

中华人民共和国黑色冶金行业标准

YB/T 4001.3—201X

钢格栅板及配套件
第3部分：钢格板楼梯踏板

Steel bar grating and matching parts Part 3: Grating stair treads

(征求意见稿)

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

前 言

YB/T 4001《钢格栅板及配套件》分为三个部分：

- 第 1 部分：钢格栅板；
- 第 2 部分：钢格板平台球型护栏；
- 第 3 部分：钢格板楼梯踏板。

本部分为 YB/T4001 的第 3 部分。

本部分对用钢格板制作的楼梯踏板的荷载要求和踏板强度的计算方法作出规定。

本部分附录 A：钢格板楼梯踏板荷载试验，是规范性附录。

本部分附录 B：钢格板楼梯踏板强度计算，是资料性附录。

本部分由中国钢铁工业协会提出。

本部分由全国钢标准化技术委员归口。

本部分起草单位：佛山市南海大和钢结构有限公司、冶金工业信息标准研究院。

本部分主要起草人：

本部分为首次发布。

钢格栅板及配套件 第3部分：钢格栅板楼梯踏板

1 范围

本部分规定了钢格栅板楼梯踏板的制作，安装与检验要求。

本部分适用于工业企业中的开敞式钢格栅板平台，作为进入两级钢格栅板平台之间的固定设施。不适用于民宅、学校、商场、体育场馆或大型公共场所。

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，仅所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 700 碳素结构钢

GB/T 4171 耐候结构钢

GB/T 1591 低合金高强度结构钢

GB/T 702 热轧钢棒尺寸、外形、重量及允许偏差

GB/T 4237 不锈钢热轧钢板和钢带

GB/T 3280 不锈钢冷轧钢板和钢带

GB/T 13912 金属覆盖层 钢铁制件热浸镀锌层技术要求及试验方法

3 术语及定义

下列术语及定义适用于本部分。

3.1 踏板 treads

供人上下楼梯时脚踩踏的钢格栅板水平构件。

3.2 踏板宽 tread width

踏板宽等于钢格栅板上防滑突缘的实际宽度。

3.3 踏板长 tread length

踏板长等于梯宽。

3.4 踏板厚 tread depth

踏板厚等于承载扁钢的宽度。

3.5 端边板 carrier plates

踏板与梯梁连接和传递荷载的固定板。

3.6 C型端边 C-type carrier

用C型钢镶嵌固定的端边板。

3.7 支承角 carrier angles

用于支承踏板的角钢。

3.8 突缘 nosing

踏板前沿的防滑顶边。

3.9 C型突缘 C-type nosing

用C型钢镶嵌固定在踏板的前沿作为防滑突缘。

3.10 焊接固定型踏板 weld installed treads

端边直接焊接在梯梁上的踏板。

3.11 螺栓固定型踏板 bolt installed treads

端边用螺栓连接在梯梁上的踏板。

3.12 踏板的负载区域 concentrated loaded of area

人脚踩踏踏板的集中受力区域，该区域位于防滑突缘外边线以内100mm的范围。

3.13 齿型踏板 serrated treads

用齿型承载扁钢制造的楼梯踏板，以增加防滑能力。

3.14 梯梁 stair beam

用来安装钢格板踏板的钢梯两侧的钢构件。

3.15 倾角 inclined angle

两梯梁中心线所在平面与水平面的夹角。

3.16 级高 rise

相邻两级踏板的垂直距离。

3.17 级距 going

相邻两级踏板突缘间的水平距离。

3.18 搭接 overlap

相邻两级踏板间的水平重叠距离。

3.19 梯高 height of the stair

梯梁上下端基准面间的垂直距离。

3.20 梯宽 width of the stair

梯梁内侧基准面间的水平距离。

3.21 梯段 flight

两平台之间的不间断的斜梯。

3.22 休息平台 landing

位于两个梯段间的水平休息区域。

3.23 净空高度 head room

斜梯上任意水平面与其上方所有障碍物的最小垂直距离。

4 楼梯踏板的结构和型号表示方法

4.1 钢格板楼梯踏板由钢格板制造，包括前沿防滑突缘和端边板。钢格板楼梯所有踏板应有防滑突缘，突缘必须贯穿整个踏板，突缘宽度不小于25mm。

4.2 钢格板楼梯踏板的结构型式

4.2.1 钢格板楼梯 T1 型踏板，C 型端边，前沿为 C 型防滑突缘，安装方法为直接焊接或者用螺栓连接在梯梁上，如图 1 所示。

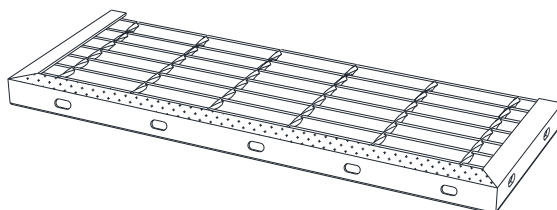


图 1 T1 型钢格板楼梯踏板

4.2.2 钢格板楼梯 T2 型踏板，C 型端边，前后沿为 C 型防滑突缘，安装方法为直接焊接或者用螺栓连接

在梯梁上，如图 2 所示。

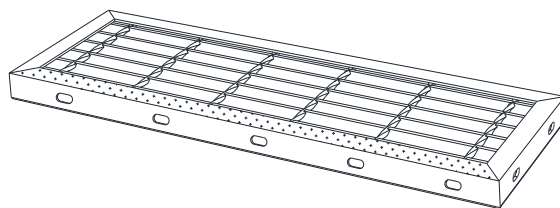


图 2 T2 型钢格板楼梯踏板

4.2.3 钢格板楼梯 T3 型踏板，与承载扁钢相同规格的端边板，前沿贯穿防滑突缘。安装方法为直接焊接在梯梁上，如图 3 所示。

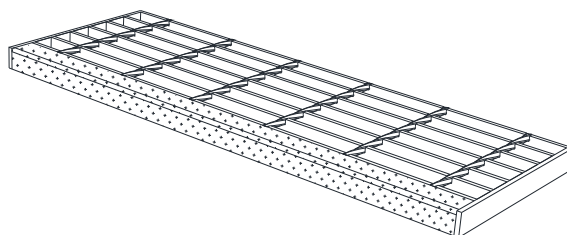


图 3 T3 型钢格板楼梯踏板

4.2.4 钢格板楼梯 T4 型踏板，以带有安装孔的端边板包边，端边板宽度为 60~65mm，前沿贯穿防滑突缘。安装方法为用螺栓连接在梯梁上，如图 4 所示。

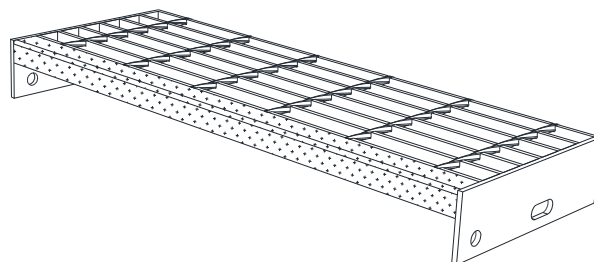
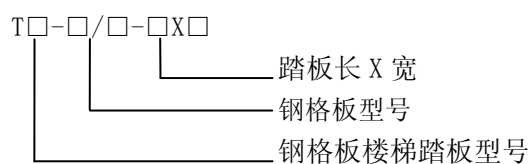


图 4 T4 型钢格板楼梯踏板

4.3 钢格板楼梯踏板的型号表示方法

4.3.1 型号表示方法:



4.3.2 型号表示方法举例:

T4-325/23-800X265 表示带有安装孔的端边板，前沿贯穿防滑突缘。安装方法为用螺栓连接的TD4型楼梯踏板，钢格板型号为G325/23/100，踏板长(梯宽)为800mm，踏板宽为265mm。

5 钢格板楼梯踏板的荷载要求

5.1 钢格板楼梯的设计荷载按实际使用要求确定，但应不小于本部分规定的数值。

5.2 钢格板楼梯应能承受 5 倍预定活荷载标准值，并应不小于施加在任何点的 4.4kN 的集中荷载。水平投影面上的均布活荷载标准值应不小于 3.5kN/m²。

- 5.3 钢格板楼梯踏板的负载区域应能承受 1.5kN 集中荷载，在整个梯宽上均布荷载不小于 2.2kN/m。
- 5.3.1 钢格板楼梯的踏板长度为 $600 \leq L < 1200\text{mm}$ ，1.5kN 集中荷载应分布在 $100 \times 100\text{mm}$ 的负载区域上，该区域在踏板长度的中心线上，该区域的一条边线位于防滑突缘的外边线上。
- 5.3.2 钢格板楼梯的踏板长度为 $1200 \leq L < 1600\text{mm}$ ，1.5kN 集中荷载应同时分布在 600mm 间隔分隔开的负载区域上，负载区域在踏板长度的中心线两侧的对称位置上， $100 \times 100\text{mm}$ 的负载区域的一条边线位于防滑突缘的外边线上。
- 5.3.3 钢格板楼梯的踏板长度为 $1600 \leq L \leq 2000\text{mm}$ ，1.5kN 集中荷载应同时分布在按每 600mm 的间隔分隔开的对称位置和踏板长度的中心线上， $100 \times 100\text{mm}$ 的负载区域的一条边线位于防滑突缘的外边线上。
- 5.4 钢格板楼梯踏板的负载区域在 1.5kN 集中荷载作用下，踏板的挠度不超过跨距的 $1/300$ 或 6mm 二者中的较小值；在 4.4kN 集中荷载作用下，踏板不产生脱焊脱锁或其它破损情况。

6 制造与安装的要求

- 6.1 钢格板楼梯的梯梁用槽钢制作，槽钢的规格根据钢格板楼梯承受的荷载来选定。
- 6.2 钢格板楼梯的倾角在 $20^\circ \sim 45^\circ$ 范围之内。优选倾角为 $30^\circ \sim 35^\circ$ ，偶尔性进入的最大倾角宜为 42° ，经常性双向通行的最大倾角宜为 38° 。
- 6.3 钢格板楼梯的常用梯宽为 600mm、800mm、1000mm、1200mm、1600mm、2000mm。
- 6.3.1 对于单人通过的钢格板楼梯宽应不小于 600mm。
- 6.3.2 当钢格板楼梯频繁地承受几个人同时交叉通过或用作人员的撤离路线时，梯宽应增加到 1600mm~2000mm。
- 6.4 钢格板楼梯的梯高不大于 5m，大于 5m 时宜分段设梯，中间应增设休息平台。
- 6.5 钢格板楼梯的净空高度应不小于 2000mm。
- 6.6 钢格板楼梯的级高应不大于 220mm。在同一梯段上，踏板级高应尽可能一致。
- 6.7 钢格板楼梯踏板承载扁钢厚度不小于 5mm，承载扁钢宽度不小于 30mm。
- 6.8 用作人员撤离路线的钢格板楼梯踏步板和休息平台的承载扁钢净空间距不大于 20mm。
- 6.9 钢格板楼梯的踏板宽度范围通常为 $\sim 215\text{mm}$ 、 $\sim 245\text{mm}$ 、 $\sim 265\text{mm}$ 、 $\sim 305\text{mm}$ ，长度等于梯宽。
- 6.10 钢格板楼梯踏板的搭接应不小于 10mm，不大于 35mm。
- 6.11 钢格板楼梯的最上一级踏板应与钢格板平台平齐。
- 6.12 容易发生滑倒危险的场所的楼梯，建议使用齿型踏板。
- 6.13 钢格板楼梯的两侧必须安装护栏。
- 6.14 钢格板楼梯各构件的选用材料应符合荷载及安全的要求。
- 6.14.1 楼梯踏板可采用碳素结构钢、耐候结构钢、低合金高强度结构钢材料，且符合 GB/T 700、GB/T 4171、GB/T 1591、GB/T 702 的要求。
- 6.14.2 楼梯踏板可采用铁素体不锈钢、奥氏体不锈钢、双相不锈钢材料，且符合 GB/T 4237、GB/T 3280 的要求。
- 6.15 为了运输方便，梯梁与踏板可以分别制造，现场拼装。
- 6.16 钢格板楼梯踏板的端边板与梯梁的连接可加装支承角钢，支承角钢不小于 $40 \times 40 \times 4\text{mm}$ ，可以在工厂预先焊接在梯梁上或者在现场螺栓连接。
- 6.17 钢格板踏板的承载端边板应与每根承载扁钢单面满焊，焊缝为不小于 3mm 的贴角焊，高密度人群撤离路线的钢格板楼梯踏板应双面满焊。
- 6.18 钢格板踏板与梯梁的连接采用焊接或螺栓固定。采用螺栓固定时，螺栓规格不小于 M12。如图 2 所示。

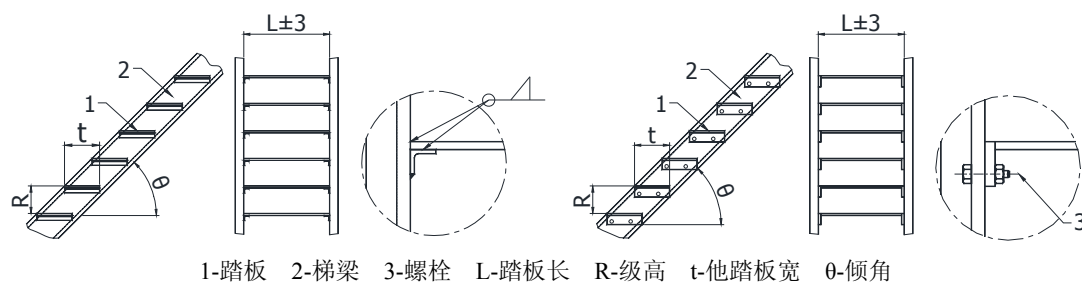


图2 钢格板楼梯踏板与梯梁的连接

- 6.19 钢格板楼梯与平台梁宜采用焊接连接时，当不便焊接时，可采用开长圆孔的螺栓连接。
- 6.20 钢格板楼梯向上进入休息平台或工作平台上的第一件钢格板必须有与踏板相同的贯穿楼梯宽度的防滑突缘，该件钢格板必须焊接固定在平台梁架上。
- 6.21 钢格板楼梯只要上升高度超过 500mm 就应安装护栏，扶手应至少从距楼梯底部的垂直距离为 1000mm 处开始。

7 防腐蚀措施

- 7.1 工业腐蚀环境下的钢格板楼梯踏板，宜采用耐候钢或不锈钢制造。
- 7.2 除不锈钢梯踏板外，钢格板楼梯踏板采用热浸镀锌表面处理。
- 7.3 钢格板楼梯踏板安装施工中，因焊接固定或是切割、碰撞等原因损坏了构件的防腐涂层，现场施工方和用户应采取补救防腐处理，恢复防腐涂层。
- 7.4 工业腐蚀环境下的钢格板楼梯踏板安装螺栓可选用不锈钢螺栓。

8 钢格板楼梯踏板的检验

- 8.1 钢格板楼梯踏板的尺寸检查
- 8.1.1 安装孔中心偏差不大于 1mm。
- 8.1.2 踏板允许偏差应符合图 3 的规定。

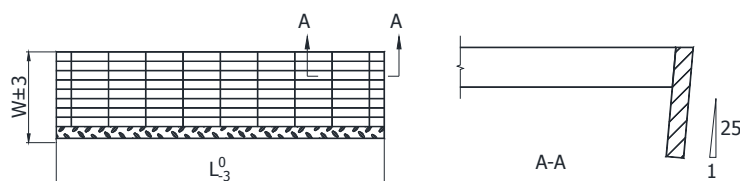


图3 踏板长、宽偏差及端边板垂直偏差

- 8.2 焊接检查
- 8.2.1 梯梁上下端的连接件的焊接，预焊的踏板支承角钢的焊接应符合要求。
- 8.2.2 不加装支承角钢的踏板承载端边板的焊接应符合要求。
- 8.3 热浸锌表面处理的钢格板楼梯，锌层厚度应符合 GB/T13912《金属覆盖层 钢铁制件热浸镀锌层 技术要求及试验方法》的规定要求。
- 8.4 外观检查

产品外表应光滑，焊缝完整光滑，无焊渣，无毛刺，镀锌均匀平滑，无粗糙锌瘤。

8.5 钢格板楼梯踏板荷载试验

按照附录 A 的荷载试验方法，由生产厂家抽样测试，其结果可作为质量交付文件。

- 8.5.1 在 1.5kN 集中荷载作用下，踏板的跨中最大挠度不超过跨距的 1/300 或 6mm 二者中的较小值。

8.5.2 在 4.4kN 集中荷载作用下，踏板不产生脱焊脱锁或其它破损情况。

8.5.3 移除试验荷载后，永久变形挠度不超过跨距的 1/1000。

9 包装标志

9.1 在生产厂经检验合格的钢格板楼梯踏板构件可按合同要求包装，交付现场安装。

9.2 每个包装箱的钢格板楼梯踏板构件产品应贴上生产厂合格标志，还应按图号贴上图号标志。

附录 A
(规范性附录)
钢格板楼梯踏板荷载试验

A1 范围

本附录规定了检验楼梯踏板承载能力的方法。

A2 原理

预制的楼梯踏板在模拟最终安装的支撑条件进行支撑。施加试验荷载，测量最大变形挠度，检查楼梯踏板的破损情况。

A3 试验装置

荷载试验需要以下装置：

- (1) 模拟楼梯踏板最终安装的支撑条件的支撑架构。
- (2) 100X100mm 的钢垫板其厚度不小于 20mm。
- (3) 用于施加规定的试验荷载至楼梯踏板上的砝码，该砝码或砝码组合能放置或悬挂在 100X100mm 的钢垫板上。
- (4) 挠度测量百分表 d 。
- (5) 计时器。

A4 荷载试验程序

A4.1 踏板长度 $\leq 1200\text{mm}$ 的荷载试验

A4.1.1 装置如图 A1 所示，100x100mm 钢垫板安置在踏板中心线位置，钢垫板的一条边线位于踏板防滑突缘的外边线上，挠度测量百分表在钢垫板上测量跨中最大挠度。

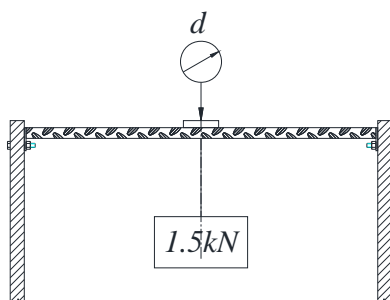


图 A1 长度 $\leq 1200\text{mm}$ 的踏板试验装置

A4.1.2 预荷载

- (1) 施加 1kN 的荷载至钢垫板上，荷载持续 3 分钟。
- (2) 移除荷载，调整百分表读数归零。

A4.1.3 荷载试验

(1) 逐渐施加砝码，每次 0.5kN，施加间隔不少于 15 秒，最终荷载 1.5kN 作用在 100mm x 100 mm 钢垫板上。荷载持续 5 分钟。

- (2) 测量和记录跨中最大变形挠度。
- (3) 逐渐施加砝码，每次 0.5kN，施加间隔不少于 15 秒，最终荷载 4.4kN 作用在 100mm x 100 mm 钢垫板上。荷载持续 5 分钟。
- (4) 移除试验荷载，测量和记录任何永久变形。检查部件焊缝破裂或其它破损情况。

A4.2 踏板长度 $1200 \leq L < 1600$ mm 的荷载试验

A4.2.1 装置如图 A2 所示，100x100mm 钢垫板对称安置在踏板中心线两侧位置，相距 600mm，钢垫板的一条边线位于踏板防滑突缘的外边线上，挠度测量百分表在踏板中心线上测量跨中最大挠度。

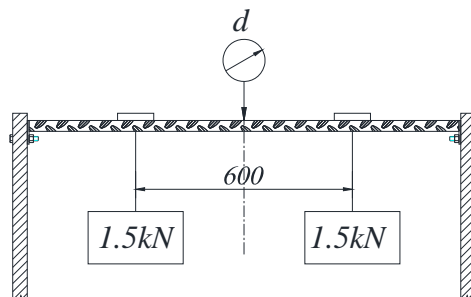


图 A2 长度 $1200 \leq L < 1600$ mm 的踏板试验装置

A4.2.2 预荷载

- (1) 同时施加 1kN 的荷载至每块 100mm x 100mm 钢垫板上，荷载持续 3 分钟。
- (2) 移除荷载，调整百分表读数归零。

A4.2.3 荷载试验

- (1) 逐渐同时施加砝码，每次 0.5kN，施加间隔不少于 15 秒，最终荷载 1.5kN 作用在每块 100mm x 100 mm 钢垫板上。荷载持续 5 分钟。
- (2) 测量和记录跨中最大变形挠度。
- (3) 将一块 100mm x 100 mm 钢垫板安置在踏板中心线上，钢垫板的一条边线位于踏板防滑突缘的外边线上，向钢垫板逐渐施加砝码，每次 0.5kN，施加间隔不少于 15 秒，最终荷载 4.4kN。荷载持续 5 分钟。
- (4) 移除试验荷载，测量和记录任何永久变形。检查部件焊缝破裂或其它破损情况。

A4.3 踏板长度 $1600 \leq L \leq 2000$ mm 的荷载试验

A4.3.1 装置如图 A3 所示，100x100mm 钢垫板安置在踏板中心线及对称两侧位置，相距 600mm，钢垫板的一条边线位于踏板防滑突缘的外边线上，挠度测量百分表在踏板中心线上的钢垫板上测量跨中最大挠度。

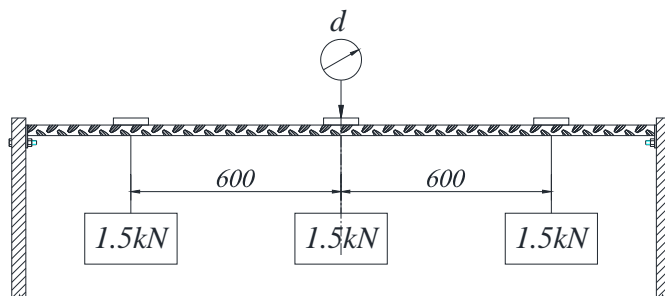


图 A3 长度 $1600 \leq L \leq 2000$ mm 的踏板试验装置

A4.3.2 预荷载

- (1) 同时施加 1kN 的荷载至每块 100mm x 100mm 钢垫板上，荷载持续 3 分钟。
- (2) 移除荷载，调整百分表读数归零。

A4.3.3 荷载试验

- (1) 逐渐同时施加砝码, 每次 0.5kN, 施加间隔不少于 15 秒, 最终荷载 1.5kN 作用在每块 100mm x 100 mm 钢垫板上。荷载持续 5 分钟。
- (2) 测量和记录跨中最大变形挠度。
- (3) 向安置在踏板中心线上钢垫板逐渐施加砝码, 每次 0.5kN, 施加间隔不少于 15 秒, 最终荷载 4.4kN。荷载持续 5 分钟。
- (4) 移除试验荷载, 测量和记录任何永久变形。检查部件焊缝破裂, 脱焊脱锁或其它破损情况。

A5 试验报告

试验报告应包括以下信息:

- (1) 钢格板楼梯踏板规格类型
- (2) 试样尺寸及尺寸测量记录
- (3) 试验荷载、施加位置、持续时间和跨中最大变形挠度
- (4) 任何失败(破裂)的细节, 永久变形记录或照片
- (5) 试验所使用施加荷载的传导装置详细描述, 图纸或照片
- (6) 计量器具的校验记录
- (7) 试验日期及环境温度
- (8) 试验负责人的姓名, 职位和资格
- (9) 试验负责人的签名

附录 B
(资料性附录)
钢格板楼梯踏板强度计算

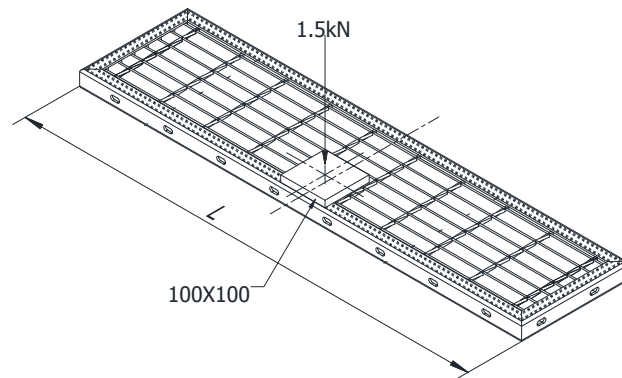
B1 钢格板楼梯踏板的长度

钢格板楼梯踏板的长度，也就是钢格板楼梯的宽度，根据行人通过的流量而设计。

单人通行的钢格板楼梯踏板的长度不小于 600mm，供双人并排通行的钢格板楼梯踏板的长度在 1200mm 以上，三人并排通行的钢格板楼梯踏板的长度在 1600mm~2000mm。

A1.1 供单人通行的踏板

钢格板楼梯供单人通行的踏板的长度 $600 \leq L < 1200\text{mm}$ ，1.5kN 集中荷载 F 作用在踏板中心 100x100mm 的负载区域，如图 B1 所示。



图B1 供单人通行的钢格板楼梯踏板

钢格板楼梯踏板的受弯弯矩

$$M = FL/4 \dots\dots\dots (B1)$$

式中

M—钢格板楼梯踏板的受弯弯矩，单位为牛顿毫米(Nmm)；

F—钢格板楼梯踏板承受的集中荷载，单位为牛顿(N)；

L—钢格板楼梯踏板的长度，单位毫米(mm)。

钢格板楼梯踏板受弯最大挠度

$$d_{\max} = FL^3/48 \gamma EI \dots\dots\dots (B2)$$

式中：

d_{\max} —钢格板楼梯踏板受弯最大挠度，单位为毫米(mm)；

F—钢格板楼梯踏板承受的集中荷载，单位为牛顿(N)；

L—钢格板楼梯踏板的长度，单位为毫米(mm)；

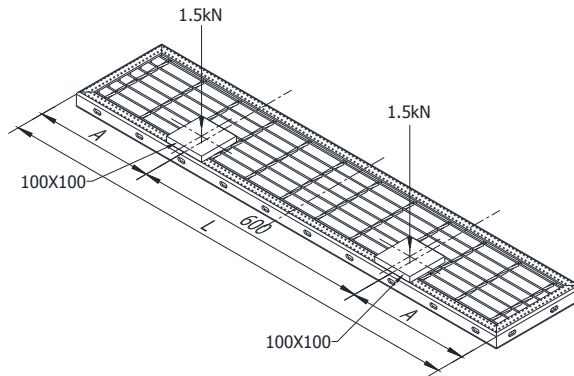
γ ——承载扁钢的抗弯刚度调整系数， $\gamma = 0.729$ ；

E—材料弹性模量，单位为牛顿每平方米(N/mm²)；

I—踏板负载区域的截面惯性矩，单位为四次方毫米(mm⁴)。

B1.2 供双人并排通行的踏板

钢格板楼梯可供双人并排通行的踏板的长度 $1200 \leq L < 1600\text{mm}$ ，1.5kN集中荷载F对称作用在踏板两侧100x100mm的负载区域，如图B2所示。



图B2 可供双人并排通行的钢格板楼梯踏板

钢格板楼梯踏板的受弯弯矩

$$M=FA \dots\dots\dots (B3)$$

式中:

- M—钢格板楼梯踏板的受弯弯矩, 单位为牛顿毫米(Nmm);
- F—钢格板楼梯踏板承受的集中荷载, 单位为牛顿(N);
- A—踏板负载区域中心到梯梁的最短距离, 单位为毫米(mm)。

$$A= (L-600) / 2 \dots\dots\dots (B4)$$

钢格板楼梯踏板受弯最大挠度

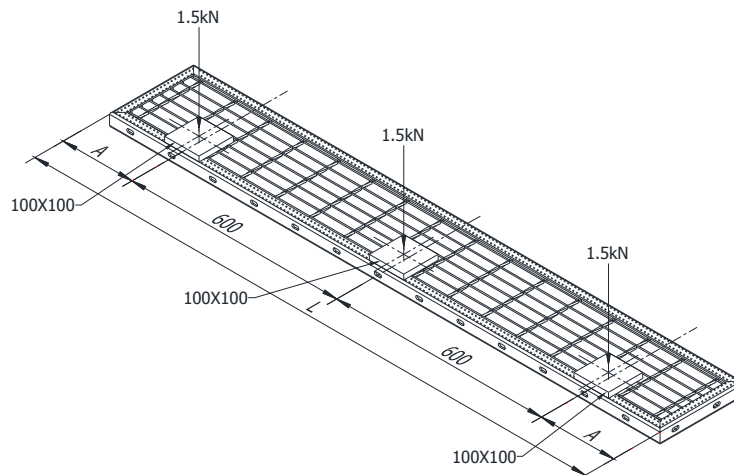
$$d_{max}=FA (3L^2-4A^2) / 24 \gamma EI \dots\dots\dots (B5)$$

式中:

- d_{max} —钢格板楼梯踏板受弯最大挠度, 单位为毫米(mm);
- F—钢格板楼梯踏板承受的集中荷载, 单位为牛顿(N);
- L—钢格板楼梯踏板的长度, 单位为毫米(mm);
- γ ——承载扁钢的抗弯刚度调整系数, $\gamma=0.729$;
- E—材料弹性模量, 单位为牛顿每平方米(N/mm^2);
- I—踏板负载区域的截面惯性矩, 单位为四次方毫米(mm^4);
- A—踏板负载区域中心到梯梁的最短距离, 单位为毫米(mm)。

B1.3 供三人并排通行的踏板

钢格板楼梯供三人并排通行的踏板的长度 $1600 \leq L \leq 2000$ mm, 1.5kN集中荷载F作用在踏板中心及两侧100x100mm的负载区域, 如图B3所示。



图B3 可供仨人并排通行的钢格板楼梯踏板

钢格板楼梯踏板的受弯弯矩

$$M=FL/2 \dots\dots\dots (B6)$$

式中:

M—钢格板楼梯踏板的受弯弯矩, 单位为牛顿毫米(Nmm);

F—钢格板楼梯踏板承受的集中荷载, 单位为牛顿(N);

L—钢格板楼梯踏板的长度, 单位为毫米(mm)。

钢格板楼梯踏板受弯最大挠度

$$d_{\max}=FA(3L^2-4A^2)/24\gamma EI+FL^3/48\gamma EI \dots\dots\dots (B7)$$

式中:

d_{\max} —钢格板楼梯踏板受弯最大挠度, 单位为毫米(mm);

F—钢格板楼梯踏板承受的集中荷载, 单位为牛顿(N);

L—钢格板楼梯踏板的长度, 单位为毫米(mm);

γ ——承载扁钢的抗弯刚度调整系数, $\gamma=0.729$;

E—材料弹性模量, 单位为牛顿每平方米(N/mm²);

I—踏板负载区域的截面惯性矩, 单位为四次方毫米(mm⁴);

A—踏板负载区域中心到梯梁的最短距离, 单位为毫米(mm)。

$$A=(L-2\times 600)/2 \dots\dots\dots (B8)$$

B1.4 钢格板楼梯踏板除了考虑在负载区域承受的1.5kN集中荷载受弯最大挠度符合要求之外, 还要考虑在整个梯宽上2.2kN/m均布荷载受弯最大挠度符合要求。两种载荷作用不叠加, 但最大挠度都应作为是否符合要求的判据。

钢格板楼梯踏板在整个梯宽上2.2kN/m均布荷载的受弯弯矩

$$M=QL^2/8 \dots\dots\dots (B9)$$

式中:

M—钢格板楼梯踏板的受弯弯矩, 单位为牛顿毫米(Nmm);

Q—钢格板楼梯踏板承受的均布荷载, 单位为牛顿每毫米(N/mm);

L—钢格板楼梯踏板的长度, 单位为毫米(mm)。

钢格板楼梯踏板受弯最大挠度

$$d_{\max}=5QL^4/384\gamma EI \dots\dots\dots (B10)$$

式中:

d_{\max} —钢格板楼梯踏板受弯最大挠度, 单位为毫米(mm);

Q—钢格板楼梯踏板承受的均布荷载, 单位为牛顿每毫米(N/mm);

L—钢格板楼梯踏板的长度, 单位为毫米(mm);

γ ——承载扁钢的抗弯刚度调整系数, $\gamma=0.729$;

E—材料弹性模量, 单位为牛顿每平方米(N/mm²);

I—踏板负载区域的截面惯性矩, 单位为四次方毫米(mm⁴)。

B2 钢格板楼梯踏板负载区域截面参数计算

B2.1 钢格板楼梯踏板的负载区域在踏板中心包括突缘的100x100mm的范围, 负载区域的承载扁钢数量为N, 在计算踏板强度时, 突缘板和N条承载扁钢起承载作用。

B2.2 根据突缘板尺寸, 计算突缘板的截面参数: 截面模量 W_n , 截面惯性矩 I_n 。

B2.2.1 对于冷弯不等边角钢突缘板, 长边hmm, 短边Bmm, 厚度tmm。

$$W_n=5Bht/12 \dots\dots\dots (B11)$$

$$I_n=5Bh^2t/24 \dots\dots\dots (B12)$$

式中:

W_n —冷弯不等边角钢的截面模量, 单位为三次方毫米(mm^3);

I_n —冷弯不等边角钢的截面惯性矩, 单位为四次方毫米(mm^4);

h —冷弯不等边角钢长边长, 单位为毫米(mm);

B —冷弯不等边角钢短边长, 单位为毫米(mm);

t —冷弯不等边角钢厚度, 单位为毫米(mm)。

B2.2.2 对于冷弯C型钢突缘板

$$W_n=h^2t/6+Bht \dots\dots\dots (B13)$$

$$I_n=h^3t/12+Bh^2t/2 \dots\dots\dots (B14)$$

式中:

W_n —冷弯C型钢的截面模量, 单位为三次方毫米(mm^3);

I_n —冷弯C型钢的截面惯性矩, 单位为四次方毫米(mm^4);

h —冷弯C型钢腰宽度, 单位为毫米(mm);

B —冷弯C型钢腿宽度, 单位为毫米(mm);

t —冷弯C型钢厚度, 单位为毫米(mm)。

B2.2.3 根据承载扁钢尺寸, 计算承载扁钢截面参数:

承载扁钢截面模量

$$W_b=bd^2/6 \dots\dots\dots (B15)$$

式中:

W_b —承载扁钢的截面模量, 单位为三次方毫米(mm^3);

b —承载扁钢厚度, 单位为毫米(mm);

d —承载扁钢宽度, 单位为毫米(mm)。

承载扁钢截面惯性矩

$$I_b=bd^3/12 \dots\dots\dots (B16)$$

式中:

I_b —承载扁钢的截面惯性矩, 单位为四次方毫米(mm^4);

b —承载扁钢厚度, 单位为毫米(mm);

d —承载扁钢宽度, 单位为毫米(mm)。

B2.2.4 踏板负载区域的截面参数:

$$W=W_n+NW_b \dots\dots\dots (B17)$$

$$I=I_n+NI_b \dots\dots\dots (B18)$$

式中:

W —踏板负载区域的截面模量, 单位为三次方毫米(mm^3);

I —踏板负载区域的截面惯性矩, 单位为四次方毫米(mm^4);

N —负载区域承载扁钢数量;

W_n —突缘板的截面模量, 单位为三次方毫米(mm^3);

W_b —承载扁钢的截面模量, 单位为三次方毫米(mm^3);

I_n —突缘板的截面惯性矩, 单位为四次方毫米(mm^4);

I_b —承载扁钢的截面惯性矩, 单位为四次方毫米(mm^4)。

B2.2.5 钢格板楼梯踏板受弯强度

$$\sigma=M/W \dots\dots\dots (B19)$$

式中：

- σ —钢格板楼梯踏板受弯强度，单位为牛顿每平方米(N/mm^2)；
 M —踏板受弯弯矩，单位为牛顿毫米(Nmm)；
 W —踏板负载区域的截面模量，单位为三次方毫米(mm^3)。

B3 钢格板楼梯踏板强度要求

B3.1 踏板受弯强度不得大于钢材抗弯强度设计值

$$\sigma/f \leq 1 \dots\dots\dots (B20)$$

式中：

- σ —钢格板楼梯踏板受弯强度，单位为牛顿每平方米(N/mm^2)；
 f —钢材抗弯强度设计值，单位为牛顿每平方米(N/mm^2)。

B3.2 钢格板楼梯踏板受弯最大挠度

$$d_{\max} \leq L/300 \dots\dots\dots (B21)$$

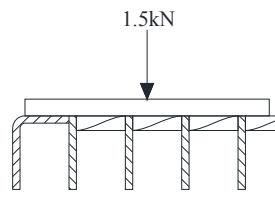
B4 钢格板楼梯踏板强度计算实例

B4.1 实例一：钢格板楼梯踏板由G405/23/100钢格板制作，材料Q235B，踏板宽265mm，踏板长1200mm，突缘为冷弯不等边花纹角钢，尺寸为40x30x5mm，长边长 $h=40mm$ ，短边长 $B=30mm$ ，厚度 $t=5mm$ 。

B4.1.1 踏板截面参数

负载区域的承载扁钢数

$$N = (100 - 30) / 23 + 1 = 4 \text{ (如下图，取整数)}$$



承载扁钢的截面模量

$$W_b = bd^2/6 = 5 \times 40^2/6 = 1333mm^3$$

承载扁钢的截面惯性矩

$$I_b = bd^3/12 = 5 \times 40^3/12 = 26667mm^4$$

冷弯不等边角钢的截面模量

$$W_n = 5hBt/12 = 5 \times 40 \times 30 \times 5/12 = 2500mm^3$$

冷弯不等边角钢的截面惯性矩

$$I_n = 5Bh^2t/24 = 5 \times 30 \times 40^2 \times 5/24 = 50000mm^4$$

踏板负载区域的截面模量

$$W = W_n + NW_b = 2500 + 4 \times 1333 = 7832mm^3$$

踏板负载区域的截面惯性矩

$$I = I_n + NI_b = 50000 + 4 \times 26667 = 156668mm^4$$

B4.1.2 踏板的受弯弯矩

B4.1.2.1 踏板承受1.5kN集中荷载的受弯弯矩

$$M_F = FA = 1500 \times (1200 - 600) / 2 = 450000Nmm$$

B4.1.2.2 踏板承受2.2kN/m均布荷载的受弯弯矩

$$M_q = QL^2/8 = 2.2 \times 1200^2/8 = 396000 \text{Nmm}$$

B4.1.2.3 踏板的最大受弯弯矩

用最大受弯弯矩来进行强度验算

$$M_F > M_q$$

$$M_F = 450000 \text{Nmm}$$

B4.1.3 踏板的受弯强度验算

$$\sigma = M_F/W = 450000/7832 = 57.45 \text{N/mm}^2$$

Q235B钢材抗弯强度设计值

$$f = 215 \text{N/mm}^2$$

踏板的受弯强度判据

$$\sigma/f \leq 1$$

踏板的受弯强度符合设计要求。

B4.1.4 踏板的最大受弯挠度

B4.1.4.1 踏板承受的1.5kN集中荷载的最大受弯挠度

$$d_{\max} = FA(3L^2 - 4A^2)/24 \gamma EI$$

$$A = (L - 600)/2 = 300 \text{mm}$$

γ —— 承载扁钢的抗弯刚度调整系数, $\gamma = 0.729$;

Q235B的弹性模量 $E = 206000 \text{N/mm}^2$

$$d_{\max} = 1500 \times 300 (3 \times 1200^2 - 4 \times 300^2) / 24 \times 0.729 \times 206000 \times 177185 = 3.16 \text{mm}$$

$$L/300 = 1200/300 = 4 \text{mm}$$

$$d_{\max} < L/300$$

踏板承受的1.5kN集中荷载的最大受弯挠度符合设计要求。

B4.1.4.2 踏板承受2.2kN/m均布荷载的最大受弯挠度

$$d_{\max} = 5QL^4/384 \gamma EI$$

$$d_{\max} = 5 \times 2.2 \times 1200^4 / 384 \times 0.729 \times 206000 \times 177185 = 2.53 \text{mm}$$

$$d_{\max} < L/300$$

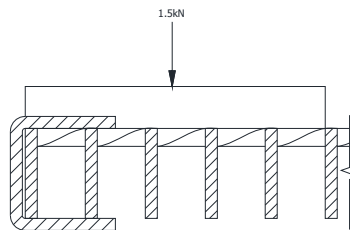
踏板承受2.2kN/m均布荷载的最大受弯挠度符合设计要求。

B4.2 实例二：钢格板楼梯踏板由G605/20/100钢格板制作，材料Q235B，踏板宽305mm，踏板长2000mm，突缘为冷弯C型钢，尺寸为68x30x4mm，腰高h=68mm，腿宽B=30mm，厚度t=4mm。

B4.2.1 踏板截面参数

负载区域的承载扁钢数

$$N = 100/20 + 1 = 6 \text{ (如下图, 取整数)}$$



承载扁钢的截面模量

$$W_b = bd^2/6 = 5 \times 60^2/6 = 3000 \text{mm}^3$$

承载扁钢的截面惯性矩

$$I_b = bd^3/12 = 5 \times 60^3/12 = 90000 \text{mm}^4$$

冷弯C型钢的截面模量

$$W_n = h^2 t / 6 + B h t = 68^2 \times 4 / 6 + 30 \times 68 \times 4 = 11242.67 \text{ mm}^3$$

冷弯C型钢的截面惯性矩

$$I_n = h^3 t / 12 + B h^2 t / 2 = 68^3 \times 4 / 12 + 30 \times 68^2 \times 4 / 2 = 382250 \text{ mm}^4$$

踏板负载区域的截面模量

$$W = W_n + N W_b = 11242.67 + 6 \times 3000 = 29242.67 \text{ mm}^3$$

踏板负载区域的截面惯性矩

$$I = I_n + N I_b = 382250 + 6 \times 90000 = 922250 \text{ mm}^4$$

B4.2.2 踏板的受弯弯矩

B4.2.2.1 踏板承受1.5kN集中荷载的受弯弯矩

$$M_F = FL/2 = 1500 \times 2000 / 2 = 1500000 \text{ Nmm}$$

B4.2.2.2 踏板承受2.2kN/m均布荷载的受弯弯矩

$$M_q = QL^2/8 = 2.2 \times 2000^2 / 8 = 1100000 \text{ Nmm}$$

B4.2.2.3 踏板的最大受弯弯矩

用最大受弯弯矩来进行强度验算

$$M_F > M_q$$

$$M_F = 1500000 \text{ Nmm}$$

B4.2.3 踏板的受弯强度验算

$$\sigma = M_F / W = 1500000 / 29242.67 = 51.29 \text{ N/mm}^2$$

Q235B钢材抗弯强度设计值

$$f = 215 \text{ N/mm}^2$$

踏板的受弯强度判据

$$\sigma / f \leq 1$$

踏板的受弯强度符合设计要求。

B4.2.4 踏板的最大受弯挠度

B4.2.4.1 踏板承受的1.5kN集中荷载的最大受弯挠度

$$d_{\max} = FA(3L^2 - 4A^2) / 24 \gamma EI + FL^3 / 48 \gamma EI$$

$$A = (L - 2 \times 600) / 2 = 400 \text{ mm}$$

γ ——承载扁钢的抗弯刚度调整系数， $\gamma = 0.729$ ；

Q235B的弹性模量 $E = 206000 \text{ N/mm}^2$

$$d_{\max} = 1500 \times 400 (3 \times 2000^2 - 4 \times 400^2) / 24 \times 0.729 \times 206000 \times 922250 + 1500 \times 2000^3 / 48 \times 0.729 \times 206000 \times 922250 = 3.86 \text{ mm}$$

$$L/300 = 2000/300 = 6.66 \text{ mm}$$

$$d_{\max} < L/300$$

踏板承受的1.5kN集中荷载的最大受弯挠度符合设计要求。

B4.2.4.2 踏板承受2.2kN/m均布荷载的最大受弯挠度

$$d_{\max} = 5QL^4 / 384 \gamma EI$$

$$d_{\max} = 5 \times 2.2 \times 2000^4 / 384 \times 0.729 \times 206000 \times 922250 = 3.31 \text{ mm}$$

$$d_{\max} < L/300$$

踏板承受2.2kN/m均布荷载的最大受弯挠度符合设计要求。