

村镇建筑结构抗震技术手册丛书

CUNZHEN QINGGANGJIEGOU JIANZHU
KANGZHEN JISHU SHOUC

村镇轻钢结构建筑 抗震技术手册

编著◎叶继红 冯若强 陈伟



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

村镇建筑结构抗震技术手册丛书

村镇轻钢结构建筑抗震 技术手册

编 著 叶继红 冯若强 陈伟

基金资助:

国家科技支撑计划——“十二五”不同地区村镇建筑
适宜性抗震关键技术研究示范(2011BAJ08B04)

江苏省高校优势学科建设工程(CE03-3-15)



东南大学出版社
• 南 京 •

内 容 提 要

本专著的内容是基于国家“十二五”科技支撑计划课题“不同地区村镇建筑适宜性抗震关键技术与示范”中子课题——“华东地区村镇轻钢结构抗震技术研究”编写的,是一本介绍冷弯薄壁型钢房屋建筑结构设计方法的实用性读物。内容包括村镇冷弯薄壁型钢结构建筑材料特点、房屋特点与应用现状及抗震性能的概述;冷弯薄壁型钢的相关材料力学性能;冷弯薄壁型钢房屋的墙体、屋盖、楼盖设计和抗震验算;冷弯薄壁型钢房屋的关键构件详细构造要求;冷弯薄壁型钢房屋的施工方法及验收标准,以及一栋三层冷弯薄壁型钢房屋的设计实例等。

本专著可作为高等工科院校土木工程类专业的参考教材,设计、施工单位的专业技术人员参考书,以及冷弯薄壁型钢房屋建筑行业职业技术教育培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

村镇轻钢结构建筑抗震技术手册/叶继红,冯若强,陈伟
编著. —南京:东南大学出版社, 2013. 12
(村镇建筑结构抗震技术手册丛书)
ISBN 978-7-5641-4658-0

I. ①村… II. ①叶…②冯…③陈… III. ①农业建
筑—钢结构—防震设计—技术手册 IV. ①TU352.104-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 278825 号

村镇轻钢结构建筑抗震技术手册

出版发行 东南大学出版社
社 址 南京市四牌楼 2 号 邮编 210096
出 版 人 江建中
网 址 <http://www.seupress.com>
电子邮箱 press@seupress.com
经 销 全国新华书店
印 刷 南京玉河印刷厂
版 次 2013 年 12 月第 1 版
印 次 2013 年 12 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5641-4658-0
开 本 700mm×1000mm 1/16
印 张 11.25
字 数 221 千
定 价 39.00 元

本社图书若有印装质量问题,请直接与营销部联系。电话(传真):025-83791830

前 言

轻钢房屋结构具有绿色、节能、环保、用钢量省、抗震性能好、施工速度快、易于产业化等特点,是国际公认绿色建筑,已在欧美、澳洲、日本等国家和地区的三层及以下别墅及公寓类型房屋中得到广泛应用。这些国家采用的生产方式和技术手段与制造业已无明显区分。

由于历史原因,钢结构在我国一直被认为是工程造价高、设计施工复杂的建筑结构体系。目前,我国正处于工业化和城镇化快速发展阶段,年项目建设工程量大,资源消耗严重,环境恶化压力巨大,发展绿色建筑已被列为国家中长期科学和技术发展规划纲要中重点领域中的优先主题。近年来我国经济高速发展,劳动力市场越来越紧缺,劳动力成本不断上升已成为必然趋势。而对于产业化程度高的轻钢建筑而言,这无疑将大大增强其在建筑市场成本的竞争力。因此不难预计,在不远的将来,轻钢房屋建筑将以其各项卓越的性能被广大百姓所接受。

本专著是基于国家“十二五”科技支撑计划课题“不同地区村镇建筑适宜性抗震关键技术与示范”中子课题——“华东地区村镇轻钢结构抗震技术研究”编写的,是一本介绍冷弯薄壁型钢房屋建筑结构设计方法的实用性读物。本专著适用于三层及以下轻钢房屋建筑,是以提升村镇冷弯薄壁型钢房屋建筑抗震性能为出发点,指导实际设计和施工,内容包括介绍村镇冷弯薄壁型钢结构建筑材料特点、房屋特点、设计计算方法及施工验收标准等。本专著在第六章给出了一栋三层冷弯薄壁型钢房屋的详细设计实例,读者可依此熟悉冷弯薄壁型钢房屋设计计算过程及施工图形式。

本专著作者自2006年起开展冷弯薄壁型钢结构相关研究,书中亦包含了作者的部分研究结果。在本书的编写过程中,硕士生贾宏远和彭贝协助进行了较多工作,在此表示感谢。

限于水平,书中的疏漏和不妥之处,敬请读者批评指正。

目 录

第一章 冷弯薄壁型钢房屋概述	1
1.1 冷弯薄壁型钢特点	1
1.1.1 冷弯薄壁型钢概述	1
1.1.2 冷弯薄壁型钢截面类型及其应用	2
1.2 村镇(低层)冷弯薄壁型钢房屋特点	4
1.2.1 低层冷弯薄壁型钢房屋体系	4
1.2.2 低层冷弯薄壁型钢房屋特点	7
1.3 冷弯薄壁型钢房屋发展及应用现状	7
1.3.1 冷弯薄壁型钢结构房屋体系在国外的发展历史	8
1.3.2 冷弯薄壁型钢结构房屋体系在国外的应用现状	9
1.3.3 冷弯薄壁型钢结构房屋体系在国内的发展和应用	10
1.4 钢结构建筑抗震性能及震害实例	11
1.4.1 节点及柱脚破坏	12
1.4.2 构件破坏	14
1.4.3 结构整体破坏及围护结构破坏	17
本章参考文献	18
第二章 材料及其力学性能	20
2.1 冷弯薄壁型钢力学性能	20
2.1.1 材料选用	20
2.1.2 设计指标	20
2.2 板材力学性能	22
2.2.1 板材选用与设计指标	22
2.2.2 测试方法	23
2.3 连接件力学性能	26
2.3.1 连接件选用	26
2.3.2 设计指标	28

本章参考文献	34
第三章 冷弯薄壁型钢房屋抗震设计	35
3.1 冷弯薄壁型钢房屋设计一般规定	35
3.1.1 设计原则	35
3.1.2 作用与效应	36
3.1.3 建筑及结构布置	40
3.1.4 构造的一般规定	42
3.2 冷弯薄壁型钢房屋地震作用计算	46
3.2.1 抗震设防	47
3.2.2 一般规定	47
3.2.3 水平地震作用计算	50
3.3 冷弯薄壁型钢房屋设计要点	54
3.3.1 有效截面设计	54
3.3.2 墙体结构设计	59
3.3.3 楼盖系统设计	65
3.3.4 屋盖系统设计	72
3.3.5 冷弯薄壁型钢房屋抗震验算	83
本章参考文献	92
第四章 冷弯薄壁型钢房屋构造	94
4.1 墙体的构造要求	94
4.1.1 承重墙	94
4.1.2 非承重墙构造要求	103
4.1.3 抗震墙构造要求	105
4.2 楼盖系统构造	108
4.2.1 一般构造要求	108
4.2.2 连接要求	111
4.2.3 其他构造措施	115
4.3 屋盖系统构造	117
4.3.1 支撑要求	117
4.3.2 屋架节点构造	118
4.3.3 屋面或天花板开洞要求	121
本章参考文献	122

第五章 冷弯薄壁型钢房屋施工与验收	123
5.1 冷弯薄壁型钢房屋制作与安装	123
5.1.1 基础	123
5.1.2 构件制作、运输与存储	123
5.1.3 构件安装	125
5.1.4 设备安装	126
5.2 冷弯薄壁型钢房屋防腐与防潮	129
5.2.1 防腐蚀	129
5.2.2 防潮	131
5.3 冷弯薄壁型钢房屋验收标准	132
本章参考文献	134
第六章 村镇冷弯薄壁型钢房屋设计实例	136
6.1 工程概况	136
6.2 构件设计验算	147
6.2.1 荷载计算	147
6.2.2 楼面托梁设计验算	154
6.2.3 墙柱设计验算	159
6.2.4 屋架设计验算	162
6.2.5 檩条设计验算	165
6.3 抗震验算	166
6.3.1 地震作用计算	166
6.3.2 结构抗震验算	167
6.4 基础设计计算	169

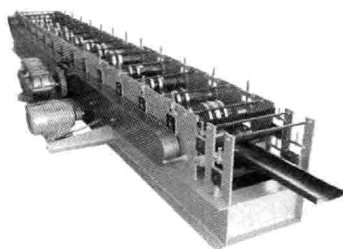
第一章

冷弯薄壁型钢房屋概述

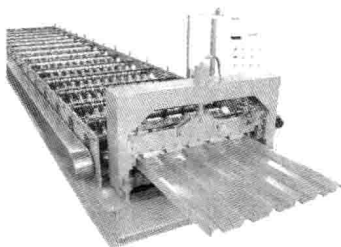
1.1 冷弯薄壁型钢特点

1.1.1 冷弯薄壁型钢概述

冷弯薄壁型钢是一种经济断面型钢。它是以热轧或冷轧卷材和带材为原料,在常温下,用连续辊弯成型、拉拔弯曲成型、冲压折弯成型等方法,加工制造出热轧方法难以生产的各种断面的型材和板材,其中辊弯成型(图 1.1)是冷弯型钢的主要加工方法。辊弯成型是通过顺序配置的多道次成型轧辊(水平辊、立辊、组合辊),把卷材、带材等金属板带不断地进行横向弯曲,以制成特定的断面。



(a) C型钢辊弯成型



(b) 压型钢板辊弯成型

图 1.1 冷弯薄壁型钢辊弯成型

近些年来,冷弯薄壁型钢产品在建筑、汽车制造、船舶制造、电子工业及机械制造业等许多领域得到了广泛应用,其产品从普通的导轨、门窗等结构件到一些为特殊用途而制造的专用型材,类型极其广泛。随着钢结构的结构形式日趋广泛,高效、经济的冷弯薄壁型钢在建筑业尤其是轻钢房屋的建设中应用尤其突出。建筑结构中的冷弯薄壁型钢有如下优点^[1]:

(1) 通过冷成型加工可经济地得到需要的截面形状,进而获得令人满意的强度质量比,以节约用钢量。

(2) 截面形状便于叠放,节约了包装和运输时的空间。



(3) 压型钢板能为屋顶、楼面及墙板提供表面,还能为电力和其他管道提供密封式部件。

(4) 压型钢板不仅能承受垂直于板表面的荷载,而且当相互之间及与支承构件可靠连接时,板还可作为剪力蒙皮抵抗自身平面内的荷载。

与木材和混凝土等其他材料相比,冷弯薄壁型钢结构构件具有以下特性:

- (1) 质量轻、强度高、刚度大。
- (2) 便于配件预制并大量生产、运输与管理。
- (3) 受天气影响小,建造及安装迅速、便利。
- (4) 断面均匀、表面光洁、尺寸精度高。
- (5) 施工无需支模,环境温度作用下无收缩、无徐变。
- (6) 防白蚁及腐蚀,具有不燃性,材料可回收。

力学性能方面,冷弯薄壁型钢在室温下弯曲成型,截面弯角部分由于钢材的冷弯效应即强度提高、塑性下降,其强度高于平板部分。一般情况下,如利用冷弯效应提高后的强度进行设计则可节省 10%~15% 的钢材,如不计冷弯效应仍按原材料强度设计,则相当于提高了冷弯型钢的安全储备。其次,冷弯薄壁型钢壁厚较薄、截面板件宽厚比较大,容易出现局部屈曲,设计中通常采用有效宽度设计方法利用其屈曲后的强度。对于普通碳素钢板件,结构设计中通常通过限制板件宽厚比等方法来避免出现局部屈曲,而冷弯型钢结构可以允许发生局部屈曲,因为由于薄膜效应的存在,出现局部屈曲的板件还可以继续承受外荷载,这就是板件的超屈曲,超屈曲的利用扩大了冷弯型钢的使用范围。此外,冷弯薄壁型钢截面成型灵活,规格可定制,其基本形状为 C 形、Z 形和矩形,并可形成各种折皱和卷边、拼成 I 形和 T 形(图 1.2),截面特性系数如惯性矩及抵抗矩相对较高,冷弯薄壁型钢主要通过优化截面形状而不是增加材料用量来提高构件承载能力,是一种高效型钢^[2]。

1.1.2 冷弯薄壁型钢截面类型及其应用

建筑上,常用的冷弯薄壁型钢主要为板材和型材两类。常用的型材有 C 形、Z 形、角形、帽形、I 字形、T 形和管形截面(图 1.2),此类截面主要用作独立的结构骨架构件,构件截面高度为 51~305 mm、厚度为 0.5~6.4 mm。板材通常用于屋面板、楼面板、墙板、壁板及桥梁外形(图 1.3),一些截面高度较大的楼板和墙板具有加劲腹板,板材截面高度通常为 38~191 mm,厚度为 0.5~1.9 mm。钢墙板和楼板不仅提供结构强度、承受荷载,为屋面、楼面提供一个表面,还能为电气管道提供空间,能凿孔与吸声材料结合,形成吸声天花板。蜂窝状板还能作为采暖、空调的输送管,波纹板常用于屋面板或墙板以及排水设备结构,有时也用作外墙墙板^[1](图 1.3)。

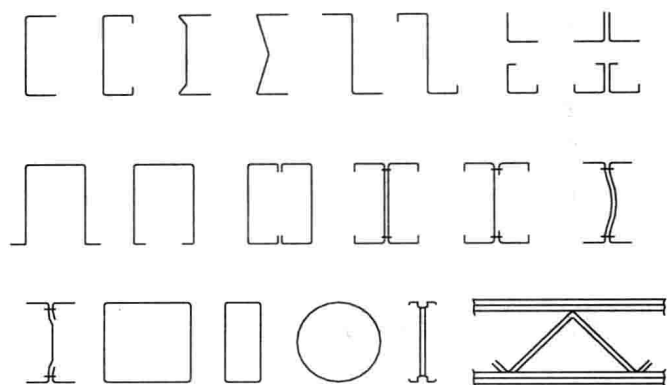


图 1.2 常用构件截面形式

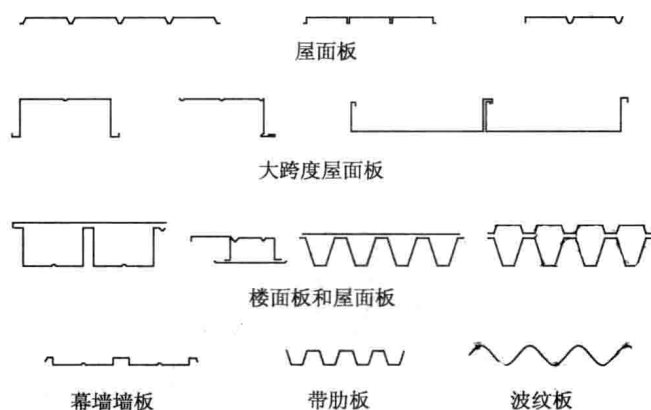


图 1.3 楼板、墙板及波纹板

综上,冷弯薄壁型钢可用作钢架、桁架、梁、柱等主要承重构件,也可用作屋面檩条、墙架梁柱、龙骨、门窗、屋面板、墙面板、楼板等次要受力构件和围护结构。若全部构件均采用冷弯型钢,建成的建筑一般在四层以下,在美国常见的为 1~2 层的民用建筑,主要用作别墅、住宅、学校、医院及商业建筑等。目前轻钢结构体系在欧美发达国家低层住宅建筑中得到大量应用,其分析、设计、制造工艺已非常完善,使冷弯薄壁型钢结构构件走向了专业化、产业化生产模式。我国冷弯薄壁型钢的生产起始于 20 世纪五六十年代,在鞍山、上海、重庆等地区,以服务于农机业为主,而在建筑业的应用发展比较缓慢,直到 1987 年,建工出版社正式出版国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》(GBJ 18—1987)。目前使用的 GB 50018—2002 是由

中南建筑设计院会同全国有关设计、科研、施工和高校等十四家单位对 GBJ 18—1987 规范加以全面修改而成。20 世纪 90 年代后,人们开始对轻钢结构有了新的认识,在北京、上海、南方沿海等地建造了不少以门式钢架为主要形式的轻钢结构房屋建筑,近几年,香港已建成多栋全部采用高强镀锌冷弯薄壁型钢的 4~6 层住宅^[3]。我国目前冷弯型钢产品仍然主要用于汽车业、机械制造等行业,但随着轻型钢结构的发展,大跨、轻型新结构的不断出现,冷弯薄壁型钢在建筑业中的应用将愈来愈广泛。

1.2 村镇(低层)冷弯薄壁型钢房屋特点

1.2.1 低层冷弯薄壁型钢房屋体系

冷弯薄壁型钢结构是由传统木结构演变而来,这种结构一般适用于二层或局部三层以下的独立或联排住宅,主要由屋盖、楼盖、组合墙体及围护结构组成(图 1.4)。

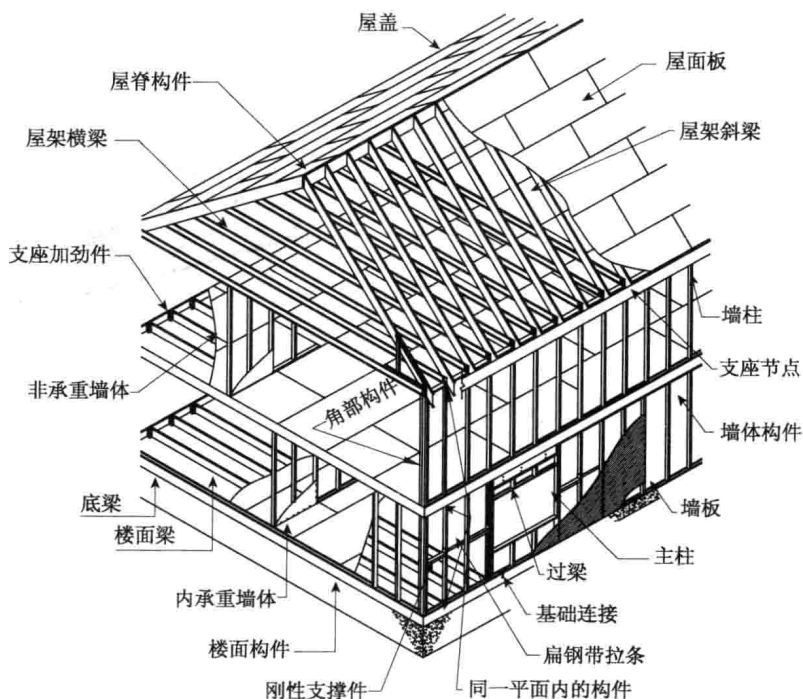


图 1.4 冷弯薄壁型钢住宅结构示意图

屋盖包括屋面瓦(板)、防水层、屋面檩条、屋架、保温层、天沟和落水管等。屋盖是房屋最上层的外围护结构,抵御自然界的风霜雨雪等其他外界的不利因素,因此屋顶在建筑设计中,解决防水、保温、隔热的作用显得尤为重要。冷弯薄壁型钢结构住宅中,防水通常用防水卷材实现,保温隔热则通过铺设孔隙率大、导热率小的保温材料(如玻璃纤维保温棉)实现。别墅以及低层住宅类建筑常采用坡屋顶,屋架形式多采用由屋面梁和斜梁组成的三角形屋架,保温材料可置于屋架的下弦上,也可沿屋面布置^[4]。常用的屋面材料有彩色油毡瓦、太空板、压型钢板等,其中压型钢板轻质、高强、耐用、美观、安装方便,是使用最广泛的屋面材料。图 1.5 为博思格公司的两种屋面做法,图(a)的压型钢板具有良好的防水性能,因此不需要另铺防水层。

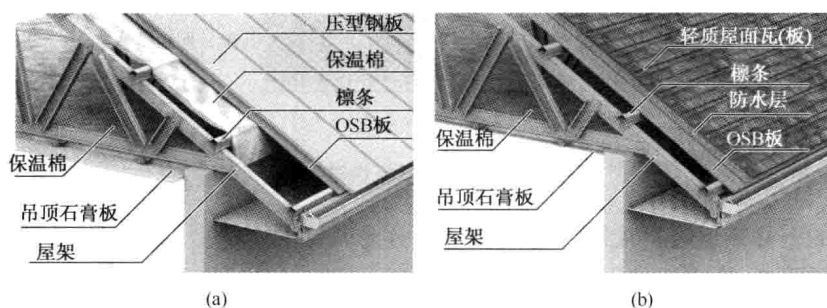


图 1.5 屋面做法

楼盖是冷弯薄壁型钢体系中功能最多的结构构件,它不仅要承担作用其上的静荷载和活荷载,还要具有足够的刚度来防止颤动、隔声和防火功能,并且一旦楼板安装完毕,它将成为上一层施工“平台”。楼盖可选择干楼板和湿楼板两种做法。干楼板做法[图 1.6(a)]是直接托梁上铺设轻质混凝土板(如 ALC 板等),并通过自攻自钻螺钉把两者连接起来,托梁间距一般在 400~600 mm 之间;湿楼板做法[图 1.6(b)]是在压型钢板上浇筑约 50 mm 的混凝土,并在混凝土中加入钢丝网以防开裂^[4]。无论是湿楼板和干楼板,均需设水泥砂浆防水层,根据需要安装装饰面层,并在底部布置保温隔热层和吊顶。干楼板施工简单、方便,工期短,但楼板整体刚度较小;湿楼板防水、隔声效果好,楼板整体刚度大,但施工复杂,操作时间长。

组合墙体由立柱、结构板材或装饰板材和拉条等组成。组合墙体是冷弯薄壁型钢房屋体系的重要承重及抗侧部件,同时又起着围护作用。它不仅承受楼盖和屋盖体系传递而来的竖向荷载,也抵抗风和地震作用产生的水平荷载,并将荷载传至基础。根据在建筑物中所处的位置不同,墙可分为外墙和内墙两大部分。典型的外墙柱体系组成如图 1.7(a)所示, C 型龙骨立柱与顶、底导轨组成钢骨架,外侧的 OSB 板

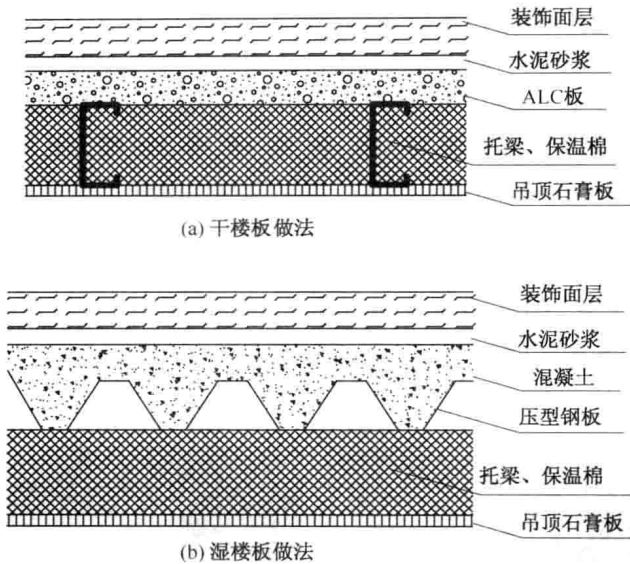


图 1.6 楼板做法

和内侧的石膏板通过自攻螺钉与钢骨架相连形成墙柱体系。OSB 板外侧覆盖防潮的单向呼吸纸、有保温功能的 XPS 板以及墙面装饰材料,同时在由龙骨立柱与墙板构成的空腔内填充保温棉来增强保温效果。如图 1.7(b)所示,内墙主要由龙骨立柱、导轨和墙板组成,龙骨与墙板之间用自钻螺钉连接,并在龙骨空腔内填充保温棉。

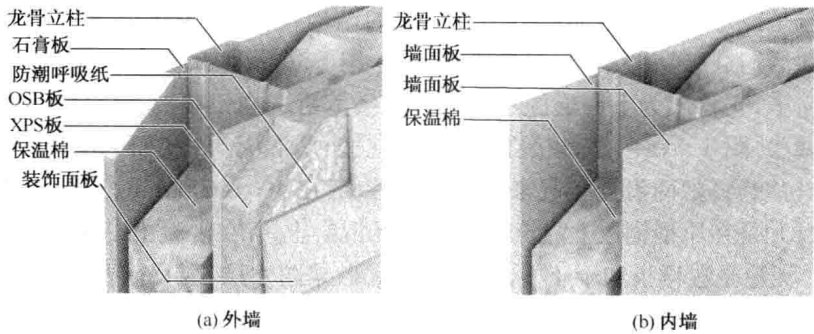


图 1.7 典型墙柱体系

冷弯薄壁型钢结构基本构件主要有 U 型(普通槽钢)和 C 型(卷边槽钢)两种截面形式,承重构件的钢材可采用 Q235、Q345 钢或 LQ550 钢^[5],厚度为0.7~2.0 mm,通过螺钉将钢骨架与板材连接。墙板、楼板处可以开孔,使管道与电线暗埋于其中,不仅使室内美观便于布置,也可让多工种平行工作,提高施工效率。

1.2.2 低层冷弯薄壁型钢房屋特点

与传统结构的村镇住宅相比,冷弯薄壁型钢结构住宅具有以下特点:

(1) 结构轻质高强。楼盖结构自重为传统混凝土楼板的 $\frac{1}{6} \sim \frac{1}{4}$,墙体采用冷弯薄壁型钢组合墙体,整体结构的自重仅为混凝土框架结构的 $\frac{1}{4} \sim \frac{1}{3}$,为砖混结构的 $\frac{1}{5} \sim \frac{1}{4}$ ^[6]。较小的自重使地震作用下产生的水平作用力小,且其自身刚度大,加上合理的结构构造方式可以达到理想的抗震效果,同时自重的减轻对地基承载力要求也相应降低,可减少地基造价。

(2) 建筑设计美观、空间利用率高。墙板结构四壁规整,无凹凸的结构构件,便于室内的空间布置,可按用户的需求设计出色彩鲜艳、立面丰富、具有现代化气息的建筑。由于是墙柱承重,建筑平面可自由分隔,布置大开间。管线暗埋于墙体及楼层结构中,布置方便,日后检修与维护简单。墙体厚度小,建筑内部实际使用面积大幅增加,提高了空间利用率。

(3) 住宅的居住舒适性高。冷弯薄壁型钢住宅采用新型建筑材料,防潮湿、防霉变、防虫蛀、不助燃,居住环境卫生健康,隔热和隔声性能好,外形美观,是良好的宜居场所。

(4) 施工便利、环保、周期短。工地施工主要为构件的安装,施工不受季节和天气的影响,施工现场混凝土湿作业少,不需要模板支架,工地垃圾少、噪声低,对环境的影响小。施工过程与传统的房屋施工相比降低了手工作业的强度,有利于控制施工质量和施工进度,减少了人力费的支出^[7]。

(5) 节能、节地、节材。所采用的主要结构材料是钢材,自重轻,通过优化截面形式而不是增大截面面积来提高承载力,用钢量少,且钢材可回收利用,组合墙体所用的墙架钢柱、保温棉、石膏板取代了我国村镇大量使用的实心黏土砖,减少了水泥的使用,节约了不可再生资源。此外这种轻自重的结构体系使基础负担小,可建设在坡地、劣地,节约了土地资源。

(6) 有利于住宅产业化。冷弯薄壁型钢结构现场拼装,所用构件均可实行模数化设计、工厂标准化生产、市场化采购,配套性好,且避免了现场人工制作对质量的影响,有利于推动住宅建筑向工业化和产业化发展。

1.3 冷弯薄壁型钢房屋发展及应用现状

近 20 余年,冷弯薄壁型钢结构房屋体系(也称为冷弯薄壁型钢结构 CFSF 体



系)在欧美、澳洲、日本等国家得到广泛应用,但主要用作三层以下的别墅住宅、公寓及其他民用房屋。

冷弯薄壁型钢结构房屋体系源于传统的木结构房屋,从住宅产业化、环保、抗震防灾、加速房屋建造周期等因素考虑,国外采用 CFSF 房屋体系替代传统的木结构房屋^[9]。

1.3.1 冷弯薄壁型钢结构房屋体系在国外的发展历史

自 1838 年起,俄、美、英等国先后采用压力机或冷拔机生产单件冷弯薄壁型钢;1910 年,美国首创辊式冷弯薄壁型工艺,建设了第一套辊式冷弯薄壁型机组,其后,英、德、法、捷等国相继建成了专业化生产的冷弯薄壁型机组,冷弯薄壁型钢的生产和应用进入到一个新的阶段^[10]。

冷弯薄壁型钢在建筑领域中的应用始于 19 世纪 50 年代的英国和美国,并于 20 世纪 40 年代在欧美、澳大利亚等发达国家、地区开始得到广泛应用^[1]。

1939 年,美国的康乃尔大学在乔治·温特教授领导下,开始对冷弯薄壁型钢结构进行研究。研究工作得到了美国钢铁协会(AISI)的资助,短短几年,温特教授取得了一系列的研究成果。1946 年,基于温特教授的研究成果,AISI 发行了允许应力设计(ASD)规范《冷弯薄壁型钢结构构件设计规范》,这也是世界上最早的关于冷弯薄壁型钢结构方面的规范和准则。正是这个规范的制定,为冷弯薄壁型钢在美国的推广和发展提供了设计依据。此后,AISI 分别于 1956 年、1960 年、1962 年、1968 年、1980 年和 1986 年对该规范进行了修订,以反映该技术的发展及不断研究所获得的成果。AISI 还于 1991 年发行了第一版荷载抗力系数设计(LRFD)规范,并在 1996 年将 ASD 和 LRFD 规范合并成一本规范。1999 年,AISI 发布了 1996 年版的补充;2005 年,AISI 又发布了修订版。美国将 AISI 相关冷弯薄壁型钢设计标准上升为国标,其中包括:《冷弯薄壁型钢结构总则》、《低层轻钢住宅指定性建造方法标准》、《冷弯薄壁型钢桁架设计标准》、《冷弯薄壁型钢过梁设计标准》、《冷弯薄壁型钢抗侧力体系设计标准》^[8]。

加拿大标准协会(CSA)于 1967 年也发布了《冷弯薄壁型钢结构设计规程》。在轻钢龙骨结构低层住宅方面,加拿大有比美国更为细致的技术规范与手册,如加拿大薄壁钢建筑结构协会 CSSBI 发布的《轻钢住宅结构施工细则》、《轻钢住宅构件选样标准表》、《轻钢住宅结构设计指南》、《低层轻钢结构施工细则》等。更为重要的是加、美两国成立了北美钢框架联盟(NASFA),最终实现了北美冷弯薄壁型钢设计标准的统一。

20 世纪 70 年代起,欧洲许多机构和私人公司对冷弯薄壁型钢构件、连接及结构体系进行了积极研究和开发。奥地利、捷克、法国、瑞典、英国、德国等都是最早

形成冷弯薄壁型钢设计规范的国家。同时,欧洲钢结构协会(ECCS)完成了一些用于建筑冷弯薄壁型钢结构测试及设计的文件。20 世纪末,欧洲标准化委员会发行了用于冷弯薄壁型钢构件和钢板的欧洲规范 3 中的 1~3 部分(Eurocode3: Part1-3),这标志着欧洲在冷弯薄壁型钢结构方面也有了统一标准。

冷弯薄壁型钢结构技术在澳洲的发展主要是以澳大利亚和新西兰两国为主,澳大利亚的 Hancock 教授是继美国的温特教授之后又一位杰出的大师级人物。在他的主持领导下,澳洲于 1996 年统一了冷弯薄壁型钢结构技术标准(“Australian Standards /New Zeal Standards on Cold-Formed Steel Structure”, AS/NZS 4600, 1996)。

亚洲冷弯薄壁型钢结构的发展始于 20 世纪 80 年代。进入 90 年代,日本加大了在这一领域的研究与开发。1995 年,日本钢材俱乐部成员以新日铁为首的 6 大钢铁企业联合开始研发冷弯薄壁型钢结构房屋体系(后称为 KC 技术体系)。2002 年,日本钢铁协会薄板轻钢委员会颁布了《薄板轻量型钢造建筑物设计手册》,此后上升为国家标准^{[9][10]}。

1.3.2 冷弯薄壁型钢结构房屋体系在国外的应用现状

冷弯薄壁型钢是一种高效经济型材,具有质轻、构件强度高、刚度大、质量均匀、建造安装便捷、产业化程度高、防白蚁及腐蚀均好、材料可回收利用等诸多优点,因此在低层房屋建筑中被广泛使用。

美国在 1992 年初期,仅有 500 栋冷弯薄壁型钢住宅,1993 年建造了 15 000 栋,1996 年 75 000 栋,而 1998 年达到 12 万栋,2000 年达到 20 万栋的规模,约占住宅建筑总数的 20%,2002 年后约占住宅市场份额的 25%。为加快这种房屋体系在美国的应用,由全国住宅房屋研究中心(NAHBRC)、美国钢铁学会(AISI)和美国城镇住房开发部(DHUD)等机构,组织并编制了冷弯薄壁型钢结构房屋体系(1~3 层)设计、建造标准,并实现了设计标准化、图表化。冷弯薄壁型钢结构房屋体系经过十余年的应用与发展,作为三层以下低层建筑,无论从结构的安全性,还是制造、安装各种工法已基本完善。在北美,这种结构还被越来越多地运用到多层建筑领域,图 1.8、图 1.9 为北美钢框架联盟(NASFA)及加拿大板钢材料建筑协会(CSSBI)在建的多层冷弯薄壁型钢住宅,另据住建部住宅中心考察报告称,北美冷弯薄壁型钢多层住宅已实施将近 300 万 m^2 ^{[8][11][12]}。

在日本,冷弯薄壁型钢结构住宅(日本称薄板钢骨住宅)份额也呈逐年上升趋势。目前年建造数量都在一万栋以上,并被国家大力推广使用在独立式住宅、别墅、学生公寓、汽车旅馆、超市、儿童活动室、老人福利院、医务室等不同类型建筑。2002 年,日本的新日铁公司启动了多层冷弯薄壁型钢结构技术的研发。



图 1.8 NASFA 某多层冷弯薄壁型钢住宅



图 1.9 CSSBI 某多层冷弯薄壁型钢住宅

从全球范围看,多层冷弯薄壁型钢房屋体系在各国应用的实例不多,但从一些不完整资料或介绍中见到,北美地区已成功将冷弯薄壁型钢房屋体系用于三层以上的多层房屋住宅中。

1.3.3 冷弯薄壁型钢结构房屋体系在国内的发展和应用

与西方发达国家相比,我国冷弯薄壁型钢结构技术的发展起步较晚。20 世纪 80 年代初期,国内以西安冶金建筑学院(现西安建筑科技大学)的何保康教授、哈尔滨建筑工程学院(现哈工大)的张耀春教授为代表的一批钢结构领域的学者赴美国康奈尔大学师从乔治·温特教授,这是我国冷弯薄壁型钢结构领域研究的开端。从此,北美先进的冷弯型钢结构技术被引入我国。结合我国钢结构技术的实际,1987 年我国发布了第一部冷弯薄壁型钢结构设计标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》(GBJ 18—1987),1998 年开始全面修订,并于 2002 年 9 月 27 日发布修订的《冷弯薄壁型钢结构技术规范》(GB 50018—2002)。新修订的规范为国家强制性标准,其中还增加了单层房屋设计中考虑蒙皮作用的设计原则。这是我国冷弯薄壁型钢结构技术领域最权威的标准,业内称为轻钢结构的“母规”。最近,据悉“母规”会得到补充,将扩大构件壁厚的适用范围。由于近年来冷弯薄壁型钢结构试验方面不断取得进展,原规范主要承重构件壁厚适用范围 2.0~6.0 mm 将可能扩展至 0.4~6.0 mm,这将对“母规”的一个重大突破。此外,我国住房和城乡建设部于 2011 年 1 月 28 日发布了《低层冷弯薄壁型钢房屋建筑技术规程》(JGJ 227—2011),该规程于 2011 年 12 月 1 日正式实施,亦可作为冷弯薄壁型钢结构设计、施工的技术参考^{[9][10]}。

市场方面的发展落后于技术领域。20 世纪 80 年代中后期尽管一批学者从美国学成回国,又出台了冷弯薄壁型钢结构的国家标准,但市场并无大的发展,在沉寂近十年后的 90 年代中期才率先在工业厂房、仓库等工业建筑中开始使用门式刚架等冷弯薄壁型钢结构技术。这是一次遍及全国的门式刚架厂房热,包括门式刚架、冷弯型钢檩条、支撑、压型钢板屋面和墙面等冷弯薄壁型钢构件大量地被使用