

团 体 标 准

T/GRTIA 2-2024

城市轨道交通车辆内部照明 技术规范

Interior lighting for urban rail transit vehicles
Technical specifications

2024-8-26 发布

2024-9-1 实施

目 次

前言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	3
5 使用环境	3
6 技术要求	3
6.1 配光性能要求	3
6.2 外观要求	4
6.3 结构要求	4
6.4 材料要求	4
6.5 噪声要求	4
6.6 显色指数要求	4
6.7 色温要求	4
6.8 光衰性能要求	4
6.9 布线要求	5
6.10 灯座要求	5
6.11 通用要求	5
6.11.1 开关耐久性能要求	5
6.11.2 材料耐燃烧性试验要求	5
6.11.3 泄露电流要求	5
6.11.4 爬电距离和电气间隙要求	5
6.11.5 灯具耐久性要求	5
6.11.6 极性颠倒要求	5
6.11.7 外壳防护要求	5
6.11.8 冲击振动性能要求	5
6.11.9 耐湿热性能要求	5
6.11.10 电磁兼容性能要求	5
6.11.11 高温性能要求	5
6.11.12 低温性能要求	5
6.11.13 低温存放要求	6
6.12 安全要求	6
6.13 可信性要求	6
6.13.1 可靠性要求	6
6.13.2 维修性要求	6
6.13.3 可用性要求	6
6.13.4 安全性要求	6
6.13.5 LCC 要求	6
7 试验方法	8
7.1 试验条件	8

7.2 配光性能试验	8
7.2.1 频闪试验	8
7.2.2 内部照明配光性能试验	8
7.3 外观和结构检查	8
7.4 噪声检查	8
7.5 显色指数检验	8
7.6 色温检验	8
7.7 光衰试验	8
7.8 开关耐久性试验	8
7.9 内部车灯材料耐燃烧试验	8
7.10 泄漏电流试验	8
7.11 爬电距离和电气间隙检测	8
7.12 灯具耐久性试验	8
7.13 极性颠倒试验	9
7.14 外壳防护试验	9
7.15 冲击、振动试验	9
7.16 耐湿热试验	9
7.17 电磁兼容性试验	9
7.18 高温性能试验	9
7.19 低温性能试验	9
7.20 低温存放试验	9
7.21 可信性要求检验	9
7.21.1 可靠性验证	9
7.21.2 维修性验证	10
7.21.3 可用性验证	10
7.21.4 安全性验证	10
7.21.5 LCC 验证	10
8 检验规则	11
8.1 检验分类	11
8.2 出厂检验	11
8.3 型式检验	11
8.4 检验项目	11
8.5 判定规则	12
8.5.1 出厂检验	12
8.5.2 型式检验	12
9 标志、包装、运输与贮存	12
9.1 标志	12
9.2 包装	12
9.3 运输	12
9.4 贮存	12
参 考 文 献	13
附 录 A	14
附 录 B	16

附录 C 17

全国团体标准信息平台

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：西南交通大学、广州地铁集团有限公司、广州中车轨道交通装备有限公司、广州市轨道交通产业联盟、东莞市轨道交通有限公司、佛山市地铁建设有限公司、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、深圳恒之源技术股份有限公司、深圳市垆运照明电器有限公司、深圳市三和祥科技有限公司、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、魏超、朱旻昊、褚兆龙、谭清云、温明亮、张少锋、朱鹏举、戴兵刚、杨琦、王太平、陈远生、朱伟健、李沛文、席文凯、姜雨桥、张建博、詹嘉茵、胡文伟、罗玉德、胡涛、肖楠、侯亮勇、韩冰、何治新、殷桂明、赵杨坤、沈新建、潘启兰、黄森林、黄族鹏、王涛、杨培、李冬林、项学明。

城市轨道交通车辆内部照明技术规范

1 范围

本文件确定了城市轨道交通车辆内部照明的使用环境、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输及贮存。

本文件适用于城市轨道交通车辆的内部照明，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/T 191 包装储运图示标志

GB/T 1312 管型荧光灯灯座和启动器座

GB/T 4208 外壳防护等级（IP 代码）

GB/T 4214.1 家用和类似用途电器噪声测试方法 通用要求

GB/T 13306 标牌

GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件

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

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 26178 光通量的测量方法

GB/T 33721—2017 LED 灯具可靠性试验方法

GB 17625.1 电磁兼容 限值 第 1 部分：谐波电流发射限值

TB/T 1759 铁道客车配线布线规则

TB/T 2917.1—2019 铁路客车及动车组照明 第 1 部分：通用要求

TB/T 2917.2—2019 铁路客车及动车组照明 第 2 部分：车厢用灯

TB/T 3138 机车车辆用材料阻燃技术要求

GJB Z 299C—2006 电子设备可靠性预计手册

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

灯具 luminaire

分配、透过或改变一个或多个光源发出光线的器具，它包括支承、固定和保护光源所必需的所有部件，以及必需的电路辅助装置和将它们连接到电源的装置，但不包括光源本身。

注：采用整体式不可替换光源的发光器被视作一个灯具，但不针对整体式光源或整体式自镇流光源进行试验。

[来源：GB 7000.1—2015，1.2.1]

3.2

LED 灯具 LED luminaire

包含一个或多个 LED 光源的灯具。

[来源：GB T 24826-2016，3.17]

3.3

内部照明 interior lighting

用于提供车辆内部照明，包括客室内照明和司机室照明。客室照明包括客室灯带（包含环形灯及辅助照明灯具）、电源、控制器、感光器、贯通道筒灯、设备柜内照明等组成；司机室照明包括顶棚灯、阅读灯等组成。

3.4

灯座 lamp holder

固定灯并为其提供电接触的部件。

[来源：GB/T 21098-2007, 1.1]

3.5

端子排 terminal block

承载一个或多个相互绝缘的端子组件并被固定在支持件上的绝缘部件。

[来源：GB/T 14048.1-2023, 3.4.20]

3.6

照度 illuminance

投射在某一表面的光通量与被照射面面积之比。

注：照度单位用勒克斯（lx, 1 lx=1 lm/m²）表示。

[来源：TB/T 2917.1-2019, 3.4]

3.7

平均照度 average illuminance

规定表面上各点的照度平均值。

[来源：TB/T 2917.1-2019, 3.5]

3.8

照明均匀度 illuminance uniformity

给定表面上的最小（最大）照度与平均照度之比。

[来源：TB/T 2917.1-2019, 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，能无失效的执行要求的能力。

[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）可维修性 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]

3.14

LED 光衰 light wane

LED经过一段时间的点亮后其光通量下降的部分。

3.15

电磁兼容性 electromagnetic compatibility

设备或系统在其电磁环境中正常运转的能力，在该环境中不会对任何事情引入无法容忍的电磁干扰。

[来源：GB/T 4365—2003, 161-01-07]

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

LCC: 全寿命周期费用 (Life Cycle Cost)

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

MTTR: 平均修复时间 (Mean Time To Restoration)

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

LRU: 在线可更换单元 (Line Replaceable Unit)

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)

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)

SSHA: 子系统风险分析 (Sub-System Hazard Analysis)

5 使用环境

5.1 环境温度: $-25\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

5.2 海拔: 不超过 1400 m。

5.3 相对湿度: 月平均最大相对湿度不大于 95% (该月月平均最低温度为 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$)。

6 技术要求

内部照明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 配光性能要求

6.1.1 司机室灯具打开后应处于常亮状态, 不应存在频闪现象, 不对车内摄像头的摄像产生影响。

6.1.2 产品验收时, 灯具正常照明, 司机室内在离地面高 800 mm 处测得的照度不小于 150 lx。

6.1.3 产品验收时, 客室内 (未提供阅读灯的座位区) 照明应满足距客室地面 800 mm 处平均照度应为 200 lx~350 lx。

6.1.4 运行于地面、高架等线路车辆, 客室照明应具备自动调光功能, 保持车厢内照度为一恒定值。

6.1.5 司机室平均照度和照明均匀度应满足 TB/T 2917.1—2019 中 5.1 的规定; 客室平均照度和照明

均匀度应满足 TB/T 2917.1—2019 中 4.1.1 的规定。

6.1.6 紧急照明时所有灯具照度自动降低，在门区离地面高 800 mm 处测得的照度不小于 100 lx。

6.1.7 地板上沿逃生路线中心线的平均紧急照度应不小于 5 lx。

6.1.8 紧急照明与普通照明采用同一光源，在列车供电故障时，能自动转换成由蓄电池供电的紧急照明。

6.1.9 司机室和客室灯具宜采用 LED 光源，电源应为 DC110V。

6.2 外观要求

内部照明灯具外观应符合以下要求：

- 灯具安装面周边平整，无翘曲；
- 表面无污迹、残胶、杂质、斑点等缺陷；
- 带金属外壳的灯具上有接地点，并设有保护接地图示；
- 灯具表面漆膜平整光洁、色泽均匀，无流痕、龟裂、烧痕、起泡、杂质等缺陷。

6.3 结构要求

内部照明灯具结构应符合以下要求：

- 灯罩与车顶天花板形成一个连续、平滑的过渡面，应与车顶天花板形成密封；
- 照明固定设备应通过车体接地；
- 应使用防振、可快速拆卸、易维护的灯具外罩；
- 灯罩部件可靠固定，应对灯罩加装防脱落保护措施，避免在运行时灯罩脱落引起人身伤害；
- 灯具内部设备应通过螺钉牢靠固定在灯体上，在结构设计中应不存在锋利的毛边、突出的棱角等。

6.4 材料要求

6.4.1 绝缘材料

在全寿命周期接触油和热的条件下，所有绝缘材料应不发生降解。

6.4.2 灯罩与防护罩材料

灯罩和防护罩应采用聚碳酸酯（PC）或者其他符合表1要求的材料，使用寿命须不少于15年。

表 1 灯罩与防护罩性能要求

颜色	透光率	耐热温度/°C
透明	≥85%	≥95
乳白色	50%~80%	≥95

6.5 噪声要求

在额定电压和频率以及 10 dB (A) 环境噪音背景条件下，距离车辆上 LED 灯的固定装置 0.3 m 处测得的噪音应不超过 40 dB (A)。

6.6 显色指数要求

LED 灯的显色指数应大于 80。

6.7 色温要求

LED 灯的色温应为 6200 K~6800 K。

6.8 光衰性能要求

LED 灯的光衰性能应满足表 2 中所列要求，需对 LED 照明元件的性能进行评估。

表 2 LED 光衰性能要求

使用小时数 (h)	光衰
-----------	----

6000	<4%
12000	<10%
18000	<15%
24000	<21%
30000	<26%
50000	满足照度要求，同时需照度均匀

6.9 布线要求

布线应满足TB/T 1759的规定。

6.10 灯座要求

灯座应符合GB/T 1312中第14章的规定。

6.11 通用要求

6.11.1 开关耐久性能要求

开关试验后，样品应无明显的损坏。

6.11.2 材料耐燃烧性要求

列车内部车灯燃烧特性应满足TB/T 3138中的规定。

6.11.3 泄露电流要求

泄露电流数值应满足TB/T 2917.2—2019中5.3.8的规定。

6.11.4 爬电距离和电气间隙要求

爬电距离和电气间隙数值应满足TB/T 2917.2—2019中5.3.9的规定。

6.11.5 灯具耐久性能要求

灯具耐久性能应满足TB/T 2917.2—2019中5.3.10的规定。

6.11.6 极性颠倒要求

灯具在电源电压极性颠倒时应满足TB/T 2917.2—2019中5.3.11的规定。

6.11.7 外壳防护要求

灯具外壳防护要求应不低于GB/T 4208中规定的IP30，电源及控制器外壳防护要求应不低于GB/T 4208中规定的IP20。

6.11.8 冲击振动性能要求

灯具的冲击振动性能应满足TB/T 2917.2—2019中5.3.13的规定，冲击、振动试验后，紧固件应无松动，零部件应无脱落，灯具应工作正常。

6.11.9 耐湿热性能要求

灯具的耐湿热性能应满足TB/T 2917.2—2019中5.3.18的规定。

6.11.10 电磁兼容性能要求

灯具的电磁兼容性能应满足GB/T 24338.4、GB 17625.1中的规定。

6.11.11 高温性能要求

灯具的高温性能应满足TB/T 2917.2—2019中5.3.20的规定。

6.11.12 低温性能要求

灯具的低温性能应满足TB/T 2917.2—2019中5.3.21的规定。

6.11.13 低温存放要求

灯具的低温存放性能应满足TB/T 2917.2—2019中5.3.22的规定。

6.12 安全要求

6.12.1 列车内部照明中所有电气器件应接地（塑胶壳除外），并张贴有接地标志。

6.12.2 灯具的安装及维护应满足灯具在使用过程中人员接触不到带电部位。

6.13 可信性要求

6.13.1 可靠性要求

6.13.1.1 内部照明可靠性应具备包含以下内容的文件（提交时间见附录B）：

- a) 内部照明功能分析和系统失效定义；
- b) 内部照明所有故障的故障树分析和失效模式、影响与危害分析；
- c) 内部照明寿命测试结果及各可更换部件寿命测试结果。

6.13.1.2 内部照明不存在单一故障能导致整个系统处于临界状态。

6.13.1.3 内部照明不存在未被检测的故障与其他故障综合后导致失效。

6.13.1.4 应能满足自动或人工地对关键功能进行连续或间隔的监测。

6.13.1.5 内部照明故障可分为两种情况：碎修、列检故障和运营服务故障。内部照明可靠性指标应符合表3规定。

表3 可靠性指标

碎修、列检故障		运营服务故障	
MTBF(h)	(小时)故障率	MDBF(公里)	(里程)故障率
>2250	<4.44E-04	>1.8E8	<5.6E-09

6.13.2 维修性要求

6.13.2.1 内部照明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）：

- a) 内部照明预防性维修和修复性维修操作方案；
- b) 使内部照明性能保持设计水平的维护方法和处理措施；
- c) 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；
- d) 备品备件清单；
- e) 专用工具清单；
- f) 各部件维修费用数据。

6.13.2.2 列车内部照明的维修性要求应满足MTTR不超过0.5h。

6.13.3 可用性要求

6.13.3.1 列车内部照明可用性应大于99.99%。

6.13.3.2 列车内部照明应进行容错设计。

6.13.3.3 列车内部照明灯具照度应可调节。

6.13.4 安全性要求

内部照明安全性应具备包含以下内容的文件（提交阶段见附录B）：

- a) 各阶段危害登记册；
- b) 内部照明安全性分析，至少包括：PHA、SSHA、IHA、O&SHA；

各项RAMS分析工作必须规范，参考对应的GB、TB和IEC等相关标准。推荐按照本文件附录A中的模板编写相关文件。

6.13.5 LCC要求

6.13.5.1 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）：

- a) 内部照明投资费用；
- b) 内部照明运营能耗费用；
- c) 故障修复性维修费用（材料费用+人工费用）；
- d) 预防性维修费用（材料费用+人工费用）；
- e) 内部照明全寿命周期费用。

6.13.5.2 内部照明全寿命周期费用模型

内部照明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 ——全寿命周期总费用，与设计制定全寿命、可持续的内部照明维保策略、维修间隔、维修深度、物资及人力成本等相关；

C_{TZ} ——投资费用等于内部照明合同价格；

C_{YGZ} ——内部照明全寿命周期故障维修费用；

C_{YYF} ——全寿命周期运营能耗费用；

C_{YFF} ——内部照明全寿命周期预防性维修费用。

C_{YCZ} ——内部照明预计残值，即报废阶段预计能够回收到的残余价值。

6.13.5.3 故障修复性维修费用模型

$$C_{YGZ} = N_{YGZ}(T_{GGS} \times C_{GS} + C_{XBJ}) \dots\dots\dots (2)$$

式中：

N_{YGZ} ——全寿命周期故障维修次数；

T_{GGS} ——每次故障维修需要的工时总数，单位为小时(h)；

C_{GS} ——每个维修工时的人工费；

C_{XBJ} ——每次故障维修材料费用、易损易耗品费用。

6.13.5.4 运营能耗费用模型

$$C_{YYF} = \alpha C_{GL} \times T_{YYS} \times C_{DF} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

α ——修正系数，取0.8；

C_{GL} ——内部照明消耗功率(kW)；

T_{YYS} ——内部照明运营时间，单位为小时(h)；

C_{DF} ——当地1度电的费用。

6.13.5.5 预防性维修费用模型

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

式中：

N_{YFF} ——全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，单位为小时(h)；

C_{GS} ——每个维修工时的人工费；

C_{YBJ} ——每次预防性维修材料费用、易损易耗品费用。

6.13.5.6 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

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%。

7.2 配光性能试验

7.2.1 频闪试验

在额定电源电压下，目测灯珠表面不应出现频闪现象。

7.2.2 内部照明配光性能试验

内部照明配光性能试验如下：

- a) 按测量电压点亮司机室灯具使其处于正常照明状态，应满足6.1.2中要求；
- b) 客室照明按测试电压点亮10分钟后，检验距离地面800 mm和靠背600 mm交汇处，在常温下，使用照度计从水平方向测量发光表面中心点周围的照度，平均照度值应满足6.1.3中要求；
- c) 在不同车外亮度条件下，使用照度计对客室内照度进行测量，应满足6.1.4中要求；
- d) 客室和司机室平均照度和照明均匀度应按TB 2917.1—2019中第8章测量，平均照度值和照明均匀度范围应满足6.1.5中的要求；
- e) 启动紧急照明，选取门区距地面800 mm处测量照度，应满足6.1.6中要求；
- f) 启动紧急照明，测量地板逃生路线中心线平均照度，应满足6.1.7中要求。

7.3 外观和结构检查

目视检查灯具外观、端子排、连接器和接地端子，应满足6.2，6.3中要求。

7.4 噪声检查

按照GB/T 4214.1中规定的方法测量噪声，应满足6.5中要求。

7.5 显色指数检验

按照TB/T 2917.2—2019中6.3.1.9进行，应满足6.6中要求。

7.6 色温检验

按照TB/T 2917.2—2019中6.3.1.9进行，应满足6.7中要求。

7.7 光衰试验

按照GB/T 26178中规定的试验方法每隔6000 h测量一次光通量，直到50000 h或更久，测得初始光通量 Φ_0 和N小时光通量 Φ_N ，根据公式（5）计算得N小时后光衰，灯具光衰性能应满足6.8中要求。

$$N\text{小时后光衰} = 1 - \frac{\Phi_N}{\Phi_0} \dots\dots\dots (6)$$

7.8 开关耐久性试验

按照GB/T 33721—2017 第6章规定进行开关耐久性试验，应满足6.11.1中要求。

7.9 内部车灯材料耐燃烧试验

按照TB/T 3183规定的试验方法，使用符合要求的试样进行试验，应满足6.11.2中要求。

7.10 泄漏电流试验

试验方法应根据TB/T 2917.2—2019中6.2.22进行，应满足6.11.3中的要求。

7.11 爬电距离和电气间隙检测

试验方法应根据TB/T 2917.2—2019中6.2.23进行，应满足6.11.4中的要求。

7.12 灯具耐久性试验

试验方法应根据TB/T 2917.2—2019中6.2.2进行，应满足6.11.5中的要求。

7.13 极性颠倒试验

试验方法应根据TB/T 2917.2—2019中6.2.3进行，应满足6.11.6中的要求。

7.14 外壳防护试验

试验方法应根据GB/T 4208中进行，应满足6.11.7中要求。

7.15 冲击、振动试验

试验方法应根据TB/T 2917.2—2019中6.2.5进行，应满足6.11.8中的要求。

7.16 耐湿热试验

试验方法应根据TB/T 2917.2—2019中6.2.10进行，应满足6.11.9中的要求。

7.17 电磁兼容性试验

试验方法应根据TB/T 2917.2—2019中6.2.11进行，应满足6.11.10中的要求。

7.18 高温性能试验

试验方法应根据TB/T 2917.2—2019中6.2.12进行，应满足6.11.11中的要求。

7.19 低温性能试验

试验方法应根据TB/T 2917.2—2019中6.2.13进行，应满足6.11.12中的要求。

7.20 低温存放试验

试验方法应根据TB/T 2917.2—2019中6.2.14进行，应满足6.11.13中的要求。

7.21 可信性要求检验

7.21.1 可靠性验证

7.21.1.1 文件审核

审计团队召开评审会对内部照明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6.13.1.1的规定。

7.21.1.2 可靠性预计

按照GJB Z 299C-2006第6章中规定的方法进行可靠性验证，故障率计算公式如下：

$$\lambda_{GS} = \sum_{i=1}^n N_i \lambda_{Gi} \pi_{Qi} \dots \dots \dots (7)$$

式中：

- λ_{GS} ——设备总故障率， $10^{-6}/h$ ；
- λ_{Gi} ——第*i*种元器件的通用故障率， $10^{-6}/h$ ；
- π_{Qi} ——第*i*种元器件的通用质量系数；
- N_i ——第*i*种元器件的数量；
- n ——设备所用元器件的数量。

可靠性的表征指标MTBF和（小时）故障率 λ 之间的关系如下：

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \dots \dots \dots (8)$$

可靠性的表征指标MDBF和MTBF之间的关系如下：

$$MDBF = MTBF \times V \dots \dots \dots (9)$$

式中：

V ——列车平均每小时运行公里数，公里/h。

MDBF和（里程）故障率 λ_l 之间的关系如下：

$$\lambda_l = \frac{1}{MDBF} \dots \dots \dots (10)$$

内部照明产品工作环境温度采用 75℃，电子产品质量等级均选取 B1。

a) 碎修、列检故障

根据（7）式可得碎修、列检故障率 λ_{sl} ，根据（8）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 6.13.1.5 中要求时，即判定合格。

b) 运营服务故障

根据（7）式可得运营服务（小时）故障率 λ_{yy} ，根据（8）式可得到运营服务故障的平均故障间隔时 $MTBF_{yy}$ ，根据（9）式可得运营服务故障的平均故障间隔里程 $MDBF$ ，根据（10）式可得到运营服务故障（里程）故障率 λ_l 。

当 $MDBF$ 和 λ_l 满足 6.13.1.5 中要求时，即判定合格。

7.21.2 维修性验证

7.21.2.1 文件审核

审计团队召开评审会对内部照明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6.13.2.1的规定。

7.21.2.2 维修性预计

内部照明MTTR计算公式如下：

$$MTTR = \frac{\sum_{n=1}^N \lambda_n T_n}{\sum_{n=1}^N \lambda_n} \dots \dots \dots (11)$$

式中：

MTTR——系统平均修复时间，单位为小时(h)；

λ_n ——第n个LRU的故障率；

T_n ——第n个LRU的平均修复时间，单位为小时(h)；

n ——LRU的总数量。

采用对相似产品的运行和故障数据进行可靠性评估获得 LRU 故障率数据。

每个 LRU 进行的所有维修活动时，每项维修活动耗时是由所预计产品经历的实际时间和对相似产品的维修性数据进行评估综合得出的。

当内部照明 MTTR 满足 6.13.2.2 要求，即判定内部照明维修性合格。

7.21.3 可用性验证

可用性计算公式如下：

$$A = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \dots \dots \dots (12)$$

当可用性满足6.13.3中要求，即判定内部照明可用性合格。

7.21.4 安全性验证

审计团队召开评审会对内部照明安全性相关文件进行审核，推荐按照本文件附录C进行核对，审核结果应符合6.13.4的规定。

7.21.5 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6.13.5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（装车后）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

型式检验时，随机抽样一套样品，通用试验项目应按照表4要求进行，在下列情况之一时应进行型式检验：

- 新产品试制定型、生产场地变更或老产品转场生产鉴定时；
- 正式生产后，产品结构、工艺或材料有较大改变，可能影响产品性能时；
- 正常生产时应每五年至少进行一次型式检验；
- 停产2年以上，恢复生产时；
- 出厂检验结果与上次型式检验结果有较大差异时。

8.4 检验项目

出厂检验和型式检验的项目、内容见表4。

表4 型式检验、出厂检验项目

序号	检验项目	型式检验	出厂检验	技术要求条款	检验方法条款
1	频闪检验	√	-	6.1.1	7.2.1
2	配光性能试验	√	√	6.1.2、6.1.3、6.1.4、 6.1.5、6.1.6、6.1.7、 6.1.8	7.2.2
3	外观和结构检验	√	√	6.2、6.3、6.5.1、6.7、 6.8	7.3
4	噪声检查	√	-	6.5	7.4
5	显色指数检验	√	-	6.6	7.5
6	色温检验	√	√	6.7	7.6
7	光衰试验	√	-	6.8	7.7
8	开关耐久试验	√	-	6.11.1	7.8
9	内部车灯材料燃烧试验	√	-	6.11.2	7.9
10	泄漏电流试验	√	-	6.11.3	7.10
11	爬电距离和电气间隙检测	√	-	6.11.4	7.11
12	耐久性试验	√	-	6.11.5	7.12
13	极性颠倒试验	√	○	6.11.6	7.13
14	外壳防护试验	√	-	6.11.7	7.14
15	冲击、振动试验	√	-	6.11.8	7.15
16	耐湿热试验	√	-	6.11.9	7.16
17	电磁兼容性试验	√	-	6.11.10	7.17
18	高温性能试验	√	-	6.11.11	7.18
19	低温性能试验	√	-	6.11.12	7.19

20	低温存放试验	√	-	6.11.13	7.20
“√”表示进行检验的项目，“-”表示非检验项目，“○”表示检验抽样的比例为10%。					

8.5 判定规则

8.5.1 出厂检验

按表4的检验项目进行检验，若内部照明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4各项要求全部合格则该内部照明判定为合格，若有一项不合格则该系统判为不合格。

9 标志、包装、运输与贮存

9.1 标志

标牌应符合GB/T 13306的规定，标牌上应包括以下内容：

- 主要技术参数；
- 制造日期或编号；
- 制造厂名称及商标；
- 色温（适用于LED灯）。

9.2 包装

9.2.1 产品及其部件包装应符合 GB/T 191 和 GB/T 13384 的规定。

9.2.2 产品应附有下列文件：

- 装箱单；
- 产品合格证；
- 使用说明书；
- 随机附件清单；
- 检验员代号。

9.3 运输

产品在运输及装卸过程中应防止剧烈振动和碰撞，运输时应有防雨、防损坏措施。

9.4 贮存

车辆长期停放时，应切断电源，放置于通风、防雨及有消防设施的场所，并按产品使用说明书的规定进行保养。

参 考 文 献

- [1] GB/T 2900.99—2016 电工术语 可信性
- [2] 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 内部照明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	司机室内距地面 800 mm 处照度	装车后出厂检验、装车后型式检验	本标准 7.2.2	本标准 7.1	不小于 150 lx
2	客室内距地面 800 mm 处照度	装车后出厂检验、装车后型式检验	本标准 7.2.2	本标准 7.1	200~350 lx
3	司机室照明均匀度	装车后出厂检验、装车后型式检验	本标准 7.2.2	本标准 7.1	见 TB/T 2917.1-2019 表 1
4	客室照明均匀度	装车后出厂检验、装车后型式检验	本标准 7.2.2	本标准 7.1	见 TB/T 2917.1-2019 表 1
5	紧急照明门区距地面 800 mm 处照度	装车后出厂检验、装车后型式检验	本标准 7.2.2	本标准 7.1	不小于 100 lx
6	逃生路线紧急照度	装车后出厂检验、装车后型式检验	本标准 7.2.2	本标准 7.1	不小于 5 lx
7	噪声	装车后型式检验	GB/T 4214.1 家用和类似用途电器噪声测试方法 通用要求	本标准 7.1	不超过 40 dB
8	显色指数	装车后型式检验	TB/T 2917.2-2019 铁路客车及动车组照明	本标准 7.1	大于 80
9	色温	装车后出厂检验、装车后型式检验	TB/T 2917.2-2019 铁路客车及动车组照明	本标准 7.1	6200~6800K
10	光衰性能	装车前型式检验	TB/T 26178 光通量的测量方法	本标准 7.1	本标准表 2
11	开关耐久性能	装车前型式检验	TB/T 33721-2017 LED 灯具可靠性试验方法	本标准 7.1	无明显损坏
12	内部车灯材料耐燃烧性	装车前型式检验	TB/T 3183 机车车辆用材料阻燃技术要求	本标准 7.1	见 TB/T 3183
13	爬电距离和电气间隙	装车前型式检验	本标准 7.11	本标准 7.1	见 TB/T 2917.2-2019 表 5
14	泄漏电流值	装车前型式检验	本标准 7.10	本标准 7.1	不大于 1 mA

序号	检测指标	检测时机	检测方法	场景参数	本标准值
15	灯具耐久性	装车前型式检验	本标准 7.12	本标准 7.1	试验后无明显损坏
16	极性颠倒	装车前型式检验	本标准 7.13	本标准 7.1	试验后应能正常工作
17	灯具外壳防护等级	装车前型式检验	本标准 7.14	本标准 7.1	不低于 IP30
18	电源控制器等外壳防护等级	装车前型式检验	本标准 7.14	本标准 7.1	不低于 IP20
19	冲击、振动性能	装车前型式检验	本标准 7.15	本标准 7.1	应符合 GB/T 21563-2018 中 A 级规定
20	耐湿热性能	装车前型式检验	本标准 7.16	55℃条件下	试验后应能正常工作
21	高温性能	装车前型式检验	本标准 7.18	65℃条件下	试验后应能正常工作
22	低温性能	装车前型式检验	本标准 7.19	-25℃条件下	试验后应能正常工作
23	低温存放性能	装车前型式检验	本标准 7.20	-40℃条件下	试验后应能正常工作

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(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(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	控制措施编号码	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