

# 东部沿海地区地下车库结露研究

陈石

(上海市市政工程建设发展有限公司,上海市 200025)

**摘要:**东部沿海地区经济发展较快,用车需求大,停车需求随之增加,而地上停车空间日趋紧张,地下车库的配建则可有效缓解这一现象。但东部沿海地区空气湿度较大,地下车库极易形成结露而造成工程质量缺陷和经济损失。为解决这一现象,通过对典型地区地下车库结露现象的分析,得出结露发生的几种原因以及结露可能对工程产生的一系列危害,并针对性地提出防治结露的一些措施,为设计单位和建设运营单位的工程建设和运营提供决策参考。

**关键词:**地下车库;结露;危害;防治措施

**中图分类号:** TU926

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-7716(2024)05-0298-04

## 0 引言

我国目前城市化率已超过60%。随着经济的发展和居民生活水平的提高,消费升级致使家用轿车持有数量不断增长,从而带来对停车位需求量的普遍增长。现今城市地上空间日趋拥挤,停车难的问题日趋突出。而东部沿海地区因经济发达、交通设施完善、私家车持有比例较高等因素,这一现象尤为明显。

地下车库的配建由于能够有效利用建设用地指标,便于采取集中化的管理,已被广泛应用到建筑的设计建造中。在地下车库的设计、施工和验收环节,消防和防水问题是受到普遍关注的重点,但潮湿结露现象由于缺乏具体规范的约束,在建筑设计这一源头环节易被忽视。当项目建成进入竣工验收和交付使用期,若出现该问题,一般难以解决,将给建设单位和运营管理部门带来一定的安全管理风险和经济损失。

## 1 结露易发部位

通过对上海市自由贸易试验区临港新片区主城区内一新建地下车库结露现象的分析得出,从整体平面位置上看,与远离车库出入口和车库天井开口的区域相比,靠近区域的结露现象较轻(见图1),而靠近地下室外墙的区域比其他区域的结露现象重。

从局部特定区域范围看,墙面结露现象比地面和顶面严重,顶面金属管道表面比非金属管道表面或保温管道表面的结露现象严重(见图2)。

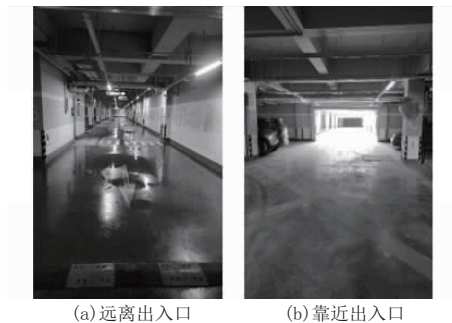


图1 靠近出入口与远离出入口结露情况对比

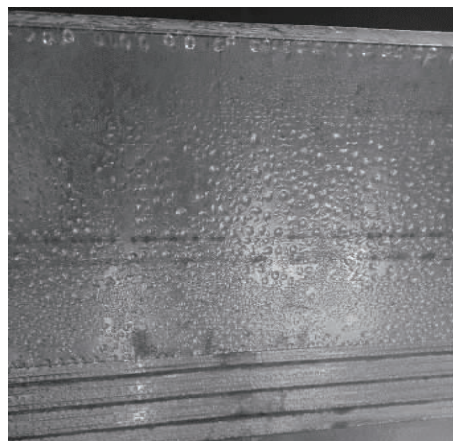


图2 金属管道结露情况

## 2 结露成因

地下车库潮湿结露的根本原因在于地下室含水量过大,该部分水的来源有3种:(1)由地下室地面和墙面防水功能缺陷导致的土壤水分渗透进地下室;

收稿日期: 2023-09-05

作者简介: 陈石(1991—),男,硕士,工程师,从事市级重大工程项目管理工作。

(2)由地下室与水有关的功能房间(如生活水泵房、消防水泵房等)故障或地下室排水不畅等故障产生的水分积聚;(3)地下室空气中含湿量较大。其中故障原因属于偶然因素,不在本文分析范围内,其余两者对于东部沿海地区来说较为常见,应重点讨论。

2.1 防水缺陷

地下工程防水等级共分四级<sup>[1]</sup>。除一级要求外,其余几级均允许有湿渍或漏水点存在。地下室的防水主要依靠防水卷材、涂料以及混凝土自身的防水性能,当防水材料或涂料施工不到位,且混凝土结构密实度不够或有施工裂缝时,地下水(或建筑地上部分产生的水)会渗透进地下室,或通过蒸汽渗透的方式增加空气湿度。空气湿度增加,导致结露风险和严重程度相应加大。

2.2 气候因素

当空气的露点温度高于其接触表面的温度时,空气中的水分会析出,在接触表面上形成结露现象(见图 3)。东部沿海地区大部分属于夏热冬冷地区,以上海市为例,夏季室外通风计算温度  $t$  为 30.8℃,相对湿度 69%<sup>[2]</sup>,查空气焓湿图得此时的露点温度  $t_d$  约 26.5℃。一层地下室的埋深一般约为 5 m,相关资料显示<sup>[3]</sup>,上海地区埋深 0~10 m 之间的土壤温度  $t_r$  为 13.3~17.6℃。地下室围护结构温度  $t_q$  略高于土壤温度  $t_r$ ,要比空气露点温度  $t_d$  低,即  $t_q < t_d$ ,因此容易发生结露现象。

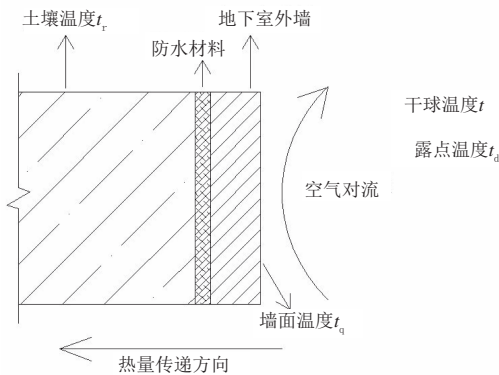


图 3 夏季地下车库空气与围护结构换热原理示意图

2.3 通风及换热影响

离车库出入口较近的区域或与外界空气交换较为频繁的区域,由于空气的对流换热,这部分区域的结构表面温度与室外空气的干球温度相接近,高于露点温度,因此结露问题较轻。相反,在车库深处、死角或者转角区域,由于与外部空气换热较少,结构表面温度较低,容易出现结露现象。

在车库自然通风或机械通风条件下,秋冬季节

由于地下车库温度高于室外空气温度,通风可将地下室多余的湿气排出,有利于缓解结露。然而对于高温高湿的夏季,地下车库温度低于室外空气温度,频繁通风反而会将含湿量较大的空气带入车库,在围护结构温度较低区域加剧结露问题的产生。

2.4 使用情况及设备配置影响

通过对比上海市自由贸易试验区临港主城区各地下车库的结露情况发现,相比较已经投入使用一段时间的地下车库,新建地下车库的结露现象往往更为严重。这是由于已投入使用的地下车库因相关设备用房散发的热量、汽车尾气排放的热量以及人员进出散发的热量,使地下室的温度普遍偏高,而空气含湿量不变,因此其相对湿度偏低,导致露点温度降低,结露问题也就较轻。

此外,地下车库的结露问题大小还与地下室是否配备相应除湿设备,是否经过专门的除湿设计有关。

3 结露的危害

3.1 面层开裂或脱落

若地下车库经常处于这种潮湿结露的状态,相当于墙体表面涂料或抹灰经过水浸泡后再干燥的循环往复,因而极易产生爆灰现象(见图 4)。管道表面喷涂的功能性涂料,在经过此过程后也容易开裂或脱落(见图 5)。这既影响整体美观和品质,又会造成功能性缺陷。



图 4 墙柱面爆灰

3.2 妨碍标识系统功能

按照国家标准,地下车库停车区域应进行分区,人防地下室区域也应具有相应的标识系统。因此,车库的墙面会分布大大小小的标识图案,这些图案的颜色在长期结露的环境下,会发花甚至失效(见图 6),从而影响标识的功能以及车库的整体美观程度。



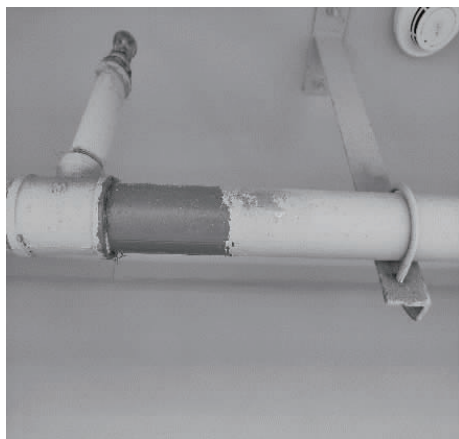


图5 管道涂料脱落



图6 墙面涂料受结露影响

### 3.3 表面霉变

由于经济性方面因素,石膏板仍被广泛用于地下车库电梯间前室等地下空间的吊顶材料,其长期结露受潮极易发生霉变(见图7),此外墙面若非防霉涂料,也会因长期受潮产生霉变,影响美观。由于地下室空气流通性差,地下车库空气质量受这些霉菌影响,会给人员健康造成威胁。

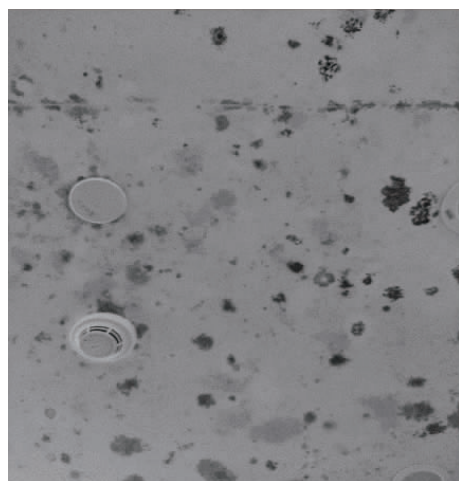


图7 地下室吊顶霉变

### 3.4 安全隐患

为提高地下车库的利用效率,车库除停车外一

般还设有重要的设备用房(如配电间、风机房等)。地下车库的消防和安技防要求较高,一般配备有重要的消防联动设备(烟感、温感、防火卷帘控制、挡烟垂壁控制等)和摄像机等。此外,为满足新能源汽车充电需求,车库还会配有充电桩等设备。这些电气化设备及线路长期处于高湿度的环境下,会引发故障或缩短正常使用寿命,甚至带来运营安全问题。

地面本身会因潮湿产生结露,墙面结露会流淌到地面,另外顶棚金属管道表面的结露积累到一定量之后也会滴落到地面,这些水分在未及时疏导时都会导致地面产生一定积水,给车辆行驶和人员行走造成一定安全隐患。

### 3.5 经济损失

上述危害均会造成经济损失。总结起来,结露带来的经济损失分为3类:一是消除结露本身所花费的代价(如除湿设备、除湿手段等);二是消除结露产生的影响所花费的代价(如处理霉变、修复设备等);三是由于结露产生的严重后果,给运营单位带来的赔偿损失(如车辆损失和医疗赔偿等)。

## 4 防治措施

### 4.1 设计方案手段

通过设计方案可在源头上有效控制结露问题的产生,设计手段按专业分类可分为土建和设备安装两大类。其中土建设计手段包括:合理设置车库平面布局 and 出入口位置,减少车库的转角和死角以及进深较深的区域范围(试验数据见表1);结合自行车停车区域指标设置架空层或夹层,可有效降低地下车库顶棚结露;对地下车库采用保温材料<sup>[4]</sup>,提高外墙内表面与土壤之间的热阻,从而提高外墙内表面温度,缓解结露现象。设备安装设计手段包括:在高档或者具有商业功能的地下车库配备空调设施,使得地下车库的温度高于空气的露点温度,避免产生结露;在地下车库出入口位置设置空气幕,可在梅雨季节及高温高湿天气减少室外空气进入地下室的量,从而降低结露现象的发生概率。

### 4.2 合理通风

根据结露形成的原理,选择合理的时间开启通风系统。在春秋季节,室外温度低于地下车库温度,不易形成结露,可开启通风系统,将夏季积累的湿气排出。而在高温高湿的夏季,不建议开启通风系统,以防结露现象变严重,应结合其他防结露措施一起使用,才能有效减少结露现象。

表 1 距离出入口不同距离的地下车库温度和结露情况

| 与出入口<br>距离 /m | 温度 /℃ | 结露情况 | 室外温度<br>/℃ | 室外相对<br>湿度 /% | 室外露点<br>温度 /℃ |
|---------------|-------|------|------------|---------------|---------------|
| 10            | 32.8  | 较轻   | 34.5       | 88            | 32.2          |
| 20            | 28.9  | 中等   |            |               |               |
| 30            | 23.2  | 严重   |            |               |               |
| 40            | 16.7  | 非常严重 |            |               |               |

注:距出入口 40 m 处为地下车库外墙。

4.3 提高使用频率

地下车库运营单位可通过其他管理措施或商业手段,提高人们对车库的使用频率。如上所述,若车库的使用频率提高,一方面地下车库的温度会显著上升,另一方面多余的水分也会被人员或车辆带走,从而降低产生结露的机率(影响情况见表 2)。

表 2 不同使用情况对相应区域结露的影响

| 当日车库车流量 / 次 | 结露情况 |
|-------------|------|
| 0           | 非常严重 |
| 32          | 严重   |
| 65          | 中等   |
| 103         | 较轻   |

4.4 除湿装置或除湿剂

在地下车库结露现象比较严重的部位考虑布置可移动且除湿能力较大的除湿装置,并根据处理需要改变其位置(试验数据见表 3)。另外可以通过在固定位置放置除湿剂的形式进行吸湿处理,并定期更换。在电气设备附近可放置适量除湿设备或除湿剂,以便其在正常环境下运转。

4.5 结露的疏导

为避免地面产生积水,消除安全隐患,可通过地面找坡设置集水沟,并将这些集水沟沿墙布置<sup>[5]</sup>,消除地面和墙面产生的结露并有效排至集水井。对于吊顶和管道表面的结露,可通过找坡的形式将结露向两边扩散至墙面并通过墙面疏导至集水沟。

表 3 使用除湿机对该区域相对湿度的影响

| 除湿机开启时长 /h | 相对湿度 /% |
|------------|---------|
| 0          | 99      |
| 2          | 96      |
| 4          | 94      |
| 6          | 89      |
| 8          | 84      |

5 结 语

(1)地下车库远离出入口和敞开区的位置结露现象相对较严重,这是由于围护结构更靠近周边土壤,温度较低,当低于空气露点温度时,即形成结露现象。

(2)造成结露现象的原因有很多,包括防水、气候、通风换热以及具体使用情况等,会对工程的质量和 经济造成一定威胁,可在设计方案阶段预先处理,或可通过合理通风、使用防结露涂料、提高使用频率、采用除湿装置等措施缓解。当已经产生结露现象时,可利用有效疏导措施降低危害。

参考文献:

[1]李玉屏.《地下防水工程质量验收规范》(GB 50208—2011)内容浅析 [C]// 全国第十五届防水材料技术交流大会论文集.长沙:中国硅酸盐学会房建材料分会防水材料专业委员会,2013:169-170,252.

[2] GB 50736—2012,民用建筑供暖通风与空气调节设计规范[S].

[3] 百度文库. 上海地区气候特征及地质条件 [EB/OL].[2023-08-07].  
[https://wenku.baidu.com/view/5a67615840323968011ca300a6c30c225901f0aa.html\\_wkts\\_=1691378645122&bdQuery=%E4%B8%8A%E6%B5%B7%E5%9C%9F%E5%A3%A4%E6%B8%A9%E5%BA%A6%E5%A4%9A%E5%B0%91](https://wenku.baidu.com/view/5a67615840323968011ca300a6c30c225901f0aa.html_wkts_=1691378645122&bdQuery=%E4%B8%8A%E6%B5%B7%E5%9C%9F%E5%A3%A4%E6%B8%A9%E5%BA%A6%E5%A4%9A%E5%B0%91).

[4] 陈银春.地下车库潮湿结露现象及防治措施浅析[J].住宅科技,2014,34(4):52-53.

[5] 张慧旭.地下室结露现象分析及解决方案研究[J].建筑节能,2010,38(2):17-18,28.

\*\*\*\*\*

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站:<http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:cdq@smedi.com