



中 国 电 梯 协 会 标 准

T/CEA 3010—2020

自动扶梯和自动人行道驱动主机 功率计算与选择

Power calculation and selection of driving machine for
escalators and moving walks

2020-12-22 发布

2021-06-01 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 用于驱动主机负载功率计算的乘客载荷系数与等效乘客载荷	2
4.1 乘客载荷系数	2
4.2 等效乘客载荷	2
5 驱动主机负载功率计算的方法	3
5.1 通则	3
5.2 驱动主机负载功率计算的方法	3
6 驱动主机功率的选择	6
6.1 使用环境对驱动主机功率选择的影响	6
6.2 电动机定额方式对驱动主机功率选择的影响	6
6.3 驱动主机的电动机额定功率的选择	7
7 驱动主机过载能力校验	7
7.1 普通型自动扶梯和自动人行道驱动主机过载能力校验	7
7.2 公共交通型自动扶梯和自动人行道驱动主机过载能力校验	7

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这些专利的责任。

本文件由中国电梯协会提出并归口。

本文件负责起草单位：迅达（中国）电梯有限公司。

本文件参加起草单位：上海三菱电梯有限公司、奥的斯电梯管理（上海）有限公司、通力电梯有限公司、蒂森克虏伯扶梯（中国）有限公司、秦川机床工具集团股份公司、苏州江南嘉捷电梯有限公司、日立电梯（广州）自动扶梯有限公司、沈阳远大智能工业集团股份有限公司、宁波欣达电梯配件厂、广东省特种设备检测研究院中山检测院、康力电梯股份有限公司、杭州西奥电梯有限公司、东芝电梯（中国）有限公司、巨人通力电梯有限公司、恒达富士电梯有限公司、广东省特种设备检测研究院、上海交通大学电梯检测中心、海安市申菱电器制造有限公司、弗兰德传动系统有限公司、菱王电梯股份有限公司、广州特种机电设备检测研究院、怡达快速电梯有限公司、苏州通润驱动设备股份有限公司、杭州奥立达电梯有限公司、西子重工机械有限公司、重庆迈高电梯有限公司、巨龙电梯有限公司等。

本文件主要起草人：王永胜、徐彬、沈宗、程丙寅、聂大路、阮世韶、李彬、李春福、李勇勇、陈洋、王志强、张洪升、吴事锦、邵卫锋、曲承成、李春斌、郭娜、洪永、李吉、周林、杜晓东、陈冬、刘英杰、陈水平、曹宇、方启华、石丹超、李彬、徐小华。

引 言

驱动主机作为自动扶梯和自动人行道的动力来源，对自动扶梯和自动人行道的安全性、可靠性以及舒适性起着重要作用。

为了规范自动扶梯和自动人行道驱动主机功率计算的方法，保证自动扶梯和自动人行道驱动主机功率选择的合理性，制订本文件。

自动扶梯和自动人行道驱动主机功率计算与选择

1 范围

本文件规定了自动扶梯和自动人行道驱动主机（以下简称驱动主机）功率计算的原则、需要考虑的因素、方法等，结合安全性和经济性为自动扶梯和自动人行道驱动主机功率的合理选择提供了指导。

本文件不适用于中间驱动自动扶梯、螺旋型自动扶梯、带轮椅运送功能的自动扶梯、变坡段自动扶梯和加速式自动人行道等需要经过特殊设计的自动扶梯和自动人行道，不适用于单速三相笼型感应电动机以外的其它原动机驱动的自动扶梯和自动人行道。

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 755—2019 旋转电机 定额和性能

GB/T 7024 电梯、自动扶梯、自动人行道术语

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 21210—2016 单速三相笼型感应电动机起动性能

GB/Z 31822—2015 公共交通型自动扶梯和自动人行道的安全要求指导文件

JB/T 8545—2010 自动扶梯梯级链、附件和链轮

TSGT7007—2016 电梯型式试验规则

T/CEA 301—2019 地铁用自动扶梯技术规范

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

驱动主机功率 driving machine power

驱动主机的电动机转轴上的有效机械功率。

[来源：GB/T 755—2019，5.5.3，有修改]

3.2

制动载荷 brake load

梯级、踏板或胶带上的载荷，并以此载荷设计制动系统制停自动扶梯或自动人行道。

[来源：GB 16899—2011，3.1.4]

3.3

乘客载荷 passenger load

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

[来源：T/CEA 301—2019，5.3.4，有修改]

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。

[来源: TSG T7007—2016, J3.2]

3.5

载荷条件 load condition

载荷条件反映使用时间内自动扶梯和自动人行道的载荷特性,由规定时间区间内自动扶梯和自动人行道运送的载荷确定,用规定时间区间内自动扶梯和自动人行道载荷的状况表示,可用文字描述表示或用载荷-时间图表示。

[来源: GB/Z 31822—2015, 4.4]

3.6

名义速度 nominal speed

由制造商设计确定的,自动扶梯或自动人行道的梯级、踏板或胶带在空载(例如:无人)情况下的运行速度。

[来源: GB 16899—2011, 3.1.21]

3.7

梯级距 step pitch

用于安装在一个梯级上所需的单根链条长度,名义梯级距是梯级链名义节距的整数倍。

[来源: JB/T 8545—2010, 3.1.1]

3.8

最大转矩 breakdown torque

电动机在额定电压和额定频率下所产生的无转速突降的稳态异步转矩最大值。

[来源: GB/T 21210—2016, 3.4]

4 用于驱动主机负载功率计算的乘客载荷系数与等效乘客载荷

4.1 乘客载荷系数

乘客载荷系数应按如下规则设定:

a) 对于普通型自动扶梯和自动人行道,制造商应基于自身良好的工程实践对乘客载荷系数设定合理的取值;

b) 对于公共交通型自动扶梯和自动人行道,按GB 16899—2011中H.2规定,制造商和业主应根据实际交通流量确定载荷条件:

- 1) 若业主没有规定自动扶梯和自动人行道应满足的载荷条件,制造商在基于GB 16899—2011中公共交通型自动扶梯和自动人行道载荷条件和良好的工程实践的基础上对乘客载荷系数设定合理的取值;
- 2) 若业主规定了自动扶梯和自动人行道应满足的载荷条件,制造商应按照载荷条件的规定对乘客载荷系数设定合理的取值。例如对于具有客流量大、高峰客流时间长等特点的场所(如地铁)使用的自动扶梯的乘客载荷系数应按照T/CEA 301—2019中 5.3.4的载荷条件设定。

4.2 等效乘客载荷

等效乘客载荷应按公式(1) 计算。

$$m_{eq} = m_{br} \times k_1 \cdots \cdots (1)$$

式中:

m_{eq} ——等效乘客载荷, 单位为千克 (kg);

m_{br} ——对于自动扶梯为每个梯级上的制动载荷, 对于自动人行道为每0.4m长度上的制动载荷, 单位为千克 (kg), 制动载荷按 GB 16899—2011 中 5.4.2.1.3.1和 5.4.2.1.3.3确定。

k_1 ——乘客载荷系数, 无量纲。

5 驱动主机负载功率计算的方法

5.1 通则

驱动主机负载功率由等效乘客载荷消耗功率、梯级带/踏板带消耗功率和扶手带消耗功率确定:

- 对于自动扶梯和倾斜角大于0°的自动人行道, 等效乘客载荷消耗功率为倾斜区段和上/下水平区段的乘客载荷消耗的功率。对于倾斜角等于0°的自动人行道, 等效乘客载荷消耗功率为两梳齿交叉线之间水平区段的乘客载荷消耗的功率;
- 对于自动扶梯和倾斜角大于0°的自动人行道, 梯级带/踏板带消耗功率为上/下分支倾斜区段、上/下分支的上/下水平区段梯级带/踏板带消耗的功率。对于倾斜角等于0°的自动人行道, 梯级带/踏板带消耗功率为两梳齿交叉线之间上/下分支水平区段的梯级带/踏板带消耗的功率;
- 扶手带消耗功率宜以分段形式确定。分段的原则是在每个区段上具有相同的计算参数, 例如: 摩擦系数等。

5.2 驱动主机负载功率计算的方法

5.2.1 等效乘客载荷消耗功率

等效乘客载荷消耗功率按如下方法计算。

- 对于自动扶梯和倾斜角大于0°的自动人行道, 倾斜区段等效乘客载荷消耗功率的计算见公式(2)。

$$P_{eq1} = \frac{H/\sin\alpha/D \times [m_{eq} \times g \times (\sin\alpha + \mu_1 \times \cos\alpha)] \times v}{1000 \times \eta_{pb/sb}} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

H——提升高度, 单位为米 (m);

α ——倾斜角, 单位为度 (°);

D——对于自动扶梯其等于梯级距, 对于自动人行道其等于0.4(见GB 16899—2011中的 5.4.2.1.3.3), 单位为米 (m);

m_{eq} ——等效乘客载荷, 单位为千克 (kg);

g——重力加速度, 单位为米每二次方秒 (m/s^2);

μ_1 ——梯级/踏板滚轮滚动摩擦系数, 无量纲;

v——名义速度, 单位为米每秒 (m/s);

$\eta_{pb/sb}$ ——梯级链/踏板链与电动机转轴之间传动元件的总效率, 无量纲。

注: 由于梯级链/踏板链与电动机转轴之间传动元件的多样性, 在此不再做细分, 下同。

- 对于自动扶梯和倾斜角大于0°的自动人行道, 水平区段等效乘客载荷消耗功率的计算见公式(3)。

$$P_{eq2} = \frac{(L_t + L_b)/D \times m_{eq} \times g \times \mu_1 \times v}{1000 \times \eta_{pb/sb}} \dots\dots\dots (3)$$

式中:

L_t ——上水平区段长度, 单位为米 (m);

L_b ——下水平区段长度, 单位为米 (m);

- D ——对于自动扶梯其等于梯级距,对于自动人行道其等于0.4(见 GB 16899—2011中的5.4.2.1.3.3),单位为米(m);
- m_{eq} ——等效乘客载荷,单位为千克(kg);
- g ——重力加速度,单位为米每二次方秒(m/s^2);
- μ_1 ——梯级/踏板滚轮滚动摩擦系数,无量纲;
- v ——名义速度,单位为米每秒(m/s);
- $\eta_{pb/sb}$ ——梯级链/踏板链与电动机转轴之间传动元件的总效率,无量纲。
- c) 对于自动扶梯和倾斜角大于0°的自动人行道,等效乘客载荷消耗功率的计算见公式(4)。

$$P_{eq} = P_{eq1} + P_{eq2} \dots\dots\dots (4)$$

式中:

- P_{eq} ——等效乘客载荷消耗功率,千瓦(kW);
- P_{eq1} ——倾斜区段等效乘客载荷消耗功率,千瓦(kW);
- P_{eq2} ——水平区段等效乘客载荷消耗功率,千瓦(kW)。

- d) 对于倾斜角等于0°的自动人行道,等效乘客载荷消耗功率的计算见公式(5)。

$$P_{eq} = \frac{L/D \times m_{eq} \times g \times \mu_1 \times v}{1000 \times \eta_{pb/sb}} \dots\dots\dots (5)$$

式中:

- L ——两梳齿交叉线之间水平区段长度,单位为米(m);
- D ——对于自动人行道其等于0.4(见 GB 16899—2011中的5.4.2.1.3.3),单位为米(m);
- m_{eq} ——等效乘客载荷,单位为千克(kg);
- g ——重力加速度,单位为米每二次方秒(m/s^2);
- μ_1 ——踏板滚轮滚动摩擦系数,无量纲;
- v ——名义速度,单位为米每秒(m/s);
- $\eta_{pb/sb}$ ——踏板链与电动机转轴之间传动元件的总效率,无量纲。

5.2.2 梯级带/踏板带消耗功率

梯级带/踏板带消耗功率按如下方法计算。

- a) 对于自动扶梯和倾斜角大于0°的自动人行道,上/下分支倾斜区段的梯级带/踏板带消耗功率的计算见公式(6)。

$$P_{sb/pb1} = \frac{2 \times H/\sin \alpha / D \times (W \times \cos \alpha \times \mu_1 + W_R \times \mu_2) \times v}{1000 \times \eta_{pb/sb}} \dots\dots\dots (6)$$

式中:

- H ——提升高度,单位为米(m);
- α ——倾斜角,单位为度(°);
- D ——对于自动扶梯其等于梯级距,对于自动人行道其等于0.4(见 GB 16899—2011中的5.4.2.1.3.3),单位为米(m);
- W ——含梯级链和梯级轴的梯级重量或0.4m踏板带的重量,单位为牛顿(N);
- μ_1 ——梯级/踏板滚轮滚动摩擦系数,无量纲;
- W_R ——梯级/踏板(滚轮)侧向导向力,单位为牛顿(N);
- μ_2 ——梯级/踏板(滚轮)导向滑动摩擦系数,无量纲;
- v ——名义速度,单位为米每秒(m/s);
- $\eta_{pb/sb}$ ——梯级链/踏板链与电动机转轴之间传动元件的总效率,无量纲。

b) 对于自动扶梯和倾斜角大于0°的自动人行道, 上/下分支的上/下水平区段的梯级带/踏板带消耗功率的计算见公式(7)。

$$P_{sb/pb2} = \frac{2 \times (L_t + L_b) / D \times (W \times \mu_1 + W_R \times \mu_2) \times v}{1000 \times \eta_{pb/sb}} \dots\dots\dots (7)$$

式中:

- L_t ——上水平区段长度, 单位为米 (m);
 L_b ——下水平区段长度, 单位为米 (m);
 D ——对于自动扶梯其等于梯级距, 对于自动人行道其等于0.4(见 GB 16899—2011中的5.4.2.1.3.3), 单位为米 (m);
 W ——含梯级链和梯级轴的梯级重量或0.4m踏板带的重量, 单位为牛顿 (N);
 μ_1 ——梯级/踏板滚轮滚动摩擦系数, 无量纲;
 W_R ——梯级/踏板(滚轮)侧向导向力, 单位为牛顿 (N);
 μ_2 ——梯级/踏板(滚轮)导向滑动摩擦系数, 无量纲;
 v ——名义速度, 单位为米每秒 (m/s);
 $\eta_{pb/sb}$ ——梯级链/踏板链与电动机转轴之间传动元件的总效率, 无量纲。

c) 对于自动扶梯和倾斜角大于0°的自动人行道, 梯级带/踏板带消耗功率的计算见公式(8)。

$$P_{sb/pb} = P_{sb/pb1} + P_{sb/pb2} \dots\dots\dots (8)$$

式中:

- $P_{sb/pb}$ ——梯级带/踏板带消耗功率, 千瓦 (kW);
 $P_{sb/pb1}$ ——上/下分支倾斜区段的梯级带/踏板带消耗功率, 千瓦 (kW);
 $P_{sb/pb2}$ ——上/下分支的上/下水平区段的梯级带/踏板带消耗功率, 千瓦 (kW)。

d) 对于倾斜角等于0°的自动人行道, 踏板带消耗功率的计算见公式(9)。

$$P_{sb/pb} = \frac{2 \times L / D \times (W \times \mu_1 + W_R \times \mu_2) \times v}{1000 \times \eta_{pb/sb}} \dots\dots\dots (9)$$

式中:

- L ——两梳齿交叉线之间水平区段长度, 单位为米 (m);
 D ——对于自动人行道其等于0.4(见 GB 16899—2011中的5.4.2.1.3.3), 单位为米 (m);
 W ——0.4m踏板带的重量, 单位为牛顿 (N);
 μ_1 ——踏板滚轮滚动摩擦系数, 无量纲;
 W_R ——踏板(滚轮)侧向导向力, 单位为牛顿 (N);
 μ_2 ——踏板(滚轮)导向滑动摩擦系数, 无量纲;
 v ——名义速度, 单位为米每秒 (m/s);
 $\eta_{pb/sb}$ ——踏板链与电动机转轴之间传动元件的总效率, 无量纲。

5.2.3 扶手带消耗功率

扶手带消耗功率按如下方法计算。

由于不同制造商的扶手带系统的驱动方式和扶手带导轨的差异较大, 本文件如下所述的计算方法可供具体实施计算时参考, 允许采用经实践证明是合理的其他计算方法。

a) 对于自动扶梯和倾斜角大于0°的自动人行道, 扶手带消耗功率的计算见公式(10)。

$$P_{hl} = \frac{2 \times [A + H / \sin \alpha \times (B + m_{eq} \times C)] \times v}{1000 \times \eta_{hl}} \dots\dots\dots (10)$$

式中:

- A ——扶手带在回转、变向、水平区段所受的阻力, 单位为牛顿 (N);

H ——提升高度, 单位为米 (m);

α ——倾斜角, 单位为度 ($^{\circ}$);

B ——每米长度的扶手带所受的固有阻力, 单位为牛顿每米 (N/m);

m_{eq} ——等效乘客载荷, 单位为千克 (kg);

C ——每米长度的扶手带由于乘客载荷引起的附加阻力系数, 单位为牛顿每米千克 (N/(m·kg));

v ——名义速度, 单位为米每秒 (m/s);

η_{hl} ——扶手驱动链与电动机转轴之间传动元件的总效, 无量纲。

注: 由于扶手驱动链与电动机转轴之间传动元件的多样性, 在此不再做细分, 下同。

b) 对于倾斜角等于 0° 的自动人行道, 扶手带消耗功率的计算见公式 (11)。

$$P_{hl} = \frac{2 \times [A + L \times (B + m_{eq} \times C)] \times v}{1000 \times \eta_{hl}} \dots\dots\dots (11)$$

式中:

A ——扶手带阻力的常量部分, 单位为牛顿 (N);

L ——两梳齿交叉线之间水平区段长度, 单位为米 (m);

B ——每米长度的扶手带所受的固有阻力, 单位为牛顿每米 (N/m);

m_{eq} ——等效乘客载荷, 单位为千克 (kg);

C ——每米长度的扶手带由于乘客载荷引起的附加阻力系数, 单位为牛顿每米千克 (N/(m·kg));

v ——名义速度, 单位为米每秒 (m/s);

η_{hl} ——扶手驱动链与电动机转轴之间传动元件的总效, 无量纲。

5.2.4 驱动主机负载功率计算

驱动主机负载功率为以上三部分功率之和, 计算见公式 (12)。

$$P_{dm} = P_{eq} + P_{sb/pb} + P_{hl} \dots\dots\dots (12)$$

式中:

P_{dm} ——驱动主机负载功率, 千瓦 (kW);

P_{eq} ——等效乘客载荷消耗功率, 千瓦 (kW);

$P_{sb/pb}$ ——梯级带/踏板带消耗功率, 千瓦 (kW);

P_{hl} ——扶手带消耗功率, 千瓦 (kW)。

6 驱动主机功率的选择

6.1 使用环境对驱动主机功率选择的影响

当自动扶梯和自动人行道安装地点的海拔超过1000m和(或)自动扶梯和自动人行道机房内的温度超过电动机定额时的最高环境温度, 应对驱动主机所用电动机的输出功率按照GB/T 755—2019中的有关规定进行修正, 修正系数设定为 k_2 。

6.2 电动机定额方式对驱动主机功率选择的影响

自动扶梯和自动人行道用三相笼型感应电动机的定额方式为一般为S1连续工作制或S6连续周期工作制。在进行驱动主机负载功率计算时是将负载按照S1连续工作制进行的, 所以对于S6连续周期工作制定额的电动机需要对其额定功率进行相应的修正, 以便将其转化为等效负载定额。该修正系数随其负载持续率的不同而不同, 应由电动机制造商提供相应修正系数的取值, 修正系数设定为 k_3 。

6.3 驱动主机的电动机额定功率的选择

驱动主机的电动机的额定功率应满足以下条件，见公式（13）。

$$P_N \geq \frac{P_{dm}}{k_2 \times k_3} \dots\dots\dots (13)$$

式中：

P_N ——电动机的额定功率，单位为千瓦（kW）；

P_{dm} ——驱动主机负载功率，单位为千瓦（kW）；

k_2 ——考虑海拔和/或环境温度的修正系数，无量纲；

k_3 ——考虑电动机工作制定额的修正系数，无量纲，S1工作制时 k_3 取值应为1，S6工作制时 k_3 取值应由电动机制造商提供。

7 驱动主机过载能力校验

7.1 普通型自动扶梯和自动人行道驱动主机过载能力校验

按照6.3选定的驱动主机的电动机的最大转矩 T_b 应不小于在100%制动载荷工况下的驱动主机负载转矩 T_{100} ，见公式（14），同时驱动主机应能在载荷条件中规定的最大负载工况下正常工作且持续时间应与载荷条件相匹配。

$$T_b \geq T_{100} \dots\dots\dots (14)$$

式中：

T_b ——电动机的最大转矩，单位为牛顿米（Nm）；

T_{100} ——在100%制动载荷工况下的驱动主机负载转矩，单位为牛顿米（Nm）。

7.2 公共交通型自动扶梯和自动人行道驱动主机过载能力校验

按照GB/Z 31822—2015中6.3.3.1的规定，公共交通型自动扶梯和自动人行道驱动主机应能在100%制动载荷工况下正常工作且持续时间应与载荷条件相匹配。

中国电梯协会标准
自动扶梯和自动人行道驱动主机功率计算与选择
T/CEA 3010-2020

*

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>