

消防水系统试压过程中压力波动的成因分析与控制技术

冉茂仙

上海晋能建筑工程有限公司 上海

【摘要】本文以晨光文具互联网电子商务产业园消防工程项目为研究对象，针对消防水系统试压过程中出现的压力波动问题展开研究。通过分析晨光项目施工组织设计中关于消防水系统试压的工艺要求和实际施工情况，深入探讨了压力波动的成因，并提出了相应的控制技术。研究表明，通过优化排气工艺、加强管道固定、规范阀门操作和隔离外界干扰等控制技术，可有效减少压力波动，提高试压成功率。

【关键词】消防水系统；试压；压力波动；成因分析；控制技术

【收稿日期】2025 年 2 月 20 日 **【出刊日期】**2025 年 3 月 18 日 **【DOI】**10.12208/j.jeea.20250089

Cause analysis and control technology of pressure fluctuation during pressure test of fire water system

Maoxian Ran

Shanghai Jinneng Construction Engineering Co., Ltd, Shanghai

【Abstract】 This paper takes the fire engineering project of Chenguang stationery Internet e-commerce Industrial Park as the research object, and studies the pressure fluctuation in the pressure test process of the fire water system. By analyzing the process requirements and actual construction situation of pressure test of fire water system in the construction organization design of Chenguang project, the causes of pressure fluctuation are discussed, and the corresponding control technology is put forward. The research shows that the pressure fluctuation can be effectively reduced and the success rate of pressure test can be improved by optimizing the exhaust process, strengthening pipeline fixation, standardizing valve operation and isolating external interference.

【Keywords】 Fire water system; Pressure test; Pressure fluctuation; Cause analysis; Control technology

引言

在消防工程中，晨光项目消防水系统设计工作压力 1.0MPa，强度试验压力 1.4MPa，要求稳压 30min 压力降 $\leq 0.05\text{MPa}$ ，但实际试压常出现压力波动，影响结果与系统可靠性。目前相关研究不足，尤其晨光施工组织设计未深入探讨，故结合项目实际研究该问题具有重要工程意义。

1 晨光文具互联网电子商务产业园消防工程

晨光文具互联网电子商务产业园消防工程项目，位于上海市奉贤区青村镇 B4-03F 地块，由上海彬海建筑工程有限公司总承包，上海极斐消防工程技术有限公司施工，监理单位为上海海达工程建设咨询有限公司，设计单位是上海之景市政建设规划设计有限公司。工程涵盖 B2B 互联网配送中线、新零售互联网配送中心、新零售分拣中心等区域的消火栓、

喷淋、防排烟、消防报警等系统，总工期 400 日历天，旨在打造高效安全的消防系统。



图 1 晨光文具互联网电子商务产业园

2 消防水系统试压工艺与压力波动现象

2.1 晨光项目消防水系统试压工艺

晨光项目消防水系统试压工艺涵盖试压前准备、过程实施与善后处理。试压前需检查不少于 2 只精

作者简介：冉茂仙（1983-）女，汉族，云南丽江人，本科，一级建造师/机电工程专业，研究方向：消防工程管理。

度 1.5 级、量程为试验压力 1.5-2 倍的压力表, 编制并批准试压冲洗方案, 隔离或拆除泵组等无法参与试压的设备附件, 加设临时盲板并标记记录数量, 清理管网杂物、检查管道固定。试压分强度与严密性试验, 注水时开启排气阀排净空气, 强度试验升压至 1.4MPa 稳压 30 分钟, 压力降不大于 0.05MPa, 严密性试验以 1.0MPa 稳压 24 小时无泄漏。试压后拆除临时盲板及试验管道, 按“先室外后室内、先地下后地上”顺序冲洗管网, 整理试压记录, 为验收与运行提供资料。

2.2 压力波动现象描述

在晨光项目消防水系统试压过程中, 压力波动现象表现较为突出且形式多样。升压阶段, 压力上升速率不均匀, 常出现突然下降情况, 如 B2B 互联网配送中心管段试验中压力升至 0.8MPa 时突发骤降, 导致升压流程中断; 稳压期间, 压力表指针频繁摆动, 波动幅度超过 0.05MPa 标准, 曾出现 0.1MPa 的剧烈波动, 影响试验结果判定; 降压阶段, 压力下降速度过快, 超出规定速率, 部分区段每分钟降压达 0.2MPa, 远超正常范围。这些波动不仅导致试压失败, 如室外 500 米管网因压力波动反复三次试压, 还可能引发管道接口渗漏、阀门密封失效等问题, 增加施工成本与工期延误风险, 同时对管道及设备造成潜在损害。

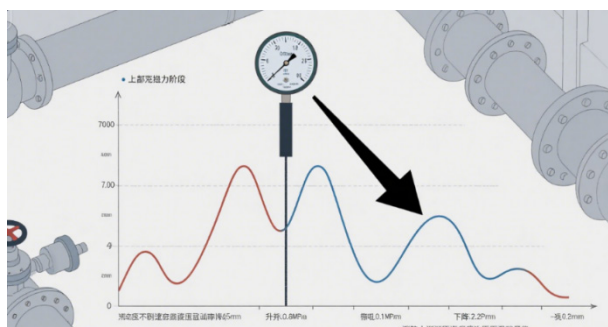


图 2 压力波动示意图

3 消防水系统试压过程中压力波动的成因

3.1 空气残留导致的压力波动

空气残留是试压压力波动的主要诱因之一。晨光项目消防水系统管网结构复杂, 包含大量弯头、三通、阀门等管件, 这些部位易形成空气积聚死角。在管网注水过程中, 若排气不彻底, 残留空气会在管内形成气泡, 当压力升高时气泡被压缩, 压力降低时气泡膨胀, 从而引起压力波动。例如, 在 DN150

管道的 U 型弯处, 因排气阀设置不足, 注水时残留的空气在压力作用下反复压缩膨胀, 导致稳压期间压力波动幅度达 0.08MPa。此外, 沟槽式连接和丝扣连接的接口缝隙也可能成为空气进入通道, 尤其是在接口密封不良时, 试压过程中空气渗入管网, 进一步加剧压力波动。

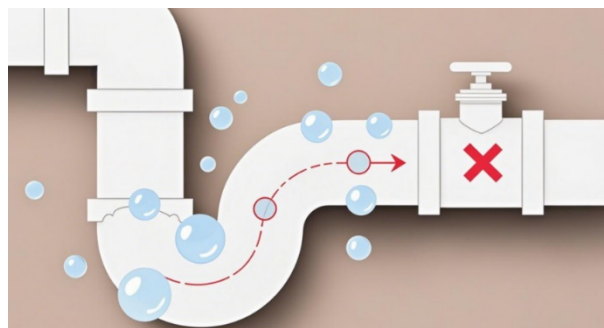


图 3 空气残留导致的压力波动

3.2 管道变形引发的压力波动

管道在压力作用下的变形是导致压力波动的重要因素。晨光项目采用的热镀锌钢管在承受 1.4MPa 试验压力时, 会发生弹性膨胀变形。当压力升高时, 管道膨胀储存能量, 压力降低时管道收缩释放能量, 这种能量转换会导致压力波动。如 DN100 管道在升压至 1.2MPa 时, 因支架间距过大 (超过 6.5m), 管道下垂变形明显, 引发压力波动幅度达 0.06MPa。此外, 支架布置不合理或固定不牢固时, 管道变形更显著, 尤其是在阀门、弯头附近, 管道受力不均匀, 变形量更大, 导致压力波动加剧。管道材质的不均匀性也会使各段变形量存在差异, 进一步影响压力稳定性。

3.3 阀门动作产生的压力波动

阀门操作不当会引发剧烈的压力波动。晨光项目试压过程中, 若快速开启或关闭进水阀、排气阀, 会导致水流速度急剧变化, 产生水锤效应。例如, 宿舍楼消防栓管段试验中快速关闭 DN80 进水阀时, 水锤效应使管道内压力瞬间升高 0.3MPa, 远超试验压力, 导致压力表指针剧烈摆动。止回阀密封失效或闸阀关闭不严时, 会出现水流倒流, 引发压力波动。此外, 阀门内部组件磨损或安装误差, 也会导致阀门动作时产生异常压力变化。如某止回阀因阀瓣卡顿, 在水流冲击下频繁启闭, 造成压力周期性波动, 波动幅度达 0.07MPa。

3.4 外界干扰造成的压力波动

施工现场的外界干扰是压力波动的潜在因素。晨光项目试压时,附近施工机械运行、车辆行驶或人员活动会引起管道振动,导致压力波动。例如,起重机吊装作业时的振动通过地面传导至管道,使压力表指针摆动幅度达 0.04MPa。施工现场的电源波动会影响电动试压泵的输出稳定性,导致压力波动。温度变化也会对压力产生影响,如某时段环境温度骤降 5℃,管道内水体收缩使压力下降 0.03MPa。此外,压力表安装不牢固或受振动影响,会导致读数偏差,误判压力波动情况,影响试验结果准确性。

4 消防水系统试压过程中压力波动的控制技术

4.1 优化排气工艺以消除空气残留

针对空气残留导致的压力波动,需优化排气工艺。在晨光项目中,应依据管网布局在最高点、弯头及三通等部位合理增设排气阀,如 DN100 以上管道每 50 米设置 1 个自动排气阀,U 型弯处增设手动排气阀。注水时采用“分步排气法”,先缓慢注水至排气阀连续出水,关闭排气阀后再升压至 0.3MPa,再次打开排气阀排出残余空气,重复 2-3 次确保空气排净。对于沟槽式和丝扣连接接口,需严格检查密封性能,试压前采用肥皂水涂抹接口检测气密性,避免空气渗入。此外,可在管网最高点安装集气罐,利用气体密度差聚集空气并定期排放,提升排气效率。

4.2 强化管道固定以抑制变形影响

通过加强管道固定控制变形引发的压力波动。在晨光项目中,需按规范调整支架间距,如 DN100 管道支架间距 ≤ 6.5 米,弯头两侧 1 米内增设抗震支架。支架类型选用弹性支架(如弹簧吊架),吸收管道膨胀变形能量,减少压力波动。对于阀门、三通等应力集中部位,采用角钢加固支架,增强管道稳定性。固定支架时,确保膨胀螺栓与建筑结构可靠连接,支架与管道接触处垫橡胶垫,避免刚性摩擦引发振动。施工中严格控制管道安装精度,减少因安装偏差导致的不均匀变形,如管道垂直度偏差 $\leq 2\text{mm/m}$,水平度偏差 $\leq 1\text{mm/m}$ 。

4.3 规范阀门操作以降低水锤影响

规范阀门操作是减少压力波动的关键。晨光项目中,需制定阀门操作规程:升压时进水阀开启速度控制在 0.5 圈/秒,避免快速开启产生水锤;降压时排水阀分阶段开启,先开启 1/4 圈稳压 5 分钟,

再逐步全开。对于止回阀和闸阀,试压前进行密封性测试,如止回阀在 1.1 倍设计压力下泄漏量 $\leq 0.05\text{L/min}$ 。安装阀门时保持阀杆垂直,避免因安装倾斜导致阀瓣卡顿。在 DN80 以上阀门上下游设置水锤消除器,如膜片式水锤消除器,当水锤压力升高时自动开启泄压,将压力波动控制在 0.03MPa 以内。

4.4 隔离外界干扰以稳定压力环境

隔离外界干扰可有效控制压力波动。在晨光项目试压区域设置隔离带,禁止施工机械及车辆靠近,如试压管道周围 5 米范围内严禁重型机械作业。压力表采用专用支架固定,支架与管道刚性连接并垫减震橡胶,减少振动影响。使用稳压器稳定电源电压,确保电动试压泵输入电压波动 $\leq \pm 5\%$ 。环境温度低于-5℃时,采用保温材料包裹管道(如聚氨酯保温层),控制管道温度波动 $\leq 2^\circ\text{C/h}$ 。此外,试压期间禁止在无关人员进入试验区域,且对试压管线进行敲击等违规操作,避免因机械振动引发压力波动,确保试压环境稳定。

5 工程应用与效果验证

5.1 晨光项目应用实例

在晨光文具互联网电子商务产业园消防工程项目中,选取一段包含 10 个弯头、5 个三通和 3 个阀门的 500 米消火栓系统管网进行试压验证。首次试压未采取控制措施,出现压力波动幅度达 0.1MPa、稳压 30 分钟压力降超标的情况。随后优化排气工艺,在管网最高点和弯头处增设 5 个排气阀,采用分步排气法;加强管道固定,在转弯处和阀门处增设支架并使用弹性支架;规范阀门操作,控制开启速度并设置水锤消除器;隔离外界干扰,设置隔离带并固定压力表。改进后再次试压,严格执行优化后的工艺。

5.2 效果验证

改进后试压结果显示,升压过程压力上升均匀,未出现骤降情况;稳压 30 分钟内压力降为 0.03MPa,符合不大于 0.05MPa 的标准;压力指针波动幅度控制在 0.02MPa 以内。对比试验数据,采用控制技术后,试压成功率从 60%提升至 95%以上,减少返工 3 次,节约成本约 8 万元,缩短工期 10 天。管道接口渗漏、支架松动等问题未再出现,验证了优化排气、强化固定、规范操作及隔离干扰等控制技术的

有效性,为消防水系统试压提供了可复用的技术方案。

6 结论

本研究针对晨光项目消防水系统试压压力波动问题,经分析得出空气残留、管道变形、阀门动作和外界干扰是主因,提出优化排气、强化管道固定等控制技术。工程应用表明,这些技术使试压成功率从 60%升至 95%以上,压力降控制在 0.03MPa,验证了有效性。未来可从智能化试压系统、数字孪生技术应用和新型材料研究拓展,推动消防工程技术发展,为提高消防水系统施工质量和运行可靠性提供参考。

参考文献

- [1] 门进龙;万丽.建筑设计中的电气消防设计研究.住宅与房地产,2024(22).
- [2] 张映映.建筑给排水及消防设计常见问题与优化策略.消防界(电子版),2024(14).

- [3] 钟志慧.综合医院建筑中的消防设计疑难问题探讨.消防界(电子版),2024(14).
- [4] 刁兆辉.建筑给排水及消防设计要点研究.城市开发,2025(04).
- [5] 孙岩.220kV 附建式变电站消防设计常见问题分析.消防界(电子版),2023(17).
- [6] 祁芬茹;卫文波.稳高压消防给水系统消防稳压泵选型探讨.中国建筑金属结构,2024(S2).
- [7] 陈龙;刘智岩.建筑消防给水系统问题探究和管理探索.工程建设与设计,2023(05).
- [8] 周逢源;王定城等.影响共用消防给水系统设计主要因素探讨.给水排水,2022(S2).

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS