工程与管理科学
Engineering and Management Science
第 8 卷◆第 9 期◆版本 1.0◆2026 年
文章类型：论文|刊号（ISSN）：2705-0637(P) / 2705-0645(O)

地下车库自动喷水灭火系统管网布置设计优化探讨

张林欢[1] 丛岩[2] 何媛媛[1]
1.中国中元国际工程有限公司；2.北京市市政工程设计研究总院有限公司

DOI：10.32629/ems.v8i9.22121

［摘　要］地下车库属于密闭性较强的地下建筑空间，整体通风条件有限且车辆停放密集，可燃物荷载集中。发生火灾后热量积聚速度快，烟气扩散路径单一，火灾扑救难度远高于地上建筑。自动喷水灭火系统是地下车库消防设施的核心组成部分，管网布置的合理性直接决定系统喷水均匀度、火灾响应速度和整体灭火效能。多数常规车库喷淋设计普遍存在管网排布死板，管径匹配保守，管道交叉冗余过多，喷头点位布置不均衡等问题。这类问题不仅增加工程建设成本，还会影响系统实际灭火效果。本文结合地下车库建筑特点与消防规范要求，分析传统喷淋管网布置存在的典型缺陷。从管网敷设形式，管径水力计算，管道走向优化，喷头点位精细化布置，支吊架排布等方面阐述优化设计思路。通过对比常规设计与优化设计的应用差异，总结适配地下车库的高效管网布置方案，可为同类地下车库消防设计优化与工程整改提供参考依据。

［关键词］地下车库；自动喷水灭火系统；管网布置；水力计算；设计优化

地下车库是现代建筑配套功能中使用率极高的封闭类场所，整体结构封闭，层高有限，设备管线密集。一旦发生车辆起火事故，火势蔓延速度快，人员疏散和外部救援难度较大。自动喷水灭火系统能够在火灾初期快速控火降温，是保障地下车库消防安全最关键的主动消防设施。管网系统作为喷淋系统的输送载体，布局形式直接影响水力稳定性，喷水覆盖范围和系统响应效率。现阶段很多地下车库喷淋设计多采用常规标准化布管模式，没有结合车库柱网布局，层高条件，风管桥架排布做针对性调整，容易出现局部喷水盲区，水力不均衡，管道布置杂乱，后期检修困难等问题。为进一步提升地下车库喷淋系统运行稳定性，降低工程耗材成本，改善管线综合排布效果，有必要对传统管网布置方式进行系统性优化。本文立足于工程设计与现场施工经验，从系统原理，传统设计缺陷，优化方案，落地要点等方面展开论述，重点突出管网精细化优化设计方法，提升地下车库喷淋工程的实用性与经济性。

一、地下车库喷淋管网常规设计及现存缺陷

1.1 常规管网布置设计模式

目前地下车库自动喷水灭火系统常规设计大多采用统一的树枝状管网布局，整体按照固定间距布置喷淋主管，支管和喷淋头。设计人员多依靠经验选取管道规格，套用标准间距完成点位排布。整体方案通用性强但针对性不足，常规设计能够满足基础规范验收要求，但未结合车库柱网尺寸，设备管线叠加情况，局部层高差异进行动态调整，导致多数项目管网存在布局不合理，资源浪费，局部覆盖不足等问题。

1.2 传统设计普遍存在的缺陷

传统喷淋管网布置最突出的问题是管网走向缺乏综合统筹，喷淋管道与通风风管，电气桥架，消防主管相互交叉叠加。局部位置管线高度冲突严重，会压缩车库有效层高，也增加后期检修难度。常规设计管径选取普遍偏保守，多处管段预留余量过大造成管材浪费，整体工程造价偏高。喷头布置完全套用统一间距标准，忽略车库立柱，隔墙，设备机房边界位置的遮挡影响。部分区域出现喷水覆盖重叠，边角位置存在灭火盲区。树枝状单向供水模式在大面积车库中容易造成远端水力不足，系统末端压力偏差较大。火灾发生时存在控火能力不均的问题。整体布局标准化程度高但精细化程度不足，无法适配不同车库结构的差异化需求[1]。

二、地下车库喷淋管网优化设计原则

2.1 安全合规优先原则

所有优化设计内容必须严格遵循现行消防规范要求，喷头保护半径，布置间距，管道流速压力参数不得低于规范下限。优化工作是在合规前提下对布局，走向，管径，点位进行精细化调整，不能为了节约成本降低系统安全性能。地下车库属于人员车辆流动频繁的防火重点区域，喷淋系统是火灾早期抑制的关键设施。任何布局调整、管径缩减都需要以规范条文作为刚性底线，不能依靠经验简化设计。方案完成

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.

之后应当对照自动喷水灭火系统相关规范逐条复核，确保喷头布置、管道选型、系统压力全部满足验收条件，规避后期施工图审查以及消防现场验收出现整改风险。

2.2 水力均衡优化原则

管网优化的核心目标是改善系统水力条件，保证同一防火分区内各个喷淋末端压力均衡，喷水流量稳定。避免近端压力过大远端压力不足的问题，全面提升整体灭火均匀性[2]。水力均衡并不是追求所有喷头压力数值完全一致，而是将压力波动控制在规范允许的合理区间内。通过管网形式调整与管径合理配比，减小管路沿程损失，削弱管路长短带来的压力差异，保障火灾发生时，防火分区内各个位置喷头都可以输出符合设计要求的灭火水量。

2.3 管线综合协同原则

喷淋管网优化需要结合机电各专业管线排布情况统一规划，减少不必要的交叉翻弯，提升车库整体管线整洁度，最大化保留地下车库通行层高。喷淋管道不能单独开展方案设计，需要与通风、电气桥架、给排水管线同步进行综合排布推演。提前协调各专业的管线标高与走向，从源头规避大量避让翻弯的情况，平衡喷淋系统本身安装空间和车库通行净高之间的关系，满足车辆通行的使用要求。

2.4 经济合理优化原则

在满足水力条件和安全要求的基础上优化管径配比，精简冗余管道，减少不必要耗材投入，实现工程成本合理可控，提升项目经济性。经济性优化不等于盲目压缩材料规格，必须建立在水力计算结果之上。在保证灭火性能不受影响的前提下削减多余冗余，兼顾建设阶段的材料投入，同时兼顾后期管道维护、防腐处理的综合成本，实现安全性能与工程造价之间的平衡。

三、地下车库喷淋管网关键部位优化设计内容

3.1 管网敷设形式优化

传统单一树枝状管网供水路径长，阻力损耗大，大面积车库末端水力损失明显。优化设计可采用分区环状结合树枝状的组合布置方式，在防火分区主干管位置设置环状连通管路，支管采用树枝状延伸布局。环状主管能够实现双向供水，有效降低长距离管路的水力损失，提升大面积车库整体水压稳定性，大幅改善远端喷头出水效果[3]。针对车库车道密集区域调整支管走向，让喷淋支管平行于主梁方向敷设，减少管道翻越梁柱产生的局部阻力，同时降低管线交叉概率，使整体排布更加规整。

3.2 管径精细化水力计算优化

传统经验选管方式容易造成管径偏大或局部流量不足。优化设计需要全程采用逐段水力计算方式确定管径，结合防火分区最大同时开启喷头数量，分段核算管路流量，流速和沿程阻力。对余量过大的管段合理缩小管径，对阻力偏大的关键管段适度提升规格。通过精准水力优化可以在保证系统运行安全的前提下减少管材用量，降低管网自重，减少支吊架投入，实现安全与经济双向优化效果[4]。

3.3 喷头点位布置精细化优化

常规统一间距布置方式无法适配车库立柱遮挡区域。优化设计需要结合柱网结构微调点位，立柱两侧适当偏移喷头位置消除遮挡盲区。车位密集区域保持标准间距，车道通行区域适当优化点位分布保证全覆盖无死角。车库出入口，坡道位置，设备房隔墙边界位置需要补充细化喷头布置，杜绝边缘区域出现保护空缺。通过点位微调可以有效提升喷水覆盖均匀度，解决传统设计局部漏保护的通病问题。

3.4 管道翻弯与管线综合优化

地下车库机电管线错综复杂，喷淋管道频繁翻弯会增加局部水头损失，还会造成局部层高过低。优化设计阶段提前整合风管，桥架，给排水管道排布标高。喷淋主管尽量布置在管线上层开阔区域，减少上下翻弯次数。所有管道交叉位置提前优化避让顺序，统一排布标高，避免施工阶段临时改管造成管网混乱，有效提升喷淋系统水力稳定性和后期运维便捷性。

3.5 支吊架系统布置优化

传统喷淋支吊架随意布置容易出现排布稀疏不均，跨距超标，固定不规范等问题。优化设计按照管径规格统一支吊架间距，支管吊架跟随管线直线排布整齐设置。重点优化管道转弯位置，变径位置，末端位置的加固方式，提升管网整体抗震性能与结构稳定性，避免后期管道晃动产生漏水隐患。

四、优化方案相比传统设计的应用优势

4.1 水力性能更加稳定

优化后的环状主管搭配精细化管径配比，能够大幅降低管网整体阻力。防火分区内水压分布更加均衡，高低区，远近端出水效果基本一致，火灾初期控火能力更加稳定。传统

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.

树枝状喷淋管网受管路长短影响明显，距离供水干管较远的末端喷头容易出现压力衰减过大的现象。火灾发生时远端喷头出水强度不足，会直接削弱早期火灾抑制效果。采用经过水力校核的环状管网布局之后，水流可以从两个方向向末端喷头进行补给，有效缓解长距离管路带来的压力损耗。面对车库局部发生火灾的工况，各个作用喷头的实际工作压力可以维持在规范允许区间，避免部分喷头压力过高造成水资源浪费，或是压力达不到设计值而影响灭火效能，提升整个自动喷水灭火系统的工作可靠性。

4.2 管线排布更加规整

经过综合优化后的喷淋管网交叉少翻弯少，整体管线层次清晰。车库整体机电观感质量显著提升，同时保留充足通行层高，更符合现代地下车库高品质建设要求。地下车库内部管线种类繁多，喷淋管道需要和通风风管、桥架、给排水管道协同排布。传统设计经常出现大量局部翻弯避让，不仅造成管线杂乱堆叠，还会压缩车库的有效净高。优化方案依托前期综合管线推演，减少不必要的上翻下翻处理，各类管线可以有序分层布置。既可以满足机动车通行的净高硬性指标，也便于后期项目的创优评审，对商业地产、产业园这类对地下空间观感有较高要求的项目,实际提升效果尤为突出。

4.3 工程成本有效降低

通过精准水力计算优化管径规格，删减传统设计中的冗余管材，能够合理控制工程造价。在大规模车库项目中优化节约效果十分明显[5]。传统车库喷淋设计常常依靠经验统一放大管道规格，以此规避水力核算不足带来的风险，会造成不少管段管径选型偏大，管材、管件的投入随之增加。而经过精细化水力计算之后，各段管道按照实际计算流量选定匹配管径，在满足规范和水力条件的前提下合理缩减管材规格。除管道本体之外，管道支吊架、防腐刷漆等配套工程量也会同步下降。对于大面积地下车库，管网总长度基数大，累计下来可以实现可观的投资节约，兼顾项目安全性能与建设经济性。

4.4 系统运维更加便捷

优化后的管网布局规整，故障点位清晰，管线无复杂交叉。后期检修，试压，维护作业更加便捷，有效降低物业长期运维成本。传统方案管线翻弯多、局部管路交错堆叠，部分管段被其他机电管线遮挡，后期开展试压排查、喷头更换、管道检修时作业空间受限。优化之后管路走向简洁直观，系统分区边界明确，发生渗漏或者设备故障时，运维人员可以快速定位故障管段。同时管网分区试压、年度检测的作业难度也有所下降，减少检修过程中对车库正常使用的干扰，降低物业单位后期人力投入，实现前期设计优化向后期运维效益的转化。

五、管网优化施工与落地控制要点

设计优化成果需要依靠规范施工才能完整落地。施工前期技术交底需要明确优化后的管线标高，走向，点位微调参数，严格按照优化图纸定位施工。管道安装过程中尽量减少现场随意改动，避免破坏整体水力设计效果。管道试压阶段需要分区测试远近端压力差值，验证优化后管网水力均衡性是否达标。针对车库边角，立柱周边，坡道区域重点核查喷头覆盖范围，确保优化盲区整改全部落实。项目竣工后整理完整优化设计台账，为后期同类车库项目设计提供参考。

结论

地下车库自动喷水灭火系统管网布置质量直接影响车库整体消防安全等级。传统标准化布管方式存在水力不均，管线杂乱，经济性差，局部存在灭火盲区等诸多问题。通过优化管网供水结构，精细化水力计算，调整喷头点位布局，优化管线综合排布和支吊架布置，可以有效解决传统设计的常见缺陷。优化后的喷淋管网系统水力稳定性更强，喷水覆盖效果更好，管线布局更加整洁合理，工程建设成本可控，同时具备更高的后期运维价值。在满足消防规范安全底线的前提下，精细化管网优化设计能够显著提升地下车库消防系统的实用性，可靠性与经济性，可为各类新建及改造地下车库消防设计提供成熟可行的优化思路。

[参考文献]

[1]李浩然.地下车库自动喷水灭火系统设计常见问题及优化对策[J].消防科学与技术,2023,42(06):812-815.

[2]王晨宇.大型地下车库喷淋管网水力平衡设计优化研究[J].给水排水,2023,49(11):103-107.

[3]张乐.地下车库环状喷淋管网布置方式应用分析[J].消防技术与产品信息,2024,37(03):56-60.

[4]刘俊峰.建筑喷淋系统管径优化与水力计算精度提升研究[J].工程建设与设计,2024(12):78-81.

[5]赵思远.地下车库机电管线综合排布优化设计实践[J].建筑节能,2025,53(04):119-124.

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.