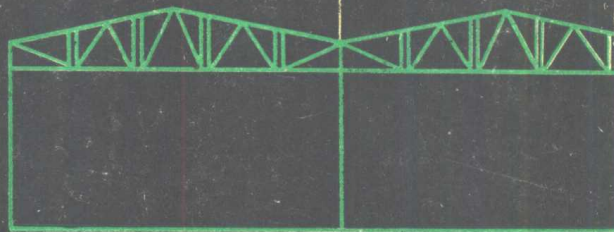
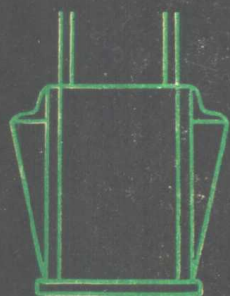
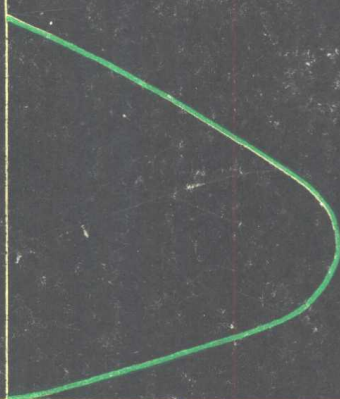
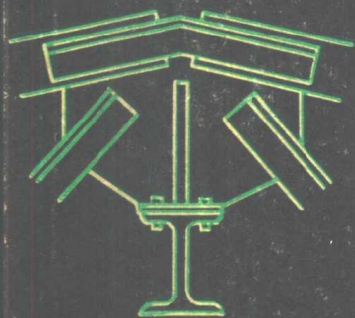


工业厂房



钢结构设计手册



冶金工业出版社

17321

76

71

1

工业厂房 钢结构设计手册

重庆钢铁设计研究院

冶金工业出版社

**工 业 厂 房
钢 结 构 设 计 手 册**

重庆钢铁设计研究院

*

冶金工业出版社出版

(北京灯市口74号)

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

*

787×1092 1/16 印张 37 字数1227千字

1980年9月第一版 1983年1月第二次印刷

印数24,501~36,500册

统一书号: 15062·3521 定价4.55元

前 言

为适应我国社会主义现代化建设的需要，我们在总结我国钢结构设计实践经验的基础上，结合我国《钢结构设计规范》(TJ17—74)的执行情况，并吸取国外有关钢结构的一些设计成果，编写了这本《工业厂房钢结构设计手册》。

本《手册》以大型单层工业厂房为主，对钢结构的钢材性能及其选用、连接计算和各类承重构件与辅助结构（如墙架、平台、梯子等）的设计、计算和构造要求及其防锈、隔热、加固和修复等作了较为全面的介绍，并附有大量图表和完整的计算实例，是一本实用性较强、内容较丰富的工具书。

本《手册》可供设计、教学人员使用和科研、施工人员参考。

本《手册》由我院负责主编，其中第七、九章由包头钢铁设计研究院和原第二冶金建设公司金属结构厂编写；第二章由西安冶金建筑学院编写；第五、八章由重庆建筑工程学院编写；第十二章由各单位共同编写；其余各章均由我院编写。

重庆钢铁设计研究院
一九七九年三月

基本符号

内 外 力

M ——弯矩;
 N ——轴心力;
 P ——集中荷载或高强螺栓的预拉力;
 Q ——剪力;
 H ——水平集中荷载;
 W ——由风荷载产生的集中力;
 T ——由吊车产生的集中水平力;
 R ——反力;
 g ——由恒载产生的均布荷载;
 p ——由活载产生的均布荷载;
 q ——均布荷载。

计 算 指 标

E ——钢材的弹性模量;
 G ——钢材的剪切模量;
 σ ——正应力;
 $[\sigma]$ ——钢材抗拉、抗压和抗弯的容许应力;
 $[\sigma_{cd}]$ ——钢材端面承压的容许应力;
 $[\sigma_f^t]$ ——锚栓抗拉的容许应力;
 $(\sigma_f^t), (\sigma_b^t)$ ——对接焊缝抗拉和抗压的容许应力;
 $(\sigma_f^c), (\sigma_b^c)$ ——普通螺栓抗拉和承压的容许应力;
 $(\sigma_f^m), (\sigma_b^m)$ ——铆钉抗拉和承压的容许应力;
 σ_j ——局部压应力;
 σ_s ——钢材的屈服点;
 τ ——剪应力;
 $[\tau]$ ——钢材抗剪的容许应力;
 $(\tau^h), (\tau^t), (\tau^m)$ ——对接焊缝、普通螺栓和铆钉抗剪的容许应力;
 (τ_f^t) ——贴角焊缝抗拉、抗压和抗剪的容许应力。

几 何 特 征

A ——毛截面面积;
 A_j ——净截面面积;
 D ——直径;
 H ——柱的高度;

H_0 ——柱的计算高度;

H_1, H_2 ——单阶柱下段和上段的高度;

H_1, H_2, H_3 ——双阶柱下段、中段和上段的高度;

I ——毛截面惯性矩;

I_j ——净截面惯性矩;

S ——毛截面面积矩;

S_j ——净截面面积矩;

S_i ——对梁中和轴的翼缘毛截面面积矩;

W ——毛截面抵抗矩;

W_j ——净截面抵抗矩;

W_s ——毛截面塑性抵抗矩;

W_{sj} ——净截面塑性抵抗矩;

z ——集中荷载分布长度;

B ——截面宽度;

b, b_1, b_2 ——翼缘宽度;

d ——直径;

e ——偏心距;

h ——截面高度;

h_0 ——腹板计算高度;

h_f ——贴角焊缝的厚度(截面直角的较小边);

l ——长度或跨度;

l_0 ——计算长度;

l_1 ——桁架平面外支承点间的距离;

l_f ——焊缝的计算长度;

r ——回转半径;

δ ——板的厚度;

t ——梁翼缘厚度;

ε ——偏心率;

θ ——夹角;

λ ——长细比;

λ_h ——换算长细比;

R, r ——圆的半径。

计 算 系 数

k ——疲劳容许应力计算系数;

f ——摩擦系数;

n ——在连接处铆钉或螺栓的数目;

n_m ——每个高强螺栓传力摩擦面数目;

α ——线胀系数;

η ——增大或减小系数;

γ ——容重;	φ_p ——实腹式偏心受压构件在弯矩作用平面内的稳定系数;
μ ——框架等截面柱的计算长度系数;	φ_1 ——偏心受压构件在弯矩作用平面外的稳定系数;
μ_1 、 μ_2 ——框架单阶柱下段和上段的计算长度系数;	φ_{pg} ——格构式偏心受压构件在弯矩作用平面内的稳定系数;
μ_1 、 μ_2 、 μ_3 ——框架双阶柱下段、中段和上段的计算系数;	φ_w 、 φ'_w ——梁的整体稳定系数;
ρ ——疲劳应力比值;	α_1 、 α_2 ——竖向和横向动力系数。
φ ——轴心受压构件的稳定系数;	

目

录

第一章 总 则

第一节 钢结构设计的基础知识	1
一、钢结构设计的基本要求及适用范围	1
二、安全度、计算指标的确定及容许应力	2
三、钢结构计算的基本规定	6
第二节 钢材在各种应力状态下的工作	6
一、钢结构的材料破坏特性	6
二、疲劳	7
第三节 材料	16
一、我国建筑结构中采用的钢材	16
二、钢材的基本知识	18
三、钢材的热处理	21
四、材质检验	22
五、钢的机械性能试验取样法	24
六、钢材试样(化学成分和机械性能)取 样数量	26
七、选材规定	26

第二章 连 接

第一节 概述	37
第二节 焊接连接	38
一、连接方法	38
二、焊接种类	38
三、焊缝的构造要求	39
(一) 对接焊缝	39
(二) 贴角焊缝	40
(三) 槽焊	41
(四) 塞焊	41
四、焊缝的质量检查及其质量要求	42
五、16锰钢低温施焊应注意的问题	43
六、焊缝连接计算	43
七、焊接结构设计的一般注意事项	47
第三节 铆钉和普通螺栓连接	49
一、铆钉连接的一般要求	49
二、铆钉连接的构造	49
三、铆钉直径的选择和铆钉排列	50

四、普通螺栓连接构造	51
五、铆钉和普通螺栓连接计算	51
第四节 高强螺栓连接	53
一、概述	53
二、高强螺栓连接构造	54
三、高强螺栓连接计算	54
四、高强螺栓的拧紧	55
五、计算例题	55
第五节 有关资料	57
一、焊缝剖口形式及尺寸	57
二、焊缝代号	61
三、孔、螺栓、铆钉图例	65
四、焊接构件的收缩值	66
五、型钢、铆钉、螺栓规格	68

第三章 单层厂房排架计算

第一节 概述	71
一、一般说明	71
二、排架的计算单元	71
三、计算排架的一般规定	72
第二节 排架的形式和种类	72
一、一般说明	72
二、刚接排架	72
三、铰接排架	73
第三节 排架计算简图及其尺寸的规定	74
一、排架的计算简图	74
二、排架简图的计算尺寸	74
第四节 排架截面的初步假定	74
一、一般说明	74
二、排架各部分截面或惯性矩的假定	75
三、粗略计算排架内力及初选排架柱截面	78
第五节 排架的计算荷载	78
一、一般说明	78
二、吊车荷载	79
三、风荷载	79
四、屋顶活荷载	79
五、恒载	79
第六节 排架计算	80

一、一般说明	80
二、排架计算的准备工作	80
三、横梁为有限刚度排架计算	120
四、横梁为无限刚度排架计算	132
第七节 排架的内力组合	135
一、一般说明	135
二、组合项目	135
三、组合原则	135
第八节 厂房横向刚度的计算	136
一、厂房横向刚度的计算	136
二、五弯矩方程简介	137

第四章 单层厂房柱及柱间支撑

第一节 概述	140
一、柱网布置	140
二、柱的种类及其适用范围	141
三、柱的截面形式	142
四、柱脚	143
第二节 阶形柱的构造和计算	143
一、实腹上柱的构造和计算	143
二、上柱人孔的构造和计算	147
三、下柱的构造和计算	147
四、肩梁的构造和计算	154
五、柱脚的构造和计算	156
六、柱的拼接	161
七、全格构式柱及其肩梁的构造和计算	162
八、阶形实腹柱的构造和计算	162
第三节 等截面柱的构造和计算	168
一、缀条柱的构造和计算	168
二、缀板柱的构造和计算	168
三、等截面实腹柱的构造和计算	169
第四节 分离柱、箱形柱、管形柱的构造和计算	171
一、分离柱的构造和计算	171
二、箱形柱的构造和计算	171
三、管形柱的构造和计算	173
(一) 钢管混凝土柱的构造	173
(二) 钢管混凝土柱的计算	174
(三) 钢管柱的构造和计算	180
第五节 柱间支撑	181
一、一般说明	181
二、上柱支撑	182
三、下柱支撑	183
四、单层厂房纵向温度应力的计算	187

第六节 参考图	188
---------	-----

第五章 屋盖结构

第一节 概述	194
一、屋盖类型及使用情况	194
二、屋盖结构设计的一般规定	195
三、屋盖荷载	195
第二节 檩条	196
一、一般说明	196
二、型钢檩条	197
三、格构式檩条	201
(一) 形式和尺寸	201
(二) 平面桁架式檩条	203
(三) T形桁架式檩条	204
(四) 空间桁架式檩条	205
第三节 普通钢屋架	205
一、形式和尺寸	205
二、屋架运送单元的划分和起拱	209
三、内力计算	210
四、杆件的计算长度和容许长细比	212
五、杆件截面形式	213
六、杆件截面选择	214
七、节点设计	217
八、计算例题	230
第四节 轻型钢屋架	237
一、应用范围	237
二、设计的一般规定	238
三、屋架形式	238
四、屋架杆件设计特点	239
五、节点构造和计算特点	241
六、设计示例	244
第五节 托架和托梁	250
一、结构形式	250
二、设计特点	252
三、连接构造	252
第六节 天窗结构	262
一、天窗结构的形式	262
二、天窗结构的计算	266
三、连接构造	268
第七节 屋盖支撑	270
一、一般要求	270
二、屋盖支撑的布置和形式	271
三、支撑杆件的设计	279
四、支撑的连接	280

第六章 刚架结构

第一节 概述	285
第二节 实腹门式刚架	286
一、按弹性设计	287
二、按塑性设计	288
第三节 格构式门式刚架	295
第四节 多层刚架	296
第五节 氧气顶吹转炉车间的多层刚架	307
第六节 刚架节点	318
一、按弹性设计	318
二、按塑性设计	325

第七章 吊车梁

第一节 概述	327
一、钢吊车梁的分类及使用情况	327
二、设计的一般规定	330
三、设计资料与荷载	331
第二节 型钢吊车梁	333
第三节 焊接工形吊车梁	334
一、选型与截面基本尺寸	334
二、梁截面尺寸的变化	337
三、梁的加劲肋	338
四、梁承载力的计算	340
五、梁的连接与拼接	345
第四节 铆接工形吊车梁	348
一、选型与截面基本尺寸	348
二、梁截面尺寸的变化	349
三、梁的加劲肋	349
四、梁承载力的计算	350
五、梁的连接与拼接	351
第五节 空腹式吊车梁	353
一、撑杆式、轨承重式吊车梁	353
二、桁架式吊车梁	356
三、上弦加劲肋与防扭构造	360
四、梁截面的变化与拼接	360
五、梁的内力计算	361
六、桁架式吊车梁截面承载力的计算	364
第六节 焊接箱形吊车梁	365
一、梁的型式、截面尺寸及构造	365
二、梁的荷载组合与承载力计算	366
第七节 壁行吊车梁及单轨吊车梁	369
一、壁行吊车梁	369
二、单轨吊车梁	371

第八节 制动结构、辅助桁架及支撑	379
一、制动结构、辅助桁架及支撑的一般布置	379
二、制动结构	379
三、辅助桁架与支撑	381
第九节 吊车轨道与车挡	383
第十节 参考图例	388

第八章 墙 架

第一节 概述	400
第二节 石棉瓦类墙的墙架	400
一、墙架构件的布置	400
二、墙架构件的计算	402
三、墙架的构造	403
第三节 厚为120毫米砖骨架墙的墙架	407
第四节 其它类墙的墙架	409
一、砖自承重墙的墙架	409
二、大型墙板与柱的连接	410

第九章 平台结构

第一节 概述	412
第二节 平台结构的布置	412
第三节 平台柱与柱间支撑	414
一、一般要求	414
二、柱及柱间支撑的计算	415
三、平台柱及柱间支撑的连接构造	416
第四节 平台梁	420
一、一般要求	420
二、平台梁的计算	421
三、平台梁的连接构造	423
第五节 平台铺板	427
一、一般要求	427
二、平台铺板的计算	427
三、平台铺板的构造	429
第六节 栏杆	430
一、一般要求	430
二、栏杆的构造	430
第七节 钢梯	431
一、一般要求	431
二、钢梯的构造	432

第十章 防锈和隔热

第一节 防锈	435
一、概述	435

二、防锈措施	435
三、防锈设计与构造	436
四、除锈及涂漆	437
第二节 隔热	444

第十一章 加固与修复

第一节 概述	445
一、钢结构加固简介	445
二、一般规定	445
第二节 钢结构加固设计方法	446
第三节 改变结构计算图形的加固方法	448
一、改变结构计算图形的一般方法	448
二、改变厂房主要构件计算图形的方法	448
第四节 单体构件截面的补强	450
第五节 连接与节点的加固	454
第六节 钢结构的修复	456
一、结构遭受高温后的处理	456
二、构件主体金属及连接的损伤和缺陷的修复	457
三、结构构件变形的修复与处理	458
四、工业厂房主要构件的修复	459
第七节 负荷状态下钢结构加固的计算	462
第八节 加固结构的参考图表	464

第十二章 计算实例

第一节 计算实例技术条件	491
第二节 排架计算	493
一、单元Ⅰ的计算	493
(一) 排架截面的初步假定	493
(二) 粗略计算排架	493
(三) 精确计算排架	509
二、单元Ⅱ的计算	533
第三节 刚度计算	533
一、按平面计算图形计算	533
二、按空间计算图形计算	533
第四节 柱子计算	536
一、计算资料	536
二、求柱在排架平面内的计算长度	536

三、上段柱的计算	537
四、中段柱的计算	539
五、下段柱的计算	540
六、腹杆的计算	541
七、中段柱肩梁的计算	543
八、下段柱肩梁的计算	544
九、柱脚的计算	545
第五节 挡风架及天窗架的计算	547
一、结构形式及荷载	547
二、挡风架檩条	548
三、挡风架	548
四、天窗架	549
第六节 固接屋架的计算	551
一、屋架形式、几何尺寸及荷载	551
二、屋架端弯矩和水平力	551
三、内力分析	551
四、内力组合及截面选择	555
五、主要节点计算	556
第七节 托架计算	558
一、托架形式、几何尺寸及荷载	558
二、内力分析	559
三、截面选择	559
第八节 吊车梁计算	560
一、设计资料	560
二、内力计算	560
三、截面选择与几何特征	561
四、梁截面承载力的计算	562
五、梁的连接计算	563
六、加劲肋截面计算	563
第九节 壁行吊车梁计算	564
一、荷载及内力计算	564
二、上梁截面选择	564
三、下梁截面选择	565
第十节 墙架柱计算	566
一、计算简图与荷载	566
二、内力计算	566
三、截面选择	567
附录 常用钢材截面特性表	568

第一章 总 则

第一节 钢结构设计的基础知识

一、钢结构设计的基本要求及适用范围

1. 钢结构设计必须适应社会主义现代化建设的需要, 贯彻执行党的社会主义建设的有关方针、政策, 从实际情况出发合理选用材料和结构方案, 尽量节约钢材, 做到技术先进, 经济合理, 安全适用, 确保质量。

2. 本手册适用于工业厂房钢结构的设计。

3. 设计在地震区的钢结构或考虑防火要求的钢结构和在特殊情况下的钢结构(如受有高温、高压或强烈侵蚀作用环境下的结构等)时, 尚须符合现行的有关专门规范或规定的要求。

4. 设计钢结构时, 应考虑材料供应情况和施工条件, 满足结构在运输、安装和使用过程中的强度、稳定性和刚度的要求, 减少制作、安装工作量, 注意结构的抗腐蚀性能。

5. 设计钢结构时, 应选择最优建筑方案。在有条件时, 应尽可能考虑结构空间体系作用, 当将这种体系分为单个平面结构计算时, 应考虑相邻构件的共同工作。

6. 在钢结构设计确定钢种、钢号时, 应根据所设计构件的特定条件(如受力情况、是否受反复荷载、所处温度以及周围介质环境、施工工艺条件等)确定之, 以充分发挥所选择钢种的特长。在一个构件中, 允许采用二个不同的钢种或钢号组成。

7. 钢结构设计时, 一般应选择比较经济的轧制型钢断面。在确有必要时, 可考虑由钢板制作的组合断面。

8. 钢结构构件设计应尽量采用标准设计或定型设计。在同一工程中, 应注意构件断面的协调和构造的尽可能一致。

9. 钢结构构件的构造设计应和构件计算图形相符合。

10. 有条件时, 可以考虑采用能起多功能作用的联合结构(既起承重作用, 又起围护作用的结构, 例如目前已有采用的檩条、支撑、屋面板三合一组合式构件等)。

11. 在计算钢结构时, 应当考虑结构在弹塑性工作阶段所产生的物理非直线性和结构构件变形所引起的几

何非直线性(考虑以切线模量 E_t 代替弹性模量 E)。

12. 钢结构设计时, 尚应考虑施工工艺的可能性, 应尽量满足结构能进行连续生产和组合安装的可能性。

13. 结构构件的最大轮廓尺寸应满足铁路或公路的极限运送尺寸的要求。构件的重量亦应满足起重及运输能力的要求。

一般说来: 要求构件划分得轻些、小些, 能使搬运方便, 安装时能在起重设备力所能及的范围内。构件应设计得尽量整体化, 使安装就位简单。一般构件重量不宜超过15吨, 最大的构件重量也不宜超过40吨。

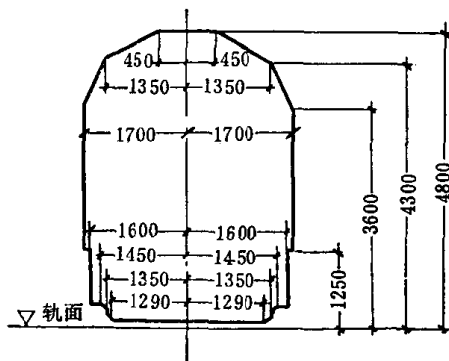
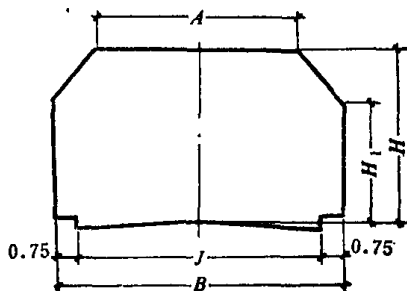
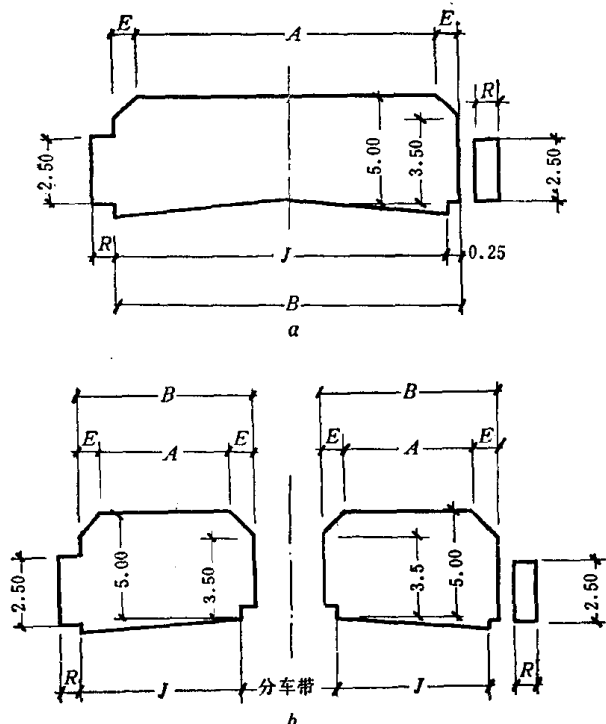


图 1-1 标准铁路运输界限尺寸



公路宽	J	B	A	H	H ₁
7 米	7	8.5	6.0	5.0	3.5
4.5 米	4.5	6.0	3.5	4.5	3.0

图 1-2 公路隧道净空尺寸



净空各部分名称	净空尺寸(米)			
	路宽 15	路宽 9	2个路 宽7.5 +分车 带	2个路 宽7 +分车 带
人行道或安全带边缘 间宽度J	15.0	9.0	7.5	7.0
下承式桥桁架间净宽 B	15.5	9.5	8.0	7.5
路拱顶点起至高度为 5米处的净空顶间距A	12.5	6.5	6.5	6.0
净空顶角宽度E	1.5	1.5	0.75	0.75
人行道宽度R	≥0.75			

图 1-3 公路下承式桥桥面净空尺寸

a—无分车带的下承式桥桥面净空；

b—有分车带的下承式桥桥面净空

铁道部门关于标准的铁路运输界限尺寸如图1-1所示。当超过上述尺寸时，需取得铁道部有关路局的同意。当发送由几个相连平板车装载的长构件时，必需校核这些构件在最小半径（一般取300米）的弯道上通过是否超出了运输界限。

标准的公路桥涵和隧道净空尺寸见图1-2、图1-3所示。

14. 钢结构的工厂连接及现场拼接节点应优先采用在焊剂下的埋弧自动焊以及在保护气体下的自动焊。当不适宜采用焊接或粗制螺栓的现场拼接中，应优先考虑采用高强螺栓连接。粗制螺栓只允许使用在使粗制螺栓受拉的连接中，以及不经计算的次要构件（如墙皮檩条和墙皮柱的连接等）的连接中。

15. 划分构件的运送单元时，应满足单个构件安装和运输时稳定性和强度的要求。

考虑到制造时的方便，构件重量不宜过大。构件重量太大，制造时搬运不便，制作较费工，翻转搬移要用很长时间，且影响周围的工作。构件重量应控制在15吨以下为宜。

16. 钢结构的安装连接设计应采用传力可靠、制作方便、插接简单、易于固定和便于调整的构造型式。

17. 安装连接采用焊接时，应考虑用临时螺栓将构件固定。每个构件在节点处的临时螺栓数量不宜少于2个。

18. 钢结构除必须采取防锈的保护措施（彻底除锈后涂以油漆和镀锌等）外，尚应在构造中尽量避免难于检查、清刷、油漆以及易积留湿气或大量灰尘的死角或凹槽。

19. 构件截面采用闭合型钢时，构件应设计成密封的。

20. 一般不得因考虑锈蚀而加大钢材截面或厚度，只有在建筑结构不能作防腐处理时，方允许用增加钢板、型钢、和管壁的厚度来延长结构的使用期限。增加钢材厚度应根据本手册第十章的有关规定确定之。

21. 在钢结构的设计图纸和钢材订货文件中，应注明采用的钢号（包括钢类、炉种、浇注方法——镇静钢、半镇静钢或沸腾钢）和连接材料的型号（或钢号）以及对钢材所要求的机械性能和化学成分的附加保证项目。

二、安全度、计算指标的确定及容许应力

1. 我国钢结构规范的安全度设计表达式采用下式为基础：

$$K_1 N \leq \frac{1}{K_3} f \left(\frac{R - \mu \sigma}{K_2}, S \right) \quad (1-1)$$

式中 K_1 ——荷载系数；

N ——外荷载；

K_2 ——材料安全系数；

K_3 ——修正系数；

R ——材料强度；

σ ——均方差；

μ ——均方差倍数；

S ——截面特征。

2. 材料的标准强度应该由统计得来，当前采用冶金工业部部颁标准所规定的值（约等于 $R - 2\sigma$ ）。在公式（1-1）中采用大于1的材料安全系数 K_2 ，为考虑以往的设计经验，目前暂取 K_2 等于钢材匀质系数的倒数。

热轧 2 号钢、3 号钢	$K_2 = 1.1433$	(1—1) 可改为:
16 锰钢、16 锰桥钢	$K_2 = 1.175$	
16 桥钢	$K_2 = 1.1433$	
锻铸件	$K_2 = 1.3333$	或

其他钢种或钢号的材料安全系数的取值, 应根据对该钢种强度的统计资料, 经数理分析后采用。当缺乏确切资料时, 为了满足工程设计的急需, 可偏安全地暂取 $K_2 = 1.250$ 。

3. 公式 (1—1) 中荷载系数 K_1 系经过对以往钢结构设计的荷载分析, 并进行了统计, 在钢结构规范中取 $K_1 = 1.230$ 。

4. 由于钢结构设计荷载系数采取单一值, 故公式

式中 $[\sigma]$ ——钢材抗拉、抗压和抗弯的容许应力;
 η ——钢材容许应力的折减系数。

5. 钢材的容许应力应根据表 1—1 的尺寸分组, 按表 1—2 采用。

钢材分组的尺寸, 毫米

表 1—1

组 别	钢 材 的 钢 号			
	2 号 钢 或 3 号 钢			16 锰钢或 16 锰桥钢
	棒钢的直径或厚度	型钢和异型钢的厚度	钢板的厚度	钢材的直径或厚度
第 1 组	≤ 40	≤ 15	4~20	≤ 16
第 2 组	$> 40 \sim 100$	$> 15 \sim 20$	$> 20 \sim 40$	17~25
第 3 组		> 20		26~36

注: ① 棒钢包括圆钢、方钢、扁钢和六角钢, 型钢包括角钢、工字钢和槽钢;

② 工字钢和槽钢的厚度系指腹板的厚度。

钢材的容许应力, 公斤/厘米²

表 1—2

应 力 种 类	符 号	钢 材 的 钢 号						
		2 号 钢		3 号 钢		16 锰钢或 16 锰桥钢		
		第 1 组	第 2 组	第 1 组	第 2 组	第 1 组	第 2 组	第 3 组
抗拉、抗压或抗弯	$[\sigma]$	1550	1400	1700	1550	2400	2300	2150
抗 剪	$[\tau]$	950	850	1000	950	1450	1400	1300
端面承压 (磨平顶紧)	$[\sigma_{cd}]$	2300	2100	2550	2300	3600	3450	3200

注: 3 号镇静钢第 2 组钢材的容许应力应按表中数值增加 5%。

钢铸件的容许应力, 公斤/厘米²

表 1—3

应 力 种 类	符 号	钢 铸 件 的 钢 号		
		ZG15	ZG25	ZG35
抗拉、抗压和抗弯	$[\sigma]$	1200	1450	1700
抗 剪	$[\tau]$	700	850	1000
端面承压 (磨平顶紧)	$[\sigma_{cd}]$	1800	2200	2550

焊缝的容许应力, 公斤/厘米²

表 1—4

焊缝种类	应力种类	符 号	自动焊、半自动焊和用T42×型 焊条的手工焊				自动焊、半自动焊和用T50×型 焊条的手工焊		
			构 件 的 钢 号						
			2 号 钢		3 号 钢		16 锰 钢 或 16 锰 桥 钢		
			第 1 组	第 $\frac{2}{3}$ 组	第 1 组	第 $\frac{2}{3}$ 组	第 1 组	第 2 组	第 3 组
对接焊缝	抗压	$[\sigma_a^h]$	1550	1400	1700	1550	2400	2300	2150
	抗拉	$[\sigma_t^h]$	1550	1400	1700	1550	2400	2300	2150
	1. 当用自动焊时								
	2. 当用半自动焊或手工焊时, 焊缝的质量检查为:								
	(1) 精确方法	$[\sigma_t^h]$	1550	1400	1700	1550	2400	2300	2150
	(2) 普通方法	$[\sigma_t^h]$	1300	1200	1450	1300	2050	1950	1850
	抗剪	$[\tau^h]$	950	850	1000	950	1450	1400	1300
贴角焊缝	抗拉、抗压和抗剪	$[\tau_t^h]$	1100	1100	1200	1200	1700	1700	1700

注: 检查焊缝质量的普通方法系指外观检查、测量尺寸、钻孔检查等方法; 精确方法是在普通方法的基础上, 用“X”射线等方法进行补充检查。

铆钉和普通螺栓连接的容许应力, 公斤/厘米²

表 1—5

连接种类	应力种类	符 号	铆钉的 钢 号	螺栓的 钢 号	构 件 的 钢 号						
			ML2 或 ML3	3 号钢	2 号 钢		3 号 钢		16 锰钢或 16 锰桥钢		
			号		第 1 组	第 2 组	第 1 组	第 2 组	第 1 组	第 2 组	第 3 组
铆钉连接	抗剪 (I 类孔)	$[\tau^m]$	1450	—	—	—	—	—	—	—	—
	抗剪 (II 类孔)	$[\tau^m]$	1150	—	—	—	—	—	—	—	—
	承压 (I 类孔)	$[\sigma_c^m]$	—	—	3100	2800	3400	3100	4800	4600	4300
	承压 (II 类孔)	$[\sigma_c^m]$	—	—	2650	2400	2900	2650	4100	3900	3650
	拉脱 (铆钉头拉脱)	$[\sigma_l^m]$	950	—	—	—	—	—	—	—	—
普通螺栓连接	精制螺栓	抗拉	$[\sigma_t^l]$	—	1350	—	—	—	—	—	—
		抗剪 (I 类孔)	$[\tau^l]$	—	1350	—	—	—	—	—	—
		承压 (I 类孔)	$[\sigma_c^l]$	—	—	2800	2500	3050	2800	4300	4100
	粗制螺栓	抗拉	$[\sigma_t^l]$	—	1350	—	—	—	—	—	—
		抗剪	$[\tau^l]$	—	1000	—	—	—	—	—	—
		承压	$[\sigma_c^l]$	—	—	2150	1950	2400	2150	3350	3200
	锚栓	抗拉	$[\sigma_t^d]$	—	1100	—	—	—	—	—	—

注: ① 孔壁质量属于下列情况者为 I 类孔:

- 在装配好的构件上按设计孔径钻成的孔;
- 在单个零件和构件上按设计孔径分别用钻模钻成的孔;
- 在单个零件上先钻成或冲成较小的孔径, 然后在装配好的构件上再扩钻至设计孔径的孔;

② 在单个零件上一次冲成或不用钻模钻成设计孔径的孔属于 II 类孔。

钢铸件的容许应力按表1—3采用。

连接材料的容许应力应按表1—4或表1—5采用。

6. 计算下列情况的结构或连接时, 表1—2、表1—3、表1—4、表1—5所规定的容许应力值, 应乘以相应的折减系数 η :

(1) 重级工作制吊车梁及其连接 $\eta = 0.95$;

(2) 恒载 (包括自重) 小于总荷载40%的屋盖檩条、屋架和托架的杆件及其连接 $\eta = 0.95$;

(3) 施工条件较差的高空安装焊缝和铆钉连接 $\eta = 0.90$;

(4) 埋头和半埋头铆钉连接 $\eta = 0.80$;

(5) 单面连接的单角钢杆件:

(a) 按轴心受力计算强度和连接 $\eta = 0.85$;

(b) 按轴心受压计算稳定性

当 $\lambda \leq 100$ $\eta = 0.70$

当 $\lambda \geq 200$ $\eta = 1.00$

$100 < \lambda < 200$ η 按直线插入取值

λ ——对中间无联系的单角钢压杆, 按最小回转半径计算的长细比。

注: 当几种情况同时存在时, 其折减系数应连乘。

7. 根据以上的规定, 对热轧2号钢、热轧3号钢、16锰钢以及16锰桥钢制成的构件, 其设计安全度均可按下列方法求得:

(1) 对热轧2号钢、3号钢 (包括16桥钢) 制成的结构, 其设计安全度为:

一般结构: $K_1 \cdot K_2 = 1.23 \times 1.143 = 1.41$

重级工作制吊车梁:

$$K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = 1.23 \times 1.143 \times \frac{1}{0.95} = 1.50$$

(2) 对16锰钢、16锰桥钢制成的构件, 其设计安全度为:

一般结构: $K_1 \cdot K_2 = 1.23 \times 1.176 = 1.45$

重级工作制吊车梁及其连接:

$$K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = 1.23 \times 1.176 \times \frac{1}{0.95} = 1.53$$

(3) 对其他钢种或钢号制成的构件, 其设计安全度为:

一般结构: $K_1 \cdot K_2 = 1.23 \times 1.25 = 1.54$

重级工作制吊车梁及其连接:

$$K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = 1.23 \times 1.25 \times \frac{1}{0.95} = 1.622$$

8. 钢材的抗拉、抗压、抗弯容许应力, 是根据各钢种、钢号的基本安全系数 (见本节第7条) 算得, 材料的其它容许应力系按表1—6所列的换算关系求得。

钢材及其连接各项容许应力换算关系表

表 1—6

材料种类	应力种类	换算公式
钢材或 钢铸件	抗剪	$[\tau] = 0.6[\sigma]$
	端面承压	$[\sigma_{cd}] = 1.5[\sigma]$
焊 缝	抗压	$[\sigma_a] = 1.0[\sigma]$
	抗拉	$[\sigma_t^h] = 1.0[\sigma]$
	1. 当用自动焊时	
	2. 当用半自动焊和手工焊时, 焊缝质量检查为	
	(1) 精确方法	$[\sigma_t^h] = 1.0[\sigma]$
	(2) 普通方法	$[\sigma_t^h] = 0.85[\sigma]$
	抗剪	$[\tau^h] = 0.6[\sigma]$
贴角焊缝	抗拉、抗压、抗剪	$[\tau_t^h] = 0.7[\sigma]$
铆 钉 连 接	抗剪 (I类孔)	$[\tau^m] = 0.95[\sigma]$
	抗剪 (II类孔)	$[\tau^m] = 0.75[\sigma]$
	承压 (I类孔)	$[\sigma_c^m] = 2.0[\sigma]$
	承压 (II类孔)	$[\sigma_c^m] = 1.7[\sigma]$
	抗拉 (钉头拉脱)	$[\sigma_t^m] = 0.6[\sigma]$
普 通 螺 栓 连 接	精制螺栓	
	抗拉	$[\sigma_t^f] = 0.8[\sigma]$
	抗剪 (I类孔)	$[\tau^f] = 0.8[\sigma]$
	承压 (I类孔)	$[\sigma_c^f] = 1.8[\sigma]$
	粗制螺栓	
	抗拉	$[\sigma_t^f] = 0.8[\sigma]$
	抗剪	$[\tau^f] = 0.6[\sigma]$
	承压	$[\sigma_c^f] = 1.4[\sigma]$
	锚栓	
	抗拉	$[\sigma_t^d] = 0.65[\sigma]$

【例1—1】 规范中所规定的三号钢第1组容许应力是根据以下运算而确定的:

三号钢钢材的屈服点, 按GB700—65 “普通碳素钢钢号和一般技术条件” 的规定 $\sigma_s \geq 2400$ 公斤/厘米²

$$\text{则 } [\sigma] = \frac{\sigma_s}{K_1 K_2} = \frac{2400}{1.41} = 1700 \text{ 公斤/厘米}^2$$

$$[\tau] = 0.6[\sigma] \approx 1000 \text{ 公斤/厘米}^2$$

$$[\sigma_{cd}] = 1.5[\sigma] = 2550 \text{ 公斤/厘米}^2$$

对于其它在规范中未列出的钢种或钢号的容许应力可参见上述计算方法确定。

9. 这种安全度的表达方法, 可简称为基本容许应力加调整系数。即形式上仍采用单一系数表达, 但加经验系数调整。这种方法是属于半概率法极限状态的设计

方法。

10. 钢材和钢铸件的物理性能, 应按表1—7采用:

钢材和钢铸件的物理性能 表 1—7

弹性模量 E (公斤/厘米 ²)	剪切模量 G (公斤/厘米 ²)	线胀系数 α (以摄氏每度计)	容重 γ (公斤/米 ³)
2.1×10^6	0.81×10^6	1.2×10^{-5}	7850

三、钢结构计算的基本规定

1. 钢结构计算应采用标准荷载和容许应力。

2. 各种承重结构均应计算强度和稳定性; 使用时需控制变形的结构, 尚应计算变形; 对于重级工作制吊车梁或类似结构, 尚应计算疲劳强度。

3. 计算承重结构时, 荷载的取值与组合应按现行《工业与民用建筑结构荷载规范》的规定, 并根据下列情况予以确定:

(1) 计算直接承受动力荷载的结构的强度和稳定性时, 动力荷载应乘以动力系数, 但计算变形时, 不乘以动力系数;

(2) 计算吊车梁及制动结构的疲劳强度时, 荷载按作用在跨间内的起重量最大的一台吊车确定, 并应考虑吊车垂直荷载的动力系数, 但不考虑吊车横向水平荷载的动力系数;

(3) 计算平炉、转炉车间或其他类似车间的工作平台结构时, 由于修理材料所产生的荷载, 可按下列系数予以折减:

主梁	0.85
柱 (包括基础)	0.75

4. 计算钢结构的变形时, 可不考虑铆钉 (或螺栓) 孔引起的截面削弱;

5. 受弯构件的挠度不应超过现行规范所列的数值;

6. 在有重级工作制吊车的厂房中, 吊车梁的制动结构由一台最大吊车横向水平荷载 (不考虑动力系数)

所产生的挠度不应超过跨度的 $\frac{1}{2000}$ 。厂房每一跨间的两

侧吊车梁一般均应满足此项要求; 在有特殊困难的情况下, 至少应有一侧保证满足此项要求;

7. 有重级工作制吊车的厂房柱和有中、重级工作制吊车的露天栈桥柱, 在吊车梁上翼缘顶面标高处由一台最大吊车横向水平荷载 (不考虑动力系数) 所产生的计算变形值, 不应超过表1—8中的规定 (计算变形时, 假定横向水平荷载作用于厂房或露天栈桥一侧的柱上, 纵向水平荷载分配在温度区段内所有柱间支撑或纵向框架上)。

柱的容许计算变形值 表 1—8

项次	变形的种类	按平面图 形计算	按空间图 形计算
1	厂房柱的横向变形	$H/2000$	$H/3500$
2	露天栈桥柱的横向变形	$H/2500$	
3	厂房和露天栈桥柱的纵向变形	$H/4000$	

注: ① H 为柱脚底面到吊车梁上翼缘顶面的高度;

② 当排架不对称时, 其横向变形应按最不利的一侧考虑;

③ 在设有夹钳或刚性料耙吊车的厂房中, 厂房柱的容许计算变形值应降低10%。

第二节 钢材在各种应力状态下的工作

一、钢结构的材料破坏特性

1. 钢结构构件以两种状态发生破坏, 第一种是常见的塑性破坏型式, 这种破坏型式伴随着巨大的应变和过度的结构变形; 第二种破坏型式是脆性断裂, 这种破坏通常没有预示, 而是以突然破坏的方式发生, 构件内裂缝开展速度可高达每秒钟1800米。虽然脆性破坏在平常的建筑和构筑物内不容易发生, 然而对于非一般的结构和处于非常低温情况下的构件, 这种破坏型式发生的可能性则应予以考虑。

2. 钢材从塑性到脆性的这种特性的转变是许多变数的函数, 构件所处的温度情况和构件中的应力状态是

主要因素。一般降低温度, 钢材将减少塑性; 应力状态对塑性的影响是依剪应力对正应力之比而定。如剪应力被双轴或三轴应力所限制, 塑性就会降低; 双轴或三轴性质的应力集中限制着剪应力的大小, 按照材料力学推证: 假如双向应力状态上两个相互垂直的正应力相等, 莫尔应力圆将简化成一点, 而剪应力等于零。低温和不利的应力状态的组合会降低塑性, 使材料性质变脆, 在这样的情况下, 钢材将呈脆性破坏。

3. 从一八八六年起开始记录和积累脆性破坏的工程实例中可以看到: 铆接结构的脆性断裂比较少。焊接连接的采用产生了大量的连续结构。由于连续性, 一个裂缝一旦发生, 可以发展到整个结构。最容易发生脆性

破坏的结构是船舶、贮油池、压力容器、闸门、和空腹桁架等连续性结构。

4. 钢结构的脆性断裂, 迄今还未能完全防止, 尚缺乏一个完全解决的办法。这并不是说钢结构不能用于容易发生脆性破坏的结构。相反, 这正要求设计钢结构时应充分了解构筑物的工作特性和可能造成脆性断裂问题的使用条件, 并采取有效措施来消除脆性破坏的可能性。

5. 影响结构脆性断裂的因素很多, 除应力状态、低温外, 加荷速度、钢材的化学成分、构件的局部缺陷(包括钢材内在的缺陷以及加工时造成的缺陷)、构件受冷加工影响区、残余应力、钢材厚度、焊接影响、制作技术等等都是影响结构脆性断裂的因素。但最主要的是应力状态、低温、缺陷、化学成分和加荷速度。

6. 我国对钢材脆断问题的实验研究还很不够, 有待今后继续努力探索。当前仍应以总结使用经验为主, 在我国钢结构设计规范中对钢材性能、焊接质量、制作要求、钢材的常温 and 低温冲击韧性、化学成分等均有规定, 这对防止结构的脆性破坏, 是必要的措施。而对于钢板厚度问题, 因定量困难, 不予具体规定, 仅在选材规定中附注提出此问题, 引起注意。

注: 关于在低温情况下限制钢板厚度问题, 根据国内使用情况调查, 某些单位曾提出建议, 当设计无确切资料时, 大致可按下述规定参考采用:

对于焊接结构、直接承受不经常重复的振动或振动荷载的构件(例如轻、中工作制吊车梁)、以及承受静荷载的重要工字形组合梁、各种用途的连接板, 当板厚为20毫米厚, 计算温度在 -20°C 时, 可采用平炉三号沸腾钢, 当厚度每降低1毫米, 计算温度可以下降 1.5°C , 直至10毫米为止, 当板厚超出上述规定时, 宜采用平炉三号镇静钢。

7. 在低温地区设计钢结构时, 应考虑到铆接结构中最危险的细部是铆钉孔。由于冲孔会引起孔附近材料的冷作硬化和后期的应变老化。在冷作硬化材料中会形成从孔辐射出微小裂缝, 致使在孔的缺口处形成高拉力区。为了在结构中消除脆性破坏的可能, 冲孔应该加以扩钻以消除冷作硬化材料。同样, 承受应力板的剪切边(用剪板机剪切)和焰切边(用氧-乙炔切割)应当刨平, 以消除由切割工作而引起的缺陷。

用锤打击钢材或偶然的碰撞可能会引起裂缝产生, 施工时应加以注意; 应避免形成三轴残余应力的焊接节点, 焊缝应焊满板梁盖板的端部, 盖板的接头应用正切, 因为斜切会造成高应力区的不利条件; 结构的次要焊缝的焊接, 如斜撑杆焊于主要结构上, 应避免次要焊缝横跨在主要焊缝上。

引弧点、焊缝熔渣和非金属夹杂物以及焊缝中的气孔都是较危险的缺陷。这些缺陷可用超声波探伤器或射线照相进行检查, 发现后应将缺陷处除去并重新补焊。要特别注意选择焊条、焊接程序和母材金属的合适性。否则将在焊缝的热影响区可能产生不利的冶金变化, 致使母材(即使母材本身有很好的抗脆性破坏的性能)在靠近焊缝的热影响区内发生脆性破坏, 以致蔓延到整个结构。

各种钢材抵抗脆性断裂的能力, 通常根据负温冲击韧性来体现。对钢材的要求, 使其在最低工作温度下其冲击韧性值不宜低于3公斤·米/厘米²。

二、疲 劳

1. 计算吊车梁及制动结构的疲劳强度时, 荷载按作用在跨间内的起重量最大的一台吊车确定, 并考虑吊车垂直荷载的动力系数, 但不考虑吊车横向水平荷载的动力系数。

2. 计算钢结构的疲劳强度时, 主体金属和连接的疲劳容许应力应按下列公式或表1-10确定:

绝对值最大的应力为拉力时

$$[\sigma^P] = \frac{[\sigma_0^P]}{1 - k\rho} \quad (1-4)$$

绝对值最大的应力为压力时

$$[\sigma^P] = \frac{[\sigma_0^P]}{k - \rho} \quad (1-5)$$

式中 $[\sigma_0^P]$ —— $\rho = 0$ 时主体金属和连接的疲劳容许拉应力, 按表1-9采用;

k ——系数, 按表1-9采用;

ρ ——构件的疲劳应力比值, 等于绝对值最小和最大的应力之比(拉应力取正号; 压应力取负号)。

注: ①按公式(1-4)、(1-5)算得的 $[\sigma^P]$ 若等于或大于材料和连接相应的容许应力, 以及公式(1-5)中 $\rho \geq k$ 时, 可不计算结构的疲劳强度;

②铆钉(抗剪和承压)和贴角焊缝的疲劳容许应力, 不论最大应力为拉应力或压应力, 均按公式(1-4)确定。

3. 重级工作制实腹式吊车梁应按下列公式计算疲劳强度:

$$\sigma = \frac{M^P}{I_j} y \leq [\sigma^P] \quad (1-6)$$

式中 M^P ——计算疲劳处的截面最大弯矩;

I_j ——净截面惯性矩;

y ——中和轴至计算疲劳处的距离;

$[\sigma^P]$ ——疲劳容许应力。