

TONG YONG NAI HUO ZHUAN JI
SUAN SHOU CE

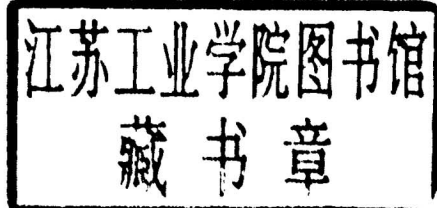
通用耐火砖 计算手册

万小平
嵇启新 著
薛启文

武汉工业大学出版社
WUHAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

通用耐火砖计算手册

万小平 嵇启新 薛启文 著



武汉工业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

通用耐火砖计算手册/万小平, 嵇启新, 薛启文 著. —武汉: 武汉工业大学出版社, 2000.4
ISBN7-5629-1595-4

I. 通… II. ①万…②嵇…③薛… III. 耐火砖-计算-手册 IV. TQ175

武汉工业大学出版社出版发行

(武昌珞狮路 122 号 邮编:430070)

核工业中南 309 印刷厂印刷

开本:880×1230 1/16 印张:16 字数:430 千字

2000 年 4 月第 1 版 2000 年 4 月第 1 次印刷

印数:1—600 册 定价:100.00 元

前 言

《通用耐火砖计算手册》是为宣传贯彻我国新发布实施的国家标准 GB/T2992—1999 (neq ISO 5019/1,2,5—1984) “通用耐火砖形状尺寸”的配套工具书。GB/T2992—1999 是根据原标准 GB2992—1982 “通用耐火砖形状尺寸”、GB1590—1979 “镁砖和镁硅砖形状及尺寸”与 GB2074—1980 “炼铜炉用镁铬砖形状及尺寸”合并修订的。修订时非等效采用国际标准 ISO5019/1—1984 “耐火砖—尺寸—第一部分：直形砖”；ISO5019/2—1984 “耐火砖—尺寸—第二部分：楔形砖”；ISO5019/5—1984 “耐火砖—尺寸—第五部分：拱脚砖”。为给该国标的实施创造方便条件，本手册推导出了辐射形耐火砌砖计算的新公式，编制了不同外半径的砖量表册。可供工业炉窑砌砖设计、科研、修建、使用及耐火材料生产科技人员备用和参考，也可供大专院校有关专业师生参考。

本手册错误在所难免，热诚欢迎批评指正！

作者

2000 年 3 月

目 录

1	耐火砖尺寸系列.....	1
1.1	耐火砖尺寸参数.....	2
1.2	直形砖尺寸系列.....	3
1.3	楔形砖尺寸系列.....	7
1.4	拱脚砖的尺寸.....	10
2	辐射形耐火砌砖计算.....	16
2.1	辐射形混合砌砖计算.....	16
2.2	辐射形混合砌砖砖量表.....	30
2.3	辐射形双楔形砖砌砖计算.....	32
2.3.1	等大端尺寸系列双楔形砖砌砖计算.....	32
2.3.2	不等大端尺寸系列双楔形砖砌砖计算.....	46
2.4	辐射形双楔形砖砌砖砖量表.....	52
2.5	非标准中心角拱顶计算.....	58
	索引 砖量表表号表名一览表.....	247

1 耐火砖尺寸系列

耐火砖尺寸系列主要指工业炉窑等热工设备砖衬通用耐火砖的尺寸系列。工业炉窑等热工设备砖衬通用耐火砖包括直形砖、侧厚楔形砖、竖厚楔形砖、竖宽楔形砖及拱脚砖。直形砖为仅由长 b 、宽 a 及厚 c 三个尺寸构成的直平行六面砖体（图 1-1）。楔形砖是由决定其尺寸参数的有效尺寸大小端距离 b 、大小端尺寸 a_d/a_x 及另一不决定尺寸参数的非有效尺寸 c 所构成。根据有效尺寸设计在砖的部位，将楔形砖分为侧厚楔形砖、竖厚楔形砖及竖宽楔形砖。大小端距离 b 设计在宽度上，大小端尺寸 a_d/a_x 设计在厚度上的楔形砖称为侧厚楔形砖，简称为侧楔形砖（图 1-2）。大小端距离 b 设计在长度上，大小端尺寸 a_d/a_x 设计在厚度上的楔形砖称为竖厚楔形砖，简称为竖楔形砖（图 1-3）。大小端距离 b 设计在长度上，大小端尺寸 a_d/a_x 设计在宽度上的楔形砖称为竖宽楔形砖，简称为宽楔形砖（图 1-4）。这几种楔形砖，以往由于命名及定义不准确，经常混淆。现在主要按大小端距离 b 及大小端尺寸 a_d/a_x 设计在砖的部位加以区别定名，概念比以往清晰（表 1-1）。

表 1-1 楔形砖的定义

名 称	设计在砖的部位		
	大小端距离 b	大小端尺寸 a_d/a_x	非有效尺寸 c
侧厚楔形砖	宽 度	厚 度	长 度
竖厚楔形砖	长 度	厚 度	宽 度
竖宽楔形砖	长 度	宽 度	厚 度

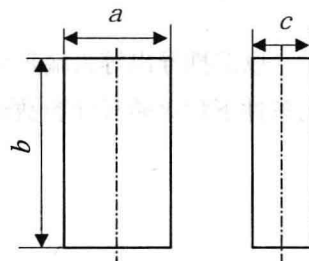


图 1-1 直形砖

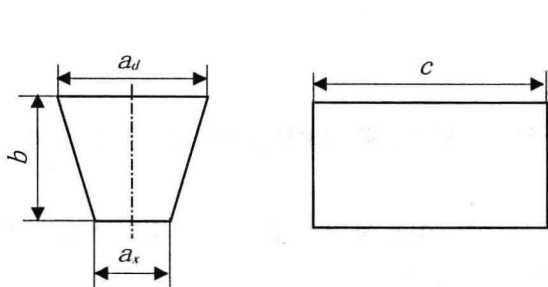


图 1-2 侧厚楔形砖

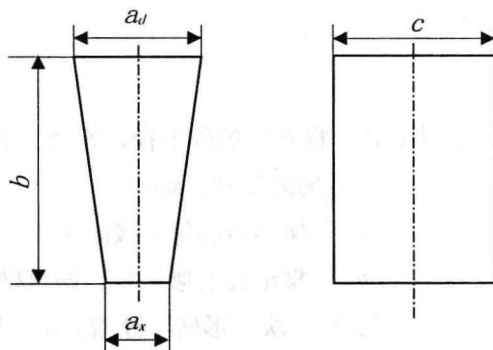


图 1-3 竖厚楔形砖

小于半圆拱顶（中心角 $\theta < 180^\circ$ = 砌砖两侧的承重座砖，称为拱脚砖（图 1-5）。

为便于管理、记忆及讨论问题，特对每一具体尺寸砖赋予砖号及规格。砖号中 T 为“通用”汉语拼音字首，短横线后为顺序号。

我国长期采用尺寸规格。直形砖规格以 $b \times a \times c$ 表示，楔形砖规格以 $b \times (a_d/a_x) \times c$ 表示，拱脚砖规格以 $L \times a \times c$ 表示。

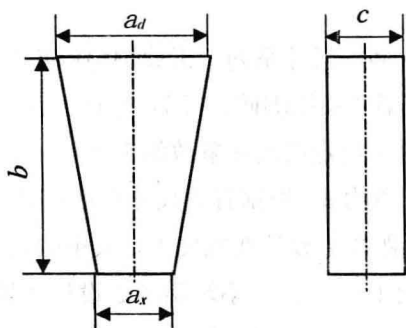


图 1—4 竖宽楔形砖

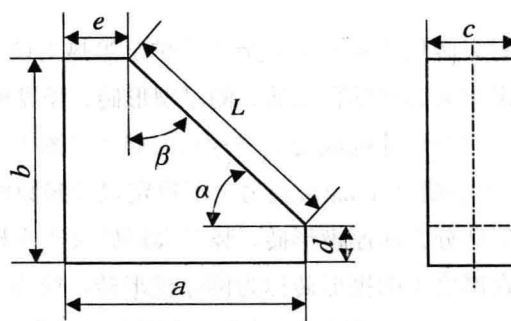


图 1—5 拱脚砖

1.1 耐火砖尺寸参数

以前推导出等大端尺寸系列条件下耐火砖的尺寸参数计算式，这里相应列出包括不等大端尺寸系列条件下耐火砖尺寸参数计算式。

$$R_0 = \frac{a_d b}{a_d - a_x} \quad (1)$$

$$K_0' = \frac{2\pi b}{a_d - a_x} \quad (2)$$

$$\theta_0 = \frac{180(a_d - a_x)}{\pi b} \quad (3)$$

$$(\Delta R)_1 = \frac{a}{2\pi} \quad (4)$$

式中：\$R_0\$—楔形砖的外半径，即全部用一种楔形砖砌筑的砖环（单楔形砖砖环，中心角 \$\theta=360^\circ\$）的外半径，mm；

\$K_0'\$—楔形砖的每环极限块数，即单楔形砖砖环（中心角 \$\theta=360^\circ\$）内该楔形砖的最多块数；

\$\theta_0\$—楔形砖的倾斜角，即该楔形砖的中心夹角，度；

\$(\Delta R)_1\$—一块直形砖半径增大量，楔形砖与直形砖配合砌筑的砖环（混合砖环），每增加一块直形砖时混合砖环半径的增大量，mm；

\$a_d\$、\$a_x\$—分别为楔形砖的大端尺寸及小端尺寸，mm（见图 1—2～图 1—4）；

\$b\$—楔形砖的大小端距离，mm（见图 1—2～图 1—4）；

\$a\$—直形砖的配砌尺寸，mm。

式 (1) 分子的 \$a_d\$ 及式 (4) 的分子 \$a\$ 应考虑砌砖砖缝厚度 \$\delta\$（对于长度 \$\leq 345\text{mm}\$ 的砖而言 \$\delta\$ 取 \$1\text{mm}\$，对于长度 \$\geq 380\text{mm}\$ 的砖而言 \$\delta\$ 取 \$2\text{mm}\$），在砖尺寸标准中式 (1) 及 (4) 也写做：

$$R_0 = \frac{(a_d + \delta)b}{a_d - a_s} \quad (1a)$$

$$(\Delta R)_1 = \frac{a + \delta}{2\pi} \quad (4a)$$

式(4)及式(4a)中,作为直形砖的配砌尺寸,在与侧厚楔形砖或竖厚楔形砖配砌时 a 为宽度 c (图1-1),在与竖宽楔形砖配砌时 a 为宽度 a (图1-1)。

在拱顶砌砖计算中,特别是在非标准中心角拱顶砌砖计算中,楔形砖倾斜角 θ_0 得到广泛应用。为此,用 θ_0 表示另外两尺寸参数。由式(3)知, $b/(a_d - a_s) = 180/(\pi \theta_0)$, 将其代入式(1)及式(2)分别得:

$$R_0 = \frac{180a_d}{\pi \theta_0} \quad (1b)$$

$$K_0' = \frac{360}{\theta_0} \quad (2a)$$

1.2 直形砖尺寸系列

直形砖的尺寸系列代表一个国家(或一个标准)耐火砖的基础尺寸系列。国外有代表性的几个标准的直形砖尺寸系列列入表1-2中。

墙用直形标准砖的尺寸,是特别引人注意的。从表1-2看到,用于一顺一顶砌法的墙用直形标准砖的长度 b , 仅极少数习惯于用英制单位的国家(例如美国)一直采取 228mm (即 9 英寸 = 228.6mm)。大多数国家(甚至英国)都规范为 230mm。同理,除美国采取 12 英寸换算为 304mm 长的直形砖外,几乎所有国家都规范为 300mm 长的直形砖。在环形炉墙砌砖(例如高炉炉墙)中,为使上下砖层的环缝错开半砖长(115mm),又设计一砖半长即 $1.5 \times 230\text{mm} = 345\text{mm}$ 长的直形砖(美国 $228\text{mm} \times 1.5 = 342\text{mm}$)。在竖砌拱顶中,与竖厚楔形砖配砌的直形砖的长度除 230mm 及 300mm 外,还有 380mm 及 440mm。我们从前曾采取 460mm 作为竖砌拱顶砖的长度,但考虑到与 520mm 长吊挂砖的销孔间距配合方便,早已将碱性炉顶砖长度改为 440mm,后来与碱性砖混合砌筑的硅砖及高铝砖等的长度也随着改为 440mm 了。本来 460mm 这个砖长是合理的:460mm 恰好为 230mm 的两倍;高炉及热风炉环形砌砖用砖又增设长度为 460mm 一组砖。临近淘汰平炉的现阶段,应恢复 460mm 这个砖长。520mm 长砖也将被淘汰。这样,我国直形砖的长度系列应为 230mm, 300mm, 345mm, 380mm 及 460mm。

从表1-2看到,直形砖宽度基本上有两个系列:114mm(或115mm)与150mm(或152mm)。美国墙用直形标准砖的宽度为 4 (1/2) 英寸,换算成公制单位为 114.3mm,取整数便为 114mm。这是美国、英国、欧洲诸国及国际标准采用 114mm 的来由(见表1-3)。后来日本及前苏联也跟着采取 114mm。可惜前苏联的标准直形镁砖及镁铬砖的宽度至今还错误地保留 115mm。在 50 年代,我国与前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 113mm,在砌筑实践中经常发生重缝。我们已经认识到墙用直形标准砖宽度 a 与其长度 b 及砖缝厚度 δ 的关系 $a = (b - \delta)/2$ 。在工业炉砌砖规范及实践中,砖缝厚度 δ 经常处于 2mm 左右,因此墙用直形标准砖的宽度应定为 $a = (230 - 2)/2 = 114\text{mm}$ 。但是,不采用一顺一顶砌法的 300mm 长直形砖的宽度可不考虑砖缝,一般取 150mm。美国将砖宽 6 英寸换算为 152mm,但国际标准毅然规范为 150mm(见表1-3)。345mm、380mm 及 460mm 长直形砖的宽度均取 150mm。这样,我国直形砖的宽度系列应为 114mm 及 150mm。

表 1-2 国外直形砖尺寸系列

单位: mm

标准国别	长 度 b	宽 度 a	厚 度 c
国际标准	230, 345	114, 172	32, 38, 64, 76
日本标准	230	114	65
美国标准	228, 304, 342	114, 171, 152	25, 32, 38, 51, 64, 76
英国标准	230, 300, 345	57, 76, 114, 150, 172	12, 25, 32, 38, 52, 64, 76
欧洲标准	230, 300, 345	114, 150, 172	32, 38, 64, 76
前苏联标准	172, 187, 230, 250, 300, 345, 380, 460	65, 85, 114, 115, 124, 150, 172, 187, 225	40, 65, 75, 90

注: 国际标准指 ISO 5019/1—1984

日本标准指 JIS R2101—1983 及 JIS 2612—1971

美国标准指 ASTM C909—1984

英国标准指 BS 3056—1973

欧洲标准指 PRE/R 3—1977 及 PRE/R20—1977

前苏联标准指 Г О С Т 8691—1973, Г О С Т 6024—1975, Г О С Т 4689—1974 及 Г О С Т 10888—1976

从表 1-2 看到, 直形砖厚度也存在两组系列: 一组是长期采用公制单位的国家 (例如我国、前苏联及日本等) 采取 65mm 及 75mm; 另一组是习惯用英制单位的国家 (例如美国、英国) 及国际标准采取 64mm 及 76mm, 采用英制单位的两种直形标准砖的厚度分别为 2(1/2) 英寸及 3 英寸, 换算为公制单位分别为 63.5mm 及 76.2mm, 取整数便为 64mm 及 76mm, 这是这两个厚度尺寸的来由 (见表 1-3)。墙用直形标准砖的厚度 c 与宽度 a 并没有任何规律性的关系, 也就是说选择 64mm 或 65mm 均无重大影响。但发展到大尺寸 $12 \times 6 \times 3$ (单位英寸) 换算为 $304 \times 152 \times 76$ (单位 mm) 时, 立刻发现砖宽度 a 等于厚度 c 的两倍, 即 $a=2c$ 。这对于特殊部位的砌砖是非常方便的, 例如高炉出渣口及出铁口平拱砌砖常采用的侧砌砖层刚好与旁边的两层平砌相吻合, 拱顶孔周围的每环砖宽 (例如 150mm) 常将砖侧向两块 ($2 \times 75\text{mm}$) 加工砍砖。英国、欧洲诸国及国际标准在将 152mm 规范为 150mm (见表 1-2 及表 1-3) 后, 厚度仍保持 76mm, 破坏了 $a=2c$ 规律, 给特殊部位砌砖带来困难。我国与日本、前苏联等长期采用公制单位的国家, 一直采取并坚持 $\geq 300\text{mm}$ 长砖 75mm 厚度, 已体会到 75mm 的优越性。65mm 及 75mm 厚度都为 5 的整倍数, 便于公制单位的记忆。鉴于上述原因, 我国耐火砖的厚度采取并坚持 65mm 及 75mm 系列。英国及国际标准都将砖的长度及宽度规范为 5 的整倍数 (表 1-2 及表 1-3), 希望在厚度系列上继续沿着这一合理方向, 坚决采取更为合理的 65mm 及 75mm。

两种厚度直形砖并存是有道理的, 并将维持相当长的时间。首先, 墙用直形标准砖, 国外多数采用 75mm (或 76mm) 厚度, 国际标准明文规定积极推荐 76mm。我国一直采用 65mm 厚的墙用直形标准砖, 近年来受从国外引进工业炉窑砖衬 (采用规格为 $230\text{mm} \times 114\text{mm} \times 75\text{mm}$ 墙用直形标准砖) 影响及这些炉窑检修的需要, 开始并逐渐扩大采用 75mm 厚墙用直形标准砖。我国现有耐火砖压机, 生产 75mm 厚的墙用直形标准砖并不困难, 何况 75mm 与 65mm 的直形标准砖可利用同一砖模压制。从砖墙的整体性、结构强度, 以及单砖的物理性能指标来比较, 75mm 厚直形标准砖应比 65mm 厚直形标准砖好些。从发展趋势看, 65mm 厚直形砖向 75mm 厚直形砖过渡是必然的。其次, 在楔形砖与直形砖配砌的混合砌砖内, 由于楔形砖数量为其极限块数 $K_0' = a_0 b / (a_0 - a_s)$ 的定值, 最终挑选锁砖两旁合适尺寸几块砖的操

作, 实质上就是选择不同配砌尺寸直形砖的过程。经常作为配砌尺寸的直形砖的厚度, 采取有选择性的相差 10mm 左右的两个系列, 是非常方便和必要的。因此, 230mm、300mm、380mm 及 460mm 长直形砖的厚度采取 65mm 及 75mm 两个系列。

表 1—3 美国 (ASTMC861—82) 及国际标准的标准尺寸

英 寸	mm	
	C—8 (ASTM)	ISO
1(1/4)	32	32
1(1/2)	38	38
2(1/2)	64	64
3	76	76
4(1/2)	114	114
6	152	150
6(3/4)	171	172
9	228	230
12	304	300
13(1/2)	342	345
15	380	
18	456	

为了增强 380mm 及 460mm 长竖厚楔形砖的整体坚固性, 为了减少它们在制砖、运输及砌筑过程中的破损率, 以及为了延长它们的使用寿命, 国内外都在增大楔形砖小端尺寸 (从而增大大端尺寸)。例如, 前苏联标准中, 将 380mm 及 460mm 竖厚楔形砖的大端尺寸从 75mm 增大到 85mm 及 90mm, 为利用公式 $K_x = 2\pi R/a - K_0$ 的方便性, 与之配砌的直形砖的配砌尺寸 (此处为厚度 a) 也随着增大到 90mm。我国 380mm 及 460mm 长竖厚楔形砖的大端尺寸从 75mm 增大到 80mm 甚至 90mm (460mm 长特锐楔形砖) 后, 与之配砌的直形砖的配砌厚度 a 是否也随着加厚到 80mm 甚至 90mm 呢? 竖厚楔形砖大端尺寸 a_d 与直形砖厚度 a 不相等 ($a_d \neq a$), 即在不等大端尺寸系列混合砌砖条件下, 不能利用公式 $K_x = 2\pi R/a - K_0$ 的方便性。但如果能利用公式 $K_x = (R - R_0)/(\Delta R)$, 就方便多了。此公式是国外发现的混合砌砖中直形砖简化计算式, 条件为 $a = a_d$, 即在等大端尺寸系列下推导的。在不等大端尺寸系列 ($a \neq a_d$) 下, 它是否仍适用呢? 下面的方程组存在:

$$\begin{cases} aK_x + a_d K_0 = 2\pi R \\ aK_x + a_s K_0 = 2\pi(R-b) \end{cases}$$

解之 $K_x = 2\pi R/a - (2\pi/a) a_d b/(a_d - a_s)$, 式中 $a_d b/(a_d - a_s) = R_0$, 则 $K_x = 2\pi(R - R_0)/a = 2\pi(\Delta R)/a$, 变换上式, $\Delta R = aK_x/(2\pi)$ 。当 $K_x = 1$ 时, $(\Delta R)_1 = a/(2\pi)$ 。就是说在不等大端尺寸系列下一块直形砖半径增大量计算式仍与式 (4) 相同。 $K_x = 2\pi(\Delta R)/a$ 中 $2\pi/a = 1/(\Delta R)_1$, 则 $K_x = \Delta R/(\Delta R)_1 = (R - R_0)/(\Delta R)_1$, 这就证明了混合砌砖中直形砖简化计算式 $K_x = (R - R_0)/(\Delta R)_1$, 适用于等大端或不等大端尺寸的任何尺

寸系列。从此式看出,即使竖厚楔形砖大端尺寸 a_d 与直形砖配砌厚度 a 不相等时,该式同样适用。至此,混合砌砖中直形砖的配砌尺寸可不必受楔形砖大端尺寸的制约,它们彼此完全可以不相等,这就证实了直形砖配砌尺寸的相对独立性。因此,虽然我国 380mm 及 460mm 长的竖厚楔形砖的大端厚度增大到 80mm 甚至 90mm,但与之配砌的 380mm 及 460mm 直形砖的厚度并未增加到 80mm 及 90mm,仍然保持其标准尺寸 75mm。

直形砖尺寸不仅不受楔形砖影响与制约,而且它还决定了楔形砖的尺寸。直形砖的长度 230mm、300mm、345mm、380mm 及 460mm 决定了竖厚楔形砖及竖宽楔形砖的大小端距离。直形砖的宽度 114mm 及 150mm 决定了侧厚楔形砖的大小端距离、竖厚楔形砖的宽度及竖宽楔形砖的等大端尺寸。直形砖的厚度 65mm 及 75mm 决定了竖厚楔形砖及侧厚楔形砖的等大端尺寸。特别是国际上出现了等中间尺寸系列后,楔形砖中间尺寸 $(a_d + a_s)/2$ 采取直形砖的配砌尺寸。例如,我国大小端距离为 230mm、300mm、380mm 及 460mm 的等中间尺寸竖厚楔形砖,它们的大小端尺寸 a_d/a_s 为 90/60mm、85/65mm 及 80/70mm,等中间尺寸都为直形砖的配砌厚度 75mm。

错缝用直形砖的尺寸取决于错缝方法。错缝用直形砖的厚度应与直形标准砖厚度相同,只是长度或宽度不同于标准砖。根据国内外较为流行的错缝方法,墙用错缝砖或采用 $3/4$ 长度砖 $[230\text{mm} \times (3/4) = 172.5\text{mm}]$,或采用倍半宽度砖 $(114\text{mm} \times 1.5 = 171\text{mm})$ 。考虑砌筑砖缝厚度将 172.5mm 及 171mm 统一为 172mm。国际标准也采取 172mm。配合竖厚楔形砖砌筑拱顶用直形错缝砖的宽度采取倍半宽度砖 172mm 或 $1.5 \times 150\text{mm} = 225\text{mm}$ 。

国外直形标准薄砖的砖号太多(见表 1—2),美国有 25mm、32mm、38mm 及 51mm 四种厚度,英国竟有 12mm、25mm、32mm、38mm 及 52mm 五种厚度。多数国家及国际标准中,直形标准薄砖的厚度采取直形标准砖之半,即 32.5mm 或 32mm。我国采取 32mm。

为跟上国际标准步伐,结合并发展我国砖尺寸研究成果,在修订国家标准《通用耐火砖形状尺寸》之际,确定了我国直形砖尺寸系列(表 1—4)及直形砖尺寸(表 1—5)。

表 1—4 我国直形砖尺寸系列 单位: mm

长度 b	宽度 a	厚度 c
230	114, 150	32, 65, 75
300	150	65, 75
345	114, 150	65, 75
380	150	65, 75
460	150	65, 75
错缝砖 172	114, 172, 225	65, 75

表 1—5 我国通用直形砖的尺寸及尺寸参数

单位: mm

砖 号	尺 寸			规 格	一块直形砖半径增量 $(\Delta R)_1 = \frac{a + \delta}{2\pi}$				体 积 (cm ³)
					配砌尺寸为 a				
	b	a	c		65	75	114	150	
T—1	172	114	65	172×114×65					1274.5
T—2	230	114	32	230×114×32					839.0
T—3	230	114	65	230×114×65	10.50		18.30		1704.3
T—4	230	172	65	230×172×65	10.50				2571.4
T—5	172	114	75	172×114×75					1470.6
T—6	230	114	75	230×114×75		12.10	18.30		1966.5
T—7	230	150	75	230×150×75				24.03	2587.5
T—8	230	172	75	230×172×75		12.10			2967.0
T—9	300	150	65	300×150×65	10.50				2925.0
T—10	300	150	75	300×150×75		12.10			3375.0
T—11	300	225	75	300×225×75		12.10			5062.5
T—12	345	114	65	345×114×65			18.30		2556.5
T—13	345	150	75	345×150×75				24.03	3881.3
T—14	380	150	65	380×150×65	10.66				3705.0
T—15	380	150	75	380×150×75		12.26			4275.0
T—16	380	225	75	380×225×75		12.26			6412.5
T—17	460	150	65	460×150×65	10.66				4485.0
T—18	460	150	75	460×150×75		12.26			5175.0
T—19	460	225	75	460×225×75		12.26			7762.5

1.3 楔形砖尺寸系列

鉴于在辐射形混合砌砖中楔形砖与直形砖配合砌筑,楔形砖尺寸系列要采取或参考直形砖尺寸系列。为讨论方便,将国外楔形砖按有效尺寸(大小端距离 b 及大小端尺寸 a_d/a_r)编表(表 1—6~表 1—8)。从这些表看出国外楔形砖尺寸系列的特点及我国楔形砖尺寸系列的确立。

首先,除习惯上早已流行的方便砖量计算(利用公式 $K_x = 2\pi R/a - K_0'$)的等大端尺寸系列楔形砖和少数国家(例如日本)采用的等小端尺寸系列楔形砖外,还有国际标准等平均尺寸系列楔形砖。所谓等平均尺寸是指楔形砖的大端尺寸 a_d 与小端尺寸 a_r 的平均尺寸 $(a_d + a_r)/2 = a$ 。例如,等平均尺寸系列侧厚楔形砖及竖厚楔形砖的等平均尺寸 $(66+62)/2$ 、 $(67+61)/2$ 、 $(69+59)/2$ 、 $(72+56)/2$ 或 $(78+74)/2$ 、 $(79+73)/2$ 、 $(81+71)/2$ 、 $(84+68)/2$ 、 $(88+64)/2$ 常等于直形砖的厚度 64mm 或 76mm。实际上这类楔形砖大小端距离中间位置的尺寸就是等平均尺寸,因此又称为等中间尺寸。作为新事物,等中间尺寸砖至少具有等体积、等单重,便于生产自动计量及便于成形出砖等优点。等中间尺寸楔形砖的大端尺寸 a_d 及小端尺寸 a_r 均比等大端尺寸楔形砖相应增大,对提高砖的整体坚固性及减少扭曲等都有好处。但砌砖的拱顶层间缝(或环缝)的理论厚度 δ_0 与楔形砖的大端尺寸 a_d 及大小端尺寸差成正比,而与其大小端距离 b 成反比,即 $\delta_0 = a_d(a_d - a_r)/(4b)$ 。按此式计算的楔形砖的层间缝(或环缝)的理论厚度列入表 1—9 中。由表 1—9 可看出:(1)相同大小端距离 b 的楔形砖,等中间尺寸楔形砖的大端尺寸 a_d 较大,

因此其层间缝(或环缝)的理论厚度比等大端尺寸楔形砖大。(2)相同大小端尺寸差的厚楔形砖,由于侧厚楔形砖的大小端距离 b 比竖厚楔形砖小得多,因此经常砌筑多层拱顶的侧厚楔形砖的层间缝(或环缝)的理论厚度很大,不宜采用等中间尺寸。(3)鉴于竖宽楔形砖的大端尺寸 a_d 及大小端尺寸差都很大,其环缝的理论厚度最大,经常砌筑多环的竖宽楔形砖也不宜采用等中间尺寸。(4)由于竖厚楔形砖的大小端距离 b 大及大端尺寸 a_d 并不太大,其层间缝的理论厚度不大,又不经常采用多层砌砖,可采用等中间尺寸。虽然国际标准中的侧厚楔形砖采用了等中间尺寸,但除欧洲标准外的很多国家都没推广。国际标准中的竖宽楔形砖没有采用等中间尺寸。国际标准及欧洲标准中的竖厚楔形砖(只有 230mm)采用了等中间尺寸。在修订我国国标《通用耐火砖形状尺寸》时,对 b 为 230mm、300mm、380mm 及 460mm 的竖厚楔形砖都设计了 75mm 的等中间尺寸,即大小端尺寸 a_d/a_s 分别为 90/60mm、85/65mm 及 80/70mm。

表 1—6 国外侧厚楔形砖尺寸系列 单位: mm

标准国别	$b \times (a_d/a_s)$
国际标准	等中间尺寸 114×(67/61), 114×(69/59), 114×(72/56), 114×(76/52), 114×(79/73), 114×(81/71), 114×(84/68) 及 114×(88/64); 等大端尺寸 114×(76/70), 114×(76/64), 114×(76/52) 及 114×(76/38)
日本标准	等大端尺寸 114×(65/59), 114×(65/50), 114×(65/32), 114×(65/54), 114×(65/47) 及 114×(65/61)
美国标准	等大端尺寸 114×(76/70), 114×(76/64), 114×(76/51), 114×(76/25), 114×(64/54), 114×(64/44), 114×(64/25), 152×(76/70), 152×(76/64) 及 152×(76/51)
英国标准	等大端尺寸 114×(76/73), 114×(76/70), 114×(76/64), 114×(76/57), 114×(76/52), 114×(76/38), 114×(76/25), 150×(76/70), 150×(76/64) 及 150×(76/52)
欧洲标准	等中间尺寸 114×(67/61), 114×(69/59), 114×(72/56), 114×(76/52), 114×(79/73), 114×(81/71), 114×(84/68) 及 114×(88/64)
前苏联标准	等大端尺寸 114×(65/50), 114×(65/45), 114×(75/65), 114×(75/55), 150×(65/55), 150×(65/50), 150×(75/65), 150×(75/55), 150×(90/80), 172×(65/55), 172×(65/45), 172×(75/65), 172×(75/55), 124×(65/55), 124×(65/45), 124×(75/65), 187×(65/55), 187×(65/45), 187×(75/65) 及 187×(75/55)

注: 国际标准指 ISO 5019/2—1984
 日本标准指 JIS R2101—1983, JIS R2104—1983 及 JIS 2612—1971
 美国标准指 ASTM C909—1984
 英国标准指 BS 3056—1973 及 BS 5187—1975
 欧洲标准指 PRE/R3—1977
 前苏联标准指 Г О C T 8691—1973, Г О C T 6024—1975, Г О C T 4689—1974 及 Г О C T 10888—1976

第二,相同大小端距离 b 的每组楔形砖的砖号数量(按大小端尺寸差 a_d-a_s 划分),各国不同,侧厚楔形砖及竖宽楔形砖的砖号数量比竖厚楔形砖少。每个厚度系列的侧厚楔形砖,国际标准 4 个砖号,日本标准 6 个砖号,美国标准 3~4 个砖号,英国标准 7 个砖号,欧洲标准 4 个砖号,前苏联标准 2~3 个砖号。每个厚度系列的竖厚楔形砖,国际标准及欧洲标准 4 个砖号,美国标准 3~4 个砖号,英国标准 3~6 个砖号,前苏联标准 2~6 个砖号。对每组竖宽楔形砖而言,日本标准 4 个砖号,美国标准 3~5 个砖号,英国标准 2~5 个砖号,前苏联标准 2~4 个砖号,结合我国实际情况,相同大小端距离的每组楔形砖,按其大小端尺寸差 a_d-a_s 的由大到小,一般分为特锐楔形砖、锐楔形砖、钝楔形砖及微楔形砖,另外考虑挑选锁砖方便还可设计薄楔形砖。

表 1-7 国外竖厚楔形砖尺寸系列

单位: mm

标准国别	$b \times (a_d/a_s)$
国际标准	等中间尺寸 $230 \times (66/62)$, $230 \times (69/59)$, $230 \times (72/56)$, $230 \times (76/52)$, $230 \times (78/74)$, $230 \times (81/71)$, $230 \times (84/68)$ 及 $230 \times (88/64)$; 等大端尺寸 $230 \times (76/70)$, $230 \times (76/64)$, $230 \times (76/57)$ 及 $230 \times (76/52)$
日本标准	等大端尺寸 $230 \times (65/60)$, $230 \times (65/55)$, $230 \times (65/45)$, $230 \times (65/35)$; 等小端尺寸 $230 \times (83/80)$, $230 \times (85/80)$, $300 \times (83/80)$, $300 \times (85/80)$, $350 \times (105/100)$, $300 \times (107/100)$, $350 \times (109/100)$, $420 \times (107/100)$ 及 $420 \times (111/100)$
美国标准	等大端尺寸 $228 \times (64/57)$, $228 \times (64/48)$, $228 \times (64/38)$, $228 \times (76/73)$, $228 \times (76/70)$, $228 \times (76/64)$, $228 \times (76/51)$, $304 \times (76/73)$, $304 \times (76/70)$, $304 \times (76/64)$, $304 \times (76/51)$, $342 \times (76/73)$, $342 \times (76/70)$, $342 \times (76/64)$ 及 $342 \times (76/51)$
英国标准	等大端尺寸 $230 \times (76/73)$, $230 \times (76/70)$, $230 \times (76/64)$, $230 \times (76/57)$, $230 \times (76/52)$, $230 \times (76/38)$, $300 \times (76/73)$, $300 \times (76/70)$, $300 \times (76/64)$, $300 \times (76/57)$, $300 \times (76/52)$, $345 \times (76/73)$, $345 \times (76/70)$, $345 \times (76/64)$, $375 \times (76/73)$, $375 \times (76/70)$, $375 \times (76/64)$, $450 \times (76/73)$ 及 $450 \times (76/70)$
欧洲标准	等中间尺寸 $230 \times (66/62)$, $230 \times (69/59)$, $230 \times (72/56)$, $230 \times (76/52)$, $230 \times (78/74)$, $230 \times (81/71)$, $230 \times (84/68)$ 及 $230 \times (88/64)$
前苏联标准	等大端尺寸 $230 \times (65/55)$, $230 \times (65/45)$, $230 \times (75/65)$, $230 \times (75/55)$, $300 \times (65/55)$, $300 \times (65/45)$, $300 \times (75/65)$, $300 \times (75/68)$, $300 \times (85/75)$, $380 \times (76/67)$, $380 \times (75/65)$, $380 \times (75/55)$, $380 \times (77/72)$, $380 \times (77/68)$, $380 \times (85/62)$, $380 \times (85/75)$, $380 \times (90/83)$, $380 \times (90/78)$, $460 \times (78/70)$, $460 \times (88/80)$, $460 \times (65/50)$, $460 \times (77/71)$, $460 \times (79/68)$, $460 \times (83/75)$, $460 \times (90/78)$ 及 $460 \times (90/83)$

注: 国际标准指 ISO 5019/2—1984

日本标准指 JIS R2101—1983, JIS R2102—1983 及 JIS 2612—1971

美国标准指 ASTM C909—1984

英国标准指 BS 3056—1973 及 BS 5187—1975

欧洲标准指 PRE/R3—1977

前苏联标准指 Г О С Т 8691—1973, Г О С Т 6024—1975, Г О С Т 4689—1974 及 Г О С Т 10888—1976

第三, 国外楔形砖间尺寸关系规律不明显, 仅小端尺寸选取常用的固定尺寸。例如, 对 76mm 等大端尺寸楔形砖而言, 小端尺寸常选取由英寸换算而来的 73mm、70mm、64mm、57mm、52mm (或 51mm)、38mm 及 25mm。前苏联及日本等国家的标准中, 楔形砖小端尺寸也没形成统一的规律。我国近年来从楔形砖尺寸参数研究入手, 找到了同组楔形砖间大小端尺寸差成整倍数 (至少半倍数) 关系。楔形砖间尺寸关系规律, 对我国楔形砖尺寸系列的确立与尺寸标准化, 对双楔形砖砌砖计算式的简化及砌砖量表册的顺利编制都有指导意义。遵循上述关系规律确立了我国楔形砖的尺寸系列, 见表 1-10。按表 1-10 的楔形砖尺寸系列, 修订《通用耐火砖形状尺寸》时设计了楔形砖的尺寸, 见表 1-11~表 1-13。从这些尺寸表看出, b 为 114mm 及 150mm 的四组 (等大端尺寸为 65mm 及 75mm) 侧厚楔形砖都设计了大小端尺寸差为 30mm、20mm 及 10mm ($a_d - a_s$ 之比为 3:2:1) 三种砖; b 为 230mm 及 300mm、等大端尺寸 a_d 为 65mm 及 75mm 的四组竖厚楔形砖都设计了大小端尺寸差为 30mm、20mm、10mm 及 5mm ($a_d - a_s$ 之比为 6:4:2:1) 的四种砖; b 为 380mm 及 460mm、等大端尺寸 a_d 为 80mm 的两组竖厚楔形砖都设计了大小端尺寸差为 30mm、20mm、10mm 及 5mm ($a_d - a_s$ 之比为 6:4:2:1) 的四种砖; b 为 230mm 及 345mm、等大端尺寸 a_d 为 114mm 的两组竖宽楔形砖都设计了大小端尺寸差为 40mm、20mm、10mm ($a_d - a_s$ 之比为 4:2:1) 与 45mm、30mm、15mm

($a_d - a_s$ 之比为 3:2:1) 的三种砖; b 为 230mm 及 345mm、等大端尺寸 a_d 为 150mm 的两组竖宽楔形砖都设计了大小端尺寸差为 60mm、30mm、15mm ($a_d - a_s$ 之比为 4:2:1) 与 60mm、40mm、20mm ($a_d - a_s$ 之比为 3:2:1) 的三种砖; b 为 230mm、300mm、380mm 及 460mm 四组等中间尺寸 (75mm) 竖厚楔形砖都设计了大小端尺寸差为 30mm、20mm 及 10mm ($a_d - a_s$ 之比为 3:2:1) 三种砖。

表 1—8 国外竖宽楔形砖尺寸系列

单位: mm

标准国别	$b \times (a_d / a_s)$
日本标准	等大端尺寸 230×(114/108), 230×(114/105), 230×(114/85) 及 230×(114/65)
美国标准	等大端尺寸 228×(114/102), 228×(114/89), 228×(114/76), 228×(152/137), 228×(152/122), 228×(152/76), 304×(152/143), 304×(152/140), 304×(152/127), 304×(152/114), 342×(152/144), 342×(152/130), 342×(152/127), 342×(152/111) 及 342×(152/76)
英国标准	等大端尺寸 230×(114/108), 230×(114/102), 230×(114/88), 230×(114/76), 230×(114/57), 230×(150/138), 230×(150/124), 230×(150/114), 300×(150/138), 300×(150/114), 345×(150/138), 345×(150/132), 345×(150/124), 345×(150/114), 345×(150/111), 345×(150/102), 375×(150/138), 375×(150/132), 375×(150/124), 375×(150/114), 375×(150/111), 375×(150/102), 450×(150/132) 及 450×(150/120)
前苏联标准	等大端尺寸 230×(114/96), 230×(114/76), 230×(114/56), 230×(115/93), 230×(115/70), 230×(150/135), 230×(150/120), 300×(150/140), 300×(150/135), 345×(150/125), 345×(150/110), 345×(150/90), 345×(150/80), 380×(150/96), 380×(150/80), 450×(150/115), 460×(150/130) 及 460×(150/85)

注: 日本标准指 JIS R2101—1983 及 JIS 2612—1971

美国标准指 ASTM C909—1984

英国标准指 BS 3056—1973 及 BS 5187—1975

前苏联标准指 ГОСТ 8691—1973, ГОСТ 13998—1968, ГОСТ 4689—1974, ГОСТ 10888—1976 及 ГОСТ 20901—1975

b 为 114mm 及 150mm 的侧厚楔形砖、 b 为 230mm 及 300mm 的竖厚楔形砖, 都分别设计了 a_d 为 65mm 及 75mm 的两组砖, 彼此互为薄(或厚)砖, 没有必要再设计薄楔形砖了。但 b 为 380mm 及 460mm 竖厚楔形砖, 只采用 a_d 为 80mm 一组系列, 另外设计了 a_d/a_s 为 70mm/60mm 的薄楔形砖(T—85 及 T—97)。

为砌筑交错拱顶的错缝需要, 对 b 为 230mm、300mm、380mm 及 460mm 的每组竖厚楔形砖而言, 仅大小端尺寸差为 30mm、20mm 及 10mm 的特锐楔形砖、锐楔形砖及钝楔形砖设计了错缝宽砖。65mm 厚、 a_d 为 114mm 的竖宽楔形砖, 采取 a_d 为 150mm 的错缝宽砖。75mm 厚、 a_d 为 150mm 的竖宽楔形砖, 采取 a_d 为 114mm 的错缝条砖。

1.4 拱脚砖的尺寸

拱脚砖的斜面长 L 决定于楔形砖的大小端距离 b , 一般 L 采取 230mm、300mm、380mm 及 460mm。原标准中 L 为 114mm 的拱脚砖很少用, 双层 114mm 拱顶可采用 L 为 230mm 的拱脚砖, 因此取消了 L 为 114mm 的拱脚砖。

拱脚砖的倾斜角 α 的另一余角 β 也可利用, 例如 $\alpha = 60^\circ$ 的拱脚砖的另一余角 $\beta = 90^\circ - 60^\circ = 30^\circ$ 也可利用。也就是说一个拱脚砖有两个标准倾斜角 α 、 β 。基于这个道理, 取消 $\alpha = 45^\circ$ 的拱脚砖。对于不规范的 $\alpha = 52^\circ$ 等拱脚砖也取消。每一斜面长的拱脚砖采用 α 、 β 为 60° 、 30° 及 50° 、 40° 的标准倾斜角。根据拱顶中心角 $\theta = 2(90^\circ - \alpha)$, 拱脚砖的标准倾斜角 60° 、 50° 、 40° 及 30° 可分别满足中心角 θ 为 60° 、 80° 、 100° 及 120° 的拱顶。

表 1-9 楔形砖层间缝(或环缝)理论厚度的计算值

单位: mm

楔形砖规格 $b \times (a_d/a_s) \times c$		层间缝(或环缝)理论厚度 δ_0	
等大端尺寸	等中间尺寸	等大端尺寸	等中间尺寸
侧厚楔形砖			
$114 \times (75/45) \times 230$	$114 \times (90/60) \times 230$	5.00	5.99
$150 \times (75/45) \times 300$	$150 \times (90/60) \times 300$	3.80	4.55
竖厚楔形砖			
$230 \times (75/45) \times 114$	$230 \times (90/60) \times 114$	2.48	2.97
$300 \times (75/45) \times 150$	$300 \times (90/60) \times 150$	1.90	2.28
$380 \times (80/50) \times 150$	$380 \times (90/60) \times 150$	1.60	1.80
$460 \times (80/50) \times 150$	$460 \times (90/60) \times 150$	1.32	1.48
竖宽楔形砖			
$230 \times (150/90) \times 75$	$230 \times (180/120) \times 75$	9.85	11.80
$345 \times (150/90) \times 75$	$345 \times (180/120) \times 75$	6.57	7.57

表 1-10 我国楔形砖尺寸系列

单位: mm

大小端距离 b	大小端尺寸差 $a_d - a_s$				等大端尺寸 a_d	等中间尺寸 $(a_d + a_s)/2$
	特锐楔形砖	锐楔形砖	钝楔形砖	微楔形砖		
侧厚楔形砖						
114	30	20	10		65, 75	
150	30	20	10		65, 75	
竖厚楔形砖						
230	30	20	10	5	65, 75	75
300	30	20	10	5	65, 75	75
380	30	20	10	5	80	75
460	30	20	10	5	80	75
竖宽楔形砖						
230	40	20	10		114	
230	60	30	15		150	
345	45	30	15		114	
345	60	40	20		150	

拱脚砖垂直两边尺寸 a 及 b , 均采取 65mm 砖层 (并考虑 2mm 砖缝) 的整倍数, 以便符合砖层不加工砍砖。

我国《通用耐火砖形状尺寸》国标中拱脚砖的尺寸见表 1—14。

表 1—11 我国侧厚楔形砖尺寸及尺寸参数

砖 号	尺 寸 (mm)			规 格 (mm)	外半径 R_0 $\frac{(a_d + \delta) b}{a_d - a_s}$ (mm)	每环极限块数 K_0' $\frac{2\pi b}{a_d - a_s}$	倾斜角 θ_0 $\frac{180(a_d - a_s)}{\pi b}$ (度)	体 积 (cm^3)
	b	a_d/a_s	c					
T—21	114	65/35	230	114×(65/35)×230	250.8	23.876	15.078	1311.0
T—22	114	65/45	230	114×(65/45)×230	376.2	35.814	10.052	1442.1
T—23	114	65/55	230	114×(65/55)×230	752.4	71.628	5.026	1573.2
T—24	114	75/45	230	114×(75/45)×230	288.8	23.876	15.078	1573.2
T—25	114	75/55	230	114×(75/55)×230	433.2	35.814	10.052	1704.3
T—26	114	75/65	230	114×(75/65)×230	866.4	71.628	5.026	1835.4
T—27	150	65/35	300	150×(65/35)×300	330.0	31.416	11.459	2250.0
T—28	150	65/45	300	150×(65/45)×300	495.0	47.124	7.639	2475.0
T—29	150	65/55	300	150×(65/55)×300	990.0	94.248	3.820	2700.0
T—30	150	75/45	300	150×(75/45)×300	380.0	31.416	11.459	2700.0
T—31	150	75/55	300	150×(75/55)×300	570.0	47.124	7.639	2925.0
T—32	150	75/65	300	150×(75/65)×300	1140.0	94.248	3.820	3150.0

注：外半径 R_0 计算式中，砖缝厚度 δ 取 1mm