

南水北调供水配套工程全要素信息管理技术创新及应用

一、立项背景

南水北调中线工程总干渠，自丹江口水库引水，经河南、河北至北京、天津，是解决京津和华北地区水资源短缺的重大调水工程。

南水北调供水配套工程，上接供水总干渠，下连城市水厂，肩负沿线亿万居民生活和工业引水，是南水北调工程发挥效益的关键。

本项目面向南水北调供水配套工程安全保障、受水区供水安全保障、应急响应保障等对信息化管理的需要，研发了“南水北调供水配套工程全要素信息管理平台”，取得了创新性成果，实现了配套工程全生命周期管理。

南水北调配套工程全要素信息，是指在建设管理过程中参建单位形成的测绘、地质、设计、施工、监理、设备、建管等各类基础技术资料，对配套工程全生命周期管理具有重要意义。

目前，由于配套工程全要素信息主要以各类资料归档时间顺序进行管理，导致不同类型的数据信息存在难以共享、相互孤立等问题，具体体现在有以下几个方面：

1. 数据要素组织管理方面：配套工程供水线路仅河南段就长达 1054 千米、参建单位 168 家，施工标段 149 个，各类资料归档

时间跨度大，形成的全要素信息存在：要素多、类型多、结构复杂、存储分散等特点。

2. 运行维护方面：配套工程运维管理所需要的全要素资料，目前主要依赖人工查阅手段，信息化程度低，不便于地下隐蔽工程的维修养护，难以满足智慧城市建设的 yêu求。

3. 应急抢险方面：全要素信息相互不关联，形成信息孤岛，针对长距离供水管线突发事件的高频次，难以快速采取有效的应对措施。同时，由于城市地下综合管网错综复杂，加大了配套工程应急抢险的难度。

二、项目研究内容

针对南水北调配套工程在“数据要素、运行维护、应急抢险”等方面存在的不足，开展“从数据获取→数据融合→标准制定→数据库构建→平台研发→运维管理→应急决策”全流程关键技术研究，实现对供水配套工程全要素信息的一体化管理。主要研究内容如下：

1. 配套工程“全要素信息获取与处理”关键技术，包括：数据标准制定、地下井室部件信息快速获取、栅格图模式识别处理及在线发布、线路智慧巡检装备等，实现全要素高效组织与管理，

2. 全要素数据的组织管理与融合、知识挖掘理论与方法。研究多类型数据融合、知识挖掘，构建全要素时空数据库，实现配套工程全要素信息互联互通

3. 全要素信息“一张图”管理平台。研究构建全要素信息获取、处理、应用一体化的“南水北调供水配套工程全要素信息管理平台”，为运维管理、风险预警与应急处置提供技术支撑。

三、主要科技创新

创新（一）研制了配套工程“全要素信息获取与处理系统”，通过与已有自动化监测系统对接，形成由地上到地下的全要素信息立体获取体系，填补了大型引调水工程全要素信息获取与处理缺乏流程化、标准化的空白，实现了各类基础数据资源的统一整合与一体化表达。

创新（一）包括以下四项创新成果：

1. 针对配套工程全要素信息“数据来源广泛、类型多、结构复杂、存储分散”等特点，制定了《全要素信息搜集与整理技术标准》、《全要素信息分类处理技术标准》等一整套数据标准，形成了配套工程全要素信息标准化处理的技术流程。

2. 为解决配套工程地下井室无卫星导航信号、测量困难等难题，创新研制了一种井下测量辅助装置（发明专利号 ZL 2019 0177788.6），开发了数据采集处理软件，规范了信息采集、图片上传及自动入库流程，实现了多达 3520 处地下井室内部件信息的高效获取，提高作业效率 5~10 倍。

3. 针对 DLG 数据发布在线地图服务过程中存在信息易丢失的等问题，引入多级切片思想，提出根据要素几何特征分别采用

八方向法与全路径栅格化的方法，构建了无损转换算法模型，实现了矢量数据到地图服务的无损转换。

4. 自主研发了供水线路便携式智慧巡检仪，具有巡检任务制定、导航、巡检信息自动采集、问题上报、查询和统计分析等功能。目前巡检里程达 23 万多千米，处理上报的较大问题 237 件。

创新（二）构建了时空大数据融合处理、知识挖掘的技术方法，建立了全要素信息关联模型，打破了信息孤岛，实现了配套工程全要素数据的互联互通。

创新（二）包括以下两项技术创新：

1. 构建了集“测绘、地质、设计、施工、管材设备”等信息于一体的“**综合纵剖面图**”自动生成算法模型，可全面展示供水管线的空间分布及附属设施、地质构造与地质评价，以及与路网、水渠、其他地下管线的穿越情况，属国内首创。

2. 面向地下管道渗漏、断裂等突发事件应急处理的需求，构建了“**一键式提取**”指定区域所有技术文档资料，可为应急决策、穿越配套工程的审批，提供详实、全面、准确的决策依据，避免了应急抢险过程中次生灾害的发生。

创新（三）构建了集全要素信息“展示、查询、统计、分析、更新”于一体的“河南省南水北调供水配套工程全要素信息管理系统”，实现了南水北调配套工程“日常维护、应急抢险、风险预测、跨越审批”一张图管理，开创了南水北调配套工程全生命周期信息化管理的新模式，形成了独具特色的业务应用技术体系，填补了

我国大型引调水工程全要素信息“获取、处理、挖掘、融合、信息化管理”的空白。

四、先进性比较

与国内外研究成果相比较，本成果的先进性主要体现在以下四个方面：

1. 为供水配套工程全生命周期信息化管理量身定制

本成果是针对供水配套工程运行维护管理量身定制的专业化平台，既能满足各级管理部门信息化管理需求，又能为穿越工程、应急处置实时提供全面、详实、准确的决策依据。目前，类似研究成果在国内外尚未见报道。

2. 地下无 GNSS 信号下数据采集方法

针对供水管线地下隐蔽设施难以定位、量测等难题，发明了“一种基于井室坐标测量辅助装置的测量方法”，实现了供水线路地下隐蔽工程空间信息的快速获取，提高数据采集效率 5~10 倍。

3. DLG 数据在线地图图式无损发布技术

本项目研发的 DLG 数据到地图服务的无损转换算法模型，实现了矢量数据到地图服务的无损转换；目前，相似研究成果在国内外尚未见报道。

4. 配套工程全要素信息一键式提取技术

利用本成果，可一键式提取配套工程指定区域测绘地理信息、供水管线及附属设施、地质评价报告、钻探资料、设计报告、设

计变更、施工、监理、生产厂家、建设管理单位等所有技术资料。目前，相似研究成果在国内外尚未见报道。

五、实施效果与经济社会效益

本成果自 2017 年 6 月在河南省及其沿线 11 个省辖市应用以来，实现了南水北调配套工程“日常维护、应急抢险、风险预测、跨越审批”一张图管理，保障了工程和供水安全，开创了南水北调配套工程全生命周期信息化管理的新模式。目前，累计引水 133.17 亿 m^3 ，其中城镇供水 72.91 亿 m^3 ，生态补水 26.21 亿 m^3 ，农业用水 34.05 亿 m^3 ，受益人口 2380 万。

此外，本成果为南水北调配套工程各级管理部门日常维护和应急抢险提供全要素数据查询 431 次；为 1000 多处跨越工程设计、施工、审批提供全要素数据服务；开发的巡检仪巡检里程已达 23 万千米，保障了工程供水安全。

本成果的应用，节省了大量的人力、物力和财力，有效避免了穿越工程对配套工程的影响，以及抢险过程中次生灾害的发生，显著提高了各级管理部门的工作效率，加快了信息化建设进程，保障了亿万居民饮水安全，产生经济效益近 2 亿元，社会效益和生态效益显著，受到了人民群众和国内主流媒体的高度赞誉。