

城市地下管网改造工程施工阶段造价控制研究

胡 健

重庆北新融建建设工程有限公司，重庆 400000

[摘要]山地城市老旧管网改造工程因其地下环境复杂、多专业协同难度高、设计变更频繁等特点，施工阶段的造价管控面临显著挑战。笔者以巫山县 2024 年地下城市管网及设施项目为研究对象，在主持该项目造价管理工作的实践中，针对合同金额 19679.84 万元、涵盖燃气与给水及排水三大专业、涉及 4 个片区 9 个社区的综合性管网改造工程，围绕材料成本控制、施工方案优化、劳动力动态调配、工期成本联动管控、变更签证管理及机械设备配置六条核心主线，系统梳理并实施了相应的造价控制措施。实践结果表明：通过集中采购配合限额领料制度，材料费用降低了 4.7%；施工方案优化节省临时设施费约 180 万元；人工费下降 3.2%。竣工结算数据显示，实际总成本较合同额节约 5.67%，节约金额逾 1100 万元。

[关键词]地下管网改造；施工阶段；造价控制；成本管理；材料集采

DOI: 10.33142/sca.v9i8.20204

中图分类号: TU723.3

文献标识码: A

Research on Cost Control during the Construction Phase of Urban Underground Pipe Network Renovation Project

HU Jian

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

Abstract: The renovation project of old pipeline networks in mountainous cities faces significant challenges in cost control during the construction phase due to its complex underground environment, high difficulty in multi-disciplinary collaboration, and frequent design changes. The author takes the 2024 underground urban pipeline network and facilities project in Wushan County as the research object. In the practice of leading the cost management work of the project, corresponding cost control measures were systematically sorted out and implemented for the comprehensive pipeline network renovation project with a contract amount of 196.7984 million yuan, covering three major specialties of gas, water supply and drainage, and involving nine communities in four areas, focusing on six core themes: material cost control, construction plan optimization, dynamic labor allocation, linkage control of project duration and cost, change visa management, and mechanical equipment configuration. The practical results show that through centralized procurement and limited material requisition system, material costs have been reduced by 4.7%; Optimizing the construction plan saves about 1.8 million yuan in temporary facility costs; Labor costs decreased by 3.2%. According to the completion settlement data, the actual total cost was saved by 5.67% compared to the contract amount, with a savings amount exceeding 11 million Yuan.

Keywords: underground pipeline network renovation; construction phase; cost control; cost management; material centralized procurement

城市地下管网作为维系城市正常运转的基础性市政工程，承担着燃气输送、给排水、排污等关键功能。随着城镇化进程的持续推进，老城区早期敷设的管道设施普遍进入老化高发期，管道锈蚀渗漏、排水淤堵溢出等问题日益突出，对居民生活安全和城市运行效率构成威胁。2024 年，国务院将城市燃气管道老化更新改造纳入年度重点任务，各省市密集启动相关工程项目，单体投资规模普遍达到数亿元乃至数十亿元，且施工环境日趋复杂。从工程造

价管理的全周期视角审视，设计阶段虽可确定约 70%~80%的造价水平，但施工阶段作为资金投入最为集中的环节，其不确定因素密集、变更签证量大，实际造价偏离预算的风险始终处于高位。

通过对已有文献的梳理可以发现，当前学术界对市政管网工程造价控制的研究重心偏向设计阶段的限额管理以及招投标阶段的清单编制，针对施工阶段成本控制实务的系统研究则相对不足。刘全等探讨了市政工程施工进度

与成本的协同优化方法；张建平评估了 BIM 技术在管网工程降本中的应用效果；李强聚焦于燃气管道老化改造项目的造价管理要点；赵红梅则围绕老旧小区给排水管网施工提出了造价控制策略。然而，对于山地城市这一特定场景——地形高差显著、既有管线错综复杂、施工作业面受限——基于项目管理实务的造价控制系统性研究成果仍较为匮乏。

基于此，笔者依托巫山县 2024 年地下城市管网及设施项目，以造价管理负责人的身份全程参与项目实施，在管理实践中持续总结并形成了一套较为系统的造价控制方法。该项目合同金额接近 2 亿元，燃气、给水、排水三个专业同步推进，4 个片区 9 个社区全面展开施工，集中体现了山地城市管网改造工程的典型难点。以下从六个维度分别阐述具体的控制措施及其实际效果。

1 项目概况与造价难点

1.1 项目基本情况

巫山县 2024 年地下城市管网及设施项目地处重庆市巫山县城，改造范围覆盖翠屏、飞凤、圣泉、宁江、登龙、起云、秀峰、神女、上升共 9 个社区。工程建设内容划分为燃气改造、排水改造、给水改造三大板块，合同工期 365 天，合同金额 19679.8437 万元。

各专业的工程量构成如下：燃气工程包括低压庭院 PE 管（De63~De110，SDR11）8000m、低压立管（无缝钢管 DN25~DN50）2000m、灶前不锈钢波纹管（DN15，长度≤2m）12000 根、燃气阀门 200 个、燃气计量表 12000 块。排水工程涵盖污水管道 1582m、雨水管道 60172m、检查井 354 座、空调水管 55474m，以及相应的拆除恢复工程。给水工程涉及 DN100 管道 217m、DN50 管道 2970m、阀门井 7 座。

土石方工程方面，排水部分开挖量约 24407m³，回填量约 20094m³，给水部分开挖量约 5300m³，回填量约 4770m³。路面恢复工程量为：混凝土路面破除及恢复 9715m²，沥青混凝土路面恢复 1473m²，人行道拆除及恢复 11188m²（给水部分另计 162m²）。上述工程量规模表明该项目管理协调的复杂程度较高。

1.2 造价管控难在哪

（1）多专业交叉施工，费用归集口径复杂。该项目燃气、给水、排水三个专业并行实施，各专业在施工工艺、材料体系及定额适用标准上存在显著差异。燃气工程涉及 PE 管热熔焊接、钢管防腐处理及牺牲阳极阴极保护等专项工艺；排水工程以 HDPE 双壁波纹管和钢筋混凝土管敷设为主；给水工程则须完成水压试验和冲洗消毒程序。

周明辉曾对多专业交叉施工项目的费用构成问题展开讨论，笔者在本项目中对此亦有深切体会——仅完成三个专业费用明细的分类梳理与归集，造价组即投入了近一个月时间。

（2）城区施工条件受限，间接费用比例偏高。施工区域处于城区核心地带，可用场地十分局促，挖掘机、吊车等大型设备进不去，不少工序只能拿小型机具甚至人工作业。交通方面也得考虑——施工期间居民出行不能断，临时便道、围挡和警示标志这些投入省不掉。初步算下来，本项目间接费用（临时设施费、安全文明施工费、交通组织费等加在一起）占直接费的 18%~22%，而一般市政工程这个比例通常在 12%~15%，本项目高出了一截。

（3）地下障碍物密集，变更签证规模超出预期。老城区地下管线的竣工图纸与实际对不上情况太多了。本项目开挖后，图纸上没标的管线、废弃多年的基础不断冒出来，路由只能改，沟槽也得跟着加深加宽。到最后统计，施工期间变更签证办了 260 多份，涉及金额约 1200 万元。林敏等的实证研究也表明，工程量变更是市政工程造价偏离的主要驱动因素。

（4）地质条件空间差异明显，措施费用波动幅度大。巫山城区地形起伏本来就大，9 个社区的地质状况各不相同。笔者在现场看到，宁江社区某些地段挖下去就是岩石层，只能上机械破碎甚至爆破；而翠屏社区那边主要是松软填土，放坡系数不加大沟槽壁就稳不住。据现场技术人员记录的数据，不同片区土石方开挖单价从 45 元/m 到 120 元/m 不等，差距接近三倍。这种地质上的差异，直接拉高了措施费用的不确定性。

2 施工阶段造价控制的核心难题

2.1 多片区同步施工的资源配置矛盾

四个片区同时开工，各配一个施工班组。但各区段地质不同、居民态度不同、受天气影响的程度也不同，进度很难同步。窝工和赶工并存的情况几乎天天都在上演。举个例子，飞凤片区有段路因为几户居民不同意管道从自家房屋基础旁边通过，现场被迫停了三四天；同一时期秀峰片区却因为要在雨季前抢出主管沟槽，急需增派人手。人调不过去，窝工就产生了。据施工前期的统计，仅调配不当造成的窝工损失就占到了人工费总额的 2.3% 左右。

2.2 材料品种繁多与价格波动风险

该项目涉及的材料品种超过千种。管材就有 PE 管（De63~De110 多种规格）、无缝钢管（DN25~DN50）、HDPE 双壁波纹管、钢筋混凝土排水管、球墨铸铁给水管等。再加上阀门、检查井盖、雨水口、灶前软管、燃气计

量表、调压箱一类的配套器件，光是做价格调查、建供应商清单，就花了采购组相当长的时间。何伟也提到过类似的管控困境。

更麻烦的是材料价格一直在动。整个项目施工周期12个月，PE管材涨了8%~12%，无缝钢管涨了6%~9%。材料费占工程总造价的55%~60%，这些涨幅直接反映在最终结算上，对造价的影响很直接。

3 造价控制的具体做法

3.1 材料成本：集中采购、限额领料与损耗管控

3.1.1 集中采购提升议价能力

面对品种多、批量大的材料需求，分散采购显然不利于价格控制。项目部采取的应对策略是：将PE管材、无缝钢管、波纹管等主要管材及阀门、计量表等大宗配件纳入统一招标范围，实行分批供货。集采模式扩大了采购规模，显著增强了议价主动权。实施结果显示，PE管材集采单价较各片区分别采购降低6.2%，无缝钢管降低4.8%，HDPE双壁波纹管降低5.1%。单根管材价差的降低幅度看似有限，但乘以数万米的总工程量后，节约金额相当可观。

在供应商管理方面，项目部对主要材料维持至少3家合格供应商的竞争格局，每季度从供货质量、交货及时性、售后服务三个维度进行综合考评，执行末位淘汰机制。对于特殊规格材料——如宁江社区岩石段所需的加强级防腐钢管——则需提前与供应商签订锁价协议，以规避施工周期内的价格波动风险。

3.1.2 限额领料控制材料损耗

限额领料这件事，说白了不算新鲜，可到了工地上，执行得好与坏差别很大。笔者在这个项目上的做法是，先把施工图预算里各分部工程的材料消耗量算出来，加上合理的损耗率，定出每个班组的领料上限。领料由施工员开单，超出的部分要走额外审批——项目经理签字，还得写清楚为什么超了。

管材损耗是盯得最紧的一块。PE管热熔焊接损耗控制在2%以内（定额给的是3%），无缝钢管切割损耗1.5%（定额2%），检查井砌筑砂浆控到3%（定额5%）。为什么能做到比定额低？说白了不是制度本身有多复杂，而是现场有人每天盯着，焊接产生的废料要过秤记录，这些数据跟班组的绩效直接挂钩。超耗扣绩效、节约有奖励，大家心里有数，执行起来就比较到位。最终统计下来，主要管材实际消耗量比预算节约了3.5%，按合同管材总价折算，省了大约280万元。

周转材料的跨区调配也起了作用。四个片区的沟槽开挖用的钢板桩和模板是循环着用的，这个片区用完了转到

下一个片区，采购量自然就下来了。废弃的短节管材也没当废料扔掉，而是切割加工后拿来接支管口、做临时封堵。这些细节管理单项看金额不大，攒在一起效果还行。

3.2 施工方案优化——从源头压缩造价

（1）取消自建拌合站。本项目混凝土用量不小——检查井浇筑、路面恢复基层都得用——但项目部没有自建拌合站。为什么？因为巫山县城本身就有商品混凝土拌合站，产能充足，而且运距都在15km以内。全部外购商品混凝土，光建设费这一项就省了约85万元（包括场地平整、设备安装、环保设施的费用）。再加上不用派人专门看管维护，综合节约额约120万元。

（2）施工部署的空间优化。四个片区划为独立施工区段，每段由一个班组逐段推进。笔者在编制施工组织设计时，定了一个思路：平面分区、立面分段、流水作业、立体穿插。这样安排之后，机械设备在片区之间的转场次数减少了约32次，光转场费就省了约45万元。

（3）利用城区既有住房替代自建营地。施工区域都在城区，交通也方便，项目部没有建施工营地，而是就近租了民房当办公和生活用房。临时办公区400~800m²，生活区300~500m²，一年租金约36万元。如果自建彩钢板房呢？建设费要68万元左右，竣工后拆除加场地恢复还得12万元，两项加起来80万元。两相对比，租房省了44万元。这种方案比选谈不上什么技术含量，但省下的钱是实实在在的。

3.3 劳动力的动态调配策略

本项目劳动力组织采用“基本队伍加弹性调配”的运行模式。四个施工班组构成人员基本盘，其中管道安装工80~100人、焊工10~15人的核心技术力量保持稳定，管理人员及辅助工种则根据各区段进度需求进行动态流转。

项目部建立了劳动力日报制度，逐日统计各班组的出勤人数、完成工程量及有效工时。每周生产调度会上，通过对比各片区进度偏差来调整下一周期的人员配置方案。举个实际发生的例子：某周飞凤片区连续两天因降雨无法开挖，这两天该片区工人就被调往翠屏片区协助管道敷设。这样，无效等待时间被压到了最低。

在用工形式上，管道焊接、PE管热熔连接这类技术要求高的活儿由自有技术工人干；土石方开挖、管道回填和路面破除恢复这些体力活走劳务分包，按完成量结算。这么做的直接好处是，窝工期不用养那么多闲置工人。综合下来，实际人工费较预算降低了3.2%，节约约185万元。黄志强等提出的挣值法在市政管网工程成本控制中的应用框架，在本项目的劳动力管理实践中得到了部分验证。

3.4 工期与造价的联动管控

干过工程的人都知道，工期和造价相互牵制：工期一拉长，管理费、设备租赁费、临设摊销费这些固定开支就多花；反过来赶工也不行，加班费上去了，机械超负荷运转，安全事故风险也跟着上升。项目部在工期安排上定了一个原则——留有余地。

合同工期 365 天，项目部编制内部进度计划时，关键线路上的节点工期控制在合同工期的 85%~90%，等于预留了 10%~15%的时间应对意外情况。这种做法表面上看有点“保守”，但实际效果是赶工导致的额外支出被压了下来。

施工时段的合理安排也很关键。巫山地区年均降水量 1200mm，70%集中在 5~9 月。雨季干活的效率掉得厉害——沟槽开挖效率下降约 40%，管道安装效率下降约 30%，还得额外投入排水和安全防护费用。所以项目部把土石方开挖和管道敷设集中排在旱季（10 月至次年 4 月），雨季转入户内立管安装、灶前软管更换等不怎么受天气影响的工序。通过这个时段优化，减少雨季施工损失约 65 万元。

关键工序的质量管控方面，燃气管道强度试验和排水管道闭水试验都安排专人全程跟踪，确保各项前置条件就绪后一次性通过验收。返工一次就是试验费、人工费、材料费合计 3~5 万元的额外支出。本项目一次验收合格率维持在 98.6%，返工损失得到了有效控制。

3.5 变更签证的规范化管理

对于管网改造工程而言，变更签证是施工阶段造价管理的关键环节。本项目累计产生 260 余份变更签证，涉及金额约 1200 万元。项目部建立了较为完善的变更签证管理制度，以下梳理其中若干具有参考价值的做法。

第一，建立变更预警机制。施工前对各片区地下管线进行详细探测，结合历史资料研判高风险区段并提前编制应急预案，由经验丰富的人员负责高风险段的现场管控。

第二，确保签证时效。所有变更事项须在 48h 内完成现场签认——建设单位代表、监理及设计三方共同签字确认。涉及工程量增减的变更，要求当场完成测量、记录和签署，以杜绝事后补办带来的举证困难。

第三，推行计价标准化。项目部编制了变更费用计算模板，其中土石方变更按实际开挖断面计量，路面恢复按实际破除面积计量，管道路由变更按新路由实际长度计量。计价方法的统一有效减少了与建设单位在费用核定方面的分歧。

第四，合理争取合法权益。对于建设单位提出的提高标准类变更——如将普通井盖替换为球墨铸铁防盗井盖、

扩大路面恢复面积等——项目部严格依据合同计价原则进行费用核算。因建设单位原因（临时调整施工顺序、扩大施工范围等）导致的额外费用，及时办理现场签证。据现场技术人员反馈，变更费用核算标准化实施后，与建设单位的争议处理周期平均缩短约 40%。

3.6 机械设备的差异化配置策略

本项目在设备配置上采取“大型设备租赁、专用机具自有”的差异化策略。挖掘机、装载机等大型土方设备通过租赁方式获取；热熔焊机、电焊机、探伤仪等专用机具则由项目部自有。

设备租赁管理中，项目部坚持以任务量为依据确定租赁周期，而非采用按月租赁的方式。具体而言，挖掘机根据各施工段的土石方量精确计算所需使用时间，按台班结算费用。同时通过合理编排开挖顺序，使同一台设备在相邻片区之间实现连续作业，减少进出场次数。上述措施使机械使用费较预算降低了约 4.1%。

自有设备管理方面，项目部建立了设备台账并制定了定期保养计划，每月按时执行保养作业。设备完好率始终保持在 95%以上，项目执行期间自有设备故障停机累计不超过 72h，远低于同类工程 200h 以上的平均水平。陈志刚等在分析山地城市燃气管道改造工程施工难点时，将设备故障列为影响施工连续性的主要因素之一，笔者在本项目管理中的经验与此判断相吻合。

4 造价控制效果分析

4.1 造价构成及成本对比分析

竣工后，项目部对实际发生的各项费用进行了逐项统计，并与合同预算进行了对比分析。从造价构成比例来看，材料费在实际总成本中占比最高，达 56.8%；人工费居次，占 27.3%；机械使用费占 7.6%；间接费用（含管理费、安全文明施工费及临时设施费等）占 8.3%。

综合各项费用数据，本项目实际总成本较合同预算节约约 1116 万元，节约率 5.67%。各项费用的节约情况详见表 1。

表 1 项目造价构成及成本对比分析

费用项目	合同预算/ 万元	实际成本/ 万元	节约金额/万元	节约比例/%
材料费	11 218.43	10 691.16	527.27	4.70
人工费	5 766.19	5 581.57	184.62	3.20
机械使用费	1 574.39	1 509.84	64.55	4.10
间接费用	1 825.06	1 674.80	150.26	8.23
变更签证(净增)	—	1 094.40	—	—
合计	19 679.84	18 563.97	1 115.87	5.67

从表 1 来看,各项费用的节约情况值得具体分析。材料费节约金额最大,达到 527.27 万元,这一结果与集中采购和限额领料制度的执行力度直接相关。间接费用节约比例排在前面,达到 8.23%,主要是施工部署优化和临设方案调整起了作用。变更签证这块,虽然带来了约 1094.40 万元的净增费用,但由于签证管理流程比较规范,这部分增量费用实现了合理计取,并没有造成额外损失。换一个角度看,当变更签证管理做到位了,那些看似增加了的工程量反而变成了合理收入——这其实是造价管控追求的一种比较理想的状态。

4.2 材料集中采购效果

表 2 列示了主要材料集采价格与市场均价的对比情况。

表 2 主要材料集中采购价格对比

材料名称	规格型号	市场均价/元	集采价格/元	降幅/%
PE 管材	De110,SDR11	68.5/m	64.3/m	6.13
PE 管材	De63,SDR11	28.2/m	26.5/m	6.03
无缝钢管	DN50	85.6/m	81.5/m	4.79
无缝钢管	DN25	48.3/m	46.1/m	4.55
HDPE 双壁波纹管	DN300	126.8/m	120.3/m	5.13
不锈钢波纹软管	DN15,L=2m	32.5/根	30.8/根	5.23
燃气计量表	G2.5	185.0/块	176.2/块	4.76

从表 2 的数据来看,集采价格低于市场均价是普遍现象,降幅在 4.55%~6.13%这个区间。PE 管材降幅靠前,跟它采购量大、供应商之间竞相压价有关。不锈钢波纹软管和燃气计量表则是因为规格标准统一,议价空间相对明确,效果也还不错。把各个品种的节约金额加总,采购环节节约约 420 万元,再算上限额领料减少的损耗(大约 107 万元),材料成本总共节约了约 527 万元。

5 结语

回顾本项目的造价管控实践,以下几点经验具有一定的借鉴意义。

造价控制必须与进度控制和质量控制协同推进。片面追求成本压缩而忽视质量管控,或者因工期延误导致管理费用激增,最终都会造成更大的经济损失。笔者在项目推进过程中曾观察到,个别施工标段为降低成本而采用低于设计等级的管材,结果验收不合格导致返工,实际支出反而超出原预算,得不偿失。

前期调查与方案论证的充分程度直接决定了施工阶段变更的数量级。这个认识不算新,但在实际操作中真正做到位的项目并不多见。本项目初期对部分区段的地下障碍物预判不够充分,导致后续施工变更较为被动,这方面的教训同样值得记录。

造价管控并非造价部门的专属职责,而是贯穿项目管理全链条的系统工程。技术人员在方案选择阶段的决策、材料员在采购比价环节的判断、施工员在现场签证过程中的记录,每一个节点都在不同程度上影响着成本走向。项目部推行的“全员成本意识”专项活动取得了超出预期的效果,各部门的成本敏感度显著提升。

成本数据的动态跟踪与及时分析是精细化管理的基础支撑。“干前有预算、干中有核算、干后有决算”的闭环管理机制一旦落实到位,精细化管控便不再停留于理念层面。本项目建立了较为系统的成本核算体系,每周编制成本简报,每月召开成本分析会,发现偏差即启动纠偏程序。

当然,本项目在造价管控方面也存在若干不足之处。例如部分片区的材料进场计划与施工进度衔接不够紧密,曾出现少量材料积压现象;施工初期对各区段地质条件的差异估计不够充分,导致个别片区措施费出现超支。上述问题在此如实记录,以供今后类似工程参考。

[参考文献]

- [1]住房和城乡建设部,国家质量监督检验检疫总局.建设工程工程量清单计价规范:GB 50500-2013[S].北京:中国计划出版社,2013:1-2.
- [2]住房和城乡建设部.市政工程工程量计算规范:GB 50857-2013[S].北京:中国计划出版社,2013:4-5.
- [3]中国建设工程造价管理协会.建设项目全过程造价咨询规程:T/CCEAS 002-2017[S].北京:中国计划出版社,2017:2-3
- [4]尹贻林,柯洪.工程造价管理[M].天津:天津大学出版社,2019.
- [5]王雪青.工程经济学[M].北京:中国建筑工业出版社,2020.
- [6]刘全,刘亚臣.市政工程施工项目管理与造价控制[J].市政技术,2021,39(4):168-172.
- [7]李强.城市燃气管道老化更新改造工程造价管理要点[J].煤气与热力,2023,43(7):52-56.
- [8]张建平,陈建.基于 BIM 的市政管网工程造价控制方法研究[J].土木工程学报,2022,55(1):289-296.
- [9]赵红梅.城市老旧小区改造项目中给排水管网施工的造价控制[J].给水排水,2022,48(1):345-348.
- [10]周明辉.市政道路地下管网综合改造工程施工技术与管理[J].施工技术,2023,52(8):98-103.
- [11]孙卫东.城市地下综合管网工程施工质量控制与管理[J].工程质量,2021,39(11):72-76.
- [12]陈志刚,王磊.山地城市燃气管道改造工程施难点与

对策[J].天然气工业,2022,42(5):136-141.

[13]何伟.市政管网工程材料成本管控方法与实践[J].建筑经济,2023,44(3):86-90.

[14]吴建华.城市更新背景下老旧管网改造工程造价管理研究[D].重庆:重庆大学,2022.

[15]黄志强,廖建华.基于挣值法的市政管网工程施工成本控制[J].工程管理学报,2021,35(6):115-120.

[16]中华人民共和国住房和城乡建设部.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.

[17]中华人民共和国住房和城乡建设部.室外排水设计标准:GB 50014-2021[S].北京:中国计划出版社,2021:3-4.

[18]林敏,杨帆.工程量变更对市政工程造价影响的实证分析[J].重庆建筑大学学报,2020,42(3):107-113.

作者简介: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。