

引进装置设备技术资料

工 业 炉

~美国卅万吨合成氨引进装置~

上海化学工业设计院石油化工设备设计建设组

出版说明

石化、轻工等部于七十年代初引进了一些成套的大型化肥及石油化工装置。遵照伟大领袖毛主席关于：“独立自主，自力更生”、“洋为中用的教导，为使引进装置及其技术资料充分地为我所用，根据石化部石油化工规划设计院(75)石化设字第189号文中“引进装置设备技术资料汇编”的要求，我们组织了石化、一机系统的有关设计、制造、使用、学校、料研等三十多个单位分头对有关引进装置的设备技术资料进行了汇编工作。

本次汇编工作以装置为单位，分成美国卅万吨合成氨、日本卅万吨合成氨、法国卅万吨合成氨、四十八万吨尿素、催化剂以及北京石油化工总厂、上海石油化工总厂、四川维尼纶厂、辽阳化纤总厂中引进装置。汇编主要从设备设计角度出发，选择引进装置中对设计有用的、有特点的设备及另部件，对选材、结构设计、强度计算、制造、检验、安装、使用、维修等方面进行总结。汇编以图纸、资料为主，根据具体情况收集对外会谈，出国考察及现场施工、安装、验收等方面的资料。

这次汇编资料属第一阶段，以反映各装置的设备特点为主，综合对比分析工作留待第二阶段进行。毛主席指出要：“自力更生为主，争取外援为辅，破除迷信，独立自主地干工业、干农业，干技术革命和文化革命，打倒奴隶思想，埋葬教条主义，认真学习外国的好经验，也一定研究外国的坏经验——引以为戒，这就是我们的路线。”希望读者以战无不胜的毛泽东思想为指导，结合自己的实践经验对引进装置的有关技术资料批判地吸收。

由美国凯洛格公司引进的三十万吨合成氨装置设备部份的技术资料汇编工作由石化部化工设计院负责，石化部第六设计院、山西省化工设计院、大庆石油化工总厂设计院、辽宁省石油化工设计院参加。美国卅万吨合成氨装置设备的汇编共分八章。本册为其中的第二章——工业炉，主要介绍了以一段转化炉为主的工业炉结构、用材、设计计算、制造、安装、维修有关资料，亦涉及了开工加热炉的情况。其余各章另行印出，供有关部门参考之用。

上海化工设计院

石油化工设备设计建设组

1976年12月

第二章 工业炉（一段转化炉及开工加热炉）

目 录

第一节	概述	1
§1-1	一段炉的工艺特性及流程	1
一	工艺特性	1
二	工艺流程和设计参数	1
§1-2	炉型结构及其特点	4
一	炉型结构简介	4
二	炉型结构的主要特点	5
第二节	结构	6
§2-1	炉体钢结构	6
§2-2	炉墙衬里	6
一	绝热耐火砖十保温块炉墙	7
二	吊砖十绝热混凝土炉顶	7
三	绝热混凝土衬里炉墙	10
四	耐火砖烟道和桥壁	10
§2-3	炉管及其支承	13
一	辐射段炉管	13
二	对流段盘管	17
三	辅助锅炉盘管	18
§2-4	烧咀	19
§2-5	空气和烟气调节和分配装置	21
一	空气分配管	21
二	烟气分配板	21
三	辅锅烟气调节挡板	21
§2-6	人孔门和视孔	22
§2-7	引风机	22
§2-8	烟囱	25

§ 2-9	卸触媒装置.....	25
第三节	材料.....	26
§ 3-1	耐火、绝热材料.....	26
一	绝热耐火砖 (IFB)	26
二	耐火砖 (FB)	27
三	绝热、密封材料.....	27
四	陶瓷纤维和陶瓷毡.....	27
五	浇铸材料.....	32
§ 3-2	几种耐热钢的性能.....	36
一	HK-40 (Cr 25 Ni 20)	36
二	高级耐热合金 (SuPerthem)	37
三	INCOLOY 800 合金.....	38
第四节	设计及计算.....	42
§ 4-1	结构设计.....	42
一	炉子设计一般规定.....	42
二	钢制烟囱的设计.....	44
§ 4-2	转化管强度计算举例.....	45
§ 4-3	耐火墙表面温度和炉墙厚度计算举例.....	46
§ 4-4	传热计算公式.....	49
一	辐射段.....	49
二	对流段.....	51
§ 4-5	压力降计算.....	54
一	计算公式.....	54
二	转化气系统压力降计算举例.....	55
三	烟气系统压力降计算举例.....	59
第五节	制造和安装.....	73
§ 5-1	炉管及其连接管线的制造.....	73
一	Cr 25 Ni 20 转化管.....	73
二	Superfherm 上升管.....	78
三	辐射室盘管 (竖琴式管组) 的组装.....	78

四	对流段盘管, 辅锅炉管和炉外连接管线.....	83
五	铸造的炉管管件.....	86
§5-2	辐射段安装程序.....	93
§5-3	炉体衬里.....	97
一	矾土水泥, 陶粒、矽石绝热混凝土衬里.....	97
二	Kaolite 2200—Li 衬里.....	100
三	Kaolite 3300 衬里.....	101
四	输气总管和上升管锥段泡沫氧化铝衬里.....	101
第六节	维修.....	103
§6-1	操作注意事项.....	103
§6-2	操作时的维修.....	104
§6-3	停车时的检修.....	105
§6-4	弹簧的位置读数.....	106
§6-5	炉管的更换.....	109
§6-6	维修时辐射段炉管的现场焊接.....	109
第七节	开工加热炉.....	111
第八节	输气管线.....	114
	参考资料目录.....	117

第八章	特殊设备.....	119
-----	-----------	-----

第一节 概述

§1-1 一段炉的工艺特性及流程

一、工艺特性：

在合成氨工厂中，一段转化炉在工艺过程中的主要作用，是将原料气（天然气）、里的烃（主要是甲烷）与水蒸汽反应转化成氢气和一氧化碳主要反应方程如下：



该反应在转化管触煤床中进行，反应热由顶部烧咀燃烧供给。其操作条件及影响因素有：

1. 操作温度：对于吸热反应，提高温度，使反应速度加快，降低出口气中 CO_2 及甲烷的含量。实际上受炉管材质高温强度的限制，操作时入口温度 510°C ，出口温度 823°C 左右，炉壁最高温度达 899°C 。

2. 操作压力：反应后的体积虽然增加，但从整个装置的经济性出发，操作压力维持在 $30 \sim 35 \text{ kg/cm}^2$ 。

3. 汽碳比（ $\text{H}_2\text{O}/\text{C}$ ）：为防止结碳并促进反应向右进行，必须加入过量的水蒸汽但蒸汽过多会在低变炉入口引起冷凝，所以要经常把一段炉入口的汽碳比维持在 $3.5:1.0$ 左右。

4. 空速：空速主要受触煤活性及炉管平均传热强度限制，在此空速取 $1800 \text{ HM}^3 \text{原料气}/\text{M}^3 \text{触煤小时}$ 。

5. 原料气含硫量：为了防止硫对镍触煤中毒，要求原料气含硫量不大于 0.5 PPM 。

6. 转化管平均传热强度：提高转化管平均传热强度是强化一段炉的主要手段，但受到炉管材质、炉型结构及触煤性能的限制，本设计平均热强度为 $47920 \text{ 仟卡}/\text{米}^2 \cdot \text{时}$ 。

二、工艺流程和设计参数

由原料气压缩机送来的原料气先经对流段原料气予热盘管，从 45°C 予热到 427°C ，然后去钴钼加氢转化器和氧化锌脱硫槽脱去有机硫和无机硫。ZnO脱硫槽出口原料气温度 371°C ，与汽包来的 316°C 工艺蒸汽混合，再进入混合原料气盘管从 330°C 被加热到 510°C ，进入一段炉上集气管，经猪尾管分配到378根并联的转化

管里去，在转化管里从上向下流过触媒床，在触媒的作用下进行吸热转化反应，反应后出转化管的气体温度为 823°C ，甲烷含量从入口的 96%（分子）降到出口的 9.7%（分子）左右。

反应后的转化气汇集到下集气管。下集气管外表面保温，转化气基本上不受热。然后从每排转化管中央的上升管，穿过炉膛上升到炉顶，汇集到输气总管里去。转化气在上升管里被加热到 856°C 。输气总管将转化气输送到二段转化炉。在二段炉中，将甲烷进一步转化到 0.33%（分子）左右。

辐射段顶部烧咀在转化管排之间垂直向下燃烧，火焰端部温度达到 1250°C 以上。火焰及烟气从上向下流动的同时，向转化管和上升管辐射传热，温度逐渐降低。然后从炉床上十条烟道侧壁上的孔进入烟道。每条烟道端部有一个辅助烧咀沿着烟道水平燃烧，以补充对流段热量的不足。从辐射段进入烟道的烟气与辅助烧咀燃烧的烟气混合，并沿着烟道流进过渡段，再流到对流段。

进入对流段的烟气，先由下向上依次经过 5#、6# 墙对流室里的原料气蒸汽予热盘管、蒸汽空气予热盘管、蒸汽过热器（高温段）盘管，到达对流室顶部；同时辅助锅炉的烟气也从烟道送到这里，并过一层烟气分配板均匀混合到辐射段来的烟气中去。混合烟气再经过一层分配板向下流经 7#、8# 墙对流室里的蒸汽过热器（低温段）盘管、原料气予热盘管、锅炉给水予热盘管和燃料气予热盘管。最后进入蒸汽透平驱动的引风机，抽到烟囱放空，烟气放空温度 252°C 。

为防止炉管过热，原料气蒸汽予热盘管与烟气并流换热，其余盘管从传热考虑均为逆流。参见图 2-1-1。

辐射段、对流段和辅助锅炉各组盘管的工艺参数及设计数据见表 2-1-1。燃料特性及燃烧设计条件见表 2-1-2~3

表 2-1-1 工艺数据

管 组		辐射段 转化管	保护段	对 流 段				辅 助 锅 炉				
			混合原料气 予热器	蒸汽空气 予热器	蒸汽过热器	原料气 予热器	锅炉给水 予热器	燃料天然气 予热器	辐射段 A + B	保护段 C	对流段 D	对流段 E
			光管	光管	光管	翅片管	翅片管	翅片管	翅片管	光管	光管	D 光管
物 料		烃+蒸汽	烃+蒸汽	蒸汽+空气	蒸 汽	烃	软水	烃	水 + 蒸汽			
热负荷	MMBTU/小时	250.88	45.09	15.78	119.7	17.14	56.4	3.36				
	(MM 千卡/小时)	(63.22)	(11.36)	(3.98)	(30.16)	(4.32)	(14.21)	(0.85)				
流量	磅/小时	224,899	224,899	114,434	560,284	46,388	477,034	22,184	蒸汽总产量196900lb/hr(89300kg/hr)			
	(kg/小时)	(102,009)	(102,009)	(51,906)	(254,142)	(21,041)	(216,381)	(10,063)				
设计压力降	psi G	73 <2>	6.7	5	42	21	30	7.8				
	(kg/cm ² G)	(5.13)	(0.47)	(0.35)	(3.0)	(1.47)	(2.10)	(0.55)				
平均热强度	BTU/小时呎 ²	17668	18495	12966	3479	916	694	917	14500	21900	13350	5000
	(千卡/小时·米 ²)	(47920)	(50163)	(35167)	(9346)	(2484)	(1882)	(2487)	(39300)	(59400)	(36200)	(13600)
流速	磅/呎 ² ·秒		58.9	65.7	121.6	69.2	404.3	33.1	—— 自 然 循 环 ——			
	(kg/米 ² ·秒)		(288)	(321)	(598.7)	(337.9)	(1974)	(161.6)				
入口 参 数	温度 °F	950	626	399	597	283	431	77	597			
	(°C)	(510)	(330)	(204)	(314)	(139)	(222)	(25)	(314)			
	压力 PSiG	513	521.7	455	1500	598	1580	39	1500			
	(kg/cm ² ·G)	(36.06)	(36.68)	(31.99)	(105.5)	(42.04)	(111.1)	(2.74)	(105.5)			
	分子量	17.9	17.9	27.1	18	18.06		18.4				
	温度 °F	1573<1>	950	900	825	800	532	325	597			
出口 参 数	(°C)	(856)	(510)	(482)	(441)	(427)	(278)	(163)	(314)			
	压力 PSiG	440<4>	515	450	1458	577	1550	31.2	1500			
	(kg/cm ² ·G)	(30.93)	(36.21)	(31.64)	(102.5)	(40.57)	(109)	(2.19)	(105.5)			
	分子量	13.7	17.9	27.1	18	18.06		18.6				

注：<1> 触媒管出口 1513°F (823°C)，上升管出口 1573°F (856°C)

<2> 用 5/8" × 3/8" × 1/4" (15.9 × 9.5 × 6.4 mm) 环状触媒或下部为 5/8" × 3/8" × 1/4" (15.9 × 9.5 × 6.4 mm) 上部为 5/8" × 1/4" × 1/4" (15.9 × 6.4 × 6.4 mm) 的环状触媒

<3> 触媒总体积 V = 15.3m³ (540 ft³)

<4> 为二段炉进口压力

<5> 每炉总热负荷 (被吸收的) 617.45MM BTU/小时 (155.6MM 千卡/小时)

表 2-1-2 燃料气特性

烧咀	顶部烧咀	烟道烧咀	辅助锅炉烧咀
燃料种类	天然气	天然气 十吹除气	天然气
低热值 BTU/ft ³ 在 60°F 时 (Kcal/m ³ 在 0°C 时)	967.1 (9096)	670 (6320)	967.1 (9096)
比重 (空气 = 1)	0.63	0.52	0.63
入口温度 °F (°C)	325 (163)	221 (105)	77 (25)
入口压力 lb/in ² G (最大值) (kg/cm ² ·G)		25 (1.76)	25 (1.76)
含硫量 (最大值) PPM (以 重量计)	89		89

表 2-1-3 燃烧设计条件

燃料种类	天然气
过剩空气率 %	15
计算热效率 (低热值) %	86.5
辐射热损失 %	2.0
烟道气温度 离开辐射段 °F (°C)	1925 (1025)
离开对流段 °F (°C)	485 (252)
顶部烧咀抽力吋 (mm) H ₂ O	0.2 (5.08)
周围大气温度 °F (°C)	82 (28)
海拔高度 呎 (m)	700 (213)
计算放热量 MMBTU/小时 (MM千卡/小时)	713.8 (179.9)

§1-2 炉型结构及其特点。

一、炉型结构简介

凯洛格一段蒸汽转化炉是一座大型组合式管式炉，它由辐射段、对流段、辅助锅炉和共用的通风系统组成。(见图 2-1-2)。

辐射段为顶部大烧咀、下烟道、竖管双面辐射型。室内有9排转化管，每排42根。上升管在中间，二边对称排列21根转化管，都焊在一根水平的下集气管上，共378根转化管、9根上升管和9根下集气管。在炉顶上，每排转化管配置一根原料气进口集气管，每根转化管通过一根猪尾管与该排的进口集气管相连。（见图2-1-3）。

辐射段顶部配置10排烧咀，与转化管排间隔排列，每排20个，共有200个烧咀。正对着烧咀的排列中心线，在炉床上有10条耐火砖砌的烟道，烟道侧壁上砌出烟气孔，下集气管就位于相邻烟道之间。

对流段由5#、6#墙及7#、8#墙之间分别构成二个室，呈门字形结构，门字形对流段顶部有一个烟道与辅锅相通，烟道的下面134'-4 $\frac{1}{4}$ "标高上有一个孔板式不锈钢烟气分配板。7#、8#墙之间对流室上部128'-2"标高上有一个栅栏式不锈钢烟气分配板。5#、6#墙之间对流室炉床上有一排耐火砖砌的挡火墙。

5#、6#墙之间对流室里从下向上配置了三组盘管：原料气—蒸汽予热盘管、蒸汽—空气予热盘管和蒸汽过热器（高温段）盘管。后二组盘管之间有一排（12个）不锈钢空气管，每个空气管都有一个手动风门。7#、8#墙之间对流室里从上向下配置了四组盘管：蒸汽过热器（低温段）盘管、原料气予热盘管、锅炉给水予热盘管和燃料气予热盘管。全部盘管呈三角形排列。除原料气—蒸汽予热盘管和蒸汽—空气予热盘管以外，大部分炉管采用了螺旋齿形翅片管，参见表2-1-4。对流段结构见图2-1-4~5。表2-1-4见配件第8页

辅助锅炉是一个大烧咀水平燃烧、上烟道、立管、辐射对流型管式加热炉。见图2-1-6。五个烧咀配置在辐射室前端墙上，二侧壁配置A、B两组盘管，如同锅炉的水冷壁，一根出口上集合管在拱中央，二根入口下集合管分别在炉壁二侧，构成门字形，后端墙有一组屏散管（盘管C），对流室有二组盘管D和E。全部盘管立式配置，并联，共用一个汽包。

各段盘管的设计数据列于表2-1-4。

二、炉型结构的主要特点

凯洛格一段炉主要的特点如下：

<1> 辐射段成箱型，可以增减炉管排数以设计成不同热负荷的炉子。

<2> 顶部烧咀、下烟道、强制通风，对流段布置紧凑，总热效率高。

<3> 单排竖管双面辐射，炉管圆周方向管壁温度较均匀。

<4> 辅助锅炉和辐射段，对流段共用一个引风系统，较为经济。

<5> 转化管、上升管和集气管构成的“竖琴”式管组受力复杂，安装、调整困难。

<6> 无下猪尾管，一旦378根转化管中的任何一根损坏，都要全部停产检修。

第二节 结构

§2-1 炉体钢结构

炉体钢结构材料均为碳钢。在结构上主要的特点是采用装配式。炉壁、桁架、对流段和辅锅炉顶等都设计成大型装配件，在制造厂制造，运到现场用螺栓组装。

装配件的大小和数量根据炉体各部分结构及运输起重条件确定。

采用装配式结构，不仅减少了现场施工的工作量，还加快了制造和安装的速度。

炉体钢结构不仅要承受风及地震等外载荷，还要承受炉墙挂砖、炉顶吊砖、炉管、输气总管、工艺管线、烧咀、人孔门等及炉体钢结构本身的重力荷载。辐射段除了四面炉墙上的绝热耐火砖和保温块的重量通过托砖板传递到炉壁上以外，全部炉管、输气总管、炉顶吊砖、顶部烧咀等的重量几乎都是直接作用在炉顶上。

§2-2 炉墙衬里

由于炉墙外壁设计温度为 250°F (121°C)，比国内通常使用的 60°C 高得多，所以相对来说炉墙衬里比较薄，这样不但使得炉墙结构简单，同时减轻了整个炉子重量，使整个炉体钢结构轻便得多。但热损失相对增大了。

根据烟气温度及炉墙部位的不同，采用了不同的炉墙衬里，各部位炉墙结构示于图2-2-1和表2-2-1。从结构上来说，炉墙衬里基本上可以分为以下几种：<1>绝热耐火砖+矿棉纤维保温块；<2>轻质绝热混凝土；<3>吊砖+绝热混凝土；<4>耐火砖烟道及桥壁。

一、绝热耐火砖十矿棉纤维保温块炉墙

辐射段底及四壁侧墙、轴锅烧咀端墙和侧墙前端部分，与高温火焰、烟气直接接触，壁表面温度较高，均采用了一层绝热耐火砖十层保温块的结构。

辐射段侧墙是 $4\frac{1}{2}$ " 厚绝热耐火砖十 2" 厚保温块。详细结构见图 2-2-2、图 2-2-3、图 2-2-4。

轴锅的烧咀端墙和二侧墙前端的结构与辐射段近似，绝热耐火砖为 2600°F 级，厚 9"，保温块厚亦为 2"。端墙和侧墙总高约 $36-8\frac{3}{4}$ "，在不同高度上设置了三条托砖板，相应有三条 $\frac{1}{2}$ " 宽的水平方向膨胀缝，墙顶端与炉顶吊砖之间有一条 $\frac{3}{4}$ " 宽的水平缝，端墙宽只有 10'，故只在二端设置了垂直方向的膨胀缝。膨胀缝里都填塞陶瓷毡 (Cerafelt)。

辐射段炉底也是 $4\frac{1}{2}$ " 绝热耐火砖十 $2\frac{1}{2}$ " 保温块的结构，参见图 2-2-11。

二、吊砖十绝热混凝土的炉顶

辐射段和轴锅炉顶采用了吊砖十绝热混凝土的结构。

辐射段炉顶吊砖共有 18 种优质异型耐火砖，除了 1236 块 H 型砖吊挂在吊砖架上以外，其余 17 种异型砖互相迭放，并被 H 型砖悬挂起来，构成一个平面炉顶，各种异型砖的平面布置及详细尺寸，示于图 2-2-5。

吊砖架挂在横杆 ($\phi 1\frac{1}{2}$ " 管) 上，横杆用 U 形螺栓固定到角钢上，角钢焊在炉顶横梁上。参见图 2-2-6。

炉顶异型砖从炉中心 (第五排上升管) 向四面铺砌。图 2-2-5 中示出各砖之间的最小膨胀缝，实际膨胀缝按 $\frac{1}{4}$ " 砌筑，最大为 $\frac{1}{2}$ "。

直缝全打灰浆，要求缝宽 $\frac{1}{16}$ " ~ $\frac{1}{8}$ "，最大不超过 $\frac{3}{8}$ "。

砖 A、B、L、K 之间的搭接缝不要灰浆，砖 F、J、C 之间的搭接缝一端有灰浆，另一端为膨胀缝。其余的搭接缝，搭接面用薄的灰浆找平。

烧咀砖 A 与周围耐火砖之间无间隙，砌筑时，要求烧咀砖垂直，

表 2-2-1 炉墙和衬里一览表

图中 代号	位置	名 称	热面砌筑			衬 里			拉砖钩或 保温钉型式
			材 料	温度等级	厚度(吋)	材 料	温度等级	厚度(吋)	
L1	辐 射 段	拱	吊砖		4 1/2"	矿渣棉水泥		2"	H ₁
L2		端墙及侧墙	绝热耐火砖	2300°F	"	保温块	1600°F	2"	
L3		底	"	"	"	"	"	2"	
L4		烟道盖板	MIZZOU		6"	/			
L5		烟道侧墙	优质耐火砖		4 1/2"	/			
L6		烟道底	"		2 1/2"	/			
L7		桥壁	"		4 1/2"	/			
L8	过渡段	拱	A-PGREEN 20#	2000°F	6"	/			V ₆ +
L9	过渡段及	墙	"	"	3"	保温块	1600°F	3"	波纹 Y ₂
L10	对流段	底	"	"	3"	"	"	3"	Y ₂
L11	对 流 段	挡墙	优质耐火砖		9"	/			V ₃ V ₂ V ₂ + 波纹 波纹 V ₂ 波纹 "
L12		墙	绝热混凝土	1900°F	5 1/4"	/			
L13		墙	"	"	4 1/2"	/			
L14		拱	"	"	"	/			
L15		烟道	"	"	"	/			
L16		到风机的烟道	"	"	1"	/			
L17		联箱	"	"	2"	/			
L18	轴 助	拱	吊砖	2600°F	4 1/2"	绝热混凝土		2"	H ₁
L19		烧咀墙	绝热砖	2600°F	9"	空气层		1 1/2"	
L20		底	耐火砖		2 1/2"	保温块	1600°F	2"	
			绝热砖	2600°F	2 1/2"	保温块	1600°F	2"	
			绝热砖	2600°F	2 1/2"				
			绝热砖	2300°F	2 1/2"				
			绝热砖	2300°F	2 1/2"	保温块	1600°F	2"	
L21	锅 炉	烟道底	绝热砖	2300°F	2 1/2"	保温块	1600°F	2"	V ₃ + 波纹 H ₁ V ₂ V ₂ + 波纹 V ₂ 波纹
L22		烟道墙	绝热耐火砖	2600°F	2 1/2 + 2 1/2"	/			
L23		烟道顶	绝热混凝土	1900°F	6 1/2"	/			
L24		端墙和侧墙	A-PGREEN 20#	2000°F	6 1/2"	/			
L25		侧墙	绝热耐火砖	2600°F	4 1/2"	保温块	1600°F	2"	
L26		端管板支承	绝热混凝土	1900°F	6 1/2"	/			
L27		到对流室烟道墙	"	"	4 1/2"	/			
L28		到对流室烟道拱	"	"	"	/			V ₂ V ₂ + 波纹 V ₂ 波纹
L29		到对流室烟道底	"	"	"	/			
L30		联箱	"	"	2"	/			
L31		盘管 A 和 B 集管保温	A-PGREEN	97 L	3"	/			
L32		盘管 C 集管保温	"	"	2"	/			
L33		挡墙	优质耐火砖		9"	/			

由此与周围耐火砖之间产生的间隙，可以不作任何处理。

对于这种具有多列孔的炉顶，设计时除了考虑膨胀量以外，在多孔之间还要考虑土 $1/4$ " 的安装调节裕量。〔30〕

辅锅炉顶吊砖的典型结构示于图 2-2-7，厚 $4\frac{1}{2}$ " 的吊砖 A 及 B 被悬挂在 Cr25Ni 合金吊砖架上。

吊砖上浇注了一层 2" 厚的绝热混凝土，绝热混凝土和炉顶钢板之间有一层 $1\frac{1}{2}$ " 厚的空气隔热层。

三 绝热混凝土衬里炉墙

除了拱顶及与火焰直接接触的辐射段侧墙，辅锅烧咀端墙等高温炉墙以外，均采用了绝热混凝土衬里炉墙。根据炉墙表面温度不同，采用了 Kaolite 2000# 和 kaolite 2200 # 二种高岭土，分别与陶粒、蛭石按比例混合，用于不同的部位。前者的混合物用于温度较低处，后者用于温度较高处。

根据炉墙衬里厚度的不同采用了不同型式和规格的保温钉及波纹状铁丝网，保温钉有 Y 型和 V 型二种，其规格尺寸列于表 2-2-2~3。Y 型保温钉用于绝热混凝土+保温块双层衬里，参见图 2-2-8，Y 型保温钉按图示尺寸用 18-8 型焊条焊到炉壁钢板上，再安装保温块，然后在 50% 的保温钉上安自锁垫片，并将 Y 型保温钉弯成夹角 60° 的叉型，最后浇绝热混凝土。V 型保温钉只用于单层绝热混凝土，过渡段顶部衬里用 V 型保温钉和波纹状丝网。V 型保温钉衬里示于图 2-2-9。单一的波纹状铁丝网衬里只用于低温的烟道，见图 2-2-10。

四 耐火砖烟道和桥壁

辐射段烟道盖板 (L_6)、烟道侧墙 (L_7)、烟道底 (L_8)、桥壁 (L_9) 及辅锅挡火墙 (L_{10}) 直接与高温火焰接触或受高温烟气流的冲刷，这些部位的材料不但要求耐高温，而且要求足够的高温机械强度，所以采用了含 40% Al_2O_3 和 50% SiO_2 左右的优质耐火砖。

辐射段烟道结构示于图 2-2-11。

烟道共有 10 条，下集气管就位于相邻两条烟道之间。烟道侧墙上砌出烟气分布孔，中间 8 条烟道的每个侧墙上 88 个孔，邻接 1#

表 2-2-2 Y 型保温钉规格

标 记	“A”	“B”	材 料
Y-1	2 1/4" (57)	2" (50)	18-8 TP304
Y-2	3 1/4" (82)	2" (50)	18-8 TP304
Y-3	2 1/4" (57)	3" (75)	18-8 TP304
Y-4	3 1/4" (82)	3" (75)	18-8 TP304
Y-5	2 1/4" (57)	4" (100)	18-8 TP304
Y-6	3 1/4" (82)	4" (100)	18-8 TP304
Y-7	2 1/4" (67)	5" (125)	18-8 TP304
Y-8	3 1/4" (82)	5" (125)	18-8 TP304

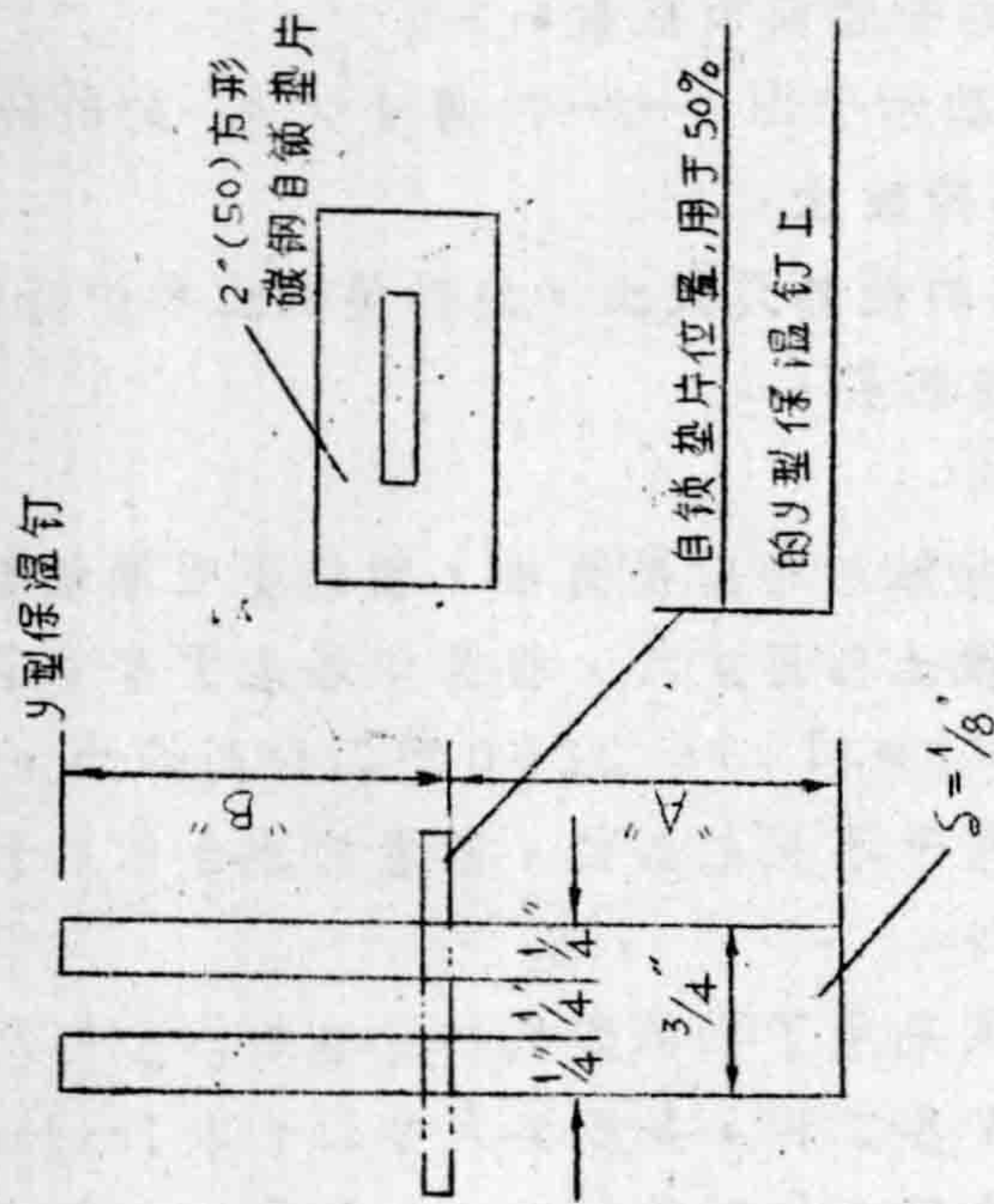


表 2-2-3 V 型保温钉规格

标 记	"A"	"B"	材 料
V-1	2 1/4" (57)	3/16" $\varnothing$ (5)	18-8 TP 304
V-2	3" (75)	3/16" $\varnothing$ (5)	18.8 TP 304
V-3	3 1/2" (88)	3/16" $\varnothing$ (5)	18.8 TP 304
V-4	4" (100)	3/16" $\varnothing$ (5)	18.8 TP 304
V-5	4 1/2" (112)	1/4" $\varnothing$ (6)	18.8 TP 304
V-6	5" (125)	1/4" $\varnothing$ (6)	18.8 TP 304
V-7	5 1/2" (138)	1/4" $\varnothing$ (6)	18.8 TP 304
V-8	6" (150)	1/4" $\varnothing$ (6)	18.8 TP 304

