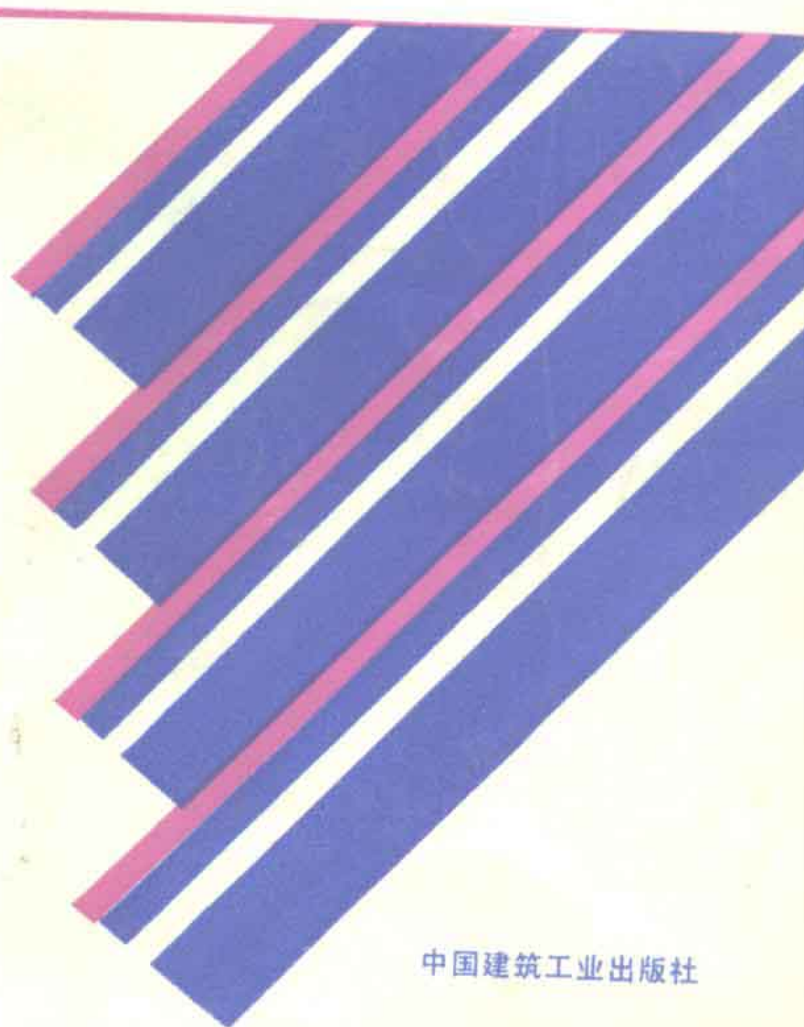


# 钢结构设计例题集

夏志斌 姚谏 编著



中国建筑工业出版社

# 钢结构设计例题集

夏志斌 姚 谏 编著

中国建筑工业出版社

## (京)新登字 035 号

本书通过钢结构设计例题,说明我国现行《钢结构设计规范》(GBJ17-88)各项规定条文的正确使用。全书共15章,除连接、三大基本构件的计算和设计例题外,还包含了一些结构的算例,如山形门式刚架的弹性设计和塑性设计、钢屋架设计、钢与混凝土组合梁设计等,所选例题对规范中的新内容均有所涉及。例题都伴有详细的计算说明,并注明引用的规范条文,力求做到计算目的性明确,条理清楚,内容易读。

本书主要供建筑钢结构设计、制造与施工的工程技术人员阅读,也可供土建院校师生参考。

3-28/04

### 钢结构设计例题集

夏志斌 姚 谏 编著

\*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京市顺义县板桥印刷厂印刷

\*

开本: 850×1168毫米 1/32 印张: 17<sup>1</sup>/<sub>2</sub> 字数: 468 千字

1994年9月第一版 1994年9月第一次印刷

印数: 1—4,100册 定价: 15.90 元

ISBN7-112-02377-7

TU·1839 ( 7417 )

# 前 言

80年代后期以来，我国的结构设计规范相继进行了修订，且修订后的新版内容变动都较大。为了介绍和推广使用新修订的《钢结构设计规范》（GBJ17—88），已出版有《钢结构设计新规范应用讲评》一书（由重庆建筑工程学院魏明钟教授编著，中国建筑工业出版社出版），书中详细介绍了新规范的背景材料、理论根据和试验依据等。本书的编写是为了同一目的，但是采用例题的形式来说明规范条文的正确使用，关于公式的来源及规定的依据等在本书中则不作介绍。

新规范（GBJ17—88）与原规范（TJ17—74）相比，主要的修改包括：采用了以概率理论为基础的极限状态设计方法以代替过去使用的容许应力法；对三大基本构件的计算作了很大的改进，如受弯构件的强度计算中考虑了截面上局部发展塑性变形，对梁的整体稳定系数改进了计算公式，轴心受压构件的稳定系数采用了  $a$ 、 $b$ 、 $c$  三条曲线，压弯构件的稳定计算改用了两项公式，增加了多层框架柱的计算长度系数的计算方法等；对连接计算的规定作了较多的补充，如直角角焊缝的计算增加了考虑受力方向不同的计算公式，增加了斜角角焊缝和不焊透的对接焊缝计算方法，增加了承压型高强度螺栓连接的计算等；疲劳计算中采用了验算应力幅的计算表达式；对构造要求也调整和充实了内容，如增加了双层翼缘板板梁的构造要求等；此外，还新增了塑性设计、钢管结构和钢与混凝土组合梁等三章。

本书的编写目的既是拟通过例题来说明新修订规范中各种规定的正确应用，因此全书章节的安排基本上与规范相适应。全书共分15章，其内容包含了从连接到基本构件的计算，也包含了几

个大型构件和结构的算例，如钢屋架、山形门式刚架、钢与混凝土组合梁等。希望所选例题能对规范中的新内容均有所涉及。

书中在每章的开始，首先简要介绍计算内容和要求，然后用例题说明计算步骤和方法，力求做到计算目的性明确，条理清楚，内容易读。例题与工程计算书有一定区别，为了便于读者阅读，例题中都有一些文字说明，而在计算书上则完全无此必要。例题中还常注明所引用规范条文或公式的编号，使读者可对照阅读规范的规定。还有一些问题在规范中未明确规定，而工程设计中却又经常遇到，在例题中也注意了尽可能参照其它资料作出必要的说明。例如对简支工字钢梁的整体稳定系数 $\varphi_b$ ，规范中只规定了集中荷载或均布荷载单独作用时 $\varphi_b$ 的求法，例题中则对同时承受均布荷载和集中荷载时 $\varphi_b$ 的求法作了介绍。又如轴心受压构件的设计常需初步假定构件的长细比而后选用截面尺寸，例题中则对合适长细比的选定作了介绍。又如对多层框架柱的计算长度系数 $\mu$ 值，例题中介绍了规范中未列出的非典型条件下 $\mu$ 值的近似求法等。

在设计规范（GBJ17—88）经批准和颁发施行后，我国的钢材国家标准已作了修改。碳素结构钢的国家标准已由原来的《普通碳素结构钢技术条件》（GB700—79）修改为《碳素结构钢》（GB700—88），前者已于1991年10月1日起废止。新老碳素结构钢的标准有很大差别。例如老标准的3号钢已不复存在，而代之以Q235钢，并分A、B、C、D四个质量等级。例题中凡采用碳素结构钢时，均已改用Q235钢。在钢结构设计规范对有关Q235钢的强度设计值未作出规定前，书中附表1.3列出了按（GB700—88）中规定屈服点算出的Q235钢的强度设计值供参考及本书例题中使用。

关于焊缝代号，《建筑结构制图标准》（GBJ105—87）中有明确规定，但国家技术监督局已于1988年12月批准了新的国家标准《焊缝符号表示法》（GB324—88），并于1989年7月1日实施。本书插图中的焊缝符号已尽量改用新国家标准的有关规

定。新标准焊缝符号表示法中的一个重要改动是焊缝指引线除箭头线外，其基准线由两条平行的直线组成，一条是实线，另一条是虚线，基准线的虚线可以画在实线的上侧或下侧。如果接头的焊缝在箭头侧，则表示焊缝的基本符号应标在基准线的实线侧；如果在非箭头侧，则基本符号应标在基准线的虚线侧。对双面焊缝，则可不画基准线的虚线。为了便于读者阅读，在此作简要的说明。

书中第1章、第3至7章和第10、11章由姚谏编写，其余各章由夏志斌编写。

本书主要供在工业与民用建筑专业从事钢结构设计、制造与施工的工程技术人员阅读，也可供该专业的大专院校师生参考阅读。

作者衷心感谢重庆钢铁设计研究院赵熙元高级工程师对本书书稿的认真审阅和提出的许多宝贵意见，使本书内容更臻完善。作者也衷心感谢中国建筑工业出版社责任编辑赵梦梅同志给予作者的大力帮助。

夏志斌 姚 谏  
浙江大学，杭州

# 目 录

第 1 章 连接计算	1
1.1 对接焊缝的计算	1
1.2 直角角焊缝的计算	4
1.3 斜角角焊缝的计算	21
1.4 不焊透对接焊缝的计算	25
1.5 普通螺栓连接的计算	27
1.6 摩擦型高强度螺栓连接的计算	38
1.7 承压型高强度螺栓连接的计算	44
第 2 章 构件的连接设计	48
2.1 构件的拼接设计	48
2.2 钢牛腿的计算	60
2.3 梁与梁的连接计算	67
2.4 梁与柱的连接计算	71
2.5 柱脚锚栓的计算	76
2.6 梁的支座计算	88
2.7 圆钢管直接相焊接的节点设计	89
第 3 章 轴心受拉构件和拉弯构件的计算	96
3.1 常用轴心受拉构件的计算	96
3.2 单面连接的单角钢轴心受拉构件的计算	104
3.3 节点采用摩擦型高强度螺栓连接的轴心受拉构件的计算	105
3.4 拉弯构件的计算	107
第 4 章 轴心受压构件的计算和设计	110
4.1 概述	110
4.2 实腹式轴心受压构件的计算和设计	111
4.3 轴心受压构件合适长细比的假定	121
4.4 屋盖桁架轴心受压杆件的设计	125

4.5	双肢格构式轴心受压构件的设计 .....	131
4.6	四肢格构式轴心受压构件的设计 .....	144
<b>第5章 受弯构件(梁)的计算和设计 .....</b>		<b>148</b>
5.1	梁的强度计算 .....	148
5.2	梁的整体稳定计算 .....	152
5.3	悬挂式单轨吊车梁的设计 .....	165
5.4	实腹式普通型钢檩条的设计 .....	168
5.5	简支卷边Z形钢檩条的设计 .....	178
<b>第6章 钢板梁的设计 .....</b>		<b>182</b>
6.1	[例题6.1]焊接工字形简支板梁的设计资料 .....	182
6.2	钢板梁截面的初选 .....	183
6.3	钢板梁截面的验算 .....	186
6.4	翼缘截面的改变 .....	188
6.5	腹板局部稳定性的验算(一) .....	194
6.6	腹板局部稳定性的验算(二) .....	196
6.7	中间加劲肋的设计 .....	198
6.8	支承加劲肋的设计 .....	199
6.9	翼缘焊缝 .....	202
6.10	[例题6.2]双层翼缘板焊接工字形板梁的设计资料 .....	204
6.11	截面的验算 .....	205
6.12	外层翼缘板的截断点位置 .....	207
6.13	翼缘焊缝的计算 .....	208
6.14	腹板局部稳定性的验算 .....	210
<b>第7章 压弯构件的设计和计算 .....</b>		<b>212</b>
7.1	概述 .....	212
7.2	实腹式单向压弯构件的设计和计算 .....	214
7.3	实腹式双向压弯构件的计算 .....	240
7.4	格构式压弯构件的设计和计算 .....	246
<b>第8章 疲劳计算 .....</b>		<b>273</b>
8.1	计算规定 .....	273
8.2	计算例题 .....	274
<b>第9章 支撑系统的计算 .....</b>		<b>283</b>
9.1	屋架横向支撑的计算 .....	283



9.2	屋架垂直支撑的计算 .....	290
9.3	柱间支撑的计算 .....	293
<b>第10章</b>	<b>吊车梁设计实例 .....</b>	<b>300</b>
10.1	吊车梁的荷载 .....	300
10.2	简支吊车梁的设计内容和步骤 .....	301
10.3	[例题10.1] 12m简支吊车梁的设计 .....	302
10.4	[例题10.2] 24m简支吊车梁的设计 .....	322
<b>第11章</b>	<b>普通钢屋架设计 .....</b>	<b>342</b>
11.1	概述 .....	342
11.2	[例题11.1] 24m焊接三角形钢屋架的设计资料 .....	342
11.3	屋架杆件几何尺寸的计算 .....	344
11.4	屋盖支撑布置 .....	344
11.5	荷载计算 .....	346
11.6	屋架杆件的内力计算 .....	348
11.7	屋架杆件截面设计 .....	350
11.8	屋架节点设计 .....	361
<b>第12章</b>	<b>门式刚架的弹性设计 .....</b>	<b>377</b>
12.1	[例题12.1]设计资料 .....	377
12.2	檩条及支撑布置 .....	379
12.3	门式刚架的荷载 .....	380
12.4	内力分析 .....	382
12.5	内力组合 .....	383
12.6	构件截面设计 .....	385
12.7	刚架位移的计算 .....	393
12.8	节点设计 .....	397
<b>第13章</b>	<b>门式刚架的塑性设计 .....</b>	<b>401</b>
13.1	机构分析 .....	401
13.2	强度、局部稳定性和整体稳定性验算 .....	409
13.3	位移计算 .....	417
13.4	节点设计 .....	417
<b>第14章</b>	<b>框架柱的计算长度 .....</b>	<b>426</b>
14.1	概述 .....	426
14.2	单层框架柱的计算长度 .....	430

14.3	多层框架柱的计算长度 .....	437
第15章	钢-混凝土组合梁设计 .....	448
15.1	概述 .....	448
15.2	[例题15.1]的设计资料 .....	448
15.3	中间次梁设计 .....	449
15.4	主梁设计 .....	459
15.5	次梁与主梁的连接 .....	471
15.6	[例题15.2]施工阶段钢梁下不设临时支承点的组合梁设计 .....	472
附录一	规范(GBJ17-88)中有关表格摘录 .....	480
附表1.1	3号钢材分组尺寸 .....	480
附表1.2	钢材的强度设计值 .....	480
附表1.3	按《碳素结构钢》(GB700-88)中规定算出的Q235 钢的强度设计值 .....	481
附表1.4	焊缝的强度设计值 .....	481
附表1.5	螺栓连接的强度设计值 .....	482
附表1.6	钢材和钢铸件的物理性能指标 .....	482
附表1.7	受弯构件的容许挠度 .....	482
附表1.8	工字形截面简支梁不需计算整体稳定性的最大 $l_1/b_1$ 值 .....	483
附表1.9	求钢梁横向加劲肋间距的系数 $\eta$ .....	483
附表1.10	求简支吊车梁横向加劲肋间距的参数 $k_1$ 和 $k_2$ .....	484
附表1.11	求简支吊车梁横向加劲肋间距的参数 $k_3$ 和 $k_4$ .....	485
附表1.12	轴心受压构件的截面分类 .....	486
附表1.13	截面塑性发展系数 $\gamma_x$ 、 $\gamma_y$ .....	487
附表1.14	桁架弦杆和单系腹杆的计算长度 $l_0$ .....	488
附表1.15	受压构件的容许长细比 .....	488
附表1.16	受拉构件的容许长细比 .....	489
附表1.17	计算疲劳容许应力幅的参数 $C$ 和 $\beta$ .....	489
附表1.18	循环次数 $n$ 为 $2 \times 10^5$ 次的容许应力幅 .....	489
附表1.19	吊车梁和吊车桁架欠载效应的等效系数 $\alpha_l$ .....	489
附表1.20	疲劳计算的构件和连接分类 .....	490
附表1.21	摩擦面的抗滑移系数 $\mu$ .....	493
附表1.22	每个高强度螺栓的预拉力 $P$ .....	493

附表1.23	螺栓或铆钉的最大、最小容许距离 .....	493
附表1.24	塑性设计时板件的最大宽厚比 .....	494
附表1.25	工字形截面简支梁的整体稳定等效弯矩系数 $\beta_b$ .....	494
附表1.26	钢梁的整体稳定系数 $\varphi_b$ .....	496
附表1.27	轧制普通工字钢简支梁的 $\varphi_b$ .....	496
附表1.28	薄板局部稳定临界应力公式中的参数 $C_1$ 和 $C_2$ .....	497
附表1.29	薄板局部稳定验算中的 $\sigma_c/\sigma$ 的界限值 .....	497
附表1.30	Q235钢(3号钢) $\alpha$ 类截面轴心受压构件的稳定系数 $\varphi$ .....	498
附表1.31	Q235钢(3号钢) $b$ 类截面轴心受压构件的稳定系数 $\varphi$ .....	499
附表1.32	Q235钢(3号钢) $c$ 类截面轴心受压构件的稳定系数 $\varphi$ .....	500
附表1.33	16Mn钢、16Mnq钢 $\alpha$ 类截面轴心受压构件的稳定 系数 $\varphi$ .....	501
附表1.34	16Mn钢、16Mnq钢 $b$ 类截面轴心受压构件的稳定 系数 $\varphi$ .....	502
附表1.35	16Mn钢、16Mnq钢 $c$ 类截面轴心受压构件的稳定 系数 $\varphi$ .....	503
附表1.36	无侧移框架柱的计算长度系数 $\mu$ .....	504
附表1.37	有侧移框架柱的计算长度系数 $\mu$ .....	505
附表1.38	螺栓的有效面积 .....	506
附录二	型钢规格及截面特性 .....	507
附表2.1	热轧等边角钢的规格及截面特性 .....	507
附表2.2.1	热轧不等边角钢的规格及截面特性 .....	513
附表2.2.2	两个长边相连的热轧不等边角钢的组合截面特性 .....	521
附表2.2.3	两个短边相连的热轧不等边角钢的组合截面特性 .....	529
附表2.3	热轧普通工字钢的规格及截面特性 .....	537
附表2.4	热轧普通槽钢的规格及截面特性 .....	539
附表2.5	热轧无缝钢管的规格及截面特性(部分摘录) .....	541
附表2.6	冷弯薄壁卷边Z形钢的规格及截面特性 .....	543
附表2.7	几种常用截面的回转半径近似值 .....	545
	主要参考文献 .....	546

# 第1章 连接计算

本章内容包括对接焊缝、角焊缝、普通螺栓和高强度螺栓等连接的计算。连接计算不仅应包括求解所需焊缝的尺寸、所需螺栓的数目，还应包括焊缝或螺栓的布置，特别是要注意对它们的构造要求，如是否满足角焊缝最小尺寸和最大尺寸要求、是否满足螺栓的最小和最大中心距和边距要求等。简单的连接如只承受轴心力的连接，可直接求出所需的焊缝尺寸或螺栓数目而后进行布置和排列。受力较复杂的连接，则常需先假定连接的尺寸、数量和布置，然后进行强度验算；不满足要求时，需修正以前的假定重新计算。

## 1.1 对接焊缝的计算

对接焊缝主要用于对接连接和T形连接中。焊缝质量级别较高的一级和二级对接焊缝<sup>①</sup>，其强度设计值与钢材的相同，焊缝有效截面也常与构件截面相同（焊接时无法采用引弧板的情况除外），因而所连接的构件如已满足强度要求，则焊缝的强度就不必再行计算。对质量为三级的焊缝，其抗拉和抗弯的强度设计值按规范规定等于相应钢材强度设计值的85%，因而需进行计算。对接焊缝的计算主要是指这种情况下的连接。此外，对施工条件较差的高空安装焊缝，设计规范规定其强度设计值尚应乘以折减系数0.9，也应属需计算之列。对接焊缝在外力作用下的计算公式与构件截面的计算公式相同。

---

<sup>①</sup> 焊缝质量级别的检验标准见《钢结构工程施工及验收规范》GBJ205。

**【例题 1.1】** 某简支钢梁，跨度  $l = 12\text{m}$ ，截面如图 1.1 示，钢材为 Q235—B·F 钢，抗弯强度设计值  $f = 215\text{N/mm}^2$ ，承受均布静力荷载设计值  $q = 69\text{kN/m}$ 。设梁有足够的侧向支承，不会使梁侧扭屈曲，因而截面由抗弯强度控制。今因钢板长度不够，拟对腹板在跨度方向离支座为  $x$  处设置工厂焊接的对接焊缝（图 1.1a），焊缝质量等级为三级，手工焊，E43 型焊条。试根据焊缝的强度，求该拼接焊缝的位置  $x$ 。

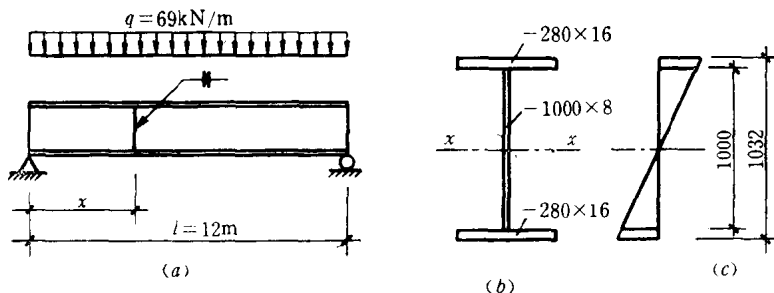


图 1.1 例题 1.1 图  
(a) 简支梁；(b) 截面尺寸；(c) 应力图

**【解】** 一、截面几何特性（图 1.1b）

对接焊缝的有效截面与腹板相同，因而焊缝的截面几何特性不变，与母材相同。

$$\begin{aligned} \text{惯性矩} \quad I_x &= \frac{1}{12} (28 \times 103.2^3 - 27.2 \times 100^3) \\ &= 297911\text{cm}^4 \end{aligned}$$

$$\text{截面抵抗矩} \quad W_x = \frac{297911}{51.6} = 5773\text{cm}^3$$

翼缘板面积静矩

$$S_x = 28 \times 1.6 \times 50.8 = 2276\text{cm}^3$$

二、腹板对接焊缝处梁能承受的弯曲应力

① 荷载设计值为恒荷载和活荷载标准值各乘以它们的荷载分项系数之和。以后不再加注。

$x$  处截面上的弯曲应力图如图 1.1c 示。已知三级对接焊缝抗弯强度设计值  $f_w^w = 185 \text{ N/mm}^2$  (附表 1.4)。按对接焊缝的抗弯强度要求, 该处梁截面能承受的边缘纤维弯曲拉应力为

$$\sigma_{\max} = 185 \times \frac{1032}{1000} = 190.9 \text{ N/mm}^2$$

三、由焊缝处梁截面能承受的  $\sigma_{\max}$  求  $x$

该处梁截面上的最大拉应力应满足下式的要求:

$$\frac{M_x}{W_x} \leq \sigma_{\max}$$

$$\begin{aligned} \text{即} \quad M_x &\leq \sigma_{\max} W_x = 190.9 \times 5773 \times 10^3 \times 10^{-6} \\ &= 1102 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{由} \quad M_x &= \frac{1}{2} q l x - \frac{1}{2} q x^2 = \frac{1}{2} \times 69 \times 12 x \\ &\quad - \frac{1}{2} \times 69 x^2 = 1102 \end{aligned}$$

$$\text{得} \quad 34.5 x^2 - 414 x + 1102 = 0$$

解得

$$x = \frac{414 - \sqrt{414^2 - 4 \times 34.5 \times 1102}}{2 \times 34.5} = 3.986 \text{ m} \approx 4.0 \text{ m}$$

按焊缝的抗拉强度, 腹板的拼接焊缝必须位于离梁支座小于或等于 4.0m 处。

**【讨论】** 1. 腹板对接焊缝下端同时承受弯曲拉应力  $\sigma$  和剪力  $\tau$ , 理应按下式验算该处的折算应力:

$$\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq 1.1 f_w^w \quad (a)$$

$$\text{今弯曲应力} \quad \sigma = f_w^w = 185 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{剪力} \quad V &= \frac{1}{2} q l - q x = \frac{1}{2} \times 69 \times 12 - 69 \times 4 \\ &= 138 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{剪应力} \quad \tau &= \frac{V S_x}{I_x t_w} = \frac{(138 \times 10^3)(2276 \times 10^3)}{(297911 \times 10^4) \times 8} \\ &= 13.2 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

代入 (a) 式, 得

$$\sqrt{185^2 + 3 \times 13.2^2} = 186.4 < 1.1 \times 185 = 203.5 \text{ N/mm}^2, \\ \text{可。}$$

以上计算说明在本例题及类似本例题的情况中, 焊缝的折算应力常不是控制条件, 可不计算。

2. 若腹板的对接焊缝质量等级改为二级, 则  $f_f^v = 215 \text{ N/mm}^2$ , 与钢板强度设计值  $f$  相同, 此时的工厂拼接焊缝位置就不受限制,  $x$  可为  $0 \sim 12 \text{ m}$  之间任意值。

## 1.2 直角角焊缝的计算

设计规范 GBJ17—88 第 7.1.2 条对直角角焊缝的计算作了如下规定: 在  $\sigma_f$  和  $\tau_f$  共同作用处, 焊缝强度的计算公式为

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma_f}{\beta_f}\right)^2 + \tau_f} \leq f_f^v \quad (1.1)$$

在  $\sigma_f$  或  $\tau_f$  单独作用下, 由式 (1.1) 可分别得计算公式为

$$\sigma_f \leq \beta_f f_f^v \quad (1.2)$$

和 
$$\tau_f \leq f_f^v \quad (1.3)$$

式中: 对承受静力荷载和间接承受动力荷载的结构, 取  $\beta_f = 1.22$ ; 对直接承受动力荷载的结构, 取  $\beta_f = 1.0$ 。

在外力作用下,  $\sigma_f$  和  $\tau_f$  都是按角焊缝的有效截面  $h_e l_w$  计算,  $\sigma_f$  是垂直于焊缝长度方向的应力,  $\tau_f$  则是沿焊缝长度方向的应力。 $\tau_f$  必然是角焊缝有效截面上的剪应力, 而  $\sigma_f$  则不是角焊缝有效截面上的正应力, 因为  $\sigma_f$  只是垂直于角焊缝的焊脚, 而不是垂直于有效截面。

**【例题 1.2】** 图 1.2 示角钢构件的节点角焊缝连接。构件重心至角钢背的距离  $e_1 = 38.2 \text{ mm}$ 。钢材为 Q235—B·F 钢, 手工焊, E43 型焊条。构件承受由静力荷载产生的轴心拉力设计值  $N = 1100 \text{ kN}$ 。三面围焊。试设计此焊缝连接。

**【解】** 一、角焊缝的焊脚尺寸  $h_f$

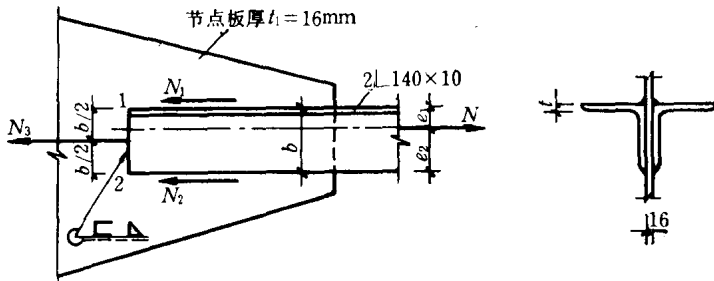


图 1.2 例题1.2图

最大  $h_f \leq t - (1 \sim 2)\text{mm} = 10 - 2 = 8\text{mm}$

最小  $h_f \geq 1.5 \sqrt{t_1} = 1.5 \sqrt{16} = 6\text{mm}$

采用  $h_f = 8\text{mm}$ , 满足上述要求 (见规范第8.2.7条)。

二、构件端部正面角焊缝所能承受的力

角焊缝强度设计值为  $f_f^w = 160\text{N/mm}^2$  (附表1.4)

$$N_3 = 0.7 h_f \sum l_{w3} \beta_f f_f^w = 0.7 \times 8 \times 2 \times 140 \times 1.22 \times 160 \times 10^{-3} = 306\text{kN}$$

三、角钢背部侧面角焊缝长度

对点2求力矩, 由  $\sum M_2 = 0$  得

$$\begin{aligned} N_1 b + N_3 \frac{b}{2} &= N e_2 \\ N_1 &= N \frac{e_2}{b} - \frac{N_3}{2} \\ &= 1100 \times \frac{140 - 38.2}{140} - \frac{306}{2} \\ &= 1100 \times 0.727 - 153 = 646.7\text{kN} \quad (a) \end{aligned}$$

所需角钢背部侧面角焊缝的计算长度

$$l_{w1} = \frac{N_1}{\sum 0.7 h_f f_f^w} = \frac{646.7 \times 10^3}{2 \times 0.7 \times 8 \times 160} = 361\text{mm}$$

$l_{w1} < 60 h_f = 60 \times 8 = 480\text{mm}$ ,  $l_{w1} > 8 h_f = 8 \times 8 = 64\text{mm}$ , 满足构造要求。

实际长度  $l_1 = 361 + 5 = 366\text{mm}$ , 用370mm。



#### 四、角钢趾部侧面角焊缝长度

对点 1 求力矩, 由  $\Sigma M_1 = 0$ , 得

$$\begin{aligned} N_2 &= N \frac{e_1}{b} - \frac{N_3}{2} \\ &= 1100 \times \frac{38.2}{140} - \frac{306}{2} \\ &= 1100 \times 0.273 - 153 = 147.3 \text{ kN} \end{aligned} \quad (b)$$

(或  $N_2 = N - N_1 - N_3 = 1100 - 646.7 - 306 = 147.3 \text{ kN}$ )

所需角钢趾部侧面角焊缝的计算长度

$$l_{w_2} = \frac{N_2}{\Sigma 0.7 h_f f_f^w} = \frac{147.3 \times 10^3}{2 \times 0.7 \times 8 \times 160} = 82.2 \text{ mm}$$

$l_{w_2} < 60 h_f = 480 \text{ mm}$ ,  $l_{w_2} > 8 h_f = 64 \text{ mm}$ , 满足构造要求。  
实际长度  $l_2 = 82.2 + 5 = 87.2 \text{ mm}$ , 用  $90 \text{ mm}$ 。

**【说明】** 1. 由于三面围焊必须连续施焊, 因此两条侧面角焊缝的实际长度各为其计算长度另加  $5 \text{ mm}$ 。

2. 在三面围焊中, 由于连续施焊, 因此三面的焊缝采用了同一焊脚尺寸  $h_f = 8 \text{ mm}$ 。在采用两面侧焊中, 沿角钢背和角钢趾的两条焊缝可以采用不同的焊脚尺寸  $h_{f_1}$  和  $h_{f_2}$ 。此时沿角钢背的  $h_{f_1}$  应满足  $h_{f_1} \leq 1.2t = 1.2 \times 10 = 12 \text{ mm}$  (规范第 8.2.7 条)。

3. 上述算式 (b) 和 (a) 中的  $e_1/b$  和  $e_2/b$ , 在实际设计中对等边角钢常近似采用 0.3 和 0.7。

4. 当用两面侧焊时, 上述公式 (a) 和 (b) 仍然适用, 只需令式中的  $N_3 = 0$  即可。

5. 当构件为单角钢时, 根据规范第 3.2.2 条的规定, 单面连接角焊缝的强度设计值应乘以折减系数 0.85, 即  $f_f^w = 0.85 \times 160 = 136 \text{ N/mm}^2$ , 其余计算均相同。

**【例题 1.3】** 图 1.3 示一出双槽钢组成的箱形柱上的钢牛腿, 由两块各厚  $22 \text{ mm}$  的钢板组成, 钢材为 Q235-B·F 钢。牛腿承受静力荷载设计值  $V = 300 \text{ kN}$ 。每块牛腿钢板由四条角焊缝与槽钢相焊接, 尺寸如图示, 手工焊, E43 型焊条。求应采用的焊脚尺寸  $h_f$ 。