

ICS 91.140.90
Q 78



中 国 电 梯 协 会 标 准

T/CEA 3012—2021

自动扶梯和自动人行道减速机设计、计算和测试

Design, calculation and testing of gearbox for escalators and moving walks

2021-10-29 发布

2022-05-01 实施

中国电梯协会 发布

目 次

前言	II
引言	III
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	1
5 减速机设计输入条件	2
6 主要零件的设计	4
7 润滑、密封设计和一般设计要求	5
8 减速机测试方法和检测	6
9 标志、包装和运输与贮存	6
附录 A（规范性）矩形花键和渐开线花键静强度安全系数计算	8

前 言

本文件按 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。

本文件所要求达到的性能指标，应由采用本文件的制造企业在设计制造过程中自行进行验证测试，并对销售的产品作产品符合性声明。

本标准由中国电梯协会提出并归口。

本标准负责起草单位：秦川机床工具集团股份公司。

本标准参加起草单位：迅达（中国）电梯有限公司、上海三菱电梯有限公司、蒂森扶梯有限公司、奥的斯电梯管理（上海）有限公司、苏州江南嘉捷电梯有限公司、通力电梯有限公司、东芝电梯（中国）有限公司、康力电梯股份有限公司、日立电梯（广州）自动扶梯有限公司、海安市申菱电器制造有限公司、巨人通力电梯有限公司、杭州西奥电梯有限公司、上海交通大学电梯检测中心、苏州通润驱动设备股份有限公司、怡达快速电梯有限公司、弗兰德传动系统有限公司、广东特种设备检测研究院等。

本标准主要起草人：李彬、王永胜、沈宗、阮世韶、程丙寅、李春福、聂大路、曲承成、吴事锦、李勇勇、周林、惠廷云、邵卫锋、王超杰、曹宇、陈水平、杜晓冬、洪永。

引 言

自动扶梯和自动人行道减速机是确保自动扶梯和自动人行道驱动主机正常工作的传动机构，减速机的可靠性、可用性、可维修性和安全性（RAMS）对自动扶梯和自动人行道的性能起着决定性作用。制定本标准的目的是通过统一减速机设计输入条件、主要零部件计算要求、测试方法等关键因素，提高产品可靠性与安全性。

减速机一般位于自动扶梯和自动人行道的上部。对于中间驱动自动扶梯和自动人行道，因其驱动主机的结构形式与端部驱动自动扶梯和自动人行道差异较大，所以该类驱动主机的减速机暂不列入本标准。影响减速机技术规格和性能的因素较多，包括使用地的交通流量、环境条件及具体项目的特定要求。对于特殊的技术要求，减速机供需双方需充分协商，必要时可进行专门的设计。

自动扶梯和自动人行道减速机设计、计算和测试

1 范围

本标准规定了自动扶梯和自动人行道减速机（下文简称“减速机”）基本设计方法、计算要求和测试方法。

本标准适用于减速机研发设计。

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 1184—1996 形状和位置公差 未注公差值
- GB/T 3480(所有部分)直齿轮和斜齿轮承载能力计算
- GB/T 6391 滚动轴承 额定动载荷和额定寿命
- GB/T 7024 电梯、自动扶梯、自动人行道术语
- GB/T 10062(所有部分)锥齿轮承载能力计算办法
- GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
- 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/T 17855 花键承载能力计算办法
- T/CEA 3011 自动扶梯和自动人行道驱动主机测试办法及性能指标
- JB/T 5558—2015 减（增）速器试验方法
- BS 721-2—1983 蜗轮传动装置规范. 第2部分:米制单位
- DIN 743 轴类负载能力的计算
- DIN 6892 无锥度连接驱动式紧固件. 键的计算和设计
- ISO/TS14521 齿轮-蜗轮承载能力的计算

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

室外型自动扶梯和自动人行道 outdoor escalator and moving walk

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和自动人行道。

注：室内型自动扶梯和自动人行道即设计上未考虑自然环境影响的自动扶梯和自动人行道。

3.2

驱动主机 driving machine

驱动自动扶梯和自动人行道运行的装置。

3.3

易损件 wear part

减速机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。

3.4

工作类型 service type

是指按照自动扶梯和自动人行道的用途与预期的使用场合进行的分类，可以分为普通型和公共交通型。

4 正常使用条件

4.1 减速机使用环境不同，其使用性能和安全性能要求也会不同。本标准仅给出了减速机的一般使用环境的要求。

4.1.1 安装地点的海拔高度不应超过 1000 m。

4.1.2 减速机运行时的机房温度在 0℃~+40℃ 范围内，如果超出该温度范围，应采用加热或主动通风装置。

4.1.3 减速机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 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。

4.1.5 减速机安装机房内不受刮风、下雨、下雪的影响。

4.1.6 减速机安装机房留有足够的空间放置减速机、电气设备以及其它相关设备。安装机房内设备的布置应方便维修且便于散热。

4.2 减速机应满足自动扶梯和自动人行道的正常使用。对于超出上述使用条件的情况，减速机供需双方协商采用特殊设计的必要性，以保证特殊使用条件下的安全使用。

5 减速机设计输入条件

5.1 减速机设计计算载荷

5.1.1 通则

减速机应当在相应载荷不发生对应的失效，其载荷类型主要有：

- a) 制动载荷；
- b) 额定载荷；
- c) 当量工作载荷；
- d) 额定结构载荷。

5.1.2 制动载荷 Pb

制动载荷由 GB 16899—2011 的 5.4.2.1.3.1 和 5.4.2.1.3.3 确定。

5.1.3 额定载荷 Pn

额定载荷是指减速机在一定工况下能持续运行的最大设计载荷，减速机应能在该载荷下正常使用。

5.1.4 当量工作载荷 Pe

当量工作载荷Pe是指在某个特定的工作周期内，减速机受到的等效持续载荷，其计算方法见公式(1)：

$$P_e = \sqrt[3]{\frac{P_1^3 \times t_1 + P_2^3 \times t_2 + \dots + P_n^3 \times t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- P₁——在第 t₁时间段内的载荷
- P₂——在第 t₂时间段内的载荷
- P_n——在第 t_n时间段内的载荷

当量工作载荷是引起减速机驱动元件疲劳和减速机温升的主要因素，应基于良好的工程实践设定合理的取值。

5.1.5 额定结构载荷 Ps

额定结构载荷是指自动扶梯和自动人行道在GB 16899—2011中5.2.5载荷条件下传递给减速机驱动元件的静载荷。如果采用链传动，应考虑链条夹角和径向力。

注：水平自动人行道除外。

5.2 减速机减速比

减速机减速比宜选择表1中推荐值：

表1 减速机减速比（名义）

减速机末级中心距(mm)	100	125	160	180	其它
一系类	22.5	24.5	24.5	24.5	15~26.5
二系类		27.5	21		

如减速机推荐减速比不能满足使用要求，供需双方应协商解决。

5.3 减速机输出轴中心高

减速机输出轴中心高应充分考虑与减速机配合使用链轮的分度圆直径，该链轮齿数不宜小于16齿，以减少减速机输出轴受到严重多边形效应影响其使用寿命。

5.4 减速机安装要求

- 减速机供需双方应当就安装方式及尺寸达成一致，且应当充分考虑减速机固定的防松、防振、重复固定的需求；
- 减速机整体尺寸应当与其安装位置相匹配，减速机平面与其它部件平面接近时最小距离不宜小于5 mm，以保证减速机箱体能正常散热；
- 减速机安装底面平面度按GB/T 1184—1996的9级要求；
- 统一的减速机安装尺寸有利于产品互换、减少重复劳动。减速机设计时，推荐按图1安装尺寸示意图及表2选择安装尺寸：

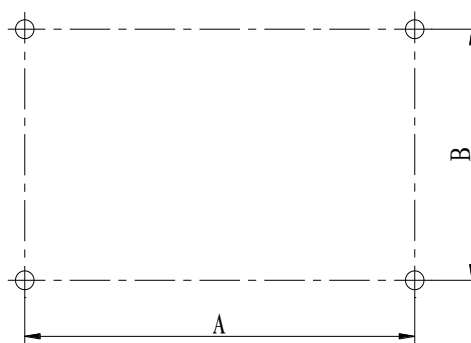


图1 安装尺寸示意图

表2 推荐安装尺寸

优选序列	A/mm	B/mm
1	415	200
2	505	260
3	520	305
4	415	310
5	490	350
6	600	400

注：如减速机推荐安装方式或尺寸不能满足使用要求，供需双方应协商解决。

5.5 减速机设计工作寿命

按工作类型的不同,规定减速机应用于普通型自动扶梯和自动人行道时,主要零部件在当量工作载荷 P_d 下设计寿命不应小于70000 h;应用于公共交通型自动扶梯和自动人行道时,主要零部件在当量工作载荷 P_d 下设计寿命不应小于146000 h。

6 主要零件的设计

6.1 减速机传动形式

减速机传动形式可为蜗杆副传动、蜗杆副+斜齿轮传动、锥齿轮+斜齿轮传动或多级平行轴齿轮传动,但应不限于以上传动形式。

减速机在额定载荷下效率不应低于85%。

6.2 主要零件失效形式及要求

6.2.1 减速机的主要零件

主要零件包括如齿轮、轴、轴承、键、花键、箱体以及紧固件等。

6.2.2 静载变形或断裂

减速机主要零件在1.5倍额定结构载荷 P_s 下不能出现塑性变形,且在5倍额定结构载荷下不能出现断裂。

6.2.3 点蚀与胶合

减速机传动齿面在当量工作载荷 P_d 下寿命周期内,硬齿面单个齿面点蚀不能超过4%,各工作面之和不能超过0.5%,且在额定载荷下不应出现胶合;蜗轮齿面单个齿面点蚀和胶合不能超过40%,各工作面之和不能超过30%。

6.2.4 疲劳断裂

减速机传动齿面在当量工作载荷 P_d 下寿命周期内不应出现疲劳断裂。

6.2.5 异响

减速机在正常使用情况下不能出现异响。

6.2.6 锈蚀

减速机在第4条正常使用条件下、工作寿命内不应出现影响使用的锈蚀。

6.3 减速机主要零件强度设计计算要求

6.3.1 减速机主要零件疲劳强度设计计算要求

减速机主要零件应依据相关标准进行疲劳强度校核,亦可采用不同计算办法相互验证,安全系数要求如表3:

表3 减速机主要零件疲劳强度设计要求

载荷条件	零件	计算项目	标准示例	安全系数示例
当量工作载荷	硬齿面齿轮	接触疲劳强度	GB/T 3480(所有部分) GB/T 10062(所有部分)	≥ 1.25
		弯曲疲劳强度	GB/T 3480(所有部分) GB/T 10062(所有部分)	≥ 1.6
	蜗轮蜗杆	接触疲劳强度	ISO/TR 14521	≥ 1.1
		弯曲疲劳强度	ISO/TR 14521	≥ 1.1
		齿面磨损	ISO/TR 14521	≥ 1.1

表3 减速机主要零件疲劳强度设计要求（续）

载荷条件	零件	计算项目	标准示例	安全系数示例
当量工作载荷	轴	疲劳强度	DIN 743	≥ 1.3
	平键	疲劳强度	DIN 6892	≥ 1.3
	滚动轴承	疲劳寿命	GB/T 6391	≥ 1
	花键	疲劳强度	GB/T 17855	≥ 1.3

6.3.2 减速机主要零件静强度设计计算要求

减速机所有驱动元件应依据相关标准进行静强度校核，亦可采用不同计算办法相互验证，安全系数要求见表4：

表4 减速机主要零件静强度设计要求

载荷条件	零件	失效模式	标准示例	安全系数
额定结构载荷	硬齿面齿轮	破断	GB/T 3480—1997	≥ 5
	蜗轮	破断	BS 721-2-1983	≥ 5
	轴	破断	DIN743	≥ 5
	键	破断	DIN6892	≥ 5
	花键	破断	按附录A	≥ 5

在设计阶段应对箱体作有限元分析（FEA），具体要求供需双方协商解决。

7 润滑、密封设计和一般设计要求

7.1 润滑设计

7.1.1 减速机润滑油的选择

减速机润滑油应具有合适的粘度以及含有适量的功能添加剂，其性能应满足减速机在各种工况下的使用要求。

润滑油粘度的选择应根据减速机的运转工况确定而非启动工况。在低温环境下有可能出现粘度过高的情况，可以考虑选择具有较高的低温适应能力（如低倾点）的润滑油，或者在减速机上或机房中增设加热装置。

除齿轮和轴承外，还有许多零部件如密封件、涂料、油泵等，会接触到减速机润滑油，在选用减速机润滑油时亦应考虑这些零部件的特殊要求。

7.1.2 减速机润滑方式

减速机应采用油润滑，可采用油浴、飞溅或强制润滑方式。其它润滑方式供需双方协商确定。

7.2 密封设计

- 减速机在正常运行环境下不允许1 h内浸润面积超过1 cm²的渗漏；
- 密封件的选择应考虑润滑油类型、工作温度及使用环境等相关因素；
- 减速机与动密封配合处的零件应有合适的结构、硬度和粗糙度，且应当径向磨削；
- 如果密封件设计为易损件，应当易于更换，且更换周期不应小于5年。

7.3 一般设计要求

- 减速机应设置排气孔装置，其结构和安装位置应能有效排出空气以及防止大气中的灰尘、水分及其它污物进入箱体；

- b) 减速机应易于检查油位。应在易于观察位置配备油位检查装置，如配备金属油标尺，其设计应能正确表示油位状况，油标尺上的油位线标记必须保持永久清晰；
- c) 应易于更换润滑油。由于安装空间导致放油困难时应考虑增加抽油装置或设置抽油孔；
- d) 所有的维修保养应能在桁架维修空间内完成；
- e) 减速机宜预留振动传感器、油位传感器、温度传感器及加热器等装置的安装位置或接口；
- f) 减速机应设置吊耳或者吊装螺栓安装孔，吊点不少于2个；
- g) 减速机与电机连接接口最低位置应设置排水结构，且应有相应的标识或说明。

8 减速机测试方法和检测

8.1 性能试验

减速机样品应当在按照批量生产的情况下，安装好电机后按照 T/CEA 3011 进行测试。

有下列情况之一时应进行性能试验：

- a) 新产品的试制性能鉴定时；
- b) 产品的设计、工艺等方面有重大改变时；
- c) 出厂检验结果与性能试验有较大差异时。

8.2 疲劳寿命试验

减速机应按 JB/T 5558—2015 进行疲劳寿命试验以验证减速机是否能满足设计使用寿命要求，测试后应满足以下几点：

- a) 齿面不应出现异常磨损；
- b) 齿面点蚀不应超过设计要求；
- c) 齿面不应有裂纹；
- d) 测试后齿轮箱的噪音、振动、温升仍满足设计要求；
- e) 测试后齿隙仍满足设计要求；
- f) 整个测试过程中不允许1 h内浸润面积超过1 cm²的渗漏；
- g) 轴承、轴、键等其它传动元件没有异常磨损。

8.3 出厂检验

出厂检查可按表 5 进行检查并记录

表 5 出厂检验项目

检验项目	标准值	检验结果
基本参数		
结构尺寸		
噪声		
振动		
密封		
外观		
随机资料		

9 标志、包装和运输与贮存

9.1 标志

减速箱铭牌应设置在明显位置，铭牌应该是永久性的并至少标明下列内容：

- a) 产品名称、型号；

- b) 减速比;
- c) 额定输出扭矩;
- d) 润滑油牌号(种类)和油量;
- e) 出厂编号;
- f) 制造商名称或标识;
- g) 出厂日期。

9.2 随机文件

- a) 产品合格证;
- b) 检验报告;
- c) 使用维护说明书;
- d) 装箱单。

9.3 包装和运输

- a) 减速机包装应符合GB/T 13384的规定或与用户商定,并按GB/T 191的规定涂刷储运图示标志;
- b) 减速机在包装箱内应可靠固定,包装箱应防雨、透气;
- c) 减速机全部外露的机械加工表面应涂防锈油;
- d) 减速机在运输时应采取必要的防振、防撞、避免碰伤和有害气体侵蚀的措施。

9.4 贮存

- a) 减速机应贮存在清洁、通风、防潮湿的地方,不允许在阳光下长期暴晒;
- b) 减速机最低存储温度不宜低于-20℃;
- c) 减速机持续存放不能超过6个月,超过存放时间,应重新检查后使用。

附录 A
(规范性)
矩形花键和渐开线花键静强度安全系数计算

A.1 花键静强度安全系数

花键静强度系数按式 (A.1) 计算。

$$\frac{\sigma_b}{\sigma_p} \geq 5 \quad (\text{A.1})$$

式中: σ_b ——材料破断极限
 σ_p ——挤压应力

A.1.1 挤压应力

挤压应力按式 (A.2) 计算。

$$\sigma_p = \frac{2000 \cdot T}{\psi \cdot z \cdot h_g \cdot l_g \cdot D_m} \quad (\text{A.2})$$

式中:

T——转矩 (N·m);

ψ ——各齿间载荷不均匀系数, 取0.7~0.8;

z——齿数;

h_g ——齿的工作高度 (mm);

l_g ——齿的工作长度 (mm);

D_m ——平均直径 (mm);

矩形花键 $D_m = \frac{D+d}{2}$; $h_g = \frac{D+d}{2} - 2c$; 其中: c——倒角尺寸;

渐开线花键 $D_m = d$; $h_g = m$; 其中: m——模数;

中国电梯协会标准
自动扶梯和自动人行道减速机设计、计算和测试
T/CEA 3012—2021

*

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>