

既有高层建筑空调水系统支管选型与改造策略研究 ——以某地政府大楼水空调系统为例

丁丽霞

海安市政府投资项目工程建设中心 江苏 南通 226600

摘 要：既有高层建筑空调水系统支管因长期运行、腐蚀及施工质量等问题，常面临漏水、能效下降等风险。本文以某地政府大楼空调水系统水平支管维修更换工程为背景，系统调研了常规镀锌钢管的应用局限，并重点考察了铝合金衬 PE-RT 复合管及 PSP 钢塑复合管两种新型管材的技术特性、工程案例与经济性。通过多维度对比分析，提出基于全寿命周期成本的管材优选策略。研究表明，PSP 钢塑复合管在承压强度、耐腐蚀性及长期运行能耗方面综合优势显著，建议作为该政府大楼空调水系统支管更换的优先选型方案，并为同类工程提供参考。

关键词：空调水系统；管道更换；钢塑复合管；全寿命周期成本；腐蚀防护

引言：空调水系统是公共建筑能耗与运维管理的核心环节之一。作为水系统的“血管”，水平支管的材料选型、施工质量及耐腐蚀性能直接关系到系统的安全性与能效水平。尤其对于使用年限超过十年的既有建筑，镀锌钢管因腐蚀、结垢导致的漏水、堵塞及保温层失效问题尤为突出。

某地政府大楼空调水系统设计最大工作压力为 1.5MPa，原设计采用常规热镀锌钢管。然而，自投入运行以来，水平支管陆续出现锈蚀穿孔、保温层内结露积水等问题，严重影响供冷供暖效果与室内环境品质。本文结合该大楼的实际改造需求，在分析现有镀锌钢管失效原因的基础上，通过实地调研、厂家考察及案例工程走访，系统评估新型复合管材的适用性，并从技术、经济及运维三个维度提出改造建议。

1 常规镀锌钢管的应用局限与失效分析

1.1 设计与施工层面的质量控制难点

在常规设计中，空调水系统通常采用镀锌钢管、无缝钢管，其防腐性能依赖于镀锌层的厚度与完整性以及施工工艺^[1]。然而，实际工程中，以下因素显著缩短了钢管的有效寿命：

镀锌工艺差异：热镀锌层耐腐蚀性优于冷镀锌，但施工中切割、焊接等环节极易破坏镀锌层；

镀层破损后的加速腐蚀：破损处若未进行二次镀锌或严格防腐处理，局部电化学腐蚀速率急剧加快；

水质影响：循环水 pH 值、溶解氧及氯离子浓度等指标波动会加速内壁点蚀；

保温层进水：钢管与保温层间一旦开裂，冷凝水或

雨水渗入后难以挥发，形成“包内腐蚀”，为本次大楼支管破损的主要诱因，如图 1 所示。



图 1 大楼空调水系统更换下来的水管

1.2 安全施工风险

维修更换镀锌钢管时，不可避免地涉及切割与焊接动火作业。在高层办公楼内进行明火操作，不仅存在火灾隐患，且施工组织难度大、工期长，对办公环境产生显著干扰。

1.3 综合寿命与经济性

通常而言，水冷空调系统镀锌钢管的合理使用寿命为 12-15 年。即便在较好的运维条件下，内壁结垢导致的沿程阻力上升亦会使水泵能耗逐年递增，系统能效持续下降。因此，单纯依靠初期建设成本进行选型决策存在明显短视缺陷。

2 新型复合管材技术调研与案例验证

为寻求替代方案，本文对当前市场主流的两类复合

管材——铝合金衬 PE-RT 复合管与 PSP 钢塑复合管，进行了系统调研。

2.1 铝合金衬 PE-RT 复合管材

2025 年 12 月，某设计单位推介了一种铝合金衬 PE-RT 复合管材^[2]，如图 2 所示。

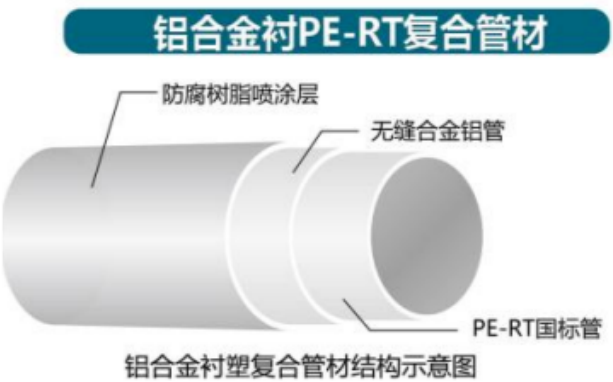


图 2 铝合金衬塑复合管材结构示意图

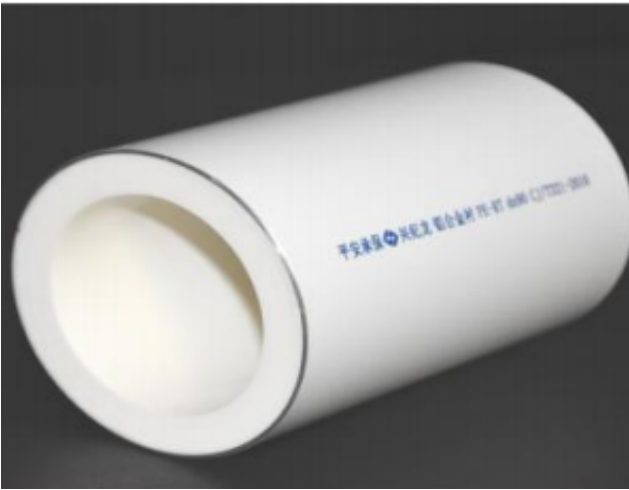


图 3 铝合金衬塑复合管材切面

其主要技术优势包括：

防腐性能突出：内外层均为耐腐蚀材料，尤其适用于空调冷冻水及冷却水工况；

防结露性能良好：铝合金外层导热系数低，管壁内外温差小，可有效减少保温层内结露风险；

水力性能优异：内壁光滑，摩擦阻力小于钢管，水泵轴功率夏季可降低约 36%，冬季降低约 10%；

连接方式：小口径（DN ≤ 50）热熔连接，中口径（DN50~DN200）电熔连接，施工安全无需动火。

工程验证：2026 年 1 月，实地走访某地人民医院。该院空调面积为 14 万平方米，采用地源热泵系统，2018 年建成。其中，DN ≤ 200mm 支管均采用铝合金衬 PE-RT 复合管，运行近 8 年无破裂漏水事故，系统运行稳定，年均节电约 20%。院方同时指出，冷凝水管不宜采用 PPR 管（刚性不足），建议采用镀锌钢管或加厚 PVC 管，如图 3 所示。

2.2 PSP 钢塑复合管道系统

在调研过程中，进一步关注到 PSP 钢塑复合管，如图 4 所示。该管材结构为内外塑料层（PE 或 PE-RT）中间复合高强度钢带层，具有以下显著特点：

高承压与高刚性：抗拉强度达 275-320MPa，承压等级达 1.6-2.0MPa，适用于高层建筑高区空调系统；

连接可靠性高：DN20-DN63 采用内热熔外增强连接，DN75-DN250 采用内外双电熔连接，有效解决复合管串水问题；

隔氧性优异：中间钢层完全隔离氧气渗透，避免内壁微生物滋生与氧腐蚀；

温度适应性强：长期工作温度-20℃~80℃，满足空调冷热水工况^[3]。

工程验证：2026 年 1 月，调研某地商场（超高层城市综合体，建筑高度 168 米）。该项目热水系统设计压力为高区 1.6MPa、中区 1.3MPa、低区 1.1MPa，温度 55℃，管径 DN32-DN250，全部采用 PSP-PE-RT 复合管。自 2023 年投入运行以来，连续无故障运行，工况条件与空调供热工况高度相似，验证了其在高压、高温水环境下的可靠性。

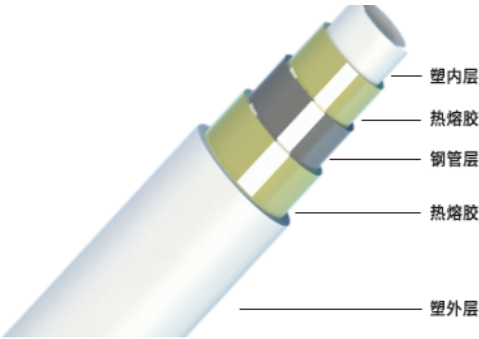


图 4 PSP 钢塑复合管道系统

3 关键性能对比与经济性分析

3.1 技术性能对比

为精准甄别两款新型复合管材的适配性差异，结合

工程调研结果，从结构强度、承压耐热、防腐隔氧、施工适配及应用适配性等核心维度开展全方位技术对比分析，系统梳理两款管材在高层建筑空调水系统支管改造场景下的技术优劣与适用工况，如表 1 所示。

表 1 铝合金衬 PE-RT 复合管，PSP 钢塑复合管性能对比

对比维度	铝合金衬 PE-RT 复合管	PSP 钢塑复合管
强度与承压	PE-RT 材质柔韧，抗拉强度 20~30MPa，常规承压 1.0~1.6MPa；抗外压、抗冲击性能一般	中间钢管增强层，抗拉强度 275~320MPa（为 PE-RT 管 7~8 倍），承压 1.6~2.0MPa；刚性、埋地抗外压、抗冲击性能优异
耐热性能	长期使用温度 ≤ 60℃，短时最高 95℃，高温环境易软化	稳定适用 -20℃~80℃，高温工况变形、蠕变风险更低
隔氧防腐寿命	需专用阻氧型号抑制内壁微生物腐蚀；正常工况寿命约 50 年	钢管中间层完全隔绝氧气，内衬塑料耐腐蚀，无锈蚀风险，正常工况寿命 50 年
施工连接特性	热熔连接，配套工具通用，操作培训简单，施工成本低；管材质轻，弯曲半径仅 5 倍管径，适配狭小支管空间	DN75 以上需专用扩口、电磁双电熔设备，工具专用、安装工艺要求高；单根管材长 12m，可小幅弯折 25°，减少弯头配件；埋地具备金属示踪性，后期检修定位便捷
成本特性	原材料、人工施工造价更低，综合性价比高	管材单价、专用施工设备成本更高，适合高承压、高层、长寿命需求工程
典型应用场景	地暖、家装热水	市政、高层、工业管道

3.2 全寿命周期成本分析

以 DN50 口径为基准，材料单价对比（按厂家报价及市场信息价折算）如下：

PSP 管：23.78 元/米（下浮后），铝合金衬 PE-RT 管：33.92 元/米，镀锌钢管：19.82 元/米。

初期建设成本：镀锌钢管最低，PSP 管居中，铝合金衬 PE-RT 最高^[4]。

运行与维护成本：复合管因内壁光滑且长期保持低

阻力，节能效果显著；钢管因腐蚀结垢，运行能耗逐年上升，且维修频率高（约 10-15 年需更换）。

复合管设计寿命可达 50 年，在建筑全生命周期内（按 30 年计）可减少 2-3 次更换工程，大幅降低间接费用（包括拆装吊顶、办公室搬迁、动火管控等隐性成本）^[5]。

4 结论与建议

综合上述技术调研、案例验证及经济分析，得出以下初步结论与建议：

不建议继续采用镀锌钢管。其耐腐蚀性先天不足，且在政府办公类建筑中动火维修安全风险高，全寿命周期经济性较差。

优先推荐 PSP 钢塑复合管系统。尽管其材料单价略高于镀锌钢管，但在承压能力、抗冲击性、长期隔氧防腐及运行节能方面综合表现最优。尤其适用于高层建筑高区（工作压力≥ 1.5MPa）空调水系统。

铝合金衬 PE-RT 可作为备选方案。在压力较低、温度稳定且施工预算有限的中低区支管中仍具一定竞争力，但需注意其抗划伤及高温蠕变问题。

最终建议：该政府大楼空调水系统水平支管维修更换工程，建议采用 PSP 钢塑复合管道系统，并配套严格的热熔/电熔施工质量控制标准及水质管理方案。同时，建议后续研究进一步关注不同复合管材在长期热老化与循环压力作用下的疲劳寿命实测数据，以丰富选型依据。

参考文献

[1] 卢佳华. 某超高层建筑空调水系统水泵破裂原因分析与解决措施 [J]. 安装, 2026(5): 86-89.

[2] 庄秋鹏. 超高层建筑空调水系统竖向分区设计研究 [J]. 福建建筑, 2024, 312(6): 121-125.

[3] 周庆申. 某超高层建筑空调冷凝水回收系统设计 [J]. 制冷, 2024, 43(2): 35-38.

[4] 刘洋, 李扬. 超高层建筑空调系统设计方案研究 [J]. 陶瓷, 2026(6): 197-199.

[5] 杨木和, 李志英. 某超高层建筑空调冷源系统技术经济性分析 [J]. 洁净与空调技术, 2024(3): 1-5.