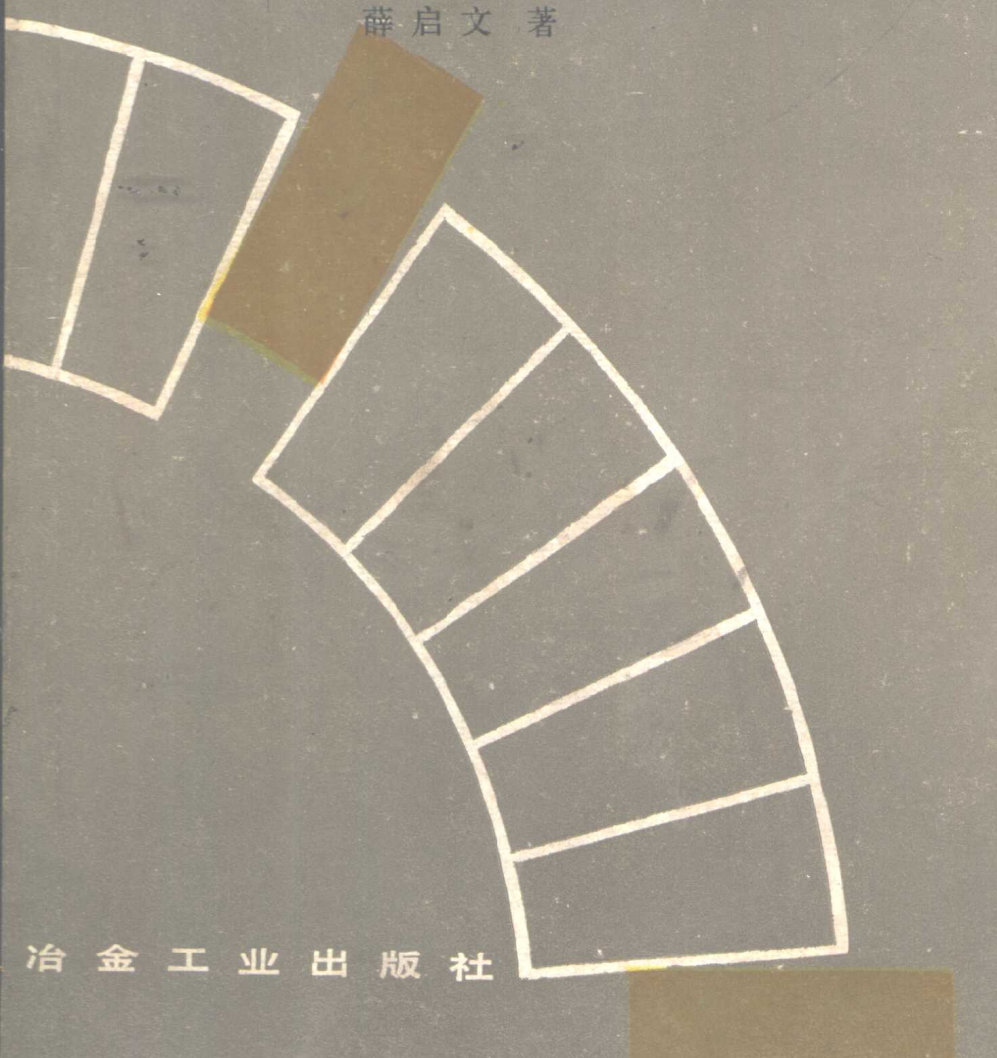


耐火砖尺寸 设计计算手册

薛启文 著

冶金工业出版社

An abstract geometric design is located in the lower half of the cover. It features a series of white-outlined rectangular shapes arranged in a curved, fan-like pattern. One of these shapes is filled with a solid brown color. There are also other brown rectangular blocks placed separately, one near the top left and another near the bottom right of the design area.

耐火砖尺寸 设计计算手册

薛 启 文 著

冶金工业出版社

内 容 简 介

本书根据作者多年工作经验,以高炉砖、平炉砖及热风炉球顶砖为例,分别介绍了环形砌砖、拱形砌砖及球顶砌砖中耐火砖尺寸的设计和辐射形耐火砌砖的计算,同时,结合国内外有关耐火砖砌筑最新科研成果,论述了我国耐火砖尺寸系列、尺寸参数、尺寸标准及辐射形砌砖计算的理论基础。书中还提出了我国耐火砌砖砖量配比的简化计算公式、表格,计算图及砖模尺寸计算表格,以供查用。

本书可供耐火材料、炉子修筑、炉窑设计以及科研、管理等方面的技术人员参考。

耐 火 砖 尺 寸 设 计 计 算 手 册 薛 启 文 著

冶金工业出版社出版发行

(北京朝阳区东大桥路板厂北巷39号)

新华书店总店科技发行所经销

冶金工业出版社印刷厂印刷

850×1168 1/32 印张 14 5/8 字数390千字

1984年4月第一版 1989年10月第二次印刷

印数5,001~6,800册

ISBN 7-5024-0598-4

TQ·27 定价11.85元

序 言

工业炉窑及其它热工设备耐火砖衬的直形砌砖（炉墙及炉底）和辐射形砌砖（如高炉内衬的环形砌砖、平炉顶的拱形砌砖及热风炉顶的球顶砌砖等）中，经常采用直形砖、楔形砖、拱脚砖和球顶砖。这些耐火制品的形状和尺寸，不是随意选取的。耐火砖尺寸设计，关系到耐火砖制造、筑炉操作、炉子设计与辐射形耐火砌砖的计算。因此，耐火砖尺寸设计得合理，体现一个国家耐火砖生产、炉子修筑与设计的综合水平。各号耐火砖的尺寸，是由尺寸参数（弯曲半径、极限块数及加入一块砖半径变化量等）与尺寸系列（长、宽、厚及楔形砖大小头尺寸差等）决定的，而尺寸参数与尺寸系列是离不开辐射形砌砖计算的。国外对这方面的研究，早在五十年代就很重视，但进展不快，至今未见系统的完整的文献专著。我国也早就对耐火砖尺寸设计与辐射形砌砖计算进行了研究，并取得了一定的成果（如加入一块楔形砖半径变化量及楔形砖间尺寸关系等）。随着国民经济，特别是耐火材料主要用户钢铁工业的发展，耐火材料的生产、科研、使用部门，在耐火制品形状、尺寸的标准化、系列化方面做不少工作，积累了大量的宝贵经验，制定了我国一系列耐火砖尺寸标准。

为配合我国耐火砖尺寸标准的贯彻执行，本书计算了各种耐火砖的尺寸参数，导出了简化的砖量配比计算式，并编制了一系列便于查用的砖量配比表格与计算图。本书采用理论与实践相结合的方法，系统地介绍了这些内容。

对于直形砌砖，本书着重研究了作为我国直形耐火砖尺寸系列基础的直形标准砖。对于环形砌砖，本书一方面介绍国外“一块直形砖半径增大量”的理论，另一方面，重点地介绍我国关于“一块楔形砖半径变化量”的研究成果及由此建立起的我国楔形

耐火砖尺寸系列。对于球顶砌砖，本书除介绍关于球顶砖尺寸设计外，还导出了简便的球顶砖砖量计算方法。

本书以高炉砖为例介绍直形砖及楔形砖的尺寸参数、尺寸设计及环形砌砖的计算；以平炉用砖为例介绍114及150毫米厚半圆拱，230、300、380及440毫米厚弓形拱用砖尺寸参数、尺寸设计与拱形砌砖计算；以热风炉球顶及电炉顶用砖为例介绍球顶砖尺寸的设计及计算。

本书避免了过去辐射形耐火砌砖砖量配比的繁杂的计算式，而采用以尺寸参数及合理设计砖尺寸为基础的简化计算式。今后进一步研究辐射形砌砖的计算，本书详细地叙述了这些公式的推导及证明过程。

为避免炉子设计、修建以及耐火材料供销人员在工作中繁琐的砖量配比计算，本书编制了我国耐火砖砖量配比的一系列表格，同时还介绍了这些表格的快速编制方法。

在耐火砖的尺寸设计中，允许的尺寸偏差，是一个不可忽视的问题。因此，本书专章讨论了耐火砖尺寸偏差、选分及磨砖加工问题。

耐火砖坯成型模具的尺寸（简称砖模尺寸）的计算是相当费时的。为减轻耐火材料厂技术人员计算砖模尺寸的劳动，本书介绍了砖模尺寸计算的新方法并编制了常用尺寸砖模尺寸计算表。

本书为国内编写出版的有关耐火砖尺寸设计与辐射形砌砖计算方法的第一本工具书，书中如有与国家标准不符之处，均按国家标准执行。限于作者的能力及水平，书中一定会有不足之处，请读者不吝批评指正。

1981年11月

目 录

绪 论	1
第一章 直形砖尺寸设计, 直形砖与楔形砖配砌砖环的计算	7
一、直形砖尺寸的设计	7
二、直形砖与楔形砖配砌的环形砌砖(大型高炉及热风炉)的计算	12
三、直形砖尺寸与楔形砖尺寸的关系	99
第二章 两种楔形砖配砌砖环的计算与楔形砖尺寸的设计	113
一、两种楔形砖配砌砖环的计算	113
二、楔形砖尺寸的设计	136
第三章 拱形砌砖计算及拱顶用砖尺寸的设计	157
一、拱形砌砖的概念	157
二、114及150毫米厚半圆拱的计算	164
三、230毫米厚拱顶的计算	178
四、300及380毫米厚的弓形拱顶的计算及砖尺寸的设计	179
五、拱脚砖尺寸的设计	204
六、440毫米长竖楔形砖尺寸的设计及计算	221
七、“等平均尺寸”楔形耐火砖尺寸的研究	246
八、“第二厚度系列”耐火砖砖表	261
第四章 球顶砖尺寸的设计及计算	303
一、热风炉球顶砖尺寸的设计及计算	303
二、环形砌法电炉炉顶砖尺寸的设计及计算	322
第五章 耐火砖外形及尺寸允许偏差	335
一、耐火砖形状的正确性及尺寸的准确性	335
二、耐火砖尺寸的一致性——砖的选分	341
三、耐火砖磨加工及预装配	344
第六章 耐火砖模尺寸的计算	359

第七章	辐射形砌砖计算图	428
索引	辐射形耐火砌砖表顺序.....	461

绪 论

一、耐火砖尺寸与耐火砌砖的关系

耐火砖形状的选择及其尺寸的设计，主要决定于所砌筑的工业炉窑等热工设备内衬耐火砌砖的设计。耐火砖形状及尺寸必须尽可能地满足炉窑耐火砌砖的需要，即保证砌筑操作方便，保证所砌筑热工设备的使用性能（如密封性、隔热性、砌砖等级及使用寿命等）。

炉窑设计单位在进行炉衬耐火砌砖设计时，首先要设计耐火砖尺寸或直接选用标准规格的耐火砖。这项工作，有时由炉窑所在单位承担，有时直接由筑炉施工单位或炉窑检修单位承担。不论炉窑设计单位或是炉窑修建单位所设计的具有一定尺寸的耐火砖，除要满足筑炉操作及使用寿命外，还必须考虑到耐火材料厂制造这种砖时是否方便，以及这种砖在成型、装砖及烧成等主要生产工序上的合格率及最终成品率是否高。

既方便筑炉操作，又方便耐火材料厂制造的耐火砖的砖号是很多的。如果每个拥有炉窑及其它热工设备的单位都各自地设计并订制合乎自己要求的耐火砖，那么不用说全国，就是一个耐火材料厂所接受并生产的同一用途的砖号将多到惊人的程度。砖号过多并不方便，不仅耐火材料厂多余地准备了大量的制砖模具，而且给耐火砖在厂际间的互调、管理及计算，都带来困难。因此在设计耐火砖尺寸时，要考虑它的通用化系列化及标准化。

炉窑设计、耐火砖订货及筑炉单位的施工准备，都要进行所用各种耐火砖数量配比的计算。这种计算的方便性及准确性，直接取决于耐火砖尺寸的合理性。

每号耐火砖的尺寸，从表面上看来似乎很简单，但各有其内在的规律性，它体现一个国家筑炉、耐火砖生产与设计的综合水平。例如，砖成型压制方向的尺寸（厚度），一般可体现压砖机

的能力；耐火砖的尺寸系列与炉窑设计的关系是非常密切的，炉窑砌砖的高度应是砖厚度（包括砖缝）的整倍数，炉窑砖墙厚度应由耐火砖尺寸系列（长或宽）决定；耐火砖本身的尺寸决定了它的参数，如直形砖的“一块砖半径增大量”，楔形砖的弯曲外半径、极限块数及“一块砖半径变化量”等。这些在以后几章中，将详细讨论。

为了建立我国耐火砖尺寸系列，制订我国耐火砖尺寸标准及建立我国耐火砖尺寸设计的一般规则，应该从理论与实践上探索耐火砖尺寸设计与耐火砌砖计算方面的规律。

国外对楔形砖与直形砖配砌的辐射形砌砖研究得比较透彻。适用于这类砌砖的“一块直形砖半径增大量”这个研究成果[●]，对直形砖与楔形砖尺寸设计、配比计算及计算砖表的编制提供了方便。本书应用“一块直形砖半径增大量”这个前人的研究成果研究了我国直形砖尺寸系列，编制了我国各种直形砖与楔形砖砖环的计算砖表。

随着辐射形砌砖的进一步发展，对两种楔形砖配合砌筑的辐射形砌砖的“一块楔形砖半径变化量”的概念及计算进行了研究，已从理论及实践上证实了“一块楔形砖半径变化量为定值”、导出了计算式，并在此基础上找到了楔形砖间尺寸关系的规律。根据楔形砖间尺寸关系的规律，制订了并经审定已发布了我国《镁砖及镁硅砖形状及尺寸》、《平炉用镁铝砖形状及尺寸》、《高炉及热风炉用砖形状尺寸》和《通用耐火砖形状尺寸》标准；导出了两种楔形砖配比的新的计算式，并编制了供查用的我国各种楔形砖相互配砌砖环的计算表格。

国外耐火材料界非常重视筑炉业，有的甚至将耐火材料与筑炉两者合一。日本《耐火物》期刊经常报道“筑炉讨论会”的消息

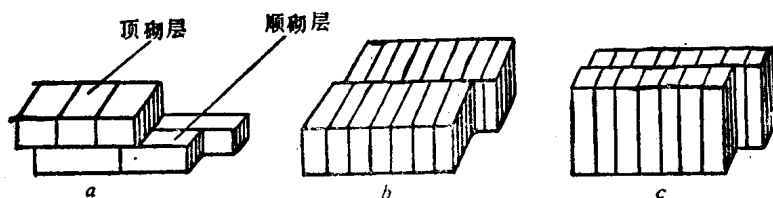
● И.Ш.Щварцман «Раднальная кладка металлургических печей», металлургидат, 1951. 中译本《冶金炉拱形砌砖》，重工业出版社，1953年出版。

及内容。日本名著《耐火物与筑炉工学》将两者写在一起。苏联的耐火材料专业书籍中，开辟专门章节论述辐射形耐火砌砖。我国同大多数国家一样，越来越重视耐火材料专业与筑炉业的结合。

二、耐火砌砖的分类

为搞好耐火砖形状的选择、尺寸的设计及耐火砌砖（耐火砖砌体）的计算，必须对耐火砌砖加以分类。

按耐火砖在砌筑中的位置或砌筑方法，耐火砌砖可分为平砌、侧砌及竖砌，如下图所示。



a—平砌； b—侧砌； c—竖砌

平砌法多数用于炉墙，也有少数用于炉底的最下层。在我国，最常见的平砌法，为砖墙的“一顺一顶”砌法。环形砌砖（像高炉炉墙那样）也采用平砌法。

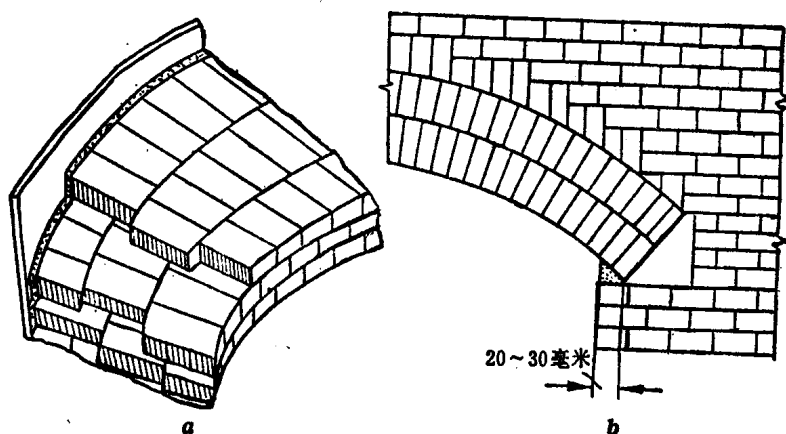
侧砌法主要用于两个部位：一是铺底砖层，例如平炉及加热炉的炉底；二是侧砌拱顶，例如平炉出钢口拱。

竖砌又称为立砌，主要用于两个部位：一是炉底的最上层，例如平炉底及高炉底；二是炉顶的工作层，例如平炉顶。

以直形标准砖（ $230 \times 114 \times 65$ 毫米）为例，平砌时其最大平面（ 230×114 毫米）置于水平位置；侧砌时其侧面（也称中面， 230×65 毫米）置于水平位置；竖砌时小面（ 114×65 毫米）置于水平位置。

按砌砖形状，将耐火砌砖分为直形砌砖及辐射形砌砖。直形砌砖包括直墙、平底及平顶，也包括转角墙。辐射形砌砖与直形砌砖不同，它具有弯曲半径及中心角。按中心角度数大小及砌筑方法，辐射形砌砖又分为环形砌砖与拱形砌砖。环形砌砖的中心角

为 360° ，它有平砌的环形砌砖（如高炉炉墙砌砖那样）、侧砌的环形砌砖（如热风管道）及竖砌的环形砌砖（如回转窑）。拱形砌砖的中心角一般小于或等于 180° ，一般采用侧砌（如平炉出钢口拱那样）或竖砌（如平炉炉顶）。本书重点讨论如下图所示的辐射形耐火砌砖。



a—环形砌砖；b—拱形砌砖

辐射形砌砖中，一直沿用楔形砖与直形砖配砌的习惯砌法。国内外对这种“楔直”砌法研究得较多。它的优点是，砌砖操作及计算都简单。缺点是，不适用于一些特殊砌砖（例如拱顶、回转窑及小高炉内衬等）。近来，两种楔形砖配砌的辐射形砌砖逐渐得到推广。它的优点是，砌砖结构合理，使用寿命长。虽然“楔直”砌法有被两种楔形砖配合砌法代替的趋势，但目前仍有一个过渡阶段。“楔直”砌法，作为一些炉窑的某些部位（如平砌环形砌砖）将被沿用下去。不过本书重点研究两种楔形砖配砌的辐射形砌砖。

三、耐火砖按形状及尺寸的分类

在选择耐火砖形状、设计其尺寸及进行耐火砌砖计算时，都直接涉及到有一定形状及具体尺寸的耐火砖的类别。为了讨论方便，这里按形状及尺寸将耐火砖分类。

按形状及尺寸的复杂程度，耐火砖曾分为普型、异型及特型。这里仅讨论纳入标准的通用耐火砖。按形状，通用耐火砖分为直形砖、楔形砖及拱脚砖。

所谓直形砖，它是由长度 a 、宽度 b 及厚度 c 三个尺寸构成的直平行六面体，也称作“矩形砖”。直形砖的规格习惯上表示为 $a \times b \times c$ 。按用途直形砖分为墙用直形砖、错缝用直形砖及辐射形砌砖中与楔形砖配砌的直形砖。

按形状的对称与否，楔形砖分为不对称的单面楔形砖及对称的双面楔形砖。通常将单面楔形砖称作斜形砖，而将双面楔形砖称作楔形砖。这样，所谓楔形砖，均指小面（宽与厚形成的平面）、中面（长与厚形成的平面）或大面（长与宽形成的平面）为对称梯形的六面体。所谓斜形砖乃指大面（长与宽形成的平面）为直角梯形的六面体。这里，我们将楔形砖对称梯形面两底的较大尺寸及较小尺寸分别称作大头尺寸 a 及小头尺寸 a_1 ，梯形两底间的高称作大小头距离 b ，大小头尺寸 a 及 a_1 发生在厚度上的楔形砖称作厚楔形砖，因为这类砖用量大，一般简称为楔形砖。大小头距离 b 发生在宽度上的厚楔形砖（或者说小面为对称梯形的六面体）称作侧厚楔形砖，一般简称为侧楔形砖。大小头距离 b 发生在长度上的厚楔形砖（或者说中面为对称梯形的六面体）称作竖厚楔形砖，一般简称作竖楔形砖。大小头尺寸 a 及 a_1 发生在宽度上，以及大小头距离 b 发生在长度上的楔形砖（或者说大面为对称梯形的六面体）称作竖宽楔形砖，因为大小头尺寸 a 及 a_1 发生在宽度上、大小头距离 b 发生在厚度上的楔形砖很少用，一般都把竖宽楔形砖简称作宽楔形砖。每组大小头距离 b 的楔形砖，按其大小头尺寸差 $a - a_1$ 由小到大，分为微楔形砖、楔形砖、锐楔形砖及特锐楔形砖。

决定楔形砖特性的尺寸有大小头距离 b ，大小头尺寸 a 及 a_1 ，我们把它们称之为有效尺寸；而另一尺寸 c 并不影响楔形砖的特性参数。为突出有效尺寸，楔形砖的规格表示为 $b \times a/a_1 \times c$ 。

中心角小于 180° 的拱顶砌砖的两端都采用有一定倾斜角的拱

脚砖（或冷却拱脚构件）。

楔形砖中形状及尺寸最复杂的是球顶砖，将在第四章专门讨论。

第一章 直形砖尺寸设计，直形砖 与楔形砖配砌砖环的计算

一、直形砖尺寸的设计

我们知道，直形砖的尺寸系列是代表一个国家的耐火砖的尺寸系列的。直形砖按其用途主要有砌筑炉墙的墙用直形砖和配合楔形砖砌筑辐射形砌砖的直形砖。直形砖的尺寸系列受这两种直形砖的约束，但以墙用直形砖为基础。

直形砖的尺寸，包括由其几何形状所规定的长度 a 、宽度 b 及厚度 c 。

用于一顺一顶砌法的墙用直形标准砖的长度，虽然极少数习惯用英制单位的国家曾采用228毫米（即9英寸=228.6毫米），但大多数国家都采取230毫米。

采用一顺一顶砌法的砖墙，除应用长度为230毫米的直形砖外，尚有长度300毫米的直形砖。

在砖墙砌砖中，除一顺一顶砌法外，还有环形砌砖，例如高炉炉墙。在环形砌砖中，为使上下砖层的环缝错开半砖长（115毫米），与宽楔形砖配合砌筑的直形砖的长度采取230及345毫米（即 $230 \times 1\frac{1}{2} = 345$ 毫米）。

在竖砌拱顶中，与竖楔形砖配砌的直形砖的长度，除230毫米外，尚有300，380，440及520毫米。520毫米长的砖为我国平炉炉顶的吊挂砖。从前，我国平炉炉顶镁铝砖及平炉炉顶硅砖的长度都曾采用过460毫米。460毫米恰好为230毫米的两倍；300，380与460毫米的长度级差均为80毫米。本来，砖长采用460毫米是合理的，但考虑到与520毫米长的镁铝吊挂砖的长度级差（80毫米）及吊挂销孔间距的方便，早已将镁铝基本砖的长度由460毫米改为440毫米了，后来与镁铝砖混合砌筑的硅砖及高铝砖的长度也随着采取镁铝砖的长度（440毫米）了。这样，根据多数

人的意见，在我国耐火砖长度系列中仍保留440毫米。

鉴于耐火砖墙的一顺一顶砌法，考虑合理错缝，墙用直形标准砖的长度 a （230毫米）大体上应等于其宽度 b 的二倍。此外，砖的宽度还受不可忽视的砖缝厚度 δ 的影响。

在本书所讨论的直形耐火砖砖墙中，设奇数砖层砌以 n 块顺砖，砌砖长度为 na ；此时偶数砖层砌以 $2n$ 块顶砖，砌砖长度为 $2nb$ 。奇数的顺砌砖层的砖缝数量为 $n-1$ 个，偶数的顶砌砖层的砖缝数量为 $2n-1$ 个。在这种情况下，下式客观存在

$$na + (n-1)\delta = 2nb + (2n-1)\delta$$

所以

$$b = \frac{na + (n-1)\delta - (2n-1)\delta}{2n}$$

在较长的热工设备耐火砌砖中， n 与 δ 比较起来， n 值很大，但 δ 值很小，一般可近似地视砖缝数量为所砌块数 n ，这样

$$b = \frac{na + n\delta - 2n\delta}{2n} = \frac{a - \delta}{2} \quad (1)$$

由此查明直形砖宽度 b 与其长度 a 及砌砖砖缝厚度 δ 的关系。当砖长 a 已选定之后，宽度 b 主要决定于砌砖砖缝厚度 δ 。

按砖缝厚度 δ 的大小，工业炉耐火砌砖可分为：1）砖缝厚度超过3毫米的Ⅳ类砌砖；2）砖缝厚度不超过3毫米的Ⅲ类砌砖；3）砖缝厚度不超过2毫米的Ⅱ类砌砖；4）砖缝厚度不超过1毫米的Ⅰ类砌砖。这样，按式（1）计算出适用于各等级耐火砌砖的直形砖的宽度 b （表1-1）。

表 1-1 直形标准砖的计算宽度

砌 砖 等 级	砖缝厚度 δ	直形砖宽度	例
	不超过（毫米）	b （毫米）	
Ⅳ类砌砖	超过 3	113	隔热砌体
Ⅲ类砌砖	不超过 3	113.5	粘土砖砌体
Ⅱ类砌砖	不超过 2	114	硅砖及碱性砖砌体
Ⅰ类砌砖	不超过 1	114.5	出钢口砌体

我国与苏联等国，曾将粘土质高铝质及硅质直形标准砖的宽度规定为113毫米，曾将镁质及镁铬质直形标准砖的宽度规定为115毫米，这些显然是不合理的。近年来，国内外工业炉耐火砌砖一般都采用砖缝厚度不超过2毫米的Ⅰ类砌砖，直形标准砖的宽度按计算应等于114毫米。后来，苏联、日本及比利时等国的标准中也改用114毫米。国际标准中，考虑到由于采用英制单位的直形标准砖宽度为 $4\frac{1}{2}$ 英寸，换算为公制单位时为114.3毫米，故取整数为114毫米。在建立我国耐火砖尺寸系列时，已将直形标准砖的宽度统一为114毫米。

300毫米长的墙用直形砖，环形砌砖用的230及345毫米长的直形砖，以及拱形砌砖中300、380、440及520毫米长的直形砖，其宽度都采用150毫米。

关于直形砖厚度，国际上有两个系列：一个是长期采用公制单位的国家采取65及75毫米；一个是习惯用英制单位的国家及国际标准采取64及76毫米。在采用英制单位的国家，两种墙用直形砖的尺寸（长×宽×厚）分别为 $9 \times 4\frac{1}{2} \times 2\frac{1}{2}$ 及 $12 \times 6 \times 3$ （单位英寸），换算为公制单位便分别为 $228.6 \times 114.3 \times 63.5$ 及 $304.8 \times 152.4 \times 76.2$ 毫米。厚度63.5及76.2毫米取整数便为64及76毫米，这可能是两个厚度尺寸的由来。我国直形砖的厚度保留了65及75毫米，这是因为：1）如果采取76毫米时，在特殊部位的砌砖

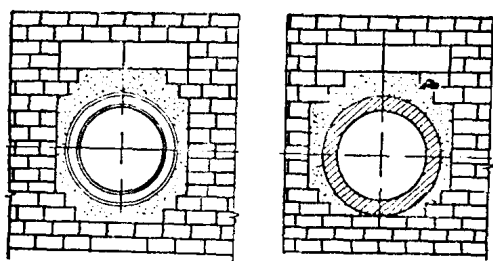


图 1-1 高炉出渣口及风口砌砖

中，常有两层平砌与一层侧砌相接触，例如高炉出渣口砌砖（图1-1）。它要求砖的两倍厚度 $2c$ 等于宽度 b ，即 $2c=b$ 。美国原来的直形砖尺寸为 $304 \times 152 \times 76$ 毫米，但后来为适应国际标准及简化尺寸将其改为 $300 \times 150 \times 76$ 毫米，便不符合上述规律了。用这种76毫米厚的砖给特殊部位的砌砖带来不方便。2）我国多年来一直沿用公制单位，长期采用65及75毫米的厚度。

错缝用直形砖的尺寸取决于错缝方法，如图1-2所示。错缝用直形砖的厚度与直形标准砖的厚度相同，只是长度或宽度与标准砖不同。根据我国各地的不同的错缝方法，墙用错缝砖或采用 $3/4$ 长度（ $230 \times 3/4 = 172.5$ 毫米），或采用 $1\frac{1}{2}$ 宽度（ $114 \times 1\frac{1}{2} = 171$ 毫米）。考虑顶砌时尚需加半个砖缝及顺砌时尚需减半个砖

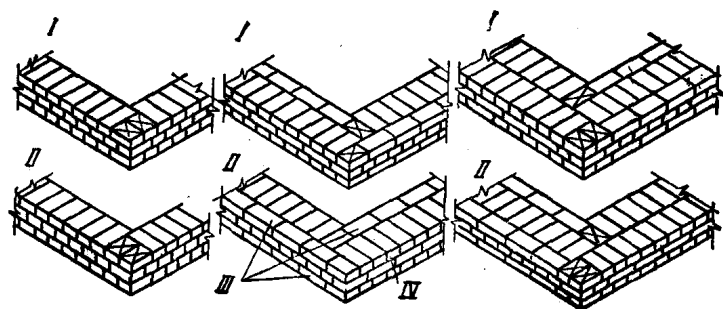


图 1-2 墙的错缝方法

I—奇数层；II—偶数层；III—顺砌层；IV—顶砌层

缝，将171或172.5毫米统一为172毫米。国际标准中也采用172毫米。配合楔形砖砌拱顶的错缝用直形砖（与错缝用楔形砖一样）

采取 $1\frac{1}{2}$ 宽度172或 $150 \times 1\frac{1}{2} = 225$ 毫米。较长（例如440毫米）的

竖砌拱顶中的错缝用直形砖（错缝用直形砖与楔形砖一样）采用

$1\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{3}{4}$ 宽度，即 $150 \times \frac{3}{4} \approx 112$ 毫米。

直形标准薄片砖的厚度，采用直形标准砖厚度之半，即32.5