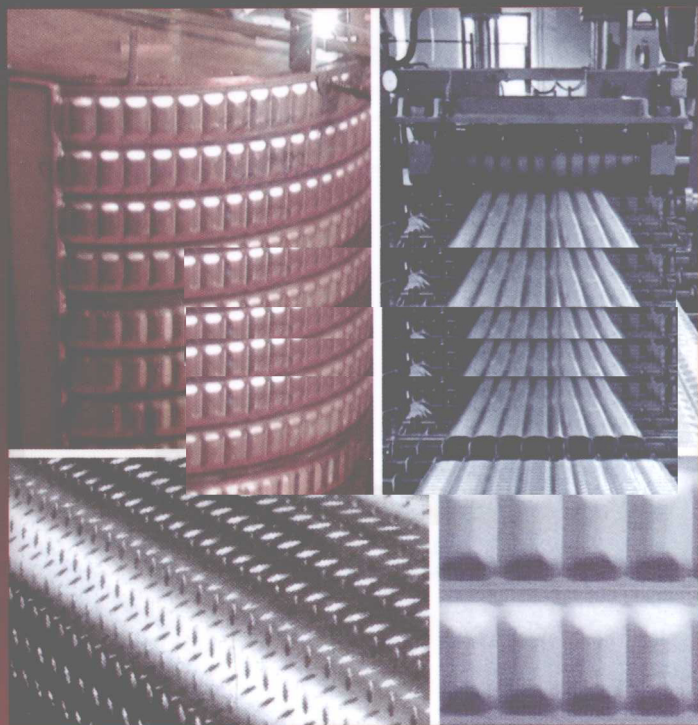


贾凤翔 侯若明 贾晓滨 等编著

不锈钢瓦楞形板 生产与应用



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书介绍了一种可用于制造高效节能传热元件的新型材料——不锈钢瓦楞形板。书中阐明了不锈钢瓦楞形板作为传热元件的结构特点,介绍了不锈钢瓦楞形板的生产过程、成型工艺、成型设备和焊接设备,列举了不锈钢瓦楞形板在热交换器中的应用——各种形式的不锈钢瓦楞形板热交换器。最后也介绍了不锈钢瓦楞形板在其他领域的应用。

本书适合于不锈钢瓦楞形板生产(包括成型、焊接)人员使用,也可供热交换器设计、生产、使用、管理工程技术人员及其他相关部门人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

不锈钢瓦楞形板生产与应用/贾凤翔,侯若明,贾晓滨
等编著. —北京:化学工业出版社, 2010. 10
ISBN 978-7-122-09393-6

I. 不… II. ①贾…②侯…③贾… III. 不锈钢-板材-
生产工艺 IV. TG335.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 168515 号

责任编辑:段志兵
责任校对:徐贞珍

文字编辑:张燕文
装帧设计:关 飞

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:北京云浩印刷有限责任公司
850mm×1168mm 1/32 印张 8 字数 208 千字
2011 年 1 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: 30.00 元

版权所有 违者必究

前 言

不锈钢瓦楞形板是一种结构上强度高、刚度大，材料性能上耐腐蚀、不易结垢，使用寿命长的新型结构材料。用于传热元件，由于采用强化传热技术，传热面积大，传热效率高，结构紧凑，同比重量大大减轻，适用范围广，可以实现机械化、自动化、连续化生产，使质量得到充分保证，加工生产效率大大提高。

热交换器是化工、石油化工、冶金、电力、轻工、动力、医药、食品、余热和废热回收等行业应用最为普遍的一种通用工艺设备，在日常生活中也随处可见，是现代工业和日常生活中必不可少的能源设备，也是一种具有较大节能空间的特种设备。

将不锈钢瓦楞形板用于各种热交换器中，可以显著提高换热压力容器的能效水平和使用寿命。这种方法适用于各种不同介质的热交换器，成本比使用管子元件便宜许多，且易于生产，易于组装成各种不同形式、不同结构的热交换器。不锈钢瓦楞形热交换器在国外已应用于化工、石油化工、造纸、制药、纺织和食品加工等行业，可用于加热、冷却、蒸发和冷凝等过程，国内还未见到类似产品。

随着人们生活水平的提高，节能环保意识的增强，不锈钢瓦楞形板的应用前景会非常广泛，如作为采暖用的暖气片，既可作为采暖元件用，又可制成各种形状，同时兼做装饰品用；在建筑行业，可取代现在使用的普通材料彩钢板，既强度高、刚性大、韧性大，又美观、耐腐蚀、寿命长，无须刷漆防腐，还可用于重要包装的外形材料等。

我们希望通过本书的出版，能够推动不锈钢瓦楞形板这种新型结构元件在各行业得到广泛应用，使相应产品迈上一个新的更高的台阶，以适应经济快速发展、生活水平不断提高的需要。

本书共分六章，另加附录。参加编写的人员有：贾晓滨（第1章和第6章）、贾凤翔（第2章和第3章）、侯若明（第4章和第5章），此外，李宝童、韩奇文、侯建平分别参加了第2章、第3章、第5章部分内容的编写，侯若明对全书进行了校阅。

由于编著者水平有限，书中难免有不当之处，望广大读者批评指正。

编著者

目 录

第 1 章 不锈钢瓦楞形板及不锈钢瓦楞形传热元件	1
1.1 不锈钢瓦楞形板	2
1.1.1 不锈钢瓦楞形板的外形尺寸	3
1.1.2 不锈钢瓦楞形板的表面及面积	5
1.2 不锈钢瓦楞形传热元件	7
1.2.1 概述	7
1.2.2 不锈钢瓦楞形传热元件的特点	8
1.2.3 不锈钢瓦楞形传热元件的结构形式	13
1.2.4 不锈钢瓦楞形传热元件边部和端部结构	14
1.2.5 不锈钢瓦楞形传热元件与其他形式传热元件的 比较	15
1.2.6 不锈钢瓦楞形传热元件的相关技术参数	18
1.3 不锈钢瓦楞形传热元件常用的几种表面形式	23
1.3.1 不锈钢瓦楞形传热元件的酸洗表面	24
1.3.2 不锈钢瓦楞形传热元件的抛光表面	25
1.3.3 不锈钢瓦楞形传热元件的着色表面	27
1.4 不锈钢性能及瓦楞形板用不锈钢简介	28
1.4.1 不锈钢性能简介	29
1.4.2 不锈钢材料的选用原则	32
1.4.3 不锈钢瓦楞形板用不锈钢	34
1.5 不锈钢瓦楞形板的应用	38
1.5.1 用做传热元件	38
1.5.2 用于建筑领域	39
1.5.3 用于其他领域	40

1.6 不锈钢瓦楞形板生产技术简介	40
第2章 宽幅型钢的辊式冷弯成型	42
2.1 辊式冷弯成型技术	44
2.1.1 辊式冷弯成型概述	44
2.1.2 辊式冷弯成型板材变形过程	46
2.1.3 辊式冷弯的成型道次	48
2.1.4 辊型设计	49
2.1.5 张力的形成	54
2.1.6 成型辊材质	55
2.2 冷弯成型辊孔型设计	55
2.2.1 孔型设计基础	55
2.2.2 孔型设计定义及程序	59
2.2.3 型钢断面位置的设置	60
2.2.4 型钢横截面面积不变原则及计算方法	61
2.2.5 各过渡道次弯曲圆弧半径	65
2.2.6 弹性变形	66
2.3 宽幅型钢辊式冷弯成型工艺	67
2.3.1 宽幅型钢辊式冷弯成型特点及成型方式	69
2.3.2 宽幅周期断面冷弯型钢	72
2.3.3 宽幅冷弯型钢的专用孔型	74
2.3.4 组合辊	75
2.4 宽幅冷弯型钢成型机组	77
2.4.1 概述	77
2.4.2 宽幅(大、中型)冷弯成型机组	78
2.4.3 宽幅辊式冷弯成型机的机架	80
2.4.4 冷弯成型机传动方式	81
2.4.5 成型机成型辊的压下方式	83
2.4.6 对成型机组的一般要求	84
第3章 不锈钢瓦楞形板的冷弯成型	86
3.1 不锈钢瓦楞形板辊式冷弯成型	87

3.1.1	不锈钢瓦楞形板的成型特点	87
3.1.2	不锈钢瓦楞形板成型辊	88
3.2	横向波纹的成型	91
3.2.1	镦压(横向波纹)成型辊设计参数	91
3.2.2	瓦楞形板用料宽度计算	95
3.3	纵向波纹的成型	96
3.3.1	纵向(冲压)成型辊的直径	97
3.3.2	冲压成型辊	98
3.3.3	纵向波纹尺寸及冲压减薄	99
3.3.4	成型辊的传动形式	101
3.4	不锈钢瓦楞形板冷弯成型机组	101
3.4.1	成型机组的组成	102
3.4.2	机组技术参数及功能	102
3.4.3	各道次孔型图	108
3.5	不锈钢瓦楞形板成型机组的多用途	111
3.5.1	周期断面高刚性冷弯型钢生产	111
3.5.2	冲切冷弯型钢的生产	111
3.5.3	压花板的生产	113
第4章	不锈钢瓦楞形传热元件的焊接	115
4.1	不锈钢焊接	116
4.1.1	金属材料的焊接性	117
4.1.2	奥氏体不锈钢的焊接	118
4.1.3	铁素体不锈钢的焊接	126
4.1.4	奥氏体+铁素体双相不锈钢的焊接	128
4.2	电阻缝焊	132
4.2.1	电阻缝焊简介	132
4.2.2	电阻缝焊的基本形式	134
4.2.3	电阻缝焊的优缺点	137
4.2.4	电阻缝焊的要点	138
4.3	缝焊电极	139

4.3.1	电极的功能	140
4.3.2	电极材料	141
4.3.3	轮形电极的形状	142
4.3.4	轮形电极的尺寸	143
4.4	缝焊工艺	146
4.4.1	缝焊参数	146
4.4.2	缝焊参数对焊接的影响	147
4.5	缝焊接头质量及检验	148
4.5.1	缝焊接头质量	149
4.5.2	接头质量检验	151
4.6	瓦楞形板电阻缝焊机组	154
4.6.1	电阻缝焊机组的组成	154
4.6.2	多道缝焊焊轮	157
4.7	手工钨极氩弧焊	158
4.7.1	手工钨极氩弧焊的特点和应用	158
4.7.2	直流钨极氩弧焊及其设备	159
4.7.3	交流钨极氩弧焊	162
4.7.4	手工钨极氩弧焊焊接工艺	164
4.7.5	不锈钢手工钨极氩弧焊	167

第5章 不锈钢瓦楞形热交换器 174

5.1	不锈钢瓦楞形热交换器的特点和用途	174
5.1.1	不锈钢瓦楞形热交换器的特点	174
5.1.2	不锈钢瓦楞形热交换器的用途	176
5.2	瓦楞形传热元件的结构形式及表面面积	176
5.2.1	瓦楞形板-平板传热元件	176
5.2.2	瓦楞形板-瓦楞形传热元件	178
5.3	不锈钢瓦楞形板板壳式热交换器	178
5.3.1	圆筒形瓦楞形板板壳式热交换器	179
5.3.2	箱形瓦楞形板板壳式热交换器	183
5.4	不锈钢瓦楞形板平板式热交换器	185

5.4.1	连接形式	185
5.4.2	单层平板	186
5.4.3	多层平板	187
5.5	瓦楞形板螺旋板式热交换器	187
5.5.1	瓦楞形板螺旋板式热交换器与螺旋板式热交换器 的比较	187
5.5.2	不锈钢瓦楞形板螺旋板式热交换器制造工艺	190
5.6	其他形式不锈钢瓦楞形热交换器	199
5.6.1	圆筒式热交换器(反应釜)	199
5.6.2	螺旋体瓦楞形热交换器	199
5.7	瓦楞形热交换器的交货形式及交货表面状况	201
5.8	强化传热	201
5.8.1	强化传热的目的与任务	202
5.8.2	强化传热的途径	203
5.8.3	强化传热的几种实用方法简介	206
5.8.4	强化传热技术	207
5.8.5	强化传热技术效果评价	209
5.9	热交换器的优化设计	209
第6章	不锈钢瓦楞形板应用展望	212
6.1	热交换器的应用领域	212
6.2	瓦楞形板在太阳能利用方面的应用	216
6.3	瓦楞形板在建筑及装饰上的应用	219
附录		220
附录A	不锈钢国内外牌号型号对照表	220
附录B	我国已应用的不锈钢非标准钢号与国外钢号 对照表	222
附录C	常用单位及换算表	223
表C1	常用单位换算表	223
表C2	常用法定计量单位及其换算	225
附录D	常用数据表	232

表 D1	金属材料的密度、比热和热导率	232
表 D2	保温、建筑及其他材料的密度和热导率	234
表 D3	几种保温、耐火材料的热导率与温度的关系	235
表 D4	干空气的物理性质	236
表 D5	在大气压力下烟气的热物理性质	237
表 D6	饱和水的物理性质	237
表 D7	几种饱和液体的热物理性质	238
参考文献		240

第 1 章

不锈钢瓦楞形板 及不锈钢瓦楞形传热元件

本书介绍的不锈钢瓦楞形板是一种用不锈钢冷轧薄板（钢带、钢板）加工而成的特殊形状的宽幅型钢。不锈钢瓦楞形板是一种结构强度高、刚度大、耐腐蚀、不易结垢（当用作传热元件时），使用寿命长，并具有较好装饰效果的新型结构元件。当不锈钢瓦楞形板用作传热元件时，由于成型时采用了强化传热技术（扩大表面面积），其单位体积的传热面积大大提高，因而传热效率也大大提高。同时由于结构更加紧凑，同比重量大大减轻，是一种理想的、节能效果显著的新型传热元件。

不锈钢瓦楞形板的加工制造，可以采用传统的冲压成型工艺，也可采用辊式冷弯成型工艺。冲压成型只能是单张生产，适用于小规模批量生产，因而其生产效率低，成材率低，质量极不稳定。辊式冷弯成型，由于是连续生产，采用的是冷轧卷板，所以适用于大批量地规模生产，特别是生产批量较大的长型材，其优势更加明显，同样也更适合于不锈钢瓦楞形板的加工生产。同时，采用辊式冷弯成型，可以使成型过程实现机械化、自动化、连续化生产，使加工质量得到充分保证，生产效率大大提高。

1.1 不锈钢瓦楞形板

不锈钢瓦楞形板形状如同屋盖上用瓦片铺成的行列隆起部分，故被称为不锈钢瓦楞形板，如图 1-1 所示。

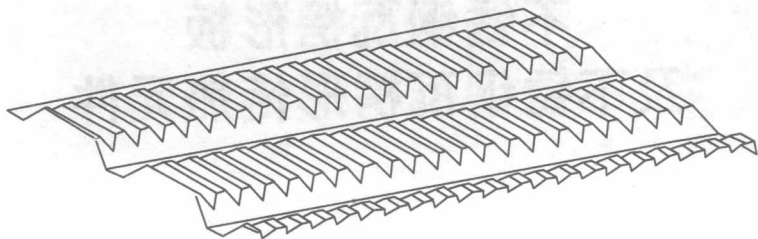


图 1-1 不锈钢瓦楞形板示意图

人们过去常见的“瓦楞（形）板”大都是用普通低碳钢，也就是非合金钢材料制成的，见图 1-2。也有用非金属材料如石棉、塑料、纸板等制成的瓦楞形板。这些瓦楞形板主要用于建筑领域的屋盖材料，外墙材料和各种包装箱体的外形材料 and 产品包装箱、盒等，之所以做成瓦楞形状，主要目的是增加结构刚度和稳定性。因此，其尺寸精度和表面质量要求及材质要求都不是很高。

不锈钢瓦楞形板与普通的“瓦楞（形）板”不同：首先，材料是不锈钢，无疑，要比普通的“瓦楞（形）板”具有更好的耐腐蚀性能和更好的装饰效果；另外，在结构上也大大不同。这些都赋予了不锈钢瓦楞形板不仅具有普通“瓦楞（形）板”的各种功能与作用，而且具有普通“瓦楞（形）板”没有的功能，即不锈钢瓦楞形板可以作为传热元件使用。作为传热元件，对其各方面的要求就比普通“瓦楞（形）板”高得多，特别是对瓦楞形板表观的要求，对瓦楞形板表观的要求主要体现在对外形尺寸和表面质量的要求上。因此，生产不锈钢瓦楞形板的方式和工艺就成为保证其外形尺寸和质量的关键。其他性能（力学性能、耐腐蚀性能和焊接性能）主要取决于所选用的材料。

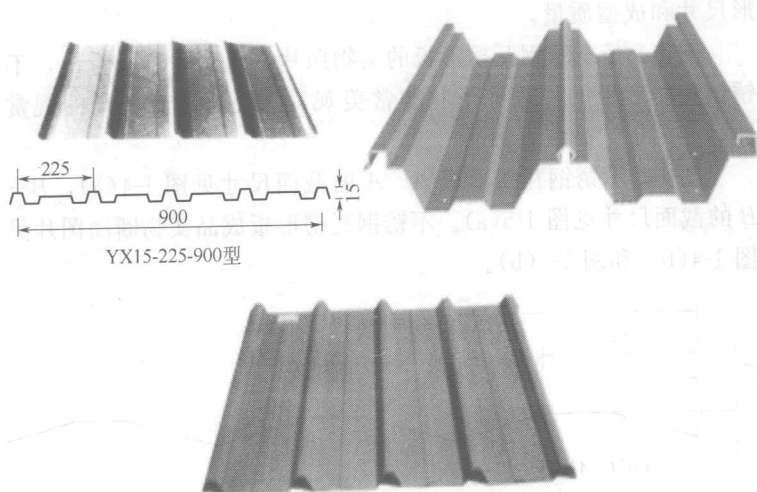


图 1-2 建筑用金属瓦楞形板图片

1.1.1 不锈钢瓦楞形板的外形尺寸

从图 1-1 和图 1-3 可以看出, 不锈钢瓦楞形板的外表形状是有规律、周期性变化的, 而且弯曲深度较小, 形状单一, 不仅有横向波纹, 而且还有纵向波纹。所以说, 其形状既简单又复杂, 简单是形状单一, 有规律; 复杂是指不仅有横向波纹, 而且还有纵向波纹。这给不锈钢瓦楞形板的成型带来不小的难度, 在成型工艺上必须采取相应的工艺措施和手段, 方能保证获得要求的外

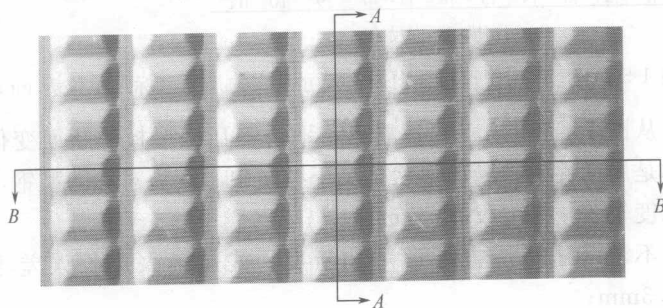


图 1-3 不锈钢瓦楞形板实物照片

形尺寸和成型质量。

图 1-3 是不锈钢瓦楞形板的实物照片。从图片可以看出，不锈钢瓦楞形板的外表和形状非常美观、漂亮，具有较高的观赏性，如同工艺品、装饰品。

图 1-3 不锈钢瓦楞形板 A—A 的截面尺寸见图 1-4(a)，B—B 的截面尺寸见图 1-5(a)。不锈钢瓦楞形板成品实物断面图片见图 1-4(b) 和图 1-5(b)。

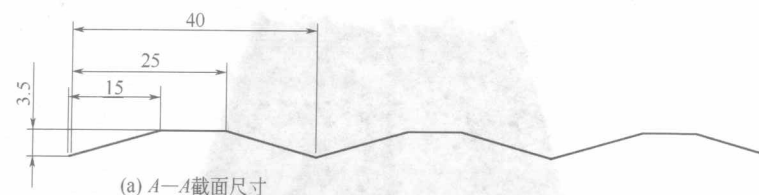


图 1-4 不锈钢瓦楞形板纵向截面尺寸及实物尺寸 (标尺单位为 mm)

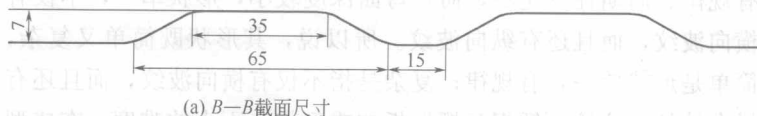


图 1-5 不锈钢瓦楞形板横向断面尺寸及实物尺寸 (标尺单位为 mm)

从图 1-4 和图 1-5 可以看出，不锈钢瓦楞形板的断面变化的规律是周期性的，断面形状是关于纵向中心线为对称的型钢，弯曲深度较浅，深度仅有 7mm。

不锈钢瓦楞形板外形尺寸精度：截面最大边长误差不大于 0.3mm；

圆角最大直径：不大于 2.0mm。

纵向、横向弯曲度：每米不大于 1mm。

扭转：每米不大于 1° 。

1.1.2 不锈钢瓦楞形板的表面及面积

(1) 不锈钢瓦楞形板表面 不锈钢的许多优良特性都与其表面状况有着直接的关系，无疑平整、光亮、洁净的表面，会使其耐腐蚀性、耐磨性和不结垢性及装饰效果提高许多。这也是制作瓦楞形传热元件的瓦楞形板选用不锈钢的理由所在。

不锈钢瓦楞形板的表面质量，关系到由其制作成热交换器的结垢、耐腐蚀和强度等性能好坏，也关系到其使用时的配套装饰效果。因此，用于生产不锈钢瓦楞形热交换器的瓦楞形板表面必须干净、清洁、平滑、无擦划伤、无压痕、无氧化。这也就是说，用于加工瓦楞形板的不锈钢板表面必须保证，不得有孔洞、重皮、夹杂、气孔、接缝、轧制辊印及其他缺陷。

瓦楞形热交换器在加工制造过程中，焊接量很大，所以要求瓦楞形板整个表面不得有氧化物、油脂、乳化液、纸屑、沥青、油漆等，上述物质将会严重危害焊接质量。所以，不锈钢瓦楞形板在成型和搬运过程中，不得使用带有铜或锌合金的工具和设备，以免污染其表面和边缘。

由此看来，不锈钢瓦楞形板的原料，一定是选用合格的不锈钢冷轧板，而且其表面不得受到任何伤害，以优质不锈钢冷轧板来保证瓦楞形板的质量，使其优良特性在不锈钢瓦楞形板及不锈钢瓦楞形热交换器中得到充分体现。

(2) 不锈钢瓦楞形板表面面积 瓦楞形板是由单条瓦楞形波纹组成，单条瓦楞形波纹又是由单个瓦片组成见图 1-6。

图 1-7 是瓦楞形板上一个瓦片的表面尺寸图，瓦片的尺寸可由 1.1.1 小节得到。

图 1-7 所示的瓦片是由 2 个 M 面、2 个 N 面、1 个 O 面和 1 个 P 面，即 6 个平面组成的。

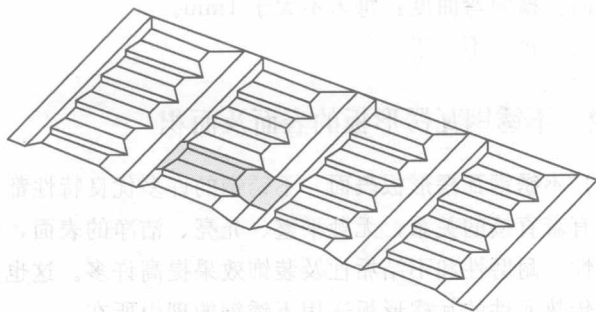


图 1-6 单个瓦片在瓦楞形板表面上的示意图

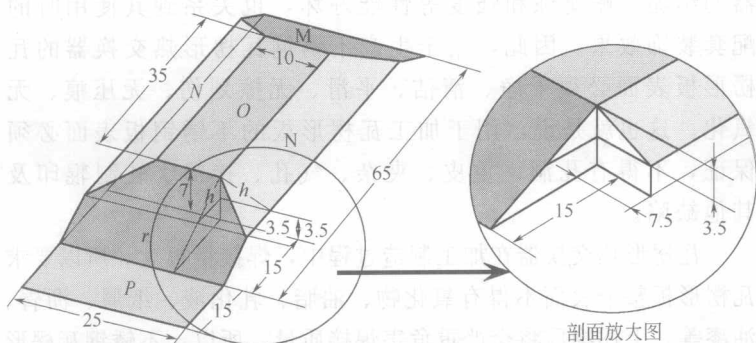


图 1-7 单个瓦片形状及表面尺寸图

M 面是由梯形和长方形组成，梯形的上底为 10mm，下底为 25mm，高为 h ；长方形的长和宽分别为 25mm 和 $h[h = (3.5^2 + 7.5^2)^{1/2} = 8.28\text{mm}]$ ，所以其面积为：

$$\begin{aligned} A_M &= 0.5(10+25) \times 8.28 + 25 \times 8.28 \\ &= 144.9 + 207 = 351.9 \text{ (mm}^2\text{)} \end{aligned}$$

N 面是一个梯形，梯形的上底为 35mm，下底为 $(35+7.5+7.5)\text{mm}$ ，高为 h ，($h=8.28\text{mm}$)，其面积为：

$$A_N = 0.5(35+50) \times 8.28 = 351.9 \text{ (mm}^2\text{)}$$

O、P 面分别是一个长方形，其面积为：

$$A_O = 10 \times 35 = 350 \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$A_P = 25 \times 15 = 375 \text{ (mm}^2\text{)}$$