费概算 428138 万元；增加全自动运行功能后，增加投资近 7000 万元，占 1.63%，每公里增加投资 486 万元。全自动运行线路牵引能耗降低 5%，同等运行间隔的配备车辆数减少 20%以上。综合运营成本降低 15%左右，经济性较好。

自主研发的这套系统，运营 3 年的实践证明，具有较高的安全性，已占有国内市场 31%的份额（若包括随后开发的其他自主研发全自动运行产品达到 51%）并已具备向运输强度更高线路推广使用的条件。此成果参加了秘鲁利马地铁、纽约地铁和香港市区线的投标竞争，发展前景良好。

（二）

重庆 CBTC 互联互通工程——作为国家发改委示范工程，攻坚克难，全球首创了跨线运行的 CBTC 新技术，从而实现了城轨交通互联互通运营，提高了服务水平，提升了运营效能，还节省

建设投资。

重庆地铁攻克了 CBTC 跨线、贯通、越行等世界城轨一直在努力竞相攻克的互联互通运营的关键核心技术，实现了由 4 条线路（总里程 136 公里）、4 种信号制式的基于 CBTC 互联互通，满足了乘客跨线直达便捷出行需求，平衡、增加了线路之间的运能，共享了车辆、基础设施、能源和维修资源，实现了真正意义上的网络化运营，大幅提升了运营效能和经济效益。

工程增加 5 条联络线投资 300 万元和 CBTC 互联互通交叉测试平台及开发测试软件投资 1.2 亿元；节省配属列车 10 列、60 辆，节约购置费 4.5 亿元，还可减少 35% 车场生产用地面积，提高平峰时段运行列车的满载率，总体上节约了大笔投资。

CBTC 互联互通交叉测试平台，现为 4 条线路服务，以后可为全市上千公里巨网服务；同时已成为 CBTC 互联互通认证授权实验室，可为全行业服务；中国城市轨道交通协会已颁发团体标准，现已有 20 多个城市的 50 余条线路正在筹建互联互通工程，届时将获得更加显著的规模效益。

（三）

上海智能运维工程——作为国家发改委示范工程，实现了运维体制和技术的创新，初期投资有所增加，运维效率大幅提升，运维成本明显下降，车辆可靠性、运营可靠度和列车准点率提升后的经济收益更加明显。

示范工程由车辆、通号、供电三大智能运维系统构成，建设

初期每公里增加 158.5 万元，其中车辆专业 56.6 万元/辆、通号专业 48.1 万元/公里、供电专业 53.8 万元/公里。

示范工程实现了由单一专业维修向多专业综合维修的管理创新、传统的计划修向状态修体制创新、传统维修向智能维修的技术创新。一是车辆专业，故障判断由传统方式 120 分钟以上缩短为 2 分钟，轨旁检测由 2 人每列车 80 分钟缩短至 40 分钟，车辆可靠性指标 MDBSF（平均无故障运行里程）提升 15%。二是通号专业，车载可靠度提升 71%，运营可靠度提升 35%，列车准点率大幅提高。三是供电专业，供电故障录波调取由人工方式 10 分钟缩短为远程调取 2 分钟，变电所巡检由传统的每 4 天一次提升为每天 6 次。运维智能化水平和运营可靠度明显提升。

（四）

广州地铁、深圳地铁和上海地铁的智慧车站——大幅提升乘客服务质量和设备运营效率，全生命周期运营成本投入产出效益明显（10 年全生命周期节省资金占初期投资 140-150%）。

广州地铁改建和新建各 1 座智慧车站，实现“一个平台+四组应用（综合信息发布、智能客流引导、智慧安防、智慧站务）”，促进广州地铁数字化、智能化转型升级。

深圳地铁改建 2 座智慧车站，实现行程规划、站内导航、信息发布、语音购票、快速安检、无感过闸等乘客服务，车站管理以及车站设备智能检测检修。

上海地铁新建 5 座智慧车站，实现智能开关站、智能监控、

智能乘车引导等核心功能创新，有效提升车站运营管理效能。

运营初期经济效益测算，如下表：

企业名称	改建/新建 (站数)	前期投资 (万元/站)	运营期节省投资(万元/年)						降低新 线建设 成本 (万元)	10年全 生命周期 节省 (万元)	占初期 投资 (%)
			人力	节能	维修	广告	其他	合计			
广州 地铁	1/1	929.7	46.1	10.0	5.9			62.0	723.0	1343.0	144
深圳 地铁	2/	1289.0	78.7	22.3	34.7	27.7	17.8	181.2		1812.0	141
上海 地铁	/5	360.0	45.0	10.0				55.0		550.0	153

随着技术成熟度和应用水平的不断提高，管理体制机制和智慧化项目的深度融合创新，智慧化带来的经济效益会更加显著。

(五)

呼和浩特和太原城轨云平台——城轨云平台既是智慧城轨又是网络化运营的支撑基础，是城轨交通推进高质量发展的必要条件。

建设城轨云和大数据平台，实现城轨业务的集中承载，计算、储存、网络和安全资源的按需分配、动态调整和资源共亨，减少设备数量和用房面积，提高设备利用率，降低总能耗，实现故障精准处置，提高安全可靠性能，节省运维人员降低人力成本。

呼和浩特地铁依托1、2号线(49公里)构建城轨云和大数据平台及网络管理中心等，总投资为1.35亿元左右。相应减少传统城轨信号、综合监控、售检票等专业系统投资1.3亿元左右，总体上没有增加工程投资，并为3、4、5号线预留条件，届时还

可节省投资。自 2019 年底运营以来，平峰和高峰时段计算资源利用率分别提高 20%-30%和 50%，存储和网络资源利用率提高 30%以上，人力成本节约近 50%。

太原地铁依托 2 号线（23.65 公里）建设城轨云和大数据平台投资 1.0997 亿元，相应减少传统城轨信号、综合监控和售检票等专业系统投入 4293 万元，品迭后净增投资 6704 万元。承载第 2 条线路时增建网络安全管理中心投资 1000 万元左右，增减品迭后净增投资减为 3400 万元左右；承载第 3 条线路后基本持平。

云计算和大数据技术已成功应用于我国银行、政务、公安和能源等领域，其先进性和成熟度得到普遍认可。城轨云和大数据平台以及网络安全等相关技术规范，是中国城市轨道交通协会组织业界 100 多个单位，160 多位专家编制的，并在实验室验证，应用的实践也证明：城轨云平台运行稳定可靠，技术是成熟、安全的。现在北京、上海、广州、重庆、深圳和武汉等 20 多座城市将普遍采用城轨云技术，以此推动技术进步和企业智慧化建设。

上述先行工程是当前智慧城轨建设中实施的最大的 5 个智能智慧系统，具有代表性，也具有整体性。

先行工程反映的创新技术跻身世界先进行列、乘客服务质量大幅度提升和运营效率显著提高，表明智慧城轨技术的先进性。

先行工程反映的技术装备可靠性有所提高，运营可靠度得到提升，表明智慧城轨技术的安全性。

先行工程分析经济性时，既将初始投资落到细分项目上，还重视了综合分析的方法论。一是投入产出效益分析，如云平台分析了提高计算、储存、网络资源的利用率和人工成本的经济效益；二是波及效益分析，如云平台分析了相关联的信号等五个专业投入的减少情况；三是网络化效益分析，如云平台分析覆盖一条线时投入比较大，覆盖二、三条线以上时，只增加很少或不增加投资，再扩大覆盖面则可减少投资；四是全生命周期成本分析，如智慧车站 10 年全生命周期成本节约费用为初期投资的 140%-150%。五是若制定主要智能智慧系统的基本规范（协会制定的城轨云体系规范即将全部完成），各城市在规范基础上因地制宜优化功能要素，还可控制初始投资，实现远近经济能效的更优化配置。通过全面分析，表明智慧城轨具有较好的经济性。