

ICS 45.060.20

CCS S 50

团 体 标 准

T/GRTIA 1-2024

城市轨道交通车辆空调系统 技术规范

Air conditioning system for urban rail transit vehicles
Technical specifications

2024-8-26 发布

2024-9-1 实施

广州市轨道交通产业联盟 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 缩略语	2
5 使用环境	3
6 技术要求	3
6.1 一般要求	3
6.1.1 外观、尺寸及重量	3
6.1.2 零部件及材料	3
6.2 性能要求	3
6.2.1 温度调控	3
6.2.2 正常通风	4
6.2.3 紧急通风	4
6.2.4 废排	4
6.2.5 状态监测	4
6.2.6 运转试验	4
6.2.7 其他要求	4
6.3 控制系统要求	4
6.4 舒适性要求	5
6.5 电气要求	5
6.6 机械结构要求	5
6.7 安全要求	5
6.8 可信性要求	6
6.8.1 可靠性要求	6
6.8.2 维修性要求	6
6.8.3 可用性要求	6
6.8.4 安全性要求	6
6.8.5 LCC 要求	6
7 试验方法	7
7.1 试验条件	7
7.2 一般要求试验	8
7.2.1 外观、尺寸及重量	8
7.2.2 零部件及材料要求	8
7.3 技术要求试验	8
7.3.1 温度调控	8
7.3.2 通风	9
7.3.3 状态监测	9

7.3.4 废排装置喷水试验	9
7.3.5 运转试验	9
7.4 控制系统要求	9
7.5 舒适性要求试验	9
7.6 电气要求试验	10
7.7 机械结构要求试验	10
7.8 安全要求试验	10
7.9 可信性要求检验	10
7.9.1 可靠性验证	10
7.9.2 维修性验证	11
7.9.3 可用性验证	11
7.9.4 安全性验证	12
7.9.5 LCC 验证	12
8 检验规则	12
8.1 检验分类	12
8.2 出厂检验	12
8.3 型式检验	12
8.4 检验项目	12
8.5 判定规则	13
8.5.1 出厂检验	13
8.5.2 型式检验	13
9 标志、包装、运输与贮存	13
9.1 标志	13
9.2 包装	13
9.3 运输	14
9.4 贮存	14
参 考 文 献	15
附录 A (规范性) 技术性相关质量指标	16
附录 B (规范性) 可信性文件要求	18
附录 C (资料性) 安全性要求用表	19

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。

本文件由广州市轨道交通产业联盟提出、归口并解释。

本文件起草单位：广州地铁集团有限公司、广州中车轨道交通装备有限公司、西南交通大学、广州市轨道交通产业联盟、佛山市地铁建设有限公司、东莞市轨道交通有限公司、中山市轨道交通有限公司、中国标准化研究院、城市轨道交通系统安全与运维保障国家工程研究中心、广州轨道交通检验检测认证有限公司、广州鼎汉轨道交通车辆装备有限公司、石家庄国祥运输设备有限公司、广州朗进轨道交通设备有限公司、广州广冷华旭制冷空调实业有限公司、广州精益运输制冷设备有限公司、四川省国有资产经营投资管理有限责任公司。

本文件主要起草人：彭金方、林东升、杨晨岚、李俐、林世生、杨琦、戴兵刚、王太平、陈远生、朱伟健、魏超、朱旻昊、谭清云、冯芸、谭林、张建博、席文凯、姜雨桥、张浩雨、胡涛、胡文伟、刘涛、肖楠、王昊、韩冰、殷桂明、张滔、曾妮、李靓娟、王钊、杨宇、赵钧、于广禄、高福学、张显辉、罗章陶、杨醒锋、石彦肤、黄穗、项学明。

城市轨道交通车辆空调系统 技术规范

1 范围

本文件确定了城市轨道交通车辆空调系统（以下简称空调系统）的使用环境、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输与贮存。

本文件适用于最高运行速度不大于 160km/h 的城市轨道交通车辆的空调系统，其他轨道车辆和机车可参照执行。

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 4706.32 家用和类似用途电器的安全热泵、空调器和除湿机的特殊要求
- GB/T 191 包装储运图示标志
- GB/T 4208-2017 外壳防护等级（IP代码）
- GB/T 13306 标牌
- GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
- GB/T 21413.1-2018 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 21563 轨道交通机车车辆设备冲击和振动试验
- GB/T 24338.4-2018 轨道交通电磁兼容第3-2部分：机车车辆设备
- GB/T 34571-2017 轨道交通 机车车辆布线规则
- CJ/T 354-2010 城市轨道交通车辆空调、采暖及通风装置技术条件
- TB/T 1802-2016 铁道车辆水密性试验方法
- TB/T 1804-2017 铁道车辆空调 空调机组
- TB/T 2704-2016 铁道客车及动车组电取暖器
- TB/T 3138-2018 机车车辆用材料阻燃技术要求
- TB/T 3139-2021 机车车辆非金属材料及室内空气有害物质限量

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

空调系统 air conditioning system

空调系统由空调机组、废排装置、风道、控制单元、电取暖器及其他部件构成。

3.2

空调机组 air conditioning unit

把经过处理的空气以一定的方式送入车内，使车内空气的温度、相对湿度、洁净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]

3.3

紧急通风 emergency ventilation

在正常供电失效的情况下，利用车辆蓄电池供电进行的通风。

[来源：CJ/T 354-2010，3.10]

3.4

预热 preheating

车内没有乘客的情况下，使车内温度升高的过程。

[来源：CJ/T 354-2010，3.3]

3.5

预冷 precooling

车内没有乘客的情况下，使车内温度降低的过程。

[来源：CJ/T 354-2010，3.1]

3.6

新风 fresh air

从车外引入的空气。

[来源：CJ/T 354-2010，3.5]

3.7

回风 return air

从空气调节空间抽出再返回空气处理装置的空气。

[来源：CJ/T 354-2010，3.9]

3.8

送风 supply air

向车内送入的空气。

[来源：CJ/T 354-2010，3.6]

3.9

(产品的)可信性 dependability, <of an item>

需要时按要求执行的能力。

注：在轨道交通领域，可信性包括可靠性、可用性、维修性、安全性和全寿命周期费用。

[来源：GB/T 2900.99—2016，192-01-22，有修改]

3.10

(产品的)可靠性 reliability, <of an item>

在给定的条件，给定的时间区间，能无失效地执行要求的能力。

[来源：GB/T 2900.99—2016，192-01-24]

3.11

(产品的)可用性 availability, <of an item>

处于按要求执行状态的能力。

[来源：GB/T 2900.99—2016，192-01-23，原文注已删除]

3.12

(产品的)维修性 maintainability, <of an item>

在给定的使用和维修条件下，保持或恢复执行要求的状态的能力。

[来源：GB/T 2900.99—2016，192-01-27，原文注已删除]

3.13

安全性 safety

免除不可接受的风险影响的特性。

[来源：GB/T 21562—2008，3.35]

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

FMECA: 故障模式、影响和危害性分析 (Failure Mode Effects and Criticality Analysis)

IHA: 接口危害分析 (Interface Hazard Analysis)

LCC: 全寿命周期费用 (Life Cycle Cost)

MTBF: 平均故障间隔时间 (Mean Time Between Failure)

MDBF: 平均故障间隔里程 (Mean Distance Between Failure)

MTR: 平均修复时间 (Mean Time To Repair)

O&SHA: 运行和保障危害分析 (Operational and Safeguard Hazard Analysis)
 PHA: 初步风险分析 (Preliminary Hazard Analysis)
 PTC: 正温度系数 (Positive Temperature Coefficient)
 RAMS: 可靠性、可用性、维修性和安全性 (Reliability, Availability, Maintainability and Safety)
 SSHA: 子系统风险分析 (Sub-System Hazard Analysis)

5 使用环境

- 5.1 正常工作的海拔不超过 1200 m。
- 5.2 环境温度: $-25^{\circ}\text{C}\sim 45^{\circ}\text{C}$ 。
- 5.3 最湿月的月平均最大相对湿度不大于 90% (该月月平均最低温度为 25°C)。

6 技术要求

空调系统的技术要求包含以下内容, 审计团队应召开评审会对技术性相关质量指标进行审核, 推荐按照本文件附录A进行核对。

6.1 一般要求

6.1.1 外观、尺寸及重量

空调系统的外观应平整、光滑, 无凹陷、划痕和刺边等缺陷, 并按经规定程序批准的图样或设计文件制造、安装、调试及验收, 尺寸和重量符合要求。

6.1.2 零部件及材料

- 6.1.2.1 空调系统中所有零部件及其材料能满足其性能要求, 并符合各自相关标准, 各部件安装牢固可靠。
- 6.1.2.2 离心风机和轴流风机蜗壳、底座、导流圈和安装支架等部件宜采用不锈钢材料。
- 6.1.2.3 轴流风机叶轮、叶片宜采用铸铝叶轮并进行防腐, 在长期湿热环境下工作应不会引起电腐蚀, 离心风机叶轮、叶片宜采用不锈钢材料。
- 6.1.2.4 风道主体结构宜采用铝合金或轻质复合材料。
- 6.1.2.5 废排装置主体结构宜采用不锈钢或铝合金等耐腐蚀材料。
- 6.1.2.6 蒸发器宜采用铜管和铝合金翅片, 冷凝器宜采用铜管铜翅片或铝翅片 (高性能防腐处理)。

6.2 性能要求

6.2.1 温度调控

6.2.1.1 制冷系统

- 6.2.1.1.1 在额定制冷工况下, 空调机组实测制冷量不应小于额定制冷量的 95%。
- 6.2.1.1.2 在额定制冷工况下, 空调机组的实测输入功率不应大于额定制冷输入功率的 110%。
- 6.2.1.1.3 在额定制冷工况下, 空调机组的制冷输入功率包括压缩机、蒸发风机、冷凝风机等的总功率, 总功率因数不应小于 0.90。
- 6.2.1.1.4 在最大负荷制冷工况下试验, 空调机组各部件不应损坏, 并能正常运行。空调机组最大负荷制冷量衰减不大于额定工况的 20%。
- 6.2.1.1.5 制冷系统内应设置易于拆装清洗的过滤装置。
- 6.2.1.1.6 有预冷、恒温功能, 恒温时温度波动在 $\pm 1\text{ K}$ 内。
- 6.2.1.1.7 制冷能力应根据客室负荷情况自动调节。
- 6.2.1.1.8 制冷系统中制冷剂的泄漏量不超过 14 g/a 且密封性须确保前 10 年内不需补液。
- 6.2.1.1.9 客室和司机室内任何地方都无冷凝水和雨水渗出或吹出。

6.2.1.2 采暖系统

- 6.2.1.2.1 在热泵额定制热工况下, 热泵型空调机组实测制热量不应小于额定制热量的 95%。

- 6.2.1.2.2 在热泵最大运行制热工况下试验，空调机组各部件不应损坏，并能正常运行。
- 6.2.1.2.3 在热泵额定制热工况下，热泵型空调机组的制热输入功率包括压缩机、蒸发风机、冷凝风机等的总功率，总功率因数不应小于 0.80。
- 6.2.1.2.4 在热泵额定制热工况下，热泵型空调机组实测输入功率不应大于热泵额定制热输入功率的 110%。
- 6.2.1.2.5 在电热额定制热工况下，电加热器的实测制热功率允许为额定值的 100%~115%（PTC 加热元件）和 100%±10%（电加热管）。
- 6.2.1.2.6 有预热、恒温功能，恒温时温度波动在±1 K 内。
- 6.2.1.2.7 客室电加热外罩应有良好的通风散热功能。
- 6.2.1.2.8 客室电加热外罩的进出风口应能防止异物进入。
- 6.2.1.2.9 电取暖器其他要求应符合 TB/T 2704-2016 中第 5 章的规定。

6.2.2 正常通风

- 6.2.2.1 客室内人均新风量按额定载容量设计，应不低于 10 m³/h。
- 6.2.2.2 司机室内人均新风量不应少于 30 m³/h。
- 6.2.2.3 在凝露工况下工作，空调机组出风口不应有雾气或水滴吹出。
- 6.2.2.4 新风进风口应设有挡水格栅和滤网，防止雨水等被带入机组内。
- 6.2.2.5 新风风道应方便开展除尘、消毒、除异味工作。

6.2.3 紧急通风

- 6.2.3.1 在正常供电失效的情况下，紧急通风系统应能提供客室和司机室通风至少 45 分钟。
- 6.2.3.2 紧急通风应为全新风，紧急通风量不应低于超员载荷下每人 10 m³/h。

6.2.4 废排

- 6.2.4.1 水不应渗入废排装置内部及车辆安装接口处。
- 6.2.4.2 废排装置宜设有防寒结构，不应出现凝结水或结冰现象。

6.2.5 状态监测

6.2.5.1 温度、湿度和 CO₂ 含量监测

空调系统应具备温度、湿度、CO₂ 浓度实时监测的能力。

6.2.5.2 压缩机状态监测

空调系统应具备监测空调压缩机的工作温度、工作电流和工作压力变化情况的能力。

6.2.6 运转试验

空调机组组装完成后进行运转试验，应保证空调机组连续运转试验的时间不少于 1 h，机组各项功能应正常。

6.2.7 其他要求

- 6.2.7.1 空调系统应具有故障自诊断功能。
- 6.2.7.2 空调系统应至少设有 4 种运行模式：手动、自动、通风和停止。
- 6.2.7.3 空调系统应具备自控和本控的功能。
- 6.2.7.4 空调系统应具备温度和湿度调控功能。

6.3 控制系统要求

- 6.3.1 列车正常运行时，可在司机室对全列车空调机组进行集中控制，当列车检修时，可对单独一台空调机组进行控制。
- 6.3.2 空调系统运行状态及故障信息应能在司机室显示器读取和显示。
- 6.3.3 应具备预热、制热、预冷、制冷、通风和紧急通风功能。
- 6.3.4 应具备火灾模式，当接收到外部火灾信号时，关闭新风阀和废排风阀，空调机组运行模式不变。

当接收到内部火灾信号时，应使火灾车辆的空调机组停机。

6.3.5 应具备最大新风模式，该模式时，不宜改变空调机组的当前运行状态，如制冷、制热、通风等。当接收到“最大新风”命令时，应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，此时车内正压值不应大于 50 Pa。

6.3.6 应具备记录压缩机和风机的的工作时间，在授权模式下能对累计工作时间进行清零处理的能力。

6.3.7 应具有网络通讯功能，能够将运行状态和故障信息通过列车总线上传至中央控制单元，并在司机显示器上显示。

6.3.8 空调控制系统与网络相联，应组成集控，方便整列车空调的集中控制。

6.3.9 可独立控制各车厢空调温度。

6.3.10 可根据载荷信号调节客室目标温度设定值和新风量，根据 CO₂ 浓度调节新风量。

6.4 舒适性要求

6.4.1 在地板面以上 0.1 m 到 1.7 m 处任意两点间的温差不超过 3 K，客室内实际温度的变化允许偏离设定值的最大偏差为 ±1 K。

6.4.2 空调机组满负荷工作时声压级噪声值不应大于 75 dB(A)。

6.4.3 司机室通风机：车辆静止时，空调机组额定制冷工况下，司机室内座椅中心线距离地板面 1.5m 高处，空调机组产生的噪声 ≤65dB(A)。

6.4.4 客室空调机组：车辆静止时，空调机组额定制冷工况下，客室内沿车辆中心线距离地板面 1.5m 高处，空调机组产生的噪声 ≤68dB(A)。

6.5 电气要求

6.5.1 空调系统电气部件设计应符合 GB/T 21413.1-2018 中第 9 章的规定。

6.5.2 布线规则应符合 GB/T 34571-2017 中第 6、7 章的规定。

6.5.3 空调机组控制装置、变频控制器和变频器的电磁兼容性应符合 GB/T 24338.4-2018 中第 6、7 章的规定。

6.5.4 空调机组带电部位对地和对非带电金属部位的绝缘电阻应大于 5 MΩ。

6.5.5 空调机组应能承受 TB/T 1804-2016 中表 5 规定的电压，历时 1 min，无击穿或闪络现象。

6.5.6 外部供电连接要求应不低于 GB/T 4208-2017 中第 5、6 章规定的 IP66。

6.5.7 内部电气设备、接插件要求不低于 GB/T 4208-2017 中第 5、6 章规定的 IP54。

6.5.8 风阀执行器不低于 GB/T 4208-2017 中第 5、6 章规定的 IP56。

6.5.9 电气控制系统保护盒不低于 GB/T 4208-2017 中第 5、6 章规定的 IP55。

6.5.10 司机室通风机电机防护等级不应低于 GB/T 4208-2017 中第 5、6 章规定的 IP54。

6.6 机械结构要求

6.6.1 空调机组冲击和振动应符合 GB/T 21563 的规定。

6.6.2 压缩机及其安装机座应进行必要的防振和防锈处理。

6.6.3 空调机组的风机电机使用寿命应不低于 50000 工作小时或 15 年且 25000 工作小时或 8 年内无需任何维护，空调机组的电机轴承更换周期应不低于 40000 工作小时或 8 年。

6.6.4 蒸发器和冷凝器结构设计便于压缩空气和水流清洗，使用寿命应不低于 15 年。

6.6.5 废排装置和风道主体寿命应与车辆寿命一致。

6.7 安全要求

6.7.1 空调机组的安全性能和防火要求应符合 GB 4706.32 和 TB/T 3138-2018 的规定。

6.7.2 空调机组有害物质限量符合 TB/T 3139-2021 中第 4、5、6 章的规定。

6.7.3 压缩机和风机应有过载、过热、短路、欠压、缺相和反相的相关保护装置。

6.7.4 应综合考虑压缩机、冷凝风机和送风机等的启动顺序。

6.7.5 采暖系统当送风机不启动时，电加热器不应启动，且应设置过热保护、缺风保护，主电路设超高温断电保护。

6.7.6 空调机组不能踩踏区域应设置禁止踩踏标识。

6.8 可信性要求

6.8.1 可靠性要求

- 6.8.1.1 空调系统可靠性应具备包含以下内容的文件（提交阶段见附录 B）：
- 空调系统功能分析和系统失效定义；
 - 空调系统所有故障的故障树分析和失效模式、影响与危害分析；
 - 空调系统寿命测试结果及各可更换部件寿命测试结果。
- 6.8.1.2 空调系统不存在单一故障能导致整个系统处于临界状态。
- 6.8.1.3 空调系统不存在未被检测的故障与其他故障综合后导致失效。
- 6.8.1.4 为了保持规定的可靠性水平，应能满足通过自动或人工方式对关键功能进行连续或间隔监测。
- 6.8.1.5 空调系统故障可分为两种情况：碎修、列检故障和运营服务故障。空调系统可靠性指标要求见表 1。

表 1 可靠性指标要求

碎修、列检故障		运营服务故障	
MTBF (h)	(小时) 故障率	MDBF (Km)	(里程) 故障率
>2545	$3.93E-04 <$	>6546304	$1.53E-07 <$

6.8.2 维修性要求

- 6.8.2.1 空调系统保证维修性应具备包含以下内容的文件（提交阶段见附录 B）：
- 空调系统预防性维修和修复性维修操作方案；
 - 使空调系统性能保持设计水平的维护方法和处理措施；
 - 每个可修理部件的修理/替换时间（最大或平均修理/替换时间）及条件；
 - 备品备件清单；
 - 专用工具清单；
 - 各部件维修费用数据。
- 6.8.2.2 空调系统安装应模块化。
- 6.8.2.3 连接模块和组成电气连接件采用优质可靠零件，宜采用可快速拆装接头和紧固件。
- 6.8.2.4 风道设计宜减少弯绕。
- 6.8.2.5 空调系统 MTTR 不应大于 0.58 h。

6.8.3 可用性要求

空调系统固有可用度不应小于 99.99%。

6.8.4 安全性要求

空调系统安全性应具备包含以下内容的文件（提交阶段见附录 B）：

- 各阶段危害登记册；
- 空调系统安全性分析，至少包括：PHA、SSHA、IHA、O&SHA；
- 运营故障分析报告。

6.8.5 LCC 要求

6.8.5.1 相关文件

LCC 应具备包含以下内容的文件（提交阶段见附录 B）：

- 空调系统投资费用；
- 空调系统运营能耗费用；
- 故障修复性维修费用（材料费用+人工费用）；
- 预防性维修费用（材料费用+人工费用）；
- 空调系统全寿命周期费用。

6.8.5.2 空调系统全寿命周期费用模型

空调系统全寿命周期费用计算模型如下：

$$C_T = C_{TZ} + C_{YGZ} + C_{YYF} + C_{YFF} - C_{YCZ} \dots \dots \dots (1)$$

式中：

C_T —全寿命周期费用，与设计制定全寿命、可持续的空调系统维保策略、维修间隔、维修深度、物资及人力成本等相关；

C_{TZ} —投资费用，等于空调系统合同总价；

C_{YGZ} —空调系统全寿命周期故障维修费用，包括故障性维修的人力物力花费等；

C_{YFF} —空调系统全寿命周期预防性维修费用，包括预防性维修的人力物力花费等；

C_{YYF} —空调系统全寿命周期运营能耗费用，即消耗的电力费用。

C_{YCZ} —空调系统预计残值，即报废阶段预计能够回收到的残余价值。

6.8.5.3 运营能耗费用模型

$$C_{YFF} = \alpha \times C_{GL} \times T_{YYS} \times C_{DF} \dots \dots \dots (2)$$

式中：

α —修正系数，取 0.8；

C_{GL} —空调系统消耗功率，单位为千瓦（kw）；

T_{YYS} —空调系统空调系统运营时间，单位为小时（h）；

C_{DF} —当地 1 度电费用。

6.8.5.4 故障修复性维修费用模型

$$C_{YGZ} = N_{YGZ} \times (T_{GGS} \times C_{GS} + C_{GBJ}) \dots \dots \dots (3)$$

式中：

N_{YGZ} —全生命周期故障次数，对应的是空调系统故障率；

T_{GGS} —每次故障修复需要的工时总数；

C_{GS} —每个维修工时的人工费；

C_{GBJ} —每次故障修复材料费用和易损耗品费用。

6.8.5.5 预防性维修费用模型

$$C_{YFF} = N_{YYF} \times (T_{YGS} \times C_{GS} + C_{YBJ}) \dots \dots \dots (4)$$

式中：

N_{YYF} —寿命周期预防性维修次数；

T_{YGS} —每次预防性维修需要的工时总数；

C_{GS} —每个维修工时的人工费；

C_{YBJ} —每次预防维修备件费用。

6.8.5.6 预计残值模型

$$C_{YCZ} = \beta \times C_{GC} \dots \dots \dots (5)$$

式中：

β —残值率，由企业根据相关法律法规和会计准则的规定确定，通常约为5%；

C_{GC} —固定资产原值。

7 试验方法

7.1 试验条件

7.1.1 本部分各条款未作特殊说明时，各测量和试验均在温度为 15℃~35℃，相对湿度为 45%~75%。

7.1.2 额定制冷、最大负荷制冷、凝露、热泵额定制热、热泵最大运行制热、电热额定制热的试验工况应按照表 2 的规定进行，试验工况各参数的允差应符合表 3 的规定。

表 2 试验工况

试验项目		室内侧进气参数		室外侧进气参数	
		干球温度 (°C)	湿球温度 (°C)	干球温度 (°C)	湿球温度 (°C)
制冷	额定制冷	29	23	35	—
	最大负荷制冷	32.5	26	45	—
	凝露	27	24	27	—
制热	热泵额定制热	20	15 (最大)	7	6
	热泵最大运行制热	27	—	24	18
	电热额定制热	20	—	—	—

注：温度测点布置应使所测量的温度能代表空调机组的进、出风温度。测量湿球温度时，应保证流过湿球温度计处的空气流速为 $5\text{m/s} \pm 0.5\text{m/s}$ 。

表 3 试验工况允差

项 目			试验运行工况允差 (°C)			试验测试工况允差 (°C)		
			(观察范围)			(平均值与规定的试验工况的波动值)		
			制冷和不结霜制热	结霜制热		制冷和不结霜制热	结霜制热	
制热期间	融霜期间	制热期间		融霜期间				
室内空气湿度	干球	进口	± 1.0	± 2.0	—	± 0.5	± 0.5	± 1.5
		出口		—	—		—	—
	湿球	进口	± 0.5	—	—	± 0.25	—	—
		出口		—	—		—	—
室外空气湿度	干球	进口	± 1.0	± 2.0	± 5.0	± 0.5	± 0.5	± 1.5
		出口		—	—		—	—
	湿球	进口	± 0.5	± 1.0	± 2.5	± 0.25	± 0.3	—
		出口		—	—		—	—

注：计算用参数的最大允许波动值应在表中规定的允许范围之内。若波动值超过规定，则试验应作废。

7.2 一般要求试验

7.2.1 外观、尺寸及重量

目视检查空调系统外观状况，应符合6.1.1的规定，采用工装、量具检查空调系统尺寸和重量，检查结果应符合设计文件要求。

7.2.2 零部件及材料要求

根据相应的检验规程进行，结果应满足6.1.2的要求，允许采用确认材料厂商出示材质报告的方式进行。

7.3 技术要求试验

7.3.1 温度调控

7.3.1.1 制冷系统

7.3.1.1.1 制冷量按 TB/T 1804-2017 附录 B 中的方法进行试验，试验结果应符合 6.2.1.1.1 的规定。

7.3.1.1.2 在额定制冷、最大负荷制冷两种工况下，测定空调机组的电压、电流、频率、输入功率及功率因数，检查结果应符合 6.2.1.1.2 和 6.2.1.1.3 的规定。

7.3.1.1.3 在最大负荷制冷工况下按 TB/T 1804-2017 附录 B 进行试验，在第 1 h 运行期间，当空调机组停机 3 min 后，再启动连续运行 1 h，但在启动运行的最初 5 min 内允许过载保护器跳开，其后不允许动作；在运行的最初 5 min 内过载保护器不复位时，在停机不超过 30 min 内复位的，应连续运行 1h。检查空调机组应符合 6.2.1.1.4 的规定。

7.3.1.1.4 启动空调系统预冷、恒温功能，按照 CJ/T 354-2010 中 11.2.1 部分内容来布置温度测点，经历 3 个完整的启停周期，每隔 30 min 记录一次车内各温度测点数值，验证具备 6.2.1.1.6 要求的功能。

7.3.1.1.5 空调机组在正常的制冷剂充灌量下运转后，用卤素检漏仪或其他同等精度的检漏仪器进行检漏，检查结果应符合 6.2.1.1.8 的规定。

7.3.1.1.6 在空调机组运转情况下向机组均匀喷水，喷水试验装置应符合 TB/T 1802-2016 中第 4 章的规定，空调机组正常运行，喷水时间应不小于 15 min，喷水压力应不小于 0.3 MPa，喷水强度应不低于 6 mm/min 或整个装置应能实现 0.5 m³/min 均匀喷射，检查结果应符合 6.2.1.1.9 的规定。

7.3.1.1.7 目视检查制冷系统内已设置易于拆装清洗的过滤装置。

7.3.1.2 采暖系统

7.3.1.2.1 制热量按 TB/T 1804-2017 附录 B 的方法进行试验，试验结果应符合 6.2.1.2.1 的规定。

7.3.1.2.2 在热泵最大运行制热工况下按 TB/T 1804-2017 附录 B 进行试验。在第 1 h 运行期间，当空调机组停机 3 min 后，再启动连续运行 1 h，但在启动运行的最初 5 min 内允许过载保护器跳开，其后不允许动作；在运行的最初 5 min 内过载保护器不复位时，在停机不超过 30 min 内复位的，应连续运行 1 h。检查空调机组应符合 6.2.1.2.2 的规定。

7.3.1.2.3 在热泵额定制热、热泵最大运行制热工况下，测定热泵型空调机组的电压、电流、频率、输入功率及功率因数，检查结果应符合 6.2.1.2.3 和 6.2.1.2.4 的规定。

7.3.1.2.4 对于装有电加热器的空调机组，在额定通风量和电热额定制热工况下，测定电加热器的输入功率及电流值，检查结果应符合 6.2.1.2.5 的规定。

7.3.1.2.5 启动采暖系统预热、恒温功能，按照 CJ/T 354-2010 中 11.2.1 部分内容来布置温度测点，经历 3 个完整的启停周期，每隔 30 min 记录一次车内各温度测点数值，验证具备 6.2.1.2.6 要求的功能。

7.3.1.2.6 目视检查采暖系统壳体，检查结果应符合 6.2.1.2.7、6.2.1.2.8 的规定。

7.3.2 通风

7.3.2.1 按 CJ/T 354-2010 中 11.3.1 的测试方法测量风量，测量结果应符合 6.2.2.1、6.2.2.2、6.2.3.2 的规定。

7.3.2.2 在凝露工况下，空调机组连续运行 4 h，检查结果应符合 6.2.2.3 的规定。

7.3.2.3 运行空调系统紧急通风模式，采用秒表计量紧急通风模式能进行的时长，验证满足 6.2.3.1 的规定。

7.3.2.4 目视检查空调机组内部挡水格栅和滤网已布置。

7.3.3 状态监测

运行空调系统，模拟其实际使用环境和条件，能够正常运行和完成指定功能，试验结果应符合 6.2.5.1 和 6.2.5.2 的规定。

7.3.4 废排装置喷水试验

喷水试验装置应符合 TB/T 1802-2016 中第 4 章的规定。试验时排风单元应处于工作状态（通风器叶片处于打开状态），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，喷水结束后 10 min~20 min 内进行检查，检查结果应符合 6.2.4.1 的规定。

7.3.5 运转试验

空调机组连续运转 1 h，并测量电流、电压及室内换热器进出风温度，检查安全保护装置的灵敏可靠性，检查温度、电器控制元件，检查结果应符合 6.2.6 的要求。

7.4 控制系统要求

运行空调控制系统，模拟其实际使用环境和条件，能够正常运行和完成指定功能，验证结果应符合 6.3 的规定。

7.5 舒适性要求试验

7.5.1 按照 CJ/T 354-2010 中 11.2.1 节来布置温度测点，经历 3 个完整的车辆启停周期，每隔 30min 记录一次车内各温度测点数值，应符合 6.4.1 的规定。

7.5.2 按 TB/T 1804-2017 中 6.4.22 节进行噪声试验，其噪声值应符合 6.4.2、6.4.3、6.4.4 的规定。

7.6 电气要求试验

7.6.1 目视检查空调系统布线、电气部件设计应符合 6.5.1、6.5.2 的规定。

7.6.2 集成控制单元、电源类部件（含变频器）的排风单元的电磁兼容试验应按照 GB/T 24338.4-2018 中第 6、7 章方法执行，试验结果应符合 6.5.3 的规定。

7.6.3 用兆欧表测量空调系统带电部位对非带电部位的绝缘电阻，应符合 6.5.4 要求。兆欧表等级按表 4 规定。

表 4 兆欧表等级

供电电源	发电机供电	逆变器、变频器供电	DC110V	DC110以下
欧姆表等级	500 V	1000 V	500 V	500 V

7.6.4 按 TB/T 1804-2017 中 6.4.7 部分内容进行介电强度试验，试验结果应符合 6.5.5 的规定。

7.6.5 采用 GB/T 4208-2017 中第 5、6 章的试验方法对外部供电连接、内部电气设备、接插件、风阀执行器、电气控制系统保护盒和司机室通风机电机的防护等级做测试，试验结果应符合 6.5.6~6.5.9 的规定。

7.7 机械结构要求试验

7.7.1 按 GB/T 21563 进行冲击和振动试验，加速度系数取 5.66，试验结果应符合 6.6.1 的规定。

7.7.2 各部件工艺和寿命检验，采用厂商出具检测报告的方式进行，结果应符合 6.6.2~6.6.5 的规定。

7.8 安全要求试验

7.8.1 按照 GB 4706.32 和 TB/T 3138-2018 中第 3 章的检验方法检验空调系统的安全性能和防火性能，试验结果应符合 6.7.1 的规定。

7.8.2 按照 TB/T 3139-2021 中第 4、5、6 章的检验方法对空调系统有害物质含量进行检验，试验结果应符合 6.7.2 的规定。

7.8.3 人为制造压缩机和风机过载、过热、短路、欠压、缺相和反相故障，试验结果应符合 6.7.3 的规定。

7.8.4 人为制造压缩机、冷凝风机和送风机等启动顺序故障，试验结果应符合 6.7.4 的规定。

7.8.5 人为制造送风机故障，试验电加热器启动状况，试验结果应符合 6.7.5 的规定。

7.8.6 目视检查空调机组不能踩踏区域禁止踩踏标识已设置。

7.9 可信性要求检验

7.9.1 可靠性验证

7.9.1.1 文件审核

审计团队召开评审会对空调系统可靠性相关文件进行审核，各项工作必须规范，参考对应的 GB、TB 和 IEC 等相关标准，审核结果应符合 6.8.1.1 的规定。

7.9.1.2 可靠性预计

采用 MIL-HDBK-217F 的组件应力方法，执行可靠性预测，集成电路工作失败率预测公式：

$$\lambda = \pi_Q [C_1 \pi_T \pi_V + (C_2 + C_3) \pi_E] \pi_L \dots \dots \dots (6)$$

式中：

λ —工作环境压力下组件的故障率；

π_Q —环境系数；

C_1 —综合电路因子；

π_T —温度应力因子；

π_V —电压应力因子；

C_2 —电路复杂度因子；

C_3 —封装因子；

π_E —环境系数；

π_L —成熟度因子。

可靠性的表征指标 MTBF 和（小时）故障率 λ 之间的关系如下：

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \dots\dots\dots (7)$$

可靠性的表征指标MDBF和MTBF之间的关系如下：

$$MDBF = MTBF \times V \dots\dots\dots (8)$$

式中：

V —列车平均每小时运行公里数，Km/h。

MDBF和（里程）故障率 λ_l 之间的关系如下：

$$\lambda_l = \frac{1}{MDBF} \dots\dots\dots (9)$$

a) 碎修、列检故障

根据(6)式可得碎修、列检故障率 λ_{sl} ，根据(7)可得到碎修、列检故障的平均故障间隔时间 $MTBF_{sl}$ 。当 λ_{sl} 和 $MTBF_{sl}$ 满足 6.8.1.5 中要求时，即判定合格。

b) 运营服务故障

根据(6)可得运营服务(小时)故障率 λ_{yy} ，根据(7)式可得到运营服务故障的平均故障间隔时 $MTBF_{yy}$ ，根据(8)式可得运营服务故障的平均故障间隔里程 $MDBF$ ，根据(9)式可得到运营服务故障里程故障率 λ_l 。当 λ_l 和 $MDBF$ 满足 6.8.1.5 中要求时，即判定合格。

7.9.2 维修性验证

7.9.2.1 文件审核

审计团队召开评审会对空调系统维修性相关文件进行审核，各项工作必须规范，参考对应的GB、TB和IEC等相关标准，审核结果应符合6.8.2.1的规定。

7.9.2.2 维修性预计

MTTR是排除故障所需实际修复时间的平均值，即产品修复一次平均需要的时间。由于修复时间是随机变量，则 MTTR是修复时间的均值或数学期望，即：

$$MTTR_S = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n} \dots\dots\dots (10)$$

式中：

$MTTR_S$ —系统平均修复时间，单位为小时（h）；

t_i —单元 i 的修复时间，单位为小时（h）；

n —修复次数。

当系统有 n 个修复单元或部件时，则平均修复时间为：

$$MTTR_S = \sum_{i=1}^n \frac{MTTR_i \times \lambda_i}{\lambda_s} \dots\dots\dots (11)$$

式中：

$MTTR_i$ —系统第 i 个单元的平均修复时间；

λ_i —系统单元 i 的故障率；

λ_s —系统故障率。

按上述公式计算出维修性预计值 $MTTR_S$ ，应符合 6.8.2.4 的规定。

7.9.3 可用性验证

空调系统的固有可用度预计值 A_y ，计算公式如下：

$$A_y = \frac{MTBF_s}{MTBF_s + MTTR_s} \dots\dots\dots (12)$$

A_y 应符合6.8.3的规定。

7.9.4 安全性验证

审计团队召开评审会对空调系统安全性相关文件进行审核，各项工作必须规范，参考对应的GB、TB和IEC等相关标准，推荐按照本文件附录C中的模板编写相关文件，审核结果应符合6.8.4.1的规定。

7.9.5 LCC 验证

审计团队召开评审会对LCC分析报告进行审核，各项工作必须规范，审核结果应符合6.8.5的规定。

8 检验规则

8.1 检验分类

检验分为出厂检验和型式检验。

8.2 出厂检验

出厂检验应逐台进行，检验合格并签发产品合格证后方可出厂。

8.3 型式检验

有下列情况之一时应进行型式检验：

- a) 新产品试制定型、生产场地变更或老产品转场生产鉴定时；
- b) 正常生产后，产品结构、工艺或材料有较大改变，可能影响产品性能时；
- c) 正常生产时应每两年至少进行一次型式检验；
- d) 停产一年以上恢复生产；
- e) 出厂检验结果与上次型式检验结果有较大差异时；
- f) 行业主管部门提出要求时。

8.4 检验项目

装车前出厂检验和型式检验的项目内容见表5。

表5 装车前出厂检验和型式检验的项目

序号	检验项目	试验要求条款	试验方法条款	型式检验	出厂检验
1	外观、尺寸和重量	6.1.1	7.2.1	√	√
2	额定制冷量试验	6.2.1.1.1	7.3.1.1.1	√	
3	制冷输入功率试验	6.2.1.1.2、6.2.1.1.3	7.3.1.1.2	√	
4	最大负荷制冷试验	6.2.1.1.4	7.3.1.1.3	√	
5	制冷剂泄漏试验	6.2.1.1.8	7.3.1.1.5	√	√
6	额定制热量试验	6.2.1.2.1	7.3.1.2.1	√	
		6.2.1.2.2	7.3.1.2.2	√	
7	热泵最大运行制热试验	6.2.1.2.2	7.3.1.2.2	√	
8	热泵制热输入功率试验	6.2.1.2.3、6.2.1.2.4	7.3.1.2.3	√	
9	电加热器的制热功率试验	6.2.1.2.5	7.3.1.2.4	√	
10	凝露试验	6.2.2.3	7.3.2.2	√	
11	运转试验	6.2.6	7.3.5	√	√
12	噪声试验	6.4.2、6.4.3	7.5.2	√	
13	电磁兼容试验	6.5.3	7.6.2	√	
14	绝缘电阻试验	6.5.4	7.6.3	√	√
15	介电强度试验	6.5.5	7.6.4	√	√
16	冲击与振动试验	6.6.1	7.7.1	√	
17	安全性能试验	6.7.1	7.8.1	√	
18	防火性能试验	6.7.1	7.8.1	√	

序号	检验项目	试验要求条款	试验方法条款	型式检验	出厂检验
19	制冷系统故障保护试验	6.7.3	7.8.3	√	
		6.7.4	7.8.4	√	
20	制热系统故障保护试验	6.7.5	7.8.5	√	

注：“√”表示进行检验的项目。

装车后出厂检验和型式检验的项目内容见表6。

表6 装车后型式试验和出厂检验的项目

序号	检验项目	试验要求条款	试验方法条款	型式检验	出厂检验
1	整车淋雨试验	6.2.1.1.9	7.3.1.1.6	√	√
		6.2.4.1	7.3.4	√	√
2	风量试验	6.2.2.1、6.2.2.2、 6.2.3.2	7.3.2.1	√	
3	温差试验	6.4.1	7.5.1	√	

注：“√”表示进行检验的项目。

8.5 判定规则

8.5.1 出厂检验

若空调系统有一个检测项目不合格时，即判定为不合格，只有在所规定的检验项目全部合格后，才能判定为合格。

8.5.2 型式检验

表5、表6中各型式检验要求全部合格则该产品判定为合格，若有一项不合格则该产品判为不合格。

9 标志、包装、运输与贮存

9.1 标志

每台空调系统标牌应符合GB/T 13306的规定，标牌上应至少注明以下内容：

- a) 制造商的名称和地址；
- b) 制造年份；
- c) 序列号或标识号；
- d) 整机质量；
- e) 制冷量、制热量；
- f) 消耗功率、能效比；
- g) 送风量、新风量；
- h) 产品名称。

9.2 包装

9.2.1 产品及部件包装应符合 GB/T 13384 的有关规定。

9.2.2 包装储运图示标志应按照 GB/T 191 的规定。

9.2.3 包装箱外侧文字和产品标志应清晰，不应因搬运而模糊不清，其内容包括：

- a) 产品名称；
- b) 收货单位名称、地址、电话；
- c) 发货单位名称、地址、电话；
- d) “大件物品”、“轻拿轻放”等标志。

9.2.4 产品应附有下列文件：

- a) 产品装箱单；
- b) 产品合格证；

c) 随机附件清单。

9.3 运输

9.3.1 空调系统在运输中应防止剧烈震动和碰撞，并符合包装外壁上的文字和标志规定。

9.3.2 空调系统在运输过程中应避免淋雨、受潮，并保持清洁等。

9.4 贮存

9.4.1 产品入库前应进行检查。

9.4.2 库房应具有良好的通风、隔热、保温、排水、防震、防火等设施。

参 考 文 献

- [1] GB/T 21562—2008 轨道交通 可靠性、可用性、可维修性和安全性规范及示例
- [2] GB/T 19842-2005 轨道车辆空调机组
- [3] GB/T 33193-2016 铁道车辆空调 第1部分:舒适度参数
- [4] 城市轨道交通80km/hA型地铁车辆用户需求书(范本)(中城轨〔2023〕42号)

全国团体标准信息平台

附录 A

(规范性)

表 A.1 空调系统技术性关键质量指标汇总表

序号	检测指标	检测时机	检测方法	场景参数	本标准值
1	空调机组实测制冷量	装车前出厂检验、装车前型式检验	TB/T 1804-2017 标准的附录B	本标准表2	不小于额定制冷量的95%
2	空调机组实测制冷输入功率	装车前型式检验	本标准的 7.3.1.1.2	本标准表2	不大于额定制冷输入功率的110%
3	空调机组总功率因数	装车前型式检验	本标准的 7.3.1.1.2	本标准表2	不小于0.9
4	空调机组最大负荷制冷量衰减量	装车前型式检验	本标准的 7.3.1.1.3	本标准表2	不大于额定工况的20%
5	恒温时温度波动值	装车后型式试验	本标准的 7.3.1.1.4	本标准7.1.1	不大于1K
6	制冷系统中制冷剂的泄漏量	装车前出厂检验、装车前型式检验	本标准的 7.3.1.1.5	本标准7.1.1	不大于14g/a
7	热泵型空调机组实测制热量	装车前型式检验	TB/T 1804-2017 标准的附录B	本标准表2	不小于额定制热量的95%
8	热泵型空调机组的总功率因数	装车前型式检验	本标准的 7.3.1.2.3	本标准表2	不小于0.8
9	热泵型空调机组实测输入功率	装车前型式检验	本标准的 7.3.1.2.3	本标准表2	不小于110%
10	电加热器的实测制热功率	装车前型式检验	本标准的 7.3.1.2.4	本标准表2	100%~115% (PTC加热元件)和100%±10% (电加热管)
11	客室内人均新风量	装车后型式试验	本标准的 7.3.2.1	本标准7.1.1	不小于10m ³ /h
12	司机室内人均新风量	装车后型式试验	本标准的 7.3.2.1	本标准7.1.1	不小于30m ³ /h
13	紧急通风系统能提供客室和司机室通风时长	装车后型式试验	本标准的 7.3.2.3	本标准7.1.1	不小于45min
14	紧急通风量	装车后型式试验	本标准的 7.3.2.1	本标准7.1.1	不小于10m ³ /h

序号	检测指标	检测时机	检测方法	场景参数	本标准值
16	垂直面温差	装车后型式试验	本标准的 7.5.1	本标准7.1.1	不大于3K
17	空调机组满负荷工作时声压级噪声值	装车前型式检验	TB/T 1804-2017中6.4.22	本标准7.1.1	不大于75dB(A)
18	司机室通风机噪声值	装车前型式检验	TB/T 1804-2017中6.4.22	本标准7.1.1	不大于65dB(A)
19	客室空调机组噪声值	装车前型式检验	TB/T 1804-2017中6.4.22	本标准7.1.1	不大于68dB(A)
20	空调机组带电部位对地和非带电金属部位的绝缘电阻	装车前出厂检验、装车后出厂检验	本标准的 7.6.3	本标准7.1.1	不小于5M Ω
21	外部供电连接IP等级	选型要求	本标准的 7.6.5	本标准7.1.1	不低于IP66
22	风阀执行器IP等级	选型要求	本标准的 7.6.5	本标准7.1.1	不低于IP56
23	电气控制系统保护盒IP等级	装车前出厂检验	本标准的 7.6.5	本标准7.1.1	不低于IP55
24	司机室通风机电机IP等级	选型要求	本标准的 7.6.5	本标准7.1.1	不低于IP54
25	空调机组的风机电机寿命	选型要求	本标准的 7.7.2	本标准7.1.1	50000工作小时或15年且25000工作小时或8年内无需任何维护
26	空调机组的电机轴承更换周期	选型要求	本标准的 7.7.2	本标准7.1.1	不低于40000工作小时或8年
27	蒸发器和冷凝器使用寿命	选型要求	本标准的 7.7.2	本标准7.1.1	不低于15年

附录 B

(规范性)

可信性文件要求用表

表 B.1 可信性文件交付阶段

序号	可信性文件	工程阶段				
		设计	制造	测试及试运营	首件检查	试运营/质保期
1	系统的可靠性分析	递交	更新	更新	关闭	
2	系统的安全性分析	递交	更新	更新	关闭	
3	危害登记册	递交	更新	更新	关闭	
4	系统的维修性分析（包括维修维护方案、时间、费用）	递交	更新	更新	关闭	
5	备品备件清单				递交	
6	专用工具清单				递交	
7	运营故障分析报告					递交
8	LCC分析报告					递交

附录 C

(资料性)
安全性要求用表

表 C.1 危害登记册

危害日志编号	危害来源	危害描述	运行模式	危害原因	危害后果	初始危害频率	初始危害严酷度	初始危害等级	危害控制措施编号	危害控制措施	措施责任方	残余危害频率	残余危害严酷度	残余危害等级	措施确认方式	危害控制措施实施证据	危害分析假设(前提条件)	危害更改记录	确认结论	危害状态

表 C.3 子系统风险分析 (SSHA)

危害日志编号	危害来源	危害元素 (对象)子系统功能	失效模式	运行模式	危害描述	危害原因	危害后果	初始危害 频率 F	初始危害 严酷度 S	初始危害 等级 R	控制措施 编号	危害接收原理	危害控制措施	措施责任方	残余危害 频率	残余危害 严酷度	残余危害 等级	修订记录

表 C. 4 接口危害分析 (IHA)

危害日志编号	危害来源	危害元素 (对象)子 系统功能	失效 模式	运行模式	危害 描述	危害 原因	危害 后果	初始危害 频率 F	初始危害 严酷度 S	初始危害 等级 R	控制措施 编号	危害接 收原理	危害控 制措施	措施责 任方	残余危 害频率	残余危 害严酷度	残余危 害等级	修订 记录

表 C.5 运行和保障危害分析 (O&SHA)

危害 日志 报告	操作 类别	步骤和工序 (O&SHA)	作业内容	工作/运行 模式	危害 描述	危害 原因	危害 后果	初始 危害 频率 ^F	初始危害 严酷度 S	初始危害等 级 R	控制措施 编号	危害控制 措施	措施 责任方	残余 危害 频率	残余危害严 酷度	残余 危害 等级	修订 记录