

引进装置设备技术参考资料

塔设备(附:高压分解塔)

~四十八万吨尿素引进装置~

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、有特点的设备及其部件，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。

四十八万吨尿素引进装置设备技术资料汇编包括了我国从荷兰凯洛格大陆公司及法国赫尔蒂公司引进的十一套 CO_2 汽提法尿素装置与从日本东洋工程公司引进的二套溶液全循环改良C法尿素装置。四十八万吨尿素引进装置汇编工作由湖北化工设计院负责，四川省化工第一设计院、东方锅炉厂、哈尔滨锅炉厂参加。

由于篇幅较大，将分成“尿素概况与材料”、“尿素合成塔”、“汽提塔、冷凝器、洗涤器”、“塔设备（附：高压分解塔）”、“热交换器与专用设备”五个分册陆续印出。本分册为“塔设备”分册，收集了 CO_2 汽提法与改良C法中各种塔器的结构、材料、施工的有关资料。

由于资料收集不全，编写人员水平所限，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，承有关单位热情支持，特此致谢！

上海化工设计院石油化工设备设计建设组

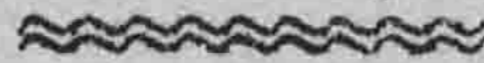
一九七七年六月

目 录



第七章 高压分解塔.....	1
第九章 塔设备.....	21

目 录



第一节 简介.....	1
第二节 工艺要求及结构设计.....	3
一 予分离段.....	3
二 筛板段.....	3
三 中部分离段.....	4
四 降膜式加热器.....	5
五 底部分离段.....	8
六 其它.....	9
第三节 材 料.....	9
第四节 强度计算.....	12
一 壳体.....	12
二 球形封头.....	13
三 管板厚度计算.....	13
四 主法兰强度校核.....	18
第五节 安装及使用.....	19
第六节 制造加工中应注意的问题.....	19

目 录



第一节	概述	21
第二节	CO ₂ 汽提法尿素生产的塔设备简介	24
一	精馏塔	24
二	液位槽/吸收器	26
三	吸收塔	28
四	解吸塔	31
第三节	F E C的溶液全循环改良C法尿素生产的塔设备简介	33
一	低压分介塔	33
二	气体分离塔	36
三	高压吸收塔	39
四	尾气吸收塔	41
第四节	塔设备内件结构设计	44
一	喷淋装置	44
二	填料格栅和填料压板	47
三	除沫装置	48
四	塔盘	49
第五节	材料	52
第六节	塔设备的强度计算	54
第七节	制造与检验要求	74

第七章 高压分解塔

第一节 简介

高压分解塔是三井东压改良 C 法全循环尿素的三段分解中的第一段分解设备，在 T. E. C. 流程上的位号是 U-DA201。这是整个流程中的关键设备之一，其对于尿素厂的消耗定额及产品质量影响颇大。

尿素合成塔的反应物经减压至 1.7 kg/cm^2 进入高压分解塔，在这里部分的甲铵、过量氨及水由于减压和加热而脱除。脱出的气态氨、二氧化碳及水进入回收系统。尚含有少量甲铵及过量氨的尿素溶液则进入低压分解塔以进一步将甲铵及过量氨分解为气体而脱除。

高压分解塔可大略地分为顶部分离段；筛板段；中部分离段；降膜式加热器段；底部分离段等五部分（参看图 7-1）。

现将物料在塔内的过程简述如下：由尿素合成塔来的反应物经减压至 $1.7 \text{ kg/cm}^2 \text{ G}$ 后进入高压分解塔顶部，在此闪蒸出来的气体被分离；而液体下落通过四层筛板。在筛板上来自高压分解塔再沸器和降膜式加热器的高温气体与下降的液体进行换热，使液体中的甲铵和过量氨进一步分解。四层筛板之下有一中部分离段，筛板上下落的液体经此流入高压分解塔再沸器（U-EA201）。在此，用低压蒸汽（ $1.0 \text{ kg/cm}^2 \text{ G}$ ）进一步加热液体至 151°C ，大量残留的过量氨及甲铵呈气态析出。气液混合物出再沸器由中部分离段液面之上的管口返回塔内。气液在此分离后，气相向上进入筛板段，而液相下落仍入分离段的液层中，此分离段液体的一部分经中间降液管降落到降膜式加热器，仍用 $1.0 \text{ kg/cm}^2 \text{ G}$ 低压蒸汽加热至 165°C ，使残留的过量氨及甲铵再进一步分解。分解后的气液混合物进入底部分离段，在此分离出的气体由返回管返回到中部分离段的气相空间。液体则从底部出塔送往低压分解系统。塔中各段分解出的气体最终均经顶部分离段而出塔送往高压吸收系统。

高压分解塔由于采用了降膜式加热器，减短了物料在塔内的停留时间。从而降低了高压分解塔内的尿素水解率及缩二脲生成率，这样

不仅减轻了回收系统的负荷及增加了尿素获得率，而且有利于降低产品中缩二脲的指标。由日方提供的物料平衡表中的数据计算而得：在高压分解塔中尿素的水解率为 1.4%；缩二脲的生成率为 0.18%。

表 7-1 高压分解塔设计参数表

规 范	管侧 (高压分解部分)	壳侧 (加热器部分)
	高压气体控制法规	
风 压	TEMA "B" 级	
	$H \leq 16M$	$q_0 = 20\sqrt{H} \text{ kg/M}^2$
	$H > 16M$	$q_0 = 40\sqrt[4]{H}$
地震系数	0.05	
封头形状	半球形及 2 : 1 椭圆形	
腐蚀裕度	3.0mm	3.0mm
应力消除	不 要	不 要
射线检查	全 部	全 部
纵向焊缝系数	1.0	1.0
操作温度 (最高)	150/165 °C	183 °C
设计温度	180 °C	200 °C
操作压力 (最高)	17.0 kg/cm ² G	10.0 kg/cm ² G
设计压力	20.0 kg/cm ² G	15.0 kg/cm ² G
安全外压	0.175 kg/cm ²	0.175 kg/cm ²
保温层厚度	100mm	100mm
表面积 (传热面)	192M ²	
水压试验压力	30.0 kg/cm ² G	22.5 kg/cm ² G
气密试验压力	20.0 kg/cm ² G	15.0 kg/cm ² G

安装重量	41000 kg
操作总重量	60100 kg
充满水总重量	99900 kg

第二节 工艺要求及结构设计

一、予分离段：合成系统反应物减压至 $1.7 \text{ kg/cm}^2 \text{ G}$ 约 122°C 进入予分离段，为了有利于反应物在此初步分解出大量的过量氨及甲铵，因此要求有个较大的膨胀空间，故予分离段的直径自 $\varnothing 2100 \text{ mm}$ 扩大到 $\varnothing 3300 \text{ mm}$ 。中间加一段 1600 mm 高的锥形段。予分离段顶部为一半球形封头。这里采用半球形封头兼顾了具有较大的分离空间且强度较好，节省材料。作为球与锥的过渡段并利于吊耳与吊柱的安装焊接，故在半球形封头与锥形段之间加一园柱筒节。在此园柱筒节与半球形封头的连接处有一高 135 mm 的一段，其下沿为切线，其上沿为焊缝线（见图 7-1 节点 I）。这里系人为地将此段视为球壳的一部分，其内外表面实际上为园柱面，将其不包括腐蚀裕度的壳壁中性面假想为球面。因而该段上沿的焊缝线实际上为 $R = 1655.5 \text{ mm}$ 的球面与 $R = 1650 \text{ mm}$ 的园柱面的相贯线，该段下沿的切线是虚构的。

合成反应物进料管的结构如图 7-1 所示，减压后的物料自此进料管的下方偏离中心 30° 方向的两条宽 50 mm 长 1500 mm 的长缝中流下，这样有利于释放气体，并使出口气体减少雾沫夹带。此进料管为可拆结构，利于检修更换。

二、筛板段：

由于予分离段下降的液体与自筛板段下部上升的高温气体在四层筛板中进行热与质的交换。使分解塔出口的气相中含水较少，这样不但使回收甲铵液中含水较少，有利于水的平衡，而且由于整个高压分解塔的水份蒸发量减少，因而蒸汽消耗量也较少。

这是双溢流的小孔筛板，塔盘形式为分块式塔盘。

塔盘间距为 600mm。塔盘板厚度为 4mm。筛孔直径 $\varnothing 5\text{mm}$ ，等三角形排列，孔中心间距为 12mm。孔心距与孔径之比为 2.4。

溢流堰为平堰。堰高为 50mm。

受液盘形式为平形。没有入口堰。

降液管为弓形。两侧降液管面积为 0.728M^2 ，中间降液管面积为 0.52M^2 。降液管侧板分为上下两段可拆的，便于由人孔入塔装配及检修。其结构如图 7-2 所示。

塔盘各部分的连接节点如图 7-3 所示。

三 中部分离段：

此段在工艺操作上虽然未有传热与传质过程，但其对于降膜式加热器、再沸器及筛板段的良好操作起了相当重要的作用。其工艺要求及结构分述如下（参阅图 7-1 及图 7-4）：

1. 经再沸器加热分解后的物料在此分离为液气两相。为了减少进入筛板塔段的气相中的雾沫夹带量，因而要有一定的分离空间。

2. 为了使进入再沸器的液体的循环倍率高达 20，对此段的结构设计予以特殊处理。日方在初步设计审核会上对这一点特别强调。如循环倍率达不到 20，则高压分解塔的分解率就达不到要求。为此，结构上要保证去再沸器的液体量等于筛板上下落的液体量的 20 倍，所以作如下的结构处理：

(1) 此分离段要有一定的贮液容积，以便由筛板上下落的液体与自再沸器来的分解液在此混合后分配往再沸器及降膜式加热器。

(2) 再沸器来的物料入口处设有一挡板，以防止自再沸器来的分解后的气液混合物直接喷入中间下液管从而造成再沸器液体循环倍率的降低。设此挡板的另一目的是改善气液分离。为了使自再沸器来的分解气体能较均匀地进入底层筛板而不致偏流，此入口挡板的上沿口与底层筛板之间要有一定的空间高度，故其上沿只及入口管（管口 15）的中心高度处，这样基本上只将液体挡住而引入液层。并为了使液面较为稳定以利中间下液管的稳定溢流，挡板的下沿未伸入液层，而只触及液面，且入口管的高度尽量靠近液面。

(3) 底层筛板的降液管、去再沸器的出口管、自再沸来的入口管三者之间的相互位置是有一定要求的。为了增大再沸器的循环倍率，底层筛板的降液管插入液面约200mm深，且在方位上接近去再沸器的出口管（管口14）。中部分离段的底为反锥底，这些都有利于液体流入再沸器。

3. 为了避免降膜式加热器中分解出来的气体在降膜管中与成膜下流的液体逆向流动而使膜增厚，所以在分离段的中间下液管的底部设有液封盘，以隔离上窜的气体。这样迫使分解出来的气体与成膜液体同向作向下流动。液封盘的上部为齿形，以利均匀溢流。液封盘中设有十字形的消涡板，一方面避免分离段的气体被液体裹夹而下窜，另一方面可稳定液封盘的液体溢流。液封盘日方在原设计中未设泪孔，这是不合理的，后在施工现场增开了泪孔以利停车时排空液封盘的积液。

4. 在正对着底层筛板降液管流出口下方的反锥形底板上焊有一块 $500 \times 450 \text{ mm}^2 \delta = 10 \text{ mm}$ 的防冲蚀板，以保护锥形底板。另外，在反锥形底的最低处开有两个 $\varnothing 10 \text{ mm}$ 泪孔，以便停车时排空反锥形底的存液。

四、降膜式加热器：

为了尽量使尿素的水解反应以及缩二脲的生成反应减至最低限度，必须尽量缩短合成反应物在分解工段的停留时间。尤其是物料在此段被加热的温度较高（ 165°C ），而且大部分过量氨已在予分离段及再沸器中被分解，故物料在此段的氨分压较低。高温将加剧尿素的水解反应，高温和低氨分压也将加剧缩二脲的生成反应。因而采用降膜式加热器以缩短物料的停留时间，对减低这两个不利反应是有效的。

在降膜式加热器之上部设置有多孔板的液体均布器。由于降膜管要求布膜要尽量均匀，故要求落入降膜式加热器上管板的液体不仅在整个塔截面上要均匀分布，而且要稳定地降落到上管板上，尽量减少脉冲现象。虽然在中部分离段的结构上对此已作了许多考虑，但还嫌不足。加此均布器不仅能改善液体沿塔截面的均匀分布，而且能减轻液体下落的脉冲现象。

此多孔板液体均布器结构较为简单，制造方便，其为分块式结构，便于由人孔入塔装配。多孔板厚4mm，开孔直径为 $\varnothing 7\text{mm}$ ，孔心距为35mm，等三角形排列，开孔布满整个塔截面（参阅图7-5）。

在每一根降膜管的上管端上安有一个布膜器，其结构见图7-7。日方原设计意图为液体系由布膜器的切向缺口旋入降膜管内由离心力场与重力场的作用而均匀布膜。由图中可以看出，实际上在其34.5mm高度的布膜器缺口中，其下部的11.5mm高度内系2mm宽的径向缺口。这是因布膜器壁具有一定厚度无法弯到缺口根部所造成的。经过粗略计算，在正常的液体负荷下，布膜器缺口上所形成的溢流高度仅能达18.5mm左右。这样被液淹没部分的缺口主要只是径向的，起不到切向旋入布膜的作用。故其布膜作用仅是靠布膜器下部的喇叭口与降膜管内壁间所形成的间隙以控制液体成膜。因而看来此布膜器的结构设计并不完善，其在生产操作中所体现的效果也不理想（详见第五节所述）。

降膜加热管为 $\varnothing 31.8\text{mm} \times 1.6\text{mm}$ 长2M的NTKR-4管，共1106根。等三角形排列。管心距 $t = 55\text{mm}$ ， $t/d = 1.73$ 。上管端突出管板面 $30 \pm 0.5\text{mm}$ ，在此装配布膜器。下管端伸出管板面为3mm。由于上管端突出较长，为了便于管子与管板的焊接，所以采用较大的管心距。

管板总厚度为93mm，其中NTKR-4复合层厚9mm。管子与管板的连接为先贴胀后强度焊。管板孔直径为 $\varnothing 32.1 \pm 0.15\text{mm}$ 。

降膜管与其管板孔的间隙和TEMA“B”级标准的间隙列于表7-2比较如下：

表 7-2 管子与管板孔间隙比较表

	管子公称尺寸及 外径公差 (mm)	管板孔公称尺寸 及公差 (mm)	管板孔与管子 的间隙 (mm)	
			最大	最小
高压分解塔 降膜器	$\varnothing 31.75 \pm 0.15$	$\varnothing 32.1 \begin{smallmatrix} +0 \\ -0.15 \end{smallmatrix}$	0.50	0.05
TEMA "B" 级标准配合	$\varnothing 31.75 \pm 0.15$	$\varnothing 32.1 \begin{smallmatrix} +0.08 \\ -0.15 \end{smallmatrix}$	0.58	0.05
TEMA "B" 级特殊紧配合	$\varnothing 31.75 \pm 0.15$	$\varnothing 32.03 \pm 0.06$	0.51	0.05

表注：

- ① 降膜管的公称尺寸日方图纸中标注为 $\varnothing 31.8\text{mm}$ 。但如为英制管，则应为 $\varnothing 1\frac{1}{4}"$ ，将其换算为公制，则应为 $\varnothing 31.75\text{mm}$ 。故其管外径的公称尺寸究竟是 $\varnothing 31.8\text{mm}$ 还是 $\varnothing 31.75\text{mm}$ 尚不确切。此表暂按较精确的 $\varnothing 31.75\text{mm}$ 计之。
- ② 降膜管的外径公差日方未提供数据，但如按手册中 329J₁ 换热管的外径公差为 $\pm 0.25\text{mm}$ 。而美国标准中对 $1\frac{1}{4}"$ 换热管的外径公差为 $\pm 0.15\text{mm}$ 。若按 $\pm 0.25\text{mm}$ 的外径公差计，则其与管板孔的配合将有过盈量出现，这是不可能的。估计日方在此有可能按美国的外径公差标准进行特殊订货，以与 TEMA 标准相适应。故此表暂按 $\pm 0.15\text{mm}$ 的外径公差计。
- ③ 鉴于上述两项取值均不确切，故表 7-2 的间隙比较也不确切，仅供参考。并望读者指正。

由表 7-2 可以看出，降膜管与其管板孔的间隙相当于 TEMA “B” 类的特殊紧配合级。这样将有利于减少管头贴胀中的加工硬化，从而避免了相应的抗腐蚀能力的降低。

管头的贴胀长度和位置，以及强度焊的坡口结构尺寸见图 7-7。

折流板为弓形，共两块。折流板厚度 16mm。折流板间距 600mm。用 14 根 $\varnothing 13\text{mm}$ 拉撑杆固定。拉撑杆上套以定距管。弓形折流板缺圆高度为壳体内径的 45%。折流板孔直径 $\varnothing 32.6\text{mm}$ ，两面倒角 1.5mm。折流板直径 $\varnothing 2092.4\text{mm}$ 。壳体内径与折流板名义直径之差为 7.6mm。

壳程的蒸汽入口处有一缓冲挡板，厚 16mm，系焊在两根拉撑杆上。

壳程冷凝液出口和排液口的液封挡板以及壳程的放空口折向挡板结构与国内常用的型式相同。

壳体与管板的焊接结构见图 7-6。

五 底部分离段：

由降膜式加热器下来的气液混合物在此进行分离。分解出来的气体从球形底盖边上的出口管送往中部分离段。液体则落入底部的贮液部分。

尿素溶液在降膜式加热器段已被加热至 165°C ，在此高温下应尽量减少尿液的停留时间以减轻尿素的水解反应及缩二脲的生成反应。故将贮液部分筒体直径缩减为 $\varnothing 800\text{mm}$ 。这样具有较小的贮液容积从而使停留时间缩短。而且由于直径较小，液位的检测与控制都较为灵敏，对贮液容量的控制较为准确。若没有这缩小直径的贮液部分的话，而以 $R = 1053.5\text{mm}$ 的球形底盖作为贮液段。则所要求的贮液容积 (0.2683M^3) 在球形底盖上的贮液深度仅为 300mm。这样，贮液量与液位高度的关系偏离线性关系很远。不但造成液位检测不便而且贮液量的控制将十分不准确。而在设置了此较小直径的园筒形的贮液部分，则可避免上述这些弊病。

底部球形封头与园柱筒体连接处亦有一段 86mm 高的过渡段，其结构与顶部球形封头相同。详见图 7-1 节点 V。

六 其它：

1. 防爆板：

在顶部球形封头上有一4"管口上设置有防爆板。目的为防止高压回收系统操作压力升高时泄压之用，以保证系统的安全。此处未采用安全阀，是因为高压分解物料泄压后有结晶析出将使安全阀失灵。

2 吊柱：

本设备顶部尚设置有500公斤的吊柱，以便装卸塔盘等内件之用。

3. 吊耳：

在顶部予分离段的筒体外侧设置有两个吊耳。其耳环板为倾斜的，与设备中心线间的夹角为 10° 。这样在吊装时可以减小耳环所受的横向分力。

第三节 材 料

一、所有与尿液及分解气体直接接触的构件材料均为 NTKR-4。

二、所有与尿液或分解气体接触的接管，其零件材料如下：

1. 管子—— NTK R-4。
2. 补强板—— NTK R-4。
3. 法兰—— SF45，在其密封面上系 R-4 衬层。
4. 配对法兰——系活套法兰，SF45。
5. 配对活套法兰用带环短接管—— SUS316L。
6. 螺栓—— SCM-3
7. 螺母—— S45C
8. 垫片—— T/#9009-SC+9400

三、降膜式加热器的壳程：

1. 管板——复合板 SF45+R-4 (复合层厚 9mm)。
2. 壳体—— SM50B
3. 折流板、拉杆、螺母—— SS41。

4. 定距管——SGP
5. 蒸汽入口挡板——SS41
6. 蒸汽入口、冷凝液出口、排放口、放空口：
- (1) 接管——STPG-38
- (2) 法兰——SF45
- (3) 补强板——SM50B
- (4) 半管型出口挡板——SGP
- (5) 端板——SS41
- 四 所有与尿液或分解气接触的凸缘管口：
1. 凸缘——SF45
2. 衬板——NTK R-4
3. 双头螺栓——SCM-3
4. 螺母——S45C
5. 垫片——T/#9009-SC+9400
- 五 视镜：
1. 凸缘——NTK R-4
2. 双头螺栓——SCM-3
3. 螺母——S45C
4. 垫片——T/#9009-SC+9400
5. 视镜玻璃——JIS R3206
6. 法兰——SF45
7. 试漏孔堵头——SS41
- 六 底部球形封头及壳体法兰：
1. 法兰——SF45，密封面用R-4堆焊4mm厚。
2. 螺栓——SCM-3
3. 螺母——S45C
4. 垫片——T/#9009-SC+9400
- 七 塔内部的密封垫片：T/#9009-SC
- 八 人孔：
1. 人孔短管——NTK R-4

2. 补强板——NTK R-4
 3. 人孔法兰——SF45, 密封面衬4mm厚的NTK R-4
 4. 人孔盖——SF45, 内表面及密封面衬以NTK R-4。衬层厚: 内表面为8mm, 密封面为4mm。
 5. 螺栓——SCM-3
 6. 螺母——S45C
 7. 垫片——T/#9009-SC+9400
 8. 人孔吊盖用吊柱——除吊柱管为STPG-38, 吊柱支承管为SGP外, 其余均为SS41。
- 九. 其他:
1. 吊耳——SS41
 2. 支座——除与NTK R-4塔体焊接的垫板为NTK R-4外, 其余均为SS41。
 3. 吊柱:
 - (1) 与NTK R-4塔体焊接的垫板为NTK R-4。
 - (2) 吊柱管及椭圆形底端盖——STPG-38。
 - (3) 手柄——SGP
 - (4) 其他——SS41
 4. 温度计套管——NTK R-4
 5. 保温支撑——除与塔体直接焊接的凸耳为NTK R-4外, 其余均为SS41。
 6. 管架、支耳、梯子、平台——SS41