

573980

5592
7/3544

实用钢结构 塑性设计

[美] ROBERT O. DISQUE 著

周足望 薛浦麟 译



清华大学图书馆

本馆藏

中国人民解放军工程兵工程学院训练部

本书的第一章、第二章、第三章、第四章、第五章、第七章及附录由周足望同志译出。原序及第六章由薛浦麟同志译出。全书由薛浦麟同志审校。

原 序

本书的主要目的是向工科学生和实习工程师提供有关钢结构塑性设计的方法和步骤。

书内阐述了塑性设计的基本理论，但重点在于设计和杆件的实际选择。其中，专有一章讲解连接和细部，基本上，这是一本“如何设计”的书。至于对研究和分析的更深入探讨，请读者参阅美国土木工程师学会和焊接研究会出版的“钢塑性设计手册——附说明”。

本书所用设计步骤大部分是根据美国钢结构协会于1969年12月采用的“建筑钢结构的设计，制造和架设规范”第二部份的规定。第七章中关于支撑杆件设计的公式与美国土木工程师学会和焊接研究会“钢塑性设计手册”所介绍的公式是一致的。

本书的第二个但又同等重要的目的是强调了钢的塑性。据作者的经验，许多结构工程师在计算钢杆件、连接或细部的强度时，过于关注于弹性应力。过去用弹性应力来分析钢结构，所得的结果是安全而经济的。然而，在许多情况中，这样分析和实际的结构性能间的关系比较更符合真实。在某些情况下，弹性分析甚至又将设计者引向并非是保守的一面。特别在焊接的连接方面的确如此。例如，过度的加劲会引起危险的内锁应力或者阻止了细部的正常变形，这种变形是为了重新分布荷载。在这种情况下，重视钢的韧性就会使得设计更好更安全。

为了便于读者，在附录中附有专为设计用的图表。附录A、B、C和D是在美国钢结构协会的同意下复制的。附录E和F则承蒙美国钢铁协会的结构钢产商协会和钢板产商协会提供。

书中所述观点是作者本人的。但匹兹堡大学土木系主任 *Joel I. Abrams* 博士，纽约·斯约瑟的咨询工程师 *Frederick S. Merritt* 和美国钢结构协会在威司康新，米尔瓦基地区的高级工程师 *Willard H. Hart* 对原稿进行了校核并提出了宝贵的意见，谨致以诚挚的谢意。

Grace M. Phillips 女士对原稿进行了仔细的打字工作亦予致谢。

Robert O. Disque

1971年 6月于

西港·康涅狄格

573980

5592

7/3544

5592

7/3544

7/3544 (DIS-
a. R. C. 137

目 录

原序

第一章 结构钢的强度	(1)
1—1 应力应变关系	(1)
1—2 拉力强度	(2)
1—3 压力强度	(3)
1—4 挠曲强度	(5)
1—5 焊 接	(6)
1—6 螺 栓	(7)
1—7 荷载系数	(10)
1—8 例 题	(11)
第二章 连续梁	(14)
2—1 破坏机构	(14)
2—2 塑性弯矩图	(15)
2—3 局部压屈——截面的塑性设计	(15)
2—4 侧向扭屈	(16)
2—5 剪 切	(17)
2—6 拼接位置	(18)
2—7 拼接设计	(21)
2—8 组合杆件	(21)
2—9 挠 度	(23)
2—10 例 题	(23)
第三章 弯曲和轴向荷载的联合作用	(27)
3—1 相互作用	(27)
3—2 塑性弯矩 M_{pc} 的简化	(28)
3—3 有端部弯曲的柱的极限长度	(29)
3—4 设计步骤	(30)
3—5 柱的设计图	(30)
3—6 例 题	(31)
第四章 单层支撑构架	(36)
4—1 设计步骤	(36)

4—2 框架的稳定——撑架设计	(36)
4—3 偏移—— $P\Delta$ 弯矩	(38)
4—4 例 题	(39)
第五章 无支撑单层构架	(50)
5—1 静力法或图解法	(50)
5—2 机动法或虚功法	(57)
5—3 弯矩平衡法	(63)
5—4 例 题	(65)
第六章 多层支撑构架	(74)
6—1 垂直支撑系	(74)
6—2 $P\Delta$ 效应	(75)
6—3 节点平衡	(76)
6—4 节点转动的相容性	(77)
6—5 格式荷载	(80)
6—6 倾移控制	(81)
6—7 设计步骤	(82)
6—8 例 题	(83)
第七章 连接和细部	(93)
7—1 托架和偏心连接	(93)
7—2 梁的拼接	(95)
7—3 角隅焊接连接	(97)
7—4 梁柱焊接连接	(103)
7—5 端板连接	(106)
7—6 铰支撑设计	(113)
7—7 例 题	(115)
参考材料	(118)
附录A AISC (美国钢结构协会) 规范关于建筑钢结构的设计, 制造和 架设, 第二部分——塑性设计	(120)
附录B 受压杆件 弹性设计允许应力值	(130)
附录C 受压杆件弹性设计允拉应力值 F_e'	(132)
附录D 塑性设计选择用表	(133)
附录E 柱的设计图	(139)
附录F 弯矩——转动曲线	(145)
本书所用符号意义	(151)

第一章 结构钢的强度

结构钢是一种韧性材料并能根据它的塑性或极限强度进行设计。韧性是材料的一种性质，它使材料能承受大的变形而不断裂。以弹性理论设计结构钢时，结构工程师们已经在许多方面本能地利用了钢的韧性。

梁柱之间的简单剪力连接就是一个例子。由于连接材料的韧性，使梁的弯矩不致影响到柱。同时，也使连接材料本身不致因承受由荷重梁引起的转动而破坏。

塑性设计与弹性设计不同。它在分析和计算时利用了材料的韧性，从而导致下列几个方面的优点：

- 1、它更准确地予示出结构的状态和极限能力；
- 2、它得出一个更一致的“安全系数”；
- 3、它设计出的结构通常较轻；
- 4、它只用简单静力学进行计算，故设计方法较简单。

1—1 应力应变关系

图 1—1 是结构钢的应力应变曲线图。用允许应力（弹性）设计时，仅考虑弹性部分并假定当杆件任一部分的计算应力到达材料的最初屈服点 A 时，结构的使用即达到极限。而塑性设计则是利用曲线到应变硬化开始的 B 点（图 1—1 (b)）。

图 1—1 (c) 是曲线到 B 点这一部分的简化的应力应变曲线并作为塑性设计的依据。

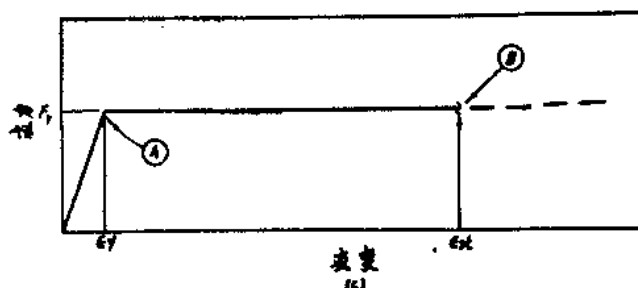
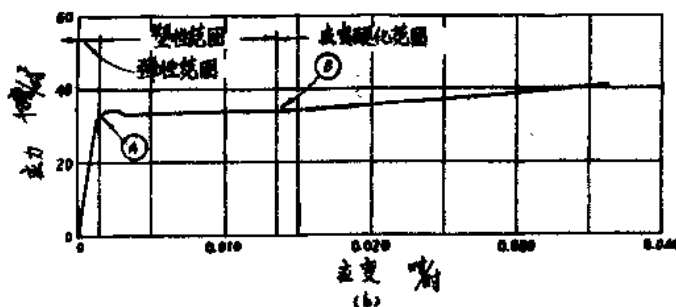
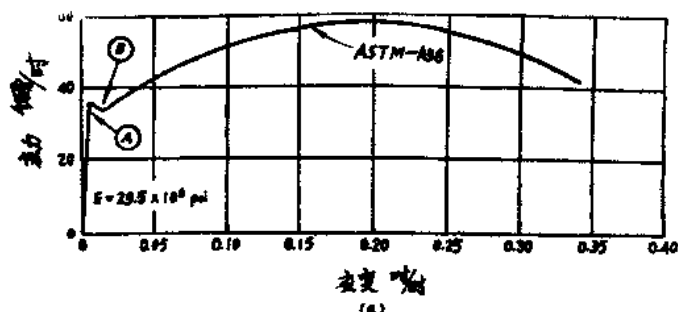


图 1—1 结构钢的应力应变图

从A点到B点的塑性应变约15倍于到达A点时的弹性应变。它代表了钢的韧性。B点以外的应变硬化部分在塑性设计忽略不计，只是对无约束变形的一个附加的安全因素。

1—2 拉力强度

按照塑性理论，钢件截面所能抵抗的极限拉力荷载等于其截面积与到达应变硬化开始前的最大应力的乘积。

$$P_y = F_y A \quad (1.1)$$

式中

F_y = 材料规定的屈服强度 千磅/吋²

A = 拉杆横截面净面积 吋²

公式1.1指出何以偏心距在钢结构中常常容许忽视不计，图1—2是拉杆偏心地焊接在节点板上的例子。

在工作荷载的作用下，杆件截面的应力分布如图1—2(b)所示。若荷载继续增加，则最大拉应力 $P/A + Pe/S$ (A 为横截面面积， S 为截面系数) 达到屈服应力 F_y 。

此时，无论荷载再继续增加，最大拉应力本身限制在 F_y 处。此附加荷载一直可加到整个断面发生屈服进入到塑性状态为止，如图1—2(c)。假定杆件断面所抵抗的极限荷载为 $F_y A$ ，(由于发生的应变硬化，这个值还是保守的。) 则极限荷载对工作荷载的比为 $F_y A/P$ 。

这过程叫做“应力重分配”。在钢的细部象连接，梁托，撑架和加劲杆等是常见的。

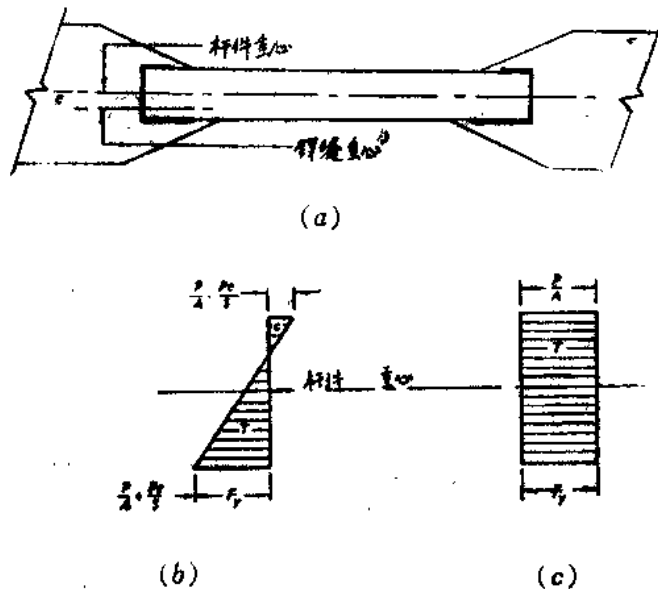


图 1—2

举例说明

决定图1—3(a)所示拉杆能承受的荷载，已知条件为：

杆件	面积	屈服应力 (F_y)
AD	4.0时 ²	36.0千磅/时 ²
BD	6.0时 ²	50.0千磅/时 ²
CD	5.0时 ²	36.0千磅/时 ²

解

每一杆件的极限荷载为其截面积与屈服应力的乘积，如图1—3 (b) 所示。杆件CD承拉的极限能力为180千磅/时²，但为了与水平方向力的平衡不能充分发挥出来，故CD只负担AB的水平分力见图1—3 (c) 所示的隔离体图，得出 $P=415.2$ 千磅。

1—3 压力强度

如果不受任何形式的压屈或并存的弯矩作用，钢能承受的极限压力荷载与受拉时相同亦可用公式1—1求出。

$$P_y = F_y A$$

应力重分配与在拉力中发生的一样。一个普通的例子是建筑柱的拼接，在安装时，柱材的支承面之间总存在着小的缝隙。但当作用的荷载加大时，接触面先达到屈服应力 F_y 而成为塑性。然后荷载重分配到应力较小的面上。直到所加荷载达到大于 $F_y A$ 的某值时，才会出现破坏。

大多数压杆在其全部塑性强度到达之前都要招致压屈，在这种情况下，极限荷载 P_{cr} 千磅由下式计算：

$$P_{cr} = F A F_a \quad (1.2)$$

式中

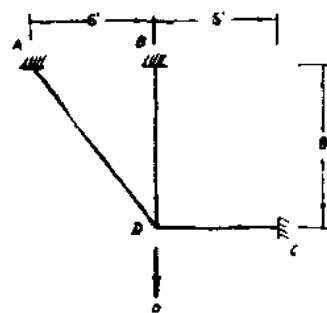
F_a = 按弹性设计规定的杆件允许工作（资用）应力，千磅/时²

A = 横断面的毛面积，时²

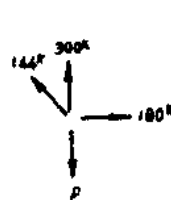
F = 美国钢结构学会 (AISC) 规定的系数为1.7。

允许资用应力 F_a 是按 AISC 规范中关于建筑钢结构的设计、制造和安装部分所规定的公式计算：

$$F_a = \frac{\left[1 - \frac{(Kl/r)^2}{2C_e^2} \right] F_y}{F.S.} \quad (1.3)$$



(a)



(b)



(c)

图 1—3

式中 $C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}}$

$F.S.$ = 由 AISC 规定的安全系数, 其值在 1.67 (当 Kl/r 等于零时) 和 1.92 (当 Kl/r 等于 C_c 时) 之间变化。

当 Kl/r 超过 C_c 时, 则按公式

$$F_a = \frac{\pi^2 E}{(F.S.)^2 (Kl/r)^2} = \frac{149000}{(Kl/r)^2} \quad (1.4)$$

式中

$F.S.$ = 由 AISC 规定的一个不变的安全系数即 1.92

在 1.3 和 1.4 两式中, Kl/r 是绕两个轴线中的一个较大的长细比。

K 为“有效长度”系数, 在塑性设计中取 1.0, 但作为无支撑框架杆件的柱时则例外。在这种情况下, K 值可大于 1.0, 视柱两端固定性质和程度而定。

有几种推算 K 值的方法, (见 AISC 规范, AISC 手册中的说明) 在塑性设计中, 按图 1—4 选择最接近于问题情况的 K 值是足够准确的了。在两种情况之间, 则可按工程判断允许用内插法。第五章将说明 K 值的选择对实际柱的选择为什么影响甚微。

在实际设计中, 不需要从公式 1.3 或 1.4 去求 F_a 的值, 为此目的, 在 AISC 手册中已有编制好包括所有等级钢材的表格。其中屈服应力为 36 千磅/时² 和 50 千磅/时² 的两种钢材选用在本书附录 B 中。这样 F_a 就可以作为最大长细比 Kl/r 的函数直接决定。

虚线表示柱的屈曲型式	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
	理论 K 值	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0
当接近理想条件时推荐的值	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
末端条件符号						
		转动固定和移动固定 转动自由和移动固定 转动固定和移动自由 转动自由和移动自由				

图 1—4 柱的有效长度系数 K

举例说明

选择长13呎并承受1350千磅的垂直极限荷载的柱的截面积，柱的下部固定，抵制转动和移动；上部固定，抵制转动但能自由移动。钢材的屈服应力为50千磅/吋²。

解

从图1—4知条件C与设计条件相符，故选用1.2的K值。

试取W14×111

$$\frac{KI}{r_y} = \frac{1.2 \times 13 \times 12}{3.73} = 50$$

从AISC手册或附录B查得 $F_a = 24.35$ 千磅/吋²

$$P_{cr} = 1.7 \times 24.35 \times 32.7 = 1360 \text{ 千磅} > 1350 \text{ 千磅}$$

可以

1—4 挠曲强度

钢件截面的极限挠曲强度按它的“塑性弯矩” M_p 去计量。

图1—5(a)所示为弯曲荷载开始时横截面上的应力分配。各纤维层的弯曲应力 f_b 都处在弹性范围内。

当荷载继续增加(图1—5(b))，到达截面的外层纤维刚开始屈服时，这时这些纤维是位于应力应变曲线(图1—1)的A点。在这点上的有效抗弯矩叫做屈服弯矩 M_y 。

$$M_y = F_y S \quad (1.5)$$

式中

F_y = 钢的屈服应力，千磅/吋²

S = 截面的截面模数，吋³

当荷载再继续增加，屈服应力向截面各层扩展(图1—5(c))。此时各层应力虽继续增加但不超过屈服应力，而抗弯矩继续增加。

荷载可一直加到整个截面出现屈服应力(图1—5(d))，这种情况下出现的最大弯矩就称为塑性弯矩 M_p 。

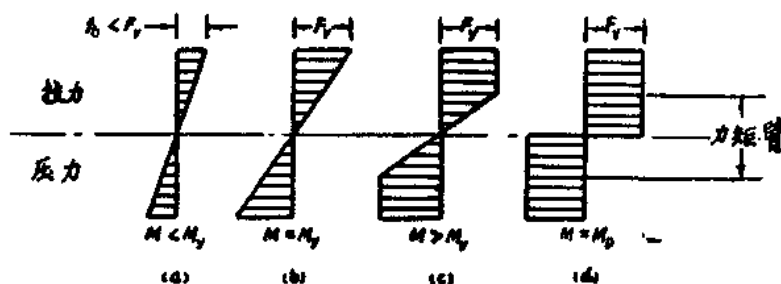


图 1—5

在此最后阶段，压力和拉力等于屈服应力和应力作用面积的乘积。这两个力乘上其力矩臂就等于塑性弯矩 M_p 。

$$M_p = F_y Z \quad (1.6)$$

式中

Z = “塑性模数”即中和轴上、下两面积矩的和，吋³。

钢截面的塑性模数为其横截面尺寸的函数。例如矩形截面的塑性模数（图1—6）是

$$Z = 2 \left[\frac{bd}{2} \times \frac{d}{4} \right] = \frac{bd^2}{4} \quad (1.7)$$

各种型钢的塑性模数见AISC手册。

“形状系数”是已知形状的塑性模数 Z 与用弹性设计时的截面模数 S 的比值。例如，矩形截面的截面模数是 $\frac{bd^3}{6}$ ，截面的塑性模数是 $\frac{bd^2}{4}$ ，故形状系数为

$$\frac{\frac{bd^2}{4}}{\frac{bd^3}{6}} = 1.5$$

不同截面的塑性模数及形状系数见表1—1

大多数工字梁和绕其强轴弯曲的宽翼缘梁的形状系数在1.09与1.20之间变化，作为设计用，一般取1.12。

举例说明：

设计一宽翼缘梁，简支承之间的跨距为20呎，承受极限荷载为每呎4.0千磅，假定横向连续支撑，钢为A36。

解

所需塑性弯矩 $M_p = \frac{1}{8} (4.0) \times (20)^2 = 200$ 呎—千磅，

$$\text{所需塑性模数 } Z = \frac{200 \times 12}{36} = 66.7 \text{ 吋}^3$$

试取W18×35，从AISC手册得 $Z = 66.8 \text{ 吋}^3$

用W18×35

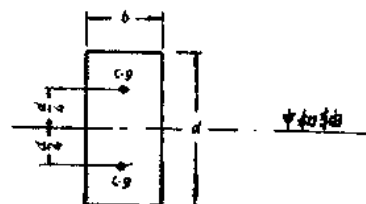


图 1—6

塑性模数 Z	$\frac{bd^2}{4}$	$\frac{bd^2}{12}$	$\frac{d^3}{6}$	$\frac{\pi d^3}{4}$
形状系数 Z/S	1.5	1.0	1.7	1.27

1—5 焊 接

焊接金属的强度一般大于基金属。因此在塑性设计中，完全溶透的对接焊缝，是按照所连接的钢材来计算的。重要的是只能采用正确配合基本金属的焊条。AISC规定了各级钢材适宜的焊接程序。

至于角焊缝在塑性设计中所用的应力等于弹性允许应力乘以系数1.7。例如，E70XX焊条允许角焊缝应力为21.0千磅/吋²，在塑性设计中它成为 $1.7(21.0) = 35.7$ 千磅/吋²。

在设计中按每 $\frac{1}{16}$ 吋的贴角尺寸来计算焊接强度值(每吋千磅)是很方便的。对于E70XX焊条,其值是

$$\frac{35.7 \times 0.707}{16} = 1.58 \text{ 每吋千磅}$$

为了读者方便,在这基础上制定了表1—2,表中数字是以A36钢和大多数其他屈服应力到达60千磅/吋²的钢材采用E70XX焊条为准。

至于弹性设计,角焊缝在偏心连接时可直接按力的向量加法来计算,设计步骤在第七章中叙过。

表1—2 采用E70XX焊条时角焊的塑性设计荷载——每吋千磅

焊接尺寸	$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{1}{2}$
荷载	3.16	4.74	6.31	7.90	9.47	11.05	12.62

举例说明

计算图1—7所示的连接所能承受的最大荷载。设用50千磅/吋²钢及E70XX焊条

解

从表1—2得知角焊的最大荷载为

$$4.73 (2 \times 10 + 6) = 123.24 \text{ 千磅}$$

对于 $\frac{1}{2}$ 吋钢板的最大荷载为

$$50 \times 6 \times \frac{1}{2} = 150 \text{ 千磅}$$

对于 $\frac{3}{8}$ 吋钢板的最大荷载为

$$50 \times 7 \times \frac{3}{8} = 131 \text{ 千磅}$$

控制条件是焊缝,所以,最大荷载为123.24千磅。

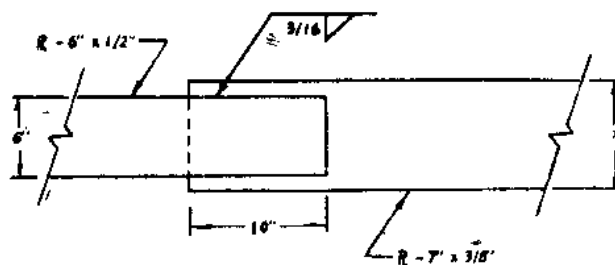


图 1—7

1—6 螺 栓

同焊接一样,在塑性设计中螺栓应力是按其弹性允许应力乘以系数1.7来计算。如允许拉应力为40.0千磅/吋²的A325螺栓,其塑性设计应力是 $40.0 \times 1.7 = 68$ 千磅/吋²,表1—3列出了螺栓及类似扣件的塑性设计用的剪切应力 F_v 和拉伸应力 F_t ,为了便于设计在表1—4中给出了螺栓的设计荷载。A307和A325螺栓多与A36钢用在一起,而A490螺栓除A36号钢外还与较高等级的钢材用在一起。

如果螺栓或铆钉亦承受剪力则其拉应力必须折减。根据允许应力设计,用于这种折算的相互作用公式按AISC规定,将这些公式改用为塑性设计时必须乘以系数1.7。表1—5为用于承压式节点塑性设计的相互作用公式。

表 1—3

连接件的塑性设计应力——千磅/吋²

杆 件 种 类	拉力 (F_t)	剪力(F_v)	
		摩擦式连接	承压式连接
A502、1级, 热铆			
铆钉	34.0		25.5
A502、2级, 热铆			
铆钉	46.0		34.0
A307螺栓	34.0		17.0
钢的螺纹部分			
符合 1.4.1 节要求	F_y^1		$0.5F_y$
A325和 A449			
螺栓, 螺纹包含在剪切面内	68.0 ²	25.5	25.5
A325和 A449			
螺栓, 螺纹未包含在剪切面内	68.0 ²	25.5	36.5
A490螺栓,			
螺纹包含在剪切面内	92.0 ^{2, 4}	34.0	36.5
A490螺栓,			
螺纹未包含在剪切面内	92.0 ^{2, 4}	34.0	54.5

1、用于拉应力面积等于 $0.7854 \left(D - \frac{0.9742}{n} \right)^2$

式中 D 为主螺纹直径, n 为每吋螺纹数。

2、用于标称的螺栓面积。

3、因为膨胀杆的标称面积小于应力面积, 故以前者面积控制。

4、仅静载重。

表 1—4

螺栓的塑性设计荷载——千磅

螺 栓 直 径	螺 栓 型 号					
	A307		A325		A490	
	剪力	拉力	剪力*	拉力	剪力*	拉力
5/8	5.22	7.68	11.48	20.86	16.69	28.17
3/4	7.51	11.37	16.52	30.04	24.04	40.56
7/8	10.22	15.69	22.49	40.89	32.70	55.20
1	13.34	20.59	29.38	53.41	42.72	72.10
1 $\frac{1}{8}$	16.90	25.96	37.18	67.59	54.08	91.26
1 $\frac{1}{4}$	20.86	32.95	45.90	83.45	66.76	112.66
1 $\frac{3}{8}$	25.24	39.27	55.54	100.98	80.78	136.31
1 $\frac{1}{2}$	30.04	47.79	66.10	120.16	96.14	162.21

* 螺纹不包含在剪切面内的承压节点

表 1—5

螺栓塑性设计用的相互作用公式

螺 栓 型 号	塑 性 设 计 用 的 公 式
A307	$F_t = 47.6 - 1.6f_v \leq 34.0$
A325	$*F_t = 85.0 - 1.6f_v \leq 68.0$
A490	$*F_t = 119.0 - 1.6f_v \leq 92.0$
F_t = 塑性设计拉应力——千磅	
f_v = 根据加系数的荷载计算的剪力——千磅/吋 ²	

* 承压式节点

举例说明

计算图 1—8 所示连接能传递的最大荷载 P 。假定用 50 千磅/吋² 的钢材，螺栓为 A490，螺纹不包含在剪切面内。

解

螺栓承受剪切的最大荷载从表 1—4 得

$$P = 32.7 \times 4 = 131 \text{ 千磅}$$

螺栓承受挤压的最大荷载从 AISI 手册 (4—7 页) 得

$$P = 1.7 \times 29.5 \times 4 = 200 \text{ 千磅}$$

钢板承受拉伸的最大荷载为

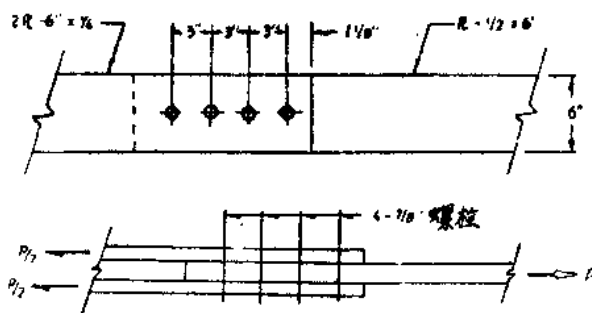


图 1—8

$$P = 1.7 \times 50.0 \times 6 \times \frac{1}{2} = 253 \text{ 千磅}$$

(螺栓孔减少的断面积无需扣除, 因为净截面面积比毛面积的85%为大。见第七章)
螺栓控制的条件是剪力, 所以最大荷载为131千磅。

1—7 荷载系数

塑性设计的计算是以规定的屈服应力 F_y 千磅/吋² 来进行的, 因此, 在塑性理论下, 计算杆件或部件所需的极限能力是用设计的工作荷载乘上“荷载系数”。实际上, 即是在加系数的荷载下, 应变硬化起了阻止破坏的作用。

AISC规定的荷载系数为:

情况 I 活荷载加静荷载 = 1.7

情况 II 活荷载加静荷载和风力或地震力的联合作用 = 1.3

荷载系数 1.7 相当于按弹性理论设计简单梁时所习用的安全系数。说明如下:

在弹性设计中, (见图 1—9), 设计或允许力矩是

$$M_a = F_a S \quad (1.8)$$

式中

F_a = 允许弯曲应力 = $F_y/1.5$

S = 截面的截面模数 $\approx Z/1.12$

代入式 (1.8)

$$M_a = \frac{F_y Z}{1.5 \times 1.12}$$

因 $M_p = F_y Z$

$$M_a = \frac{F_y Z}{1.5 \times 1.12}$$

或者 $M_p = 1.68 M_a \approx 1.7 M_a$

因此, 工作荷载 W , 在达到使用的弹性限度以前能以1.5的系数增加而在达到塑性限度以前则用1.7的系数。以简单梁为准, 荷载系数对弹性和塑性设计的“实际”负荷能力相同。

对情况 II, 荷载系数近似于弹性设计中长期采用的允许应力增加 1/3。比较两种方法的比值就可看出。用允许应力设计

$$\frac{M_a}{1.33 M_a} = 0.75$$

用塑性设计

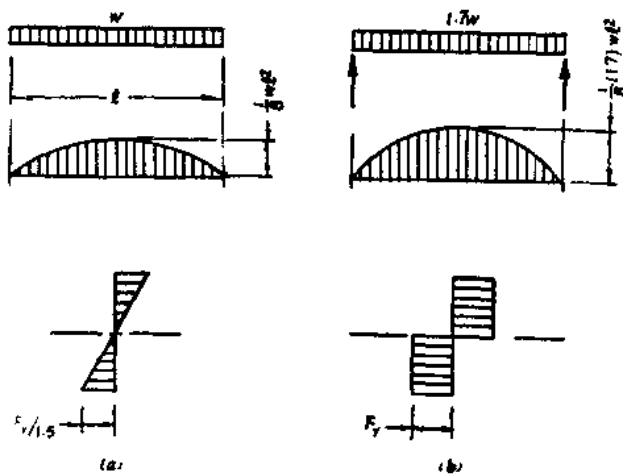


图 1—9

$$\frac{1.3}{1.7} = 0.765 \approx 0.75$$

1—8 例 题

习题 1—1

选择屈服强度为36千磅/吋²的钢柱截面尺寸。工作荷载为70千磅，用荷载系数1.7。

解

从公式 1—1 $A = \frac{F P_f}{F_y}$

$$A = \frac{1.7 \times 70}{36.0} = 3.31 \text{ 吋}^2$$

用 $\phi \frac{1}{8}$ 吋钢柱，截面积 = 3.45 吋²

习题 1—2

推导计算组合大梁的塑性模数的公式。（见图 1—10）

解

翼缘 翼缘应力面积 = $b t_f$

塑性模量 = $b t_f (d + t_f)$

腹板 腹板应力面积 = $\frac{t_w d}{2}$

塑性模量 = $\frac{t_w d^2}{4}$

合并翼缘和腹板的塑性模数得
出大梁的塑性模数

$$Z = b t_f (d + t_f) + \frac{t_w d^2}{4}$$

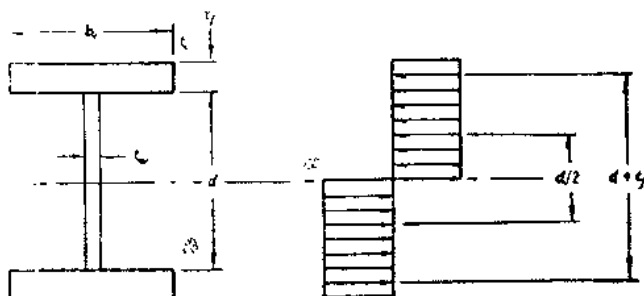


图 1—10 (a) (b)

习题 1—3

计算以 W14 × 142 作柱的荷载系数，柱长10呎，破坏时的集中荷载为1400千磅。钢为 A 36。柱为全支撑，故系数 K 为 1.0。

解

从公式 1.2

$$P_{cr} = F A F_a$$

$$K L' r_y = \frac{10.0 (12)}{3.97} = 30.2$$

从附录 B, $F_a = 19.93$ 千磅/吋²

故荷载系数解得为

$$F = \frac{P_{cr}}{F_a (A)} = \frac{1400}{(19.93) (41.8)} = 1.68$$

习题 1—4

选择用屈服应力为 50 千磅/吋² 的结构钢做的悬臂梁如图 1—11 所示。为能充分利用塑性弯矩，假定梁为全支撑。

解

$$\text{加系数的荷载} = 1.7(50) = 85 \text{ 千磅}$$

$$\text{所需 } M_p = 85 \times 15 = 1275 \text{ 呎千磅}$$

$$\text{所需 } Z = \frac{1275(12)}{50} = 306 \text{ 吋}^3$$

$$\text{用 } W39 \times 99, Z = 313 \text{ 吋}^3$$

校核剪力 (见第二章)

$$V = 50 \text{ 千磅}$$

$$V = \frac{50}{(0.522)(29.64)} = 3.25 \text{ 千磅/吋}^2$$

$$0.55 F_y = 0.55(36) = 19.8 \text{ 千磅/吋}^2 > 3.25 \text{ 千磅/吋}^2$$

可用

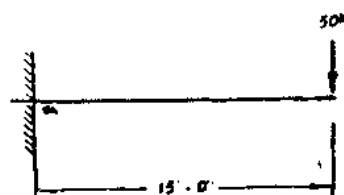


图 1—11

习题 1—5

推导圆截面的塑性模数 (见图 1—12) 并计算其形状系数。

解

$$\text{半圆的面积} = \frac{1}{2} \pi R^2$$

$$\text{力矩臂} = \frac{4R}{3\pi}$$

$$Z = 2 \left[\frac{1}{2} \pi R^2 \times \frac{4R}{3\pi} \right] = 1.33 R^3$$

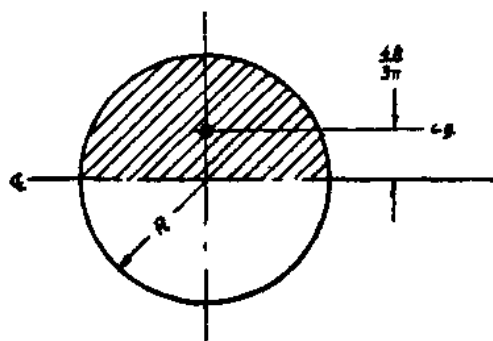


图 1—12

从 AISC 手册得圆截面的截面模数 $= 0.785 R^3$

$$\text{所以形状系数} = \frac{Z}{S} = \frac{1.33 R^3}{0.785 R^3} = 1.69$$