



中 国 电 梯 协 会 标 准

T/CEA 301—2019

地铁用自动扶梯技术规范

Technical specification of escalators for metro

2019-06-12 发布

2020-01-01 实施

中国电梯协会 发布

目次

目次	I
前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 正常使用条件	2
4.1 一般使用环境	2
4.2 室外型自动扶梯的使用环境	3
5 地铁用自动扶梯的技术要求	3
5.1 通则	3
5.2 主规格参数	3
5.3 自动扶梯设计的计算载荷	4
5.3.1 通则	4
5.3.2 额定结构载荷	4
5.3.3 制动载荷	4
5.3.4 乘客载荷	4
5.3.5 动载荷	4
5.3.6 异常载荷	4
5.3.7 其它载荷	4
5.4 支撑结构（桁架）	4
5.4.1 桁架强度设计	4
5.4.2 桁架的刚度设计	5
5.4.3 桁架的安装	5
5.4.4 桁架结构设计	5
5.4.5 桁架的焊接质量	5
5.4.6 桁架表面防护	5
5.5 驱动装置	6
5.5.1 通则	6
5.5.2 电动机	6
5.5.3 减速器	7
5.5.4 制动系统	7
5.5.5 链传动系统	8
5.5.6 梯路系统	11
5.5.7 扶手带系统	18

5.5.8 润滑系统	19
5.5.9 出入口	19
5.5.10 扶手装置	20
5.5.11 电气设备与安装	21
5.5.12 其它功能	23
5.5.13 室外型自动扶梯的其它要求	23
5.5.14 安全装置	23
5.5.15 火灾防护	24
5.6 检查规则	24
5.7 随行文件	25
5.8 包装、运输和贮存	25
参考文献	27

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

请注意本标准的某些内容可能涉及专利。本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国电梯协会提出并归口。

本标准负责起草单位：上海三菱电梯有限公司。

本标准参加起草单位：苏州江南嘉捷电梯有限公司、蒂森克虏伯扶梯（中国）有限公司、迅达（中国）电梯有限公司、通力电梯有限公司、奥的斯机电电梯有限公司、日立电梯（广州）自动扶梯有限公司、成都轨道交通集团、北京市地铁运营有限公司、南京地铁建设有限责任公司、广东省特种设备检测研究院、杭州西奥电梯有限公司、康力电梯有限公司、西子重工机械有限公司、杭州东华链条集团、苏州飞格立工程塑料有限公司、依合斯电梯扶手（上海）有限公司、重庆迈高电梯有限公司、怡达快速电梯有限公司、恒达富士电梯有限公司等。

本标准主要起草人：沈吟、肖一帆、张志雁、黄新宇、高翔、钱金明、李建国、李文全、李冬竹、魏广宏、赵军、张捷、邵卫锋、万勇军、胡志斌、王胜、侯小庆、单炜、李彬、陈水平、皇甫志青。

引 言

0.1 截至 2017 年末，中国内地共开通城市轨道交通线路 165 条，运营线路长度达到 5 033 公里，其中地铁 3 884 公里，占比 77.2%。2017 年城市轨道交通全年累计完成客运量 185 亿人次。城市轨道交通已成为我国城市交通的主干，地铁是其重要组成部分。

自动扶梯因其高效的输送能力，被广泛应用于地铁系统，是地铁的重要子系统。地铁系统的可靠性、可用性、可维修性和安全性（RAMS）依赖于包括自动扶梯在内的各子系统的 RAMS。

0.2 地铁具有客流量大、高峰客流时间长等特点，用于地铁的自动扶梯需要具备针对这些特点的技术要求来保证达到所需的 RAMS 水平。本标准基于自动扶梯产品技术，结合国内地铁特点、国内外地铁运营经验提出了地铁用自动扶梯的技术规范。

0.3 影响地铁用自动扶梯技术规格、性能要求的因素很多，包括地铁交通流量、环境条件、土建工程问题以及具体地铁项目的特定要求。对于特殊的技术要求（例如：超出 4.2 范围的环境条件），客户可与自动扶梯设备供应商充分协商，必要时可进行专门的设计。

地铁用自动扶梯技术规范

1 范围

本标准规定了地铁用自动扶梯的技术要求、检验方法、检查规则、标志、随行文件以及包装、运输和贮存。

本标准同样适用于具有客流量大、高峰客流时间长等特点的其他场所使用的自动扶梯。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 755—2008 旋转电机 定额和性能
GB/T 2408—2008 塑料 燃烧性能的测定 水平法和垂直法
GB/T 3323—2005 金属熔化焊焊接接头射线照相
GB/T 4208—2017 外壳防护等级(IP 代码)
GB/T 7024 电梯、自动扶梯、自动人行道术语
GB 8624—2012 建筑材料及制品燃烧性能分级
GB/T 10707—2008 橡胶燃烧性能的测定
GB/T 11345—2013 焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定
GB/T 13912—2002 金属覆盖层 钢铁制件热浸镀锌层技术要求及试验方法
GB/T 14048.1—2012 低压开关设备和控制设备 第 1 部分:总则
GB 16899—2011 自动扶梯和自动人行道的制造与安装安全规范
GB 18613—2012 中小型三相异步电动机能效限定值及能效等级
GB/T 18851(所有部分) 无损检测 渗透检测
GB/T 19666—2005 阻燃和耐火电线电缆通则
GB/T 20645—2006 特殊环境条件 高原用低压电器技术要求
GB/T 20878—2007 不锈钢和耐热钢 牌号及化学成分
GB/T 24807—2009 电磁兼容 电梯、自动扶梯和自动人行道的产品系列标准 辐射
GB/T 24808—2009 电磁兼容 电梯、自动扶梯和自动人行道的产品系列标准 抗扰度
GB/T 26951 焊缝无损检测 磁粉检测
GB/T 28591—2012 风力等级
GB/T 29712—2013 焊缝无损检测 超声检测 验收等级
GB 50661—2011 钢结构焊接规范
EN 115-1:2017 自动扶梯和自动人行道的安全规范 第 1 部分:制造与安装
TSG T7007—2016 电梯型式试验规则

3 术语和定义

GB/T 7024、GB 16899—2011 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

室外型自动扶梯 outdoor escalator

设计上考虑了风、雨、雪、高温、低温、阳光等自然环境影响的自动扶梯。

3.2

端部驱动自动扶梯 terminal-drive escalator

驱动装置在自动扶梯上水平区段末端驱动梯级牵引部件（例如：梯级链条）的自动扶梯。

3.3

中间驱动自动扶梯 middle-drive escalator

驱动装置在自动扶梯倾斜区段驱动梯级牵引部件（例如：梯级齿条）的自动扶梯。

3.4

梯级链(梯级齿条)销轴比压 pin pressure for step chain(rack)

梯级链(梯级齿条)销轴所受载荷与其受载荷面积的比值。

3.5

梯级齿条 step rack

中间驱动自动扶梯直接牵引梯级的部件。

3.6

卸荷轨道 load relieving track

安装在自动扶梯过渡段，支撑梯级链、减小梯级链滚轮所受载荷的轨道。

3.7

扶手系统 handrail system

由扶手带、扶手带驱动装置、扶手带的导向和张紧装置、扶手带保护装置等构成的与扶手带运行相关的部分。

3.8

易损件 wear part

自动扶梯在正常使用过程中容易损坏以及在规定期间必须更换的零部件。

注：易损件清单一般在随行文件中提供。

3.9

剥离强度 peel strength

在规定的试验条件下，测量两个相互胶接的被粘物的试样沿着胶接线逐渐分离的单位宽度上所需的平均力。

4 正常使用条件

4.1 一般使用环境

4.1.1 安装地点的海拔高度不超过 1 000 m。如果海拔高度超过 1 000 m, 应按 GB/T 755-2008 的有关规定对自动扶梯驱动装置的要求进行修正。如果海拔高度超过 2 000 m, 自动扶梯低压电器的选用应按 GB/T 20645—2006 的要求进行修正。

4.1.2 自动扶梯安装位置的环境温度不低于 -10℃；自动扶梯运行时的环境温度在 0℃~+40℃ 范围内。

4.1.3 自动扶梯安装位置的空气相对湿度在最高温度为 +40℃ 时不超过 50%，在较低温度下可以有较高的相对湿度，最湿月的月平均最低温度不超过 +25℃，该月的月平均最大相对湿度不超过 90%。

4.1.4 供电电压相对于额定电压的波动应在 $-10\% \sim +10\%$ 的范围之内，供电频率相对于额定频率的波动应在 $-1.5\% \sim +1.5\%$ 的范围之内。

4.1.5 环境空气中不应含有可造成金属腐蚀和电气元件故障的有害气体和粉尘以及易燃、易爆气体，污染等级不应大于 GB/T 14048.1—2012 规定的 3 级。

4.1.6 自动扶梯不受刮风、下雪、下雨的影响。

4.1.7 土建的布置应使桁架内的机房留有足够的空间以放置驱动装置、电气设备以及其他相关设备，机房中的设备宜固定、不需要移出设备来满足机房维修空间的要求。若客户土建不能够满足机房空间要求，可与客户协商设置分离机房。机房内设备的布置应方便维修且便于散热。

4.2 室外型自动扶梯的使用环境

对于室外型自动扶梯，在 4.1 的基础上还应考虑适用以下环境条件：

- a) 自动扶梯运行和安装的环境温度在 $-10\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +45\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的范围内；
- b) 自动扶梯所受到的最大风力等级不超过 GB/T 28591—2012 规定的 10 级，风速不大于 28.4 m/s ；
- c) 自动扶梯安装地点可能发生 1 h 降雨量达 30 mm 的集中降雨。

注1：对于超出这些环境条件范围的情况，客户需与自动扶梯设备供货方协商采用特殊设计的必要性以保证特殊环境下的安全使用，例如：对于低于 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的环境条件，需考虑材料及零部件选型（如：塑料部件、润滑油及润滑脂的选择）、加热装置的配置（如：梯级加热、扶手带加热、梳齿加热）以及扶手驱动系统（含扶手带）、控制系统、安全开关和监测装置、照明、电缆等子系统或零部件的特殊设计。

注2：自动扶梯在全室外环境下使用寿命和性能会大幅下降，造成维护、使用费用显著增加。建议客户增加顶棚，以提高自动扶梯的使用寿命和性能。

注3：客户应在自动扶梯下部水平区段设置能确保水及时排出的排水系统，以减小自动扶梯部件浸泡在水中的可能性。

5 地铁用自动扶梯的技术要求

5.1 通则

5.1.1 自动扶梯应符合 GB 16899—2011 和 TSG T7007—2016 的相关规定。

注：本标准是在 GB 16899—2011 和 TSG T7007—2016 的基础上提出专门要求。本标准不重复列出 GB 16899—2011 和 TSG T7007—2016 的规定。

5.1.2 自动扶梯设计上应考虑可维护性，至少符合以下要求：

- a) 易损件应便于更换，不应采用焊接等方式永久固定，设计应确保替换件能准确定位；
- b) 对于驱动链、扶手带系统（包括扶手带、摩擦轮、扶手驱动链）等需要经常现场维修更换的零部件，应充分考虑用户的需求，方便现场更换。

5.1.3 自动扶梯设计上应使正常维护操作不影响相邻自动扶梯的正常运行。

5.2 主规格参数

5.2.1 自动扶梯的倾斜角度不应大于 30° 。自动扶梯的名义速度不应小于 0.5 m/s 。自动扶梯梯级的名义宽度应为 1.0 m ，梯级实际宽度与名义宽度偏差不应大于 20 mm 。

注：地铁用自动扶梯的名义速度宜选用 0.65 m/s ，以利于提高输送能力。

5.2.2 自动扶梯梯级从梳齿板出来的梯级前缘和进入梳齿板的梯级后缘的水平移动距离不应小于 1.2 m ，当自动扶梯的提升高度大于 10 m 或名义速度为 0.65 m/s 时，宜不小于 1.6 m 。

5.2.3 自动扶梯从倾斜区段到上水平区段过渡的曲率半径不应小于 2.6 m，提升高度大于 10 m 时，宜不小于 3.6 m，从倾斜区段到下水平区段过渡的曲率半径不应小于 2 m。

5.3 自动扶梯设计的计算载荷

5.3.1 通则

自动扶梯部件设计计算所依据的载荷分为：

- a) 额定结构载荷；
- b) 制动载荷；
- c) 乘客载荷；
- d) 动载荷；
- e) 异常载荷；
- f) 其他载荷。

5.3.2 额定结构载荷

是用于自动扶梯各结构部件（例如：桁架、导轨、导轨支架、驱动元件等）静强度设计计算的载荷。额定结构载荷按 $5\,000\text{ N/m}^2$ 取值。

5.3.3 制动载荷

是工作制动器、附加制动器动作时制动距离、制动减速度、制动相关部件的设计依据，同时也作为梯级链或梯级齿条销轴比压设计计算的载荷。制动载荷按 GB 16899—2011 的 5.4.2.1.3.1 确定。

5.3.4 乘客载荷

是主要由自动扶梯乘客流量引起的载荷，作为自动扶梯部件的疲劳强度、寿命设计计算、电动机功率计算的载荷。

乘客载荷按每天工作 20 h，每周七天连续工作，在任何 3 h 间隔内，其载荷达到 100 % 的制动载荷的持续时间为 1 h，其余 2 h 的载荷为 60 % 的制动载荷。

5.3.5 动载荷

动载荷是由额定结构载荷乘以 1.2 的冲击系数所得，即 $6\,000\text{ N/m}^2$ ，主要作为梯级和梳齿支撑板、楼层板、检修盖板结构设计计算的载荷。

5.3.6 异常载荷

由于梯级突然卡住（例如：由于梯级与梳齿撞击）等异常情况而导致的载荷。

5.3.7 其它载荷

除上述载荷外其它部件设计计算的载荷，见各部件相关要求。

5.4 支撑结构（桁架）

5.4.1 桁架强度设计

设计计算载荷为以下组合：

- a) 自动扶梯自重（包括外装饰板的重量）；
- b) $5\,000\text{ N/m}^2$ 的额定结构载荷；

- c) 对于受侧向风压的室外型自动扶梯, 应按照风力等级 10 级的风压条件, 即迎风面风压 504.10N/m^2 、迎风面折减风压 100.82N/m^2 、背风面风压 100.82N/m^2 的共同作用。

注: 如需考虑超出 10 级风压条件的情况, 则评价特殊设计的必要性。

5.4.2 桁架的刚度设计

5.4.2.1 根据 5000N/m^2 的额定结构载荷计算或实测的最大挠度不应大于支撑距离的 $1/1500$ 。

5.4.2.2 对于受侧向风压的室外型自动扶梯, 在风力等级 8 级的风压条件下, 即迎风面风压 267.80N/m^2 、迎风面折减风压 53.56N/m^2 、背风面风压 133.90N/m^2 的共同作用下应保证自动扶梯正常运行。

5.4.3 桁架的安装

5.4.3.1 桁架两端支撑距离大于 18m 时应设置中间支撑, 支撑之间的距离不宜大于 15m , 且宜均匀分布。对于承受风压的室外型自动扶梯, 两端支撑距离大于 13m 时应设置中间支撑, 支撑之间的距离不应大于 13m 。

5.4.3.2 在受 5.4.1 c) 的侧向风压条件下, 桁架支撑处不应产生水平方向位移。

5.4.4 桁架结构设计

5.4.4.1 桁架应合理分段, 各段之间应为刚性连接, 连接用紧固件应采用高强度紧固件。每段桁架的接头处应设计成方便相邻桁架拼接时能准确定位, 出厂前应清楚地标记每段桁架, 确保现场正确的组装顺序。

5.4.4.2 桁架底部应有封板, 厚度不应小于 4mm 。

5.4.4.3 桁架各分段应具有方便提升设备及其他运输工具吊运的装置或结构。

5.4.5 桁架的焊接质量

5.4.5.1 焊缝质量等级

焊缝质量等级应根据桁架焊接位置的重要性、载荷特性、焊缝形式、工作环境以及应力状态等情况确定, 并符合 GB 50661—2011 的 5.1.5 规定。

5.4.5.2 焊后检验

焊后检验应至少包括下列内容:

- a) 焊缝的外观质量与外形尺寸检查;
- b) 对于设计指定的一级和二级焊缝应进行焊缝的无损检测, 探伤比例不宜低于 20% 。

5.4.5.3 检验要求

5.4.5.3.1 外观检测采用目测方式, 裂纹的检查应辅以 5 倍放大镜并在合适的光照条件下进行, 必要时可采用磁粉探伤 (按 GB/T 26951) 或渗透探伤 (GB/T 18851) 检测, 尺寸的测量应用量具、卡规。

5.4.5.3.2 内部缺陷的检测宜采用超声波探伤, 射线探伤作为一种补充手段在特殊情况下采用。钢结构焊缝内部缺陷的检测如有特殊要求, 应在设计图样中另行规定。焊缝无损检测的评价要求见表 1。

5.4.6 桁架表面防护

自动扶梯桁架防腐设计使用寿命不应低于 40 年, 如果采用锌覆盖层, 应整体热浸镀锌, 包括焊接在桁架上的底板及梁等, 主弦杆锌层平均厚度不应小于 $100\mu\text{m}$, 局部厚度可适当减小但不应小于 $80\mu\text{m}$, 其它构件锌层厚度应符合 GB/T 13912—2002 的规定。桁架若采用方管材料制造, 管材内腔锌层厚度不应小于 $80\mu\text{m}$ 。

如果采用其他等效表面防护措施, 则应提供不低于上述防护性能的相关证明。

表 1 焊缝无损检测的评价要求

检测方法	验收/检验等级	一级焊缝	二级焊缝
超声波探伤 (按 GB/T 11345—2013)	验收等级 (按 GB/T 29712—2013)	2	3
	检验等级	B 级	B 级
射线探伤 (按 GB/T 3323—2013)	验收等级	II	III
	检验等级	B 级	B 级

5.5 驱动装置

5.5.1 通则

驱动装置应符合：

- a) 应根据乘客载荷 (见 5.3.4) 以及驱动装置所驱动的其他载荷 (例如：梯级及其牵引部件的自重、阻力等形成的载荷) 确定驱动主机的额定功率。计算时应按公式 (1) 求得载荷的等效功率，驱动主机的额定功率不应小于该等效功率；

$$P_{eq} = \sqrt[3]{\frac{P_1^3 t_1 + P_2^3 t_2 + P_3^3 t_3 + \dots + P_n^3 t_n}{t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n}} = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=1}^n P_i^3 t_i}{\sum_{i=1}^n t_i}} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

P_{eq} ——等效功率值；

$P_1, P_2, P_3, \dots, P_i, P_n$ ——各运行区间载荷对应的功率值；

$t_1, t_2, t_3, \dots, t_i, t_n$ ——各运行区间时间。

- b) 驱动装置应用高强度螺栓安装固定；
- c) 驱动装置应能前后、左右调节；
- d) 对于端部驱动自动扶梯，电动机与减速器之间不应存在皮带等摩擦传动元件；
- e) 对于端部驱动自动扶梯，应配置驱动装置移位保护 [见表 8 a)]，当驱动装置发生异常移位时，附加制动器应动作，自动扶梯停止运行。该保护装置动作并使自动扶梯停止运行时，只有在故障锁定被手动复位后，才能重新启动自动扶梯；
- f) 驱动装置输出额定功率运行时的系统总效率不应低于 80 %。

5.5.2 电动机

电动机应符合：

- a) GB/T 755—2008 规定的 S1 连续工作制；
- b) 具备自动扶梯在 100%制动载荷下连续运行不小于 1 h 的能力；
- c) 自带金属风扇冷却；
- d) 绝缘等级不低于 F 级；
- e) 外壳防护等级不低于 GB/T 4208—2017 规定的 IP55；
- f) 额定转差率不大于 4 %；
- g) 对于额定功率不小于 15kW 的电动机，其功率因数不应小于 0.8；对于额定功率小于 15kW 的电动机，其功率因数应符合相关产品标准规定的数值；
- h) 具有过热保护功能；

- i) 能效等级不低于 GB 18613—2012 规定的 2 级。

5.5.3 减速器

减速器应符合：

- a) 减速器效率不低于 92 %；
- b) 减速器的规格与电动机规格相匹配，允许的传动扭矩不应小于电动机的输出扭矩；
- c) 应设置排气孔装置；
- d) 应易于检查油位；
- e) 应易于更换润滑油。

5.5.4 制动系统

5.5.4.1 工作制动器

工作制动器应符合：

- a) 对于配置有多个驱动装置的自动扶梯，每个驱动装置都应配置制动器；
- b) 对于端部驱动自动扶梯，制动器闸瓦磨损情况应便于检查或被监测[见表 8 b)]。如果配置制动器闸瓦磨损情况监测装置并检测到闸瓦磨损达到设定值时，则在自动扶梯停止运行后不能再启动，只有在故障锁定被手动复位后，才能重新启动自动扶梯；
- c) 制动器的设计应便于更换所有易磨损零件；
- d) 室外型自动扶梯应采取适当的措施防止油、水滴（或溅）到制动盘或制动闸瓦上。

5.5.4.2 附加制动器

附加制动器应符合：

- a) 对于端部驱动自动扶梯，附加制动器应与桁架主要构件（例如：驱动装置梁、主轴竖构件等）连接，附加制动器的制动力应直接作用在主驱动轴上。附加制动器应采用高强度紧固件安装；
- b) 自动扶梯启动后，应有一个装置[见表 8 c)] 监测附加制动器的释放。该装置动作并使自动扶梯停止运行时，只有在故障锁定被手动复位后，才能重新启动自动扶梯；
注：授权人员为复位附加制动器的受控操作属于手动复位。
- c) 如果电源发生故障或安全回路失电，允许附加制动器和工作制动器同时动作，此时制停条件应符合 GB 16899—2011 中 5.4.2.1.3.2 和 5.4.2.1.3.4 的规定。否则，附加制动器和工作制动器只允许在 GB 16899—2011 的 5.4.2.2.4 和本标准 5.5.1e) 和 5.5.5.1c) 规定的情况下同步动作。

5.5.4.3 超速保护和非操纵逆转保护

超速保护和非操纵逆转保护应：

- a) 符合 GB 16899—2011 中 5.4.2.3.2 的要求，并且在自动扶梯正常运行情况下（不包含检修运行和低速待机运行），应在速度降低至额定速度的 20 % 之前，触发工作制动器动作[见表 8 d)]，在改变规定运行方向时，附加制动器动作，使自动扶梯停止；
- b) 对于端部驱动自动扶梯，应直接监测梯级速度或主驱动轴或主驱动轴上装配的链轮的旋转速度来确定自动扶梯的实际运行速度与方向。

5.5.4.4 电气制动

如采用电气制动功能，应符合 EN 115-1:2017 相关条款要求。

5.5.5 链传动系统

5.5.5.1 驱动链

驱动链应符合：

- a) 驱动装置与主驱动轴之间采用链条传动时，驱动链至少为双排。按照自动扶梯承受 $5\,000\text{ N/m}^2$ 的额定结构载荷计算，驱动链安全系数不应小于 8。安全系数是驱动链破断力与所受工作拉力 F_0 之比，其中 F_0 的计算见公式 (2) 和公式 (3)；

对于端部驱动自动扶梯：

$$N \times F_0 = 5\,000 \times \frac{H}{\tan \alpha} \times z_1 \times \sin \alpha \times \frac{D_s}{D_0} \quad \dots\dots\dots (2)$$

对于中间驱动自动扶梯：

$$2 \times n \times F_0 = \left(5\,000 \times \frac{H}{\tan \alpha} \times z_1 + \frac{H}{L \times \sin \alpha} \times W \right) \times \sin \alpha \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

N ——端部驱动自动扶梯驱动装置数量；

n ——中间驱动自动扶梯驱动装置数量；

H ——自动扶梯提升高度，单位为 m；

z_1 ——自动扶梯梯级名义宽度，单位为 m；

α ——自动扶梯倾斜角，单位为 (°)；

D_s ——梯级链轮节圆直径，单位为 m；

D_0 ——驱动大链轮节圆直径，单位为 m；

L ——梯级节距，单位为 m；

W ——梯级重量 (含梯级链、轴)，单位为 N。

- b) 端部驱动自动扶梯驱动链的链节不应使用过渡链节；

- c) 应设置驱动链断裂检测装置，当驱动链断裂时，附加制动器动作，使自动扶梯停止 [见表 7 e)]。该检测装置动作并使自动扶梯停止时，只有在故障锁定被手动复位后，才能重新启动自动扶梯。

5.5.5.2 端部驱动自动扶梯的梯级链

梯级链应符合：

- a) 应采用套筒滚子链；
- b) 梯级链与梯级应可靠连接且连接部件应有足够的强度；
- c) 梯级轴及梯级链的设计应能在不拆除梯级链的情况下更换梯级链滚轮；
- d) 按照自动扶梯承受 $5\,000\text{ N/m}^2$ 的额定结构载荷，同时还承受张紧装置所产生的张力时计算的梯级链安全系数不小于 8。安全系数是梯级链破断力与所受工作拉力 F_1 之比，其中 F_1 的计算见公式 (4)。

$$F_1 = \frac{1}{2} \times \left[\left(5\,000 \times \frac{H}{\tan \alpha} \times z_1 + \frac{H}{\sin \alpha \times L} \times W \right) \times \sin \alpha + T \right] \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

H ——自动扶梯提升高度，单位为 m；

z_1 ——自动扶梯梯级名义宽度，单位为 m；

α ——自动扶梯倾斜角，单位为 (°)；

L ——梯级节距，单位为 m；

W ——含梯级链和梯级轴的梯级重量，单位为 N；

T ——梯级链张紧装置单侧张紧力，单位为 N。

- e) 按照自动扶梯每个可见梯级承受 120kg 载荷，同时还承受张紧装置所产生的张力时计算的梯级链销轴比压不大于 20MPa。销轴比压 R 是梯级链所受工作拉力 F 与梯级链销轴承载面积之比。 F 的计算见公式 (5)，销轴比压 R 的计算见公式 (9)；

$$F = F_2 + F_{m1} + F_{m2} \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中：

F_2 ——计算载荷对梯级链条的工作拉力，见公式 (6)；

F_{m1} ——梯级在倾斜段受到的摩擦阻力，见公式 (7)；

F_{m2} ——梯级在上下水平段受到的摩擦阻力，见公式 (8)。

$$F_2 = \frac{1}{2} \times \left[\left(\frac{H}{\sin \alpha \times L} \times 120 \times g + \frac{H}{\sin \alpha \times L} \times W \right) \times \sin \alpha + T \right] \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中：

H ——自动扶梯提升高度，单位为 m；

z_1 ——自动扶梯梯级名义宽度，单位为 m；

α ——自动扶梯倾斜角，单位为 (°)；

L ——梯级节距，单位为 m；

W ——含梯级链以及梯级轴的梯级重量，单位为 N；

T ——梯级链张紧装置单侧张紧力，单位为 N。

$$F_{m1} = \frac{1}{2} \times \left(\frac{H}{\sin \alpha \times L} \times 120 \times g + \frac{H}{\sin \alpha \times L} \times W \right) \times \cos \alpha \times \mu_1 + \frac{1}{2} \times \frac{H}{\sin \alpha \times L} \times W_R \times \mu_2 \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$F_{m2} = n \times (120 \times g + W) \times \mu_1 + \frac{1}{2} \times n \times W_R \times \mu_2 \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中：

H ——自动扶梯提升高度，单位为 m；

z_1 ——自动扶梯梯级名义宽度，单位为 m；

α ——自动扶梯倾斜角，单位为 (°)；

L ——梯级节距，单位为 m；

W ——含梯级链和梯级轴的梯级重量，单位为 N；

W_R ——梯级滚轮侧向导向力，单位为 N；

μ_1 ——梯级滚轮滚动摩擦系数；

μ_2 ——梯级滚轮导向滑动摩擦系数；

n ——上下水平梯级数。

$$P_v = \frac{F}{\phi \times B} \langle [P_v] \rangle \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中:

F ——梯级链所受工作拉力, 单位为 N;

ϕ ——梯级链销轴直径, 单位为 mm;

B ——梯级链套筒长度, 单位为 mm;

$[P_v]$ ——许用销轴比压, 单位为 MPa。

f) 室外型自动扶梯应设置梯级链防护罩, 防止上方的水直接影响。

5.5.5.3 中间驱动自动扶梯的梯级齿条

梯级齿条应符合:

- a) 梯级齿条与梯级应可靠连接且连接部件应有足够的强度;
- b) 梯级轴及梯级齿条的设计应能在不拆除梯级齿条的情况下更换梯级齿条滚轮;
- c) 按照自动扶梯承受 $5\,000\text{ N/m}^2$ 的额定结构载荷, 同时还承受张紧装置所产生的张力时计算的梯级齿条安全系数不小于 8, 安全系数是梯级齿条破断力与所受工作拉力 F_1 之比, 其中 F_1 的计算见公式 (4);
- d) 按照自动扶梯每个可见梯级承受 120 kg 载荷, 同时还承受张紧装置所产生的张力时计算的梯级齿条销轴比压不大于 20 MPa 。销轴比压 R 是梯级齿条所受工作拉力 F 与梯级齿条销轴承载面积之比。 F 的计算见公式 (5), 销轴比压 R 的计算见公式 (9)。

5.5.5.4 端部驱动自动扶梯的扶手链

扶手链应符合:

- a) 按照所驱动扶手带运行阻力计算的扶手链安全系数不小于 8。安全系数是扶手链破断力与扶手链张力的比值。

示例 1 所示为一级传动且是摩擦轮扶手驱动结构的扶手链张力计算公式:

示例 1:

$$F_{H1} = \frac{2D_f \times RS}{D_h}$$

式中:

RS ——单侧扶手带运行阻力, 单位为 N;

D_f ——摩擦轮外圆直径, 单位为 m;

D_h ——扶手驱动轴驱动链轮节圆直径, 单位为 m。

示例 2 所示为两级传动且是扶手转向端 V 带轮驱动结构的扶手链张力计算公式:

示例 2:

扶手链 2 (扶手驱动到扶手驱动轴) 张力

$$F_{H2} = \frac{D_f \times RS}{D_h}$$

扶手链 1（扶手驱动轴到主轴）张力

$$F_{H1} = 2 \times \frac{D_3 \times F_{H2}}{D_H}$$

式中：

RS ——单侧扶手带运行阻力，单位为 N；

D_r ——V 带轮节圆直径，单位为 m；

D_s ——V 带轮同轴链轮节圆直径，单位为 m；

D_d ——带轮驱动链轮节圆直径，单位为 m；

D_H ——扶手驱动轴驱动链轮节圆直径，单位为 m。

b) 扶手链的张紧装置应便于接近和操作。

5.5.6 梯路系统

5.5.6.1 梯路导轨

梯路导轨应符合：

- a) 梯路导轨应采用钢质材料，并方便更换。导轨工作面（包括滚轮运行面和导向面）的厚度不应小于 3 mm，载客分支导轨工作面厚度不应小于 5 mm。如果载客分支导轨工作面的厚度小于 5 mm，则应采取适当方法提高导轨的强度、刚度和耐磨性；
- b) 梯路导轨应有足够的刚度，在 5 000 N/m² 的额定结构载荷下，载客区段导轨在两支架之间的变形量不应大于 1 mm；
- c) 导轨采用镀锌或其他等效防锈措施，工作面可不涂装，但应涂抹防锈油以防运输和储存过程中生锈；
- d) 对于端部驱动自动扶梯，应采用减小在上部过渡区段梯级链滚轮受力的设计，载客分支应设置卸荷轨道，返回分支宜设置卸荷轨道或在设计上保证上部过渡区段返回分支的梯级链滚轮受力不超过 1 300N。卸荷轨道应能调节，并可拆卸、更换；
- e) 进出上、下部转向处的导轨应可方便地进行调整。

5.5.6.2 梯级

5.5.6.2.1 通则

- 5.5.6.2.1.1 梯级应采用铝合金整体压铸梯级，且具有良好的互换性。
- 5.5.6.2.1.2 梯级踏面应防滑，按 GB 16899—2011 附录 J 的试验方法和评价方法，梯级踏面在所有方向防滑等级应至少达到 R10 级。
- 5.5.6.2.1.3 制造商应提供 3 个样品，对于短轴梯级应提供 4 个样品，按表 2 试验组合进行试验。
- 5.5.6.2.1.4 对于采用倾斜支撑的试验，只需在梯级可适用的最大倾斜角度情况下进行试验，对于倾斜角小于最大倾斜角的梯级不必重新试验。

表 2 梯级试验组合

	试验 a	试验 b	试验 c	试验 d	试验 e	试验 f	试验 b	试验 g	试验 h
样品 1 ^a	√	√		√			√（仅倾斜支撑）		
样品 2 ^b			√						√
样品 3 ^c					√		√（仅倾斜支撑）	√	
样品 4 ^d						√	√（仅倾斜支撑）		

表 2 (续)

^a 样品 1: 连续进行梯级踢板静载试验、梯级踏面集中静载试验 (水平和倾斜支撑)、踏面集中动载试验以及重复进行梯级踏面集中静载试验 (仅倾斜支撑)。
^b 样品 2: 连续进行梯级踏面分布载荷试验、集中载荷破坏试验。
^c 样品 3: 连续进行梯级扭转试验 (梯级踏面施加载荷)、梯级踏面集中静载试验 (仅倾斜支撑)、随动滚轮缺失试验。
^d 样品 4: 连续进行梯级扭转试验 (在与梯级链或梯级齿条连接位置施加载荷)、梯级踏面集中静载试验 (仅倾斜支撑)。

5.5.6.2.1.5 申请梯级试验时, 应提供至少包含以下内容的送验梯级有限元分析报告:

a) 任务概述

任务概述一般包括对分析问题进行一定的背景介绍, 并说明本报告所采取的分析类型和拟关注的分析结果;

b) 分析过程

分析过程一般包括模型简化、网格划分、材料性能、边界条件、载荷和求解方式等的说明;

c) 结果分析

结果分析一般包括反映最大变形及最大应力的图表, 例如: 应力/应变云图。

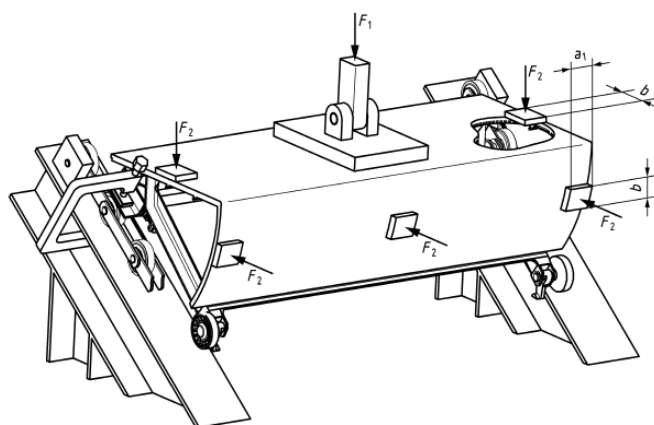
5.5.6.2.2 梯级试验

5.5.6.2.2.1 静载试验

5.5.6.2.2.1.1 梯级踢板静载试验——试验 a

通过一块厚度至少为 25 mm 的方形或圆形的钢质垫板, 其形状与踢板圆弧相贴合, 法向施加一 1 500 N 的力于 25 cm² 的踢板表面, 该载荷应施加于踢板高度方向中心线上的三个位置: 中间和两端 (见图 1)。试验中, 踢板的变形不应大于 2 mm。试验后, 踢板应无永久变形 (可给定允差值)。

如果梯级踢板装有嵌件或固定件, 应在完整装配的梯级上进行额外的试验。试验时, 载荷应施加于踢板上的嵌件或固定件且位于梯级踢板整个高度中心线上的位置, 载荷面积应为 50 mm 乘以嵌件或固定件的宽度 (见图 2)。



说明:

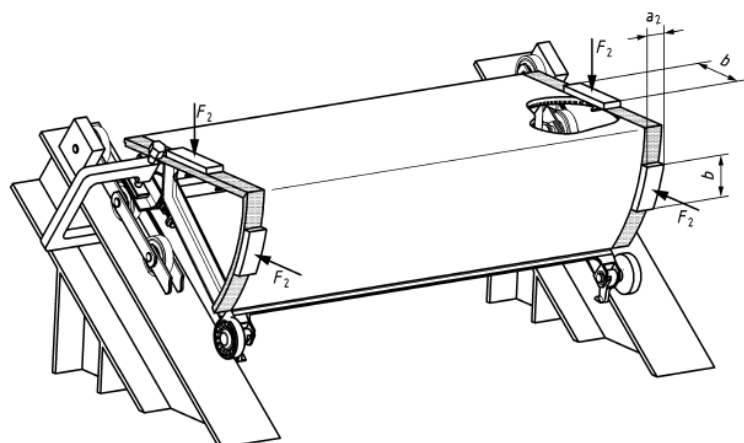
F_1 ——3000 N

F_2 ——1500 N

a_1 ——50 mm

B ——50 mm

图 1 梯级踏面和踢板集中静载试验



说明:

F_1 : 3 000 N

F_2 : 1 500 N

a_1 : 嵌件或固定件宽度

b : 50 mm

图 2 梯级嵌件和固定件试验

5.5.6.2.2.1.2 梯级踏面集中静载试验——试验 b

梯级应进行抗弯变形试验。试验方法是在梯级踏面中央部位,通过一块钢质垫板,垂直施加一个 3 000 N 的力(包括垫板重量)。该垫板的面积为 0.2 m×0.3 m、厚度至少为 25 mm,并使其 0.2 m 的一边与梯级前缘平行,0.3 m 的一边与梯级前缘垂直(见图 1)。

试验中,在梯级踏面所测得的挠度不应大于 2.5 mm。试验后,梯级踏面应无永久变形(可给定允差值)。

该试验应对完整的梯级部件,包括滚轮(不转动)、通轴或短轴,在水平位置(水平支撑)以及梯级可适用的最大倾斜角度(倾斜支撑)的情况下进行。

当通过一块厚度至少为 25 mm 并紧靠梯级侧边缘的方形钢质垫板,在 2 500 mm² 的面积上施加一个垂直于梯级踏面的 1 500 N 的力时(见图 1),围裙板侧的梯级踏面在任何位置均不应出现大于 4 mm 的变形。如果梯级踏面装有嵌件或固定件,应仅在嵌件或固定件本身施加载荷,载荷面积应为 50 mm 乘以嵌件或固定件的宽度(见图 2)。施加的力应在垂直方向上不变,试验中,施力方向不应变化。试验后,应无永久变形(可给定允差值)。

5.5.6.2.2.1.3 梯级踏面分布载荷试验——试验 c

在水平位置(水平支撑)条件下,沿踏面表面横向均匀放置 4 块面积为 0.4 m×0.25 m、厚度为 25 mm,重量相同的矩形钢质垫板(见图 3),向每块垫板中心施加相同的力以达到 7 500 N 的总载荷(包括垫板的重量)。施力时,应以 1 500 N 的增量递增。每块垫板上所施加的力应相同,偏差不大于 5%。试验中,在梯级踏面所测得的挠度不应大于 5 mm。

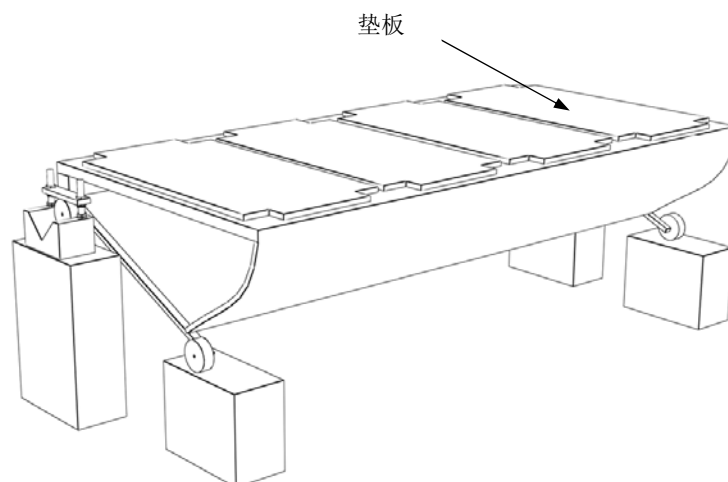


图 3 踏面静载分布载荷试验示意

5.5.6.2.2.2 动载试验

5.5.6.2.2.2.1 踏面集中动载试验——试验 d

梯级应在其可适用的最大倾斜角度（倾斜支撑）情况下，与滚轮（不转动）、通轴或短轴一起进行试验。该试验应以 5 Hz~20 Hz 之间的任一频率的无干扰的谐振力波，施加 500 N~3 000 N 之间脉动载荷进行至少 1×10^7 次循环。载荷应垂直施加于踏面表面的一块尺寸为 0.2 m×0.3 m、厚度至少为 25 mm 的钢质垫板上，该钢质垫板应按照 5.5.6.2.2.1.2（梯级踏面集中静载试验）的规定置于踏面中央。

试验后，梯级不应出现裂纹，在踏面表面不应产生大于 2.5 mm 的永久变形，固定件的拧紧力矩不应超出设定范围。试验过程中，如果滚轮损坏允许更换。

对于试样 1（见表 2），在完成试验 d 后应再进行一次试验 b（仅倾斜支撑），应比较前后两次踏板集中静载试验中踏面上六个点（四个角以及距离前后缘 20 mm 的梯级宽度方向的两个中点）以及根据有限元分析在试验 a 加载条件下踢板上变形量最大的两点（共八个点）的变形变化量，第二次试验相较第一次试验的变形量不应超过 20 %。

5.5.6.2.2.2.2 梯级扭转试验（梯级踏面施加载荷）——试验 e

梯级的设计应使其结构能承受相当于引起梯级随动滚轮中心有 ± 3 mm（允许 $\pm 10\%$ 的偏差）圆弧位移的等效扭转载荷，该圆弧以梯级链（或梯级齿条）滚轮中心为中心。为在整个试验过程中保证上述规定的位移，试验应及时调整。试验应以 5 Hz~20 Hz 之间的任一频率的无干扰的谐振力波，施加脉动载荷进行至少 1×10^7 次循环。试验方法见 GB 16899—2011 的附录 F。

试验后，梯级不应出现裂纹，在踏面表面不应产生大于 2.5 mm 的永久变形，固定件的拧紧力矩不应超出设定范围。

对于试样 3（见表 2），在完成试验 e 后应进行一次试验 b，并比较试样 3 与试样 1（完成所有试验后）在踏面上六个点（四个角以及距离前后缘 20 mm 的梯级宽度方向的两个中点）以及根据有限元分析在试验 a 加载条件下踢板上变形量最大的两点（共八个点）的变形，变形量差异不应大于 20 %。

5.5.6.2.2.2.3 梯级扭转试验（在与梯级链或梯级齿条连接位置施加载荷）——试验 f

该试验仅适用于短轴梯级。

将梯级链（或梯级齿条）轴一端用枢轴支撑、随动滚轮只允许沿与梯级踏面成 30° 方向移动，梯

级链（或梯级齿条）轴另一端可施加力以使此梯级链（或梯级齿条）轴端沿与梯级踏面成 30° 方向移动（见图 4）；施力装置使梯级链（或梯级齿条）轴“自由端”在沿与梯级踏面成 30° 的两个方向上产生至少 6 mm 的位移，并进行 5×10^6 次循环。上述试验结束后，同一梯级试样再进行踏面静载集中载荷试验（倾斜位置）。

试验后，梯级不应出现裂纹，固定件的拧紧力矩不应超出设定范围；在踏面上六个点（四个角以及距离前后缘 20 mm 的梯级宽度方向的两个中点）以及根据有限元分析在试验 a 加载条件下踢板上变形量最大的两点（共八个点）的永久变形与梯级试样 1 试验结果的偏差不应大于 20%；梯级的变形不应影响其在自动扶梯中的功能。

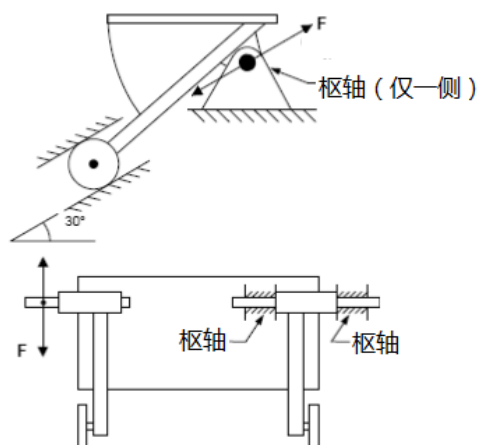


图 4 轴不同步位移试验

5.5.6.2.2.2.4 随动滚轮缺失试验——试验 g

按梯级踏面静载集中载荷试验（见 5.5.6.2.2.1.2）固定（水平位置）并拆去一个随动滚轮，按踏面静载分布载荷试验（见 5.5.6.2.2.1.3）布置垫板，向每块垫板中心施加相同的力以达到 1 500 N 的总载荷（包括垫板的重量）。施力时，应以 500 N 的增量递增。每块垫板上所施加的力应相同，偏差不大于 5%。

试验中，踏面垂直向下变形不应大于 10 mm。试验后，踏面垂直向下永久变形不应大于 5 mm。

5.5.6.2.2.2.5 集中载荷破坏试验——试验 h

按梯级踏面静载集中载荷试验（见 5.5.6.2.2.1.2）固定（水平位置），并按踏面静载集中载荷试验布置垫板，以每分钟 5 mm 的位移变化率对试验梯级加载，直到梯级达到破坏失效的状态。

试验应记录试验载荷与加载位置位移关系的曲线，发生破坏失效时的加载载荷应大于 30 kN。

5.5.6.3 滚轮

5.5.6.3.1 通则

5.5.6.3.1.1 梯级链滚轮、梯级齿条滚轮和梯级随动滚轮应由轮缘、轮毂和轴承组成。轮缘应采用耐油、耐水的弹性材料制造，轮毂应采用耐油并且具有足够强度的材料制造。轴承应采用密封深沟球轴承，轴承内的润滑脂不需定期更换。

5.5.6.3.1.2 对于端部驱动自动扶梯，梯级链滚轮直径不应小于 100 mm，梯级随动滚轮直径不应小于 75 mm。对于中间驱动自动扶梯，梯级齿条滚轮和梯级随动滚轮直径不应小于 75 mm。

5.5.6.3.1.3 对室外型自动扶梯的滚轮应增加防尘盖，防止沙尘侵入滚轮内部，并在防尘盖与滚轮之间充填润滑脂以提高密封效果。

5.5.6.3.2 滚轮试验

滚轮应分别进行以下 a)、b)、c)、d)、e)、f) 以及 g) 的试验：

a) 轮缘与轮毂之间剥离强度试验

——试验条件

- 1) 试样数量应为 15 个；
- 2) 测试室内环境温度：25℃±3℃。

——试验要求

- 1) 将滚轮轮缘沿与运行表面成 45° 方向切开一道口子，从切口开始沿圆周方向按 50 mm/min±5 mm/min 速度进行剥离；
- 2) 试验组合按表 3。

表 3 滚轮轮缘剥离强度试验组合

试验类别	试验方法	判定标准	试验数量
试验 1（试样不作前处理）	直接进行剥离强度试验	剥离强度应符合表 4 的规定	5 个
试验 2（试样作浸油处理）	将滚轮浸入 50℃ 的对应梯级链（或梯级齿条）润滑油中 48h，取出后将滚轮放置在 25℃±3℃ 的室温环境中静置 48h 再进行剥离强度试验		5 个
试验 3（试样作浸水处理）	将滚轮浸泡在 70℃ 的水中 250h，取出后将滚轮放置在 25℃±3℃ 的室温环境中静置 48h 再进行剥离强度试验		5 个
注 1：试验 1、试验 2 和试验 3 分别进行。			

表 4 滚轮剥离强度

	未作任何预处理滚轮的平均剥离强度	经过耐油或耐水预处理后滚轮的平均剥离强度
轮缘与金属轮毂之间	≥35 N/mm	≥20 N/mm
轮缘与工程塑料轮毂之间	≥24 N/mm	≥18 N/mm

b) 滚轮寿命试验

——试验条件

- 1) 试样数量应为 5 个；
- 2) 测试室内环境温度：25℃±3℃；
- 3) 测试机滚筒直径：500 mm～900 mm。

——滚轮应满足以下试验要求之一

- 1) 以 0.8 m/s 的线速度，按照表 5 中的载荷，运行 5 000 h，试验后滚轮应能正

常运转,允许轮缘表面有细微裂痕,但无局部凹凸、脱胶等现象;或

- 2) 应在不同负载条件下对滚轮进行运行试验,测试滚轮的寿命,并绘制 $S-N$ 曲线推算出滚轮的理论寿命应大于 10 年。将滚轮分别在 60℃ 的对应梯级链(梯级齿条)润滑油和 80℃ 的水中浸泡 300 h 后,根据 $S-N$ 曲线取 200 h 寿命时对应的载荷的 1/2,以 1 m/s 的速度进行运行试验,滚轮试验寿命不低于 200 h。

表 5 滚轮测试载荷

	梯级链滚轮	梯级齿条滚轮或梯级随动滚轮
测试载荷	1 300 N	1 000 N

c) 耐油试验

——试验条件

- 1) 试样数量应为 5 个;
- 2) 测试室内环境温度: 25℃±3℃。

——试验要求

将不做预处理的滚轮浸泡在 50℃ 的对应梯级链(或梯级齿条)润滑油中 48 h 后取出并将滚轮放置在 25℃±3℃ 的室温条件下 48 h,然后以 0.8 m/s 的线速度,按表 5 规定的载荷运行 250 h。试验后滚轮应当没有局部凹凸、脱胶、开裂等现象;

d) 耐水试验

——试验条件

- 1) 试样数量应为 5 个;
- 2) 测试室内环境温度: 25℃±3℃。

——试验要求

将未做预处理的滚轮浸泡在 75℃ 的热水中 250 h 后取出并将滚轮放置在 25℃±3℃ 的室温条件下 48 h,然后以 0.8 m/s 速度按表 5 中的载荷运行 250 h。试验后滚轮应当没有局部凹凸、脱胶、开裂等现象;

e) 耐水解试验

——试验条件

- 1) 试样数量应为 5 个;
- 2) 测试室内环境温度: 25℃±3℃。

——试验要求

将滚轮装配到带有旋转功能的销轴上,然后将其放置在 80℃~85℃、95%~98%湿度的恒温、恒湿箱中,滚轮不接触水面。滚轮在整个熏蒸测试过程中,以 0.01 m/s 的速度旋转,并被水蒸汽完全笼罩。经过 1 000 h 的水蒸气熏蒸后,将滚轮取出并进行外观检测,滚轮表面应无脱胶、开裂等现象;

f) 梯级链滚轮过载试验

——试验条件

- 1) 试样数量应为 5 个;
- 2) 测试室内环境温度: 25℃±3℃。

——试验要求

以 0.8 m/s 的线速度、2 500 N 的载荷运行 16 h。试验后滚轮应没有局部凹凸、脱胶、开裂等现象。

5.5.6.4 端部驱动自动扶梯的主驱动轴

主驱动轴应符合：

- 轮毂如采用焊接固定，则应满足 GB 50661—2011 的 8.2 中规定的一级焊缝的要求；
- 主驱动轴的轴承宜采用免维护设计并充分润滑，如需定期维护，应设计成在机房内不需要拆除任何部件就可以进行维护作业。轴承的理论设计寿命不应小于 146 000 小时，并应有防尘、防水措施阻止泥沙、水侵入轴承。

5.5.6.5 端部驱动自动扶梯的梯级链张紧装置

梯级链张紧装置应符合：

- 应通过链轮结构连续自动地张紧链条，不应采用拉伸弹簧；
- 应有导向导轨，确保在运行方向以及与运行垂直方向上都能精确定位。梯级链张紧装置左右侧均应配置能指示张紧装置初始位置、当前实际工作位置以及位移量等信息的指示装置；
- 梯级链张紧装置的轴承应充分润滑，理论设计寿命不应小于 146 000 h，轴承应有防尘设计，阻止泥沙侵入。

5.5.6.6 梯级运行安全保护

在从倾斜区段到上、下水平区段过渡的两侧应安装梯级运行安全装置[见表 8 g)]，当梯级在过渡曲线段的水平和曲线段的切点位置或之前被强制提起，并且梯级踢板端点在向上的位移大于 4 mm 时，应使自动扶梯停止运行。

5.5.7 扶手带系统

5.5.7.1 扶手带

扶手带应符合：

- 扶手带宽度不应小于 75 mm，也不应大于 100 mm；
- 每条扶手带应只有一个接头，出厂前应已连接完成；
- 扶手带破断力不应小于 25 kN（包括接头）；
- 用 30 mm 长的夹具张开扶手带唇口 7 mm（见图 5）所需的力在扶手带投入使用初期应不小于 100 N，运行使用后应不小于 70 N；
- 扶手带各层之间的剥离强度不应小于 5 N/mm；
- 应采取适当措施来释放扶手带静电。

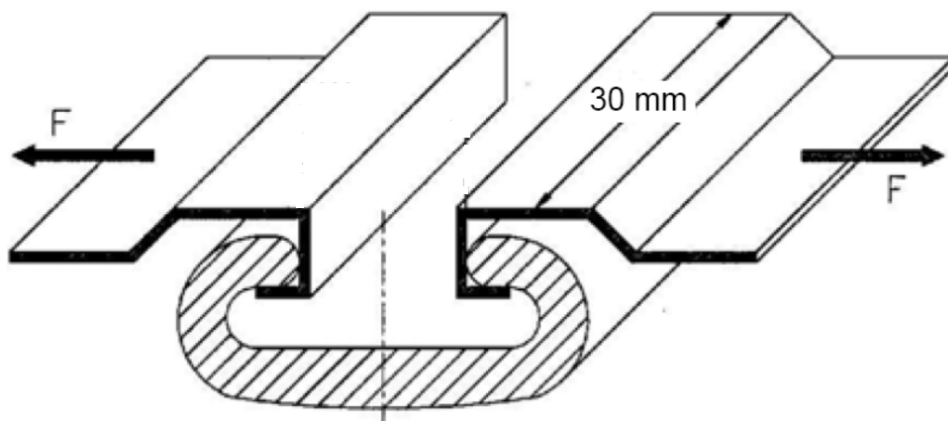


图 5 扶手带唇口张力试验

5.5.7.2 扶手带驱动装置

扶手带驱动装置应符合：

- a) 扶手带驱动装置应具有足够的驱动能力，对于室外型自动扶梯，应能保证直接淋雨情况下扶手带仍能正常工作。在扶手带上下转向端应配置滚轮以减小运行阻力；
- b) 驱动轮的轴承应有足够的设计寿命并且更换方便。驱动轮的轴承应为密封轴承，理论设计寿命不应小于 146 000 h。

5.5.7.3 扶手带保护装置

扶手带保护装置应符合：

- a) 每条扶手带都应安装扶手带断带保护装置[见表 8 h)]，在扶手带破断时应使自动扶梯停止运行；
- b) 每条扶手带应设置直接监测扶手带速度的监测装置[见表 8 i)]，当扶手带速度偏离梯级速度大于+15% 或-15% 且持续时间在 5 s~15 s 时应使自动扶梯停止运行；
- c) 扶手转向端的扶手带入口处的手指和手的保护装置前端应采用软质材质。

5.5.8 润滑系统

5.5.8.1 自动供油装置

自动供油装置应符合：

- a) 润滑梯级链或者梯级齿条与润滑驱动链和扶手链的油路应可分别调节润滑时间间隔和每次持续供油时间；
- b) 自动润滑系统的油管应采用金属材质（例如：铜管）；
- c) 自动润滑系统的油箱应有足够容量，至少能满足在标准的时间间隔和持续供油时间条件下自动扶梯正常运行使用 4 周以上；
- d) 配置油位和油泵出油口压力报警装置[见表 8 j)]，如果检测到油泵油位低于警戒线或油泵出油口压力异常情况，自动扶梯停止后应报警提醒、输出故障代码并不能再启动。

5.5.8.2 集油装置

集油装置应符合：

- a) 接油盘的设计应能保证有效地收集梯级链或梯级齿条、驱动链和扶手链滴下或飞溅的润滑油及室外环境下的油水混合物，并且不会污染自动扶梯的其它部件（例如：扶手带、梯级等）；
- b) 接油盘的设计应保证所收集的油集中在一处，方便维护时清理，同时应保证在自动扶梯正常运行使用 4 周情况下油不会满溢出接油盘；
- c) 如果配置油水分离器，则应保证油或油水混合物全部导入油水分离器。室外型自动扶梯在下部应设置油水分离器，油水分离器的设计应保证每小时处理水量大于 1.5t，经分离后的排出水含油量在 10 mg/L 以下。

5.5.9 出入口

5.5.9.1 梳齿支撑板及梳齿板

梳齿支撑板及梳齿板应符合：

- a) 梳齿支撑板应有足够强度和刚度，在梳齿支撑板上垂直施加 $6\,000\text{ N/m}^2$ 的均匀分布力，梳齿

支撑板的变形不应大于 3 mm, 永久变形不应大于 0.5 mm 且应确保梳齿板与梯级踏面齿槽啮合;

- b) 梳齿支撑板踏面应具有防滑花纹, 防滑等级在各方向上应至少为 GB 16899—2011 附录 J 规定的 R10 级;
- c) 梳齿板宜采用铝合金制作。每台自动扶梯的梳齿板规格不超过 3 种, 并具有良好的互换性;
- d) 按照 GB 16899—2011 中 5.7.3.2.6 要求设置梳齿板安全装置, 当出现以下情况时, 该装置应使自动扶梯停止运行:

- 1) 在梳齿板前缘任一侧施加不超过 1 780 N 的水平力, 或在梳齿板前缘的中心施加不超过 3 560 N 的水平力;
- 2) 在梳齿板前缘的中心施加不超过 670 N 的垂直向上力;

注: 上述安全装置的动作力可根据现场实际情况进行一定范围内的调整, 避免频繁动作。

- e) 在梯级出入梳齿位置应配置梯级导向装置, 以引导梯级安全地与梳齿啮合。

5.5.9.2 楼层板和检修盖板

楼层板和检修盖板应符合下列要求:

- a) 楼层板和检修盖板应有足够强度和刚度, 在其上垂直施加 $6\,000\text{ N/m}^2$ 的均匀分布力, 变形不应大于 4 mm, 永久变形不应大于 0.5 mm, 并确保楼层板和检修盖板与梯级不发生干涉;
- b) 边框采用不锈钢或铝合金制作, 边框厚度不小于 5 mm;
- c) 应保证当移除任何一块楼层板或检修盖板时, 电气安全装置[见 GB 16899—2011 表 6 n)] 动作或机械结构保证只能先移除某一块楼层板或检修盖板并至少在移除该块楼层板或检修盖板时, 电气安全装置[见 GB 16899—2011 表 6 n)] 动作。如果采用安全开关, 安全开关触点元件处于断开位置时, 动触点和驱动机构之间应无弹性元件施加作用力;
- d) 位于梯级转向上方的楼层板应固定或单独设置楼层板安全装置, 或者具有翻起检测功能[见表 8 k)];
- e) 楼层板和检修盖板只有专用工具才能打开;
- f) 楼层板应采用不锈钢板或铝合金板。楼层板踏面应具有防滑花纹, 防滑等级应至少为 GB 16899—2011 附录 J 规定的 R10 级;
- g) 对于室外型自动扶梯, 楼层板之间以及楼层板与检修盖板之间应有防漏水措施, 楼层板和检修盖板与边框相邻处应设置引水、集水措施。

5.5.10 扶手装置

5.5.10.1 通则

扶手装置应能分别承受静态 1.0 kN/m 的与自动扶梯运行方向垂直并朝向外侧的水平载荷和 1.2 kN/m 的竖向向下载荷。

5.5.10.2 围裙板

围裙板应符合:

- a) 应采用耐腐蚀性能不低于 GB/T 20878—2007 中 4.1 规定的 06Cr19Ni10 的不锈钢, 名义厚度不小于 3 mm;
- b) 围裙板防夹装置应由柔性毛刷和铝合金底座组成。毛刷应至少采用双排结构, 底座有效安装螺纹长度不应小于螺纹直径, 拆装柔性毛刷应能在不拆除护壁板、盖板等部件的前提下进行;
- c) 应配置围裙板异物夹入检测装置[见表 8 l)], 当围裙板与梯级之间有异物卡入并导致围裙板变形时, 该装置应使自动扶梯自动停止运行。围裙板变形检测装置应至少在从倾斜区段到上、

下水平区段的过渡区段内配置，且该装置之间的距离不应大于 10 m。

5.5.10.3 护壁板

护壁板应符合：

- a) 护壁板应采用不锈钢或夹层钢化玻璃。不锈钢的耐腐蚀性能应不低于 GB/T 20878—2007 中 4.1 规定的 06Cr19Ni10 的不锈钢，名义厚度不小于 3 mm。夹层钢化玻璃的每一层玻璃的厚度应不小于 6 mm；
- b) 护壁板的接缝应平整美观，在倾斜段接缝与斜面垂直。若采用不锈钢护壁板，接缝边缘外圆角半径应不大于 3mm。

5.5.10.4 扶手盖板

扶手盖板应符合：

- a) 对于不锈钢扶手装置，扶手带内边缘和护壁板边缘之间的水平距离不应大于 20mm；
- b) 扶手盖板应采用耐腐蚀性能不低于 GB/T 20878—2007 中 4.1 规定的 06Cr19Ni10 的不锈钢，名义厚度不小于 1.5 mm；
- c) 内、外盖板应采用耐腐蚀性能不低于 GB/T 20878—2007 中 4.1 规定的 06Cr19Ni10 的不锈钢，名义厚度不小于 1.5 mm；
- d) 扶手导轨应采用耐腐蚀性能不低于 GB/T 20878—2007 中 4.1 规定的 06Cr19Ni10 的不锈钢，名义厚度不小于 1.5 mm。

5.5.10.5 外装饰板

外装饰板应采用耐腐蚀性能不低于 GB/T 20878—2007 中 4.1 规定的 06Cr19Ni10 的不锈钢，名义厚度不小于 1.5 mm。

5.5.11 电气设备与安装

5.5.11.1 通则

电气设备应满足 GB/T 24807、GB/T 24808 的相关规定。

5.5.11.2 控制柜

控制柜应符合：

- a) 应设置在桁架上部机房或分离机房中，外壳防护等级不应低于 GB/T 4208-2017 规定的 IP54；
- b) 应具有确保柜内温度不高于电气控制系统允许的最高工作温度的措施；
- c) 应设置温度传感器，当柜内温度超过设定值，控制系统应使自动扶梯停止运行，并显示相应的故障代码；
- d) 柜内继电器、接触器等电气元件应有永久性标识。

5.5.11.3 变频器

变频器应符合：

- a) 应采用不低于 GB/T 4208-2017 规定的 IP54 的防护，并设置在桁架上部机房或分离机房中；
- b) 采用全变频方式时，输出额定容量应与电动机驱动功率相匹配；
- c) 应有效控制自动扶梯的平滑加速，确保加速度小于 0.5 m/s^2 ，并在无乘客使用时自动减速至待机状态；
- d) 应具有过压、欠压、过流、输入和输出缺相、过热等安全保护功能。

5.5.11.4 电气配线

电气配线应符合：

- 在桁架内，全部电缆和电线应敷设在金属线槽或金属软管内，线槽的底部应有排水孔。室外型自动扶梯线槽或金属软管应采用不锈钢材料；
- 所有带有电子元器件的电控箱的外壳防护等级应不低于 GB/T 4208—2017 规定的 IP54；
- 屏柜外线缆的接线固定应有防松措施；
- 电缆、开关等电气部件与软管或线槽的接口处应有管接头等防护措施；
- 电缆末端应有明显的标识。

5.5.11.5 开关和插座

开关和插座应符合：

- 在上、下出入口，应分别设置能在启动自动扶梯前触发蜂鸣、具有开关梯和方向转换功能的钥匙开关；
- 至少在上、下出入口，应分别设置紧急停止开关，紧急停止开关之间的距离不应大于 30 m；
- 在上、下部机房内，应分别设置 2 极安全电压插座和 3 极（2 极+地线）单相交流 220 V 照明电源插座。对于中间驱动自动扶梯，在各驱动主机和附加制动器处应设置 2 极安全电压插座；
- 各类操纵开关和电源插座旁应有明显的功能标识；
- 安全开关、钥匙开关、停止开关、插座等电气装置的外壳防护等级不应低于 GB/T 4208—2017 规定的 IP65。

5.5.11.6 乘梯信号系统

- 在自动扶梯上下出入口，应分别设置一个清晰可见的信号系统，以显示自动扶梯是否可供使用及其运行方向。信号系统显示状态如表 6 所示。

表 6 信号系统功能显示表

序号	功能	信号系统	
		上端	下端
1	停止服务（包含故障/检修/待启动）	熄灭或禁止进入标志（参见 GB 5768.2—2009 的 5.6）	
2	上行（包括上行停止待机）	禁止进入标志（参见 GB 5768.2—2009 的 5.6）	上行指示标志（参见 GB 5768.2—2009 的 6.2）
3	下行（包括下行停止待机）	下行指示标志（参见 GB 5768.2—2009 的 6.2）	禁止进入标志（参见 GB 5768.2—2009 的 5.6）

- 在上、下出入口处应分别设置语音播报装置，语音播报内容及音量应方便修改及调整。

5.5.11.7 运行状态及故障信息显示系统

在自动扶梯的控制柜内和上出入口外部应分别设置状态及故障显示装置，可实时显示各种运行状态及故障信息。控制系统应能连续记录信息数据。信息数据至少包含以下内容并可下载：

- 故障履历：包括故障类型、故障发生时间；
- 运行统计：包括一段时间内（每天/周/月）的运行时间、故障停机时间、故障总数；
- 事件记录：包括开梯时间、关梯时间。

状态及故障显示装置应采用中文和(或)英文显示。对于自动扶梯控制柜内的状态及故障显示装置,除了显示各种运行状态及故障信息外,还可对自动扶梯的功能参数进行设定。

5.5.12 其它功能

5.5.12.1 通讯接口

宜配置 RS485 通讯接口,以 MODBUS 通讯协议向监控室(包括 IBP 盘等)输出自动扶梯的运行状态等信息,或以其他通讯接口进行数据传输,如 CAN、TCP/IP 等。

5.5.12.2 后备启动

变频器故障时可手动切换至工频电网,采用非变频运行。

5.5.12.3 自动运行

通过乘客感应装置实现有乘客时以设定的速度运行,无乘客时自动切换至待机模式。

5.5.12.4 速度切换

采用全变频方式时,自动扶梯运行速度只能由被授权人员手动操作设定,并确保不同运行速度条件下自动扶梯制停距离都符合 GB 16899—2011 的 5.4.2.1.3.2 规定。

5.5.12.5 远程监视系统

自动扶梯宜配置远程监视系统接口,可实时监视自动扶梯的运行,并通过网络或专线将自动扶梯的各种运行状态及故障信息及时发送至服务中心,实现快速及时的处理。

5.5.13 室外型自动扶梯的其它要求

5.5.13.1 应在下部桁架处设置水位检测[见表 8 m)],当下部桁架积水超过设定水位时,应使自动扶梯停止运行。

5.5.13.2 对于端部驱动自动扶梯,如果控制柜和变频器放置在桁架上部机房内,则应在上部机房设置散热风扇。

5.5.13.3 如果使用环境温度小于等于 0℃,应按表 7 所述位置配置加热装置,并应通过温度传感器实时监测环境温度,以实现加热装置的自动启动和关闭,确保自动扶梯安全可靠的运行。

注:如果自动扶梯安装于室内,环境温度可能低于 0℃ 且有水可能侵入的情况,考虑加装加热装置的必要性。

表 7 加热装置配置表

序号	加热装置	配置位置及功能
1	梯级加热装置	在桁架内,用于梯级加热
2	梳齿板加热装置	在上、下入口处,用于梳齿板啮合处的加热
3	扶手带加热装置	在左右侧扶手带下,用于扶手带加热

5.5.14 安全装置

5.5.14.1 除 GB 16899—2011 中表 6 的规定外,当发生表 8 所列监测装置或电气安全装置(或功能)检测到的事件时,在自动扶梯重新启动之前,驱动主机应不能启动或立即停止。

5.5.14.2 监测装置和电气安全装置(或功能)相关的要求见表 8。

5.5.14.3 如在表 8 a)、b)、c)和 e)情况下停止运行,则只有在故障锁定被手动复位之后,才能重新启动。

5.5.14.4 在手动复位前,应查明停止的原因,检查停止装置并在必要时采取纠正措施。即使电源失电或电源恢复,故障锁定也应始终保持有效。

表 8 监测装置和电气安全装置(或功能)的要求

	被检测的事件	要求 ^b
a)	驱动装置发生异常移位[见 5.5.1e)] ^a	安全开关或安全电路或 PESSRAE (SIL1)
b)	制动器闸瓦过度磨损[见 5.5.4.1 b)] ^a	实现 5.5.4.1 b)规定的功能
c)	附加制动器未打开[见 5.5.4.2 b)]	安全开关或安全电路或 PESSRAE (SIL1)
d)	自动扶梯的速度降至额定速度的 20%[见 5.5.4.3 a)]	实现 5.5.4.3 a)规定的功能
e)	驱动链断裂 [见 5.5.5.1 c)]	安全开关或安全电路或 PESSRAE (SIL1)
g)	梯级在上、下过渡区段运行轨迹异常[见 5.5.6.6]	安全开关或安全电路或 PESSRAE (SIL1)
h)	扶手带破断[见 5.5.7.3 a)]	安全开关或安全电路或 PESSRAE (SIL1)
i)	扶手带速度偏离梯级速度大于+15%或-15%且持续时间在 5 s~15 s 时[见 5.5.7.3 b)]	安全开关或安全电路或 PESSRAE (SIL1)
j)	油泵油位低于警戒线或油泵出油口压力异常[见 5.5.8.1d)]	实现 5.5.8.1d)规定的功能
k)	位于梯级转向上方的楼层板翻起[见 5.5.9.2d)]	安全开关或安全电路或 PESSRAE (SIL1)
l)	围裙板与梯级之间有异物卡入[见 5.5.10.2 c)]	安全开关或安全电路或 PESSRAE (SIL1)
m)	下部机房内水位高于警戒线[见 5.5.13.1]	实现 5.6.13.1 规定的功能
^a 不适用中间驱动自动扶梯。		
^b 安全开关、安全电路和 PESSRAE 应分别符合 GB16899—2011 的 5.12.1.2.2、5.12.1.2.3 以及 5.12.1.2.6。		

5.5.15 火灾防护

5.5.15.1 外盖板和内盖板、桁架、梯级、导轨系统、梯级链(或梯级齿条)滚轮、随动滚轮、围裙板防夹装置的材料应至少达到 GB 8624—2012 中 5.1.1 规定的 B₁级要求。

5.5.15.2 梯级上的塑料嵌件应至少达到中 GB 8624—2012 中 5.1.1 规定的 B₁级要求。对于仅在踏面或踢板上有塑料嵌件的梯级,应由带有塑料部分的梯级形成试验表面,在垂直位置进行此项试验;如果运行方向存在连续布置的塑料嵌件或部件,应单独对形成整个试验表面的塑料嵌件材料进行试验。

5.5.15.3 围裙板防夹装置的柔性毛刷的材料应单独进行试验并至少达到 GB/T 2408—2008 规定的 V-2 级。

5.5.15.4 敷设在桁架内用于连接电气部件的电缆应至少达到 GB/T 19666—2005 中低烟无卤阻燃 C 类的要求。

5.5.15.5 金属软管包塑层应为低烟无卤阻燃材料,其阻燃等级应至少达到 GB/T 2408—2008 规定的 V-0 级。

5.5.15.6 扶手带阻燃等级应至少达到 GB/T 10707—2008 中 FV-1 级要求。

5.6 检查规则

新设计的自动扶梯,制造商应按照第 5 章及相关子条款的规定进行验证,表 9 列出了验证方法。表中没有列出二级子条款,但这些条款对于验证是必要的。制造商应保存所有的验证记录。

按照本标准要求机械试验时,可给定允差值。

表 9 验证符合性的方法

条款	试验 ^a	测量 ^b	计算 ^c	目测 ^d
5.4.1			√	
5.4.2		√	√	
5.4.3		√		√
5.4.4		√		√
5.4.5		√		√
5.4.6		√		
5.5.1			√	
5.5.2		√	√	
5.5.3		√	√	√
5.5.4	√			√
5.5.5	√		√	
5.5.6	√	√	√	√
5.5.7	√	√		√
5.5.8	√	√		√
5.5.9	√	√	√	√
5.5.10	√	√		√
5.5.11	√	√	√	√
5.5.12	√			
5.5.13	√			√
5.5.14	√			
5.5.15		√		

^a 试验的结果是为了表明自动扶梯或自动人行道（包括电气安全装置）是否达到预期的目的。

^b 测量的结果是为了表明所述的可测量参数是否满足要求。

^c 计算将验证部件的设计特性是否满足要求。

^d 目测的结果仅为了表明部件是否就位或是否提供（例如：标记、控制屏、说明书），必要的标记是否满足要求，提供给业主的文件内容是否与要求一致。

5.7 随行文件

随行文件除符合 GB 16899—2011 中 7.4 的规定外，还应包含易损件清单。

5.8 包装、运输和贮存

5.8.1 包装与运输

5.8.1.1 在正常储运、装卸条件下，应保证产品自装箱之日起 1 年内不因包装不善而产生锈蚀、长霉、降低精度、残损或散失等现象。

5.8.1.2 包装材料不应与产品发生任何物理或化学作用而损坏产品。各种包装材料应符合相关标准的质量要求。

5.8.1.3 包装箱应能适应长途运输、多次装卸，确保产品质量不受损害，安全运达目的地。

5.8.1.4 装箱前，应将未经防护处理的机加工面擦洗干净，涂上防锈油脂，进行油封。

5.8.1.5 对于有精密加工表面或表面装饰的部件，应进行固定和防震防护，防止其在箱内移动或被碰伤。

5.8.1.6 内外包装表面应按照 GB/T 191 的规定标识相应的储运标志。

5.8.2 贮存

5.8.2.1 对于未拆除产品出厂包装的情况

存放于室内时，应有良好的通风及防潮措施。存放于露天环境时，对包装箱应另设防雨措施，底部应垫以支撑物，防止浸于水中。

5.8.2.2 对于已拆除产品出厂包装的情况

应存放于室内，并应有良好的通风、防潮、防淋水、防浸水、防尘、防止施工垃圾（或焊渣）洒落等措施。

5.8.2.3 当存放时间超过 6 个月时，应检查零部件的完好情况。

参 考 文 献

- [1] GB 5768.2—2009 道路交通标志和标线 第2部分：道路交通标志
-

中国电梯协会标准
地铁用自动扶梯技术规范
T/CEA 301-2019

*

中国电梯协会
地址：065000 河北省廊坊市金光道 61 号
Add: 61 Jin-Guang Ave., Langfang, Hebei 065000, P.R. China
电话/Tel: (0316) 2311426, 2012957
传真/Fax: (0316) 2311427
电子邮箱/Email: info@cea-net.org
网址/URL: <http://www.elevator.org.cn>