

文章编号: 1671-6612 (2026) 01-116-06

# 轨道交通换乘站 共享冷源水系统改造方案比选研究

王 已

(贵阳市公共交通投资运营集团有限公司 贵阳 550000)

**【摘要】** 针对轨道交通换乘车站共享冷源系统在后续线路建设中因前期预留条件不足导致的功能性问题,以某市轨道交通3号线某车站为例,系统分析现有冷源系统的设计缺陷及实施难点。通过对比四种改造方案(包括管径调整、水泵更换、管线路径优化及接力水泵增设等)的施工可行性、技术难度及经济成本,结合水力计算与现场验证,研究比选表明,方案二(管径路径优化与局部管径调整)为最优解,其通过利用换乘通道优化路径、扩大关键管径,在不更换水泵和主体结构的前提下,以最低成本将系统阻力降至允许范围,为类似换乘车站冷源系统的预留设计及改造提供了技术参考与实践依据。

**【关键词】** 轨道交通; 换乘车站; 共享冷源; 管线布置; 水力分析; 经济性分析  
中图分类号 TU831.5 文献标志码 B

## Comparative Study on Retrofit Schemes for Shared Cooling Source Water System in Rail Transit Transfer Stations

Wang Yi

(Guiyang Public Transportation Investment and Operation Group Co., Ltd, Guiyang, 550000)

**【Abstract】** To address the functional deficiencies in the shared cooling source system of rail transit transfer stations caused by insufficient preliminary reserved conditions during subsequent line expansions, this paper takes a station on Metro Line 3 of a certain city as a case study. It systematically analyzes design flaws and implementation challenges of the existing cooling source system. By comparing four retrofit schemes-including pipe diameter adjustment, pump replacement, pipeline route optimization, and relay pump installation-in terms of construction feasibility, technical complexity, and economic costs, and integrating hydraulic calculations with on-site validation, the comparative study shows that Option 2 (optimizing pipeline route with partial pipe diameter adjustment) is the optimal solution. By leveraging the transfer passageway to optimize the route and enlarging key pipe diameters, this option reduces the system resistance to an allowable range without replacing pumps or modifying the main structure, achieving the goal at the lowest cost. This study provides technical references and practical guidance for the reserved design and retrofitting of cooling source systems in similar transfer stations.

**【Keywords】** Rail transit; Transfer station; Shared cooling source; Pipeline layout; Hydraulic analysis; Economic Analysis

## 0 引言

随着城市轨道交通网络化发展,换乘车站冷源系统共享成为优化资源配置、降低建设投资与减少城市空间占用的重要技术手段<sup>[1-3]</sup>。然而,在既有

线路与新建线路的衔接过程中,常因前期预留预埋条件不足(如管径偏小、管井缺失等),导致冷源系统无法满足新增负荷需求,甚至引发水力失调(系统流量分配不均)、设备超压(系统压力超过

设计承压值)等问题,严重制约系统效能<sup>[4-6]</sup>。现以某市轨道交通 3 号线某车站为例,系统分析现有冷源系统的设计缺陷及实施难点,提出四种改造方案,从管线布置优化、水力性能匹配及施工可行性等维度展开对比分析,旨在探索兼顾技术合理性与经济性的解决方案,为同类项目的设计优化与改造实施提供理论支撑与实践经验。

## 1 工程背景与冷源系统现状

### 1.1 共享冷源系统架构与实施

轨道交通某车站为 1、3 号线的十字换乘站,冷源水系统采用两线共享设计,由 1 号线先行实施核心设备及其范围内管线,核心设备主要包括冷水机组、冷冻水泵、冷却水泵及室外冷却塔,同时为 3 号线预留了 4 路冷冻供回水总管(2 根 DN200 公

共区总管,2 根 DN100 设备区总管),其管线路径设计为 1 号线冷水机房引出 4 路冷冻供回水总管,沿设备区走道敷设至 1 号线站厅公共区;站厅公共区将总管分为 8 路(每端 4 路,分别为设备大端(DN150\*2;DN65\*2)、设备小端(DN150\*2;DN65\*2)),分别延伸至 3 号线站厅中部预留管井接口,3 号线通过预留接口将冷冻水管接驳至车站末端水系统设备。

### 1.2 冷量匹配与设备参数

1 号线车站 A 端冷水机房内设置两台水冷螺杆式冷水机组,为 1、3 号线公共区及设备区空调系统提供 7/12℃ 冷冻水。配套设备参数详见表 1,冷水机组总制冷量(2240kW)可覆盖两线实际总负荷(2236.91kW),冷量冗余充足,参数如表 2 所示。

表 1 设备参数表

Table 1 Equipment parameters

设备	参数
冷水机组	制冷量: 1120kW; 冷水量: 192.6m <sup>3</sup> /h; 冷却水量: 118m <sup>3</sup> /h
冷冻水泵	流量: 212m <sup>3</sup> /h; 扬程: 28mH <sub>2</sub> O; 功率: 30kW
冷却水泵	流量: 253m <sup>3</sup> /h; 扬程: 22mH <sub>2</sub> O; 功率: 22kW
冷却塔	冷却水量: 230m <sup>3</sup> /h; 功率: 7.5kW

表 2 车站空调计算负荷对比表

Table 2 Comparative analysis of station HVAC load calculations

名称	1 号线计算负荷/kW	3 号线计算负荷(预留)/kW	3 号线计算负荷(实际)/kW	冷水机组总制冷量/kW
公共区	688.96	697	756	
设备区	403.3	385	388.95	2240
总计	1092.26	1072	1144.65	

## 2 问题诊断与技术挑战

### 2.1 预留管井缺失与管径设计缺陷

在 3 号线建设阶段,经现场探勘发现原设计方案中为 3 号线预留的管井未实际施工,导致 3 号线空调系统管线无法接入既有冷源系统。此外,1 号线预留的管线管径与 3 号线设计要求不匹配,如表 3 所示。

表 3 1 号线预留管线与 3 号线设计管线差异

Table 3 Comparison of reserved pipelines in line 1 and designed pipelines in line 3

区域	1 号线预留管线	3 号线设计管线
设备小端	DN150*2;DN65*2	DN150*2;DN65*2
设备大端	DN150*2;DN65*2	DN150*2;DN150*2

### 2.2 既有水泵性能及水力失调问题

基于原 1 号线管线及 3 号线最不利环路的水力计算,系统总阻力高达 1196986Pa(约 122mH<sub>2</sub>O),远超既有冷冻水泵扬程(28mH<sub>2</sub>O),1 号线预留的 DN100 设备区总管比摩阻达 678Pa/m,设备大端的设备区总管 DN65 管段比摩阻更达 4283Pa/m,远超《实用供热空调设计手册》限值(400Pa/m)<sup>[7]</sup>,若直接更换高扬程水泵,虽可缓解阻力问题,但水系统承压过高,超过设计承压值,且管内流速过高,环境噪声较大<sup>[8]</sup>。

### 2.3 施工条件与运营限制的叠加矛盾

由于 1 号线已投入运营,改造工程面临多重叠加条件的限制,一是施工窗口仅限夜间非运营时

段，日均有效施工时间大幅缩减至 4 小时，相较于常规日间连续施工（8 小时/天），有效作业时间减少高达 50%，预计将导致总工期延长一倍；二是既有设备改造需同步升级配电系统，干扰 1 号线正常运行，增加运营风险。

### 3 改造方案设计与技术路径

#### 3.1 方案一：管井开孔+管径改造+水泵升级

本方案通过楼板开孔、管径改造及水泵升级系统性解决预留管井缺失与水力失调问题。实施方案为在 1 号线站厅层三角区域（下一层板）两端各开孔 900mm×1100mm 方孔，站台层（下二层板）两端各开孔 4Φ250mm 圆孔（小里程端含 2 个 Φ200 圆孔），如图 1、2 所示。同时，将 1 号线设备大

端预留的 2 路 DN65 设备区冷冻水供回管管径改造为 DN150。改造后系统最不利环路总阻力为 486502Pa（约 49.6mH<sub>2</sub>O），考虑 1.2 的水泵扬程选型系数，需更换高效离心水泵（59.5mH<sub>2</sub>O），并同步升级配电柜与控制系统。

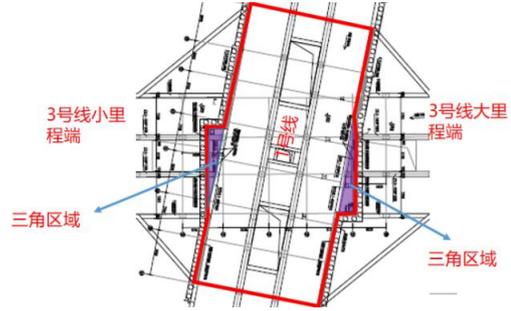


图 1 换乘车站平面示意图

Fig.1 Schematic diagram of transfer station layout

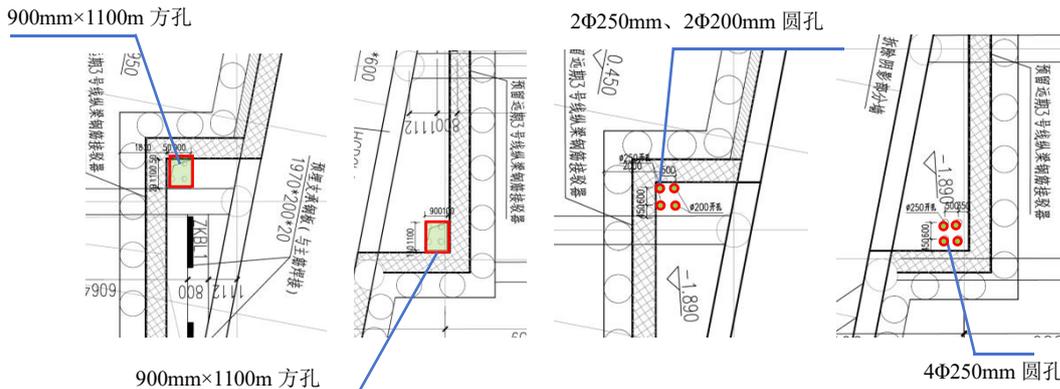


图 2 三角区域大、小里程端开孔示意图

Fig.2 Schematic diagram of openings at both ends (major & minor mileage) of the triangular area

#### 3.2 方案二：管线路径优化+局部管径调整

本方案通过调整管线路径与局部管径改造实现阻力降低，避免水泵更换与结构开孔。具体实施中，设备区大端管路改由换乘通道敷设至 3 号线站厅公共区，设备区小端管径经 1 号线 B 出入口连接至 3 号线 5 号出入口，最终敷设至 3 号线站厅公共区，与 3 号线设计管线接驳。同时，将 1 号线预留的 2 路 DN100 设备区总管及 2 路 DN65 大端设备区冷冻管段均改造为 DN150，通过增大管径降低流速与比摩阻，如图 3、4 所示。水力计算表明，改造后系统最不利环路总阻力为 274707Pa（约 27.5mH<sub>2</sub>O），既有水泵扬程（28mH<sub>2</sub>O）可满足需求。需特别指出的是，本方案所利用的换乘通道尚未开通，具备封闭施工的独特优势，完全避免了运营干扰等核心难点，其特有挑战在于未开通空间的施工条件局限：一是通道内缺乏正式照明通风，需

搭建临时设施；二是物料运输路径复杂，机械化作业困难；三是与既有结构接驳的精度要求极高，需避免对既有装修造成损坏。

表 4 1 号线车站改造管线对比表

Table 4 Comparison of retrofit pipelines in line 1 station

管段编号	原状	改造后
管段 1	DN100*2	DN150*2
	DN200*2	DN200*2
管段 2	DN65*2	DN150*2
	DN150*2	DN150*2
管段 3	DN65*2	DN65*2
	DN150*2	DN150*2
管段 4	DN65*2	封堵，不拆除
	DN150*2	DN150*2
管段 5	无	DN150*2
管段 6	无	DN150*2
	无	DN150*2
管段 7	无	DN65*2
	无	DN150*2

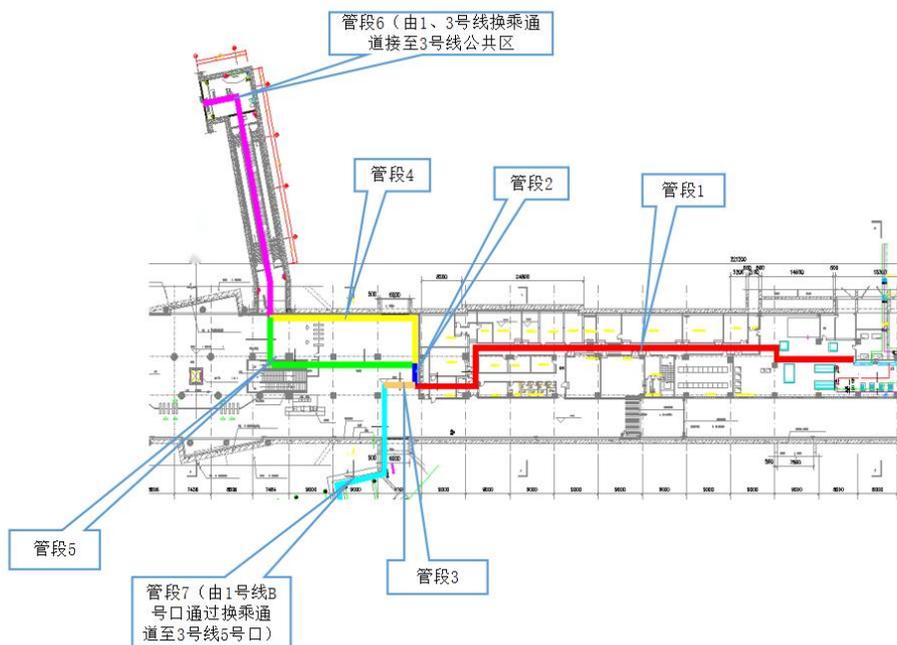


图 3 1 号线车站改造管线示意图

Fig.3 Schematic diagram of retrofit pipelines in line 1 station

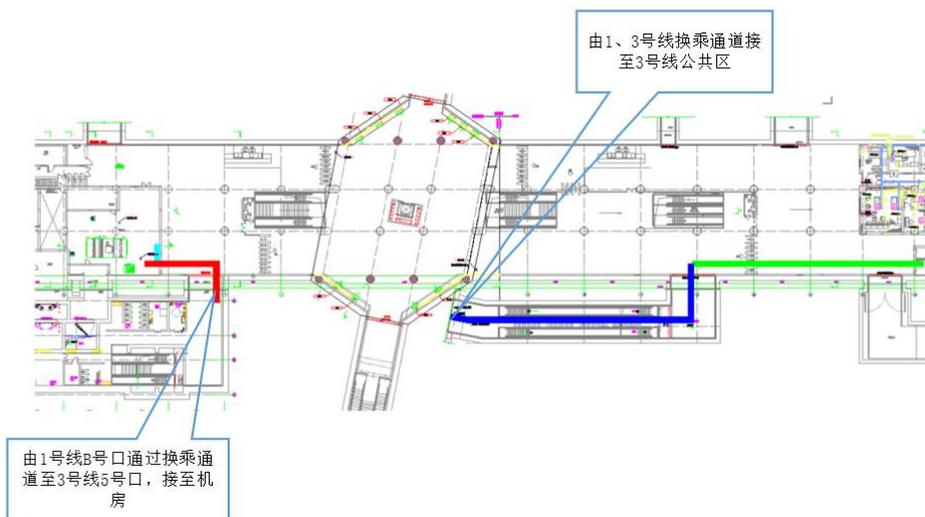


图 4 3 号线车站施工图管线调整示意图

Fig.4 Schematic diagram of pipeline adjustment in line 3 station construction drawing

3.3 方案三：流量再分配+并联环路改造

本方案通过增设集管实现流量再分配，形成并联环路以均衡系统阻力。具体实施中，在 1 号线公共区设置集管连接南北侧水管支路，使冷水机房分集水器至集管间管路形成并联结构，各支路阻力相等。集管至预留管井间管路根据 3 号线需求分为 4 根支管，如图 5 所示。改造后系统总阻力降至

340366Pa(约 34.7mH<sub>2</sub>O)，需更换水泵至 41.6mH<sub>2</sub>O 扬程(功率 55kW)。该方案虽减少管径改造量(仅新增 DN200、DN250 管路)，但需在站厅层开孔，且配电系统需同步升级。此外，并联环路调试复杂，易因支路流量失衡导致局部过热或欠冷，需额外配置流量调节阀，增加后期维护难度。

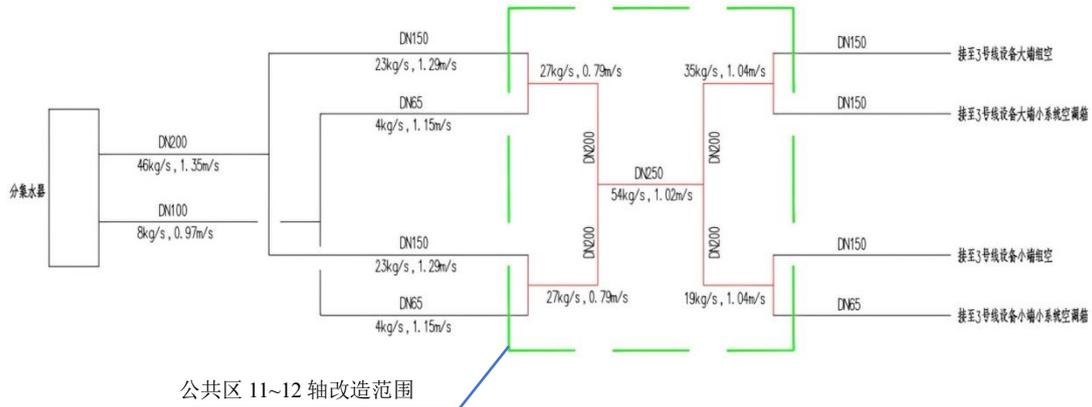


图 5 改造管线原理示意图

Fig.5 Schematic diagram of retrofit pipeline principles

### 3.4 方案四：接力水泵增设+集水器集成

本方案通过新增接力水泵与集水器优化系统压力分布。具体实施中，在 1 号线公共区三角空腔内设置集水器，将南北侧支管汇集成回水总管，总管接至集水器（新增），从集水器分出的 4 路回水支管通过管井分别接至 3 号线站厅，并在回水总管上增设接力水泵（扬程 14mH<sub>2</sub>O，功率 18.5kW）。改造后系统总阻力为 340366Pa（约 34.04mH<sub>2</sub>O），既有水泵（28mH<sub>2</sub>O）与接力水泵联合运行可满足需求。然而，该方案需在三角空腔新增水泵基础与排水沟，施工空间受限；且接力水泵噪声影响公共区环境。假设将水泵移至 3 号线大轴端机房，则可能导致小轴端冷冻水流量不足，需重新调试定压系统，技术风险高。

### 4 方案实施验证

对四个改造方案进行现场复核。通过查阅车站原始设计图纸确认，1 号线公共区南北两侧三角区域位置均设计有预留管井。然而，现场钻孔勘探发现，北侧区域与图纸相符，下部为设计空腔，具备向下施工条件，而南侧区域实际情况与图纸严重不符，该预留管井并未施工，其下方为致密的混凝土实体，因此，方案一、三、四因关键路径存在不可逾越的结构冲突，被判定为不可行。方案二的管线改造路径（利用未开通换乘通道及出入口）经踏勘确认可行，且拆改作业空间充足。针对方案二的水泵性能要求，既有水泵扬程（28mH<sub>2</sub>O）满足需求（≥27.5mH<sub>2</sub>O），但因自 1 号线开通以来水泵已投入长期运行，为验证长期运行是否导致性能衰减，对水泵的流量、扬程等关键参数进行实测分析。测

试数据表明，其实际运行参数与铭牌数值一致，未出现显著性能下降，可有效适配 3 号线冷源系统的功能需求。

### 5 多方案比选与优选分析

基于技术可行性、经济成本、施工风险及运营影响等多维度综合比选四种方案后，方案二（管线路径优化与局部管径调整）为最优解决方案。

各方案经济性对比如表 5 所示，其成本差异主要源于是否涉及水泵更换及配电系统升级。方案一（管井开孔+管径改造+水泵升级）通过楼板开孔、管径升级（DN65→DN150）及更换高扬程水泵（59.5mH<sub>2</sub>O）系统性解决水力失调问题，但其改造范围广、难度大且需更换既有水泵并同步升级配电柜与控制系统，技术风险中高（涉及结构安全、系统兼容性与设备联调），经济性差（59 万）；方案三（并联环路改造）与方案四（接力水泵增设）虽改造工程量较小，但需更换水泵（41.6mH<sub>2</sub>O）或增设集水器与接力水泵，电气费用分别为 44 万与 46 万，且分别存在调试复杂、施工空间受限、结构安全及噪声污染等问题，技术风险均为高（依赖复杂调试或新增动力设备，不确定性大，并同样涉及结构安全），综合成本分别达 57 万元与 64 万元。相较之下，方案二通过优化管线敷设路径（利用未开通换乘通道及出入口）与局部管径调整，以最低改造费用（16 万元）将系统阻力降至 27.5mH<sub>2</sub>O，适配既有冷冻水泵性能（扬程 28mH<sub>2</sub>O）。其成本完全集中于暖通工程（管径调整与路径优化），无需电气改造费用，施工全程无需停运、设备更换或电气系统升级，技术风险为低。

尽管其在未开通通道内施工面临环境受限、物料运输复杂等难点,但均属可管控的工程挑战,不触及结构安全与核心技术风险。综合其最低成本、最小运营干扰及已验证的可行性,方案二为最优选。现场验证进一步表明,方案一、三、四因预留管井结

构冲突(混凝土填充)路径不可行,而方案二通过既有水泵性能验证与路径避障设计,在控制技术风险的同时显著降低对运营的干扰,为轨道交通复杂接口改造提供了高效、可靠的技术范式。

表 5 方案对比

Table 5 Scheme comparison

方案	改造管线及总长度	改造区域	改造后水泵参数	暖通工程	电气工程	估算费用
一	DN65*2→DN150*2, 76m	公共区+冷冻水泵	59.5mH <sub>2</sub> O, 75kW	11 万	48 万	59 万
二	DN65*2→DN150*2, 76m DN100*2→DN150*2, 245m	公共区+设备区走道 +换乘通道	——	16 万	——	16 万
三	新增 DN200, 90m 新增 DN250, 10m	公共区+冷冻水泵	41.6mH <sub>2</sub> O, 55kW	13 万	44 万	57 万
四	新增 DN200, 90m 新增 DN250, 10m	公共区+接力水泵+集水器	14mH <sub>2</sub> O, 195m <sup>3</sup> /h, 18.5kW	18 万	46 万	64 万

注: 费用为估算值, 暖通含材料安装及保温; 电气工程费含水泵更换、设备控制柜改造、电缆及调试。

## 6 结论与建议

本文以某市轨道交通 3 号线某车站为研究对象,针对换乘站共享冷源系统预留预埋的错漏问题,提出系统性诊断与改造方案比选方法。通过分析预留管井缺失、管径设计缺陷、既有水泵性能不足等核心矛盾,结合水力计算与现场施工条件,构建了涵盖技术可行性、经济成本及社会效益的多维度比选模型。研究表明,通过优化管线接驳路径与局部管径调整(方案二),可在不更换既有水泵、避免新增管井的条件下,将系统阻力降低至合理范围,同时满足冷量需求与噪声控制要求。该方案实施成本低、对运营干扰小,其成功实践提炼出“优先利用既有结构空间进行路径优化”的普适性经验,验证了“以路径换性能、以优化减改动”的技术思路在解决复杂接口问题中的高效性,为类似轨道交通项目的冷源系统预留设计、施工管理及改造决策提供了技术范式与数据支撑,具有显著的工程推广价值。

## 参考文献:

- [1] 张雷.不同类型地铁换乘车站通风空调系统资源共享设计原则研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2023,(2):83-85.
- [2] 张茜,张超.佛山 2 号线与 4 号线换乘站张槎站环控设计重难点研究[J].交通科技与管理,2022,(4):69-71.
- [3] 石金凤,张静,刘善金,等.南京某地铁换乘车站空调冷源设置方案研究[J].都市轨道交通,2019,32(1):78-85.
- [4] GB 50157-2013,地铁设计规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2014.
- [5] GB 50019-2003,采暖通风与空气调节设计规范[S].北京:中国标准建筑出版社,2003.
- [6] GB 50015-2019,建筑给水排水设计规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2019.
- [7] 陆耀庆.实用供热空调设计手册[M].北京:中国建筑工业出版社,1993:1-2685.
- [8] GB 3096-2008,声环境质量标准[S].北京:中国环境科学出版社,2008.