



北京市无供暖地下车库 冬季温度的测试分析

总装备部工程设计研究总院 李兆坚[☆] 刘 鹰 张晓航 吴 飞

摘要 针对寒冷地区地下车库是否需要设置供暖系统的争论,在典型低温气候条件下,对北京市一个无供暖地下车库的温度进行了实测。结果表明,该地下车库绝大部分区域的空气温度高于 0℃,口部附近空气温度低于 0℃,但消火栓及消防水管的表面温度仍高于 0℃;并对地下车库不设供暖系统的节能效益进行了分析,认为在消防系统采取适当防冻措施的前提下,寒冷地区地下车库不设供暖系统是可行的,而且可以产生节能减排效益和经济效益。

关键词 地下车库 无供暖 冬季温度状况 测试 北京市

Thermal conditions test and analysis of an unheated underground garage in Beijing in winter

By Li Zhaojian[★], Liu Ying, Zhang Xiaohang and Wu Fei

Abstract Aimed at the argument over whether underground garages need heating in cold areas, tests the thermal conditions of the garage in typical winter weather conditions. The results show that the air temperatures in most spots of the garage are higher than 0℃, the air temperature near the entrance or the exit is lower than 0℃, but the surface temperatures of fire hydrant and water pipe for fire fighting are still higher than 0℃. Analyses the energy-saving benefit of the measure without heating in the underground garage. Considers that the scheme that the underground garages do not be equipped with heating systems is acceptable in cold regions, on the condition that the suitable measures against freezing are taken to the fire fighting system, and it will produce significant benefits of energy-saving, environment and economy.

Keywords underground garage, without heating, thermal condition in winter, test, Beijing

★ Beijing Special Engineering Design and Research Institute, Beijing, China

①

0 引言

寒冷地区的地下车库是否需要设置供暖系统是目前争议较大的问题。一种观点认为:从汽车和消防系统冬季防冻的角度来说,设置供暖系统是有利的;如果不设供暖系统,水喷淋系统只能采用预作用式或干式系统,消火栓管道也需要设置电伴热,这会使消防系统的投资和能耗增加,而且现行 JGJ 100—98《汽车库建筑设计规范》^[1]也明确规定了“严寒地区和寒冷地区的汽车库内应设置采暖系统”,使停车库的温度达到 5~10℃,因此认为寒冷地区的地下车库应设置供暖系统;另一种观点则认为:设置供暖系统不仅会使地下车库的投资增加,而且会使其运行能耗和费

用大幅度增加,而设置供暖系统也不能解决车库出入口部消防水管的防冻问题,寒冷地区地下车库的自动喷淋灭火系统采用干式或预作用式系统、在消火栓水管上设置电伴热的方法可以解决消防水管的防冻问题,而 JGJ 100—98《汽车库建筑设计规范》中要求设置供暖系统的主要目的是为了解决车辆防冻问题,目前北方地区汽车冬季都添加防冻液,地下车库的温度也高于室外温度,因此地下车库中不存在车辆防冻问题,据此

①☆ 李兆坚,男,1962 年 8 月生,博士研究生,博士,研究员
100028 北京市 4702 信箱 4 室
(010) 66358595
E-mail: lzj_ntzj@yahoo.com.cn
收稿日期:2009-02-05

认为寒冷地区的地下车库无需设置供暖系统。北京市位于我国寒冷地区的北部,是寒冷地区的代表性城市之一。从工程实践来看,目前北京市一些地下车库设了供暖系统,一些地下车库没有设置供暖系统;另外有一些设置供暖系统的地下车库,为了节省供暖费用,其供暖系统没有投入运行。这种状况反映出相关设计和管理人员对车库是否设置供暖系统存在较大争议。两种观点争论的焦点是:如果寒冷地区地下车库不设置供暖系统,消防水管是否会出现冻结现象?目前有关方面主要是从理论上对此进行定性分析,但定性分析难以解决这一问题,需要在冬季典型的低温气候条件下对地下车库内部的温度场进行实际调查测试,而目前很少有研究人员进行这方面的详细测试分析,文献[2]只对北京市一个带窗井的地下车库中口部的水喷淋管周围的空气温度进行测试,只设置了 3 个测点,没有对消火栓水管的温度进行测试。为了搞清寒冷地区无供暖地下车库的实际温度状况,笔者于 2009 年 1 月对北京市一个无供暖的地下车库的温度场进行了比较详细的测试分析。

1 测试对象和测试方法简介

测试对象为北京市望京地区某住宅小区的机械化地下车库,该车库设在地下 1 层,位于绿化地带的下部,车库顶板上覆土厚 2.6 m,库内建筑面积为 4 400 m²,机械化停车位为 3 层升降式结构,共有 333 个车位,车道地面到顶板的高度为 3.8 m,出入口尺寸为 5 m×3 m,其平面图见图 1,该

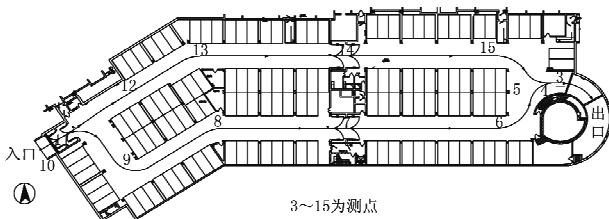


图 1 地下车库平面与测点位置

车库设置了机械排风系统,但没有设置供暖系统,出入口也没有设置热风幕。水喷淋消防系统采用预作用式,在所有消火栓水管上设置了电伴热装置,但电伴热装置一直没有开启。该车库启用不久,停车数量较少,大约只有 50 辆,因此车辆排热的加热作用很弱。该地下车库的机械排风系统间歇运行,测试期间机械排风系统没有运行,但由于

当时室外大风和热压等因素的作用,该车库有一定的自然通风量。笔者于 2009 年 1 月 22 日 23:00 和 1 月 23 日 05:30 两次对该地下车库的温度进行了测试。由于 1 月 23 日凌晨室外气温和车库内温度更低,因此本文主要介绍 1 月 23 日凌晨的测试结果。对该地下车库 15 个测点处的空气温度、地面温度、顶面温度和消防管道表面温度进行了测试。测点位置见图 1,其中测点 1 和 2 不在车库内。采用 RHLOG 型温度记录仪进行空气温度测试,空气温度的测点高度均为 1.2 m。采用红外温度计测量车库地面、顶面和消防管道表面的温度。图 2 为地下车库出口处的消火栓和消防管道。



图 2 地下车库出口处的消火栓和消防管道(测点 4)

2 测试期间的气象条件

2009 年 1 月 21 日晚北京市大风降温,气温大幅度下降,1 月 22 日北京市气象台天气预报气温为 -7~-13℃,风力为 5~6 级,实测最高气温为 -6.9℃;2009 年 1 月 23 日天气预报为 -7~-14℃,风力为 4~5 级,实测最高气温为 -7.2℃,平均气温为 -9.4℃,车库入口的实测最低温度达到 -12.6℃。测试期间的气温是该供暖季北京市最冷的气候条件,也是比较罕见的低温气候条件,因此在该气候条件下的测试结果具有较好的说服力。

3 温度场测试结果与分析

测试期间室外温度变化见图 3,该地下车库的

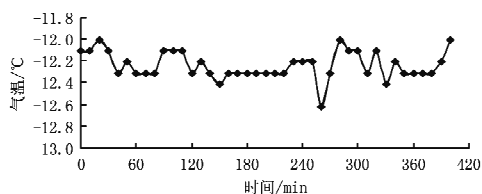
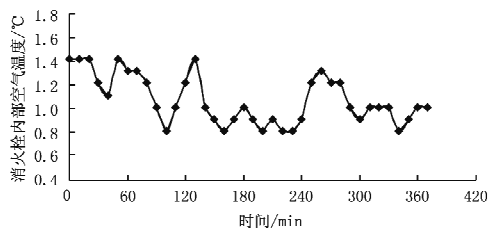


图 3 测试期间的室外气温测试结果(1月23日00:00-06:30)

温度场测试结果见表 1,该车库中环境温度最低的消火栓箱内部空气温度测试结果见图 4。从调查测试结果可以看出:

表 1 地下车库温度场测试结果

测点	测点位置	空气温度/ ℃	地面温度/ ℃	顶面温度/ ℃	消防管外表 面温度/℃
1	室外	-12.2	-7.6		
2	出入口入地处	-11.3	-2.4		
3	出口防火卷帘内侧	-9.7	2.6	1.6	1.4
4	出口处消火栓(见图 2)	-5.1	1.4(外表面)	3.0(墙面)	底部:1.3 顶部:3.9
5	出口门厅	-5.3	4.0	4.7	4.1
6	车库内部	-3.1	6.7	7.9	6.6
7	车库内部	0.3	8.1	8.2	7.1
8	车库内部	1.6	8.0	8.5	8.2
9	车库内部	2.3	7.9	8.6	8.0
10	进口防火卷帘外侧	-1.1	3.5	5.0	
11	进口防火卷帘内侧	2.1	5.4	6.7	6.4
12	车库内部	2.2	5.5	6.7	6.9
13	车库内部	1.7	5.7	6.8	6.7
14	车库内部	0.4	6.3	7.1	6.9
15	车库内部	-2.9	3.4	7.3	4.8

图 4 测点 4 消火栓内部空气温度测试结果
(1月23日 00:00-06:00)

1) 尽管该车库机械排风系统没有运行,但由于刮风和热压等作用,车库中仍有一定的自然通风量,自然通风的方向是:从车库的出口进风,从车库的排风口以及与住宅的连接通道排风,车库进口的风向处于波动状态,但大多数时段是处于排风状态。

2) 由于地下车库的埋深都在冻土层以下,在冬季低温条件下,其周边的土壤温度大大高于室外空气温度,由于土壤的加热作用,地下车库中绝大部分区域的空气温度高于 0℃。由于冷风渗透作用,在车库进口和出口附近的局部区域的空气温度会低于 0℃,但在这些部位,其顶部、地面和墙面的温度仍显著高于 0℃,由于冷空气的下沉作用,车库内部的顶部温度通常高于地面温度。设置供暖系统通常会增强热压作用,加强车库的冷风渗透作用,而口部通常是进风口,所以设置供暖系统并不能防止车库口部附近局部区域的空气温度低于 0℃。通过对其他一些地下车库的调查发现,一些设置供暖系统的地下车库,其口部的消防水管仍然出现了冻结现象,因此对于设置供暖系统的地下车库,其口部的消防

水管仍然需要采取电伴热等防冻措施。

3) 该车库中环境温度最低的消火栓是位于出口处的消火栓,见图 2。该消火栓内部空气温度测试结果见图 4,可见,环境温度达到 -5.1℃,在电伴热没有开启的情况下,由于墙体的加热作用,该消火栓内部温度、消防管道外表面温度均高于 0℃,没有出现冻结现象。但该消火栓内部温度最低为 0.8℃,接近冰点,考虑到寒冷地区不同地下车库的差异性和出现极端低温气候条件的可能性,地下车库口部区域的消防管道仍然存在冻结危险,这些部位是消防水管防冻工作的重点,无论地下车库是否设置供暖系统,其口部区域的消防水管均应采取防冻措施。

4) 根据测试得到的车库温度场分布特点,在消防水系统设计时应采取下列防冻措施:① 口部附近的消火栓应避免正对出入口的部位;② 尽可能采用墙体嵌入式消火栓;③ 消防水管尽可能靠近顶部或侧墙敷设;④ 水喷淋系统采用预作用式或干式系统;⑤ 车库口部附近的消火栓水管应设置电伴热,存水的消防水管应适当保温。采取这些措施可以有效地防止消防水系统出现冻结现象,因此寒冷地区的地下车库可以不设置供暖系统。另外宜在环境温度最低的消火栓处设置自动温控装置,当其温度低于 2℃时开启电伴热装置,当温度高于 2℃时电伴热装置停止加热,这样既可以防止消防水管冻结,又可以大幅度减少消防管道电伴热的能耗。值得注意的是,对一些地下车库的调查发现个别采用了防冻的预作用式水喷淋系统的地下车库,其口部的的水喷淋管道依然出现了冻坏的现象,因此对于采用了预作用式水喷淋系统的地下车库,在维护管理时,应注意检查管道中调试后存水是否放净、预作用阀是否有渗漏等问题,设计时也应考虑管道的排水坡度和泄水问题。

4 地下车库取消供暖系统的节能效益分析

地下车库取消供暖系统后,虽然使供暖能耗减少,但需要增加电伴热能耗,因此地下车库取消供暖系统到底有多少节能效益?这是争论的另一个焦点,因此有必要对此进行综合分析。目前地下车库排风机等用能设备的实际运行情况与设计工况往往有较大区别,在分析地下车库能耗时,应尽可能按实际情况进行,本文采用的一些基础参数和算法如下。

4.1 供暖通风能耗计算

车库机械排风的风量按 6 h^{-1} 换气次数设计^[1],排风机的额定功率为 30 kW,实际能耗按安装功率的 80%估算。车库排风系统通常都是间歇运行,实际运行时间较短,根据一些调查结果,排风机按全天中 1/5 时间运行来考虑。冬季供暖室外设计计算温度为 $-7.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ^[3],供暖车库的温度按 $5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 计算,地下车库的供暖设计热负荷通常按通风换气的设计热负荷计算,供暖期时间为 122 d,根据对供暖季地下车库供暖热负荷变化情况的计算分析结果,供暖期地下车库的平均热负荷按最大热负荷的 60%估算。由于地下车库供暖系统通常为热水集中供暖系统,其调节性能差,实际运行时通常并不按热负荷变化情况进行调节,因此实际能耗通常会更高。假定供暖系统由燃煤锅炉供热,综合考虑锅炉效率和管网损失,在计算供暖的一次能耗时,供暖系统综合供热效率按 60%计算。

4.2 照明与电伴热能耗计算

该车库正常照明的总功率为 15 kW,按 60%开启率计算照明能耗(该车库照明灯具的实际开启率只有约 30%)。该车库所有消火栓系统水管均设置电伴热,其总功率为 20 kW。调查测试结果表明,电伴热装置基本上无需开启,但为了保险起见,在大风降温室外温度低于 $-9 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 的情况下,需要开启消防水管的电伴热装置,根据北京市典型气候年的气象参数^[3]分析,气温低于 $-9 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 的时间累计为 122 h,因此按一个冬季开启 15 d 计算是比较安全的。

4.3 地下车库能耗计算结果分析

为了对不同形式的能耗进行比较,将电耗和供暖能耗统一折算为一次能耗(标准煤,其低位发热量为 29.3 MJ/kg),我国终端供电电能的综合折算系数(折合为标准煤)约为 0.41 kg/(kWh) ^[4]。该地下车库能耗的分项计算分析结果见表 2,设置供暖系统和不设置供暖系统两种方案的地下车库总能耗计算结果见表 3。表 3 中设置供暖系统方案的能耗中没有考虑电伴热的能耗,实际上,对于设置供暖的地下车库,其口部的消火栓管道通常也需要设置电伴热。

表 2 地下车库能耗分项组成分析

	照明	通风机电动机	供暖系统	电伴热
设计指标/ (W/m^2)	3.4	6.8	95	4.5
年能耗指标/ $(\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a}))$	17.9	9.5	167	1.6
一次能耗(标准煤)指标/ $(\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a}))$	7.3	3.9	34	0.66

表 3 地下车库总能耗对比分析(标准煤)

供暖方案	一次能耗标准煤指标/ $(\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a}))$
设置供暖系统	45.2
不设置供暖系统	11.9

由表 3 可见,设置供暖系统会使地下车库的综合能耗增加 2.8 倍,每 m^2 建筑面积每年多消耗标准煤 33.3 kg,长年累月将浪费大量能源。随着我国城市汽车数量的快速增加,城市地下车库的数量也越来越多,因此寒冷地区地下车库不设供暖系统可以产生十分显著的节能减排效益,还可以节省大量建设投资和供暖费用、增加车库的有效空间、减少维护管理工作量,其经济效益也十分显著。因此寒冷地区地下车库不设供暖系统不仅技术可行,而且利国利民。

5 结论

在大风降温的典型低温气候条件下,对北京市一个无供暖、无热风幕的地下车库的温度状况进行测试分析,主要结论如下。

5.1 该地下车库中绝大部分区域的空气温度高于 $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 。在车库进出口附近局部区域的空气温度显著低于 $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$,但这些部位的顶部、地面和墙面的温度仍高于 $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 。在电伴热没有开启的情况下,在车库内空气温度达到 $-5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 区域内,消火栓内部温度、消防管道外表面温度仍高于 $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$,但接近冰点。可见在地下车库内部的绝大部分区域消防管道不存在冻结问题,但在其口部附近区域的消防管道存在冻结危险,这些部位是消防水管防冻工作的重点,无论地下车库是否设置供暖系统,其口部区域的消防水管均应采取防冻措施。

5.2 在地下车库的消防系统设计时可采取下列防冻措施:消火栓避开正对出入口的部位,消防水管尽可能靠近顶部或墙体敷设,采用预作用式或干式自动喷水灭火系统,口部附近的消火栓水管设置电伴热,消火栓水管适当保温。采取这些措施可以有效防止无供暖地下车库的消防水系统出现冻结现象。对于预作用式水喷淋系统,也应注意检查管道中调试后存水是否放净、预作用阀是否渗漏等防冻问题。

5.3 地下车库设置供暖系统不仅会使投资增加,而且会使车库运行能耗和费用大幅度增加,对于所调查的地下车库,设置供暖系统会使其运行能耗增加 2.8 倍,寒冷地区的地下车库取消供暖系统不仅可行,而且可以产生十分显著的节能减排效益和经济效益。因此寒冷地区的地下车库不应设置供暖

(下转第 25 页)