

# 悟而发耐火材料手册

## (水泥工业部分)

### WÜLFRATH REFRACTORIES HANDBOOK

### *CEMENT INDUSTRY*

本手册提供水泥及石灰工业用悟而发  
耐火材料制品性能和应用的技术资料

陆纯焯 丁抗生 详细摘译

1995年7月

# 目 录

- 1 公司及产品简介
- 2 回转窑耐火制品
  - 2.1 推荐砖种
  - 2.2 砖型及配合
  - 2.3 火泥
- 3 砌筑技术
  - 3.1 砌筑前回转窑的准备工作
  - 3.2 砖型选择
  - 3.3 砖的高度
  - 3.4 砌筑方法
    - 3.4.1 粘贴法
    - 3.4.2 支撑法
    - 3.4.3 拱架法
  - 3.5 具体砌砖
    - 3.5.1 砌砖的开头
    - 3.5.2 正确和错误的砌筑
    - 3.5.3 窑筒变形处的补偿方法
    - 3.5.4 砖环锁缝
    - 3.5.5 其他建议
  - 3.6 特殊部位砌砖
    - 3.6.1 卸料端和挡砖圈
    - 3.6.2 窑尾锥部
      - 3.6.3 新旧砖衬的结合
      - 3.6.4 锥部衬里
- 4 整体性耐火材料施工规范
  - 4.1 浇注料
    - 4.1.1 传统浇注料
    - 4.1.2 轻质浇注料
    - 4.1.3 低水泥浇注料
  - 4.2 捣打料
    - 4.2.1 塑性料
    - 4.2.2 半塑性料
  - 4.3 喷射料
- 5 烘窑和停窑
- 6 窑体测定
  - 6.1 窑体椭圆度的测定
  - 6.2 轮带间隙
- 7 窑的维护
  - 7.1 每日维护工作
  - 7.2 每周维护工作
  - 7.3 每月维护工作
  - 7.4 中期维护工作
  - 7.5 年度维护工作

## 1 公司及产品简介

德国悟而发白云石公司的建立可追溯到1909年。蒂森集团的创始人蒂森为他的冶金工厂提供原料建设了本公司,从属于蒂森公司。

作为悟而发集团的一部分,1989年悟而发耐火材料/陶瓷集团成立,由在德国的Dolomitwerke GmbH、Magnesital Feuerfest GmbH、Martin & Pagenstecher GmbH、Feuerfestwerk Bad Hönningen GmbH和在美国的Wulfrath Refractories Inc.等耐火材料厂所组成。悟而发集团还有石灰和白云石以及水泥和建材预制品两个部分。

今天悟而发耐陶集团是全球最大的白云石耐火材料生产商,供应多种碱性和非碱性耐火材料,用于钢铁工业、水泥和石灰工业、化学和陶瓷工业以及废料焚烧炉。

供应水泥窑用耐火砖的主要成分和性能见表1和表2,火泥的主要成分和性能见表3。浇注料、捣打料等的成分和性能从略。

## 2 回转窑耐火制品

### 2.1 推荐砖种

按窑型及负荷条件推荐的砖种方案见表4和图1、2、3。

### 2.2 砖型及配合

回转窑衬里砖型见图4。每圈砖衬内两种标准型砖用量比例见配砖表(表5、6)。

回转窑衬里砌筑法和砖的标记见图5。

### 2.3 火泥

砌砖用火泥供货时附有使用规范。火泥用30kg以内的小袋或用大袋装,成垛发运。缩合膜包装以防受潮。火泥垛要在干燥通风的库内存放。库内温度必须高于冻结的温度。热带地区湿度高,日照强烈,贮库上应加顶盖。只有在拌合使用前才可拆除缩合包装膜。

接触火泥的工具和设备必须清洁,不被污染。火泥可用机械搅拌机拌合,也可人工拌合。拌合用水必须达到可饮用的质量!在加料前可将按推荐用量的大部分水倒入机内。火泥要拌至不含块状物。如采用化学—陶瓷结合型火泥,每次只能拌制在2h内用完的火泥量。

用刮刀或瘦刀抹平砖面上的火泥来保证火泥缝既薄又匀。已凝固的火泥决不能使用。如抹在砖面上的火泥丧失塑性建议砌砖前先打湿砖面。

窑衬烘烤中火泥被烘干。

如砌筑点的温度低于5℃,建议稍加升温。火泥凝固期间的温度必须在冻结温度之上。

表1 碱性砖的成分和性能

砖种及牌号		白云石砖· SINDO- FORM K 11101	白云石砖· SINDO- FORM K 11103	含锆白 云石砖· SINDO- FORM K 11105	含锆富镁 白云石砖 SINDO- MAFORM K 11132	含锆镁砖 PERMAG HZ 96	尖晶石砖 PERELL HA 35	尖晶石砖 PERELL HA 12	锆铬砖 PERCHOR H 60
主要应用部位		烧成带	烧成带	烧成带	烧成带和 过渡带	过渡带	过渡带	过渡带	过渡带
化学成分(%)	MgO	38.5	38.5	37.0	48.0	>96.0	88.0	93.0	66.0
	CaO	59.2	59.2	58.0	48.0	1.0	1.0	1.1	
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>						10.0	4.5	11.0
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.8	0.8	0.8	0.7	0.5	0.4	0.4	7.0
	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	—	—	—	—	—	—	13.5
	ZrO <sub>2</sub>	—	—	2.7	1.8	1.8	—	—	—
体积密度	(g/cm <sup>3</sup> )	2.82	2.77	2.83	2.90	2.97	2.95	2.88	3.05
显气孔率	(容积%)	16	17	16	15	16	16	17	18
冷压强度	(N/mm <sup>2</sup> )	70	60	45	50	50	40	45	40
荷重软化温度 (°C)	T <sub>0.5</sub>	1400	1400	1400	1500	>1700	>1700	>1700	>1700
	T <sub>1.0</sub>	>1700	>1700	>1700	>1700	>1700	>1700	>1700	>1700
线膨胀率(%,1200°C)		1.56	1.56	1.56	1.58	1.65	1.41	1.46	1.22
热震稳定性(次,950°C/空气)		20	25	>30	>30	>30	>30	>30	10
导热系数*** (W/m·K)	700°C	3.1	2.9	2.6	3.5	5.0	3.8	4.1	2.3
	1000°C	2.7	2.6	2.4	3.0	4.4	3.4	3.7	2.4

\* 牌号 12101、12103、12105、12132 的白云石砖经浸油以改善存放寿命,性能不变。

\*\* 按 DIN 51053/1 测试。\*\*\* 按 DIN 51064 测试。\*\*\*\* 按静态法测试。

表2 高铝砖和粘土砖的成分和性能

砖种及牌号		高铝砖 ALUBAX 83 C	高铝砖 ALUBAX 78 C	高铝砖 EXAKTA 53	高性能粘土砖 EXAKTA 43	半酸性粘土砖 DELTADUR 70
主要原料组分		矾土	矾土	红柱石	耐火粘土	耐火粘土,砂子
主要应用部位		卸料带	卸料带	安全带	进料带	进料带
化学成分(%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	81.0	78.0	56.0	45.0	28.0
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.5	1.6	1.1	1.5	1.1
	SiO <sub>2</sub>	12.0	14.0	40.0	48.0	66.0
体积密度	(g/cm <sup>3</sup> )	2.80	2.80	2.40	2.35	2.25
显气孔率	(容积%)	19	18	19	15	11
冷压强度	(N/mm <sup>2</sup> )	80	85	50	50	65
荷重软化温度 (°C)	T <sub>0.5</sub>	1500	1500	1500	1400	1225
	T <sub>1.0</sub>	1530	1530	1530	1450	1260
热膨胀率(%,1200°C)		0.7	0.7	0.6	0.5	0.6
热震稳定性(次,950°C/空气)		>30	>30	>30	20	20
导热系数*** (W/m·K)	700°C	2.1	2.0	1.4	1.3	1.0
	1000°C	2.0	1.9	1.4	1.4	1.1

\* 按 DIN 51053/1 测试。

\*\* 按 DIN 51064 测试。

\*\*\* 按静态法测试。

表 3 火泥的主要成分和性能

种别及牌号	镁质火泥 MAGNE-BOND 847	白云石质火泥 SINDOMIX M 12303	矾土质火泥 MARPASIT B 68.5	粘土质火泥 MARPASIT S 40.5
主要组分	烧结镁砂	烧结白云石砂	烧矾土	烧粘土
结合剂类型	化学—陶瓷	化学—陶瓷	化学—陶瓷	化学—陶瓷
主要用途	砌镁质砖	窑体变形处 调整砖位	砌高铝砖	砌粘土砖
化学成分 (%)	MgO	85.0	36	
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.0	<1	69.0
	SiO <sub>2</sub>	6.0	<1	25.0
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.0	<1	1.4
	CaO		61	
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			0.6
颗粒尺寸 (mm)	0~0.2	0~3	0~0.5	0~1
需水量 (%)	33.0		19.0	20.0
使用温度 (°C)	1750	1600	1750	1500
存放寿命 (月)	6	6	12	12
体积密度 (g/cm <sup>3</sup> )		2.2		

表 4 负荷不同的各类型窑上耐火衬里的配砖方案

负荷条件	工艺部位	原料带	下侧过烧带	烧成带	上侧过烧带	安全带	隔热部位	毡带	喂料端
正常 严重 高碱 高碱微盐	工艺部位	ALUBAX 78 C	PERELL HA 12 SINDOFORM K 11 105	SINDOFORM K P1 103	PERELL HA 12 SINDOMAFORM K 11 132	EXAKTA 53 ALUBAX 78 C	DELTAOUR 70 EXAKTA 43	DELTAOUR 70	DELTAOUR 70
		ALUBAX 83 C PERMAG HZ 98	SINDOMAFORM K 11 132 PERMAG HZ 98	SINDOFORM K 11 105 SINDOMAFORM K 11 132	SINDOMAFORM K 11 132 PERELL HA 35	ALUBAX 83 C	DELTAOUR 70	DELTAOUR 70	DELTAOUR 70
		ALUBAX 83 C PERMAG HZ 98	SINDOFORM K 11 105 PERMAG HZ 98	SINDOFORM K 11 105 SINDOMAFORM K 11 132	SINDOMAFORM K 11 132 PERELL HA 35	EXAKTA 53	DELTAOUR 70	DELTAOUR 70	DELTAOUR 70
		ALUBAX 83 C PERELL HA 35	SINDOMAFORM K 11 132 PERELL HA 35	SINDOMAFORM K 11 132 PERELL HA 35	SINDOMAFORM K 11 132 PERELL HA 35	EXAKTA 53	DELTAOUR 70	DELTAOUR 70	DELTAOUR 70
工艺部位	原料带	下侧过烧带	烧成带	上侧过烧带	安全带	隔热部位	毡带	喂料端	
带程式冷却机 耐火窑筒 D < 4 m D > 4 m	工艺部位	最多 2 圈 最多 2 圈	1 x Ø 1.2 x Ø	3 x Ø 4 x Ø	2 x Ø 3 x Ø	2 x Ø 2 x Ø	5.8 x Ø 5.8 x Ø	- -	1 m 1 m
		带多筒冷却机 耐火窑筒 D < 4 m D > 4 m	1 x Ø 1.2 x Ø 1 x Ø	3 x Ø 4 x Ø 6.8 x Ø	2 x Ø 3 x Ø 2.4 x Ø	2 x Ø 3 x Ø 2 x Ø	5.8 x Ø 5.8 x Ø 12 x Ø	- - -	1 m 1 m 1 m
立式窑 D < 4 m D > 4 m	工艺部位	最多 2 圈 最多 2 圈	1 x Ø 1 x Ø	3 x Ø 3 x Ø	2 x Ø 3 x Ø	2 x Ø 2 x Ø	2.5 x Ø 2.5 x Ø	- -	1 m 1 m
		带程式或单筒冷却机 带多筒冷却机	最多 2 圈 1-1.5 x Ø	1 x Ø 1 x Ø	3 x Ø 3 x Ø	3 x Ø 3 x Ø	2 x Ø 2 x Ø	5.8 x Ø 5.8 x Ø	4.8 x Ø 4.8 x Ø
带程式或单筒冷却机 带多筒冷却机	工艺部位	最多 2 圈 1-1.5 x Ø	1 x Ø 1 x Ø	3 x Ø 3 x Ø	3 x Ø 3 x Ø	2 x Ø 2 x Ø	5.8 x Ø 5.8 x Ø	4.8 x Ø 4.8 x Ø	1 m 1 m
		带多筒冷却机	最多 2 圈 1-1.5 x Ø	1 x Ø 1 x Ø	3 x Ø 3 x Ø	3 x Ø 3 x Ø	2 x Ø 2 x Ø	5.8 x Ø 5.8 x Ø	4.8 x Ø 4.8 x Ø

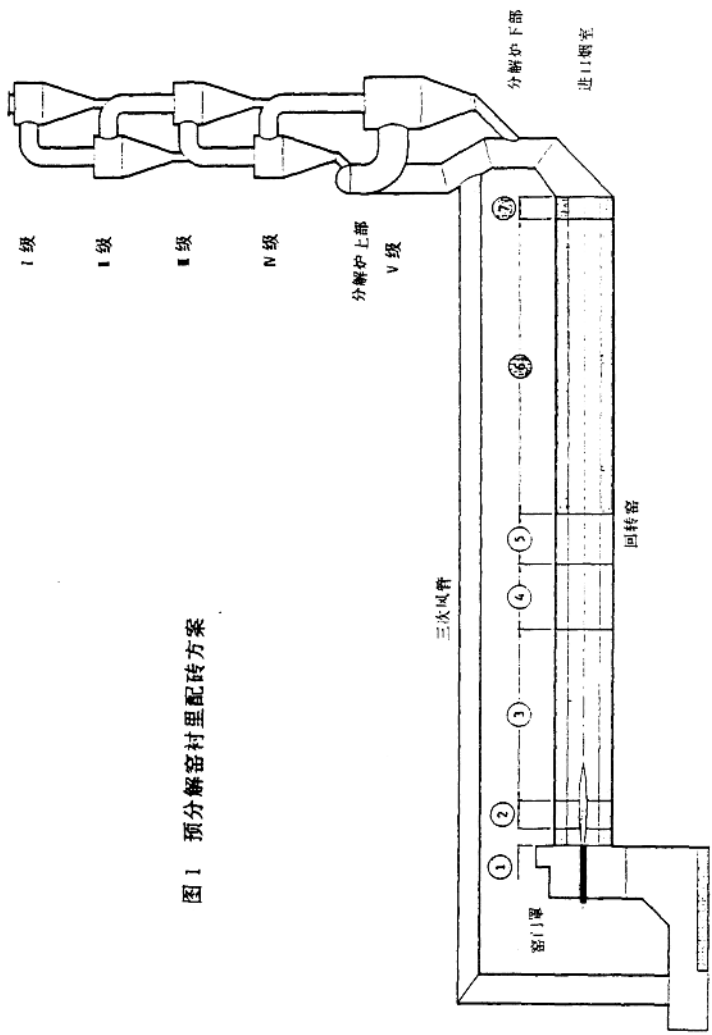


图 1 预分解窑衬里配砖方案

工艺部位 负荷条件	① 原料带	② 下侧过渡带	③ 烧成带	④ 上侧过渡带	⑤ 安全带	⑥ 预热带	⑦ 喂料端
正常	ALUBAX 78 C PERELL SINDOFOR K 11103	HA 12 SINDOFOR K 11105	SINDOFOR K 11103	PERELL HA 12 SINDOHAFORM K 11132	EKAKTA 53 ALUBAX 78 C ALUBAX 83 C	DELTAOUR 70 EKAKTA 43	DELTAOUR 70
严重	ALUBAX 83 C PERMAG H2 96 PERMAG H2 96	SINDOHAFORM K 11132 HA 12 PERMAG H2 96	SINDOHAFORM K 11105 SINDOHAFORM K 11132	PERELL SINDOHAFORM K 11132 PERELL	ALUBAX 78 C ALUBAX 83 C	EKAKTA 53 DELTAOUR 70	DELTAOUR 70 EKAKTA 53
高碱	ALUBAX 83 C PERMAG H2 96 PERMAG H2 96	SINDOHAFORM K 11105 HA 12 PERMAG H2 96	SINDOHAFORM K 11105 SINDOHAFORM K 11132	PERMAG SINDOHAFORM K 11132 PERMAG	EKAKTA 53	DELTAOUR 70	DELTAOUR 70
高硫酸盐	ALUBAX 83 C PERELL HA 35	SINDOHAFORM K 11132 HA 35	SINDOHAFORM K 11132 PERELL HA 35	PERELL HA 35	EKAKTA 53	DELTAOUR 70	DELTAOUR 70
窑型	预分解窑						
	数量 2 圈	1 x $\phi$	6-8 x $\phi$	2-4 x $\phi$	2 x $\phi$	12 x $\phi$	1 m

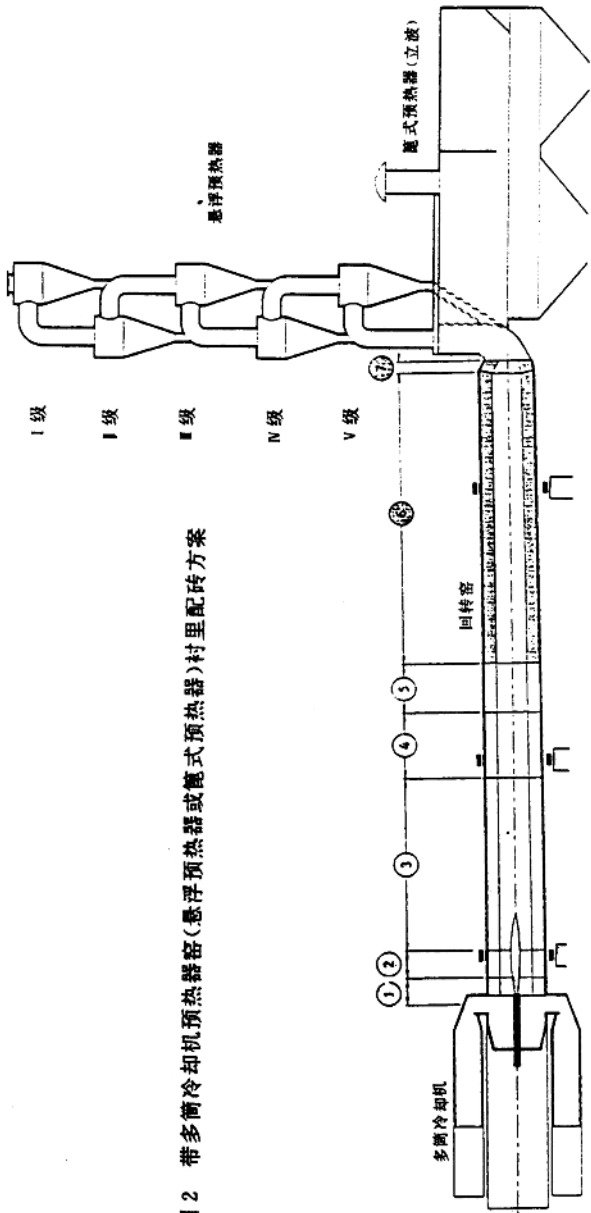
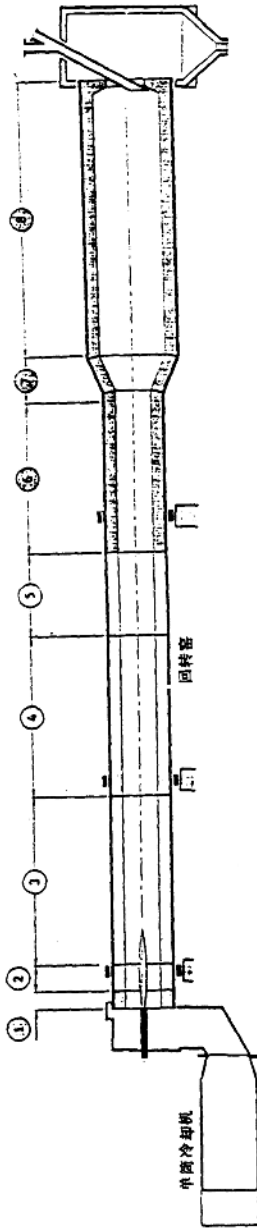


图 2 带多筒冷却机预热器(悬浮预热器或筒式预热器)衬里配砖方案

工艺部位	卸料带 (1)	下侧过渡带 (2)	烧成带 (3)	上侧过渡带 (4)	安全非 (5)	预热带 (6)	喂料端 (7)
佩带条件	ALUBAX 78 C PERELL SINDOFORM	HA 12 SINDOFORM K 11105	SINDOFORM K 11103	PERELL SINDOFORM K 11132	EXAKTA 53 ALUBAX 78 C	DELTAUDUR 70 EXAKTA 43	DELTAUDUR 70
正常	ALUBAX 83 C PERMAC HZ 96	SINDONAFORM K 11132 PERMAC HZ 96	SINDOFORM K 11105 SINDONAFORM K 11132	SINDONAFORM K 11132 PERELL HA 35	ALUBAX 83 C	EXAKTA 53	DELTAUDUR 70
严重	ALUBAX 83 C PERMAC HZ 96	SINDOFORM K 11105 SINDONAFORM K 11132	SINDONAFORM K 11132 PERMAC HZ 96	SINDONAFORM K 11132 PERMAC HZ 96	EXAKTA 53	DELTAUDUR 70	DELTAUDUR 70
高碱	ALUBAX 83 C PERELL HA 35	SINDONAFORM K 11132 PERELL HA 35	SINDONAFORM K 11132 PERELL HA 35	PERMAC HZ 96 PERELL HA 35	EXAKTA 53	DELTAUDUR 70	DELTAUDUR 70
高硫酸盐							
直径	最多 2 圈	1 x 0 1-2 x 0	2 x 0	3 x 0	2 x 0	3-8 x 0	1 m
筒型							
筒型	1-1.5 x 0 1-2 x 0	1 x 0 1-2 x 0	2 x 0	3 x 0	2 x 0	3-8 x 0	1 m
筒型	最多 2 圈	1 x 0	3 x 0	3 x 0	2 x 0	3-5 x 0	1 m

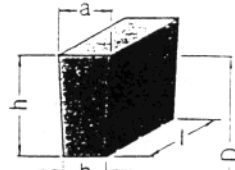


图 3 干法或湿法回转窑村里配砖方案



工艺部位 负荷条件	① 喂料带	② 下副过渡带	③ 烧成带	④ 上副过渡带	⑤ 安全带	⑥ 预热带	⑦ 喂料端	⑧ 磁带
正常	ALUBAX 78 C PERELL HA 12 SINDOFORM K 11103	PERELL HA 12 SINDOFORM K 11103	SINDOFORM K 11103 PERELL HA 12 SINDOFORM K 11103	PERELL HA 12 SINDOFORM K 11103	EXAKTA 53 ALUBAX 78 C ALUBAX 83 C	DELTADUR 70 EXAKTA 43 EXAKTA 53	DELTADUR 70 DELTADUR 70 DELTADUR 70	DELTADUR 70
严重	ALUBAX 83 C PERNAG HZ 96 PERNAG HZ 96	SINDOFORM K 11103 PERNAG HZ 96 PERNAG HZ 96	SINDOFORM K 11103 SINDOFORM K 11103 SINDOFORM K 11103	PERELL HA 35 SINDOFORM K 11103 PERELL HA 35	ALUBAX 83 C EXAKTA 53 EXAKTA 53	DELTADUR 70 DELTADUR 70 DELTADUR 70	DELTADUR 70 DELTADUR 70 DELTADUR 70	DELTADUR 70
高碱	ALUBAX 83 C PERNAG HZ 96 PERNAG HZ 96	SINDOFORM K 11103 PERNAG HZ 96 PERNAG HZ 96	SINDOFORM K 11103 SINDOFORM K 11103 SINDOFORM K 11103	PERELL HA 35 SINDOFORM K 11103 PERELL HA 35	ALUBAX 83 C EXAKTA 53 EXAKTA 53	DELTADUR 70 DELTADUR 70 DELTADUR 70	DELTADUR 70 DELTADUR 70 DELTADUR 70	DELTADUR 70
高硫酸盐	ALUBAX 83 C PERELL HA 35 PERELL HA 35	SINDOFORM K 11103 PERELL HA 35 PERELL HA 35	SINDOFORM K 11103 PERELL HA 35 PERELL HA 35	PERELL HA 35 SINDOFORM K 11103 PERELL HA 35	ALUBAX 83 C EXAKTA 53 EXAKTA 53	DELTADUR 70 DELTADUR 70 DELTADUR 70	DELTADUR 70 DELTADUR 70 DELTADUR 70	DELTADUR 70
窑型	最多2圈	1 x $\phi$	3 x $\phi$	3 x $\phi$	2 x $\phi$	5-8 x $\phi$	1m	4-8 x $\phi$
窑型	1-1.5 x $\phi$	1 x $\phi$	3 x $\phi$	3 x $\phi$	2 x $\phi$	5-8 x $\phi$	1m	4-8 x $\phi$
窑型	最多2圈	1 x $\phi$	3 x $\phi$	3 x $\phi$	2 x $\phi$	5-8 x $\phi$	1m	4-8 x $\phi$
窑型	1-1.5 x $\phi$	1 x $\phi$	3 x $\phi$	3 x $\phi$	2 x $\phi$	5-8 x $\phi$	1m	4-8 x $\phi$

图4 回转窑衬里用砖型



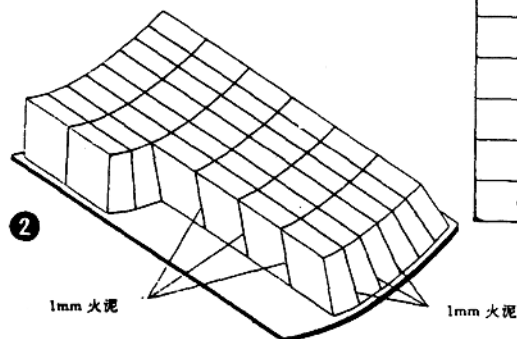
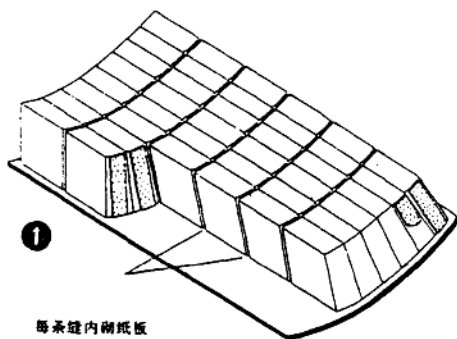
砖码	尺寸(mm)					容积 dm <sup>3</sup>	窑面砖种			
	a	b	h	l	D		白云石砖	镁质、坐晶石 质、镁质砖	粘土质、高 能粘土质砖	高铝砖
VDZ系列(国际通用系列,中部宽度恒定为71.5mm,但带*者例外)										
B 218	78.0	65.0	180	198	2,160	2.55	■	■		
B 318	76.5	66.5	180	198	2,754	2.55	■	■		
B 418	75.0	68.0	180	198	3,857	2.55	■	■		
B 618	74.0	69.0	180	198	5,328	2.55	■	■		
B 718*	78.0	74.0	180	198	7,020	2.71	■			
B 220	78.0	65.0	200	198	2,400	2.83	■	■		■
B 320	76.5	66.5	200	198	3,060	2.83	■	■		■
B 420	75.0	68.0	200	198	4,286	2.83	■	■		■
B 620	74.0	69.0	200	198	5,920	2.83	■	■		■
B 820*	78.0	74.0	200	198	7,800	3.01	■			■
B 222	78.0	65.0	220	198	2,640	3.11	■	■		■
B 322	76.5	66.5	220	198	3,366	3.11	■	■		■
B 422	75.0	68.0	220	198	4,714	3.11	■	■		■
B 622	74.0	69.0	220	198	6,512	3.11	■	■		■
B 822*	78.0	74.0	220	198	8,580	3.31	■	■		■
ISO系列(国际通用系列,大头宽度恒定为103mm)										
216	103.0	86.0	160	198	1,939	2.99				■
316	103.0	92.0	160	198	2,996	3.09				■
218	103.0	84.0	180	198	1,952	3.33	■		■	
318	103.0	90.5	180	198	2,966	3.45	■		■	
418	103.0	93.5	180	198	3,903	3.50	■		■	
618	103.0	97.0	180	198	6,180	3.56	■		■	
220	103.0	82.0	200	198	1,962	3.66	■	■	■	■
320	103.0	89.0	200	198	2,943	3.80	■	■	■	■
420	103.0	92.5	200	198	3,924	3.97	■	■	■	■
520	103.0	94.7	200	198	4,964	3.91	■	■	■	■
620	103.0	96.2	200	198	6,059	3.94	■	■	■	■
820	103.0	97.8	200	198	7,923	3.98	■	■	■	■
222	103.0	80.3	220	198	1,996	3.99	■			■
322	103.0	88.0	220	198	3,021	4.16	■			■
422	103.0	91.5	220	198	3,941	4.24	■	■	■	■
622	103.0	95.5	220	198	6,043	4.32	■	■	■	■
822	103.0	97.3	220	198	7,951	4.36	■	■	■	■
425	103.0	90.0	250	198	3,962	4.78				■
625	103.0	94.5	250	198	6,059	4.89				■

根据要求还可供其他尺寸的砖。

图5 回转窑衬里砌筑法和砖的标记

## 砌筑法

砖缝	白云石砖	镁质砖	尖晶石砖	镁质砖	高铝砖	粘土砖和高性能粘土砖
	图①				图②	
径向	干净	干净	干净	干净	干净	干净
水泥		1 mm MAGNE-BOND M7	1 mm MAGNE-BOND M7	1 mm MAGNE-BOND M7	1 mm MARFASIT B 68.5	1 mm MARFASIT S 40.5
砖间 每圈中	1.5 mm 纸板	2.5 mm 纸板	2 mm 纸板	2 mm 纸板	干净	干净
水泥					1 mm MARFASIT B 68.5	1 mm MARFASIT S 40.5



## 标记

特定直径回转窑用砖的标记按 ISO 9205

在砖的热面上用槽或颜色作标记。如下：

直径	槽	颜色
2 m		白色
3 m		滑石色
4 m		黄色
5 m		棕红色
6 m		灰绿色
7 m		灰绿色
8 m		灰绿色
铁砖		蓝色

表 5 ISO 型砖配砖表

砖型 窑径 (mm)	218 × 618 318 × 618 418 × 618 220 × 620 320 × 620 420 × 620 420 × 820 222 × 622 322 × 622 422 × 622 422 × 822 425 × 625															
	218 × 618	318 × 618	418 × 618	220 × 620	320 × 620	420 × 620	420 × 820	222 × 622	322 × 622	422 × 622	422 × 822	425 × 625				
3300	41,60	81,20		40,61	80,21				41,60	84,17						
3300	41,59	82,18		41,59	81,19				42,58	85,15						
3400	39,65	78,26		39,65	77,27				40,64	81,23						
3400	40,63	79,24		39,64	78,25				40,63	82,21						
3500	38,69	76,31		37,70	74,33				38,69	78,29						
3500	38,68	77,29		38,68	75,31				39,67	79,27						
3600	36,74	73,37		36,74	71,39				37,73	75,35						
3600	37,72	74,35		37,72	72,37				37,72	76,33						
3700	35,78	70,43		35,78	68,45				35,78	72,41						
3700	36,76	71,41		35,77	69,43				36,76	73,39						
3800	34,82	67,49		33,83	65,51				34,82	68,48						
3800	34,81	68,47		34,81	66,49				34,81	70,45						
3900	32,87	64,55		32,87	62,57				32,87	65,54						
3900	33,85	65,53		32,86	63,55				33,85	67,51						
4000	31,91	61,61		30,92	59,63				31,91	62,60						
4000	31,90	63,58		31,90	60,61				31,90	64,57						
4100	29,96	59,66		29,96	56,69				29,96	59,66				113,12		
4100	30,94	60,64		29,95	58,66				30,94	61,63				115,9		
4200	28,100	56,72	103,25	27,101	53,75	104,24			28,100	56,72	105,23			107,21		
4200	29,98	57,70	106,21	28,99	55,72	107,20			28,99	57,70	108,19			109,18		
4300	26,105	53,78	98,33	26,105	51,80	99,32	108,23		26,105	53,78	100,31	109,22		101,30		
4300	27,103	54,76	101,29	26,104	52,78	101,29	110,20		27,103	54,76	102,28	111,19		104,26		
4400	25,109	50,84	93,41	24,110	48,86	93,41	105,29		25,109	50,84	94,40	106,28		95,39		
4400	26,107	51,82	95,38	25,108	49,84	95,38	107,26		25,108	51,82	96,37	108,25		98,35		
4500	24,113	47,90	88,49	23,114	45,92	87,50	102,35		23,114	47,90	88,49	103,34		90,47		
4500	24,112	49,87	90,46	23,113	46,90	90,46	104,32		24,112	48,88	91,45	105,31		92,44		
4600	22,118	44,96	82,58	21,119	42,98	82,58	99,41		22,118	44,96	82,58	100,40		84,56		
4600	23,116	46,93	85,54	22,117	43,96	84,55	101,38		22,117	45,94	85,54	102,37		87,52		
4700	21,122	41,102	77,66	20,123	39,104	76,67	96,47		20,123	41,102	77,66	97,46		78,65		
4700	21,121	43,99	80,62	21,121	40,102	79,63	98,44		21,121	42,100	79,63	99,43		81,61		
4800		39,107	72,74		36,110	70,76	93,53		18,128	38,108	71,75	94,52		72,74		
4800		40,105	75,70		38,107	73,72	95,50		19,126	39,106	74,71	96,49		75,70		
4900		36,113	67,82		33,116	65,84	90,59		17,132	35,114	65,84	91,58		67,82		
4900		37,111	69,79		35,113	68,80	92,56		18,130	36,112	68,80	93,55		69,79		
5000		33,120	62,91		31,122	60,93	88,65		16,137	32,121	60,93	89,64		61,92		
5000		35,116	64,87		32,119	62,89	89,62		16,135	33,118	62,89	90,61		64,87		
5100		31,125	57,99		28,128	54,102	85,71			29,127	54,102	86,70		55,101		
5100		32,122	59,95		29,125	56,98	86,68			30,124	57,97	87,67		58,96		
5200		28,131	51,108		25,134	48,111	82,77			26,133	48,111	83,76		50,109		
5200		29,128	54,103		26,131	51,106	83,74			27,130	51,106	84,73		52,105		
5300		25,137	46,116		22,140	43,119	79,83			23,139	43,119	80,82		44,118		
5300		26,134	49,111		23,137	45,115	80,80			24,136	45,115	81,79		47,113		
5400					19,146	37,128	76,89			20,145	37,128	77,88		38,127		
5400					20,143	40,123	77,86			21,142	40,123	78,85		41,122		
5500						31,137	73,95				31,137	74,94		32,136		
5500						34,132	74,92				34,132	75,91		35,131		
5600						26,145	70,101				25,146	71,100		27,144		
5600						29,140	71,98				28,141	72,97		29,140		
5700						20,154	67,107				20,154	68,106		21,153		
5700						23,149	68,104				23,149	69,103		24,148		
5800							64,113					65,112		15,162		
5800							65,110					66,109		18,157		
5900							61,119					61,119		9,171		
5900							62,116					63,115		12,166		
6000							58,125					58,125		3,180		
6000							59,122					60,121		7,174		

注：第一栏“窑径”项内相同窑径的第一行为无缝材料时的配砖比，第二行为带1mm砖缝时的配砖比。表6中也是这样。

表 6 VDZ 型砖配砖表

砖型 窑径 (mm)	砖型											
	B218 : B618	B318 : B618	B418 : B618	B418 : B718	B220 : B620	B320 : B620	B420 : B620	B420 : B820	B222 : B622	B322 : B622	B422 : B622	B422 : B822
3300	56,81	89,48			72,64				88,47			
3300	57,78	91,44			73,61				89,44			
3400	53,88	84,57			69,72	111,30			86,54			
3400	54,86	87,53			71,68	113,26			87,51			
3500	50,96	80,66			66,79	106,39			83,61			
3500	52,92	82,62			68,75	108,35			84,58			
3600	47,103	76,74			64,85	102,47			80,69	128,21		
3600	49,99	78,70			65,82	104,43			81,65	130,16		
3700	45,110	72,83			61,93	98,56			77,76	124,29		
3700	46,107	74,79			62,90	100,52			79,72	126,25		
3800	42,117	67,92			58,100	93,65			74,83	119,38		
3800	43,114	69,88			60,96	95,61			76,79	121,34		
3900	39,124	63,100			56,107	89,74			72,90	115,47		
3900	41,120	65,96			57,103	91,69			73,86	117,42		
4000	37,131	58,110	146,22	154,13	53,114	84,83			69,97	110,56		
4000	38,128	61,105	152,14	157,8	54,111	87,78			71,93	113,51		
4100	34,138	54,118	135,37	149,22	50,121	80,91			66,104	106,64		
4100	35,135	56,114	141,29	152,17	51,118	82,87			68,100	108,60		
4200	31,146	50,127	124,53	144,31	47,129	76,100			64,111	102,73		
4200	32,142	52,122	130,44	147,26	49,124	78,96			65,107	104,68		
4300	28,153	45,136	113,68	139,40	44,136	71,109			61,118	97,82		
4300	30,149	48,131	119,60	142,34	46,132	74,104			62,115	100,77		
4400	25,160	41,144	102,83	134,48	42,143	67,118			58,126	93,91		
4400	27,156	43,140	108,75	137,43	43,139	69,113			60,121	95,86		
4500	23,167	36,154	91,99	129,57	39,150	62,127	156,33		55,133	88,100		
4500	24,163	39,148	97,90	132,52	40,126	65,121	162,24		57,128	91,94		
4600		32,162	80,114	124,66	36,157	58,135	145,48		52,140	84,108		
4600		35,157	87,105	127,61	38,153	61,130	152,39		54,136	87,103		
4700		28,171	69,130	119,75	34,164	54,144	134,64	158,37	50,147	80,117		
4700		30,166	76,120	122,70	35,160	56,139	141,54	161,32	51,143	82,112		
4800			58,145	114,84	31,171	49,153	123,79	153,46	47,154	75,126		
4800			65,135	116,79	32,167	52,147	130,69	157,40	49,149	78,120		
4900			47,160	109,93	28,179	45,162	112,95	148,55	44,162	71,135		
4900			54,151	111,88	30,174	48,156	119,85	152,49	46,157	74,129		
5000			36,176	103,102	25,186	40,171	101,110	143,64	42,168	66,144	166,44	
5000			43,166	107,96	27,181	43,165	108,100	146,58	43,164	69,138	173,34	
5100			25,191	98,111	22,193	36,179	90,125	138,73	39,175	62,152	155,59	178,34
5100			32,181	102,105	24,188	39,173	97,115	141,67	40,171	65,146	162,49	181,29
5200				93,120	20,200	32,188	79,141	133,82	36,183	58,161	144,75	173,43
5200				96,114	22,195	35,182	87,130	136,76	38,178	61,155	152,64	176,37
5300				88,129		27,197	68,156	128,90	33,190	53,170	133,90	168,52
5300				91,123		30,191	76,145	131,85	35,185	56,164	141,79	171,46
5400				83,138		23,205	57,171	122,100	31,197	49,179	122,106	163,61
5400				86,132		26,199	65,160	126,94	32,192	52,172	130,94	166,55
5500				78,147			46,187	117,109	28,204	44,188	111,121	158,70
5500				81,141			54,176	121,102	30,199	48,181	119,110	161,64
5600				72,156			35,202	112,118	25,211	40,196	100,136	152,79
5600				76,150			43,191	116,111	27,206	43,190	108,125	156,73
5700				67,165			24,218	107,127	22,219	36,205	89,152	147,88
5700				71,158			32,206	111,120	24,213	39,198	97,140	151,81
5800				62,174				102,136	19,226	31,214	78,167	142,97
5800				66,167				106,129	22,220	35,207	87,155	146,90
5900				57,183				97,144		27,223	67,183	137,106
5900				61,176				101,137		30,216	76,170	141,99
6000				52,192				92,153		23,231	56,198	132,115
6000				56,185				96,146		26,224	65,185	136,108

### 3 砌筑技术

#### 3.1 窑衬砌筑前回转窑的准备工作

砌筑窑衬前水泥厂的工作人员应做好下列准备:

- ① 必须检查铆接处及焊缝,必要时补焊或打磨。
- ② 窑体必须保持清洁(无盐迹或火泥迹)和干燥。必须排尽喷砂等松散颗粒。锈蚀的窑体部分必须打磨干净并烘干。

③ 挡砖圈必须与窑轴垂直,必要时加以调整。

④ 砌砖前所有机械维修工作必须完成(见第7章窑的维护)。

#### 3.2 砖型选择

碱性砖可选用VDZ型(B型)砖或ISO型( $\pi/3$ 型)砖,非碱性砖采用ISO型( $\pi/3$ 型)砖。

#### 3.3 砖的高度

衬里厚度一般即单砖高度应与窑径相应:

窑径(m)	建议砖的高度(mm)
<3.6	180
3.6~4.2	200
4.2~5.6	220
>5.6	250

#### 3.4 砌筑方法

砌筑方法必须满足下列总要求:

##### ① 安全

必须遵守安全规程,特别在采用支撑法、螺栓法和粘贴法的时候。

##### ② 砌筑质量

砌衬方法必须保证所砌的砖紧贴筒体以免其后发生松弛或扭曲。

##### ③ 适用的砌砖方法

##### 3.4.1 粘贴法

本法适用于所有直径的窑。每个砌筑段最长可达10m。在粘接带处窑体必须处于空白状态,且不存在任何残积物。取决于窑径、砖重、粘结剂性质和其余参数确定特定的粘贴方案(见图6)。砖的粘贴必须遵照这一方案。砌衬中要转动窑体,所以重要的是转动前砖已固着在窑体上。对粘结剂供应厂商提供的规程和安全注意事项必须仔细研究。

##### 3.4.2 支撑法

本法适用于直径4m以内的窑上。每个砌筑段最长可达5m。

砌筑程序(见图7、8和9):

① 砌筑窑的下半侧。

② 支撑窑撑(间距0.5~1m)。

③ 转动窑体。

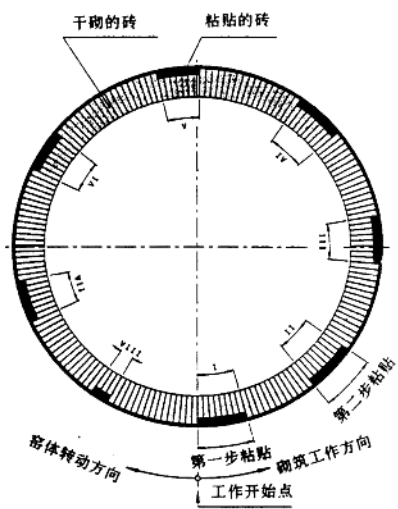


图 6 粘砌法砌衬

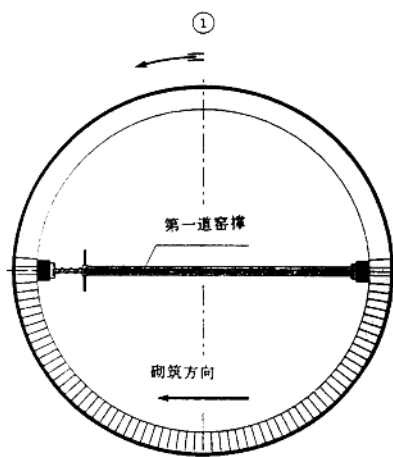


图 7 支撑法砌衬(一)

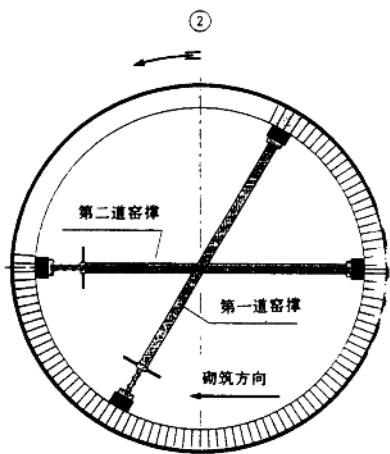


图 8 支撑法砌衬(二)

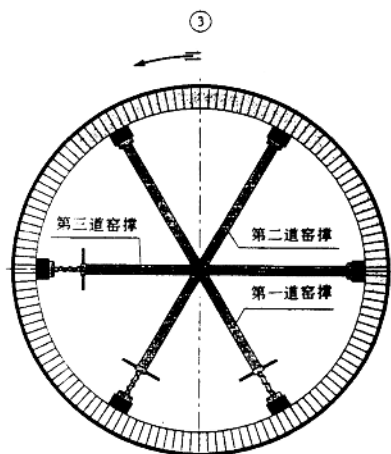


图 9 支撑法砌衬(三)

④ 砌筑窑体的第三个四分之一部位。

⑤ 支撑窑撑(见图 8)

⑥ 转动窑体。

⑦ 锁紧砖圈。

### 3.4.3 拱架法(图 10)

采用本法的优点是砌筑中不用转动窑体。

砌筑程序:

① 砌筑窑的下半侧。

② 在砌筑区段内安装拱架。

③ 砌筑窑的上半侧并锁紧砖圈。

重要注意点:

如一个砌筑段内砖圈数太多,由于一侧的应力将导致窑体变形。

## 3.5 具体砌砖

### 3.5.1 砌砖的开头

砖衬必须对准窑轴。为此开始砌砖前先按窑的中心线在窑体钢板上划好砌砖的基准线(见图 11)。

严格按照基准线砌下开头的几行砖(见图 12)。为精确地找准砖衬,有时可将窑体上的水平和垂直焊缝视作辅助基准线(见图 13)。

### 3.5.2 正确和错误的砌筑

按目前的砌筑工艺,耐火砖是环砌的。在规整的窑筒内正确砌筑的砖衬,径向联结轴线相交于窑的中心点(见图 13 和 14)。

只有采用两种标准型的砖才能砌成正确且紧凑的窑衬(图 14)。这两种砖型和他们在每圈砖衬中的配合比已在图 4 以及表 5 和 6 中指出。图 15 显示正确(图①和②)和错误(图③和④)砌筑的砖衬。

### 3.5.3 窑筒变形处的衬偿方法

图 16 显示窑筒钢板变形处砌砖的补偿方法。

必须注意的是所有的砖仍必须安全静置在窑体上。窑衬中心的联线仍与窑轴重合。在跨越焊缝砌砖时也要这样做到(图 17)。

### 3.5.4 砖环锁缝

必须用几块正常砖和锁砖来适当组合进行锁缝。

碱性砖衬和高铝砖衬的锁缝方法是不一样的:

#### ① 碱性砖衬

两砖间的缝内可采用钢板,每条缝内最多许用一块钢板(图 15①,②)。

#### ② 非碱性砖衬

铁与氧化铝将反应形成低熔点化合物,故不推荐用钢板锁缝,只有使用加工的砖。

### 3.5.5 其他建议

① 挡砖圈及砖之间只应使用一块钢板!

② 轮带区内不能改变砖种!

③ 加工锁砖不得小于原厚的一半!



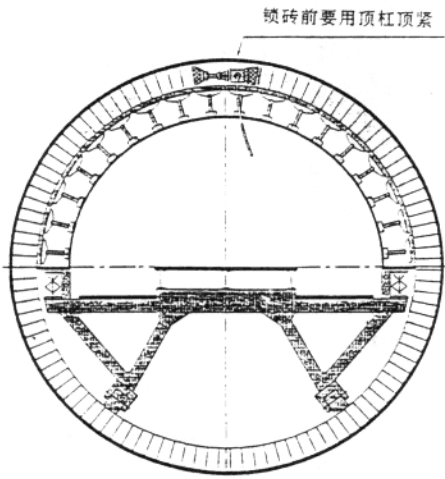


图 10 拱架法砌衬

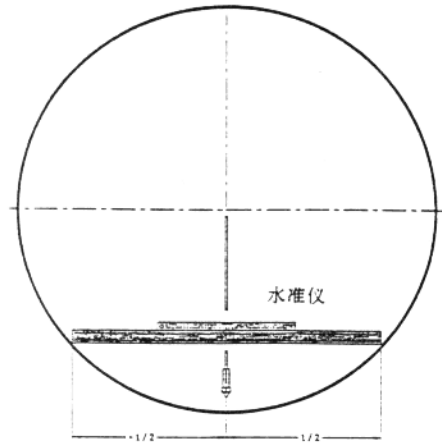


图 11 按窑的中心线在窑体上划出砌砖的基准线

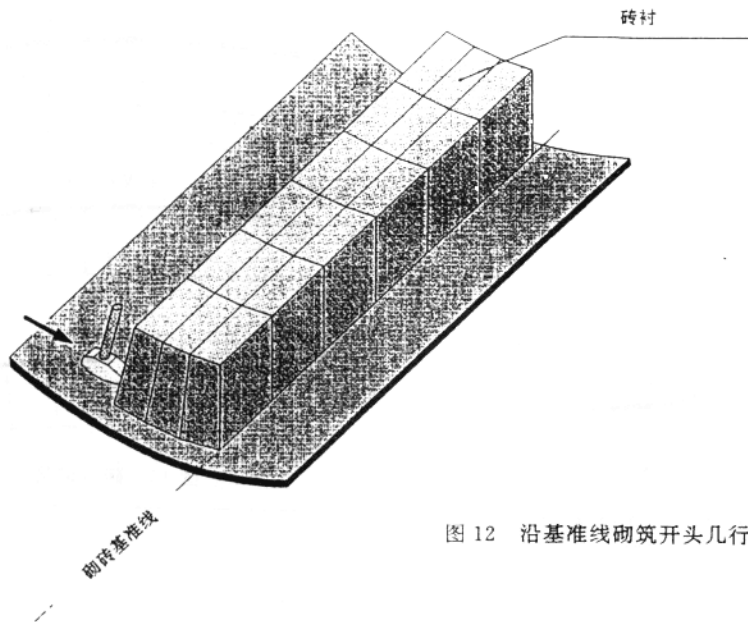


图 12 沿基准线砌筑开头几行砖