

引进装置设备技术参考资料

# 塔 与 零 部 件

~日本三十万吨合成氨引进装置~

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、科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、有特点的设备及零部件，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。

由日本东洋工程公司引进三十万吨合成氨装置设备技术资料汇编共分：概况与材料；工业炉；废锅、反应器、过滤器、消声器；球缶与换热器；高压设备；塔与零部件六个分册。分别对转化炉、加热炉、工艺气体和烟气废热锅炉、反应器、典型容器和过滤器、消声器、氨球、中低压换热器、氨合成塔、氨分离器、CO<sub>2</sub>吸收和再生塔，以及主要材料和标准零部件做了扼要介绍，并附有装配和主要结构图。参加汇编的单位有四川省化工第一设计院、上海市化工局设计室、华东石油学院、东方锅炉厂、四川化工厂、四川化机厂、兰化公司设计院、山东胜利石油化工总厂设计院。由于资料收集不全，编写人员水平有限，本汇编不免有错误之处，希同志们及时予以指正。在汇编过程中承蒙有关化工生产厂及安装单位热情予以支持和帮助，特此致谢。

上海化工设计院石油化工设备设计建设组

1977年 4月

第六章

塔

# 第六章 塔 器

## 目 录

一	概述.....	1
1.	在工艺生产中的作用.....	1
2.	塔的造型.....	2
3.	材料的选用.....	5
4.	结构特点.....	7
二	设计规范及设计参数.....	8
三	总装图.....	9
1.	CO <sub>2</sub> 吸收塔总装图.....	9
2.	CO <sub>2</sub> 再生塔总装图.....	9
四	CO <sub>2</sub> 吸收塔及再生塔零部件结构.....	9
1.	塔内件结构.....	9
2.	典型衬里接管结构.....	12
3.	吊耳.....	12
五	CO <sub>2</sub> 吸收塔强度计算.....	13
1.	设计数据.....	13
2.	筒体厚度.....	13
3.	封头计算.....	14
4.	大直径接管衬套(20")的外压校核.....	14
5.	塔体弯矩校核(充水).....	14
6.	裙座厚度计算.....	24
7.	地脚螺栓.....	24
8.	底座.....	24
9.	吊装时吊耳及裙座底板计算.....	24
10.	消音器支架的强度计算.....	31
六	安装.....	36
1.	中间裙座现场焊接.....	36

2.	塔体吊装.....	37
3.	压力试验.....	37
4.	喷砂除锈.....	37
5.	安装内件.....	37
七	制造和安装.....	38
1.	制造公差.....	39
2.	安装要求.....	41

## 第六章 塔

### 一、概述：

本章仅就由日本东洋工程公司 (TEC) 引进的年产 30 万吨合成氨装置中二氧化碳吸收塔及二氧化碳再生塔简单介绍如下；

#### 1. 在工艺生产中的作用：

本装置脱碳过程是采用苯非尔溶液为吸收剂的两段吸收和两段再生流程 (见图 6-1)，吸收及再生过程是可逆反应，反应方程式如下：

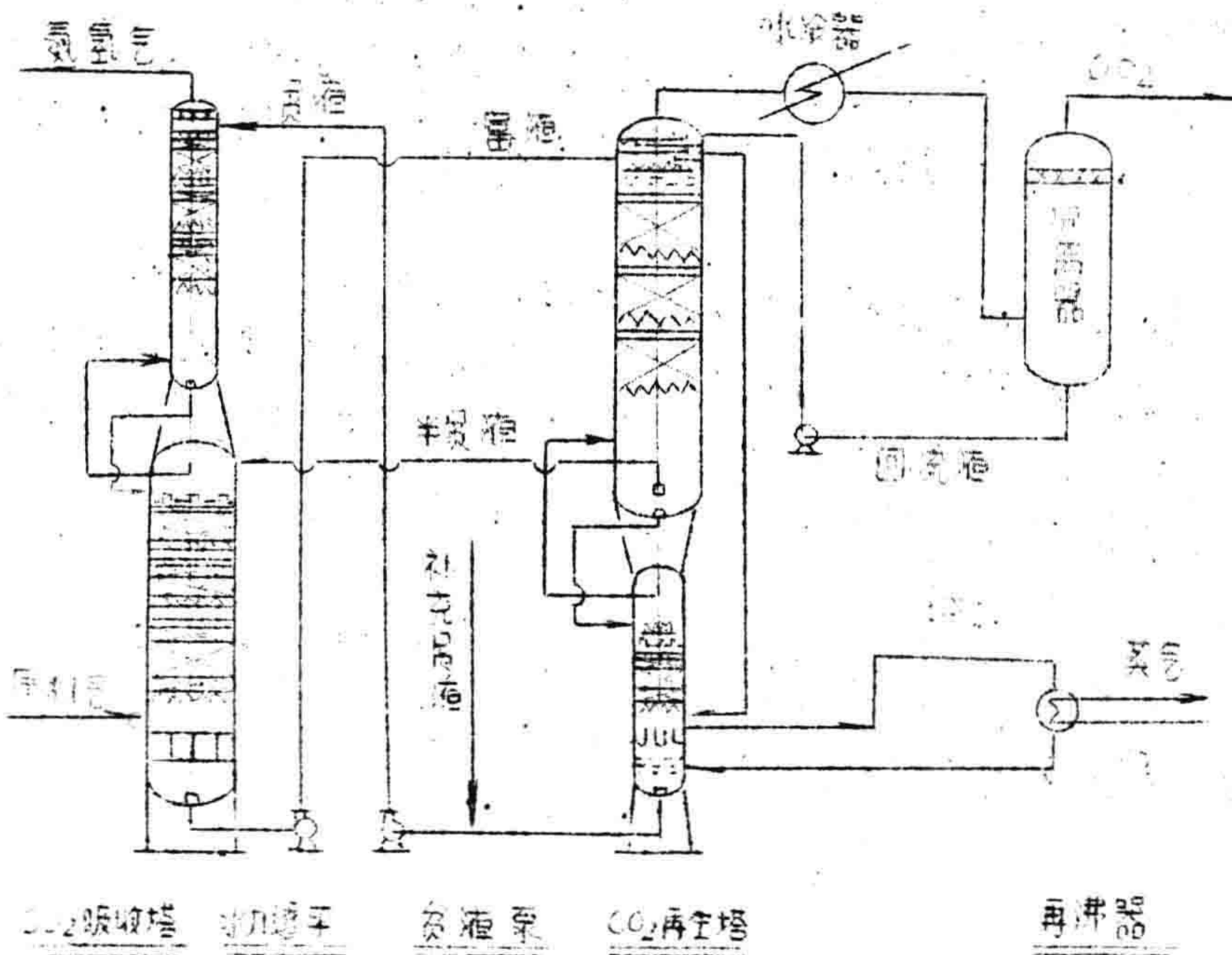
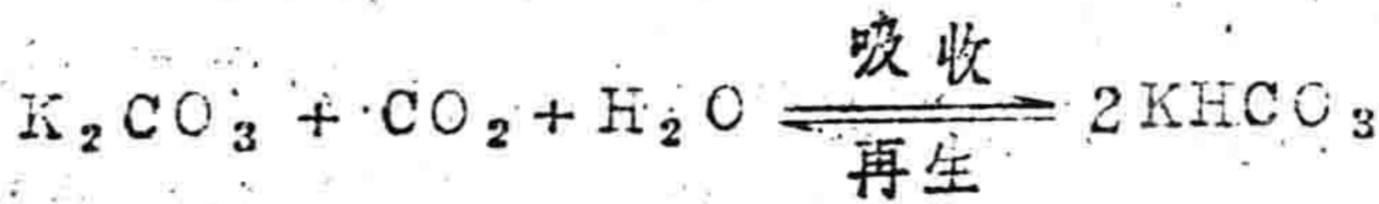


图 6-1 脱碳流程简图

原料气经变换后，含有17.3%  $\text{CO}_2$ 在温度82℃及压力27.5  $\text{kg}/\text{cm}^2$ 的条件下，进入吸收塔第一吸收段（下塔），与半贫液经三层填料逆流接触， $\text{CO}_2$ 大部分被吸收。原料气中 $\text{CO}_2$ 含量只有0.9%左右，在96.7℃再进入第二吸收段，与70℃贫液在三层填料中逆流接触，进一步吸收残余 $\text{CO}_2$ ，经两段吸收，使原料气中 $\text{CO}_2 < 0.1\%$ 以下，经塔顶金属丝网除雾器除去雾滴，原料气得到净化送至甲烷化工序。

苯非尔溶液经过两段吸收到塔底，得到饱和 $\text{CO}_2$ 的苯非尔溶液，称之为富液，温度为117℃，经水力透平后，减压至1.8  $\text{kg}/\text{cm}^2$ ，分两路进两台完全一样的再生塔，从塔顶三层筛板塔盘下进入再生塔顶溢流槽及分布板，经三层填料逆流接触，蒸汽汽提后，富液中大量 $\text{CO}_2$ 逸出，得到温度114℃的半贫液进入上塔釜。从中抽出85%半贫液送到吸收塔下塔顶（第一吸收段）作为吸收剂。其余的15%半贫液至下塔进入第二再生段，通过分布板进填料层，经蒸汽汽提，得到温度为122℃，压力为1.79  $\text{kg}/\text{cm}^2$ 绝压的再生贫液，进入塔釜。再生塔再沸器的热源是低温变换淬冷后的气体中蒸汽冷凝热，不足部分可直接通入3.5  $\text{kg}/\text{cm}^2$ 低压蒸汽补充。再生塔底出来的贫液经换热至70℃后，由贫液泵加压力送至吸收塔顶作为吸收剂。不足部分，可由苯非尔溶液配制系统给予补充。

富液经汽提分解出来的 $\text{CO}_2$ ，由下塔至上塔，直到顶部三层筛板塔盘，用回流液洗涤气体中的苯非尔雾滴，使其冷凝回收。 $\text{CO}_2$ 经过气体分离、水洗去尿素厂做为原料，分离后的溶液回流，以建立系统平衡。

由此可知，吸收塔的作用是将原料气中 $\text{CO}_2$ 组分通过苯非尔吸收剂，全部吸收下来，故原料气得到分离和清净。为建立系统平衡，将饱和含有 $\text{CO}_2$ 的富液通过再生塔把 $\text{CO}_2$ 和苯非尔溶液再分开。这就是 $\text{CO}_2$ 吸收塔及 $\text{CO}_2$ 再生塔在脱碳中的作用。

## 2. 塔的选型：

(1) 选型：吸收塔及再生塔仍然采用老式填料塔型。这种塔型虽然在生产能力上不及新型板式塔等，但是由于板式塔中气液是鼓泡地



通过液层，因而易产生泡沫，造成液泛。所以对易起泡的脱 $\text{CO}_2$ 溶液为稳定操作起见，目前大型合成氨厂的吸收塔和再生塔多采用填料塔。

由于采用了两段吸收及两段再生的工艺流程，对吸收来讲，上段的气量小，液量也小，而吸收过程的有利条件是在接近液泛条件下操作。因此上塔选用较小直径。同理，对于再生塔其上部气量及液量都比较大，就采用了上大下小的塔型。不过当要求再生彻底，由于塔底产生大量蒸汽，如果再生塔的下部设计的过细，则此部位可能产生拦液。因此，有的厂也采用一样直径的塔型。如我国15万吨/年合成氨通用设计及美国凯洛格公司为我国提供的八套合成氨装置中的再生塔，也是上下一样直径的塔型。

(2) 填料： $\text{CO}_2$ 吸收塔及再生塔均采用鲍尔环填料。填料在塔内的分布情况见表6-1：

表 6 - 1 填料在塔内分布情况

项 目		塔 别 部 位	CO <sub>2</sub> 吸 收 塔		CO <sub>2</sub> 再 生 塔	
			上 塔	下 塔	上 塔	下 塔
塔 内 径 (mm)			∅2300	∅3500	∅3100	∅2700
填 料 型 式			1½" 鲍尔环	2" 鲍尔环	2" 鲍尔环	1½" 鲍尔环
堆 积 比 重 (kg/m <sup>3</sup> )			417	385	72	417
填 充 量 (m <sup>3</sup> )			60.5	192	156	36
填 料 层 数 (层)			3	3	3	1
每层填料高度及高径比	第一层	填料高度 (mm)	300+4550 =4850		6900	
		高 径 比 (H/D*)	2.11		2.23	
	第二层	填料高度 (mm)	300+4550 =4850		6900	
		高 径 比 (H/D)	2.11		2.23	
	第三层	填料高度 (mm)	300+4550 =4850		6900	
		高 径 比 (H/D)	2.11		2.23	
	第四层	填料高度 (mm)		300+6350 =6650		610+4575+ 1115=6300
		高 径 比 (H/D)		1.9		2.34
	第五层	填料高度 (mm)		300+6350 =6650		
		高 径 比 (H/D)		1.9		
	第六层	填料高度 (mm)		300+3100+ 3250=6650		
		高 径 比 (H/D)		1.9		

注：\* H/D 表示填料层高 H 与所在区域塔的内径之比。

鲍尔环是近期具有代表性的普通填料。它是在拉西环的基础上发展起来的，和拉西环相比，鲍尔环很好的改善了环内空间和环内表面的有效利用程度。它具有液体分布性能良好、压降小（为拉西环的 $\frac{1}{2}$ ），填料因子小、蒸汽通过的容量大，液泛点高，有一个较大的恒定载区。操作弹性大；所以它可以在较高气速下进行平稳工作。金属及塑料鲍尔环在普通型填料中它的效率最高，从经济观点来说，鲍尔环的费用也比较低廉。因此国内外大型装置中都广泛采用。

在本装置的吸收及再生塔中，分别选用了 $1\frac{1}{2}$ "、2"的不锈钢碳钢和玻璃纤维加强的聚丙烯鲍尔环填料。在使用玻璃纤维加强的聚丙烯环的部位，要严格控制操作温度，对这种材质的鲍尔环最高使用温度为 $126^{\circ}\text{C}$ ，超过这个温度即软化变形，甚至产生结块而无法处理的严重后果。

3. 材料的选用；在 $\text{CO}_2$ 吸收及再生操作中，由于采用了苯非尔热钾碱作吸收剂，对碳钢腐蚀比较严重，而湿热 $\text{CO}_2$ 的腐蚀更为严重。为防止碳钢零部件的腐蚀，除两塔碳钢部分的壳体进行整体热处理，防止应力腐蚀外，还在苯非尔溶液中加入 $0.3\%$ 的 $\text{V}_2\text{O}_5$ 作为缓蚀剂。在过氧的情况下，使与液体接触的碳钢表面形成紧密的 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 保护膜，因而得到保护。但对湿热气相 $\text{CO}_2$ 并无明显效果。所以在吸收塔底部及再生塔顶部腐蚀比较严重。同时塔内不易接触液体的零部件及可能出现干区的填料层，都相应的选择了较好的材料。两塔主要零部件选材情况见表6-2：

表 6-2 吸收塔及再生塔主要零部件用材

塔 别	CO <sub>2</sub> 吸收塔用材		CO <sub>2</sub> 再生塔用材	
	上 塔	下 塔	上 塔	下 塔
壳 体	SM50B-SR	SM50B-SR	SUS304L, SM41B+SUS304L, SM41BSR	SM50B-SR
封 头	SM50B-SR	SM50B-SR	顶: SUS304L 底: SM41BSR	SM50B-SR
金属网除雾器	SUS316 SUS304			
单流塔盘			SUS316	
进口槽			SUS316	SUS316
分布器		SS41 及 SGP	SM50B 及 SGP	SM50B 及 SGP
固定槽板	SS41	SS41	SUS304	SUS304
再分布器及填料支架	SS41	SS41	SUS316	SUS316
气体喷射板	SS41	SUS304	SUS316	SUS316
填料	S.S 及 C.S	S.S 及 C.S	玻璃纤维加强聚丙烯	C.S, S.S
格子挡板		SUS304		
破沫及防冲筛网	SUS316	SUS316	SUS316	SUS316
内部接管	STPG-38 SUS304LTP	STPG-38 SUS304LTP	STPG-38 SUS304LTP	STPG 38
裙 座	SM50B SM41B	SM50B SM41B	SM50B SM41B	SM50B SM41B

4. 结构特点：对于填料塔，除对填料的正确选择外，更重要的是对这种大型填料塔的气液分布，液体的均匀分布尤为重要。在本装置中除CO<sub>2</sub>吸收塔上部采用枝状管式喷淋外，在该塔下部及再生塔上下段均采用了板式液体分布器，可使液体获得较好的分布，可有效的防止壁流及干锥区的产生。

由于两塔采用多层乱堆鲍尔环填料，为防止液体在下一层或下几层填料产生壁流和沟流，每层填料设置了再分布器，使液体及气体都得到再分布的机会，同时它还承担了支承填料的任务。由于其开孔面积大，因此塔的操作压降小，节省动力，并且不易产生拦液现象。

对于气体喷射板也同再分布板一样，是一种较好的结构。

在每层填料顶部设置一块固定栅板，它的重量是105kg/m<sup>2</sup>。在栅板下部绑缚有一层φ2×20mm方孔的不锈钢筛网。这种结构，既可防止由于操作时负荷变化而引起填料的浮动和外冲，又可以起到一定的破沫作用。

由于塔内介质腐蚀情况不同及缓蚀的效果不一。塔内腐蚀较严重的再生塔上段三层填料为玻璃纤维加强的聚丙烯鲍尔环，在易产生气相CO<sub>2</sub>腐蚀的填料层表面，都采用上层或上下两层不锈钢环保护的碳钢填料层。由于不同情况不同对待，显得不同材质填料在塔内的布置是比较合理的。

CO<sub>2</sub>吸收塔底部设置了一个格子挡板。它的设置可以防止原料气进口气体对富液冲击和卷代富液及泡沫的产生。保证液面稳定，有利于操作。

再生塔下段低部设置了集液箱，使汽液得到更好分离。该塔上段顶部设有三层大孔筛板塔盘（开孔率7.3%），用回流液洗涤已被分解的CO<sub>2</sub>中的液雾。由于塔顶及塔底设置了这些结构，更好的保证CO<sub>2</sub>及苯非尔溶液的纯度。

在两塔液体出口接管上，设有金属网捕集器，防止渣块损坏泵。在填料层附近的卸放填料的人孔内，都设有锁板。这对于填料塔来说是应该考虑，而且也十分必要的。

三 设计规范及设计参数：(见表 6-3)

项 目		塔 别	CO <sub>2</sub> 吸收塔	CO <sub>2</sub> 再生塔
风 压			$70\sqrt{H}$	$70\sqrt{H}$
地震系数			0.15	0.15
封头型式			椭圆型 2:1	椭圆型 2:1
腐蚀余度 (mm)			底部 6960 mm 高筒体和底部封头部分为 6；其余为 3。	碳钢部分：6 不锈钢部分：0
应力消除			进行	仅在碳钢部分进行
射线检验 %			100	不锈钢部分：100% 碳钢部分：20%
焊缝系数			1.0	不锈钢部分：0.91 碳钢部分：0.90
操作温度 °C			117	122
操作压力 kg/cm <sup>2</sup> G			27.5	0.83
设计温度 °C			125	130
设计压力 kg/cm <sup>2</sup> G			30.3	1.75
水压试验* //			45.5	3.5
气密试验* //			30.3	
安全外压 kg/cm <sup>2</sup>			0.175	0.175
容 积 (m <sup>3</sup> )			上塔 89，下塔 303	上塔 271，下塔 104
保温厚度 (mm)			50	50
焊接型式			双面对焊	
防火设施			无	无
吊装重量 (吨)			254.9	137.1
工作重量 (吨)			553	558
净 重			254.9	137.1
规 范			H.F.G.C.L	JISB 8243
几何尺寸 (mm)	塔 内 径	上段塔	φ2300	φ3100
		下段塔	φ3500	φ2700
	切线至切线长度	上段塔	20625	34925
		下段塔	30225	17150

注：

\* 按 H.P.G.C.L 进行设计时，水压试验压力为设计压力的 1.5 倍，气密试验压力为最高使用压力（即为设计压力）。按 JISB8243 进行设计时，当最高使用压力在  $4.3 \text{ kg/cm}^2$  以下的压力容器，水压试验压力为最高使用压力的 2 倍。

### 三 总装图

1.  $\text{CO}_2$  吸收塔总装图见图 6-2。

2.  $\text{CO}_2$  再生塔总装图见图 6-3。

### 四 $\text{CO}_2$ 吸收塔及再生塔零部件结构

两塔均为填料塔，零部件结构多相似，现以吸收塔为代表并包括相异部分介绍如下：

#### 1. 塔内件结构

(1) 气体喷射板 结构见图 6-4（为吸收塔下塔的）

它通称为填料支承板，为分块的波形板。川化日方第一次提供的为外联式，示意如图 a。



图 a

图 b

波的两侧面开有许多  $15 \times 20$  的长圆孔。此种外联式的较之内联式的（如图 b），在塔截面上能安排的波数少，开孔率也就较低，后日方又重新发货改为内联式的。现将各层支承板及开孔率列表如下：

支承板 层号	波数		波高 (mm)		开孔率 %	
	外联式	内联式	外联式	内联式	外联式	内联式
1, 2	6	9	341.9	404.5	69	94.9
3	6	9	341.9	379.5	70	94.9
4, 5	9	11	404.5	456	79.1	89.3
6	10	11	341.9	431	74	89.3

再生塔的填料支承板与吸收塔同样于第二次发货改为内联式的，其波数、波高及开孔率如下：

	波数	波高 (mm)	开孔率 %
1, 2 层	10	483	91.4
3 层	10	458	91.4
4 层	11	400	97.3

这种支承板除有较大开孔率外，且刚度较好，承受较大的填料及液体负荷不易变形，因而支撑梁的结构较为简单，尤其对大直径的塔优点较突出，这样填料分段数就少了，可以减少制造、安装的工作量。如吸收塔下塔径达3500 mm，填料层高6350 mm，支承板除支在塔圈上外，仅在塔中间设置一横梁。又如再生塔的下塔径为2700 mm，填料高6300 mm，支承板没有横梁支撑。

(2) 再分布板 结构见图6-5 (吸收塔上塔的)

它是在波形填料支承板中带有升气管，支承板支承在有升气管及降液孔的槽板上，如吸收塔的第1, 2, 4, 5层的填料支承结构即是。这是为了保证液体与气体能良好的再分配。要使液体的再分配得以实现，除了在槽板上须有一定的持液量外，还得有水平方向的液流



连通道，内联式的波形支承板就具备了这些条件，其持液高度约60~70 mm，板间的液流连通孔中心高度为20 mm，板中的隔板底部亦开有高15 mm的液流连通道。

外联式的虽然在挡板上也有升气管及降液孔，但初步计算，其1、2号支承板的槽板上的持液高度仅5 mm左右，隔板间及支承板间均未设液流连通管，因此不具备液体再分配的作用。4、5号支承上持液高度虽达32 mm左右，也因未有液流连通道，而不能实现液体的再分配。

内联式支承板为了控制持液高度，避免板联接缝漏液，增设了密封板。

再生塔1、2号再分布板结构也是带有升气管与降液孔，但图纸上所标降液孔径为15 mm。按此孔径计算，其持液高度达300 mm左右，已大大超过升气管高度，估计是图纸有误（吸收塔原外联式的孔径为15 mm，内联式的改为20 mm。再生塔的则未修改，若按20 mm计算，其持液高度为96 mm，就符合要求了，施工过程中对此未曾注意，只有待今后大修时实测。

(3) 分布板 结构见图6-6（为吸收塔下塔液体分布板）。

分布板为盘式，盘上开有1466个 $\phi 20$ 的降液孔和64个 $\phi 200$ 的升气管，升气管高度150 mm，每个升气管上有一块挡液盖板。塔内径3500 mm，分布板直径3474 mm，降液孔开孔率4.8%，升气管开孔率15%。

此分布板设置于下塔顶部。下塔顶入塔液体有两部分，一部分为再生塔来的半贫液，另一部分为上塔下流液体，两者分别由两组多孔枝管喷洒于分布板上进行混合并重新分布。这样较为均匀。

再生塔的分布板与吸收塔的结构相同，其尺寸：

① 上塔顶部分布器：降液孔1188个 $\phi 15$ 孔，36个 $\phi 200$ 高150 mm升气管。降液孔开孔率为2.78%。升气管开孔率为15%。

② 下塔顶部分布器：420个 $\phi 10$ 降液孔。28个 $\phi 200$ 高150 mm升气管。降液孔开孔率为0.576%。升气管开孔率为15%。