

建筑结构设计示例丛书

冷弯薄壁型钢结构构件

陈雪庭 张中权 编著

中国铁道出版社

1990年·北京

建筑结构设计示例丛书

冷弯薄壁型钢结构构件

陈雪庭 张中权 编著

中国铁道出版社

1990年·北京

内 容 简 介

本书主要介绍冷弯薄壁型钢结构构件的设计、计算和构造。构件包括檩条、挂板墙梁、屋架及刚架等。本书是按照新修订的《冷弯薄壁型钢结构技术规范》(GBJ18—87)及其他新修订的设计规范编写。书中共有十个设计例题,列有详细的计算过程,其中五个例题附有施工详图。书后附有常用钢材截面特性、各种计算系数及常用设计资料等。

本书可供建筑结构设计人员及施工人员使用。亦可供有关专业大专院校师生及科研人员参考。

建筑结构设计示例丛书

冷弯薄壁型钢结构构件

陈雪原 张中权 编著

中国铁道出版社出版、发行

(北京市东单三条14号)

责任编辑翁大厚 封面设计翟达

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本: 787×1092毫米 1/32 印张: 8.875 字数: 201 千

1990年8月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—53000册

ISBN7-113-00708-2/TU·161 定价: 3.70元

编 辑 说 明

在八十年代我国建筑设计新规范的颁布和试行期间，我们拟编辑出版这套《建筑结构设计示例丛书》，希望有助于新规范的贯彻执行。

编写《丛书》所依据的规范是：《建筑结构设计统一标准》(GBJ68—48)；《建筑结构设计通用符号、计量单位和基本术语》(GBJ83—85)；《建筑模数协调统一标准》(GBJ2—86)；《建筑结构荷载规范》(GBJ9—87)；以及荷载、抗震和各种结构的新设计规范。

《丛书》将按常用构件(结构)分册出版，每本书只写一种构件(结构)。这样，既有利于将各该构件(结构)的设计和计算讲深讲透，又因每本书各自独立，便于读者选购。

此外，书中还结合示例，择其典型绘制施工图，包括必要的构造实例和施工注意事项。使读者参照示例绘制施工图。

愿这套《丛书》能成为建筑结构设计人员按新规范做设计时有用的书。

《建筑结构设计示例丛书》

编辑委员会谨识

1990年

《 建筑设计示例丛书 》 编辑委员会

主任委员 丁 祖 堪

委 员 （以姓氏笔划为序）

王 国 周

王 修 国

钱 义 良

翁 大 厚

樊 承 谋

目 录

主要符号

第一章 概 述	5
第一节 冷弯型钢的特点	5
第二节 冷弯型钢的母材	8
第三节 冷弯型钢结构的连接	10
第二章 基本设计规定和构件计算	13
第一节 基本设计规定	13
第二节 基本构件计算	19
第三节 连接的计算和构造要求	36
第三章 檩条设计	46
第一节 概 述	46
第二节 实腹式檩条的设计	48
第三节 实腹式檩条设计例题	60
第四节 格构式檩条的设计	72
第五节 格构式檩条设计例题	79
第四章 屋架设计	102
第一节 屋架的特点与结构形式	102
第二节 屋架的荷载与杆件设计	104
第三节 屋架的支撑布置	108
第四节 屋架的构造和连接	111
第五节 屋架设计例题	120
第五章 挂板墙梁设计	141
第一节 概 述	141
第二节 挂板墙梁的计算	142

第三节	挂板墙梁的构造	153
第四节	挂板墙梁设计例题	156
第六章	刚架设计	177
第一节	刚架的特点与结构形式	177
第二节	刚架的计算	180
第三节	刚架的构造与连接	183
第四节	刚架设计例题	187
第七章	冷弯薄壁型钢结构的制作、安装和防腐蚀	226
第一节	冷弯薄壁型钢结构的制作和安装	226
第二节	冷弯薄壁型钢结构的防腐蚀	228
附 录		
附录一	材料性能	
附表 1—1	钢的化学成分与钢材的机械性能	236
附表 1—2	碳钢焊条的药皮类型和焊接电源	236
附表 1—3	低合金钢焊条的药皮类型和焊接电源	237
附表 1—4	碳钢焊条熔敷金属的化学成分和机械性能	238
附表 1—5	低合金钢焊条熔敷金属的化学成分和 机械性能	239
附表 1—6	焊接用钢丝的化学成分	240
附表 1—7	高强度螺栓的强度等级与采用的钢号	241
附录二	截面特性	
一、常用截面特性表		242
附表 2—1 ~ 2—7		243
二、截面特性的近似计算公式		251
附录三	计算系数	
一、轴心受压构件的稳定系数		258
附表 3—1 (3号钢)		258
附表 3—2 (16Mn钢)		259

二、刚架柱的计算长度系数260

附表 3—3 等截面实腹式和格构式刚架柱的
计算长度系数 μ 260

附表 3—4 变截面实腹式和格构式刚架柱
的计算长度系数 μ 260

三、有效宽厚比表260

附表 3—5 均匀受压两边支承板件的有效宽
厚比 $\frac{b_1}{t}$ ($\alpha = 0$)261

附表 3—6 ~ 3—10 非均匀受压两边支承板
件的有效宽厚比263

附表 3—11 均匀受压的一边支承、一边卷边
板件的有效宽厚比 $\frac{b_2}{t}$ 268

附录四 侵蚀作用分类及涂料配套

一、外界条件对冷弯薄壁型钢结构的侵蚀作用分类269

附表 4—1 外界条件对冷弯薄壁型钢结构的
侵蚀作用分类269

二、防腐涂料底、面配套269

附表 4—2 防腐涂料底面配套示例270

附表 4—3 镀锌钢板底、面漆配套示例271

附录五 施工详图示例、

附图 5—1 6 m卷边 Z 形钢檩条,272

附图 5—2 6 m平面桁架式檩条273

附图 5—3 6 m下撑式檩条274

附图 5—4 12m跨三角形屋架275

附图 5—5 15m跨实腹式山形门式刚架276

主 要 符 号

荷载及荷载效应

B —— 双弯矩;
 F —— 集中荷载;
 M —— 弯矩;
 N —— 轴心力;
 P —— 高强度螺栓的设计预拉力;
 V —— 剪力。

计 算 指 标

E —— 钢材的弹性模量;
 G —— 钢材的剪变模量;
 N_s —— 电阻点焊每个焊点的抗剪设计承载力;
 N_t —— 一个连接件的抗拉设计承载力;
 N_v —— 一个连接件的抗剪设计承载力;
 f —— 钢材的抗拉、抗压和抗弯设计强度
 $f_{\perp}$ —— 钢材的端面承压设计强度;
 f_t —— 钢材的抗拉强度;
 f_v —— 钢材的抗剪设计强度;
 f_y —— 钢材的屈服点;
 f_c^b 、 f_t^b 、 f_v^b —— 螺栓的承压、抗拉和抗剪设计强度;
 f_c^w 、 f_t^w 、 f_v^w —— 对接焊缝的抗压、抗拉和抗剪设计强度;
 度;

f_f^w ——角焊缝的抗压、抗拉和抗剪设计强度；

σ ——正应力；

τ ——剪应力。

几 何 参 数

A ——毛截面面积；

A_n ——净截面面积；

A_{ef} ——有效截面面积；

A_{efn} ——有效净截面面积；

H ——柱的高度；

H_0 ——柱的计算高度；

I ——毛截面惯性矩；

I_n ——净截面惯性矩；

I_t ——毛截面抗扭惯性矩；

I_ω ——毛截面扇性惯性矩；

S ——毛截面面积矩；

W ——毛截面抵抗矩；

W_n ——净截面抵抗矩；

W_ω ——毛截面扇性抵抗矩；

W_{ef} ——有效截面抵抗矩；

W_{efn} ——有效净截面抵抗矩；

a ——卷边的高度；格构式檩条上弦节间长度；连接件
的间距；

a_{max} ——连接件的最大容许间距；

b ——截面或板件的宽度；

b_t ——组合 I 形截面的翼缘宽度；

b_1 、 b_2 ——板件的有效宽度；

d ——构件上孔洞的直径；直径；

- d_e ——螺栓螺纹处的有效直径；
- e ——偏心距；
- e_c ——截面弯心在对称轴上的坐标（以形心为原点）；
- h ——截面或板件的高度；
- h_o ——腹板的计算高度；
- h_f ——角焊缝的焊角高度；
- i ——回转半径；
- l ——长度或跨度；侧向支承点间的距离；型钢截面中心线的长度；
- l_f ——焊缝计算长度；
- l_o ——计算长度；
- l_w ——扭转屈曲的计算长度；
- r_i ——截面第 i 个棱角内表面的弯曲半径；
- t ——厚度；
- θ ——夹角；
- λ ——长细比；
- λ_o ——换算长细比；
- λ_ϕ ——弯扭屈曲的换算长细比。

计 算 系 数

- n ——连接处的螺栓数；两侧向支承点间的节间总数；
- n_c ——内力为压力的节间数；
- n_s ——每个螺栓的剪切面数；
- n_l ——同一截面处的连接件数；
- α 、 β ——构件的约束系数；
- β_m ——等效弯矩系数；
- r ——钢材抗拉强度与屈服点的比值；
- ξ ——计算板件容许宽厚比的系数；

ξ_1, ξ_2, ξ_3 ——计算受弯构件整体稳定系数时采用的系数;

η ——计算受弯构件整体稳定系数时采用的系数; 计算考虑冷弯效应的设计强度时采用的系数;

ζ ——计算受弯构件整体稳定系数时采用的系数;

μ ——刚架柱的计算长度系数;

μ_b ——梁的侧向计算长度系数;

φ ——轴心受压构件的稳定系数;

φ_b, φ'_b ——受弯构件的整体稳定系数。

第一章 概 述

众所周知，虽然冷弯型钢的生产和应用迄今已有一百余年的历史，只是在近三、四十年以来，随着生产的发展和科学技术的进步，以及有关标准、规范的问世和适用配套材料的出现，由于实践经验的积累以及国民经济各部门需求量的日增，才使其得以陆续在美、英、苏、日、德、法、奥、瑞典、波兰、捷克、加拿大和澳大利亚等工业发达国家中迅速发展起来，日趋成为一个重要的工业部门。近年来，冷弯型钢不仅被广泛用于建筑业，还被大量用于农机制造业、交通运输业、汽车制造业、造船业、电力工业和轻工业等部门。

在我国，冷弯型钢的生产和应用也已具相当规模。

本章将就冷弯型钢的特点、材料及应用情况等作一简略介绍。

第一节 冷弯型钢的特点

所谓冷弯型钢系指由钢带或钢板经冷加工而成的型材。通常，冷弯型钢大多采用辊式冷弯型钢机组连续生产。除此之外，小批量的型材则多采用压力机模压成型或在弯板机上弯曲成型，某些形状特别复杂的，也有通过冷拔成型。

由于冷弯型钢的成型方式比较灵活，因此，可以根据需要生产各式截面形状的产品，据不完全统计，目前各国生产的冷弯型钢的规格品种已达11,000多种；有各种形式的压型

钢板，不同尺寸的闭口方管、矩形管、圆管、槽钢、帽形钢、内卷边槽钢、角钢、Z形钢、卷边Z形钢以及各种组合型钢和特殊形状的专用型钢，如图1—1所示。型钢的壁厚小至0.4mm，厚的可达25.4mm。截面尺寸，小者不到20mm，大者如近年来日本生产的边长达600mm的大型闭口方管及矩形管，而西德生产的U形截面标准钢板桩之幅宽已达700mm。此外，为了满足各种使用要求，出现了可防止结露的粘有聚氯乙烯泡沫塑料的涂层压型钢板，此板并兼有隔热、隔音及防腐作用；出现了由上下两层压型钢板中间充填聚氨酯或聚氯乙烯泡沫板等组成的夹芯（层）板，此板兼有隔热、隔音等多种功能；出现了可满足防火要求的上有阻燃合成树脂化合物涂层的防火压型钢板；其他具有周期性断面的冷弯型钢，如空腹龙骨槽钢等也应运而生。据资料介绍，仅法国勒·普罗菲（Le Profile）公司一家即可生产约2500种冷弯型钢。

我国目前约能生产400多种不同规格尺寸的冷弯型钢，常用的截面形式及规格列于本书附录二之附表2—1~2—7。国内生产的冷弯型钢，其最大壁厚可达8mm，一般不超过6mm，习惯上把壁厚不超过6mm的冷弯型钢称作冷弯薄壁型钢。

正因为冷加工成型方式有很大的灵活性，能根据需要生产出材料分布最优的合理截面形状。因此，冷弯型钢的问世及应用，开拓了不是单纯依赖增加材料用量，而主要是籍助于优化截面几何形状来提高材料利用率的新途径。这对于节约能源和资源都具有十分重要的意义，特别是对于像我国这样一个能源及原材料的供需矛盾在今后相当长一个时期内都将显得十分突出的发展中国家来说，重视冷弯型钢这样一种高效经济型材的开发和使用尤为重要。

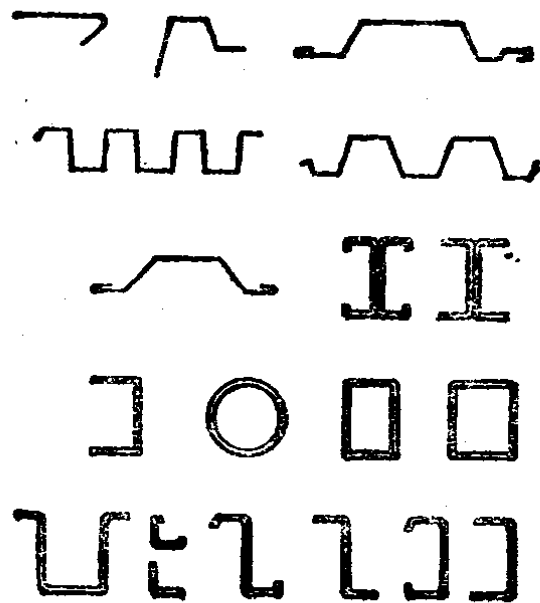


图 1—1 特殊形状的专用型钢

统计资料表明，同样面积的冷弯型钢与热轧型钢相比，其回转半径可增大50%以上，其惯性矩及面积矩约可增大50~180%。故冷弯型钢的受力性能较好，承载能力较高，整体刚度较大，可以节约材料、减轻结构重量，而且制作、施工简单，运输、安装方便，宜于工业化、商品化生产，有利于改善劳动条件，缩短建设周期，取得较好的经济效益。例如：用冷弯型钢制作车厢，较用热轧型钢可节约钢材约35%；用于制作汽车大梁，则可节省钢材25~30%，减少费用25~42%；用于农机制造业、运输业，约可节约钢材15~60%，降低费用12~28%；用于建筑业可节约钢材30~60%左右；

经济效益是十分明显的。

第二节 冷弯型钢的母材

用于建筑业的冷弯型钢的钢种，一般为冷轧或热轧普通碳素钢、优质碳素结构钢和低合金钢，以及热浸镀锌结构钢等。目前我国采用最多的是符合《普通碳素结构钢技术条件》（GB700-79）规定的3号钢和符合《低合金结构钢技术条件》（GB1591-89）规定的16Mn钢。这是因为这两种钢材在我国有多年的生产和使用经验，材质稳定，性能可靠，价格较廉，力学性能较好，适合建筑结构的要求。除此之外，国内以往尚采用过15MnV、15MnVNi、09PV、10PCuRe、12MnPV等。这些钢种各有所长，且多具有较好的耐蚀性能，但或则因为产量较少、性能尚不稳定，或则由于使用不多、试验数据及实践经验均尚嫌不足，故还未获推广应用。不过，毫无疑问，推出若干资源丰富、质优价廉，尤其是兼有较优耐蚀性能和力学性能的冷弯型钢专用钢种，对于促进冷弯型钢业的发展将是至关重要的。

一般说来，用于承重结构的冷弯型钢的母材，除了保证钢材的抗拉强度（ f_u ）、伸长率（ δ ）、屈服强度（ f_y ）和硫、磷的极限含量外，尚应保证其冷弯试验合格，对于焊接结构，则尚应保证碳的极限含量。

抗拉强度系衡量钢材经过巨量变形后之抗拉能力的一个强度指标，而且，它也直接反映出钢材内部组织的优劣。

伸长率则是衡量钢材塑性性能的指标，也是衡量钢材承受巨量变形抗断裂能力的一个指标，因此，结构用钢材除需有较高的强度外，还要求有足够大的伸长率。

屈服强度是衡量结构承载能力和确定设计强度的重要指

标, 普通碳素钢和低合金钢受力达到屈服强度后, 应变急剧增长, 从而导致结构实际变形增大到不能继续使用的情况, 通常认为此时钢材已耗尽承载能力, 因此设计上常以其除以一个大于 1 的适当的值来控制设计强度。

硫、磷均系钢中的有害杂质, 其含量过高会不同程度地影响钢材的塑性、韧性及可焊性, 使钢材发生热脆或冷脆, 故应严格控制其极限含量。

钢材的力学性能主要取决于其含碳量。含碳量越高, 强度越高, 但塑性、韧性显著下降, 冷弯性能差, 焊接性能也明显下降, 故对于焊接结构来说, 控制碳的极限含量至关重要。

冷弯试验是衡量钢材塑性、可焊性等的一个综合性指标, 对于冷弯型钢来说更具有直接的影响, 基于型材系冷加工成型, 必须保证冷弯试验合格, 才能保证冷弯型钢产品的质量。

国内目前采用的 3 号钢和 16Mn 钢的机械性能和化学成分要求列于本书附录一附表 1—1。

选择钢种时, 要考虑到结构构件受力状态, 例如, 当结构构件截面尺寸系由强度控制时, 采用 16Mn 钢较为适宜, 因 16Mn 钢的设计强度较 3 号钢高出约 50% 左右, 故此时采用 16Mn 钢约较采用 3 号钢可节约钢材 15~25% 左右; 但当构件截面系由稳定性或变形控制时, 采用 16Mn 钢有时并不一定有利, 在某些情况下采用 3 号钢也许更为经济。因此, 为了节约材料, 有时可在同一构件中采用两种不同钢号的钢材。