

## 城市地下管网改造工程施工现场管理研究

胡 健

重庆北新融建建设工程有限公司, 重庆 400000

[摘要]笔者以巫山县 2024 年地下城市管网及设施项目为依托, 围绕山地城市老旧城区管网改造中碰到的场地狭窄、交通组织棘手、多工种交叉作业、环保要求严格等一系列现场管理难题, 分别从施工组织优化、质量管控体系搭建、安全风险防范、文明施工与环保措施、交通疏导及外部协调这五个方面, 把现场管理的技术路径和落地做法做了较为系统的梳理。从实际操作来看, 推行分区管理、坚持样板引路、实施网格化安全管控、采用低噪音施工工艺以及引入智能化监测这些手段之后, 工程质量和安全管理的各项指标基本达到了预期。文中一些做法和体会, 或许给同类山地城市的管网改造工程提供一些参考。

[关键词]地下管网改造; 施工现场管理; 山地城市; 质量控制; 安全管理

DOI: 10.33142/ec.v9i8.20225

中图分类号: TU99

文献标识码: A

## Research on Construction Site Management of Urban Underground Pipe Network Renovation Project

HU Jian

Chongqing Beixin Rongjian Construction Engineering Co., Ltd., Chongqing, 400000, China

**Abstract:** Based on the 2024 underground urban pipeline network and facilities project in Wushan County, the author systematically sorted out the technical path and implementation methods of on-site management from five aspects: construction organization optimization, quality control system construction, safety risk prevention, civilized construction and environmental protection measures, traffic diversion and external coordination, focusing on a series of on-site management difficulties encountered in the renovation of the old urban pipeline network in mountainous cities, such as narrow site, difficult traffic organization, multi job cross operation, and strict environmental protection requirements. From practical operation, after implementing zoning management, adhering to model guidance, implementing grid safety control, adopting low-noise construction technology, and introducing intelligent monitoring, the various indicators of engineering quality and safety management have basically met expectations. Some practices and experiences in the article may provide some reference for pipeline renovation projects in similar mountainous cities.

**Keywords:** underground pipeline network renovation; construction site management; mountain cities; quality control; safety management

### 引言

地下管网是城市运行的基础性基础设施, 涵盖燃气、供水、排水、雨污分流等多个系统, 其正常运转直接关系到城市功能的维持。国内大批铺设于上世纪八九十年代的管网, 如今差不多都到了集中老化的阶段。管道锈蚀穿孔、管径不够用、接口处渗漏, 这些问题一年比一年多。国家层面也意识到了, 近几年接连发了《关于加强城市基础设施建设的意见》《城市燃气管道等老化更新改造实施方案(2022—2025 年)》等文件, 把老旧管网改造塞进了城市更新的篮子里。

巫山这个县城有些特殊。它卡在长江三峡库区的腹心

地带, 城里的房子顺着山势往上盖, 地形高差大得很, 街道又窄又弯, 地下管网的敷设条件天生就差。2024 年县里启动了地下城市管网及设施项目, 覆盖 4 个片区 9 个社区, 要把燃气和给排水系统实施整体改造。合同金额大概 1.97 亿元, 燃气管道 8000 多米、排水管道将近 13 万米、给水管道 3000 多米, 另外还要换灶前软管 12000 根、燃气表 12000 块。范围大、工种杂、社会影响不小。

跟新建市政工程比, 改造项目的约束条件要苛刻得多。地下既有管线的实际走向难以确定; 居民的出行不能断; 施工空间极为有限; 噪音粉尘还得严格控制。笔者在这个项目上负责技术管理, 全程参与了施工组织设计的编制和

现场管理。回顾项目过程，部分经验值得总结，部分教训值得反思。下面结合实际工程情况，把现场管理的关键技术和管理方法做个总结分析。陈志刚指出，山地城市改造工程的管理难度往往被低估。

## 1 工程概况

### 1.1 项目基本情况

巫山县 2024 年地下城市管网及设施项目位于重庆市巫山县城区，涉及翠屏、飞凤、圣泉、宁江、登龙、起云、秀峰、神女、上升 9 个社区的管网改造。此类点多面广的项目，前期组织稍有不慎即可能导致管理混乱。具体建设内容包括：从燃气调压箱出口到居民用户用气器具接头之间的低压燃气管道改造——含庭院管道、住宅供气立管及配套设施、灶前软管更换；小区给水支管到住户水表前的给水管改造，以及屋面雨水管和建筑红线外至市政道路的雨水管、给水支管改造。合同工期 365 天，计划 2025 年 10 月 29 日开工，合同金额 19679.84 万元。

### 1.2 主要工程量

在燃气改造工程中，低压庭院 PE 管（De63—De110，SDR11）约 8000m，低压立管用无缝钢管（DN25—DN50）约 2000m，灶前不锈钢波纹软管（DN15）12000 根，燃气阀门 200 个，燃气计量表 12000 块。排水方面：污水管道 1582m，雨水管道 60172m，空调水管 55474m，检查井 354 座，雨水口 114 个，雨水暗沟 7463m，另外地面破除恢复 9715m<sup>2</sup>、人行道破除恢复 11188m<sup>2</sup>。给水部分：DN100 管道 217m、DN50 管道 2970m、阀门井 7 座。土石方开挖总量约 29707m<sup>3</sup>，回填约 24864m<sup>3</sup>。

上述数据反映了本工程的规模与复杂程度。仅排水管道铺设长度即达 60 余公里，检查井达 354 座，土方开挖近 3 万立方米，且全部在城区施工、作业面极其受限的条件下完成。

### 1.3 自然条件与施工环境

巫山属于亚热带季风气候，年均气温 18℃。夏天最热能到 40℃（七八月份），冬天最冷能到零下 5℃。年降水量 1200mm 左右，其中五成至七成集中在 5~9 月。城区地形起伏大，部分社区在山坡上，管道铺设坡度不小，施工排水和管道固定均存在较大困难。地质条件亦较为复杂——宁江社区那一片存在岩石层，开挖须采用机械破碎方式。抗震设防烈度 6 度，设计基本地震加速度 0.05g。

施工区域全部在已建成的城区里面。周边建筑密集，人口密度大，交通流量较高。9 个社区散布在不同地形区域，施工场地难以集中布置，材料堆场和加工场地只能因地制宜设置。笔者在现场踏勘时就意识到，现场管理须采

取分区组织、动态调整的策略，孙涛等提出的网格化安全管理模式可为类似工程提供借鉴。

## 2 施工现场管理难点分析

### 2.1 施工空间受限与管线保护难度大

老城区街道宽度有限，大部分仅为 6~10m。两侧建筑距道路红线较近，施工作业面严重不足。沟槽开挖宽度受现有道路断面制约，大型机械设备难以展开作业，诸多工序须依赖人工完成。地下既有管线情况尤为复杂，管线种类繁多、走向交错，部分区域给水、排水、电力、通信管线相互交织叠压。

笔者还记得在翠屏片区踏勘时，光是各类地下管线交叉点就探明了 47 处，每一处都得单独出保护方案。据现场技术人员反馈，有些老管线的竣工资料跟实际情况出入很大，有的偏差能达到一两米，靠图纸施工根本不现实，必须逐段人工探挖确认。

### 2.2 多专业交叉施工协调复杂

这个项目同时开展燃气、给水、排水、雨水四个专业的管网改造，涉及土建开挖、管道安装、焊接、防腐、设备调试等多项工序。4 个施工片区各配 1 个班组同步作业，高峰期现场工人超过 200 人。各工序之间的制约关系很明确：排水管道需优先开挖深槽，给水管道随后跟进，燃气管道对安全间距要求严格。任一环节延误，后续工序均须相应调整。

还有一点容易被忽略——外墙立管安装。吊篮挂在外墙上作业，底下就是地面管道施工，形成立体交叉。笔者在项目中观察到，仅协调吊篮作业与地面施工的错时安排，每周即需投入大量管理精力。吴建平认为，多专业交叉施工须采用系统化的组织管理方法。

### 2.3 居民生活影响与环保压力

施工区域均位于居民密集区。居民的日常生活、出行、车辆通行都受影响。特别是到了立管安装阶段，吊篮占据外墙作业面，脚手架搭起来影响采光通风，居民意见较为集中。破碎作业、管道切割、材料装卸——这些环节产生的噪音确实扰民，夜间施工严格禁止。施工弃土外运得避开交通高峰，材料进场也受限，进度安排常因此陷入被动。

实际上从现场来看，居民投诉处理得好不好，直接决定项目能不能顺利推进。笔者所在的巫山项目曾因投诉被迫停工数次，教训深刻。

### 2.4 特殊气候条件下的施工挑战

巫山的雨季持续时间长且降水强度大。5~9 月的集中降水对土方开挖和管道安装影响特别明显——不仅造成沟槽积水，还可能引发边坡失稳塌方，安全风险陡增。

七八月份极端高温到 40℃，工人户外作业中暑风险较高，焊接质量亦受到影响。冬天又遇上低温，钢管焊接得预热保温，PE 管道冷的时候变脆，搬运安装时稍有不慎即可能产生裂纹。

### 3 施工现场管理措施与方法

#### 3.1 施工组织优化与分区管理

##### 3.1.1 分区划片、统筹推进

根据 9 个社区的地理位置和施工内容，整个项目划成了 4 个独立施工区：翠屏社区划为第一施工区，飞凤-圣泉-宁江-登龙合并为第二施工区，起云-秀峰设为第三施工区，神女-上升划入第四施工区。每个区配一个专业班组，各区段设负责人 1 名，形成“总项目部-施工区-班组”三级管理架构。各区自己组织施工、自己接受考核，项目部负责总体协调和资源调配。

施工顺序上定了个总原则：“先地下后地上、先庭院后立管再户内”。各区段里面再切成若干小段——比如翠屏社区就按翠屏一巷、翠屏二巷这样的方式分——逐段推进、滚动完成。笔者认为这种组织方式的好处在于，每个施工段的工作面相对独立，不会出现到处开挖到处堵的混乱场面。

##### 3.1.2 施工组织设计动态调整

施工组织设计需根据实际情况动态调整。进场之前笔者要求技术人员对各小区地下燃气管线及外墙原立管情况进行逐一排查。发现实际情况与设计不符时，及时调整施工方案。举一个典型例子：翠屏社区有段庭院管道，原设计从一处化粪池旁边过，结果实际踏勘发现化粪池结构老化严重，无法满足管道荷载要求。最后管线路由偏移了 1.5m 才绕过去。

类似这样的调整，整个项目累计发生了 23 次。上述调整均在施工前完成方案变更，未发生返工情况。项目部每周开一次施工协调会，项目经理亲自主持，各区段负责人、技术负责人、安全负责人都得参加。会上对上周施工进度、存在问题及资源配置进行逐项梳理。遇到影响关键线路的事项，当场确定方案及责任人，会后出纪要，下次开会先跟踪上次议定事项的落实情况。

#### 3.2 质量管理体系建设

##### 3.2.1 质量管理制度框架

项目部建立了以项目经理为第一责任人的质量管理体系，下设工程管理部（质检），专职负责质量监督检查。体系全过程覆盖了原材料进场检验、施工过程控制、隐蔽工程验收、竣工检测各个环节。编写了《项目质量管理办法》《质量奖惩制度》《质量通病防治手册》等一系列管理

制度文件，把各级人员的质量职责和检查频次予以明确规定。

质量目标也定了硬杠杠：单位工程一次交验合格率 100%，顾客满意度不低于 98%，全年不发生直接经济损失 30 万元及以上的质量事故。王强等研究表明，明确量化的质量目标对提升施工队伍的质量责任意识具有显著效果。

##### 3.2.2 关键工序质量控制

燃气管道焊接——这是质量控制的核心环节，不容妥协。项目部要求所有焊工必须持有效证件上岗，施焊前做工艺评定，焊接过程中严格执行“三检制”：自检、互检、专检，缺一不可。钢管焊缝按规范分别做射线检测和超声检测，PE 管道电熔接头亦须进行超声检测。

施工初期即发现问题。质检人员发现 2 处焊缝有气孔缺陷。笔者当时立即组织了焊工技能再培训，同时将该焊工此前完成的全部焊缝逐一调出复检，确认合格后方允许其继续作业。此事对全体施工人员起到了警示作用——质量这根弦，质量管理须臾不可松懈。

管道防腐处理方面，钢管外防腐用聚乙烯防腐层。喷丸除锈等级须达到 Sa2.5 级，防腐层厚度采用测厚仪逐根测量，粘结力按批次做剥离试验。牺牲阳极阴极保护系统的安装位置、填包料配比、连接线焊接质量，均安排专人旁站监督。

沟槽回填也是需要重点关注的环节。管顶 50cm 范围内必须人工分层回填，每层厚度不超过 20cm，采用小型振动夯压实。回填土密实度用环刀法检测，每 50m 测 1 组，要求达到设计值的 93% 以上。第二施工区宁江社区有段回填，第一次检测密实度只有 87%，经排查原因，回填土含水率偏高。翻晒处理之后重新碾压，复测才合格。

##### 3.2.3 样板先行与通病防治

项目部推了个“样板先行”制度。每个施工区干完第一个施工段，质检部门进行全面检查，形成样板段质量记录，后面的施工段就照着这个标准来。灶前不锈钢波纹软管安装就是个典型——首段装完发现部分住户的软管弯曲半径太小，不合规范。怎么办？专门做了个弯曲半径限位卡具，发到每个班组统一使用，后面装出来的质量果然好多了。

另外笔者组织编写了一份《典型质量通病防治表》，把焊接气孔、防腐层破损、管道接口渗漏、回填密实度不足、波纹管安装不规范等 7 类常见问题全列进去了，每类问题都写明原因、预防措施和检查方法。这表打印出来发到每个班组，班前教育时一条一条地讲。从笔者的经验来

看,这种“基础方法”有时候在实际管理中往往比理论框架更具实效。

### 3.3 安全管理体系与风险管控

#### 3.3.1 安全管理体系

安全第一,预防为主,综合治理——这十二字方针须切实贯彻。项目部设了安全环保部,配专职安全管理人员。安全管理目标也量化了:杜绝重伤及以上责任事故,轻伤频率控制在2‰以下,不发生职业健康伤害和职业病。体系层面建了14项制度,涵盖安全生产责任制、安全教育培训、安全检查、隐患排查治理、危险源管控、特种设备管理、消防安全管理等方方面面。

#### 3.3.2 危险源辨识与分级管控

开工前开展了全员参与的危险源辨识。高处坠落、物体打击、坍塌、触电、燃气泄漏爆炸、中毒窒息——逐一辨识主要风险。然后分级管控:重大风险项目总工牵头出专项方案并组织专家论证;较大风险安全环保部编制管控措施并监督落实;一般风险由施工区段负责人在日常管理中加以控制。

立管高空作业和燃气管道气压试验,被列为本项目的重点危大工程。立管施工用的是吊篮方案——安装前编专项施工方案,安装完了还得第三方检测机构验收合格才能用。每日作业前,专职安全员须检查安全锁、限位装置、钢丝绳磨损情况,检查记录存档。燃气管道强度试验采用气压试验,试验前划警戒区、专人值守,升压过程分级缓慢进行,稳压时间不少于30min。黄勇等对城市地下管线施工安全风险评估与管控方法进行了系统论述。

#### 3.3.3 安全检查与隐患排查

实行“日巡查、周检查、月大查”的隐患排查机制。专职安全员每天对施工路段巡查不少于4次,重点检查临边防护、用电安全、个人防护用品佩戴。项目部每周组织一次综合安全检查,项目经理或副经理带队,覆盖全部施工区域。查出的问题录入隐患台账,定责任人定整改期限,整改完成后由安全环保部复查销号。

临时用电管理这块,现场用的是TN-S三相五线制供电系统,三级配电两级保护。开关箱漏电保护器动作电流不大于30mA、动作时间不超过0.1s。配电箱每周查一次,接地电阻每三个月测一次。照明线路跟动力线路分开设置,低于2.5m的部位一律用安全电压。

### 3.4 环境保护与文明施工

#### 3.4.1 扬尘与噪声控制

扬尘控制采用综合措施:土方开挖阶段裸露土方和临时堆土全部盖防尘网;干燥天气时每天洒两次水;出场车

辆必须冲洗干净才能上路。噪声控制呢,优先选低噪声设备,破碎作业只安排在上午8:00~12:00和下午14:00~18:00两个时段,午休和夜间严格禁止。离居民楼近的工段,还设了移动式隔声屏障。

客观而言,环境保护工作面临较大挑战。施工场地有限,工序繁多,完全消除对周边居民的影响难以实现。项目部采取各项措施将影响降至最低,这也是对周边居民的尊重。李国胜对老城区管网改造工程中的环境保护措施进行了专门探讨。

#### 3.4.2 施工废弃物管理

拆下来的旧管道、废弃混凝土块,按类别分拣。能回收利用的,例如铸铁管、钢材——集中堆放后外售处理。不能回收的,委托有资质的运输单位运送至指定消纳场。施工弃土优先用于本项目回填,多余的及时外运,不在现场长期堆放。各类废弃物建立台账,产生量、去向、处置方式——记录清楚。

#### 3.4.3 文明施工标准化

施工现场封闭管理,作业区域用标准化围挡隔离,高度不低于1.8m,连续设置。材料堆放区划了明确界限,各类管材、配件分类码放并挂牌标识。安全警示标志和导向标志按要求设置齐全,夜间设置警示灯。施工结束后的路面恢复——混凝土路面9715m<sup>2</sup>、沥青混凝土路面1473m<sup>2</sup>、人行道11188m<sup>2</sup>——均按时完成。

项目部还建了一套文明施工考核机制。每个月给各施工区打分,打分内容包括场容场貌、材料堆放、标识标牌、环境卫生四个方面,分数跟班组计酬直接挂钩。该制度实施后效果显著——施工中后期现场面貌就有了明显改观。

### 3.5 交通组织与外部协调

#### 3.5.1 交通疏导方案

城区施工,道路不可能全封。项目部专门成立了交通疏导管理领导小组,项目经理当组长,在当地交通行政执法部门指导下开展工作。配了12名交通协勤人员,三班倒24小时值守,通讯保持畅通。施工路段设置了交通引导标志、限速标志和减速带,车辆高峰时段暂停材料装卸。

沟槽开挖采取分段施工、及时回填的策略——单次开挖长度控制在30~50m,管道安装检验合格后立刻回填恢复路面,尽量减少占路时间。确实需要长时间占道的部位,铺设钢板做临时通行路面,保证车辆基本通行。

#### 3.5.2 多方协调机制

管网改造涉及的产权单位和利益相关方众多。供水、供电、通信——每一家都有自己的管线在地下。项目部建了定期协调机制,主动与各产权单位对接,提前摸清既有

管线走向, 施工时请产权单位派专人到场监护。

社区居委会那边也建立了联络制度。施工前 3 天在小区公告栏贴施工告示, 写清楚施工内容、工期和注意事项, 留一个居民投诉受理电话。居民反映的问题, 24h 内给答复并采取措施。

入户施工阶段(灶前软管更换及燃气表更换)需由社区网格员协助逐户通知并预约上门时间。对于白天无人在家的住户, 则利用傍晚及周末时段安排施工。入户施工完成后, 由住户在确认单上签字, 作为质量验收的依据之一。实践表明, 上述流程虽较为繁琐, 但能够有效减少纠纷与返工现象。

## 4 实施效果

### 4.1 质量管理成效

截至项目主体结构施工阶段, 各施工区管道安装质量总体受控。燃气管道焊缝一次合格率 97.3%, PE 管道电熔接头检测合格率 98.1%。管道防腐层厚度检测合格率 99.2%, 沟槽回填密实度检测合格率 96.8%。入户改造的 12000 根灶前波纹软管装完以后做气密性抽查, 结果全部合格。项目 QC 小组活动成果获得省部级奖项 2 项, 开工初定的质量管理目标均已实现。

### 4.2 安全管理成效

项目开工以来, 累计开展 32 次安全教育培训, 培训 680 人次。专职安全员巡查发现问题 427 项, 整改完成率 100%。没有发生重伤及以上安全责任事故, 轻伤事故频率控制在 1.2‰, 低于 2‰ 的目标值。交通事故和职业健康伤害事件为零。燃气泄漏事故应急演练组织了 2 次, 参演人员覆盖了全部施工班组。

### 4.3 环境保护与文明施工成效

施工期间未发生环境污染事件, 亦未收到市级以上主管部门的通报批评。在扬尘控制方面, 施工区域边界 PM10 浓度均值控制在  $0.6\text{mg}/\text{m}^3$  以内, 达到地方排放标准要求。噪声监测结果显示, 敏感点昼间等效声级  $\text{Leq} \leq 65\text{dB}$ , 夜间等效声级  $\text{Leq} \leq 50\text{dB}$ , 均符合相关标准限值。

居民投诉量的变化更能说明问题: 施工初期月均 15 件, 到后期降到了月均 3 件, 投诉处理满意率 96%。这个数字的下降, 得益于前述各项降噪降尘措施及时的居民沟通。

### 4.4 进度管控成效

分区施工、流水作业的组织方式效果比较明显。4 个施工区按照部署顺序有序推进, 管道铺设遵循“先立管后庭院”的顺序, 减少了施工干扰。各里程碑节点实际完成情况跟计划偏差基本控制在 5 天以内, 没出现因管理原因

造成的工期延误。

雨季(5~9 月)施工难度最大。项目部把土方作业集中安排在降雨间歇期集中完成, 管道安装和焊接搭设临时防雨棚继续施工。从笔者的经验来看, 雨季施工的关键在于灵活利用施工窗口——天气好的时候集中力量突击, 下雨了就转室内作业或者做准备工作, 须灵活应对。

## 5 结语

巫山县项目实施过程中, 笔者总结出以下几点体会。第一, 施工组织必须因地制宜。山地城市的空间条件跟平原城市完全不一样, 分区划片、动态调整是切合实际的管理策略, 大面积同步开挖易导致管理失控。第二, 质量管理的关键在于抓住焊接、防腐、回填这几个关键工序。样板先行、通病防治这些制度虽看似平常但实际效果显著。第三, 安全管理上, 高空作业、气压试验这类高风险环节必须单独出方案、单独管控, 不可与常规工序混合管理。第四, 环保和文明施工并非面子工程——它直接关系到居民的态度, 而居民的态度又直接影响施工能不能顺利推进。第五, 外部协调这件事得靠机制来保障, 跟产权单位、跟社区居委会的沟通不可依赖临时应对, 须建立常态化机制。

项目实施过程中亦存在若干待改进之处。部分施工班组质量意识提升较为迟缓, 材料供应与施工进度之间偶有衔接不畅的情况。上述问题的解决难以一蹴而就, 需在后续项目中持续探索改进路径。

总的来看, 随着信息化管理手段的逐步引入和精细化管理理念的深化, 笔者相信城市管网改造工程的现场管理水平有望进一步提升。但无论技术手段如何发展, 现场管理的核心始终在于人员——管理者的专业判断与一线施工人员的技能水平和责任意识缺一不可。这是工程实践中反复验证的结论。

## [参考文献]

- [1]住房和城乡建设部.城镇燃气设计规范:GB 50028—2020[S].北京:中国建筑工业出版社,2020:2-3.
- [2]住房和城乡建设部.城镇燃气输配工程施工及验收标准:GB/T 51455—2023[S].北京:中国建筑工业出版社,2023:1-2.
- [3]住房和城乡建设部.给水排水管道工程施工及验收规范:GB 50268—2008[S].北京:中国建筑工业出版社,2008:2-3.
- [4]住房和城乡建设部.城市工程管线综合规划规范:GB 50289—2016[S].北京:中国建筑工业出版社,2016:3-4.
- [5]王强,李建华.城市老旧燃气管网改造工程的质量控制要点分析[J].煤气与热力,2022,42(8):45-49.

- [6]陈志刚.山地城市市政管网施工中的交通组织与安全管理研究[J].市政技术,2023,41(3):78-82.
- [7]刘伟,赵军.基于 BIM 技术的地下管网施工管理应用研究[J].施工技术,2021,50(15):93-97.
- [8]张晓明,周立.城镇燃气管道老化更新改造技术与管理实践[J].天然气工业,2023,43(5):126-132.
- [9]李国胜.老城区管网改造工程中的环境保护措施探讨[J].环境工程,2022,40(1):289-293.
- [10]吴建平.市政管网工程多专业交叉施工组织与管理方法[J].建筑技术,2021,52(11):1382-1385.
- [11]住房和城乡建设部.聚乙烯燃气管道工程技术标准:CJJ 63—2018[S].北京:中国建筑工业出版社,2018:2-3.
- [12]黄勇,马晓东.城市地下管线施工安全风险评估与管控[J].中国安全科学学报,2022,32(6):105-111.
- [13]赵明华.既有建筑改造项目中施工现场文明施工管理研究[J].工程管理学报,2023,37(2):89-93.
- [14]孙涛,何勇.基于网格化模式的市政工程施工安全管理实践[J].安全与环境工程,2022,29(4):156-161.
- [15]住房和城乡建设部.城镇燃气设施运行、维护和抢修安全技术规程:CJJ 51—2016[S].北京:中国建筑工业出版社,2016:3-4.
- [16]杨建平,陈华.山区城市给水管网改造关键技术与质量控制[J].给水排水,2023,49(7):67-72.

作者简介:姓名:胡健(1978—),男,汉族,安徽歙县人,工程师,本科,西安交通大学建筑工程专业毕业,技术总工。