

## 项目简介（限1000字）

城市地下管线是保障城市运行的重要基础设施和“生命线”。近年来，随着城市快速发展，地下管线建设规模日益庞大、分布也更加错综复杂，一些城市相继发生了马路拉链、雨季内涝、窨井伤人、管道泄漏、地面塌陷等系列城市安全问题，饱受公众诟病。为切实加强城市地下管线建设管理，保障城市安全运行，提高城市综合承载能力和城镇化发展质量，党中央和国务院高度重视，于2014年发布《国务院办公厅关于加强城市地下管线建设管理的指导意见》（国办发〔2014〕27号）明确指出“开展城市地下管线普查。……用10年左右时间，建成较为完善的城市地下管线体系，应急防灾能力大幅提升。……加大城市地下管线科技研发和创新力度，鼓励在地下管线规划建设、运行维护及应急防灾等工作中，广泛应用精确测控、示踪标识、无损探测与修复、非开挖、物联网监测和隐患事故预警等先进技术”。随后，全国各大城市纷纷开展综合地下管线普查，尝试依托地下管线普查成果，应用大数据、传感器、物联网等技术，开展管线信息挖掘与应用。然而，由于管线类型多样化，数据体量大，关键技术匮乏，知识不足等，致使地下管线大数据挖掘与应用面临重大难题。

本项目以城市地下管线建设管理的国家重大需求为导向，在自然资源部基础测绘科技计划、四川测绘地理信息局科技项目、原国家安全生产监督管理局科技项目和四川省教育厅重点项目等一系列项目支撑下，针对地下管线时空大数据挖掘分析的共性关键技术难题，进行了长期的、系统的产学研用协同创新研究。通过开展多源地下管线数据汇聚、海量管线数据管理模型构建、安全信息挖掘、风险实时监测预警等关键难点进行了创新性研究，建立了地下管线时空大数据模型，形成了管线大数据集成融合与组织管理方法，建立了一套集地下管线现状评价、动态安全分析与实时预测的综合评价分析方法，研发了管线大数据挖掘与分析应用成套软件，并在全国7个省、4个直辖市、15个市（州）的城市地下管线数据管理、城市规划建设与灾害监测等领域中得到广泛应用，有效支撑了地下管线管理工作。

项目成果丰硕，研制了具有自主知识产权的系列软件9项，取得论文21篇（其中2篇SCI，3篇EI，10篇中文核心），牵头完成国标报批稿1项，申请发明专利和实用新型专利共6项（其中已获得2项），出版专著4部，取得计算机软件著作权8项。

## 三、科技创新

### 科技创新（限5000字）

#### 1. 立项背景

地下管线时空大数据的管理及挖掘应用研究是地下管线建设管理的重要工作，当前国内外已有较多研究，但仍存在以下问题：

一是管线大数据管理方面，国内外大多采用以管线普查组织实施主体单位为单元的管理模式，缺乏管线数据汇交、多源管线数据融合、地上地下集成并统一化管理的算法模型与软件工具，无法将分散的管线关联数据进行集成汇总成为管线大数据，无法实现多源地下管线及关联数据的信息化融合。

二是管线安全信息挖掘方面，目前国内外部分长输管线权属单位开始尝试通过分析单一类管线数据辅助管道的安全管理，但在综合管线信息分析、管线大数据挖掘、时空安全模型构建等领域研究较为匮乏，无法通过地下管线大数据挖掘出有用信息辅助城市安全管理。

三是管线大数据管理软件方面，当前国内外相关软件研发较少，未实现海量级管线大数据自动化三维建模、兼顾效率的真实感三维管网与地上精细化模型一体化渲染以及大数据挖掘分析结果可视化表达，且没有能够满足管线大数据管理、时空安全分析挖掘、辅助决策应用完整的、全套的软件产品体系，地下管线大数据挖掘分析与应用领域还存在较大的空白。

本项目针对国内外在地下管线时空大数据挖掘分析及应用方面存在的不足，从地下管线时空大数据内涵、数学模型构建、海量数据集成融合以及管线时空大数据挖掘分析与应用模型的建立等几方面开展技术攻关、系统研究，最终形成一套管线大数据集成融合与组织管理方法，建立一套集地下管线现状评价、动态安全分析与实时预测的综合评价分析方法，研究建立管线大数据挖掘与分析应用成套软件，改变地下管线数据体量大、分散存储、难以进行综合分析及深层次挖掘应用的现状，解决地下管线时空大数据挖掘分析的技术难题，为城市老旧管网改造、生态环境治理、城市规划设计以及城市安全管理等工作中提供科学并有价值的决策支撑信息。

#### 2. 科技含量

##### (1) 总体思路

项目针对地下管线时空大数据分散存储且无法挖掘应用的现状，分析地下管线及关联数据的结构与语义差异性，建立管线时空大数据模型，研究管线大数据汇交与多源关联数据融合方法；研究地下管线现状评估、隐患预测以及实时监测后的灾害模拟方法，建立包含管线空间布局安全、承载能力、隐患时空分布及预测、内涝评估与燃气扩散评估的管线大数据挖掘分析模型；研究管线数据三维实时建模、TB级融合数据渲染以及挖掘信息空间展示方法，建立涵盖管线三维建模、管线数据融合、地上下集成三维展示、云平台一张图的自主知识产权的管线大数据挖掘与应用软件体系；并在全国全面开展推广应用，切实提高地下管线信息应用价值与效率。

##### (2) 技术方案与创新成果

###### 1) 构建一套适宜于安全信息挖掘的地下管线时空大数据模型

根据国内外对大数据的定义，结合地下管线大数据的特点，从广义和狭义两种角度提出地下管线时空大数据的内涵。建立以地下管线本体数据为线要素，将其他管线关联的其他数据作为属性信息存储管理的地下管线时空大数据模型。

#### 2) 形成一套管线大数据集成管理与数据融合方法

针对管线时空大数据在标准规范、获取方式、存储格式等差异，致使的海量管线数据集成、融合、管理困难的问题，研究管线数据标准化处理方法、管线大数据的组织与存储调度等技术，建立以空间维度标识的管线大数据融合算法，设计地下管线时空数据组织与时空索引机制，建立一套完整的管线大数据集成管理与数据融合方法，实现多源管线本体、运维与环境数据的一体化集成。

#### 3) 建立一套地下管线现状评价方法及指标体系

综合运用地质学、测绘学、城市规划学、计算机科学等多门学科的理论和方法，以地下管线本体数据、运维数据为基础，分析影响安全运行的因素信息，从管线空间布局、承载能力、地下空间资源利用率等三个维度建立地下管线现状评价方法与指标体系，并结合AHP层次分析、综合指数等方法，构建涵盖地下管线空间布局安全性、地下管网承载力和地下空间资源利用状况评价模型的地下管线现状评估技术体系。

#### 4) 建立一套地下管线时空安全挖掘分析方法

围绕地下管线可能存在的安全隐患，从时间和空间两个维度分析对地下管线安全存在威胁的各项因子，研究管线安全隐患因子的空间分布规律和时间变化趋势，建立地下管线安全时空分析模型，实现对地下管线安全隐患态势分布和时序规律的挖掘，预测地下管线安全隐患可能出现的时刻和空间位置。

#### 5) 建立基于传感器的管线灾害模拟算法

以民生关联较为紧密的燃气、给水管线为研究对象，分别建立洪水内涝模拟模型、燃气扩散模拟模型以及给水管网爆管分析模型，并将物联网传感器集成在管网隐患区域，优化模拟算法模型，实时监控管网状态并预估隐患灾害影响范围。

#### 6) 研究建立管线大数据挖掘与分析应用成套软件体系

研究地上、地面、地下相统一的数据分层分块加载、动态分页调度、地下管线安全隐患危险程度栅格化展示、安全隐患时序规律空间展示、基于GPU的高效真实感实时渲染等技术，研发涵盖管线数据汇交共享、规范化处理、三维自动建模、三维展示、时空安全分析、应急服务等内容的管线大数据挖掘与应用软件体系。

#### (3) 实施效果：

项目成果已在全国近20个省、市（州）的城市规划建设、灾害监测与应急管理等项目得到了大规模应用，有力支撑了全国地下管线建设管理，产生的直接经济效益达6145.84万元。同时，研发的管线大数据挖掘与应用软件体系在管线专项规划编制、城市老旧管网改造、城市黑臭水体治理、城市防灾减灾等领域中也取得了较好的应用效果，填补了国内地下管线大数据挖掘与应用领域的空白。

作证材料：其他附件（3.经济效益证明，4.社会效益证明）。

### 3. 创新点（1000字）

(1) 针对地下管线数据来源、模态、时相、规范等的差异及系统分析应用难题，提

出了一种综合表达地下管线本体、运维和环境等的时空数据模型，建立了地下管线综合管理和分析应用的时空大数据框架。

佐证材料：其他附件（1. 论文成果6项：1,2,3,10,18,19；2. 专著成果1项：4）；知识产权情况（专利：2,5,6；软件著作权：1,2,3,8）；技术评价证明附件（1. 成果评价意见，2. 科技查新报告P16）

主要创新：

1) 提出了一种管网实体与关联信息无损表达的时空大数据模型  
建立了以管线本体为空间基准，运维和环境数据为时空属性的关联规则，并以地下管线本体数据为线要素，将其他管线关联的其他数据作为属性信息存储管理的管线时空大数据模型，将地下管线本体数据以固定间隔划分为若干管段，并设定对应的唯一标识符；管线相关的运维数据和环境数据根据所处管段通过设定的标识符与管段进行挂接，并以属性表的形式进行存储，属性表中包括数据所属管段的标识、位置和获取时刻等信息。该模型的提出在逻辑关联上对地下管线数据与其他相关时空信息进行了共同存储与管理，且能够通过属性表中的时间信息，便捷高效地表达时间维度，有效促进管线时空数据的管理和安全分析，具有较高的生产指导价值。

2) 提出了地下综合管线及附属设施三维实时建模算法  
针对地下管线数据结构性差异问题，设计了符合管网三维表达的必要信息数据结构，提出了管网附属设施按结构划分类型并自动化拼接模块实时三维建模的方法，研发了管线三维实时建模软件，准确高效地刻画了各种复杂管线及其附属设施的几何、外观与语义特征，实现了管线时空数据统一三维化集成管理。

(2) 针对地下管线数据联合使用的空间维度、时空参考系、时间分辨率、空间特征表达、质量差异性问题，提出了包括几何线性匹配、空间语义匹配、空间维度转换等系列模型与方法，开发了地下管线时空大数据融合与集成技术。

佐证材料：其他附件（1. 论文成果4项：7,16,18,19；2. 专著成果1项：3；6. 标准）；知识产权情况（专利：5,6；软件著作权：6,8）；技术评价证明附件（1. 成果评价意见，2. 科技查新报告P16）

本项目针对地下管线时空大数据在表现形式、存储格式、空间维度、空间参考的差异性，提出了一种包含地理空间语义匹配、线性匹配以及维度转换模型的空间维度表示管线数据融合算法，研发了管线数据融合软件，实现了多源数据以空间维度为基准的信息融合，解决了多源管线数据之间、管线数据与运维和环境数据之间、管线与地上数据之间集成融合困难的难题，有力支撑了管线大数据的建立、存储与管理。

(3) 提出了地下管线空间布局安全、承载力、发展适宜性、隐患预测及事故灾害应对等空间分析方法，研发了应用软件，满足了地下管线规划管理审批和防灾减灾信息化高效化应用等需求，实现了地下管线时空大数据综合分析应用。

佐证材料：其他附件（1. 论文成果12项：4,6,8,9,11,12,13,14,15,17,20,21；2. 专著成果3项：1,2,4；5. 自然资源部成果登记证明）；知识产权情况（专利1,3,4；软件著作权：4-7）；技术评价证明附件（1. 成果评价意见，2. 科技查新报告P16）

主要创新：

1) 建立了涵盖空间布局、承载力评估、适应性分析为主体的地下管线现状评估技术方法体系

建立了地下管线空间布局安全性分析指标体系和评价模型，研究了地下管线在空间占压、净距、顺序、布置、埋深以及穿越方面综合评价的指标体系和模型方法。建立了地下管线承载力评估指标体系与评价模型，突破了综合管网不同承载力等级划分、对地区发展的支撑程度等问题。建立了地下管线开发适宜性评价指标体系与评价模型，突破了复杂影响因素下的地下空间开发利用评价关键技术。形成了完整的地下管线现状评估技术方法体系。

2) 首次提出地下管线时空安全分析模型

首次将大数据时空分析的思想引入到地下管线外部安全隐患规律研究与预判中，提出了一种地下管线时空安全分析模型，准确模拟地下管线在某一环境条件影响下全管段安全隐患可能发生的概率分布，预测了不同时间段、多个影响条件下地下管线安全事故发生概率。

3) 建立了依托传感器实时监测的民用管线事故灾害模拟算法

建立了一系列以实时监控数据为输入值的管线事故灾害模拟算法，修正了传统洪水内涝模型、燃气扩散模型、给水爆管模型静态分析的算法参数，实现了预测隐患在事故灾害时的动态实时模拟与监测预警。

4) 提出了一种面向地下管线时空大数据挖掘分析及应用的三维可视化及交互技术

面向地下管线数据管理与挖掘应用需求，设计了管线大数据数学模型与挖掘分析算法，自主研发了系列软件，能够实现地下管线三维实时建模和地上地下一体化、地下管线发展适应性评价、承载力分析、时空安全分析、灾害应急服务可视化展示，为管线大数据挖掘分析提供了强有力的支撑。

4. 保密方面

无。

5. 国际比较：

同当前国内外在城市地下管线时空大数据挖掘分析及应用对比，项目成果的先进性主要表现在以下几个方面：

(1) 率先提出并实现管线大数据集中管理与数据融合：现有数据管理模式大多以综合管线普查位为管理和使用主体。本项目率先开展地下管线数据汇集、多源管线数据融合等研究，首次对管线大数据的概念、数据组成、数学模型进行了详细的阐述，并对其应用领域开展了探讨，填补了相关领域的空白。

(2) 率先开展综合地下管线大数据挖掘分析研究：国内外尚无明确的管线现状评估、管线隐患预测、管线事故实施动态监测与模拟相关研究，通过本项目研究的算法挖掘出的地下管线信息能够直接服务于管线专项规划、老旧管网改造、城市黑臭水体治理等国家重大工程项目中，革新了管线数据的服务模式。

(3) 率先研发了具有自主知识产权的地下管线大数据挖掘与应用全套软件体系：国内外针对地下管线大数据挖掘应用软件较缺乏，同时缺乏具有自主知识产权的软件，国

内大多依托ArcGIS、SkyLine等软件的二次开发，本项目研制的软件平台能够实现多个地级城市TB级地上地下数据的集中展示已达到了国内先进水平，在时空数据挖掘分析算法实现以及挖掘成果的空间化展示填补了相关领域的空白。

佐证材料：技术评价证明附件（1. 成果评价意见、2. 科技查新报告）

地理信息科技进步奖

## 四、推广应用情况

### 1、推广、应用情况及社会评价（限 2000字）

#### （1）推广情况

研究成果在四川、甘肃、陕西等20多个省、市的地下管线信息管理、管线安全管理、城市建设与运营及城市灾害监测等项目得到推广应用，为城市规划、减灾防灾、城市信息管理、管线权属等单位提供了很好的技术支撑，产生直接经济效益6145.84万元，为城市和区域治理做出了积极贡献，为保障城市安全运行，提高城市综合承载能力和城镇化发展质量奠定了坚实基础，革新了地下管线大数据服务模式，具有广阔的推广应用前景。

佐证材料：3.应用证明附件。

#### （2）应用情况

在地下管线信息管理方面：项目成果已成功应用在张掖市、渭南市、南充等地区的管线管理信息系统建设等项目，为城市地下管网信息化管理提供了高效的、可视化的工具，有力提升了管网信息化管理水平。目前又将陆续应用于汉源、资阳等地下管线信息系统项目建设中。

在服务管线安全管理方面：项目成果为作业区的天然气管线日常安全管理提供有效支撑。实现了作业区巡检人员与巡检事件的管理与调控，而且，研发的管线安全隐患时空态势分析功能，有效地指导了作业区的管线外出巡检工作，对高危区域进行重点排查，规避了大量潜在安全隐患导致的地下管线灾害，同时，提高了作业区的巡检工作效率，减轻了巡检排查的工作量。

在服务管线建设管理方面：项目成果在加强城市地下管线建设管理工作中发挥了重大作用，理清了城市地下管线空间布局安全隐患分布情况、地下管线资源承载情况、地下空间利用情况，为城市安全运行和提升城市综合承载能力、城镇化发展质量提供了强有力的保障，为城市地下管线综合规划、改造、地下空间开发利用等提供了强有力的支撑。同时，项目成果的推广应用必将对推动我国地理空间信息服务在城市规划、建设和运营管理的深入研究和推广应用产生良好的示范作用。

在服务智慧城市建设方面：项目成果可将地下管线信息与智慧城市平台进行了无缝对接与融合，为智慧城市建设提供地下管线空间分布、日常运营及监督管理等重要的基础信息数据。同时，提高海量地下管线信息实时获取、自动化与智能化处理的能力，及时响应、满足智慧城市建设、管理和运行需要，大力助推智慧城市建设。

#### （3）社会评价

项目研究形成的地下管线时空大数据挖掘分析及应用相关的标准规范、模型算法、技术体系以及系列软件等成果，能够满足国务院、党中央及全国各地政府部门要加强地下管线建设管理工作的需求，为城市安全运行和提升城市综合承载能力、城镇化发展质量提供强有力的保障。项目成果能够推广应用于地下管线规划设计、运营管理、维护改造以及灾害监测与应急等国家工程项目中，进一步创造更多的经济社会效益。

。