



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 44288—2024

## 城市轨道交通车辆 空调系统

Urban rail transit vehicles—Air conditioning system

2024-08-23 发布

2024-12-01 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布



目 次

前言 ..... III

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 1

4 车辆类别 ..... 3

5 系统构成 ..... 3

6 总体要求 ..... 3

7 舒适度 ..... 4

8 主要部件 ..... 7

9 控制 ..... 9

10 试验 ..... 10

11 检验规则 ..... 22

12 标志 ..... 27

13 包装、运输和贮存 ..... 27

附录 A（规范性） 乘客散热散湿量 ..... 29

附录 B（资料性） 车内设定温度曲线 ..... 30

附录 C（规范性） 车内舒适区域测点布置 ..... 32

附录 D（规范性） 舒适区域空气相对湿度 ..... 34

附录 E（规范性） TL1 级试验程序 ..... 36

附录 F（规范性） TL2 级试验程序 ..... 37

附录 G（规范性） 当量太阳负荷 ..... 39

附录 H（规范性） 内表面传感器布置 ..... 40

附录 I（规范性） 车外传感器布置 ..... 41

参考文献 ..... 42



## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中华人民共和国住房和城乡建设部提出。

本文件由全国城市轨道交通标准化技术委员会（SAC/TC 290）归口。

本文件起草单位：中车南京浦镇车辆有限公司、中国中车股份有限公司、中车青岛四方车辆研究所有限公司、中车青岛四方机车车辆股份有限公司、中车长春轨道客车股份有限公司、中车大连机车车辆有限公司、中南大学、西南交通大学、上海申通地铁集团有限公司、深圳市地铁集团有限公司、南京地铁集团有限公司、杭州市地铁集团有限责任公司、北京市地铁运营有限公司、石家庄国祥运输设备有限公司、山东朗进科技股份有限公司、金鑫美莱克空调系统（无锡）有限公司。

本文件主要起草人：黄文杰、胡基贵、朱建春、闫磊、龚继如、沙文兵、王春萌、王永鏢、王胜光、尤立伟、臧兰兰、伍钒、陈春俊、奚笑冬、肖滋洪、何玉琴、秦征、郭燕辉、冯旭伟、王绅宇、王正根、郭柏龄、孙方、李拥军。





# 城市轨道交通车辆 空调系统

## 1 范围

本文件规定了城市轨道交通车辆空调系统的车辆类别、系统构成、总体要求、舒适度、主要部件、控制、试验、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于最高运行速度不大于 160 km/h 的城市轨道交通车辆空调系统（以下简称“空调系统”）。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 191 包装储运图示标志
- GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温
- GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温
- GB/T 9237 制冷系统及热泵 安全与环境要求
- GB/T 21413.1 轨道交通 机车车辆电气设备 第1部分：一般使用条件和通用规则
- GB/T 21562 轨道交通 可靠性、可用性、可维修性和安全性规范及示例
- GB/T 21563 轨道交通 机车车辆设备 冲击和振动试验
- GB/T 24338.4 轨道交通 电磁兼容 第3-2部分：机车车辆 设备
- GB/T 33193.1 铁道车辆空调 第1部分：舒适度参数
- GB/T 34571 轨道交通 机车车辆布线规则
- GB/T 40233—2021 热环境的人类工效学 物理量测量仪器
- TB/T 1802 铁道车辆水密性试验方法
- TB/T 1804 铁道车辆空调 空调机组
- TB/T 2704 铁道客车及动车组电取暖器

## 3 术语和定义

GB/T 33193.1 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**空调系统** **air conditioning system**

用于制冷、除湿、制热和（或）通风的系统。

### 3.2

**舒适度** **comfort**

人对温度、湿度、风速等气候环境的适意感觉。

[来源：GB/T 33193.1—2016，3.1，有修改]

3.3

**舒适区域** **comfort envelope**

通常为乘客或司机占用的区域。

3.4

**新风** **fresh air**

从车辆外部获取的空气。

3.5

**微风速** **air speed**

舒适区域的气流速度。

3.6

**空调机组** **air conditioning unit**

处理空气并以一定的方式送入车内，使车内空气的温度、相对湿度、清洁度和气流速度控制在预定范围内的装置。

[来源：TB/T 1804—2017，3.1，有修改]

3.7

**通风器** **ventilator**

在自然风作用下，利用车内外压差的一种排气装置。

3.8

**排风单元** **exhaust air unit**

通过机械作用将空气排到车外的装置或单元。

3.9

**紧急通风** **emergency ventilation**

主电源输入异常后的通风。

3.10

**预热** **preheating**

车辆运行前提高车内温度的过程。

[来源：GB/T 33193.1—2016，3.4，有修改]

3.11

**预冷** **precooling**

车辆运行前降低车内温度的过程。

[来源：GB/T 33193.1—2016，3.5，有修改]

3.12

**车内设定温度** **interior temperature setting**

$T_{ic}$

车辆内部空气温度的目标值。

3.13

**车内平均温度** **mean interior temperature**

$T_{im}$

舒适区域内距离地板面高度 1.1 m 处空气温度的算术平均值。

[来源：GB/T 33193.1—2016，3.9，有修改]

3.14

**车外平均温度** **mean exterior temperature**

$T_{em}$

车辆外部空气温度的算术平均值。



[来源：GB/T 33193.1—2016，3.10，有修改]

### 3.15

**水平温差** **horizontal temperature range**

$\Delta T_h$

在规定高度的水平截面上内部空气温度最大值与最小值的差。

### 3.16

**垂直温差** **vertical temperature range**

$\Delta T_v$

坐位或站位的车内空气温度在垂直方向最大值与最小值的差。

### 3.17

**当量太阳负荷** **equivalent solar load**

$E_n$

与发光源辐射的热流方向垂直的  $1 \text{ m}^2$  表面接收到的总热量。

注：该热量为发光源辐射热流方向与水平面成  $30^\circ$  倾斜角时的热量。

### 3.18

**稳定运行** **stabilized operation**

车内平均温度 ( $T_{im}$ ) 与车内设定温度 ( $T_{ic}$ ) 的偏差保持在一定范围内的运行状态。



## 4 车辆类别

4.1 车辆根据站立乘客数和站间平均运行时间，分为Ⅰ类车和Ⅱ类车。

4.2 在额定载客情况下，将站立乘客数不大于  $4 \text{ 人/m}^2$  且站间平均运行时间大于  $3 \text{ min}$  的车辆划为Ⅰ类车，其余划为Ⅱ类车。

## 5 系统构成

5.1 空调系统宜由空调机组、废排装置、风道、控制单元、电取暖器及其他部件构成。

5.2 空调机组按结构可分为单元式和分体式；按功能可分为单冷型、电热型、热泵型和热泵+电热型。

5.3 废排装置采用排风单元或通风器。

5.4 风道宜由新风道、送风道、回风道和排风道组成。新风道宜集成至空调机组内部，回风道和排风道宜由车辆内部结构构成。

5.5 控制单元宜单独设置为空调控制柜或控制盘，或集成至空调机组内或其他电气柜内。

5.6 电取暖器分为自然通风电取暖器和强制通风电取暖器，宜设置在车内。

5.7 其他部件根据车辆设计要求设置，包含压力保护装置、司机室通风单元、幅流风机、紧急通风逆变器 and 排水装置等。

## 6 总体要求

6.1 空调系统设计应包括下列舒适度参数：

- a) 舒适区域的空气温度，包括车内平均温度、水平温差、垂直温差；
- b) 舒适区域的空气相对湿度；
- c) 舒适区域的车辆内表面温度；
- d) 舒适区域的微风速和车内正压；

- e) 空气质量，包括进入舒适区域的新风量、空气过滤等级。
- 6.2 在夏季车外温度不高于 40℃ 或冬季车外温度不低于车外计算温度的条件下，舒适度指标应符合 7.3 的规定。
- 6.3 客室在额定载客时，人均新风量不应低于 10 m<sup>3</sup>/h。
- 6.4 司机室人均新风量不应低于 30 m<sup>3</sup>/h。
- 6.5 在预冷、预热或火灾等特定模式下，新风量可不符合 6.3 和 6.4 的规定。
- 6.6 在主电源故障情况下，应向客室和司机室提供紧急通风。
- 6.7 紧急通风应为全新风，且在超员载客时，人均新风量不应低于 8 m<sup>3</sup>/h。
- 6.8 当车辆静止时，空调在门窗关闭、缝隙和孔洞不严密处不加人为封堵的正常通风模式下，车内应保持 10 Pa~50 Pa 的正压。
- 6.9 空调系统各部件防火要求和有害物质限量应符合车辆总体设计要求。
- 6.10 空调系统各部件外观、尺寸、标志及质量等应符合设计图样及技术文件要求。
- 6.11 空调系统可靠性、可用性、可维修性和安全性要求应符合 GB/T 21562 的规定，可靠性指标应符合车辆分配的各项指标要求。
- 6.12 车内压力变化率可通过压力保护装置或风阀控制实现。

## 7 舒适度

### 7.1 设计条件

#### 7.1.1 车外计算温度及相对湿度

各城市夏季、冬季车外计算温度及相对湿度符合下列规定：

- a) 全地面线路车辆宜符合 GB 50736 的规定；
- b) 全地下线路车辆宜符合 GB/T 51357 的规定；
- c) 非全地下线路车辆宜按全地面和全地下计算，应取两者中较大的负荷为设计条件。

#### 7.1.2 太阳辐射强度

太阳辐射强度符合下列规定：

- a) 在计算夏季制冷量时，除全隧道运行车辆外，均应计算太阳辐射；
- b) 太阳辐射逐时值宜符合 GB 50736 的规定；
- c) 当采用当量太阳负荷值设计计算时，主要代表城市当量太阳负荷值宜符合表 1 的规定，其他城市可按照表 1 执行。

表 1 当量太阳负荷值

当量太阳负荷值 ( $E_n$ ) W/m <sup>2</sup>	主要代表城市
800	澳门、长沙、成都、重庆、福州、广州、贵阳、海口、杭州、合肥、昆明、拉萨、南昌、南京、南宁、上海、台北、武汉、香港、西宁等
700	北京、济南、石家庄、天津、乌鲁木齐、西安、郑州等
600	长春、哈尔滨、呼和浩特、兰州、沈阳、太原、银川等

#### 7.1.3 极端外部条件

- 7.1.3.1 当夏季车外温度高于车外计算温度但不超过 10 K 时，空调机组应正常运行，且不应减载。

7.1.3.2 当夏季车外温度高于车外计算温度 10 K 以上但不超过 15 K 时，空调机组可减载运行，不宜停机。

7.1.3.3 当夏季车外温度高于车外计算温度 15 K 以上时，空调机组可仅通风运行。

7.1.3.4 当冬季车外温度不低于  $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$  时，热泵型空调机组可热泵运行。

7.1.3.5 当冬季车外温度低于  $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$  时，热泵型空调机组可停止热泵运行。

#### 7.1.4 列车运行速度

当计算夏季冷负荷时，列车运行速度宜采用零速；当计算冬季热负荷时，列车运行速度宜采用旅行速度。

#### 7.1.5 车内计算温度及相对湿度

在 7.1.1 规定的条件下，夏季车内计算温度及相对湿度不应高于表 2 的规定，冬季车内计算温度不应低于表 3 的规定。

表 2 夏季车内计算温度及相对湿度

I 类车		II 类车	
客室	司机室	客室	司机室
27 $^{\circ}\text{C}$ ，60%	26 $^{\circ}\text{C}$ ，60%	28 $^{\circ}\text{C}$ ，65%	27 $^{\circ}\text{C}$ ，65%

表 3 冬季车内计算温度

车外计算温度条件	I 类车		II 类车	
	客室	司机室	客室	司机室
$<-20\text{ }^{\circ}\text{C}$	18 $^{\circ}\text{C}$	18 $^{\circ}\text{C}$	10 $^{\circ}\text{C}$	14 $^{\circ}\text{C}$
$-20\text{ }^{\circ}\text{C}\sim-10\text{ }^{\circ}\text{C}$	18 $^{\circ}\text{C}$	18 $^{\circ}\text{C}$	15 $^{\circ}\text{C}$	18 $^{\circ}\text{C}$
$>-10\text{ }^{\circ}\text{C}$	20 $^{\circ}\text{C}$	20 $^{\circ}\text{C}$	18 $^{\circ}\text{C}$	18 $^{\circ}\text{C}$

#### 7.1.6 人员散热和散湿

7.1.6.1 乘客在不同车内温度下散发的显热、潜热及散湿量应符合附录 A 的规定。

7.1.6.2 计算乘客总散湿和总散热时，宜设群集系数，宜为 0.955。

### 7.2 车内设定温度

#### 7.2.1 制冷

制冷时，车内设定温度 ( $T_{ic}$ ) 与车外平均温度 ( $T_{em}$ ) 的关系见附录 B。

#### 7.2.2 制热

制热时，车内设定温度 ( $T_{ic}$ ) 与车外平均温度 ( $T_{em}$ ) 的关系见附录 B。

### 7.3 舒适度指标

#### 7.3.1 舒适区域温度

##### 7.3.1.1 车内设定温度 ( $T_{ic}$ ) 与车内平均温度 ( $T_{im}$ ) 变化范围

7.3.1.1.1 当空调机组按 7.2.1 的规定工作并进入稳定运行状态后， $T_{ic}$  与  $T_{im}$  的偏差应控制在  $\pm 1.5\text{ K}$ 。

7.3.1.1.2 当空调机组按 7.2.2 的规定工作并进入稳定运行状态后,  $T_{ic}$  与  $T_{im}$  的偏差应控制在  $\pm 2$  K。

#### 7.3.1.2 车内水平温差 ( $\Delta T_h$ )

在附录 C 规定的车辆平面上, 1.1 m 高度处的  $\Delta T_h$  应符合下列规定:

- a) 对于 I 类车,  $\Delta T_h$  不大于 3 K;
- b) 对于 II 类车,  $\Delta T_h$  不大于 5 K。

#### 7.3.1.3 车内垂直温差 ( $\Delta T_v$ )

在附录 C 规定的车辆断面上,  $\Delta T_v$  应符合下列规定:

- a) 对于 I 类车,  $\Delta T_v$  不大于 4 K;
- b) 对于 II 类车,  $\Delta T_v$  不大于 6 K。

#### 7.3.2 舒适区域相对湿度

舒适区域空气平均相对湿度应符合附录 D 的规定。

#### 7.3.3 舒适区域与其周围表面温度

除预冷和测试模式外的制冷模式下, 车内出风口处空气温度不应低于 12 °C。在制热模式下, 符合下列规定:

- a) 车厢内加热元件罩板的表面温度不应高于 65 °C;
- b) 除预热模式外, 扩散到乘客区域的空气温度不应高于 45 °C, 且不应低于 10 °C;
- c) 对于侧墙和车顶内表面温度, I 类车不宜低于  $T_{im}$  10 K, II 类车不宜低于  $T_{im}$  13 K;
- d) 车窗内表面温度不宜低于  $T_{im}$  15 K;
- e) 侧墙和车顶内表面、车窗内表面和地板内表面温度不宜低于 3 °C。

#### 7.3.4 微风速

舒适区域的微风速不应大于 0.9 m/s。

#### 7.3.5 空气质量

##### 7.3.5.1 新风量

新风量应符合第 6 章的规定。

##### 7.3.5.2 空气过滤

混合风过滤网的过滤等级不宜低于 ISO 16890-1 规定的 ISO Coarse 50%。

#### 7.4 其他要求

##### 7.4.1 车门开关循环

车内温度稳定后, 开关车辆一侧的车门 10 个周期, 在 10 个开关周期内,  $T_{ic}$  与每次开门前的  $T_{im}$  的偏差均应符合 7.3.1.1 的规定。车门开关周期宜符合表 4 的规定。

表 4 车门开关周期

车门开关持续时间	车辆类别	
	I 类车	II 类车
开门持续时间	30 s	20 s
关门持续时间	5 min	2 min
注：以 I 类车为例，车门开启 30 s 后关闭车门，5 min 后再开启车门，计为一个周期。		

7.4.2 车体传热系数（*K* 值）

当车辆静止时，*K* 值不应大于表 5 的规定。

表 5 静止车辆的 *K* 值

车外计算温度条件	I 类车的 <i>K</i> 值 W / ( m <sup>2</sup> · K )	II 类车的 <i>K</i> 值 W / ( m <sup>2</sup> · K )
< -20 °C	2.0	2.5
-20 °C ~ -10 °C	2.2	2.8
> -10 °C	2.5	3.0

8 主要部件

8.1 空调机组

- 8.1.1 盖板可踩踏区域应设有防滑措施。
- 8.1.2 空调机组应采用环保型制冷剂，制冷剂及其系统应符合 GB/T 9237 的规定。
- 8.1.3 按 TB/T 1804 规定的额定制冷工况进行试验，其能效比符合下列规定：
- a) 采用 R407C、R410A 制冷剂的空调机组，制冷能效比不应低于 2 级；
  - b) 采用 R513A、R134a 制冷剂的空调机组，制冷能效比不应低于 3 级；
  - c) 采用 R744 制冷剂的空调机组，制冷能效比不应低于 4 级。
- 8.1.4 空调机组额定制冷量优选系列符合下列规定：
- a) 客室空调机组额定制冷量宜为 29 kW、37 kW、40 kW 和 44 kW；
  - b) 司机室空调机组额定制冷量宜为 4.5 kW。
- 8.1.5 空调机组额定制热量优选系列符合下列规定：
- a) 客室空调机组额定制热量宜为 6 kW、9 kW、12 kW 和 18 kW；
  - b) 司机室空调机组额定制热量宜为 2.1 kW 和 3 kW；
  - c) 采用电加热器制热的空调机组，客室空调机组的电加热器功率不宜大于 18 kW，司机室空调机组的电加热器功率不宜大于 3 kW；
  - d) 采用热泵制热的空调机组，其热泵制热量不受上述限制。
- 8.1.6 当单元式空调机组按 TB/T 1804 进行噪声测试时，其噪声声压级不应大于 75 dB（A）。
- 8.1.7 按 TB/T 1804 测量的空调机组绝缘电阻不应小于 5 MΩ。
- 8.1.8 当设计工况制冷和热泵设计工况制热时，制冷量和制热量应符合车辆设计要求。
- 8.1.9 在极端高温工况且高压保护装置不动作的条件下，空调机组应连续运转 1 h。

8.1.10 冲击和振动应符合 GB/T 21563 的规定，其中模拟长寿命振动试验的加速度比例系数宜为 5.66。

8.1.11 空调机组应有可靠的排水结构，运用中凝结水及雨水不应渗漏或吹入车厢内部。

8.1.12 空调机组蒸发腔内焊缝应密封，冷凝水应顺利排出。空调机组进行喷水试验时，与车体接口部位及接缝处不应漏水，冷凝器腔的水应顺利排出。

8.1.13 有气密性要求的空调机组，应进行气密性试验。气密性试验符合下列规定：

- a) 160 km/h 速度等级车辆，空调机组空气处理腔内部气体压力从 2 600 Pa 降至 1 000 Pa 的时间不应低于 100 s；
- b) 160 km/h 速度等级以下车辆，空调机组空气处理腔内部气体压力从 2 100 Pa 降至 1 000 Pa 的时间不应低于 50 s。

8.1.14 空调机组其他要求应符合 TB/T 1804 的规定。

## 8.2 风道

8.2.1 主体结构宜采用铝合金或轻质复合材料，且应便于清洁，风道主体寿命应与车辆设计寿命一致。

8.2.2 送风道内平均风速宜为 5 m/s~8 m/s，送风口处平均风速宜为 1 m/s~3 m/s。

8.2.3 风道应采用隔热设计，隔热材料应能防霉、防腐，且风道内外部不应出现凝结水。

8.2.4 风道应采用降噪设计，宜在内部设置消音棉。

8.2.5 新设计或有重大改动的风道，应与空调机组配套进行地面通风试验。试验测得的新风量和送风量不应低于设计要求值，出风口送风量与设计送风量偏离值宜为  $\pm 20\%$ 。

## 8.3 控制单元

8.3.1 控制单元应控制空调系统部件运行，并进行故障诊断。

8.3.2 控制单元应具有集中控制和本车控制模式。

8.3.3 电气部件设计应符合 GB/T 21413.1 的规定。

8.3.4 布线规则应符合 GB/T 34571 的规定。

8.3.5 电磁兼容性应符合 GB/T 24338.4 的规定。

8.3.6 冲击和振动应符合 GB/T 21563 的规定，其中模拟长寿命振动试验的加速度比例系数宜为 5.66。

8.3.7 控制单元应便于日常维护、测试和吊装。

8.3.8 显示屏、旋钮开关等常用的操作部件的布置应便于操作。

8.3.9 控制单元应与空调机组配套联调试验，控制功能应正常。

8.3.10 绝缘电阻测量应按 TB/T 1804 的规定执行，绝缘电阻不应小于 5 M $\Omega$ 。

8.3.11 介电强度试验应按 TB/T 1804 的规定执行，历时 1 min，应无击穿和闪络，泄漏电流不应大于 30 mA。非首次试验时，试验电压可降为首次电压的 85%。

## 8.4 通风单元

8.4.1 通风量应分档调节，各档位通风量应符合设计要求。

8.4.2 绝缘电阻测量应按 TB/T 1804 执行，绝缘电阻不应小于 5 M $\Omega$ 。

8.4.3 介电强度试验应按 TB/T 1804 执行，历时 1 min，应无击穿和闪络，泄漏电流不应大于 30 mA。非首次试验时，试验电压可降为首次电压的 85%。

8.4.4 PTC 加热元件的制热功率可为额定值的 100%~115%，电加热管的制热功率可为额定值的 90%~110%，电加热安全要求应符合 TB/T 1804 的规定。

8.4.5 冲击和振动应符合 GB/T 21563 的规定，其中模拟长寿命振动试验的加速度比例系数宜为 5.66。

8.4.6 当通风单元以最高通风量运行时，噪声声压级不应大于 65 dB(A)。

## 8.5 电取暖器

8.5.1 电取暖器宜安装于侧墙或座椅下，应便于维护和更换。

8.5.2 外罩应有良好通风散热功能。

8.5.3 外罩进出风口应防止异物进入。

8.5.4 其他要求应符合 TB/T 2704 的规定。

## 8.6 废排装置

8.6.1 主体结构宜采用不锈钢或铝合金等耐腐蚀材料，主体结构寿命应与车辆设计寿命一致。

8.6.2 废排装置宜设有防寒结构，不应出现凝结水或结冰现象。

8.6.3 通风器可根据车内外压差自动调节排风量，车内正压应符合 6.8 的规定。

8.6.4 排风单元通风量应与新风量相匹配。

8.6.5 排风单元绝缘电阻测量应按 TB/T 1804 的规定执行，绝缘电阻不应小于 5 MΩ。

8.6.6 排风单元介电强度试验应按 TB/T 1804 的规定执行，历时 1 min，应无击穿和闪络，泄漏电流不应大于 30 mA。非首次试验时，试验电压可降为首次电压的 85%。

8.6.7 当排风单元以额定通风量运行时，噪声声压级不应大于 68 dB(A)。

8.6.8 冲击和振动应符合 GB/T 21563 的规定，其中模拟长寿命振动试验的加速度比例系数宜为 5.66。

8.6.9 集成控制单元、电源类部件（含变频器）的排风单元应进行电磁兼容性试验，且应符合 GB/T 24338.4 的规定。

8.6.10 进入废排装置的水应能顺利排出，且不应渗入车辆内部及车辆安装接口处。

## 9 控制

### 9.1 通则

空调系统应采用微机控制，且应具有列车网络通信功能。

### 9.2 控制功能

9.2.1 可实现预冷、预热、制冷、制热、通风、紧急通风、减载、火灾和最大新风等控制模式。

9.2.2 可实现集中控制和本车控制，应将运行状态和故障信息上传至列车控制及管理系统。

9.2.3 通风机、压缩机、冷凝风机的启停应设置连锁控制，并应设置启停时序。

9.2.4 当通风机不启动时，电加热器不应启动，并应设置启停时序。

9.2.5 应实现压缩机累积运行时间的均匀性。

9.2.6 通风机、压缩机、冷凝风机应设有过载和短路保护。

9.2.7 应根据高低压力保护装置的反馈信号对压缩机进行保护。

9.2.8 应具有故障诊断、故障分级、故障存储和故障查询功能。

### 9.3 控制模式

#### 9.3.1 预冷模式

当空调首次上电、车内无乘客且  $T_{im} \geq T_{ic} + 3\text{ }^{\circ}\text{C}$  时，应启动预冷模式，空调机组应工作在全回风制冷模式。当  $T_{im} \leq T_{ic}$  或预冷时间达到 30 min 或开始上线载客运行时，应退出预冷模式。

#### 9.3.2 预热模式

当空调首次上电、车内无乘客且  $T_{im} \leq T_{ic} - 3\text{ }^{\circ}\text{C}$  时，应启动预热模式，空调机组应工作在全回风制



热模式。当  $T_{im} \geq T_{ic}$  或预热时间达到 30 min 或开始上线载客运行时，应退出预热模式。

### 9.3.3 制冷模式

当车内有制冷需求时，应启动制冷模式，检测  $T_{em}$  和  $T_{im}$ ，并应根据  $T_{ic}$  自动控制空调机组子部件工作状态。

### 9.3.4 制热模式

当车内有制热需求时，应启动制热模式，检测  $T_{em}$  和  $T_{im}$ ，并应根据  $T_{ic}$  自动控制空调机组子部件及电取暖器的工作状态。

### 9.3.5 通风模式

当车内无制冷、制热需求时，可启动通风模式，仅开启空调机组的通风机和废排风机。

### 9.3.6 紧急通风模式

当接收到紧急通风命令或主电源输入异常时，应启动紧急通风模式，仅开启通风机和废排风机，向车内输送全新风。当接收到紧急通风取消命令或主电源恢复正常时，应退出紧急通风模式。

### 9.3.7 减载模式

当接收到减载命令或检测到部分辅助变流器故障时，应启动减载模式，该模式下空调机组应减少制冷和制热输出或转为通风模式。

### 9.3.8 火灾模式

当接收到外部火灾信号时，应关闭新风阀和废排风阀，其他控制逻辑维持不变。当接收到内部火灾信号时，本节车辆的空调机组应停机。

### 9.3.9 最大新风模式

最大新风模式可由司机或地面远程单独控制。当接收到最大新风命令时，应仅通过调节新风阀和回风阀开度或改变通风机工作频率提高新风量，其他控制逻辑维持不变，此时车内正压值不应大于 50 Pa。

注：最大新风模式为可选模式。

## 10 试验

### 10.1 部件试验

#### 10.1.1 空调机组

##### 10.1.1.1 通则

空调机组试验应符合 TB/T 1804 的规定。

##### 10.1.1.2 试验工况条件

设计制冷工况、极端高温工况和热泵设计制热工况试验应按表 6 执行，其余工况应符合 TB/T 1804 的规定。



表 6 设计制冷工况、极端高温工况和热泵设计制热工况

单位为摄氏度

试验项目		室内侧进气参数		室外侧进气参数	
		干球温度 ( $T_{\text{DBmix}}$ )	湿球温度 ( $T_{\text{WBmix}}$ )	干球温度 ( $T_{\text{DB}}$ )	湿球温度 ( $T_{\text{WB}}$ )
制冷	设计制冷工况	$T_{\text{DBmix1}}$	$T_{\text{WBmix1}}$	$T_{\text{DB1}}$	—
	极端高温工况	32.5	26	$T_{\text{DB2}}$	—
制热	热泵设计制热工况	$T_{\text{DBmix2}}$	$T_{\text{WBmix2}}$	$T_{\text{DB3}}$	$T_{\text{WB1}}$
注1： $T_{\text{DBmix1}}$ 、 $T_{\text{DBmix2}}$ 、 $T_{\text{WBmix1}}$ 和 $T_{\text{WBmix2}}$ 根据项目给定条件计算。					
注2： $T_{\text{DB1}}$ 、 $T_{\text{DB2}}$ 、 $T_{\text{DB3}}$ 和 $T_{\text{WB1}}$ 根据项目规定选取。					

10.1.1.3 设计制冷工况试验

按 TB/T 1804 规定的试验方法进行试验，制冷量应符合 8.1.8 的规定。

10.1.1.4 极端高温工况试验

在极端高温工况下开启空调机组制冷，且连续运转 1 h，高压压力保护装置应符合 8.1.9 的规定。

10.1.1.5 热泵设计制热工况试验

按 TB/T 1804 规定的试验方法进行试验，制热量应符合 8.1.8 的规定。

10.1.1.6 噪声试验

按 TB/T 1804 规定的试验方法进行试验，噪声应符合 8.1.6 的规定。

10.1.1.7 喷水试验

喷水试验装置应符合 TB/T 1802 的规定。空调机组正常运行，喷水时间不应小于 10 min，喷水压力不应小于 0.3 MPa，喷水强度不应低于 6 mm/min，且应符合 8.1.11 和 8.1.12 的规定。

10.1.1.8 气密性试验

按 TB/T 1804 规定的试验方法进行试验，气密性指标应符合 8.1.13 的规定。

10.1.1.9 制冷系统密封性试验

按 GB/T 9237 规定的试验方法进行试验，制冷系统密封性应符合 8.1.2 的规定。

10.1.2 风道

10.1.2.1 外观

目视检查风道表面及内部结构，检查结果应符合 6.10 的规定。

10.1.2.2 尺寸和质量

按产品图样及技术文件要求，采用工装、量具检查风道尺寸和质量，检查结果应符合 6.10 的规定。

10.1.3 控制单元

10.1.3.1 外观

目视检查控制单元柜体、面板和标志，应符合 6.10 的规定。目视检查控制单元内电气元器件整定值设定，检查结果应符合设计要求。

10.1.3.2 尺寸和质量

按产品图样及技术文件要求，采用工装、量具检查控制单元尺寸和质量，检查结果应符合 6.10 的规定。

10.1.3.3 绝缘电阻测量

用表 7 规定的兆欧表测量控制单元各回路对地间的绝缘电阻，测量结果应符合 8.3.10 的规定。

表 7 绝缘电阻测量

电路额定电压 V	测定电路部位	检测工具
<380	相互绝缘电路之间及对地	500 V兆欧表
≥380		1 000 V兆欧表

10.1.3.4 介电强度试验

按 GB/T 21413.1 的规定对电路之间及对地进行额定工频电压试验，持续 1 min，试验结果应符合 8.3.11 的规定。

10.1.3.5 高温试验

控制单元应按 GB/T 2423.2 的试验方法，在环境温度为 70℃ 时，非通电状态下保持 2 h，恢复至常温后通电，检查控制单元及其零部件，外观应无异常，且功能应正常。

10.1.3.6 低温试验

控制单元应按 GB/T 2423.1 的试验方法，在环境温度为 -25℃（高寒地区为 -40℃）时，非通电状态下保持 2 h，恢复至常温后通电，检查控制单元及其零部件，外观应无异常，且功能应正常。

10.1.3.7 功能性试验

控制功能试验应包含下列内容：

- a) 模拟温度反馈，空调工况的转换应正常；
- b) 模拟空调系统信号，主要工作参数和时间的均匀性应符合设计要求；
- c) 模拟空调系统信号，检查相应保护功能，并显示相应故障信息，检查结果应符合设计要求；
- d) 通过测试软件检测空调控制器与维护软件控制功能及故障反馈，功能及故障反馈应正常；
- e) 模拟车辆硬线控制信号，空调系统部件工作状态应符合硬线控制信号定义的功能要求。

10.1.3.8 电磁兼容试验

按 GB/T 24338.4 试验，试验结果应符合 8.3.5 的规定。

#### 10.1.3.9 冲击和振动试验

按 GB/T 21563 试验，试验完成后，应重新进行 10.1.3.7 的试验，试验结果应符合 8.3.6 的规定。

#### 10.1.4 通风单元

##### 10.1.4.1 外观

目视检查通风单元壳体和标志，检查结果应符合 6.10 的规定。

##### 10.1.4.2 尺寸和质量

按产品图样及技术文件要求，采用工装、量具检查通风单元尺寸和质量，检查结果应符合 6.10 的规定。

##### 10.1.4.3 风量测试

按 TB/T 1804 的测试方法测量风量，测量结果应符合 8.4.1 的规定。

##### 10.1.4.4 绝缘电阻测量

用表 7 规定的兆欧表测量回路对地间的绝缘电阻，测量结果应符合 8.4.2 的规定。

##### 10.1.4.5 介电强度试验

按 GB/T 21413.1 试验，对电路之间及对地进行额定工频电压试验，持续 1 min，试验结果应符合 8.4.3 的规定。

##### 10.1.4.6 电加热器额定制热功率试验

按 TB/T 1804 的规定，测量电加热器额定制热功率，测量结果应符合 8.4.4 的规定。

##### 10.1.4.7 电加热器安全试验

按 TB/T 1804 的规定，对电加热器进行安全试验，试验结果应符合 8.4.4 的规定。

##### 10.1.4.8 冲击和振动试验

按 GB/T 21563 进行冲击和振动试验，试验结果应符合 8.4.5 的规定。

##### 10.1.4.9 噪声试验

在距离通风单元出风口正下方 0.5 m 处进行噪声试验，试验结果应符合 8.4.6 的规定。

#### 10.1.5 电取暖器

##### 10.1.5.1 通则

电取暖器的部件试验应符合 TB/T 2704 的规定。

##### 10.1.5.2 外观

目视检查电取暖器壳体和标志，检查结果应符合 6.10 的规定。

##### 10.1.5.3 尺寸和质量

按产品图样及技术文件中的要求，采用工装、量具检查电取暖器尺寸和质量，检查结果应符合

6.10 的规定。

#### 10.1.6 废排装置

##### 10.1.6.1 外观

目视检查废排装置外观，检查结果应符合 6.10 的规定。

##### 10.1.6.2 尺寸与质量

按产品图样及技术文件要求，采用工装、量具检查废排装置尺寸和质量，检查结果应符合 6.10 的规定。

##### 10.1.6.3 喷水试验

车顶安装的废排装置应进行喷水试验，试验符合下列规定：

- a) 喷水装置应符合 TB/T 1802 的规定；
- b) 废排装置应模拟装车接口安装；
- c) 试验时排风单元应处于工作状态，通风器叶片应处于打开状态；
- d) 喷水压力不应小于 0.3 MPa，喷水强度不应低于 6 mm/min，喷水时间不应低于 10 min；
- e) 喷水过程中和喷水结束后 10 min~20 min 内检查，检查结果应符合 8.6.10 的规定。

##### 10.1.6.4 绝缘电阻测量

排风单元应采用表 7 规定的兆欧表测量回路对地间的绝缘电阻，测量结果应符合 8.6.5 的规定。

##### 10.1.6.5 介电强度试验

按 GB/T 21413.1 的规定，对电路之间及对地进行额定工频电压试验，持续 1 min，试验结果应符合 8.6.6 的规定。

##### 10.1.6.6 运转试验

排风单元连续运转 1 h，风阀应动作顺畅、运转正常、无异常振动和噪声，试验过程中测量电流和电压，测量结果应符合技术文件的规定。

##### 10.1.6.7 排风量试验

排风量试验应符合下列规定。

- a) 排风单元：根据技术条件要求模拟排风阻力，测量排风量，测量结果应符合技术文件的规定。
- b) 通风器：模拟车内外压差，测量在不同车内外压差情况下的排风量，并绘制压差-风量曲线，排风量应符合技术文件的规定。

##### 10.1.6.8 噪声试验

在排风单元车内进风口正下方 0.7 m 处进行噪声试验，试验结果应符合 8.6.7 的规定。

##### 10.1.6.9 冲击和振动试验

按 GB/T 21563 的规定进行冲击和振动试验，试验结果应符合 8.6.8 的规定。

##### 10.1.6.10 电磁兼容性能试验

按 GB/T 24338.4 的规定对集成变频装置排风单元进行电磁兼容性能试验，试验结果应符合 8.6.9 的

规定。

## 10.2 联调试验

### 10.2.1 地面通风试验

空调机组和风道应在地面模拟组装，对新风量、送风量、回风量和送风均匀性进行检查，检查结果应符合 8.2.5 的规定。

### 10.2.2 空调部件与控制单元联调试验

空调机组和排风单元应与控制单元进行联调试验，试验结果应符合技术文件的规定。

## 10.3 整车试验

### 10.3.1 试验准备

试验前，空调系统功能应正常。

### 10.3.2 测量仪器要求

#### 10.3.2.1 通则

测量仪器宜连续记录测量数据。连续记录数据采样间隔不应大于 1 min。

#### 10.3.2.2 空气温度

空气温度测量仪器应符合 GB/T 40233—2021 中表 2 的 S 类规定。

#### 10.3.2.3 表面温度

测量表面温度时，应采取预防外部干扰的措施防止热量辐射、对流和传导等影响。测量仪器应符合 GB/T 40233—2021 中表 2 的 S 类规定。

#### 10.3.2.4 相对湿度

相对湿度测量仪器应符合 GB/T 40233—2021 中表 2 的 C 类规定。

#### 10.3.2.5 空气流速

空气流速测量仪器应符合 GB/T 40233—2021 中表 2 的 C 类规定。测量仪器宜连续记录空气流速。连续记录时采样记录周期不应小于 20 s，数据采样间隔不应大于 1 s，且应以采样周期内的算术平均值作为测点空气流速。

#### 10.3.2.6 空气流量

空气流量测量仪器准确度不应低于 5%。

#### 10.3.2.7 当量太阳负荷

当量太阳负荷测量仪器准确度不应低于 10%。

#### 10.3.2.8 能耗和功率

能耗和功率测量仪器准确度不应低于 1%。

### 10.3.2.9 压差

压差测量仪器准确度不应低于1%。

### 10.3.3 试验工装设备

#### 10.3.3.1 通则

试验期间，应使附录 E 和附录 F 规定的车外温度、车外相对湿度和车外空气流速保持在允许范围内。

#### 10.3.3.2 乘客负荷

乘客负荷模拟应根据附录 E 和附录 F 确定。应使用表面温度低于 40℃ 的低辐射设备模拟显热。应通过水蒸气模拟潜热，水蒸气产生设备引起的显热应作为模拟显热的一部分。

#### 10.3.3.3 当量太阳负荷

试验模拟当量太阳辐射，宜采用下列方法。

- a) 方法A：在试验场地设置太阳辐射灯模拟太阳辐射热量，太阳辐射灯应在地面辐射强度总辐射为1 120 W/m<sup>2</sup>的基础上，由具备表8辐射特性的灯组成，太阳辐射灯布置和计算应符合附录F的规定。

表 8 太阳辐射灯特性

波长 nm	基于CIE 85的各波段辐射强度占地面总辐射强度的百分比 %	允许偏差 %
>280~400	6.1	± 3
>400~800	51.8	± 5
>800~3 000	42.1	± 5

- b) 方法B：通过在车内地板上均匀布置电加热器模拟太阳辐射热量，每台电加热器输入功率不应大于500 W，太阳辐射热量的计算见公式（1）：

$$\varphi = K_{CD} \cdot F_{CD} \frac{\varepsilon_{CD}}{\alpha_w} J_{CD} + K_{CQ} \cdot F_{CQ} \frac{\varepsilon_{CQ}}{\alpha_w} J_{CQ} + K_{DB} \cdot F_{DB} \frac{\varepsilon_{DB}}{\alpha_w} J_{DB} + K_{CM} \cdot F_{CM} \frac{\varepsilon_{CM}}{\alpha_w} J_{CQ} + D \cdot \sigma \cdot F_{CH} \cdot J_{CQ} \quad (1)$$

式中：

- $\varphi$  —— 进入车内的太阳辐射热量，单位为瓦（W）；
- $K_{CD}$ 、 $K_{CQ}$ 、 $K_{DB}$ 、 $K_{CM}$  —— 车顶、侧墙、地板和车门的传热系数，单位为瓦每平方米开[W/（m<sup>2</sup>·K）]；
- $F_{CD}$ 、 $F_{CQ}$ 、 $F_{DB}$ 、 $F_{CM}$ 、 $F_{CH}$  —— 车顶、一侧侧墙、地板、一侧车窗和一侧车门的传热面积，单位为平方米（m<sup>2</sup>）；
- $\varepsilon_{CD}$ 、 $\varepsilon_{CQ}$ 、 $\varepsilon_{DB}$ 、 $\varepsilon_{CM}$  —— 车顶、侧墙、地板和车门的阳光吸收系数；
- $J_{CD}$ 、 $J_{CQ}$ 、 $J_{DB}$  —— 车顶、两侧侧墙、地板外表面上的太阳辐射强度，单位为瓦每平方米（W/m<sup>2</sup>）；
- $D$  —— 玻璃透光系数；
- $\sigma$  —— 遮光系数；
- $\alpha_w$  —— 车体外表面换热系数，单位为瓦每平方米开[W/（m<sup>2</sup>·K）]。

### 10.3.4 试验级别及试验车辆

#### 10.3.4.1 试验级别

型式试验应包含下列级别：

- a) TL1级：在车间或线路试验；
- b) TL2级：在人工气候实验室或与设计环境条件一致的环境下试验。

#### 10.3.4.2 试验车辆

TL1级宜在编组车辆上试验，TL2级可在单节车上试验。

### 10.3.5 通风试验

#### 10.3.5.1 试验条件

通风试验在下列条件下执行：

- a) 车辆应静止；
- b) 海拔不应大于2 500 m；
- c) 车外空气流速不应大于15 km/h。

#### 10.3.5.2 空气流量

新风量、送风量或回风量应通过空气流量测量仪测量，测量结果应符合技术文件的规定。

#### 10.3.5.3 车内外压差

车内正压值应通过压差测量仪测量，测量结果应符合 6.8 的规定。

#### 10.3.5.4 微风速

空气流速应通过风速测量仪在地板面以上 1.1 m 和 1.7 m 高度处测量，测量结果应符合 7.3.4 的规定，测点位置应符合附录 C 的规定。

### 10.3.6 气候试验

#### 10.3.6.1 试验条件

试验条件符合下列规定：

- a) 应在静止车辆上试验；
- b) 车内照明应正常开启；
- c) TL1级试验项点应符合附录E的规定；
- d) TL2级试验项点应符合附录F的规定；
- e) 试验顺序可根据实际条件和测量方式调整；
- f) 测点布置应符合10.5的规定，测量过程应记录电流、电压和电功率等电参数。

#### 10.3.6.2 预热试验

##### 10.3.6.2.1 TL1 级预热试验

TL1 级预热试验符合下列规定：

- a) 试验条件应符合附录E的规定；
- b) 试验前，被试车辆应静置于试验区不小于4 h，车上制热设备不应开启；
- c) 试验前， $T_{im}$ 与 $T_{em}$ 之差应稳定在 $\pm 2$  K不小于15 min；
- d) 试验过程中，应记录 $T_{im}$ ，并绘制升温曲线。

#### 10.3.6.2.2 TL2 级预热试验

TL2 级预热试验符合下列规定：

- a) 试验条件应符合附录F的规定；
- b) 试验前， $T_{im}$ 与 $T_{em}$ 之差应稳定在 $\pm 1\text{ K}$ 不小于1 h；
- c) 试验过程中，应记录 $T_{im}$ ，并绘制升温曲线。

#### 10.3.6.3 预冷试验

##### 10.3.6.3.1 TL1 级预冷试验

TL1 级预冷试验符合下列规定：

- a) 试验条件应符合附录E的规定；
- b) 试验前，被试车辆应静置于试验区至少4 h，车上制冷设备不应开启；
- c) 试验前， $T_{im}$ 与 $T_{em}$ 之差应稳定在 $\pm 2\text{ K}$ 至少15 min，稳定后，应关闭车门和车窗进行试验；
- d) 采用电加热器模拟太阳辐射热量，电加热器应至少工作2 h后开始试验；
- e) 试验过程中，应记录 $T_{im}$ ，并绘制降温曲线。

##### 10.3.6.3.2 TL2 级预冷试验

TL2 级预冷试验符合下列规定：

- a) 试验条件应符合附录F的规定；
- b) 试验前， $T_{im}$ 与 $T_{em}$ 之差应稳定在 $\pm 1\text{ K}$ 至少1 h，稳定后，应关闭车门和车窗进行试验；
- c) 采用电加热器模拟太阳辐射热量，电加热器应至少工作2 h后开始试验；
- d) 试验过程中，应记录 $T_{im}$ ，并绘制降温曲线。

#### 10.3.6.4 空气调节试验

空气调节试验符合下列规定。

- a) TL1试验项点应包含自动制热、自动制冷、强制制热、强制制冷。
- b) TL2试验项点应包含自动制热、自动制冷、强制制热、强制制冷、极端低温和极端高温。
- c) 试验条件应符合附录E和附录F的规定。
- d) 应在空调系统稳定运行后试验。
- e) 自动制冷和自动制热试验时，车内或车外参数发生变化，应在60 min后或车内与车外温度上下波动至少3个周期后再记录数据；测量结果应符合7.3的规定。
- f) 强制制热和强制制冷试验测量结果应符合7.1.5的规定。
- g) 极端低温和极端高温试验测量结果应符合7.1.3的规定。

### 10.4 附加试验

#### 10.4.1 概述

可根据需求进行10.4.2~10.4.4的试验。

#### 10.4.2 开关车门试验

开关车门试验符合下列规定：

- a) 试验条件应符合附录E和附录F的规定；
- b) 应在空调系统稳定运行后试验；
- c) 开关车门操作应符合7.4.1的规定；
- d) 试验应记录每次开门前的车内平均温度，记录的结果应符合7.3.1.1的规定。



### 10.4.3 隔热性能试验

#### 10.4.3.1 车体传热系数的计算

车体传热系数（ $K$  值）应按公式（2）计算：

$$K = \frac{P}{A_e \times (T_{im} - T_{em})} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- $K$  —— 车体传热系数，单位为瓦每平方米开[W/(m<sup>2</sup>·K)]；
- $P$  —— 在稳定状态下保持车内平均温度（ $T_{im}$ ）与车外平均温度（ $T_{em}$ ）的温差需提供热功率，单位为瓦（W）；
- $A_e$  —— 车体隔热壁的外表面面积，包括部分或整个车体的车顶、地板、车体两侧侧墙（含车窗和车门）和端墙（含端门），单位为平方米（m<sup>2</sup>）；
- $T_{im}$  —— 车内平均温度，按照附录C的规定布置测量点，在车辆的地板（或相应部分）以上1.1 m高度处测得，单位为摄氏度（℃）；
- $T_{em}$  —— 车外平均温度，单位为摄氏度（℃）。

#### 10.4.3.2 试验方法

10.4.3.2.1 新鲜空气和排气的孔口应关闭或密封但不隔热保温，除蓄电池外应关闭车辆电源、车门和车窗，应用  $K$  值小于 0.5 W/(m<sup>2</sup>·K) 的材料封车体端部。

10.4.3.2.2 测量时，车辆应静止，气候室内风速不应大于 15 km/h。

10.4.3.2.3 宜在车外平均温度 5℃±2 K 的情况下试验。

10.4.3.2.4 试验应采用置于车内的独立可调节的低辐射加热单元或加热器件，加热器应放置于舒适区域和（或）相邻旅客区。宜布置风扇使车辆内部空气流动，风扇宜放置于加热装置上方或侧面。

10.4.3.2.5 试验应分别记录加热单元和风扇的功率。

10.4.3.2.6 被测参数应至少每分钟记录一次，车内外温差  $|T_{im} - T_{em}|$  应为 25℃±5 K。

10.4.3.2.7 加热器和风扇输出应稳定，应在温度达到下列稳定状态时确定  $K$  值：

- a) 以 30 min 为一个间隔，每分钟记录并计算  $T_{em}$  和  $|T_{im} - T_{em}|$  的算术平均值，在 3 h 内这些数值变化不应大于 0.1 K；
- b) 车内或车外不同测量点的温差应小于 3 K；
- c) 宜采用最后 1 h 记录的 61 组数据进行计算。

#### 10.4.4 能耗试验

##### 10.4.4.1 试验条件

试验条件符合下列规定：

- a) 应在车辆静止状态下试验；
- b) 宜在单车试验；
- c) 宜在气候实验室试验。

##### 10.4.4.2 试验方法

###### 10.4.4.2.1 制冷能耗试验

10.4.4.2.1.1 空调系统应在自动位运行，车内设定温度可按附录 B 的规定执行。

10.4.4.2.1.2 试验前，车内温度均匀性应符合 7.3.1 的规定，试验时间应至少 90 min，且应为空调制冷循环周期的整数倍。

10.4.4.2.1.3 试验周期内所有  $T_{im}$  的算术平均值与  $T_{ic}$  的偏差应为  $\pm 0.5\text{ K}$ ，车内平均相对湿度应符合附录 D 的规定。

10.4.4.2.1.4 相邻空调制冷循环周期内空调能耗偏差宜为  $\pm 10\%$ ，新风量与设计值偏差宜为  $\pm 5\%$ 。

10.4.4.2.1.5 太阳辐射负荷宜用电加热器模拟。

10.4.4.2.1.6 试验工况宜符合表 9 的规定。

表 9 空调制冷能耗试验工况

序号	车外空气平均温度 ℃	车外空气相对湿度 %	当量太阳辐射强度 W/m <sup>2</sup>	模拟载客量 %
1	22	80	0	0
2	22	80	0	50
3	22	80	0	100
4	28	70	600	0
5	28	70	600	50
6	28	70	600	100
7	35	60	700	0
8	35	60	700	50
9	35	60	700	100

10.4.4.2.2 采暖能耗试验

10.4.4.2.2.1 空调系统应在自动位运行，车内设定温度可按附录 B 的规定执行。

10.4.4.2.2.2 试验前，车内温度均匀性应符合 7.3.1 的规定，试验时间应至少 90 min，且应为空调采暖循环周期的整数倍。

10.4.4.2.2.3 相邻空调采暖循环周期内的空调能耗偏差宜为  $\pm 10\%$ ，新风量与设计值的偏差宜为  $\pm 5\%$ 。

10.4.4.2.2.4 试验工况宜符合表 10 的规定。

表 10 空调采暖能耗试验工况

序号	车外空气平均温度 ℃	车外空气相对湿度 %	模拟太阳辐射强度 W/m <sup>2</sup>	模拟载客量 %
1	10	80	0	0
2	10	80	0	50
3	10	80	0	100
4	0	80	0	0
5	0	80	0	50
6	0	80	0	100
7	−10	80	0	0
8	−10	80	0	50
9	−10	80	0	100

表 10 空调采暖能耗试验工况（续）

序号	车外空气平均温度 ℃	车外空气相对湿度 %	模拟太阳辐射强度 W/m <sup>2</sup>	模拟载客量 %
10	—25	—	0	0
11	—25	—	0	50
12	—25	—	0	100
13	—40	—	0	0
14	—40	—	0	50
15	—40	—	0	100
注1：车外空气相对湿度仅适用于采用热泵空调机组制热的车辆。				
注2：当全年工作小时数为零时，该车外空气平均温度对应的工况取消。				

10.4.4.3 全年能耗

空调系统全年能耗应按公式（3）计算，空调系统在温度工况下的加权平均功率应按公式（4）计算。

$$E = \sum (P_i \times h_i) \dots\dots\dots (3)$$

$$P_i = \sum (P_{i,x} \times W_x) \dots\dots\dots (4)$$

- 式中：
- $E$  —— 空调系统全年能耗，单位为千瓦时（kW·h）；
  - $h_i$  —— 空调系统在温度工况  $i$  下的全年工作小时数，单位为小时（h），宜按ISO 19659-3的规定统计全年工作小时数；
  - $P_i$  —— 空调系统在温度工况  $i$  下的加权平均功率，单位为千瓦（kW）；
  - $P_{i,x}$  —— 空调系统在温度工况  $i$  及载客量下的平均功率，单位为千瓦（kW）；
  - $W_x$  —— 载客量的旅客权重系数，应符合表11的规定。

表 11 旅客权重系数

载客量 %	对应模拟载客量 %	旅客权重系数 $W_x$ %
0~35	0	$W_{x1}$
36~75	50	$W_{x2}$
76~100	100	$W_{x3}$
注1：旅客权重系数指0、50%和100%三种模拟载客量运行时的占比，三者之和为100%。		
注2：旅客权重系数根据实际线路载客占比确定。		

10.5 测点布置

10.5.1 车内传感器布置

10.5.1.1 客室舒适区域测点

客室舒适区域温度测点、空气流速测点、相对湿度测点布置应符合附录 C 的规定。

10.5.1.2 司机室舒适区域测点

司机室舒适区域温度测点、空气流程测点布置应符合附录 C 的规定。

10.5.1.3 车辆内表面温度测点

侧墙、车顶、车窗、地板内表面温度测点布置应符合附录 H 的规定。

10.5.2 车外传感器布置

车外温度、相对湿度和空气流速的测点布置应符合附录 I 的规定。

11 检验规则

11.1 出厂检验

产品出厂前，应按 11.3 进行出厂检验，检验合格后，应附有产品合格证方可出厂。

11.2 型式检验

具备下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品或老产品转场生产；
- b) 结构、材料、生产工艺改变，可能影响产品性能；
- c) 停产2年以上，恢复生产；
- d) 连续生产5年；
- e) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异。

11.3 检验项目

11.3.1 空调机组

空调机组检验项目应符合表 12 的规定。



表 12 空调机组检验项目

序号	检验项目	型式检验	出厂检验	技术要求	检验方法
1	外观	√	√	6.10、8.1.1	10.1.1.1
2	尺寸和质量 <sup>a</sup>	√	√	6.10	10.1.1.1
3	制冷系统密封性	√	√	8.1.2	10.1.1.9
4	制冷能效比	√	—	8.1.3	10.1.1.1
5	额定制冷量	√	—	8.1.4	10.1.1.1
6	设计制冷工况	√	—	8.1.8	10.1.1.3
7	热泵设计制热工况	√	—	8.1.8	10.1.1.5
8	极端高温工况	√	—	8.1.9	10.1.1.4
9	喷水	√	√	8.1.11、8.1.12	10.1.1.7
10	绝缘电阻	√	√	8.1.7	10.1.1.1
11	介电强度	√	√	8.1.14	10.1.1.1
12	制冷系统故障保护	√	—	8.1.14	10.1.1.1

表 12 空调机组检验项目（续）

序号	检验项目	型式检验	出厂检验	技术要求	检验方法
13	运转	√	√	8.1.14	10.1.1.1
14	制冷输入功率	√	—	8.1.14	10.1.1.1
15	最大负荷制冷	√	—	8.1.14	10.1.1.1
16	最大负荷制冷工况过压及欠压启动	√	—	8.1.14	10.1.1.1
17	凝露	√	—	8.1.14	10.1.1.1
18	热泵额定制热量	√	—	8.1.5	10.1.1.1
19	热泵制热输入功率	√	—	8.1.14	10.1.1.1
20	热泵最大运行制热	√	—	8.1.14	10.1.1.1
21	热泵最大运行制热工况过压及欠压启动	√	—	8.1.14	10.1.1.1
22	自动融霜	√	—	8.1.14	10.1.1.1
23	电加热器的安全	√	—	8.1.14	10.1.1.1
24	电加热器的制热功率	√	—	8.1.14	10.1.1.1
25	噪声	√	—	8.1.6	10.1.1.6
26	低温工况	√	—	8.1.14	10.1.1.1
27	热泵极限工况	√	—	8.1.14	10.1.1.1
28	静压	√	—	8.1.14	10.1.1.1
29	通风机空气动力特性	√	—	8.1.14	10.1.1.1
30	变频空调制冷和制热性能调节	√	—	8.1.14	10.1.1.1
31	冲击和振动	√	—	8.1.10	10.1.1.1
32	气密性 <sup>b</sup>	√	√	8.1.13	10.1.1.8
33	电磁兼容 <sup>c</sup>	√	—	8.1.14	10.1.1.1
注：“√”为应检验项目，“—”为可不检验项目。					
<sup>a</sup> 质量检验在出厂时抽检比例不应低于10%，应至少1台。					
<sup>b</sup> 有气密性要求的机组，应进行气密性试验。					
<sup>c</sup> 集成控制单元或电源类部件（含变频器）的空调机组，应进行电磁兼容试验。					

11.3.2 风道

风道检验项目应符合表 13 的规定。

表 13 风道检验项目

序号	检验项目	型式检验	出厂检验	技术要求	检验方法
1	外观	√	√	6.10	10.1.2.1
2	尺寸和质量 <sup>a</sup>	√	√	6.10	10.1.2.2
注：“√”为应检验项目。					
<sup>a</sup> 质量检验在出厂时抽检比例不应低于10%，应至少1台。					



11.3.3 控制单元

控制单元检验项目应符合表 14 的规定。

表 14 控制单元检验项目

序号	检验项目	型式检验	出厂检验	技术要求	检验方法
1	外观	√	√	6.10、8.3.7、8.3.8	10.1.3.1
2	尺寸和质量 <sup>a</sup>	√	√	6.10	10.1.3.2
3	电磁兼容	√	—	8.3.5	10.1.3.8
4	冲击和振动	√	—	8.3.6	10.1.3.9
5	绝缘电阻	√	√	8.3.10	10.1.3.3
6	介电强度	√	√	8.3.11	10.1.3.4
7	高温	√	—	10.1.3.5	10.1.3.5
8	低温	√	—	10.1.3.6	10.1.3.6
9	功能性 <sup>b</sup>	√	√	10.1.3.7	10.1.3.7
注：“√”为应检验项目，“—”为可不检验项目。					
<sup>a</sup> 质量检验在出厂时抽检比例不应低于10%，应至少1台。					
<sup>b</sup> 功能性试验按10.1.3.7进行时，型式检验应包含10.1.3.7的所有项目，出厂检验仅进行c)、d)、e)项目。					

11.3.4 通风单元

通风单元检验项目应符合表 15 的规定。

表 15 通风单元检验项目

序号	检验项目	型式检验	出厂检验	技术要求	检验方法
1	外观	√	√	6.10	10.1.4.1
2	尺寸和质量 <sup>a</sup>	√	√	6.10	10.1.4.2
3	风量测试	√	—	8.4.1	10.1.4.3
4	绝缘电阻测量	√	√	8.4.2	10.1.4.4
5	介电强度	√	√	8.4.3	10.1.4.5
6	电加热器额定制热功率	√	—	8.4.4	10.1.4.6
7	电加热器的安全	√	—	8.4.4	10.1.4.7
8	冲击和振动	√	—	8.4.5	10.1.4.8
9	噪声	√	—	8.4.6	10.1.4.9
注：“√”为应检验项目，“—”为可不检验项目。					
<sup>a</sup> 质量检验在出厂检验时抽检比例不应低于5%，应至少1台。					

11.3.5 电取暖器

电取暖器检验项目应符合表 16 的规定。

表 16 电取暖器检验项目

序号	检验项目	型式检验	出厂检验	技术要求	检验方法
1	外观	√	√	6.10、8.5.1、8.5.2、8.5.3	10.1.5.2
2	尺寸和质量 <sup>a</sup>	√	√	6.10	10.1.5.3
3	拉力	√	—	8.5.4	10.1.5.1
4	功率	√	√	8.5.4	10.1.5.1
5	温度	√	√	8.5.4	10.1.5.1
6	噪声	√	—	8.5.4	10.1.5.1
7	过压	√	—	8.5.4	10.1.5.1
8	启动电流	√	—	8.5.4	10.1.5.1
9	变形	√	—	8.5.4	10.1.5.1
10	冲水	√	—	8.5.4	10.1.5.1
11	低温	√	—	8.5.4	10.1.5.1
12	冲击和振动	√	—	8.5.4	10.1.5.1
13	热惰性	√	—	8.5.4	10.1.5.1
14	绝缘电阻 <sup>b</sup>	√	√	8.5.4	10.1.5.1
15	冷态介电强度	√	√	8.5.4	10.1.5.1
16	湿热态介电强度	√	—	8.5.4	10.1.5.1
17	高压回路泄漏电流	√	√	8.5.4	10.1.5.1
18	难燃	√	—	8.5.4	10.1.5.1
19	接地电阻	√	—	8.5.4	10.1.5.1
20	泄漏电流	√	√	8.5.4	10.1.5.1
21	超温保护性能	√	—	8.5.4	10.1.5.1
注1：噪声试验和热惰性试验仅针对单元式强制通风电取暖器。					
注2：冲水试验仅针对自然通风电取暖器。					
注3：“√”为应检验项目，“—”为可不检验项目。					
<sup>a</sup> 质量检验在出厂检验时抽检比例不应低于5%，且应至少1台。					
<sup>b</sup> 绝缘电阻测量，在出厂检验时仅进行冷、热态的绝缘电阻测量。					

11.3.6 废排装置

废排装置检验项目应符合表 17 的规定。

表 17 废排装置检验项目

序号	检验项目	型式检验	出厂检验	技术要求	检验方法
1	外观	√	√	6.10	10.1.6.1
2	尺寸与质量 <sup>a</sup>	√	√	6.10	10.1.6.2
3	喷水	√	√	8.6.10	10.1.6.3
4	绝缘电阻 <sup>b</sup>	√	√	8.6.5	10.1.6.4

表 17 废排装置检验项目（续）

序号	检验项目	型式检验	出厂检验	技术要求	检验方法
5	介电强度 <sup>b</sup>	√	√	8.6.6	10.1.6.5
6	运转 <sup>b</sup>	√	√	10.1.6.6	10.1.6.6
7	排风量 <sup>b</sup>	√	—	8.6.4	10.1.6.7
8	噪声 <sup>b</sup>	√	—	8.6.7	10.1.6.8
9	冲击和振动	√	—	8.6.8	10.1.6.9
10	电磁兼容 <sup>c</sup>	√	—	8.6.9	10.1.6.10
注：“√”为应检验项目，“—”为可不检验项目。					
<sup>a</sup> 质量检验在出厂检验时抽检比例不应低于5%，应至少1台。					
<sup>b</sup> 仅排风单元进行该项目。					
<sup>c</sup> 集成控制单元或电源类部件、变频器的排风单元，应进行电磁兼容试验。					

11.3.7 联调检验

联调检验项目应符合表 18 的规定。

表 18 联调检验项目

序号	检验项目	型式检验	出厂检验	技术要求	检验方法
1	地面通风 <sup>a</sup>	√	—	8.2.5	10.2.1
2	空调部件与控制单元联调	√	—	8.3.9	10.2.2
注：“√”为应检验项目，“—”为可不检验项目。					
<sup>a</sup> 根据设计需求选做。					

11.3.8 整车检验

整车检验项目应符合表 19 的规定。

表 19 整车检验项目

序号	检验项目	型式检验	出厂检验	技术要求	检验方法
1	空气流量	√	—	10.3.5.2	10.3.5.2
2	车内外压差	√	—	6.8	10.3.5.3
3	微风速	√	—	7.3.4	10.3.5.4
4	预热	√	—	10.3.6.2	10.3.6.2
5	预冷	√	—	10.3.6.3	10.3.6.3
6	空气调节	√	—	7.1.3、7.2、7.3	10.3.6.4
7	开关门 <sup>a</sup>	√	—	7.4.1	10.4.2
8	隔热性能 <sup>a</sup>	√	—	7.4.2	10.4.3
9	能耗 <sup>a</sup>	√	—	—	10.4.4



表 19 整车检验项目（续）

序号	检验项目	型式检验	出厂检验	技术要求	检验方法
注：“√”为应检验项目，“—”为可不检验项目。					
a 根据设计需求选做。					

12 标志

12.1 每台产品应有铭牌，铭牌应至少包括下列内容：

- a) 制造商名称；
- b) 物料编码；
- c) 产品型号及名称；
- d) 产品主要技术参数；
- e) 产品出厂编号；
- f) 出厂日期。



12.2 空调机组的铭牌应至少包括下列内容：

- a) 额定工况和设计工况下的制冷量和制热量；
- b) 能效等级；
- c) 通风量、机外静压；
- d) 制冷剂及充注量；
- e) 电压、电流、频率、相数、功率；
- f) 质量。

12.3 通风单元的铭牌应至少包括下列内容：

- a) 通风量；
- b) 电压、电流、频率、相数、功率；
- c) 质量。

12.4 电取暖器的铭牌应至少包括下列内容：

- a) 额定电压和功率；
- b) 质量。

12.5 废排装置的铭牌应至少包括下列内容：

- a) 排风单元额定电压和功率；
- b) 排风单元排风量；
- c) 排风单元和通风器质量。

12.6 产品正常安装状态下，易见部位应设置禁止踩踏区域、风机转向、警告和接地等标志。

12.7 “小心轻放”“向上”“怕雨”及堆码层数极限等标志应符合 GB/T 191 的规定。

13 包装、运输和贮存

13.1 包装

13.1.1 产品包装应符合 GB/T 191 的规定，产品包装前应清洁处理，保持干燥。

13.1.2 产品包装应有防雨、防潮、防尘、防振措施，产品在正常运输、装卸和贮存条件下，不应因雨淋、颠簸、装卸、潮湿和灰尘受损害。

13.1.3 包装箱应标注下列内容：

- a) 产品名称、规格型号和商标；

- b) 质量；
- c) 外形尺寸（长×宽×高）；
- d) 制造商名称。

**13.1.4** 随机文件应防潮密封，并存放于箱内明显位置。

## **13.2 运输和贮存**

**13.2.1** 运输和贮存过程中，不应碰撞、倾斜、雨淋。

**13.2.2** 产品应贮存在通风良好的环境中，周围应无腐蚀性介质。



附录 A  
(规范性)  
乘客散热散湿量

乘客散热散湿量应符合表 A.1 的规定。

表 A.1 乘客散热散湿量

序号	车内温度 ℃	显热量 W	潜热量 W	散湿量 g/h
1	18	98.6	23.5	27
2	19	95.3	25.2	32
3	20	90.7	25.6	37
4	21	86	30.2	42
5	22	81.4	34.9	50
6	23	79.1	37.2	53
7	24	76.7	39.5	57
8	25	73.3	43	62
9	26	69.8	46.5	67
10	27	64	52.3	76
11	28	58.1	58.1	84
12	29	52.3	64	93
13	30	48	69.7	98
14	31	41.6	75.2	107
15	32	34.4	80.6	114
16	33	25.9	85.8	119
注：表中数据为成年男子在休息或缓慢行走时的散热散湿量。				



附录 B

(资料性)

车内设定温度曲线

B.1 I类车车内设定温度曲线见图 B.1，车内设定温度值可按公式 (B.1)～公式 (B.3) 计算：

$T_{em} < 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  时， $T_{ic} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$  ..... (B.1)

$10\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T_{em} < 40\text{ }^{\circ}\text{C}$  时， $T_{ic} = 20 + (7/30) \times (T_{em} - 10)\text{ }^{\circ}\text{C}$  ..... (B.2)

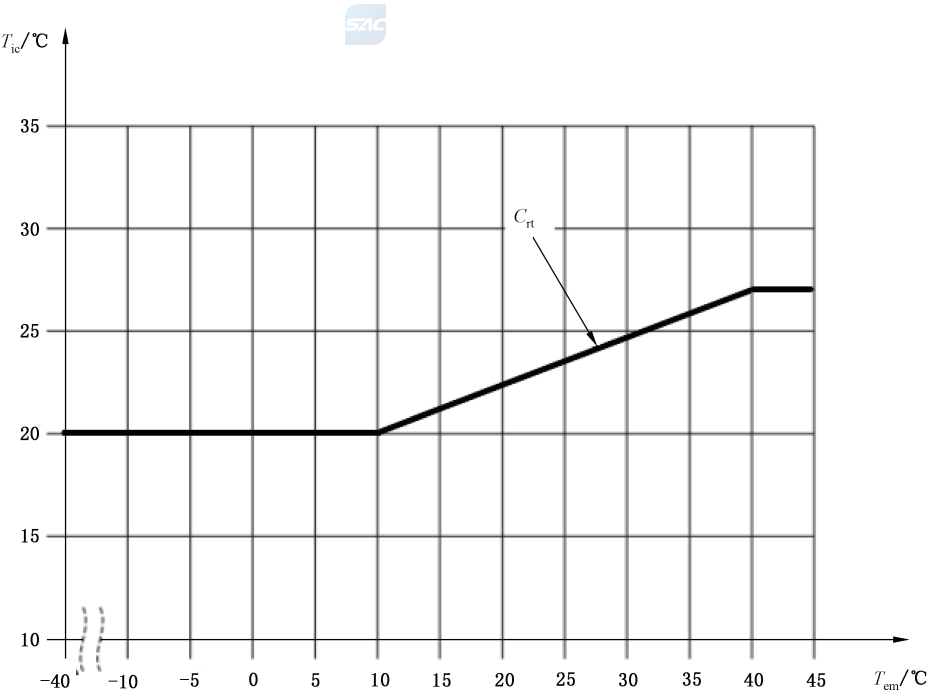
$T_{em} \geq 40\text{ }^{\circ}\text{C}$  时， $T_{ic} = 27\text{ }^{\circ}\text{C}$  ..... (B.3)

式中：

$T_{em}$  —— 车外平均温度，单位为摄氏度 (°C)；

$T_{ic}$  —— 车内设定温度，单位为摄氏度 (°C)。

单位为摄氏度



标引序号说明：

$T_{em}$  —— 车外平均温度；

$T_{ic}$  —— 车内设定温度；

$C_{rt}$  —— 车内温度设定推荐曲线。

图 B.1 I类车车内设定温度曲线

B.2 II类车车内设定温度曲线见图 B.2，车内设定温度值可按公式 (B.4)～公式 (B.6) 计算：

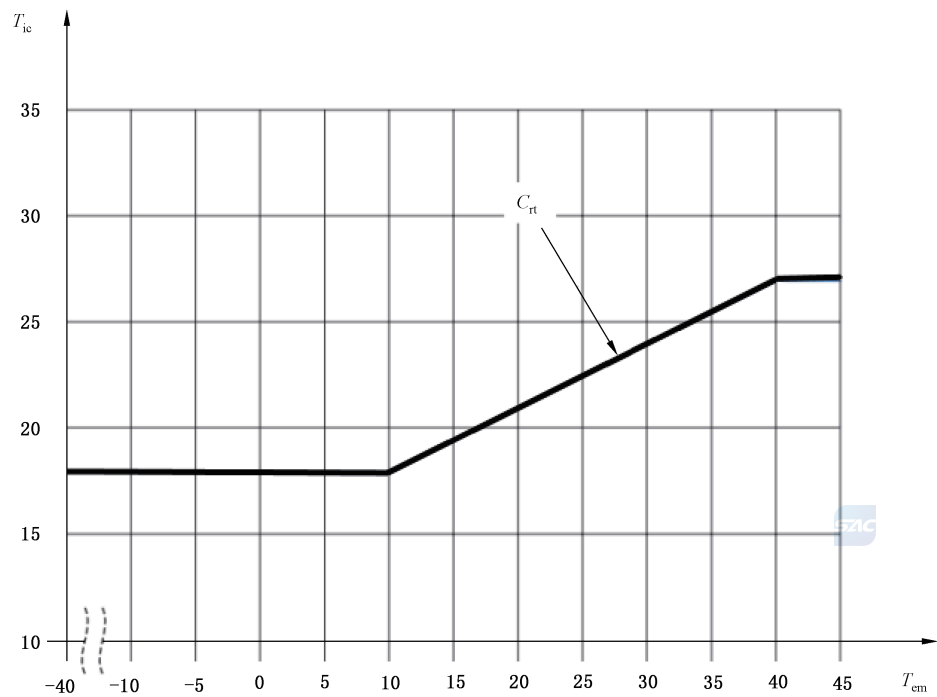
$T_{em} < 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  时， $T_{ic} = 18\text{ }^{\circ}\text{C}$  ..... (B.4)

$10\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T_{em} < 40\text{ }^{\circ}\text{C}$  时， $T_{ic} = 18 + (3/10) \times (T_{em} - 10)\text{ }^{\circ}\text{C}$  ..... (B.5)

$T_{em} \geq 40\text{ }^{\circ}\text{C}$  时， $T_{ic} = 27\text{ }^{\circ}\text{C}$  ..... (B.6)

式中：  
 $T_{em}$  —— 车外平均温度，单位为摄氏度（℃）；  
 $T_{ic}$  —— 车内设定温度，单位为摄氏度（℃）。

单位为摄氏度



标引序号说明：  
 $T_{em}$  ——车外平均温度；  
 $T_{ic}$  ——车内设定温度；  
 $C_{rt}$  ——车内温度设定推荐曲线。

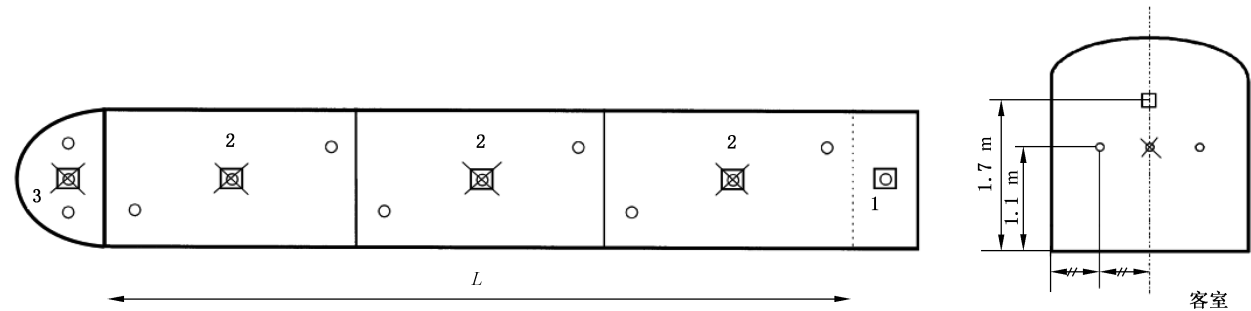
图 B.2   Ⅱ类车车内设定温度曲线

附录 C  
(规范性)  
车内舒适区域测点布置

C.1 单节车辆

C.1.1 带通过台车辆测点布置

C.1.1.1 带通过台车辆测点应按图 C.1 的要求进行布置。



标引序号说明：  
1 ——通过台区；  
2 ——客室舒适区域；  
3 ——单独司机室；  
 $L$  ——客室舒适区域长度；  
○ ——地板面以上 1.1 m 高度处温度测点；  
□ ——地板面以上 1.7 m 高度处温度测点；  
× ——地板面以上 1.1 m 高度处相对湿度测点。

图 C.1 带通过台车辆

C.1.1.2 图 C.1 中的  $L$  沿长度方向应按下列规定分为两个或三个区域：

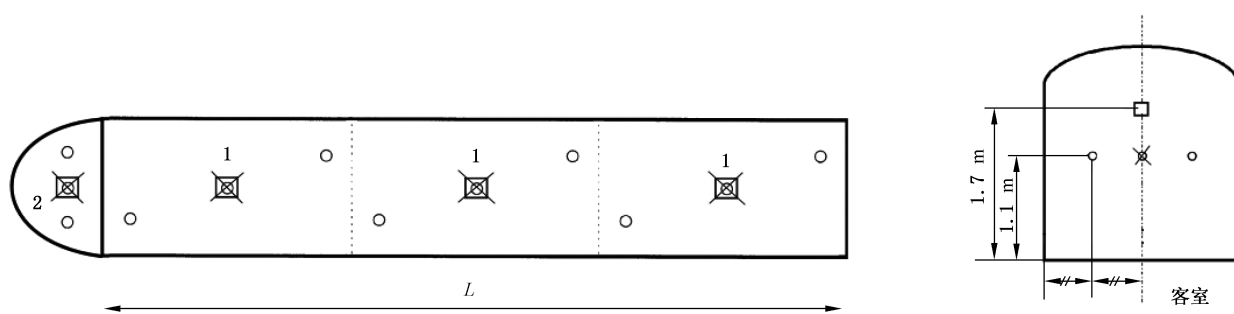
- a) 当  $L$  小于或等于 10 m 时，分为两个区域；
- b) 当  $L$  大于 10 m 时，分为三个区域。

C.1.1.3 在通过台中心位置距地板面 1.1 m 高度处布置的温度测点仅用于隔热性能试验。

C.1.1.4 在单独司机室内距侧墙 0.5 m 且距地板面 1.1 m 高度处布置的 2 个温度测点仅用于隔热性能试验。

C.1.2 无通过台车辆测点布置

C.1.2.1 无通过台车辆测点应按图 C.2 的要求进行布置。



标引序号说明：

- 1 —— 客室舒适区域；
- 2 —— 单独司机室；
- $L$  —— 客室舒适区域长度；
- —— 地板面以上 1.1 m 高度处温度测点；
- —— 地板面以上 1.7 m 高度处温度测点；
- × —— 地板面以上 1.1 m 高度处相对湿度测点。

图 C.2 无通过台车辆

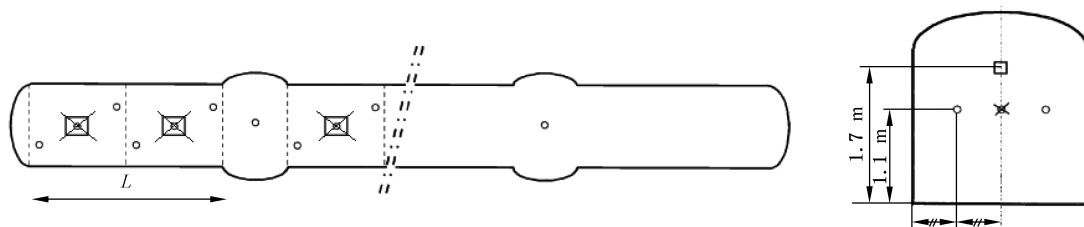
C.1.2.2 图 C.2 中的  $L$  沿长度方向应按下列规定分为两个或三个区域：

- a) 当  $L$  小于或等于 10 m 时，分为两个区域；
- b) 当  $L$  大于 10 m 时，分为三个区域。

C.1.2.3 在单独司机室内距侧墙 0.5 m 且距地板面 1.1 m 高度处布置的 2 个温度测点仅用于隔热性能试验。

## C.2 编组车辆

C.2.1 编组车辆测点应按图 C.3 的要求进行布置。



标引序号说明：

- $L$  —— 客室舒适区域长度；
- —— 地板面以上 1.1 m 高度处温度测点；
- —— 地板面以上 1.7 m 高度处温度测点；
- × —— 地板面以上 1.1 m 高度处相对湿度测点。

图 C.3 编组车辆

C.2.2 图 C.3 中的  $L$  沿长度方向上应按下列规定分为一个或多个区域：

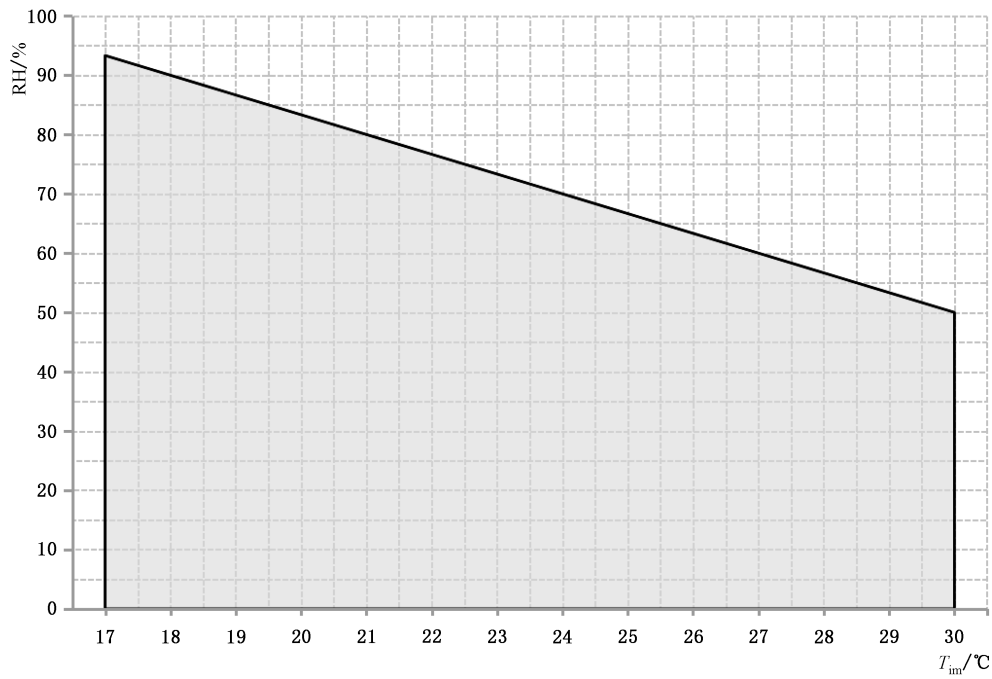
- a) 当  $L$  小于或等于 5 m 时，分为一个区域；
- b) 当  $L$  大于 5 m 且小于或等于 10 m 时，分为两个区域；
- c) 当  $L$  大于 10 m 时，分为三个区域。

C.2.3 若各车厢单元相同，可仅测试其中一个车厢单元。

C.2.4 若司机室为单独司机室，其内部测点布置与图 C.1 中的司机室相同。

附录 D  
(规范性)  
舒适区域空气相对湿度

D.1 I类车可接受的舒适区域空气相对湿度见图 D.1。



标引序号说明：

$T_{im}$  ——车内平均温度，单位为摄氏度（ $^{\circ}\text{C}$ ）；

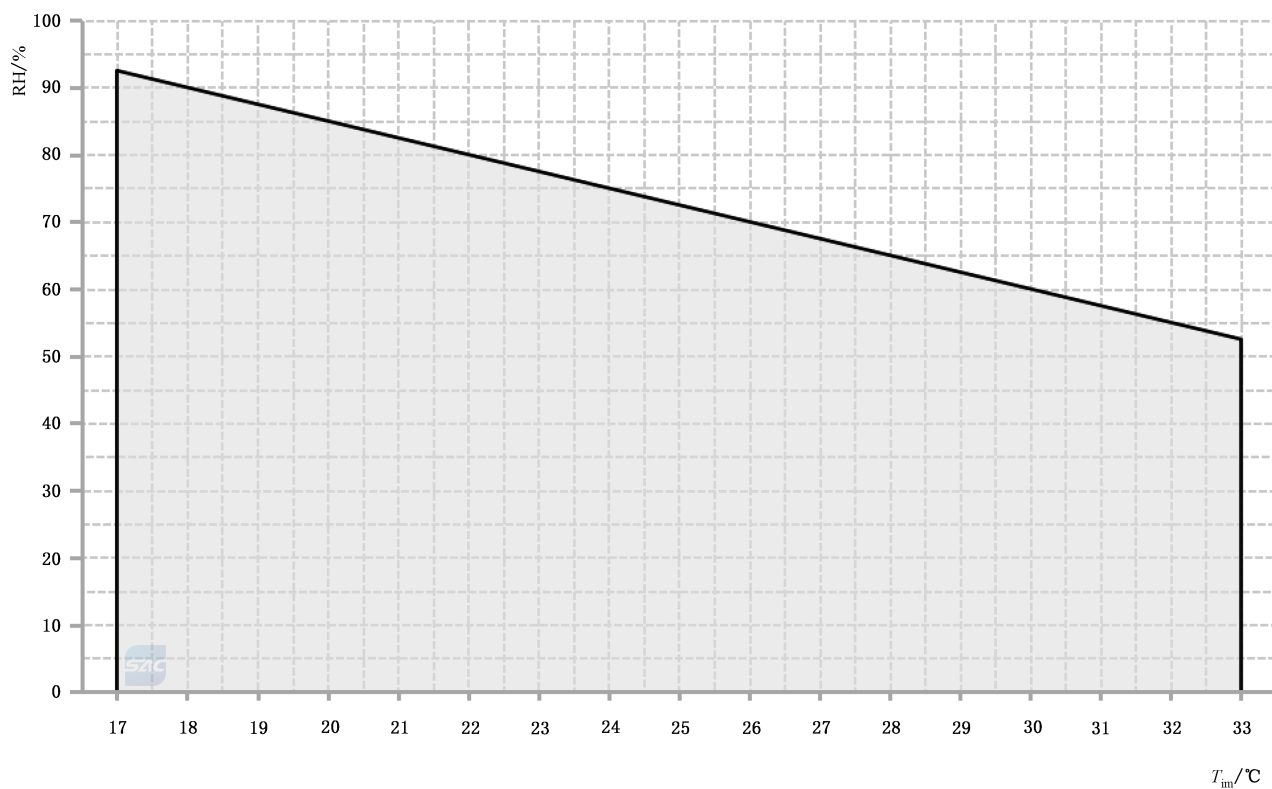
$RH$  ——相对湿度，%。



图 D.1 I类车可接受的舒适区域空气相对湿度

D.2 II类车可接受的舒适区域空气相对湿度见图 D.2。





标引序号说明：

$T_{im}$  —— 车内平均温度，单位为摄氏度（ $^{\circ}\text{C}$ ）；

RH —— 相对湿度，%。

图 D.2    II 类车可接受的舒适区域空气相对湿度

附 录 E

( 规范性 )

TL1 级试验程序

E.1 制热模式 TL1 级试验的试验条件应符合表 E.1 的规定。

表 E.1 制热模式 TL1 级试验

试验编号	试验名称	车外平均 温度 ( $T_{em}$ ) ℃	车外相对 湿度 ( $RH_e$ ) %	车外空气 流速 km/h	车内乘客 负荷模拟 %	当量太阳 负荷 %	车内设定温度 ( $T_{ic}$ )	备注
TL110	预热	<5	—	0~15	0	0	设计制热工况对应的 车内温度	—
TL111	自动制热	<5	—	0~15	0	0	设计制热工况对应的 车内温度	—
TL112	强制制热	<5	—	0~15	0	0	—	无设定温度， 强制车辆制热 设备以最大能力 持续运行

E.2 制冷模式 TL1 级试验的试验条件应符合表 E.2 的规定。

表 E.2 制冷模式 TL1 级试验

试验编号	试验名称	车外平均 温度 ( $T_{em}$ ) ℃	车外相对 湿度 ( $RH_e$ ) %	车外空气 流速 km/h	车内乘客 负荷模拟 %	当量太阳 负荷 %	车内设定温度 ( $T_{ic}$ )	备注
TL120	预冷	>30	—	0~15	0	100	设计制冷工况对应的 车内温度	—
TL121	自动制冷	>30	—	0~15	0	100	设计制冷工况对应的 车内温度	—
TL122	自动制冷	>30	—	0~15	100	100	设计制冷工况对应的 车内温度	—
TL123	强制制冷	>30	—	0~15	100	100	—	无设定温 度，强制车 辆制冷设备 以最大能力 持续运行
TL124	开关车门	>30	—	0~15	100	100	设计制冷工况对应的 车内温度	仅开放站台 进行该试验

附 录 F

( 规范性 )

TL2 级试验程序

**F.1 制热模式 TL2 级试验**的试验条件应符合表 F.1 的规定，表 F.1 中的车外平均温度（ $T_{em}$ ）的允许误差应为 $\pm 2\text{ K}$ 。

表 F.1 制热模式 TL2 级试验

试验编号	试验名称	车外平均温度 ( $T_{em}$ ) ℃	车外相对湿度 ( $RH_e$ ) %	车外空气 流速 km/h	车内乘客 负荷模拟 %	当量太阳 负荷 %	车内设定温度 ( $T_{ic}$ )	备注
TL210	预热	$T_{em1}$	—	0~15	0	0	设计制热工况对应的车内温度	—
TL211	自动制热	$T_{em1}$	—	0~15	0	0	设计制热工况对应的车内温度	—
TL212	强制制热	$T_{em1}$	—	0~15	0	0	—	无设定温度，强制车辆制热设备以最大能力持续运行
TL213	开关车门	$T_{em2}^a$	—	0~15	0	0	设计制热工况对应的车内温度	仅开放站台进行该试验
TL214	热泵极端低温	-7	72	0~15	0	0	设计制热工况对应的车内温度	该试验为非强制试验
注： $T_{em1}$ 为设计工况下车外平均温度。								
<sup>a</sup> 当 $T_{em1} \leq -10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时， $T_{em2}$ 为0；当 $T_{em1} > -10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时， $T_{em2}$ 宜比 $T_{em1}$ 高10 K。								

**F.2 制冷模式 TL2 级试验**的试验条件应符合表 F.2 的规定，表 F.2 中的车外平均温度（ $T_{em}$ ）的允许误差应为 $\pm 2\text{ K}$ ，车外相对湿度（ $RH_e$ ）的允许误差应为 $\pm 5\%$ 。

表 F.2 制冷模式 TL2 级试验

试验编号	试验名称	车外平均温度 ( $T_{em}$ ) ℃	车外相对湿度 ( $RH_e$ ) %	车外空气 流速 km/h	车内乘客 负荷模拟 %	当量太阳 负荷 %	车内设定温度 ( $T_{ic}$ )	备注
TL220	预冷	$T_{em1}$	$RH_e$	0~15	0	100/0°	设计制冷工况对应的车内温度	—
TL221	自动制冷	$T_{em1}$	$RH_e$	0~15	0	100/0°	设计制冷工况对应的车内温度	—
TL222	自动制冷	$T_{em1}$	$RH_e$	0~15	100	100/0°	设计制冷工况对应的车内温度	—

表 F.2 制冷模式 TL2 级试验（续）

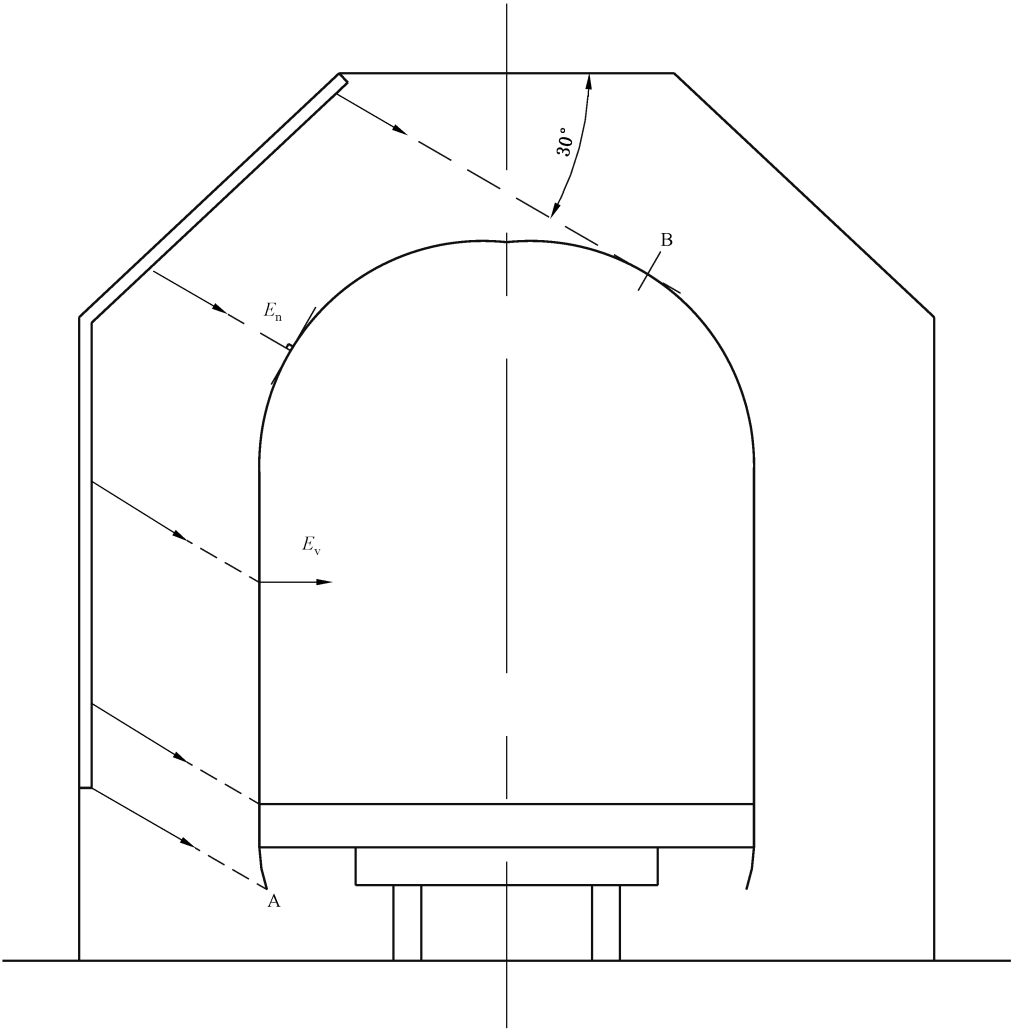
试验编号	试验名称	车外平均温度 ( $T_{em}$ ) °C	车外相对湿度 ( $RH_e$ ) %	车外空气流速 km/h	车内乘客 负荷模拟 %	当量太阳 负荷 %	车内设定温度 ( $T_{ic}$ )	备注
TL223	强制制冷	$T_{em1}$	$RH_e$	0~15	100	100/0 <sup>c</sup>	—	无设定温度，强制车辆制冷设备以最大能力持续运行
TL224	开关车门	$T_{em2}$ <sup>a</sup>	$RH_e$	0~15	100	100/0 <sup>c</sup>	设计制冷工况对应的车内温度	仅开放站台进行该试验
TL225	极端高温	$T_{em3}$ <sup>b</sup>	$RH_e$	0~15	0	0	设计制冷工况对应的车内温度	该试验为非强制试验
注： $T_{em1}$ 为设计工况下车外平均温度。								
<sup>a</sup> 宜比 $T_{em1}$ 低 7 K。 <sup>b</sup> 宜比 $T_{em1}$ 高 15 K。 <sup>c</sup> 全隧道时，当量太阳负荷应为 0；其余应为 100%。								

附 录 G

( 规范性 )

当量太阳负荷

G.1 当量太阳负荷见图 G.1。



标引序号说明：

$E_n$  ——当量太阳负荷，示例  $30^\circ$  ；

$E_v$  ——车辆侧墙表面上的太阳辐射强度， $E_v = E_n \times \cos 30^\circ = 0.866 \times E_n$ 。

图 G.1 当量太阳负荷

- G.2 无论何种类型的被试车辆，当量太阳负荷应施加在图 G.1 的 A 点和 B 点之间。
- G.3 带隔间的被试车辆，当量太阳负荷应施加在隔间侧。
- G.4 模拟太阳辐射设备的总长度应至少与被试车辆长度相同。

附 录 H  
( 规范性 )  
内表面传感器布置

H.1 测量面

应选取通过窗中且靠近车辆中部的一个断面为测量面。

H.2 地板和车顶

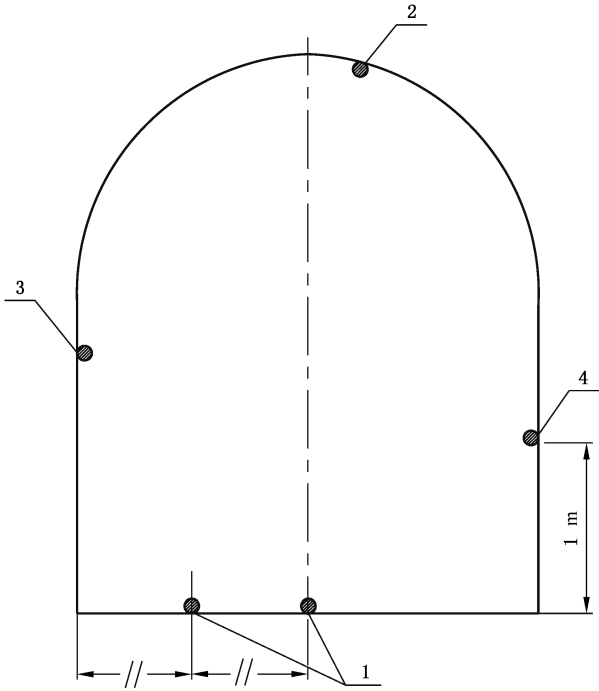
地板和车顶内表面温度传感器宜布置在测量断面中部，对于地板，应取两个点，见图 H.1。

H.3 车窗

车窗内表面温度传感器应布置在测量断面的窗玻璃中心点，见图 H.1。

H.4 侧墙

侧墙内表面温度传感器应布置在测量断面的地板面以上 1 m 高度的点，见图 H.1。



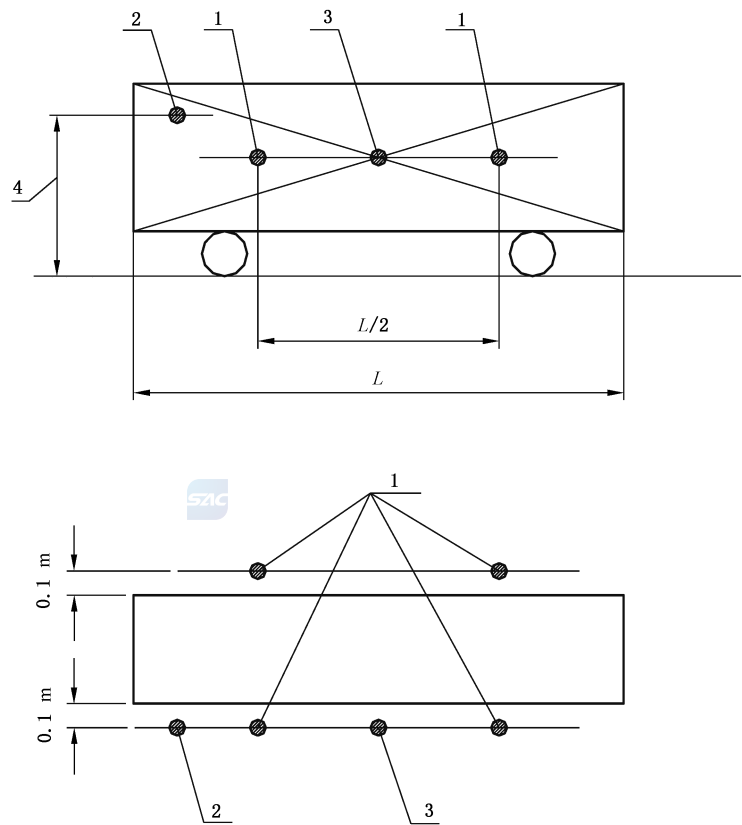
标引序号说明：

- 1——地板内表面温度传感器（共 2 个）；
- 2——车顶内表面温度传感器（共 1 个）；
- 3——车窗内表面温度传感器（共 1 个）；
- 4——侧墙内表面温度传感器（共 1 个）。

图 H.1 内表面传感器位置

附录 I  
(规范性)  
车外传感器布置

I.1 车外传感器布置见图 I.1。



- 标引序号说明：
- 1——车外温度传感器（共 4 个）；
  - 2——车外湿度传感器，在距被试车辆每个新风进口 0.1 m 处设置 1 个湿度传感器；
  - 3——车外空气流速传感器（1 个）；
  - 4——新风进口的高度；
  - $L$ ——车辆长度。

图 I.1 车外传感器位置

- I.2 车外平均温度  $T_{em}$  应为 4 个车外温度测点的算术平均值。
- I.3 若人工气候室内固定安装的传感器与图 I.1 中规定的传感器测得的数值一致，可取消设置图 I.1 中规定的传感器。

参 考 文 献

- [1] GB 50736 民用建筑供暖通风与空气调节设计规范
  - [2] GB/T 51357 城市轨道交通通风空气调节与供暖设计标准
  - [3] ISO 16890-1 Air filters for general ventilation—Part 1:Technical specifications, requirements and classification system based upon particulate matter efficiency (ePM)
  - [4] ISO 19659-3 Railway applications—Heating, ventilation and air conditioning systems for rolling stock—Part 3:Energy efficiency
- 









