



XIANJIAO PAOMO HUNNINGTU
FUHE QIANGTI JISHU

现浇泡沫混凝土 复合墙体技术

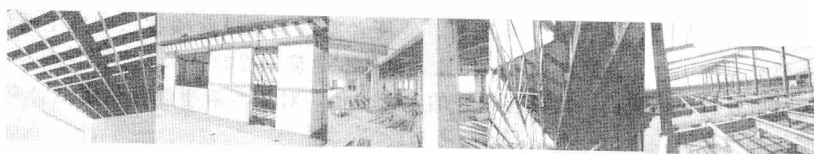
闫振甲 何艳君 编著



化学工业出版社

013038733

TU528
41



XIANJIAO PAOMO HUNNINGTU
FUHE QIANGTI JISHU

现浇泡沫混凝土 复合墙体技术



闫振甲 何艳君 编著



TU528
41



化学工业出版社

· 北京 ·



北航

C1646627

013038537

本书是一本关于泡沫混凝土现浇复合墙体技术的专著。作者在书中结合自己的经验和大量工程案例,具体地介绍了泡沫混凝土现浇复合墙体的原材料、设计方法、施工工艺、验收方法等内容。同时,书中还附有工艺流程图及实例图解,使读者能基本掌握此项技术的施工要领,方便实施。本书主要突出实用性、易懂性和可操作性,对从事建筑工程的技术人员、管理人员、设计人员、监理人员以及材料供应商,均具有很强的参考价值,对从事新型建材及建筑研究的科研人员及大专院校师生来讲,也是一本很好的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

现浇泡沫混凝土复合墙体技术/闫振甲,何艳君编
著. —北京:化学工业出版社,2013.1
ISBN 978-7-122-16489-6

I. ①现… II. ①闫…②何… III. ①现浇混凝土-
泡沫混凝土-墙体结构 IV. ①TU528②TU227

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第025887号

责任编辑:仇志刚 吴昊

装帧设计:刘丽华

责任校对:边涛

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印装:三河市延风印装厂

710mm×1000mm 1/16 印张10¼ 字数198千字 2013年5月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:48.00元

版权所有 违者必究

序

泡沫混凝土自 1923 年在欧洲产生以来，在相当长的时期内一直以欧洲为技术发展中心。后来，美国、日本等国又成为这一领域的领跑者。我国泡沫混凝土发展几十年来一直落后于国外发达国家，技术也多引自国外。占我国泡沫混凝土主导应用的屋面保温层现浇技术引自欧洲，地暖绝热层现浇技术则引自韩国，公路工程填充技术引自日本，油田固井技术则引自美国，煤矿墩柱等矿业应用技术则源自澳大利亚等。所以，加快技术创新力度，缩小我国与发达国家技术上的巨大差距，赶上并超过国外的发展水平，就成为我国泡沫混凝土行业的艰巨任务，也是泡沫混凝土协会向全行业提出的努力方向和奋斗目标。

经过全行业多年尤其是近几年不懈的努力，我们十分高兴地看到，我国泡沫混凝土生产和应用技术追赶世界先进水平的愿望已近实现。目前，全国泡沫混凝土产量和应用量均占世界第一位。更值得欣喜的是，我国泡沫混凝土技术创新已取得了一系列重大的进展，一批具有自主知识产权的先进技术已经成功推广应用。如泡沫混凝土保温板、泡沫混凝土夹心墙板、泡沫混凝土复合填心砌块、泡沫混凝土现浇墙体及住宅等技术，都是我国独立开发，且具有国际先进水平。其中，有些技术设备已开始出口国外。

在上述诸多我国自主创新的技术中，值得一提的是现浇墙体及其住宅技术。该项技术在几年之内完成了研发、推广、规模化应用的工作，并形成较为成熟的建筑新体系，充分体现了泡沫混凝土行业高速发展的态势。这一建筑体系的推广应用，不但是泡沫混凝土行业对我国建筑的一大贡献，也将对其他国家的建筑产生影响。这一技术的推广对提高建筑物的保温节能、防火抗震性能具有积极的作用，对改善居住条件和提高居住舒适度具有重要的意义。

闫振甲教授长期致力于泡沫混凝土技术的创新发展，尤其是建筑自保温体系的研发。他带领一批泡沫混凝土企业成功推出现浇墙体及住宅技术，如今他将这一技术汇集成书，奉献给读者，以引导更多的人投身泡沫混凝土现浇墙体及住宅工程，让这一建筑体系惠及更多的建筑，并成就泡沫混凝土行业更大的辉煌。

我相信，这本书的出版不但会引起泡沫混凝土行业人士的极大关注，也会引起广大建筑业人士、房地产业人士、建筑材料业人士的兴趣，并使社会上更多的人了解泡沫混凝土，应用泡沫混凝土。

闫振甲教授为了这本书的出版，付出了不少心血。在本书成功出版之日，遵嘱为序，以资祝贺。

中国混凝土与水泥制品协会泡沫混凝土分会会长

徐洛屹

2013年元月18日

前言

中国几千年来建筑，除少数为夯土墙外，一直以黏土砖砌筑墙体为主。近几十年，为减轻烧砖取土对耕地的毁废，我国政府大力推动墙体材料革新，取得了世人瞩目的辉煌成就，但是黏土砖建筑占主导的局面并没有彻底改变。目前，我国大多数地方的建筑，尤其是农村建筑，仍然以黏土砖墙为主要的结构形式。即使是新型墙材，也依然以砖、砌块占主导，如混凝土多孔砖、空心砌块等。砌体结构墙体至今仍然广泛应用于全国各地大小建筑，成为阻碍我国建筑结构高性能化发展的重要因素。

近年，笔者与北京广慧公司的全体人员共同探索，研究并推出可取代现有砖砌墙体的新型墙体——泡沫混凝土现浇轻钢龙骨复合高性能墙体，也称为“广慧墙”。这种墙体集保温、抗震、隔声吸声、防火耐火、生态环保、节省材料、轻质减荷等优异性能为一体，成为目前综合性能最好的新型墙体之一。目前“广慧墙”在中国建筑工程中的应用面积已达100多万平方米，受到了各方的欢迎和肯定。

本书是一本介绍现浇泡沫混凝土轻钢龙骨复合墙体技术的专著，主要是为建筑工程行业的工程技术人员、管理人员和设计人员提供参考，也可供大专院校及科研院所的师生及研究人员参考使用。希望本书的出版能使该墙体更快更广泛地推广应用，成为我国房屋建设的主导墙体之一。同时也希望广大建筑工程技术人员和各方专家能献智献策，使这一技术体系能够更加完善、更加合理、更加先进。

在本书的编写过程中，笔者参阅了一些专家的著作，北京优耐德新型建材有限公司、北京天舒广慧住宅有限公司、大连天一建筑保温工程有限公司、北京广慧精研泡沫混凝土科技有限责任公司和南阳华泰建材有限公司等一些泡沫混凝土现浇复合墙体的施工企业向笔者提供了他们的技术资料 and 工程照片，丁跃国、孔瑜、孟琳娜承担了主要的文字和图片的处理及资料收集工作。在此，笔者向以上企业和人员表示诚挚的谢意。

由于水平所限，书中不妥之处敬请读者批评指正。

编者

2012年8月于北京

目录

第 1 章 概述	1
1.1 引言	1
1.2 轻钢龙骨现浇泡沫混凝土复合自保温墙体的概念	2
1.2.1 概念	2
1.2.2 墙体的基本结构	3
1.3 应用领域与种类	4
1.3.1 应用领域	4
1.3.2 种类	5
1.4 发展概况	6
1.4.1 发展历程与概况	6
1.4.2 技术体系的成熟状况	8
1.4.3 发展展望	9
1.5 系统技术特点与优越性	11
1.5.1 结构保温可实现建筑自保温	11
1.5.2 彻底解决建筑保温及防火的矛盾	12
1.5.3 解决了钢结构的防火难题	12
1.5.4 高耐久保温材料使保温与建筑同寿命	13
1.5.5 断桥结构提高了保温效果	13
1.5.6 开口龙骨提高了建筑性能	13
1.5.7 泡沫混凝土填充钢管提高钢框架性能	14
1.6 该系统在我国墙改与建筑节能中的地位与意义	14
1.6.1 在我国墙改中的地位和意义	14
1.6.2 在建筑节能中的意义	15

第 2 章 系统的组成材料技术要求及选择	17
----------------------	----

2.1 轻钢龙骨	17
2.1.1 特性及构成.....	17
2.1.2 金属材料要求及外观要求.....	18
2.1.3 龙骨组件.....	21
2.1.4 连接件.....	21
2.2 面板	22
2.2.1 纤维水泥板及选择.....	22
2.2.2 石棉增强水泥平板.....	23
2.2.3 纤维增强低碱水泥平板.....	24
2.2.4 抗碱玻璃纤维增强低碱水泥平板 (GRC 板)	26
2.2.5 玻镁平板.....	27
2.2.6 硅钙板.....	29
2.2.7 装饰板材.....	31
2.3 断桥垫块和垫条	32
2.3.1 断桥垫条.....	33
2.3.2 断桥垫块.....	34
2.4 现浇墙体所用的水泥	35
2.4.1 现浇所用的水泥种类.....	35
2.4.2 水泥的选择.....	36
2.5 泡沫混凝土所用掺合料	38
2.5.1 活性掺合料的作用及机理.....	39
2.5.2 活性掺合料的选择.....	41
2.6 泡沫混凝土所用外加剂	45
2.6.1 促凝剂.....	45
2.6.2 复合增强剂.....	47
2.7 发泡剂及质量控制	48
2.7.1 物理制泡泡沫剂及其质量控制.....	48
2.7.2 泡沫剂质量的标准检测方法.....	51
2.7.3 泡沫剂的选择.....	51
2.7.4 化学发泡剂及其质量控制.....	52

第3章 复合墙体设计 **56**

3.1 复合墙体是未来建筑的方向	56
3.2 系统复合原理	56
3.3 复合墙体设计方法	58
3.3.1 墙体的龙骨结构设计方法.....	58

3.3.2	墙体的性能设计	59
3.3.3	上、下横龙骨的设计	62
3.3.4	面板的设计要求	63
3.3.5	其他设计要求	63
3.3.6	现浇泡沫混凝土填充芯层设计	64
3.4	构件连接计算	66
3.4.1	冷弯薄壁型钢构件常用的截面类型	66
3.4.2	轴心受拉构件的强度	67
3.4.3	轴心受压构件的强度和稳定性	67
3.4.4	受弯构件的强度和稳定性	68
3.4.5	中间加劲板件宽度	70
3.5	连接计算和构造	71
3.6	水暖、电气管线设计	72

第4章 墙体设备的技术要求及选择 ————— 73

4.1	物理制泡现浇设备	73
4.1.1	设备概况	73
4.1.2	存在的不足	74
4.1.3	现浇墙体系统对物理制泡现浇设备的技术要求	75
4.1.4	物理制泡现浇设备的选择	76
4.2	化学发泡墙体现浇设备	77
4.2.1	HJ-1 机组简介	77
4.2.2	HJ-1 机组和主机的技术特点	79
4.3	墙体现浇设备发展展望	80

第5章 施工工艺 ————— 82

5.1	施工一般要求	82
5.2	配合比设计原则	83
5.3	工艺流程概述	84
5.4	施工准备	85
5.4.1	施工技术准备	85
5.4.2	安装准备和施工工具准备	86
5.4.3	测量放线与脚手架布置	86
5.5	龙骨安装工序	87
5.5.1	龙骨的订购和加工	87

5.5.2 安装沿地、沿顶轻钢龙骨	89
5.6 面板安装工序	93
5.6.1 面板准备和堆放	93
5.6.2 面板的安装施工	94
5.7 泡沫混凝土的浇筑	97
5.7.1 泡沫混凝土浇筑工艺流程	97
5.7.2 浇筑准备	97
5.7.3 配料	98
5.7.4 制水泥浆	98
5.7.5 浆体质量控制	99
5.7.6 制取泡沫	100
5.7.7 制取泡沫水泥浆	102
5.7.8 浇筑	104
5.7.9 防止浇筑爆板的技术措施	105
5.7.10 化学发泡浇筑工艺	108
5.8 浇筑后的墙面处理	109
5.8.1 墙面的清理	109
5.8.2 接缝处理	110

第6章 现浇复合墙体工程检验和验收 **112**

6.1 一般规定	112
6.2 主控项目	113
6.3 一般项目	113
6.4 墙体验收	113
6.4.1 现浇轻质复合墙体的验收规定	113
6.4.2 墙体结构密度差和浇筑效果的检验与验收	114
6.4.3 墙体传热系数检验和验收	116
6.4.4 墙体防火性能检验和验收	119
6.4.5 墙体隔声性能检验和验收	119

第7章 泡沫混凝土现浇薄壁型钢低层住宅 **122**

7.1 总述	122
7.1.1 概念	122
7.1.2 发展与应用	123
7.1.3 主要优点	123

7.2 技术方案	124
7.2.1 住宅整体方案	124
7.2.2 墙体方案	125
7.2.3 屋面方案	126
7.2.4 楼层方案	127
7.3 施工工艺	129
7.3.1 基础施工	129
7.3.2 安装薄壁型钢结构	129
7.3.3 墙体预埋件及面板安装	131
7.3.4 浇筑	132

附录 工程设计参考图	134
-------------------------	------------

参考文献	153
-------------------	------------

第 1 章

概 述

1.1 引言

经几十年来的发展,我国的墙体材料革新成果非凡,新型墙材正逐步占据主导地位。但是,至今取代黏土砖的新墙材及其工艺设备,基本都从发达国家引进,具有中国自主知识产权者不多。如加气混凝土砌块、混凝土小型空心砌块、混凝土多孔砖、多孔墙板、钢丝网架夹心板、石膏砌块等主导性大宗墙材,无一不是采用国外生产工艺生产的。

正因如此,许多国内墙材专家及企业家,都想建造出具有中国自主知识产权的真正中国墙。

现浇墙体是泡沫混凝土继屋面保温层及地面绝热层现浇之后,于近年开发的应用新领域,也是未来的发展方向之一。目前,已经推出的现浇墙体技术体系有三个:泡沫混凝土轻钢龙骨复合墙体系统(广慧墙)、可拆模板加筋墙体系统(永泰

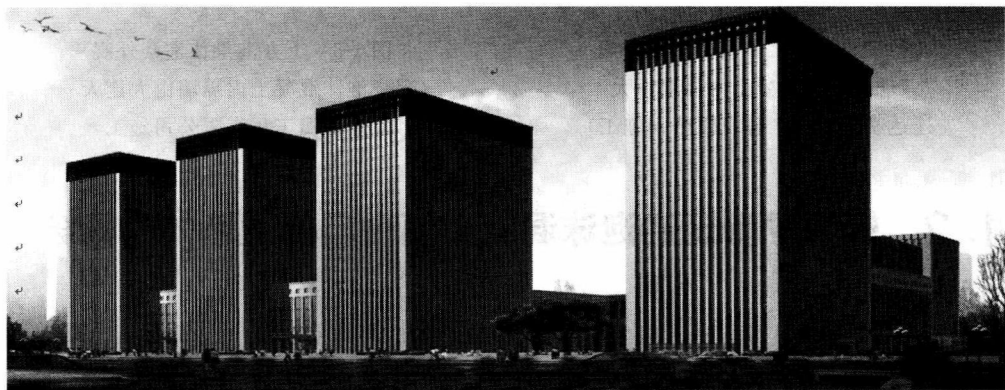


图 1-1 建成后的呼和浩特东方君座建筑群外观
(泡沫混凝土内外墙由北京优耐德新型建材有限公司施工)

墙)、砖混结构夹心墙体自保温系统等三种,估计以后还将产生新的泡沫混凝土现浇墙体系统。本书将重点介绍泡沫混凝土轻钢龙骨复合墙体系统。

现浇泡沫混凝土轻钢龙骨复合墙体系统,是笔者汇集国内许多企业的智慧和经验,在北京广慧精研泡沫混凝土科技有限责任公司配合下所推出的一项新技术,故简称“广慧墙”。目前,这种墙体已被国内许多公司用于实际工程。施工量以建筑面积计算已达几十万平方米,从事这种墙体施工的企业已有数十家,已初步形成规模化应用的格局。图 1-1~图 1-3 为部分工程外观。



图 1-2 桂林某家属住宅楼外观
(现浇泡沫混凝土内隔墙由大连达鹏达装饰工程有限公司施工)

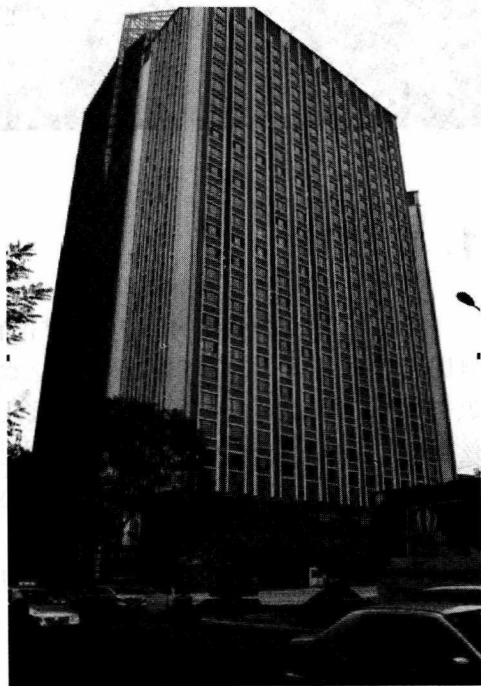


图 1-3 上方港景住宅楼外观
(现浇泡沫混凝土内隔墙由大连天一建筑保温工程有限公司施工)

1.2 轻钢龙骨现浇泡沫混凝土复合自保温墙体的概念

1.2.1 概念

这种墙体是以轻钢龙骨(C形钢或方管组合格子结构形钢)和横向断桥龙骨为纵横支撑,以固定于龙骨上的免拆除无机面板为覆盖材料,形成墙体空腔,然后向空腔内现场浇筑泡沫混凝土浆体,浆体硬化后与龙骨面板一起,形成完整一体的夹心复合墙体。

几千年来,砖砌墙体一直是我们的建筑墙体的主导。这种墙体是对传统建筑砖砌墙体概念的彻底颠覆,与其有着根本性的不同。与现有各种砖砌墙体相比,这种墙体有着鲜明的技术特征。

(1) 以轻钢龙骨为支撑,且轻钢龙骨包覆在泡沫混凝土之内。因此,本墙体既可以作为6层以下建筑的承重墙,也可以作为7层以上框架结构建筑的非承重墙,使其可以应用于大多数高层和低层建筑;

(2) 覆盖面板免拆除,成为免粉刷墙面,墙体结构施工与墙面层施工一次完成;

(3) 面板与轻钢龙骨之间以断桥龙骨或垫块隔开,或使用其他断桥结构,消灭了冷热桥,增强了墙体结构;

(4) 以泡沫混凝土为现浇保温填充层,可实现墙体自保温,外墙体不需另加外保温层;

(5) 龙骨、面板、填充泡沫混凝土,三者组成夹心型复合墙体结构,克服了砌块墙体单一材料单层结构所带来的保温性差、抗震能力差、隔声吸声性差等不足,赋予墙体优异的综合性能。

多种材料复合结构,现浇夹心自保温,是本墙体的核心。

1.2.2 墙体的基本结构

(1) 基本结构

“广慧墙”墙体系统,属于泡沫混凝土轻钢龙骨夹心复合墙体结构。它以薄壁C形钢龙骨或方管组合形钢龙骨为主体支撑件,在龙骨的内外两侧,以螺钉或其他固定件,固定无机面板。在两侧面板之间,就形成了一个空腔。向空腔内浇筑泡沫混凝土浆体,硬化后就形成了保温芯层。在面板与龙骨之间,是断桥垫块。这样,以龙骨为支撑,以面板为面层,以泡沫混凝土为芯层,就形成了结构合理的复合墙体。

图1-4是该系统C形钢结构主体示意图;图1-5是该系统C形钢结构剖面示意图;图1-6是该系统方管组合结构主体示意图;图1-7是该系统方管组合结构剖面示意图。

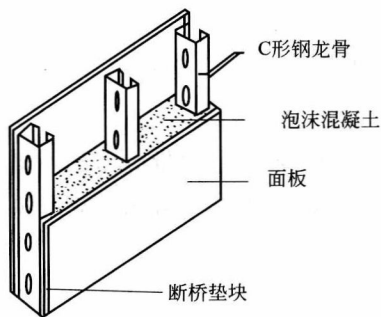


图 1-4 该系统 C 形钢结构示意图

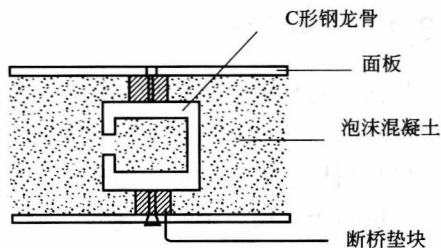


图 1-5 该系统 C 形钢结构剖面示意图

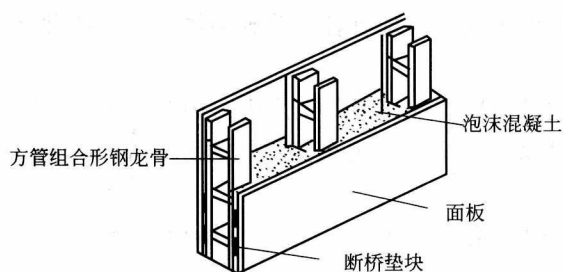


图 1-6 该系统方管组合结构主体示意图

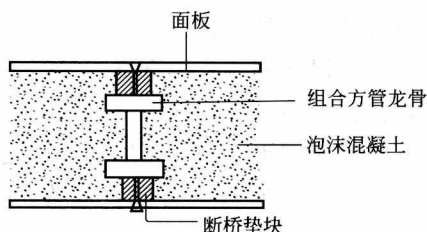


图 1-7 该系统方管组合结构剖面示意图

在该系统中，轻钢龙骨发挥的作用是纵向支撑及面板的连接，系统的各部分均通过龙骨组合为一体。

面板的作用有四个。一是起到了系统的横向支撑作用，与龙骨的纵向支撑相结合，使墙体成为一个稳定而坚固的力学结构；二是保护了芯层的泡沫混凝土，弥补了泡沫混凝土强度差的缺点，赋予墙体理想的抗冲击性能和良好的强度；三是赋予墙面良好的平整度，使墙面可以免粉刷，直接刮腻子就可以进行装饰层施工；四是起到了模板作用，因此也称之为免拆模板。

泡沫混凝土芯层主要是保温填充作用，同时，也赋予墙体抗震吸能性，隔声吸声等功能，是主要的功能层。

三者优势互补，劣势互克，就可以使墙体具有优异的综合性能。

(2) 不同结构的应用范围

① 内隔墙的厚度小于 120mm 时，一般采用图 1-4 和图 1-5 所示意的结构。

② 内隔墙的厚度大于 120mm，以及各种的外墙，宜采用图 1-6 和图 1-7 所示的结构。

③ 低层住宅的层数超过 3 层时，内隔墙均宜采用图 1-6 和图 1-7 所示结构。

1.3 应用领域与种类

1.3.1 应用领域

目前，这种墙体主要应用于高层框架结构建筑的内隔墙，少量应用于外墙。在低层建筑，内外墙都有应用。这种现浇墙体按应用方式的不同，有三大应用领域。

(1) 高层框架结构非承重外墙和内隔墙

高层是指 6 层以上框架建筑。

框架结构包括轻钢框架、重钢框架、轻钢重钢混合框架、混凝土现浇框架、预制件组合框架、钢与混凝土混合框架等。

非承重是指这种墙体只能作为上述各种框架结构的非承重填充墙，而不能作为承重墙。

内外墙体是指这种墙体既可以作为外墙使用，也可以作为内墙使用，内外墙兼具。

(2) 低层轻钢结构住宅承重外墙和内墙

低层是指6层以下轻钢结构建筑。

轻钢结构是指冷弯薄壁型钢房屋建筑结构，以C形钢结构为代表，适用于3层以下低层住宅；也是指组合方管形钢房屋建筑结构，以格构形钢结构为代表，适用于6层以下低层住宅。

承重是指这类墙体可以承载建筑自重及风雪等外加荷载，不需要另加框架或承重柱。

外墙和内隔墙是指这种复合墙体可以作为这类建筑的外墙，也可以作为这类建筑的内隔墙。

(3) 钢结构工业化厂房非承重外墙及内隔墙

钢结构包括轻钢结构小型工业厂房及重型结构大型工业厂房。

非承重指这种现浇复合墙体只作为这些工业厂房的非承重墙体，不承载建筑自重及外加荷载。

外墙及内隔墙指这种现浇复合墙体主要用于这些工业厂房的自保温外墙，在需要时，也可以用于工业厂房的内部隔断墙。

1.3.2 种类

(1) 按钢结构支撑体系分类 按钢结构支撑体系，这种复合墙体可以分为两种。

① 冷弯薄壁型钢结构，即C形钢结构墙体。除使用力量导轨之外，其余多数结构件都采用C形钢组合。这种墙体适合3层以下低层建筑。图1-8为C形钢结构外观。

② 组合方管形钢结构，即格构形钢结构墙体。这种体系的所有结构件全部采用方管形钢组成。这种墙体适合6层以下低层建筑。图1-9为方管组合形钢结构外观。

(2) 按采用的断桥材料分类 按采用的断桥材料的不同，这种复合墙体可以分为断桥复合墙体、断桥块复合墙体、断桥无机板条复合墙体。

(3) 按采用的面板材料分类 按采用的面板材料分类，可以分为硅钙板复合墙体、纤维水泥板复合墙体、玻镁板复合墙体、饰面挂板复合墙体等。

(4) 按现浇泡沫混凝土保温层的密度分类 按现浇泡沫混凝土保温层的密度分类，这种复合墙体可以分为三类：高密度墙体、中密度墙体、低密度墙体。高密度墙体的密度为 $500\sim 900\text{kg/m}^3$ ，适合于对保温要求不是很高，但对墙体保温层强度

要求较高的建筑；中密度墙体密度为 $300\sim 400\text{kg/m}^3$ ，适用于对保温有一定要求，对保温层强度不要求过高的建筑；低密度墙体的密度为 $150\sim 250\text{kg/m}^3$ ，适用于对保温要求较高，而对保温层强度要求不高的建筑。



图 1-8 C 形钢结构外观

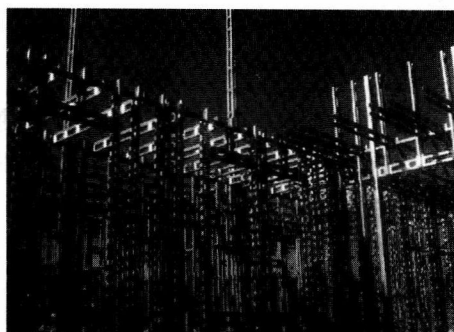


图 1-9 方管组合形钢结构外观

(5) 按施工工艺分类 按施工工艺分类，这种复合墙体可以分为两类：化学发泡现浇复合墙体，物理制泡现浇复合墙体。

① 化学发泡现浇复合墙体 这种现浇技术刚刚开始研发，现在应用还不多。但由于这种现浇浆体泵送流动性好，与同等密度的泡沫混凝土相比强度及其他性能更好，因此表现出良好的发展势头，预计在未来这类墙体会有较大的发展。

② 物理制泡现浇复合墙体 这类复合墙体目前应用较多，从已竣工的工程看，95%以上是这类墙体，其技术相对成熟，积累了一定的成熟经验。但由于其在同等密度的条件下，强度及其他性能不如化学发泡，所以还需要改进、完善和提高。

1.4 发展概况

1.4.1 发展历程与概况

本复合墙体的发展历程约分为三个阶段，即探索期、形成期、成熟期。

(1) 探索期

现浇泡沫混凝土的初期探索阶段，大约在 1995~2005 年，历时约 10 年。这一时期的特征是材料专家，钢结构企业，建筑施工企业不约而同在各自领域内开展独立的探索，没有形成规模化的工程应用。

在 1990 年之前，笔者重点研究的是发泡切块，由于当时国内对泡沫混凝土认知度太低，致使产品得不到认可。从 1991 年起，笔者开始探索将泡沫混凝土直接浇成墙体，当时在开封曾使用玻镁板为免拆模板，浇成了一道试验墙，但由于没有