

ICS 91.140.90
CCSQ 78



中 国 电 梯 协 会 标 准

T/CEA 3020—2022

自动扶梯梯级链与自动人行道踏板链 设计与计算规范

Specification for design and calculation of escalator chains and moving
walk chains

2022-12-22 发布

2023-06-01 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 链条的设计要点	2
4.1 抗拉强度	2
4.2 主要尺寸参数的设计	2
4.3 材料的选择与常用热处理	3
5 结构型式	4
6 关键零件设计计算	7
附录 A （资料性）梯级链及踏板链主要尺寸、抗拉强度示例	10

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。

本文件由中国电梯协会提出并归口。

本文件负责起草单位：杭州东华链条集团有限公司。

本文件参加起草单位：苏州江南嘉捷电梯有限公司、蒂升扶梯有限公司、日立电梯（广州）自动扶梯有限公司、奥的斯电梯制造有限公司、康力电梯有限公司、通力电梯有限公司、迅达（中国）电梯有限公司、上海三菱电梯有限公司、西子电梯科技有限公司、杭州西奥电梯有限公司、菱王电梯有限公司、沈阳远大智能工业集团股份有限公司、巨人通力电梯有限公司、西继迅达电梯有限、快意电梯股份有限公司、广州特种机电设备检测研究院、建研机械检验检测（北京）有限公司、快客电梯有限公司。

本文件主要起草人：王胜、冯建忠、卢继光、张志雁、李春福、黄新宇、李勇勇、许开胜、杨立勇、张海刚、徐彬、姜浩、方文、华刚、李嘉、吴大将、陈冬、陈洋、梁峰、刘杰、石丹超、孙学礼、蔡亚光、肖海。

本文件于 2022 年首次发布。

引 言

自动扶梯梯级链与自动人行道踏板链是自动扶梯和自动人行道的重要零部件,链条产品性能对自动扶梯和自动人行道运输能力、运行平稳性、使用寿命等有重要影响

影响自动扶梯梯级链与自动人行道踏板链设计与计算的因素很多,本文件规定了自动扶梯梯级链与自动人行道踏板链设计与计算要求,包括技术指标、结构型式、主要参数设计、设计计算、材料选用、热处理要求等,针对自动扶梯梯级链与自动人行道踏板链的零件进行创新性设计时(如零件心部钻孔等设计),及自润滑链条的设计时,需参考《机械设计手册》结合具体设计案例进行计算。

自动扶梯梯级链与自动人行道踏板链设计与计算规范

1 范围

本文件规定了自动扶梯梯级链与自动人行道踏板链设计与计算要求，包括技术指标、结构型式、主要参数设计、设计计算、材料选用、热处理要求等。

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 7024 电梯、自动扶梯、自动人行道术语

GB/T 9785 链条链轮术语

GB 16899—2011 自动扶梯和自动人行道的制造与安装安全规范

JB/T 8545—2010 自动扶梯梯级链和链轮

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/T 9785、JB/T 8545—2010 中确定的术语和定义适用于本文件。

3.1

自动扶梯 escalator

带有循环运行梯级，用于向上或向下倾斜输送乘客的固定电力驱动设备。

[来源：GB 16899—2011，3.1.9]

3.2

自动人行道 moving walk

带有循环（板式或带式）走道，用于水平或倾斜角不大于12° 输送乘客的固定电力驱动设备。

[来源：GB 16899—2011，3.1.19]

3.3

梯级（或踏板）距精度 step pitch accuracy

用于安装在一个梯级（或踏板）上所需的单根链条长度的公差，名义梯级距是梯级（或踏板）链名义节距的整数倍。

3.4

梯级（或踏板）距同步精度 step pitch synchronization accuracy

用于安装在同一个梯级（或踏板）上所需的两段链条实际长度的差值。

[来源：GB/T 8545—2010，3.1.2]

3.5

链长同步精度 chain length synchronization accuracy

T/CEA 3020—2022

同一台自动扶梯（或自动人行道）上的两条梯级（或踏板）链，交货段实际链长的差值。

[来源：GB/T 8545—2010，3.1.3]

3.6

销轴比压 pin pressure

链条销轴所受载荷与其受载荷面积的比值。

4 链条的设计要点

4.1 抗拉强度

根据自动扶梯（或自动人行道）提升高度、梯级宽度、倾斜角度，以及用户需要安全系数，确定最小抗拉强度：

$$F_{umin} = n \cdot F_1 \dots\dots\dots (1)$$

式(1)中：

F_{umin} ——链条最小抗拉强度（N）

n ——安全系数

F_1 ——链条所受工作拉力

结合GB 16899、参考T/CEA 301，按照自动扶梯（或自动人行道）承受5000N/m²的额定结构载荷，其中 F_1 的计算见公式(2)。

$$F_1 = \frac{1}{2} \times \left[\left(5000 \times \frac{H}{\tan \alpha} \times Z_1 + \frac{H}{L \times \sin \alpha} \times W \right) \times \sin \alpha + T \right] \dots\dots\dots (2)$$

式(2)中：

H ——自动扶梯（或自动人行道）提升高度，单位为m；

Z_1 ——自动扶梯（或自动人行道）梯级（或踏板）名义宽度，单位为m；

α ——自动扶梯（或自动人行道）倾斜角，单位为(°)；

L ——梯级（或踏板）节距，单位为m；

W ——含梯级（或踏板）链和梯级（或踏板）轴的梯级（或踏板）重量，单位为N；

T ——梯级（或踏板）链张紧装置单侧张紧力，单位为N。

注：当倾斜角度等于0°时，上述公式（2）应予以修正。

4.2 主要尺寸参数的设计

4.2.1 梯级（踏板）距和链条节距

梯级距和链条节距根据运行平稳性及能耗等因素进行选取。

4.2.2 内链节内宽

内链节内宽根据链轮的厚度以及销轴比压进行选取。

4.2.3 滚子外径

滚子外径根据滚子与链轮的啮合进行选取。

4.2.4 销轴直径

销轴直径的选取要同时考虑抗拉强度和销轴比压。在其他同等条件下，销轴比压越小，链条越耐磨。

4.2.5 链板厚度、高度及孔心距

链板厚度、高度根据链条的抗拉强度进行选择，链板孔心距根据链条节距和套销间隙进行选择。

4.2.6 销轴与套筒间隙 Δ_z

在保证链条铰链灵活性和润滑的前提下，考虑自动扶梯（或自动人行道）链条的运行工况较好，适当选取较小间隙是有利的，其销轴与套筒间隙 Δ_z 应介于0.1mm和0.28mm之间（推荐值，随节距、销轴直径的增大而增大，随具体使用情况的恶劣程度而增大）。

4.2.7 套筒与滚子间隙 Δ_c

考虑梯级（或踏板）链条的运行工况，以及运行舒适性，因而套筒与滚子的间隙 Δ_c 应介于0.04 mm与0.3 mm之间，通常取 $\Delta_c=0.1\sim 0.2$ mm（推荐值，随节距、销轴直径的增大而增大），这比标准的输送链的 Δ_c 要小，运行时会降低链轮与梯级链啮合时产生的噪音。

4.2.8 链长尺寸

链长尺寸应满足主机设备对梯级链（或踏板链）的链长精度要求，链长精度包括梯级距精度、梯级距同步精度以及链长同步精度；梯级距精度不宜超过梯级距公称长度值的0.1%，梯级距同步精度不宜超过0.3 mm，链长同步精度不宜超过0.3 mm。

4.2.9 润滑及防腐

设计时应考虑销轴与套筒铰链副的初期润滑及防腐，销轴与套筒之间应涂润滑脂，链条在出厂之前应浸防锈油。

注：在不同的操作环境温度下的链传动宜采用润滑油的黏度等级根据ISO 10823：2004 滚子链传动选择指导推荐于表1。润滑油中不宜含污物，特别是微粒磨料。

表1 链传动宜采用润滑油的黏度等级

环境温度 (t) /°C	润滑油黏度等级
$-5 \leq t \leq +5$	VG 68 (SAE 20)
$+5 < t \leq +25$	VG 100 (SAE 30)
$+25 < t \leq +45$	VG 150 (SAE 40)
$+45 < t \leq +70$	VG 220 (SAE 50)

4.3 材料的选择与常用热处理

对于梯级链条各零件的材料选择，应根据所设计链条的具体使用条件，综合考虑静强度、磨损特性、疲劳强度等多种因素。梯级链条的常用材料和热处理可参考表2。

表2 常用材料和热处理

零件名称	常用材料	热处理要求
链板	40Cr、35CrMo、45Mn、45、BS700MC	27~44HRC 或不热处理（自然硬化）
销轴	20CrMo、20CrMnMo、95Cr18、45、55、20Cr、42CrMo	有效硬化层深度：0.5~1.2mm 热处理表面硬度：56~63HRC

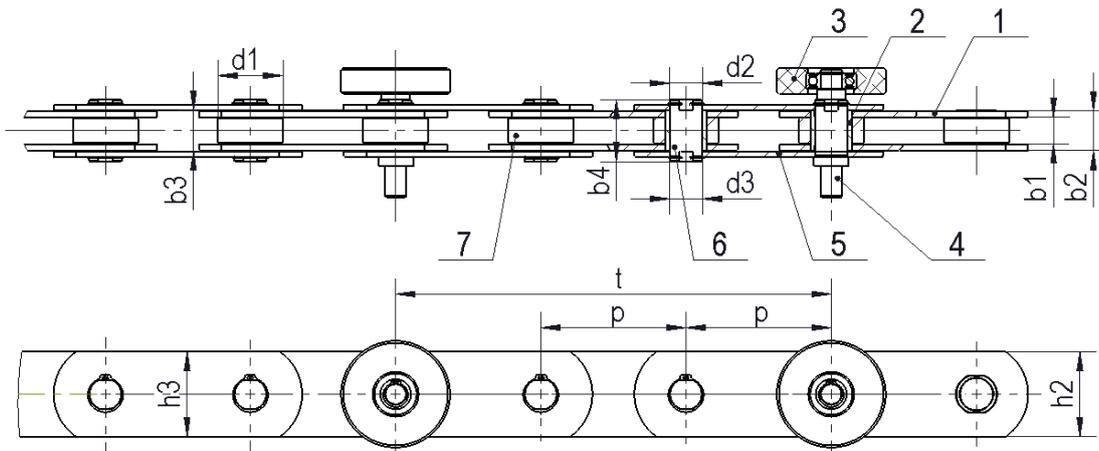
表 2 (续)

零件名称	常用材料	热处理要求
套筒	15Mn、20、20Cr、20CrMo	有效硬化层深度:0.2~1.0mm 热处理表面硬度: 56~63HRC
滚子	20、20Cr、20CrMo、40Cr、35、45	有效硬化层深度: 0.2~1.0mm 热处理表面硬度: 56~63HRC

销轴、套筒、滚子采用低碳钢或低碳合金钢时，一般采用渗碳处理，以提高表面硬度，增加零件的耐磨损性能，而心部保持低碳钢或低碳合金钢较好的韧性。销轴、滚子采用中碳钢或中碳合金钢或不锈钢时，一般采用表面感应淬火回火处理，保证表面硬度，增加零件的耐磨损性能，同时心部保持较好的韧性。通常情况下，有效硬化层深度随扶梯提升高度（或销轴直径）的增大而加深。

5 结构型式

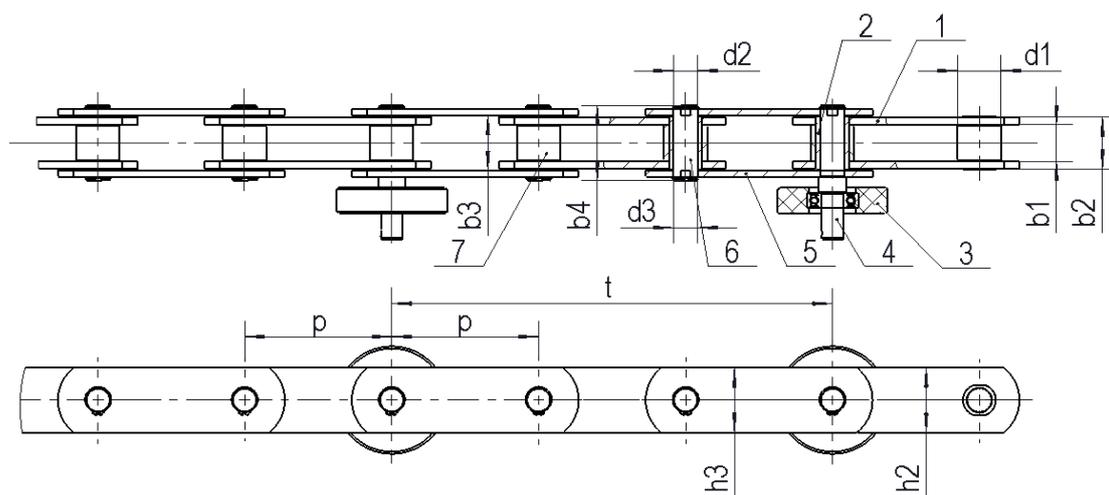
自动扶梯梯级链示例的结构型式（不局限于示例结构）见图1、图2和图3，自动人行道踏板链示例的结构型式见图2、图3、图4。图1、图2、图3和图4中 t 为梯级距、 P 为链条节距，其他标注尺寸符号含义见附录A。



标引序号说明：

1——内链板； 2——套筒； 3——滚轮； 4——梯级销轴； 5——外链板； 6——销轴； 7——滚子。

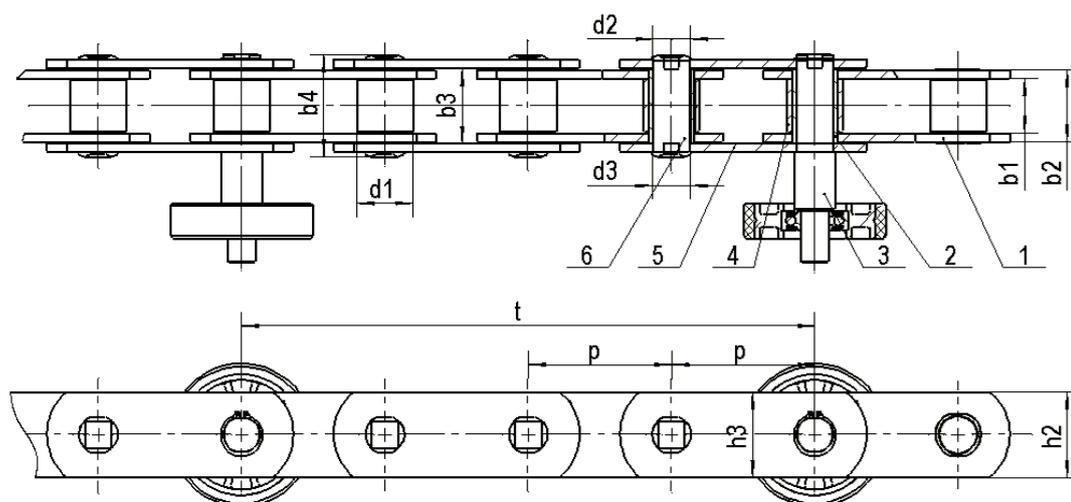
a) 3节一个梯级滚轮在梯级链外侧(A型)



标引序号说明:

1——内链板； 2——套筒； 3——滚轮； 4——梯级销轴； 5——外链板； 6——销轴； 7——滚子。

b) 3节一个梯级滚轮在梯级链内侧 (B型)

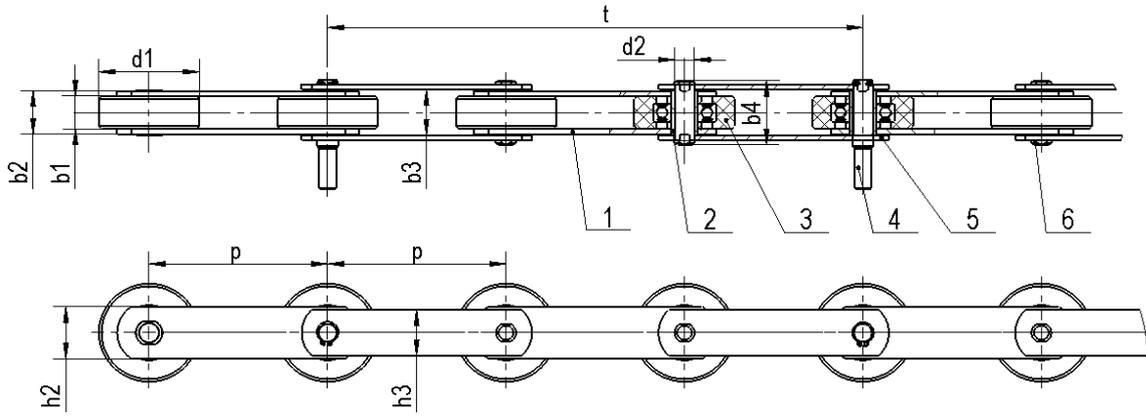


标引序号说明:

1——内链板； 2——套筒； 3——梯级销轴； 4——滚子； 5——外链板； 6——销轴。

c) 4节一个梯级滚轮在梯级链内侧 (C型)

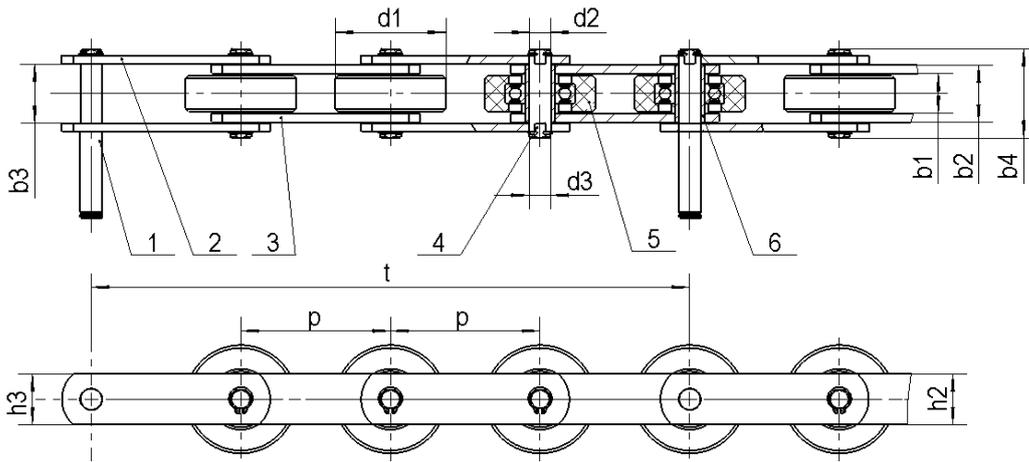
图1 滚轮外置梯级链结构型式



标引序号说明:

1——内链板; 2——套筒; 3——滚轮; 4——梯级销轴; 5——外链板; 6——销轴。

a) 3节一个梯级 (A型)

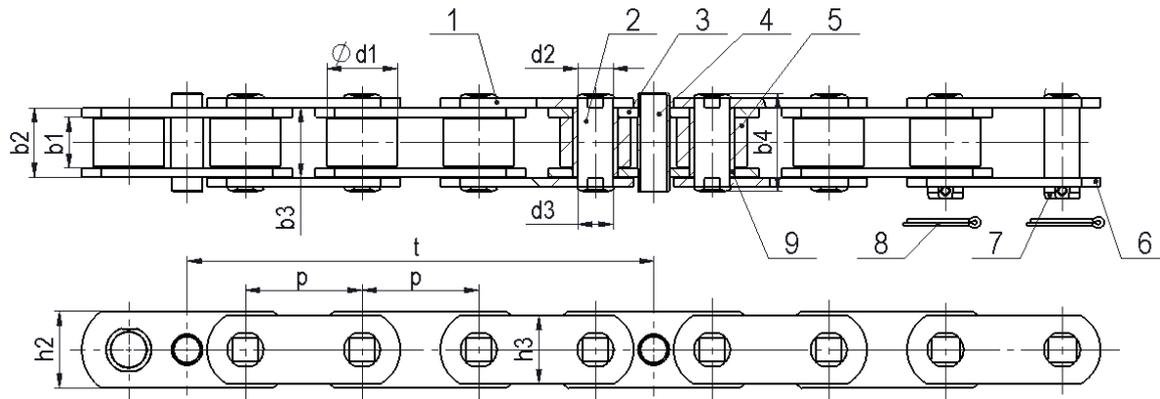


标引序号说明:

1——梯级销轴; 2——外链板; 3——内链板; 4——销轴; 5——滚轮; 6——套筒。

b) 4节一个梯级 (B型)

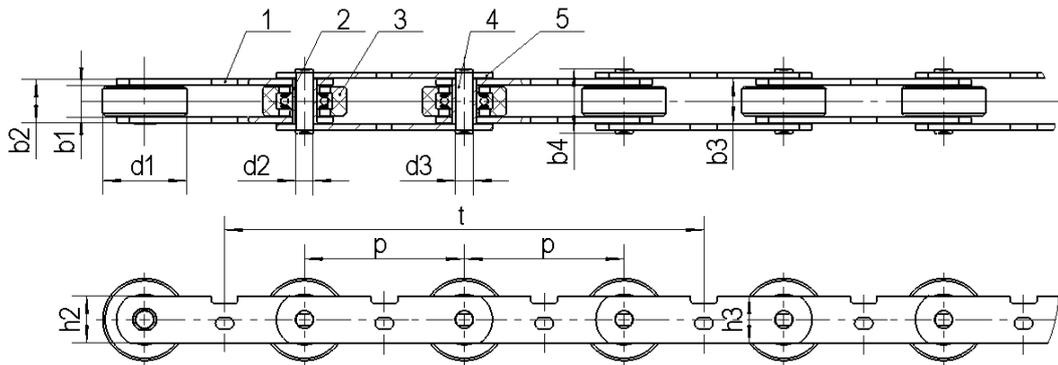
图2 滚轮内置梯级链结构型式



标引序号说明:

1——外链板；2——销轴；3——内链板；4——装配轴套；5——滚子；6——连接链板；7——连接销轴；8——开口销；9——套筒。

图3 不带滚轮梯级链结构型式



标引序号说明:

1——内链板；2——套筒；3——滚轮；4——销轴；5——外链板。

图4 自动人行道踏板链结构型式

6 关键零件设计计算

6.1 链板抗拉强度验算

$$\sigma = \frac{kF_{\text{umin}}}{2S(h-d)} \leq \sigma_b \dots \dots \dots (3)$$

式(3)中：

- F_{umin} ——链条最小抗拉强度 (N)；
- S ——链板厚度 (mm)；
- h ——链板高度 (mm)；
- d ——链板孔径 (mm)；
- k ——偏载系数，为各厂商根据实际情况进行取值；
- σ_b ——链板极限抗拉强度 (N/mm^2)。

注：链板的薄弱部位在链板孔周围，如有其他薄弱部位也应进行校核计算。

6.2 梯级（或踏板）链销轴、销轴剪切强度验算

$$\tau = \frac{2kF_{\text{umin}}}{\pi d_2^2} \leq \tau_b \dots\dots\dots (4)$$

式(4)中：

d_2 ——销轴直径（mm）；

τ_b ——销轴极限抗剪强度（N/mm²）；

k ——偏载系数，为各厂商根据实际情况进行取值。

注：此公式是实心销轴情况下，如有空心销轴等情况，需根据具体结构进行校核计算。

6.3 链长验算

6.3.1 梯级（或踏板）链条的链长尺寸精度根据输入的客户要求设计，如客户无明确要求，则按公称链长的0~+0.125%进行设计。应按以下进行理论链长尺寸的计算和校核。

$$\bar{L} = \frac{\bar{A}_{\text{内}} \times (N+1)}{2} + \frac{(\bar{A}_{\text{外}} + \bar{D}_T - \bar{d}_Z) \times (N-1)}{2} \dots\dots\dots (5)$$

式(5)中：

\bar{L} ——链条长度尺寸理论计算值（mm）；

$\bar{A}_{\text{内}}$ 、 $\bar{A}_{\text{外}}$ ——内链板和外链板孔心距理论中值（mm）；

\bar{D}_T ——套筒内径理论中值（mm）；

\bar{d}_Z ——销轴外径理论中值（mm）；

N ——链条节数。

6.3.2 梯级（或踏板）链条的梯级距精度根据输入的客户要求设计，如客户无明确要求，则按以下进行理论梯级（踏板）距尺寸的计算和校核。每梯级（踏板）距链条可能包含奇数梯级（或踏板）链节或偶数梯级（或踏板）链节。当每个梯级（踏板）距含的链节数 N 为奇数节时，需要同时符合式(6)和式(7)的校核要求，当每个梯级（踏板）距含的链节数 N 为偶数节时，需要符合式(8)的校核要求。

$$L_1 = \frac{N+1}{2} \cdot \bar{A}_{\text{内}} + \frac{N-1}{2} \cdot \bar{A}_{\text{外}} + \frac{N-1}{2} \cdot (\bar{D}_T - \bar{d}_Z) \dots\dots\dots (6)$$

$$L_2 = \frac{N+1}{2} \cdot \bar{A}_{\text{外}} + \frac{N-1}{2} \cdot \bar{A}_{\text{内}} + \frac{N+1}{2} \cdot (\bar{D}_T - \bar{d}_Z) \dots\dots\dots (7)$$

$$L_3 = \frac{N}{2} \cdot \bar{A}_{\text{外}} + \frac{N}{2} \cdot \bar{A}_{\text{内}} + \frac{N}{2} \cdot (\bar{D}_T - \bar{d}_Z) \dots\dots\dots (8)$$

式(6)、(7)和(8)中：

L_1 、 L_2 、 L_3 ——链条梯级（踏板）距尺寸理论计算值（mm）；

$\bar{A}_{\text{内}}$ 、 $\bar{A}_{\text{外}}$ ——内链板和外链板孔心距理论中值（mm）；

\bar{D}_T ——套筒内径理论中值（mm）；

\bar{d}_Z ——销轴外径理论中值（mm）。

注：链长理论计算时需考虑测量力对链长的影响。

6.4 销轴比压验算

在地铁项目中通常有梯级（或踏板）链销轴比压要求。按照自动扶梯每个可见梯级（梯级名义宽度1m）承受120kg载荷（或自动人行道每0.4m长度可见踏板承受100kg载荷），同时还承受张紧装置所产生的张力时计算梯级（或踏板）链销轴比压。销轴比压 P_V 是梯级（或踏板）链所受工作拉力 F 与梯级（或踏板）链销轴承载面积之比。 F 的计算见公式(9)，销轴比压 P_V 的计算见公式(13)；

$$F = F_2 + F_{m1} + F_{m2} \dots \dots \dots (9)$$

式(9)中:

F_2 ——计算载荷对梯级(或踏板)链条的工作拉力,见公式(10);

F_{m1} ——梯级(或踏板)在倾斜段受到的摩擦阻力,见公式(11);

F_{m2} ——梯级(或踏板)在上下水平段受到的摩擦阻力,见公式(12)。

$$F_2 = \frac{1}{2} \times \left[\left(\frac{H}{L \times \sin \alpha} \times 120 \times g + \frac{H}{L \times \sin \alpha} \times W \times \sin \alpha + T \right) \right] \dots \dots \dots (10)$$

式(10)中:

H ——自动扶梯(或自动人行道)提升高度,单位为m;

Z_1 ——自动扶梯梯级(或自动人行道踏板)名义宽度,单位为m;

α ——自动扶梯(或自动人行道)倾斜角,单位为($^\circ$);

L ——梯级(或踏板)节距,单位为m;

W ——含梯级(或踏板)链以及梯级(或踏板)轴的梯级(或踏板)重量,单位为N;

T ——梯级(或踏板)链张紧装置单侧张紧力,单位力N。

$$F_{m1} = \frac{1}{2} \times \left(\frac{H}{L \times \sin \alpha} \times 120 \times g + \frac{H}{L \times \sin \alpha} \times W \right) \times \cos \alpha \times \mu_1 + \frac{1}{2} \times \frac{H}{L \times \sin \alpha} \times W_R \times \mu_2 \dots \dots \dots (11)$$

$$F_{m2} = n \times (120 \times g + W) \times \mu_1 + \frac{1}{2} \times n \times W_R \times \mu_2 \dots \dots \dots (12)$$

式(11)和(12)中:

H ——自动扶梯(或自动人行道)提升高度,单位为m;

Z_1 ——自动扶梯梯级(或自动人行道踏板)名义宽度,单位为m;

α ——自动扶梯(或自动人行道)倾斜角,单位为($^\circ$);

L ——梯级(或踏板)节距,单位为m;

W ——含梯级(或踏板)链和梯级(或踏板)轴的梯级(或踏板)重量,单长为N;

W_R ——梯级(或踏板)链轮侧向导向力,单位为N;

μ_1 ——梯级(或踏板)链轮滚动摩擦系数;

μ_2 ——梯级(或踏板)链轮导向滑动摩擦系数;

n ——上下水平梯(或踏板)级数。

注:当倾斜角度等于 0° 时,上述公式(10)、式(11)和式(12)应予以修正。

$$P_v = \frac{F}{\phi \times B} < [P_v] \dots \dots \dots (13)$$

式(13)中:

F ——梯级(或踏板)链所受工作拉力,单位为N;

ϕ ——梯级(或踏板)链销轴直径,单位为mm;

B ——梯级(或踏板)链套筒长度,单位为mm;

$[P_v]$ ——许用销轴比压,单位为MPa。

附录 A
(资料性)

梯级链及踏板链主要尺寸、抗拉强度示例

示例的自动扶梯梯级链和自动人行道踏板链主要尺寸、抗拉强度见表A.1、表A.2和表A.3，自动人行道踏板链主要尺寸、抗拉强度见表A.4。

注：应客户需求不同，尺寸会存在差异。

表 A.1 滚轮外置型梯级链主要尺寸、抗拉强度

抗拉强度 min kN	内链节 内宽 b_1 min	内链节 外宽 b_2 max	外链节 内宽 b_3 min	销轴 长度 b_4 max	滚子 直径 d_1 max	销轴 直径 d_2 max	套筒 孔径 d_3	内链板 高度 h_2 max	外链板 高度 h_3 max
	mm								
190	34	44.4	47.8	65	39.37	20	20.1	50.5	50.5
250	34	48.4	50.8	70	39.37	22	22.1	60.5	60.5
340	34	48.4	50.8	72	52.3	35	35.1	70.5	70.5
510	34	54.6	56.4	83	63.5	36	36.1	75.5	75.5

表 A.2 滚轮内置型梯级链主要尺寸、抗拉强度

抗拉强度 min kN	内链节 内宽 b_1 min	内链节 外宽 b_2 max	外链节 内宽 b_3 min	销轴 长度 b_4 max	滚子 直径 d_1 max	销轴 直径 d_2 max	套筒 孔径 d_3	内链板 高度 h_2 max	外链板 高度 h_3 max
	mm								
75	27	35.4	38.5	52	70	14.63	14.73	35.3	35.3
115	27	37.4	38.5	56	70	14.63	14.73	35.3	30.3
145	24	34.4	34.75	50.7	76.2	20	20.1	45.3	45.3
190	23.6	36.2	36.75	53	76.2	25	25.1	45.3	45.3
220	25.1	37.3	38.7	56	75	25	25.1	50.3	50.3

表 A.3 不带滚轮梯级链主要尺寸、抗拉强度

抗拉强度 min kN	内链节 内宽 b_1 min	内链节 外宽 b_2 max	外链节 内宽 b_3 min	销轴 长度 b_4 max	滚子 直径 d_1 max	销轴 直径 d_2 max	套筒 孔径 d_3	内链板 高度 h_2 max	外链板 高度 h_3 max
	mm								
90	20	28.7	29	42	28	12.7	12.8	39.6	32.9
115	20	30.7	31	45	32	14.29	14.39	38.5	32.5
230	35.7	55.4	55.7	88.5	36	22	22.1	52.3	44.3
380	44.7	61.3	61.7	77.7	62	31	31.1	68.5	60.5

表 A.4 自动人行道踏板链主要尺寸、抗拉强度

抗拉 强度 min kN	内链节 内宽 b_1 min	内链节 外宽 b_2 max	外链节 内宽 b_3 min	销轴 长度 b_4 max	滚子 直径 d_1 max	销轴 直径 d_2 max	套筒 孔径 d_3	内链板 高度 h_2 max	外链板 高度 h_3 max
	mm								
170	27	37.4	38.9	56.2	70	14.63	14.73	40.3	40.3
220	27	37.4	38.9	56.2	80	24	24.1	50.3	50.3

中国电梯协会标准
自动扶梯梯级链与自动人行道踏板链设计与计算规范
T/CEA 3020—2022

*

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>