

悬挂运输设备轨道设计计算

(附计算软件)

主编单位 中国建筑标准设计研究院 统一编号 GJCT-011
实行日期 二〇〇六年十二月一日 图集号 06CG08

主编单位负责人 王文艳
主编单位技术负责人 姜学诗
技术审定人 姜学诗
设计负责人 许朝铨

目 录

图名	页
目录	1
1. 编制说明	
编制说明	1
2. 轨道设计计算的基本要求	
设计的基本要求	2
计算的基本要求	6
3. 轨道计算	
直线轨道计算 弧线轨道计算	8
直线轨道计算	9
弧线轨道计算	32
下翼缘折算应力计算	36
悬臂轨道计算	41
4. 连接计算	
连接螺栓计算 连接件计算	43
5. 示例	
示例	44

1. 编制说明

- 1.1 编制目的
本图集用于指导使用者进行悬挂运输设备轨道的设计计算。
- 1.2 编制依据
《建筑结构荷载规范》GB 50009-2001
《钢结构设计规范》GB 50017-2003
《热轧工字钢尺寸、外形、重量及允许偏差》GB/T 706-1988
- 1.3 配套图集
《悬挂运输设备轨道》(2005年合订本)G359-1~4和07SG359-5
- 1.4 本图集配有悬挂运输设备轨道的计算软件。在程序界面中输入设计参数,程序将进行各种应力验算,并形成计算书。根据软件计算结果,参照国标图集G359选定轨道及连接件,完成悬挂运输设备轨道的设计。

目 录		编制说明		图集号	06CG08
审核	蒋中铨	校对	姜学诗	设计	许朝铨
				页	1

2. 轨道设计计算的基本要求

悬挂运输设备与轨道，习惯上称为悬挂吊车与轨道梁，它们经常用于需要垂直起升、下降和水平运送物料的厂房、仓库等。

根据《起重机械名词术语——起重机械类型》GB/T 6974.1-1986的分类，悬挂运输设备可分为轻小型起重设备和悬挂起重机两大类。手动单轨小车和电动葫芦属于轻小型起重设备；手动梁式悬挂起重机、电动单梁悬挂起重机和多支点悬挂起重机属于悬挂起重机。

2.1 设计的基本要求

2.1.1 轨道采用热轧工字钢制作，其规格及截面特性应符合

《热轧工字钢尺寸、外形、重量及允许偏差》GB/T 706-1988的要求。

2.1.2 对悬挂额定起重量小于或等于10t的悬挂运输设备，其轨道可采用由Q235-B钢轧制的工字钢；对悬挂额定起重量大于10t的悬挂运输设备，在落实材料可供应情况下，其轨道优先采用钢材强度设计值高于Q235-B钢的钢材轧制的工字钢。其质量标准应分别符合《碳素结构钢》GB/T 700-1988和《低合金高强度结构钢》GB/T 1591-1994的规定。

轨道一般分为直线轨道和弧线轨道。直线轨道有带悬臂轨

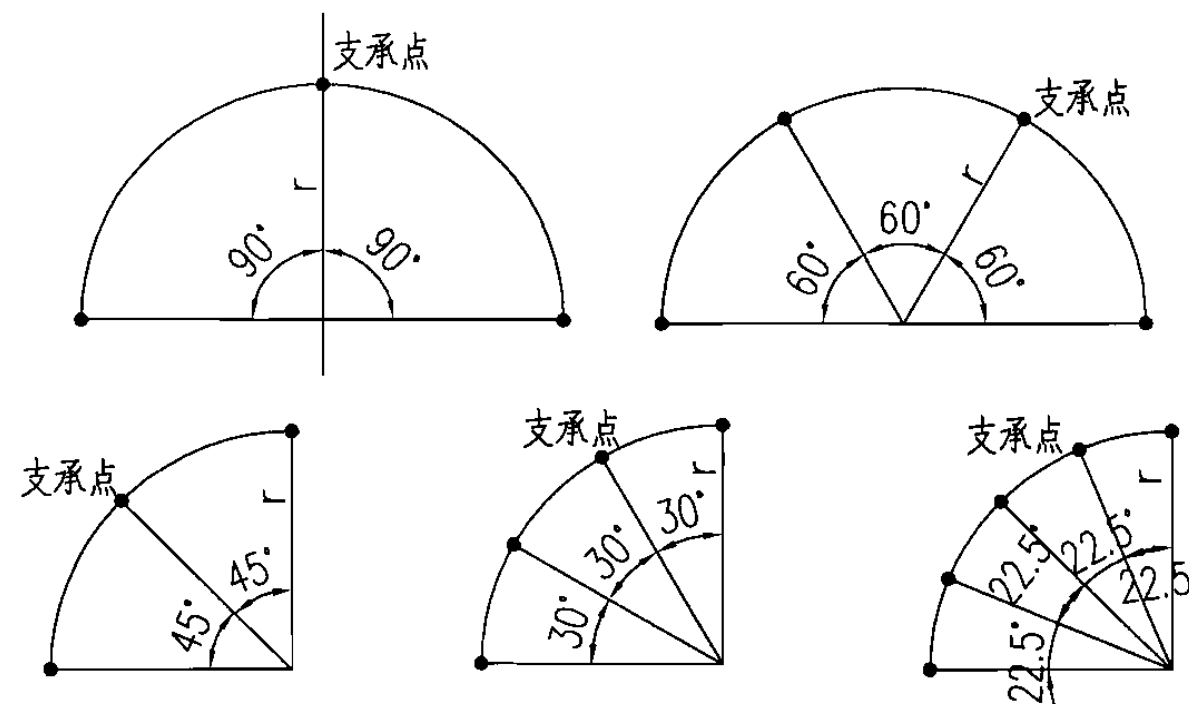


图2.1.2 弧线轨道的支承点布置示意图

道和不带悬臂轨道。直线轨道可根据材料、安装及支承等条件设计成简支直线轨道或二等跨、三等跨连续直线轨道，弧线轨道根据计算假定至少应布置三个支承点，见图2.1.2。

为了保证悬挂运输设备平稳行驶，直线轨道、弧线轨道、由直线段和弧线段组成的轨道，全长均应采用同一种型号的工字钢制作。如果轨道由直线段和弧线段两部分组成，一般情况下，应首先确定直线段轨道工字钢型号，再通过调整弧线段轨道支承点夹角大小，使弧线段轨道工字钢在不改变直线段轨道型号的条件下满足设计要求。

设计的基本要求

图集号

06CG08

审核 蒋中铨

蒋中铨

校对

姜学诗

姜学诗

设计

许朝铨

许朝铨

页

2

2.1.3 工艺专业或设备专业设计人员负责提供悬挂运输设备行驶装置所要求的轨道工字钢型号范围、手动单轨小车或电动葫芦行驶时最小转弯半径、行驶范围、额定起重量、台数、起重机基距（习惯上称为大车轮距）、最大轮压、车轮踏面曲率半径、轮子数等资料。

2.1.4 直线轨道工字钢型号必须满足产品样本中悬挂运输设备行驶装置对工字钢型号的要求；弧线轨道工字钢型号必须满足产品样本中手动单轨小车和电动葫芦行驶装置对工字钢型号和允许的最小转弯半径的要求。

2.1.5 混凝土屋架、屋面梁、楼面梁等支承结构，通过受剪螺栓与连接件的竖板连接，连接件底板通过受拉螺栓与轨道连接，见图2.1.5 a；钢屋架等支承结构则通过其下弦与卡式连接件或下弦节点的连接件底板用受拉螺栓与轨道连接，见图2.1.5 b、c；网架等支承结构由焊在网架节点上的连接件的底板通过受拉螺栓与轨道连接，见图2.1.5 d。

受拉螺栓和受剪螺栓统称为连接螺栓。连接螺栓通常采用C级普通螺栓，但对于悬挂额定起重量为10t以上的轨道，宜采用高强度螺栓连接，并用双螺母固定。受拉普通螺栓的直径不宜小于14mm，受拉高强度螺栓的直径不宜小于16mm，螺栓的数量一般要求每边不少于两个；受剪普通螺栓的直径不宜小于16mm，

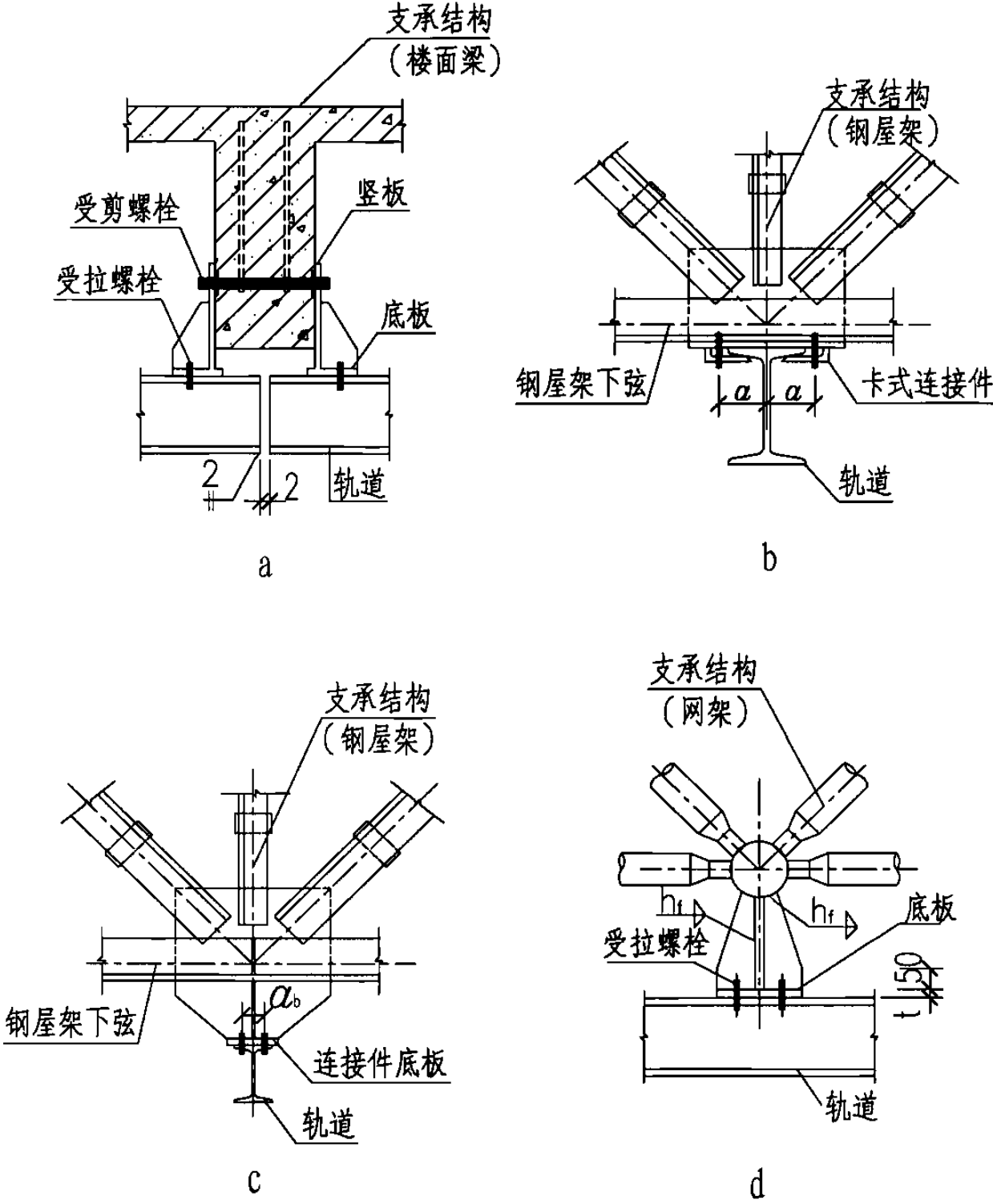


图2.1.5 支承结构与轨道连接图

设计的基本要求						图集号	06CG08
审核	蒋中铨	蒋中铨	校对	姜学诗	姜学诗	设计	许朝铨
						页	3

受剪高强度螺栓的直径不宜小于20mm, 螺栓的数量通常为两个。受拉和受剪螺栓的直径和数量均由计算确定。当受拉螺栓与轨道工字钢翼缘斜面连接时, 还应增设方斜垫圈。

连接件的钢板可采用Q235-B钢, C级普通螺栓孔宜采用钻成孔, 通常情况下, 其孔径比螺栓公称直径大1.5~2.0mm; 高强度螺栓孔应采用钻成孔。摩擦型连接高强度螺栓的孔径比螺栓公称直径大1.5~2.0mm; 承压型连接高强度螺栓的孔径比螺栓公称直径大1.0~1.5mm。

2.1.6 简支直线轨道应在支承点处做工字钢分段的构造连接, 工字钢间隙一般留2mm, 焊后磨平, 见图2.1.6 a; 连续直线轨道的构造连接, 见图2.1.6 b。

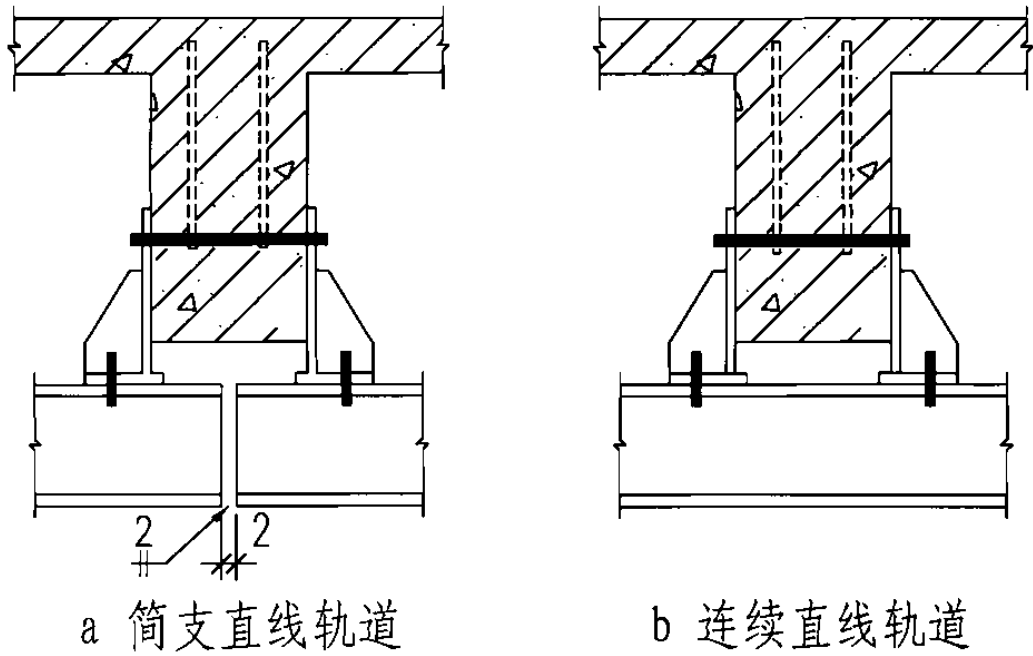


图2.1.6 轨道构造连接图

2.1.7 为避免悬挂运输设备行驶到拼接处发生卡轨现象, 轨道翼缘拼接采用等强度对接透焊。

轨道接头拼接位置宜设在距支承点1/3~1/4跨度范围内。轨道工字钢翼缘采用等强度斜对接透焊, 腹板采用等强度正对接透焊, 见图2.1.7, 轨道拼接采用低氢型焊条。焊缝质量等级应为一等。全焊透坡口形状和尺寸应根据《建筑钢结构焊接技术规程》JGJ 81-2002确定, 焊后在悬挂运输设备轮子行走范围内, 应将焊缝表面磨平, 保证悬挂运输设备平稳行驶。

悬挂起重机轨道的接头拼接位置应错开, 其错开距离应大于起重机基距。

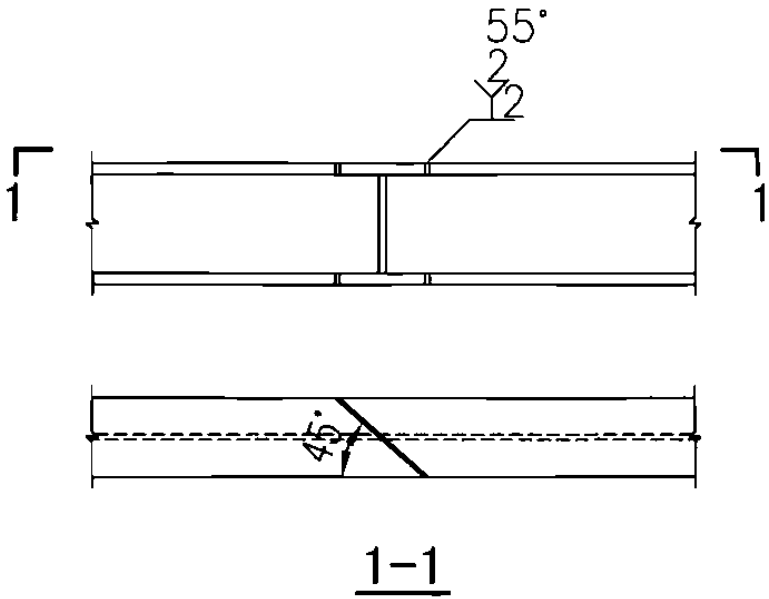


图2.1.7 轨道接头拼接图

设计的基本要求						图集号	06CG08
审核	蒋中铨	蒋中铨	校对	姜学诗	姜学诗	设计	许朝铨
						页	4

2.1.8 为保证轨道整体稳定,有下列情况之一者,应设置支撑:

(1) 当轨道跨度较大,且可选的轨道工字钢不满足整体稳定要求时,应在跨内设置一道或两道水平斜撑,见图2.1.8-1。

(2) 当轨道伸出悬臂段时,应在悬臂端上翼缘设置水平斜撑,见图2.1.8-2。轨道的悬臂段不宜太长,在无特殊要求时,不大于1.5m。

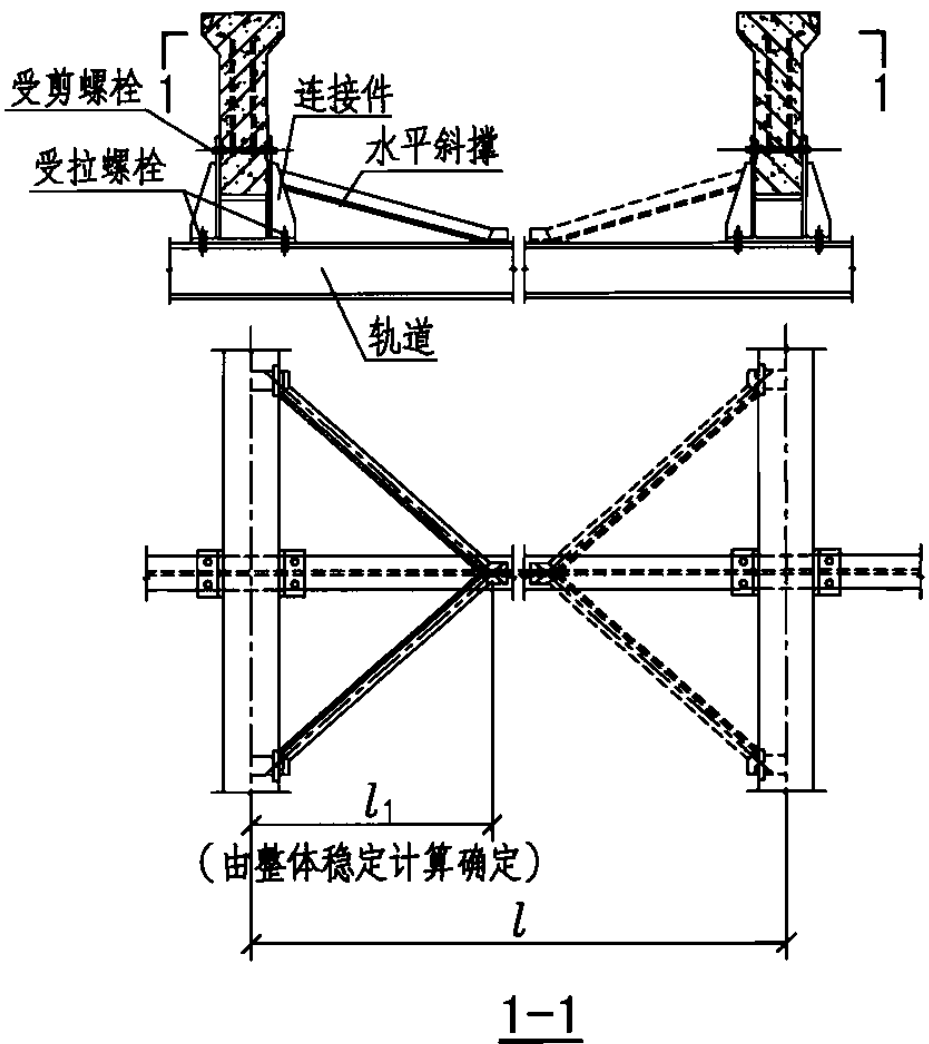


图2.1.8-1 跨度较大时轨道工字钢上翼缘设置水平斜撑
(图中虚线所示为第二道水平斜撑)

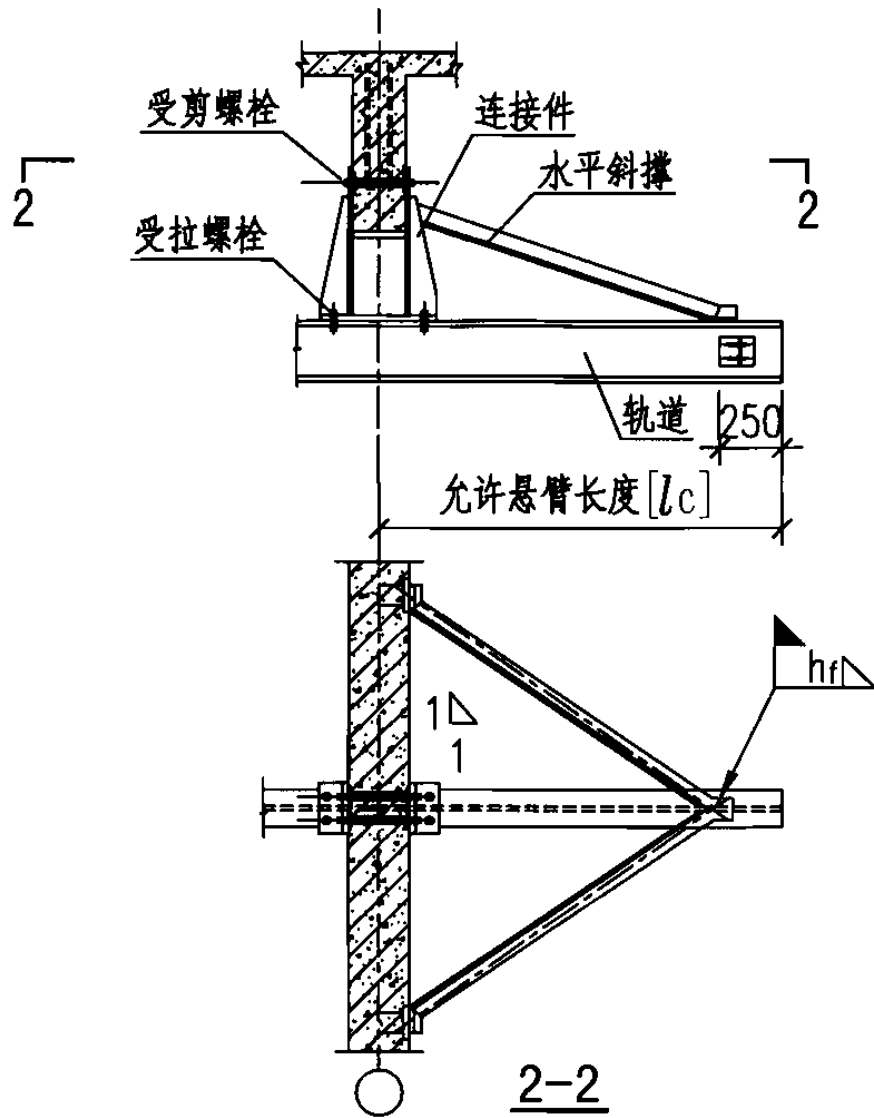


图2.1.8-2 悬臂轨道工字钢上翼缘设置水平斜撑

2.1.9 轨道支撑布置

(1) 轨道垂直于或平行于屋面梁、楼面梁、屋架等支承结构设置时,其轨道支撑布置见图集05G359-1~4。

(2) 当轨道有较长的柔性吊杆时,除按图集05G359-1~4要求布置竖向斜撑外,还应在轨道平面外设置竖向斜撑,见图2.1.9。

设计的基本要求						图集号	06CG08
审核	蒋中铨	蒋中铨	校对	姜学诗	姜学诗	设计	许朝铨
						页	5

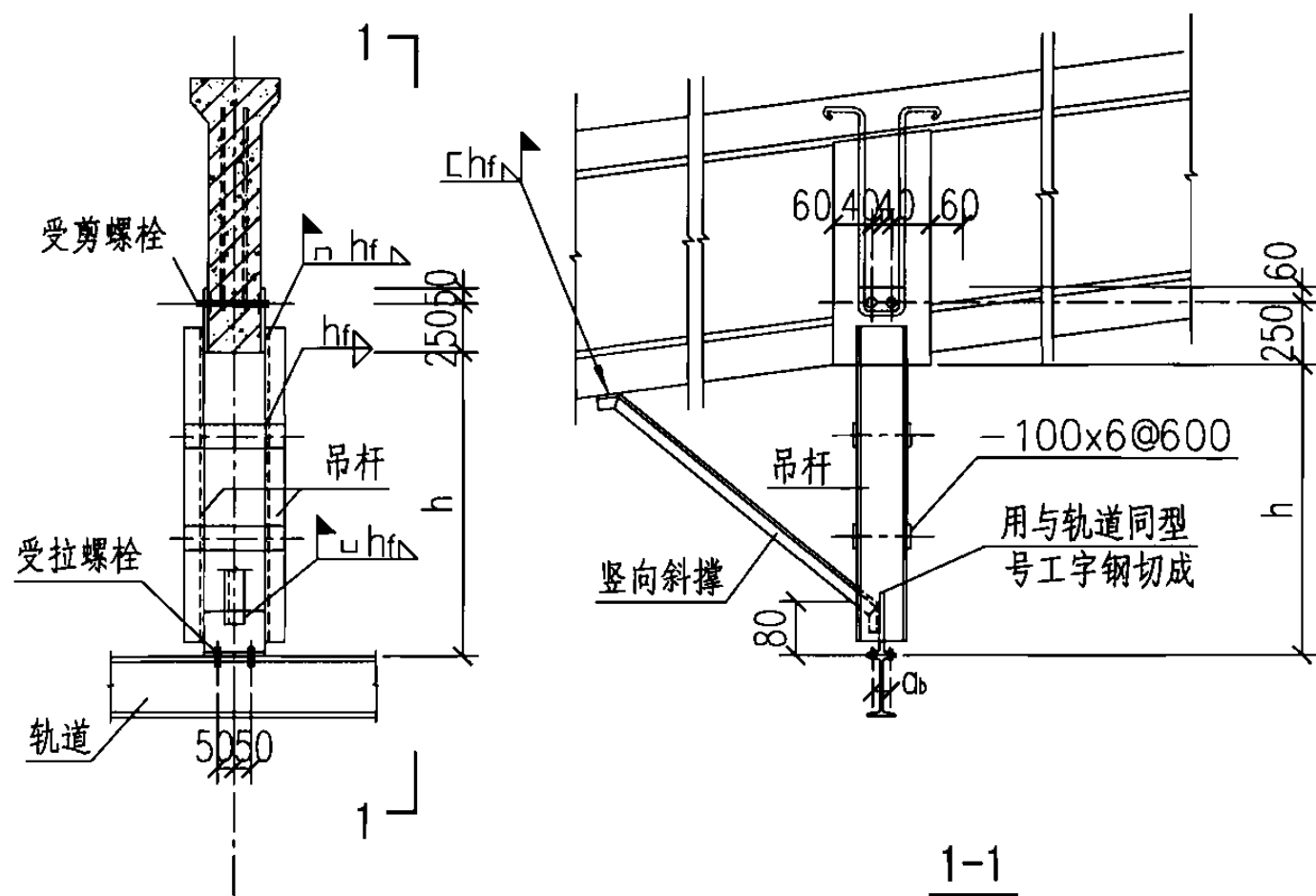


图2.1.9 轨道有较长的柔性吊杆时设置竖向斜撑

(3) 当轨道由直线段和弧线段组成时，须根据轨道具体设置情况，确定支撑布置。

2.1.10 轨道车挡的设置。

(1) 轨道车挡应按工艺要求位置设置。

(2) 手动单轨小车和电动葫芦轨道车挡、悬挂起重机轨道车挡做法详见图集05G359-1~4。

2.2 计算的基本要求

2.2.1 根据《钢结构设计规范》GB 50017-2003条文说明，轨道可按不需要验算疲劳的结构设计。

2.2.2 轨道采用以概率理论为基础的极限状态设计方法，用分项系数的设计表达式进行计算。根据设计条件和设计目的，轨道应按承载能力极限状态下由可变荷载效应控制的基本组合进行强度、稳定和下翼缘折算应力计算，按正常使用极限状态下的荷载效应的标准组合进行挠度计算。

2.2.3 轨道的安全等级取二级，重要性系数 γ_0 取1.0。

2.2.4 对于手动单轨小车或者电动葫芦轨道的允许挠度值，取 $[\omega]=l/400$ ；当手动单轨小车或电动葫芦轨道带有悬臂时，悬臂端的允许挠度值，取 $[\omega]=l_c/200$ 。对悬挂起重机轨道的允许挠度值，取 $[\omega]=l/500$ ，当悬挂起重机轨道带有悬臂时，悬臂端的允许挠度值，取 $[\omega]=l_c/250$ 。 l 为轨道的计算跨度， l_c 为轨道的悬臂计算长度，见本图集第41页、42页。

2.2.5 对于直接承受动力荷载的轨道，计算强度、稳定和下翼缘折算应力时，动力荷载设计值应乘动力系数；计算变形时，动力荷载标准值不乘动力系数。

对于手动单轨小车轨道，动力系数取1.00，对于电动葫芦

计算的基本要求

图集号

06CG08

审核 蒋中铨

蒋中铨

校对

姜学诗

姜学诗

设计

许朝铨

许朝铨

页

6

轨道、悬挂起重机轨道，动力系数取1.05。

2.2.6 手动单轨小车和电动葫芦一般按一台计算，计算时可简化为一个移动的集中荷载作用；悬挂起重机一般也按一台计算，计算时一般可简化间距为起重机基距 W 的两个移动的集中荷载作用。但对于个别制造厂生产的小吨位、小跨度电动单梁悬挂起重机，其主梁不设端梁，可以认为起重机基距 $W=0$ ，计算时可简化为一个移动的集中荷载的作用。

轨道的分布自重按均布荷载考虑。

2.2.7 考虑到轨道受悬挂运输设备车轮的磨损，在强度、稳定、挠度以及下翼缘折算应力计算时，轨道的截面模量（抵抗矩）和截面惯性矩均应乘以磨损折减系数0.9。

计算轨道挠度时，可不考虑螺栓孔引起的截面削弱。

2.2.8 带有悬臂的直线轨道，不论轨道有几跨，为了简化计算，轨道的悬臂计算长度均按一端有悬臂的单跨简支直线轨道进行计算，并不考虑轨道分布自重的影响。

2.2.9 多支承点的弧线工字形轨道，在集中荷载和分布自重荷载作用下为受弯剪扭的开口薄壁构件，其精确计算较为复杂。为简化计算，弧线轨道支承点等于或多于三个时，均按三个考虑，并先略去分布自重荷载不计，待弧线轨道内力求得后再乘以自重影响系数，自重影响系数取1.05。

2.2.10 轨道计算时，还应进行轨道下翼缘在轮压作用下的折算应力的验算。

计算的基本要求						图集号	06CG08
审核	蒋中铨	蒋中铨	校对	姜学诗	姜学诗	设计	许朝铨
						页	7

3. 轨道计算

3.1 直线轨道计算

3.1.1 运行在直线轨道上的悬挂运输设备均按一台考虑, 多于1台时自行考虑。对手动单轨小车、电动葫芦轨道和对起重机基距 $W \geq 0$ 的悬挂起重机轨道, 均按简支直线轨道或二等跨连续直线轨道或三等跨连续直线轨道进行计算。

3.1.2 手动单轨小车、电动葫芦和起重机基距 $W=0$ 的悬挂起重机直线轨道的计算, 是将已知轨道工字钢的参数、支承条件、计算跨度、稳定系数和钢材的抗弯强度设计值等代入表3.1.2-1中的公式; 起重机基距 $W>0$ 的悬挂起重机直线轨道计算, 是将已知轨道工字钢的参数、支承条件、计算跨度、稳定系数、钢材的抗弯强度设计值和从表3.1.2-2~19查得的 $M_{\max, k}$ 、 M_{gk} 、 $\overline{U}_{\max}$ 、 U_g 等代入表3.1.2-1中的公式, 按强度、挠度和稳定的公式分别进行集中荷载标准值的计算, 从三者中取得最小集中荷载标准值, 并以该值验算轨道下翼缘在轮压作用下的折算应力是否满足计算要求, 折算应力计算见本图集第36页~40页。如不满足计算要求, 再取比该值小的值进行验算, 一直验算到满足计算要求为止。最后的验算值作为轨道的允许集中荷载标准值。其计算过程详见示例1和示例2。

表3.1.2-1中的计算公式参考了《悬挂运输设备与轨道设计手册》中的有关内容。

3.2 弧线轨道计算

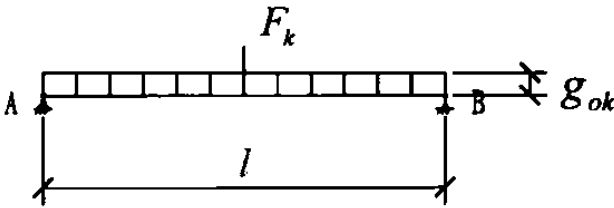
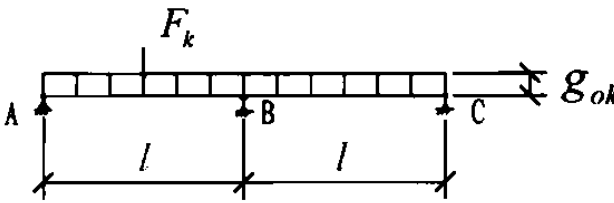
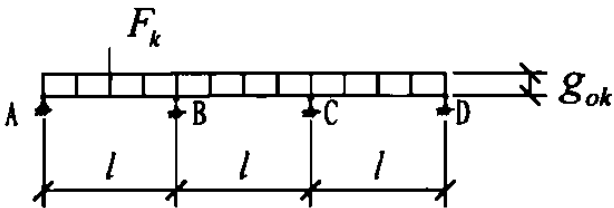
3.2.1 运行在弧线轨道上的手动单轨小车、电动葫芦均按一台考虑, 多于一台时自行考虑。

3.2.2 手动单轨小车、电动葫芦弧线轨道的计算, 是将已知轨道工字钢的参数、支承条件、二分之一支承点夹角、曲率半径及钢材的强度设计值等代入表3.2.2-1中的公式, 按正应力、腹板中和轴处的剪应力和腹板与翼缘相交处的剪应力的公式分别进行集中荷载标准值的计算, 从三者中取得最小集中荷载标准值, 并以该值验算轨道下翼缘在轮压作用下的折算应力是否满足计算要求, 折算应力计算见本图集第36页~40页。如不满足计算要求, 应再取比该值小的值进行验算, 一直验算到满足计算要求为止。最后的验算值作为轨道的允许集中荷载标准值。其计算过程详见示例3。

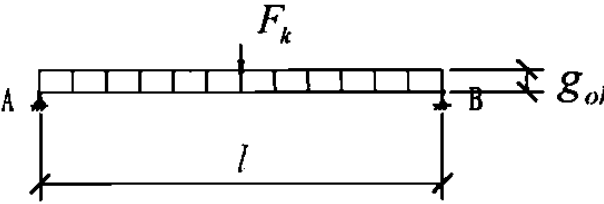
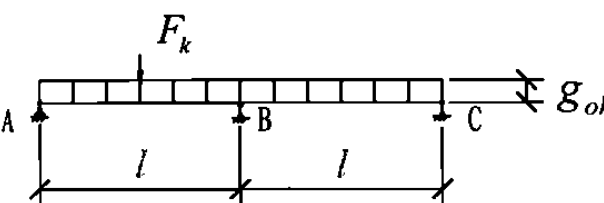
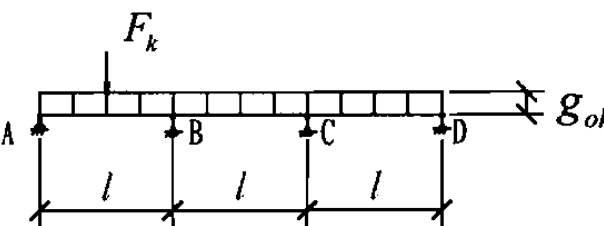
表3.2.2-1中的计算公式参考了《悬挂运输设备与轨道设计手册》中的有关内容。

直线轨道计算 弧线轨道计算						图集号	06CG08
审核	蒋中铨	蒋中铨	校对	姜学诗	姜学诗	设计	许朝铨
						页	8

表3.1.2-1 直线轨道的集中荷载标准值计算公式表

轨道名称与计算简图	计算内容	集中荷载标准值	最小的集中荷载标准值
电动葫芦简支直线轨道 	按强度计算	$F_{str,k} = \frac{2.449W_{nx} \cdot f}{l} - 0.408g_{ok} \cdot l$	$F_{\min,k} = \min(F_{str,k}, F_{dis,k}, F_{sta,k})$
	按挠度计算	$F_{dis,k} = \frac{0.108EI_x}{l^2} - 0.625g_{ok} \cdot l$	
	按稳定计算	$F_{sta,k} = \frac{2.449\varphi_{bc}W_x \cdot f}{l} - \frac{0.408\varphi_{bc}g_{ok} \cdot l}{\varphi_{bd}}$	
电动葫芦二等跨连续直线轨道 	按强度计算	$F_{str,k} = \frac{2.952W_{nx} \cdot f}{l} - 0.270g_{ok} \cdot l$	
	按挠度计算	$F_{dis,k} = \frac{0.150EI_x}{l^2} - 0.348g_{ok} \cdot l$	
	按稳定计算	$F_{sta,k} = \frac{2.952\varphi_{bc}W_x \cdot f}{l} - \frac{0.270\varphi_{bc}g_{ok} \cdot l}{\varphi_{bd}}$	
电动葫芦三等跨连续直线轨道 	按强度计算	$F_{str,k} = \frac{2.988W_{nx} \cdot f}{l} - 0.317g_{ok} \cdot l$	
	按挠度计算	$F_{dis,k} = \frac{0.154EI_x}{l^2} - 0.464g_{ok} \cdot l$	
	按稳定计算	$F_{sta,k} = \frac{2.988\varphi_{bc}W_x \cdot f}{l} - \frac{0.317\varphi_{bc}g_{ok} \cdot l}{\varphi_{bd}}$	

续表3.1.2-1 直线轨道的集中荷载标准值计算公式表

轨道名称与计算简图	计算内容	集中荷载标准值	最小的集中荷载标准值
手动单轨小车简支直线轨道 	按强度计算	$F_{str,k} = \frac{2.571W_{nx} \cdot f}{l} - 0.429g_{ok} \cdot l$	$F_{\min,k} = \min(F_{str,k}, F_{dis,k}, F_{sta,k})$
	按挠度计算	$F_{dis,k} = \frac{0.108EI_x}{l^2} - 0.625g_{ok} \cdot l$	
	按稳定计算	$F_{sta,k} = \frac{2.571\varphi_{bc}W_x \cdot f}{l} - \frac{0.429\varphi_{bc}g_{ok} \cdot l}{\varphi_{bd}}$	
手动单轨小车二等跨连续直线轨道 	按强度计算	$F_{str,k} = \frac{3.100W_{nx} \cdot f}{l} - 0.284g_{ok} \cdot l$	
	按挠度计算	$F_{dis,k} = \frac{0.150EI_x}{l^2} - 0.348g_{ok} \cdot l$	
	按稳定计算	$F_{sta,k} = \frac{3.100\varphi_{bc}W_x \cdot f}{l} - \frac{0.284\varphi_{bc}g_{ok} \cdot l}{\varphi_{bd}}$	
手动单轨小车三等跨连续直线轨道 	按强度计算	$F_{str,k} = \frac{3.137W_{nx} \cdot f}{l} - 0.333g_{ok} \cdot l$	
	按挠度计算	$F_{dis,k} = \frac{0.154EI_x}{l^2} - 0.464g_{ok} \cdot l$	
	按稳定计算	$F_{sta,k} = \frac{3.137\varphi_{bc}W_x \cdot f}{l} - \frac{0.333\varphi_{bc}g_{ok} \cdot l}{\varphi_{bd}}$	

直线轨道计算

图集号

06CG08

审核 蒋中铨

蒋中铨

校对 姜学诗

姜学诗

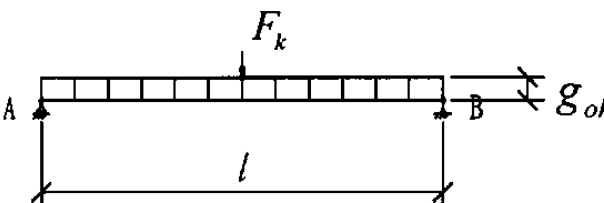
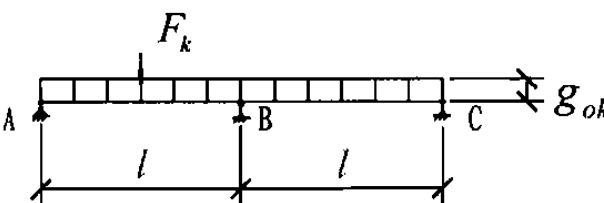
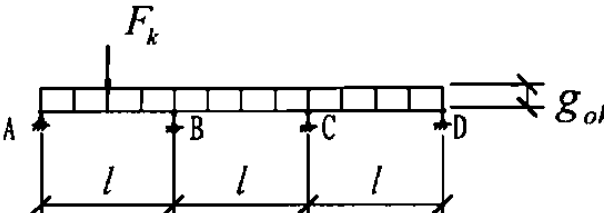
设计 许朝铨

许朝铨

页

10

续表3.1.2-1 直线轨道的集中荷载标准值计算公式表

轨道名称与计算简图	计算内容	集中荷载标准值	最小的集中荷载标准值
起重机基距 $W=0$ 的悬挂起重机 简支直线轨道 	按强度计算	$F_{str,k} = \frac{2.449W_{nx} \cdot f}{l} - 0.408g_{ok} \cdot l$	$F_{\min,k} = \min(F_{str,k}, F_{dis,k}, F_{sta,k})$
	按挠度计算	$F_{dis,k} = \frac{0.0864EI_x}{l^2} - 0.625g_{ok} \cdot l$	
	按稳定计算	$F_{sta,k} = \frac{2.449\varphi_{bc}W_x \cdot f}{l} - \frac{0.408\varphi_{bc}g_{ok} \cdot l}{\varphi_{bd}}$	
起重机基距 $W=0$ 的悬挂起重机 二等跨连续直线轨道 	按强度计算	$F_{str,k} = \frac{2.952W_{nx} \cdot f}{l} - 0.270g_{ok} \cdot l$	
	按挠度计算	$F_{dis,k} = \frac{0.120EI_x}{l^2} - 0.348g_{ok} \cdot l$	
	按稳定计算	$F_{sta,k} = \frac{2.952\varphi_{bc}W_x \cdot f}{l} - \frac{0.270\varphi_{bc}g_{ok} \cdot l}{\varphi_{bd}}$	
起重机基距 $W=0$ 的悬挂起重机 三等跨连续直线轨道 	按强度计算	$F_{str,k} = \frac{2.988W_{nx} \cdot f}{l} - 0.317g_{ok} \cdot l$	
	按挠度计算	$F_{dis,k} = \frac{0.123EI_x}{l^2} - 0.464g_{ok} \cdot l$	
	按稳定计算	$F_{sta,k} = \frac{2.988\varphi_{bc}W_x \cdot f}{l} - \frac{0.317\varphi_{bc}g_{ok} \cdot l}{\varphi_{bd}}$	

直线轨道计算

图集号

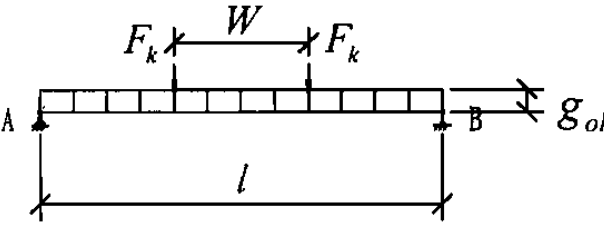
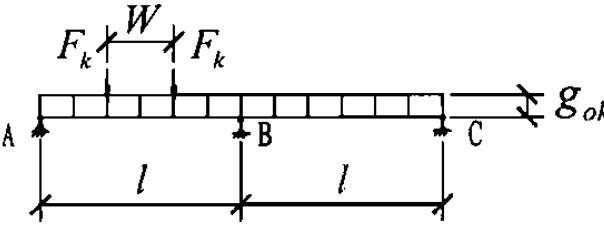
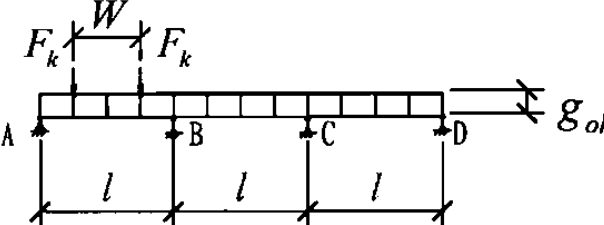
06CG08

审核 蒋中铨 蒋中铨 校对 姜学诗 姜学诗 设计 许朝铨 许朝铨

页

11

续表3.1.2-1 直线轨道的集中荷载标准值计算公式表

轨道名称与计算简图	计算内容	集中荷载标准值	最小的集中荷载标准值
起重机基距 $W>0$ 的悬挂起重机 简支直线轨道 	按强度计算	$F_{str,k} = \frac{0.612W_{nx} \cdot f}{\overline{M}_{max,k}} - \frac{0.816M_{gk}}{\overline{M}_{max,k}}$	$F_{min,k} = \min(F_{str,k}, F_{dis,k}, F_{sta,k})$
	按挠度计算	$F_{dis,k} = \frac{0.0018l}{\overline{v}_{max}} - \frac{v_g}{\overline{v}_{max}}$	
	按稳定计算	$F_{sta,k} = \frac{0.612\varphi_{bc}W_x \cdot f}{\overline{M}_{max,k}} - \frac{0.816\varphi_{bc}M_{gk}}{\varphi_{bd}\overline{M}_{max,k}}$	
起重机基距 $W>0$ 的悬挂起重机 二等跨连续直线轨道 	按强度计算	$F_{str,k} = \frac{0.612W_{nx} \cdot f}{\overline{M}_{max,k}} - \frac{0.816M_{gk}}{\overline{M}_{max,k}}$	
	按挠度计算	$F_{dis,k} = \frac{0.0018l}{\overline{v}_{max}} - \frac{v_g}{\overline{v}_{max}}$	
	按稳定计算	$F_{sta,k} = \frac{0.612\varphi_{bc}W_x \cdot f}{\overline{M}_{max,k}} - \frac{0.816\varphi_{bc}M_{gk}}{\varphi_{bd}\overline{M}_{max,k}}$	
起重机基距 $W>0$ 的悬挂起重机 三等跨连续直线轨道 	按强度计算	$F_{str,k} = \frac{0.612W_{nx} \cdot f}{\overline{M}_{max,k}} - \frac{0.816M_{gk}}{\overline{M}_{max,k}}$	
	按挠度计算	$F_{dis,k} = \frac{0.0018l}{\overline{v}_{max}} - \frac{v_g}{\overline{v}_{max}}$	
	按稳定计算	$F_{sta,k} = \frac{0.612\varphi_{bc}W_x \cdot f}{\overline{M}_{max,k}} - \frac{0.816\varphi_{bc}M_{gk}}{\varphi_{bd}\overline{M}_{max,k}}$	

直线轨道计算

图集号

06CG08

审核 蒋中铨

蒋中铨

校对

姜学诗

姜学诗

设计

许朝铨

许朝铨

页

12

表3.1.2-1内公式中:

$F_{str,k}$ ——简支或二等跨连续或三等跨连续直线轨道按强度计算所得的集中荷载标准值;

$F_{dis,k}$ ——简支或二等跨连续或三等跨连续直线轨道按挠度计算所得的集中荷载标准值;

$F_{sta,k}$ ——简支或二等跨连续或三等跨连续直线轨道按稳定计算所得的集中荷载标准值;

$F_{min,k}$ ——直线轨道的最小集中荷载标准值;

W_{nx} ——轨道对X轴的净截面模量(抵抗矩);

W_x ——按受压纤维确定的轨道对X轴的毛截面模量(抵抗矩);

I_x ——轨道对X轴的毛截面惯性矩;

E ——轨道的弹性模量;

g_{ok} ——轨道的分布自重标准值;

l ——轨道的计算跨度;

f ——轨道钢材的抗弯强度设计值;

φ_{bc} ——集中荷载作用于轨道工字钢下翼缘时,轨道的整体稳定系数;

φ_{bd} ——分布自重荷载作用于轨道工字钢下翼缘时,轨道的整体稳定系数;

$\overline{M}_{max,k}$ ——间距为起重机基距 w 的两个移动集中荷载 $F_k=1kN$ 的作用下,简支或二等跨连续或三等跨连续直线轨道产生的最大弯矩标准值,见表3.1.2-2~10;

$M_{g,k}$ ——对应于 $\overline{M}_{max,k}$ 截面处简支或二等跨连续或三等跨连续直线轨道分布自重引起的弯矩标准值,见表3.1.2-2~10;

$\overline{U}_{max}$ ——间距为起重机基距 w 的两个移动集中荷载 $F_k=1kN$ 的作用下,简支或二等跨连续或三等跨连续直线轨道产生的最大挠度值,见表3.1.2-11~19;

U_g ——对应于 $\overline{U}_{max}$ 位置处简支或二等跨连续或三等跨连续直线轨道分布自重引起的挠度值,见表3.1.2-11~19。

直线轨道计算

图集号

06CG08

审核

蒋中铨

蒋中铨

校对

姜学诗

姜学诗

设计

许朝铨

许朝铨

页

13

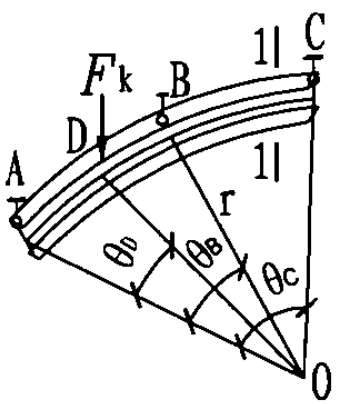
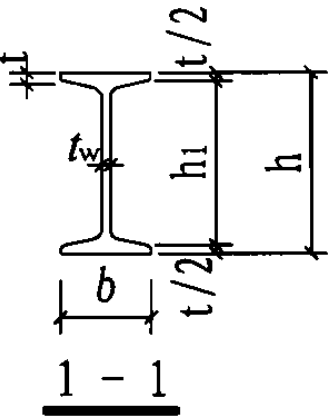
表3. 1. 2-2 简支直线轨道在间距 $W=1.0\text{m}$ 的两个移动集中荷载 $F_k=1\text{kN}$ 的作用下产生的最大弯矩标准值和对应截面处轨道分布自重产生的弯矩标准值表

工 字 钢 型 号	$l=4.2\text{m}$			$l=4.8\text{m}$			$l=5.4\text{m}$			$l=6.0\text{m}$			$l=6.6\text{m}$			$l=7.5\text{m}$			$l=9.0\text{m}$		
	左支座 至最大 弯矩标 准值截 面的距 离 x (m)	单位集 中荷载 产生的 最大弯 矩标准 值 $\bar{M}_{\max,k}$ ($\text{kN}\cdot\text{m}$)	轨道分 布自重 产生的 弯矩标 准值 M_{gk} ($\text{kN}\cdot\text{m}$)	左支座 至最大 弯矩标 准值截 面的距 离 x (m)	单位集 中荷载 产生的 最大弯 矩标准 值 $\bar{M}_{\max,k}$ ($\text{kN}\cdot\text{m}$)	轨道分 布自重 产生的 弯矩标 准值 M_{gk} ($\text{kN}\cdot\text{m}$)	左支座 至最大 弯矩标 准值截 面的距 离 x (m)	单位集 中荷载 产生的 最大弯 矩标准 值 $\bar{M}_{\max,k}$ ($\text{kN}\cdot\text{m}$)	轨道分 布自重 产生的 弯矩标 准值 M_{gk} ($\text{kN}\cdot\text{m}$)	左支座 至最大 弯矩标 准值截 面的距 离 x (m)	单位集 中荷载 产生的 最大弯 矩标准 值 $\bar{M}_{\max,k}$ ($\text{kN}\cdot\text{m}$)	轨道分 布自重 产生的 弯矩标 准值 M_{gk} ($\text{kN}\cdot\text{m}$)	左支座 至最大 弯矩标 准值截 面的距 离 x (m)	单位集 中荷载 产生的 最大弯 矩标准 值 $\bar{M}_{\max,k}$ ($\text{kN}\cdot\text{m}$)	轨道分 布自重 产生的 弯矩标 准值 M_{gk} ($\text{kN}\cdot\text{m}$)	左支座 至最大 弯矩标 准值截 面的距 离 x (m)	单位集 中荷载 产生的 最大弯 矩标准 值 $\bar{M}_{\max,k}$ ($\text{kN}\cdot\text{m}$)	轨道分 布自重 产生的 弯矩标 准值 M_{gk} ($\text{kN}\cdot\text{m}$)	左支座 至最大 弯矩标 准值截 面的距 离 x (m)	单位集 中荷载 产生的 最大弯 矩标准 值 $\bar{M}_{\max,k}$ ($\text{kN}\cdot\text{m}$)	轨道分 布自重 产生的 弯矩标 准值 M_{gk} ($\text{kN}\cdot\text{m}$)
I20a	1.9	1.629	0.598	2.2	1.925	0.783	2.5	2.222	0.992	2.8	2.520	1.226	3.0	2.818	1.485	3.5	3.267	1.916	4.3	4.013	2.766
I22a	1.9	1.629	0.708	2.2	1.925	0.927	2.5	2.222	1.175	2.8	2.520	1.452	3.0	2.818	1.758	3.5	3.267	2.269	4.3	4.013	3.275
I25a	1.9	1.629	0.816	2.2	1.925	1.068	2.5	2.222	1.354	2.8	2.520	1.673	3.0	2.818	2.026	3.5	3.267	2.614	4.3	4.013	3.774
I28a	1.9	1.629	0.931	2.2	1.925	1.219	2.5	2.222	1.545	2.8	2.520	1.910	3.0	2.818	2.313	3.5	3.267	2.984	4.3	4.013	4.308
I32a	1.9	1.629	1.129	2.2	1.925	1.478	2.5	2.222	1.873	2.8	2.520	2.315	3.0	2.818	2.803	3.5	3.267	3.617	4.3	4.013	5.221
I36a	1.9	1.629	1.286	2.2	1.925	1.683	2.5	2.222	2.133	2.8	2.520	2.636	3.0	2.818	3.192	3.5	3.267	4.119	4.3	4.013	5.946
I40a	1.9	1.629	1.448	2.2	1.925	1.895	2.5	2.222	2.402	2.8	2.520	2.968	3.0	2.818	3.594	3.5	3.267	4.638	4.3	4.013	6.695
I45a	1.9	1.629	1.722	2.2	1.925	2.254	2.5	2.222	2.857	2.8	2.520	3.531	3.0	2.818	4.276	3.5	3.267	5.518	4.3	4.013	7.965
I50a	1.9	1.629	2.006	2.2	1.925	2.625	2.5														

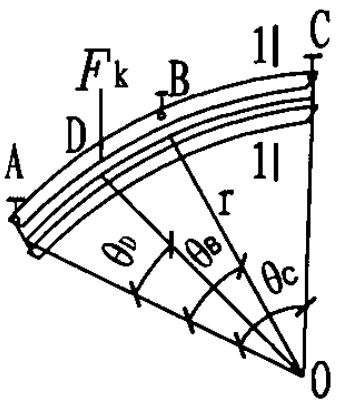
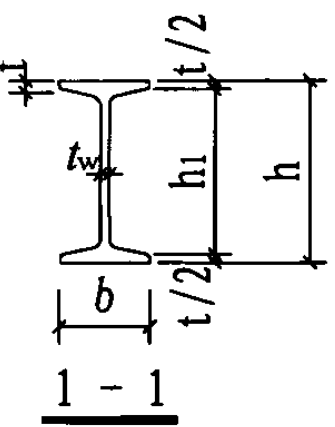
表3.1.2-4 简支直线轨道在间距 $W=2.0\text{m}$ 的两个移动集中荷载 $F_k=1\text{kN}$ 的作用下产生的最大弯矩标准值和对应截面处轨道分布自重产生的弯矩标准值表

工 字 钢 型 号	$l=4.2\text{m}$			$l=4.8\text{m}$			$l=5.4\text{m}$			$l=6.0\text{m}$			$l=6.6\text{m}$			$l=7.5\text{m}$			$l=9.0\text{m}$		
	左支座 至最大 弯矩标 准值截 面的距 离 x (m)	单位集 中荷载 产生的 最大弯 矩标准 值 $\bar{M}_{\max,k}$ ($\text{kN}\cdot\text{m}$)	轨道分 布自重 产生的 弯矩标 准值 M_{gk} ($\text{kN}\cdot\text{m}$)	左支座 至最大 弯矩标 准值截 面的距 离 x (m)	单位集 中荷载 产生的 最大弯 矩标准 值 $\bar{M}_{\max,k}$ ($\text{kN}\cdot\text{m}$)	轨道分 布自重 产生的 弯矩标 准值 M_{gk} ($\text{kN}\cdot\text{m}$)	左支座 至最大 弯矩标 准值截 面的距 离 x (m)	单位集 中荷载 产生的 最大弯 矩标准 值 $\bar{M}_{\max,k}$ ($\text{kN}\cdot\text{m}$)	轨道分 布自重 产生的 弯矩标 准值 M_{gk} ($\text{kN}\cdot\text{m}$)	左支座 至最大 弯矩标 准值截 面的距 离 x (m)	单位集 中荷载 产生的 最大弯 矩标准 值 $\bar{M}_{\max,k}$ ($\text{kN}\cdot\text{m}$)	轨道分 布自重 产生的 弯矩标 准值 M_{gk} ($\text{kN}\cdot\text{m}$)	左支座 至最大 弯矩标 准值截 面的距 离 x (m)	单位集 中荷载 产生的 最大弯 矩标准 值 $\bar{M}_{\max,k}$ ($\text{kN}\cdot\text{m}$)	轨道分 布自重 产生的 弯矩标 准值 M_{gk} ($\text{kN}\cdot\text{m}$)	左支座 至最大 弯矩标 准值截 面的距 离 x (m)	单位集 中荷载 产生的 最大弯 矩标准 值 $\bar{M}_{\max,k}$ ($\text{kN}\cdot\text{m}$)	轨道分 布自重 产生的 弯矩标 准值 M_{gk} ($\text{kN}\cdot\text{m}$)	左支座 至最大 弯矩标 准值截 面的距 离 x (m)	单位集 中荷载 产生的 最大弯 矩标准 值 $\bar{M}_{\max,k}$ ($\text{kN}\cdot\text{m}$)	轨道分 布自重 产生的 弯矩标 准值 M_{gk} ($\text{kN}\cdot\text{m}$)
I20a	1.6	1.219	0.569	1.9	1.504	0.754	2.2	1.793	0.963	2.5	2.083	1.197	2.8	2.376	1.456	3.3	2.816	1.897	4.0	3.556	2.737
I22a	1.6	1.219	0.674	1.9	1.504	0.893	2.2	1.793	1.141	2.5	2.083	1.418	2.8	2.376	1.724	3.3	2.816	2.246	4.0	3.556	3.241
I25a	1.6	1.219	0.777	1.9	1.504	1.029	2.2	1.793	1.314	2.5	2.083	1.634	2.8	2.376	1.987	3.3	2.816	2.588	4.0	3.556	3.734
I28a	1.6	1.219	0.887	1.9	1.504	1.174	2.2	1.793	1.501	2.5	2.083	1.865	2.8	2.376	2.268	3.3	2.816	2.954	4.0	3.556	4.263
I32a	1.6	1.219	1.075	1.9	1.504	1.424	2.2	1.793	1.819	2.5	2.083	2.261	2.8	2.376	2.749	3.3	2.816	3.581	4.0	3.556	5.167
I36a	1.6	1.219	1.224	1.9	1.504	1.621	2.2	1.793	2.071	2.5	2.083	2.574	2.8	2.376	3.130	3.3	2.816	4.078	4.0	3.556	5.884
I40a	1.6	1.219	1.378	1.9	1.504	1.825	2.2	1.793	2.332	2.5	2.083	2.899	2.8	2.376	3.525	3.3	2.816	4.591	4.0	3.556	6.625
I45a	1.6	1.219	1.640	1.9	1.504	2.172	2.2	1.793	2.775	2.5	2.083	3.449	2.8	2.376	4.194	3.3	2.816	5.463	4.0	3.556	7.883
I50a	1.6	1.219	1.909	1.9	1.504	2.529	2.2	1.793	3.231	2.5	2.083										

表3. 2. 2-1 弧线轨道的集中荷载标准值计算公式表

轨道名称与计算简图	计算内容	集中荷载标准值	最小集中荷载标准值
电动葫芦 弧线轨道  	按正应力计算	$F_{\sigma,k} = \frac{0.583f}{\frac{\delta_4 \cdot r}{W_x} + \frac{\frac{r^2}{K(K^2+1)} \left[\frac{sh(K\theta_D)}{sh(4K\theta_D)} \cdot \Delta + \delta_1 [sh(K\theta_D) - K \sin \theta_D] \right]}{W_o}}$	$F_{\min,k} = \min(F_{\sigma,k}, F_{\tau_1,k}, F_{\tau_2,k})$
	按腹板中和轴处的剪应力计算	$F_{\tau_1,k} = \frac{0.583f_v}{\frac{\max(\delta_1, \delta_2)S_x}{I_x \cdot t_w} + \frac{\left\{ \delta_1 r(1 - \cos \theta_D) - \frac{r \cdot ch(K\theta_D)}{(K^2+1)sh(4K\theta_D)} \cdot \Delta - \frac{r}{K^2+1} \delta_1 [ch(K\theta_D) - \cos \theta_D] \right\} \cdot t_w}{I_k}}$	
	按腹板与翼缘相交处的剪应力计算	$F_{\tau_2,k} = \left(\left(\frac{\max(\delta_1, \delta_2)bh_1}{I_x} + \frac{4 \left\{ \delta_1 r(1 - \cos \theta_D) - \frac{r \cdot ch(K\theta_D)}{(K^2+1)sh(4K\theta_D)} \cdot \Delta - \frac{r\delta_1}{K^2+1} [ch(K\theta_D) - \cos \theta_D] \right\} t}{I_k} \right. \right. \\ \left. \left. + \frac{\left\{ \frac{r \cdot ch(K\theta_D)}{(K^2+1)sh(4K\theta_D)} \cdot \Delta + \frac{r\delta_1}{K^2+1} [ch(K\theta_D) - \cos \theta_D] \right\} b^2}{h_1 I_y} \right) \right)^{-1} \times 2.332 f_v$	

续表3.2.2-1 弧线轨道的集中荷载标准值计算公式表

轨道名称与计算简图	计算内容	集中荷载标准值	最小集中荷载标准值
手动单轨小车 弧线轨道  	按正应力计算	$F_{\sigma,k} = \frac{0.612f}{\frac{\delta_4 \cdot r}{W_x} + \frac{\frac{r^2}{K(K^2+1)} \left[\frac{sh(K\theta_D)}{sh(4K\theta_D)} \cdot \Delta + \delta_1 [sh(K\theta_D) - K \sin \theta_D] \right]}{W_\omega}}$	$F_{\min,k} = \min(F_{\sigma,k}, F_{\tau_1,k}, F_{\tau_2,k})$
	按腹板中和轴处的剪应力计算	$F_{\tau_1,k} = \frac{0.612f_v}{\frac{\max(\delta_1, \delta_2)S_x}{I_x \cdot t_w} + \frac{\left\{ \delta_1 r (1 - \cos \theta_D) - \frac{r \cdot ch(K\theta_D)}{(K^2+1)sh(4K\theta_D)} \cdot \Delta - \frac{r}{K^2+1} \delta_1 [ch(K\theta_D) - \cos \theta_D] \right\} \cdot t_w}{I_k}}$	
	按腹板与翼缘相交处的剪应力计算	$F_{\tau_2,k} = \left(\left(\frac{\max(\delta_1, \delta_2)bh_1}{I_x} + \frac{4 \left\{ \delta_1 r (1 - \cos \theta_D) - \frac{r \cdot ch(K\theta_D)}{(K^2+1)sh(4K\theta_D)} \cdot \Delta - \frac{r\delta_1}{K^2+1} [ch(K\theta_D) - \cos \theta_D] \right\} t}{I_k} \right) + \frac{\left\{ \frac{r \cdot ch(K\theta_D)}{(K^2+1)sh(4K\theta_D)} \cdot \Delta + \frac{r\delta_1}{K^2+1} [ch(K\theta_D) - \cos \theta_D] \right\} b^2}{h_1 I_y} \right)^{-1} \times 2.449 f_v$	

3.3 下翼缘折算应力计算

3.3.1 下翼缘局部应力计算

悬挂运输设备悬挂在轨道下翼缘，并沿轨道行驶，此时下翼缘不仅产生整体应力，还产生由轮压作用造成的横向和纵向局部应力。所以轨道下翼缘是在一种复杂的应力状态下工作，因此需要对其下翼缘折算应力进行验算。

参考《机械工程手册》第二版中的有关内容，影响轨道下翼缘局部应力的因素很多，但主要因素是轮压的大小、作用点的位置和翼缘的厚度。轮压的大小和翼缘的厚度只影响局部应力的大小，而轮压作用点的位置不仅影响局部应力的大小，并决定危险点的位置。

由于轮压的作用点位置经常变化，轨道下翼缘的局部应力危险点也随之变化。当轮压作用点靠近轨道腹板时，危险点就发生在1点和2点；当轮压作用在翼缘中间时，危险点就出现在3点和4点；当轮压作用点在翼缘边缘时，危险点就在5点和6点出现，如图3.3.1-1所示。

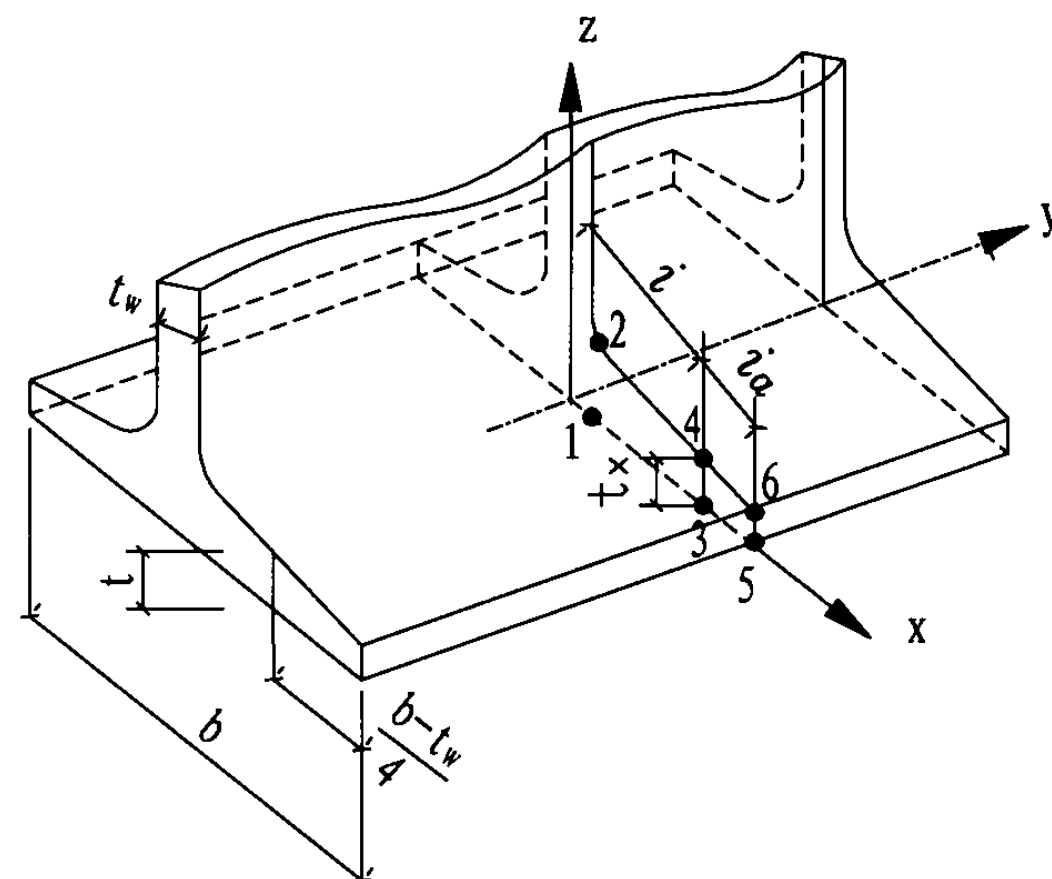


图3.3.1-1 轨道下翼缘局部应力危险点位置图

下翼缘折算应力计算

图集号

06CG08

审核 蒋中铨

蒋中铨

校对 姜学诗

姜学诗

设计 许朝铨

许朝铨

页

36

主编单位、参编单位、联系人及电话

主编单位

中国建筑标准设计研究院

许朝铨

010-65826045

组织编制、联系人及电话

中国建筑标准设计研究院

马颖芳

010-88361155-800（国标图热线电话）

010-68318822（发行电话）