

引进装置设备技术资料

# 尿 素 合 成 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。

四十八万吨尿素引进装置的编写工作由湖北省化工设计院负责，四川省化工第一设计院、哈尔滨锅炉厂、东方锅炉厂参加。本分册为尿素合成塔（第三章）分册，编写了 $\text{CO}_2$ 汽提法流程和日本东洋工程公司改良 $\text{C}$ 法流程中二种尿素合成塔的有关设计结构及施工资料，亦结合了国内尿素合成塔的设计、使用实践经验一起编写。

引进的尿素合成塔制造的厂商有日本、法国、西德等有关公司，采用的制造方法各有所异，本文中已分别介绍。

由于引进的尿素装置刚进入开车，使用阶段，尚未经受长期考验，文中的分析意见未必确切，还有待今后实践的考验，望读者在参阅时注意。

## 目 录

1. 概述.....	1
2. 在尿素塔内进行的化学反应过程(略)	
3. 尿素塔的设计.....	5
3.1. 对塔的设计要求.....	5
3.2. 塔的结构型式选择.....	6
3.2.1. 塔型的选择.....	6
3.2.1.1. 列管式尿素塔.....	6
3.2.1.2. 列流式尿素塔.....	7
3.2.1.3. 塔外副产蒸汽的尿素塔.....	10
3.2.2. 外壳结构的选择.....	10
3.2.2.1. 单层卷焊式外壳.....	11
3.2.2.2. 层板包扎式外壳.....	11
3.2.2.3. 热套式外壳.....	11
3.2.3. 衬里结构的选择.....	12
3.2.3.1. 机械撑紧法衬里.....	12
3.2.3.2. 热套法衬里.....	14
3.2.3.3. 多层包扎法衬里.....	14
3.2.3.4. 堆焊法衬里.....	15
3.2.3.5. 爆炸法衬里.....	15
3.3. 材料的选用.....	16
3.3.1. 对材料的要求.....	16
3.3.2. 塔的筒体和球形封头用材情况.....	17
3.3.3. 塔的筒体和球形封头用材分析.....	20
3.4. 结构设计.....	22
3.4.1. 塔的有效容积的确定.....	22
3.4.2. 气相层容积.....	24
3.4.3. 塔的高径比.....	25
3.4.4. 混合器设计.....	25

3.4.5.	筛板的设计	26
3.4.5.1.	筛板块数的确定	26
3.4.5.2.	筛板外径的确定	27
3.4.5.3.	筛板上开孔率的确定	27
3.4.5.4.	筛板的裙座设计	30
3.4.5.5.	筛板的支承装置	30
3.4.6.	接管的设计	30
3.4.7.	衬里的设计	31
3.4.7.1.	衬里厚度的确定	31
3.4.7.2.	松衬里的轴向固定问题	32
3.4.7.3.	衬里的检漏系统的设计	33
3.4.8.	人孔密封的设计	34
3.4.8.1.	对密封型式和紧固件的设计要求	35
3.4.8.2.	平垫密封的设计	35
3.4.8.3.	三角垫密封的设计	38
3.4.8.4.	C形环密封的设计	39
3.4.8.5.	紧固件的设计	40
3.4.9.	封头及端法兰的设计	40
3.5.	强度计算	43
3.5.1.	筒体和球形封头的强度计算	43
3.5.2.	开孔补强计算	45
3.5.3.	温度应力计算	45
3.5.4.	人孔法兰连接的计算	46
3.5.4.1.	人孔采用平垫密封的法兰连接计算	46
(1)	主螺栓计算	46
(2)	人孔盖强度的计算	48
3.5.4.2.	人孔用三角垫密封的法兰连接计算	50
(1)	主螺栓计算	50
(2)	人孔盖厚度的计算	51
3.5.5.	支座的强度和稳定性计算	52

3.5.5.1.	载荷计算	52
3.5.5.2.	裙座厚度	53
3.5.5.3.	地脚螺栓	53
3.5.5.4.	底板	54
3.5.6.	吊耳的强度计算	54
3.5.6.1.	拉伸应力	55
3.5.6.2.	剪切应力	55
3.5.6.3.	对垂直轴线而言的许用最大倾角	55
3.5.6.4.	弯曲应力	56
4.	尿素塔的制造和检验	57
4.1.	我国尿素塔的制造和检验情况	57
4.1.1.	材料和锻件的检查和验收	57
4.1.1.1.	筒节和球形封头用的优质钢板	57
4.1.1.2.	锻件	58
4.1.1.3.	衬里材料和与尿素熔融物接触的 其它材料	58
4.1.2.	筒节的制造和检验过程	58
4.1.2.1.	内筒的制备	58
4.1.2.2.	层板的制备	59
4.1.2.3.	多层筒节的制造和检验	59
4.1.3.	球形封头的制造和检验过程 (以上封头为例)	60
4.1.4.	衬里和堆焊	60
4.1.4.1.	筒体衬里	60
4.1.4.2.	球形封头衬里	61
4.1.4.3.	塔顶部和端盖密封面堆焊	62
4.1.5.	竣工后的检验	62
4.1.5.1.	水压试验	62
4.1.5.2.	氨渗透试验	62
4.1.5.3.	着色检查	63

4.2.	日本神户制钢厂和西德莱茵钢厂尿素塔的制造和检验情况.....	63
4.2.1.	筒体及其衬里.....	63
4.2.1.1.	筒节的卷制.....	63
4.2.1.2.	包扎贴紧度的检查方法.....	67
4.2.1.3.	排气孔及检漏孔.....	67
4.2.2.	封头的成型、衬里和附件的焊接.....	70
4.2.3.	组装及最终检验.....	72
4.3.	法国 C.M.P 厂尿素塔的制造和检验情况.....	80
4.3.1.	原材料的检验.....	80
4.3.2.	筒节的制造和检验.....	81
4.3.3.	封头的制造和检验.....	84
4.3.4.	筒体的组焊.....	86
4.3.5.	水压试验和氨渗透试验.....	87
4.3.5.1.	水压试验.....	87
4.3.5.2.	氨渗透试验.....	87
5.	尿素塔的安装.....	112
5.1.	利用厂房结构进行吊装.....	112
5.1.1.	尿素塔简介.....	112
5.1.2.	安装要求.....	113
5.1.3.	安装方法.....	113
5.2.	用双抱杆滑移法垂直吊装.....	116
5.2.1.	设备简介.....	116
5.2.2.	安装要求.....	116
5.2.3.	安装方法.....	116
6.	尿素塔的维护和检修.....	116
6.1.	塔的损坏情况.....	116
6.2.	塔的检查和维护.....	119
6.2.1.	检查.....	119
6.2.2.	维护.....	121

6.3.	塔的修理.....	125
6.3.1.	清除衬里和外壳之间的沉淀.....	125
6.3.2.	衬里的修理.....	125
6.3.2.1.	不锈钢衬里的修理.....	125
6.3.2.2.	钛衬里的修理.....	127
6.3.3.	外壳的修复.....	128



### 第三章 尿素合成

#### 1. 概述

尿素合成塔(以下简称尿素塔)是生产尿素的关键设备。由原料氨和二氧化碳生成尿素的反应主要是在这里面进行。它的生产效率高将直接影响分解、循环系统设备的生产负荷和水、电、汽的消耗定额。例如,某厂尿素塔的二氧化碳转化率为67.5%,其分解、循环负荷假定为100%。如果转化率降为65%,则分解、循环负荷增至133%。如果转化率进一步降至61.5%,则分解、循环负荷增至159%。反之,一个用溶液全循环法生产尿素的厂,生产能力为700吨/天,尿素塔的二氧化碳转化率为65%。如果采取措施,提高塔的生产效率。使其转化率由原来的65%提高到72%,则可使这套装置的生产能力由原来700吨/天提高到1000吨/天,而分解、循环系统所需的热量并不增加(仅需增加尿液加工系统的生产能力)。这台设备的基建投资是整个装置中最大的之一。例如,国内建设的生产能力为11万吨/年的尿素车间,它的投资约占整套装置(机械设备部分)的1/6。而且由于它的体积大和重量大,故其运输、安装困难程度和所需费用,也是整个装置中最大的。随着装置向大型化发展,这个问题就显得更为突出。再就是由于它在高温、高压和强腐蚀性介质的操作条件下使用,容易引起衬里腐蚀和密封泄漏,因此造成的停工减产损失和维修费用也是很大的。综合考虑,可见尿素塔在尿素生产中占有极其重要的位置。因此自氨和二氧化碳合成尿素实现工业化生产以来,人们对尿素塔的结构和耐腐蚀材料就给予了极大的注意。例如:

(1) 对塔的结构、型式进行了不断改进。

首先,对塔的型式进行了不断改进。例如,最早使用的尿素塔是带冷却夹套的管式反应器。这种型式的反应器具有调节各段反应温度灵活,便于控制生成尿素的反应和生产强度高等优点,因此获得了成功地应用。但随着生产规模的不断扩大,采用大型的不锈钢钢管造价昂贵,而且阻力大,增加动力消耗和生产操作的稳定性差等缺点。因

此改用了塔式反应器。但随着装置进一步向大型化发展，采用较大高径比的塔受到限制，因此物料在塔内的返混现象日趋严重。为了解决塔内的返混问题，采用列流（活塞流）的塔式反应器，即在塔内设置许多筛板，把整个塔分成了若干个混合均匀的小室，防止了返混，提高了塔的生产效率。有的为了降低建造、安装费用和便于维护、操作，采用卧式的尿素塔。近年来，有的为了简化流程，提高热量利用率，还出现了把高压合成、分解和冷凝合在一起的三合一装置。有的为了提高转化率，把合成塔一分为二。原料氨和二氧化碳先在第一合成塔内合成，反应后分离出未反应物循环至第二合成塔再合成。这样转化率可达80~90%。

其次，改进内件设计，使其更符合于生成尿素反应的微观和宏观动力学需要。例如，由于氨和二氧化碳生成尿素的反应是放热的可逆反应，因此在内件设计上首先要考虑能把多余的反应热尽快地移走，使整个反应向着有利于生成尿素的方向进行。为此，最初设计的尿素塔，在塔内设置冷却盘管或在衬里和外壳间通冷却水。由于冷却盘管腐蚀严重或难于维持衬里内外壁间的压力平衡，因此取消了塔内设置的冷却器。而采用了较高的 $\text{NH}_3/\text{CO}_2$ 和循环溶液，靠过量氨和循环的甲铵溶液把冷凝热和反应热带走。近年来，由于资本主义国家发生了能源危机，为了节省生产尿素的动力消耗，合理地利用能源。现在新的设计，又采取了较低的 $\text{NH}_3/\text{CO}_2$ 。利用生成尿素的反应热和气相原料的冷凝热来副产蒸汽，供尿素车间其它部分使用。再由于工业上采用的原料是液氨和气体二氧化碳，而由它们生成甲铵的反应是一触即发的反应，因此生成甲铵的速度实际上等于气体二氧化碳进入液相的速度。为了提高气体二氧化碳进入液相的速度；因此需增加气—液两相的接触面积和改善流体动力学条件。为此在塔内设置了混合器。有的厂由于混合器磨蚀和连接螺栓缝隙腐蚀严重，取消了塔内设置的混合器，而在塔外设置了混合器。近年来，随着装置向大型化发展，为了缩小塔的体积和减轻设备重量，就必须强化塔的生产。由于结构简单的空心尿素塔，其生产强度较低，因此在塔内设置混合器和在塔内的不同区域采用调节温度和压力的专用系统是强化塔的生产的有效

措施之一，但这与大型装置要求简化结构，提高装置的可靠性，保证生产安全、连续地进行是有矛盾的。因此设计出效率高，而使用可靠的混合器和调温调压装置，是摆在设计人员面前的一个新的研究课题。

再就是对衬里的结构型式进行了不断改进，既达到保证使用的可靠性，又达到制造、维修简便、生产效率高的目的。例如，开始采用的塔式反应器是单套筒的，即用耐尿素熔融物腐蚀的材料做成内筒，套在碳钢制的高压筒体内。内筒不承受压力，而与腐蚀介质接触。高压筒体只承受压力，不接触腐蚀介质。这种型式的塔制造、维修都很方便；但由于在使用过程中，维持内筒的内、外压力平衡比较困难。因此往往由于操作上的原因而引起内筒被压皱。为了解决单套筒塔的使用可靠性问题，设计了双套筒的塔。这种塔是在内筒外面再加上一个用耐蚀材料作成的外套筒，这样外套筒与高压筒体和内筒间形成了两个环形通道。液氨从塔底进入，依次经过这两个环形通道进入内筒，与直接进入内筒的二氧化碳和甲铵溶液相遇，进行生成尿素的反应。这样进入环形通道的液氨一方面带走了反应热；另一方面平衡了内筒内的压力。这种型式的塔，具有单套筒塔的优点，而且使用的可靠性较大。但高压筒体的容积利用系数较低，一般只有80%左右；而且耐蚀材料的用量也较大。因此对于生产能力超过120吨/天的大型装置，采用这种型式的塔就不合适了。目前大型装置普遍采用耐蚀材料衬里的尿素塔。这种型式的塔具有容积利用系数高、耐蚀材料用量少和使用的可靠性高等优点。但衬里承受的温度应力较大和对制造、维修的要求高。为了解决衬里承受较大的温度应力和贴紧度问题，各制造厂相继提出了许多衬里结构型式和衬里工艺。例如，有的采用机械衬胎，使衬里贴紧外壳的工艺；有的采用爆炸胀紧的衬里工艺；有的采用复合板或耐蚀材料作内筒的多层包扎工艺；有的采用耐蚀材料或复合板作内筒的多层热套工艺；有的采用耐蚀材料作带极的堆焊工艺等等。随着衬里结构型式不同，塔内衬里的焊缝型式也是多种多样的。由于每种焊缝型式都具有一定的优点和缺点，通常各制造厂根据自己的制造和使用经验来选择衬里的焊缝型式。

(2) 选用更耐尿素熔融物腐蚀的新材料。在第二章中已详细地叙

述了尿素塔的腐蚀是尿素生产中的关键问题，因此在研究尿素生产方法时，必须要首先解决耐尿素熔融物腐蚀的材料问题。经过了约半个世纪的试验研究，目前能提供各种型号的不锈钢和有色金属，解决尿素塔的腐蚀问题（详见第二章）。

(3) 对尿素塔密封型式和紧固件的改进。由于尿素塔的密封元件（除单、双套筒式的以外）均接触腐蚀介质，因此选用的密封元件材料，除满足高压密封元件材料规定的要求外，还应具有优良的耐尿素熔融物腐蚀的性能。而且不宜采用线接触的密封面型式。因为这种密封型式，密封稍一腐蚀，将会引起渗漏。近年来，随着化肥装置向大型化发展，尿素塔的直径不断扩大。但顶封头的人孔直径均在 $\phi 800$ 以下，故其密封型式和紧固件不因设备大型化给设计、制造、安装、维修带来困难，可采用原来的密封型式和紧固件。但为了提高密封的可靠性，对密封元件的材料和结构型式进行了改进。例如，尿素塔普遍采用的平垫密封，其垫片材料原用1号工业纯铝，由于这种材料对尿素熔融物的耐蚀性差，使用寿命忽高忽低。较好的可使用1年以上，较差的仅使用1个月左右。为了提高垫子的使用寿命，保证密封的可靠性，后采用不锈钢包复的高压石棉垫。这种垫片在开始使用时，其使用情况是令人满意的，一般使用寿命均在2年左右。但后来由于手工生产改成半机械化生产，制造质量降低，影响了这种垫片的使用可靠性。近来又改成了不锈钢齿形垫，上、下复盖石棉板。据说这种垫片的密封可靠性较好；而且维修方便，不锈钢齿形垫可多次重复使用。因为每次检修时，只需更换齿形垫上、下复盖的石棉板就可以了。我国兰州石油化工机器厂曾经将平垫密封改成“C”形环密封，开始使用效果不好，后经过多次改进，目前已成功地用在刘家峡化肥厂的尿素塔上。这种密封型式的优点是：预紧力小，结构简单，特别适合于无主螺栓的快开连接装置。但由于这种密封型式的密封面属于线接触，因此用于强腐蚀性介质的密封不一定合适。日本神户制钢所为我国制造的两台衬钛尿素塔，人孔的密封是采用三角垫密封垫片的材料为TA1工业纯钛。据说这种垫片的密封性能较好，使用可靠，螺栓的预紧力也较小。但每拆卸一次，就需要更换新垫。我国有几个老厂仍使

用单套筒式和双套筒式的尿素塔，由于密封介质是液氨，故采用碳钢制的双锥密封垫。这种垫片在我国经过多年使用，其密封效果良好。

由于尿素塔人孔密封采用的主螺栓直径较小，一般均在 M 64 ~ M 102 的范围内，因此除我国刘家峡化肥厂采用卡环连接外，一般均采用螺栓连接。卡环连接的优点是：拆装方便和省劳动力。例如，拆装尿素塔的人孔盖一次，仅需 4 人，工作 2 小时。这是螺栓连接很难达到的。为了减轻拆装螺栓时的体力劳动和保证螺栓上紧时受力均匀，很多厂采用液压拉伸器。但也有人认为采用液压拉伸器不如人工把紧螺栓时可靠，因此仍然采用人工把紧，利用倒链装拆。

所以，近年来研究新的密封形式和紧固件，首先是确保密封的可靠性，其次是制造、拆装和检修方便、减轻劳动力和缩短拆装时间。

(4) 高压筒体的改进：目前我国尿素塔采用的高压筒体结构型式主要有：单层卷焊式、层板包扎式和三层热套式等三种。随着我国机械制造和冶金工业的高速发展，将为尿素塔提供多种多样的、技术上先进可靠的、和经济上合理的高压筒体。目前尿素塔采用的高压筒体和其他工业采用的高压筒体一样，随着装置向大型化发展，其发展趋势以热套容器为主。因为这种结构的高压筒体，可以减少制造工序，发挥我国现有厂的机械设备能力；而且衬里的贴紧度和高压筒体的受力情况、抗脆断能力也较好。

2. 在尿素塔内进行的化学反应过程：(略)

3. 尿素塔的设计：

3.1. 对塔的设计要求：

(1) 由于合成尿素的反应是在高温、高压下进行；而且尿素熔融物又具有强烈的腐蚀性，故要求设计首先应保证足够的机械强度和良好的耐蚀性能。

(2) 设计的塔内有效容积应为最佳容积，一方面保证物料在塔内有足够的停留时间，使其转化率达到或接近平衡转化率；另一方面使塔的总体积达到最小、最经济。

(3) 在设计时，应采取措施，保证物料在塔内的流动状态，尽量地接近于列流，防止产生逆向混合。

(4) 在塔的下部或各段间应加强物料搅拌，增加气——液相间的接触面积和改善流体动力学条件，使物料在每一个断面上混合均匀，提高气体二氧化碳和过剩氨的冷凝速度。

(5) 对于自热平衡式的尿素塔，应采取措施，促使物料进入塔后尽快地达到最佳温度；而且塔内各段温差应尽可能地小。对于外热式的尿素塔，在考虑移走甲铵的生成热时，除保证达到较高的甲铵转化率外；还需保证供给生成尿素所需的热量。因此要求整个系统达到热平衡的最佳值。

(6) 结构简单，制造方便，造价低廉。

(7) 重量轻，并且有吊耳、标明的安装方位和支承用的垫板等，为运输、安装尽量提供方便。

(8) 使用可靠，检查和维修方便。

### 3.2. 塔的结构型式选择

塔的结构型式的正确选择是一个相当复杂的问题。它不仅决定于化工工艺流程和操作条件的要求；而且还决定于制造设备的原材料的供应情况、制造厂的设备条件和生产能力；运输和安装条件、运行中的安全可靠、检查和维修条件、以及技术经济指标是否先进等等。塔的结构型式的选择包括塔型、外壳结构和衬里结构的选择，现将这些结构型式的特点、适用范围以及有关因素分述如下。

#### 3.2.1. 塔型的选择：

尿素塔型式可分成两大类，即：管式反应器和塔式反应器。塔式反应器又可分为自热式的和外热式的尿素塔，自热式的塔中包括列流式、等温式的塔等等。外热式的塔中包括内置和外置换热器式的塔等等。现分述如下：

3.2.1.1. 列管式尿素塔：这种型式的反应器具有管式反应器的优点。但当列管内物料流速较低，出现层流时，也产生逆向混合的现象，而且如果列管间出现阻力不均，还会产生短路现象，即由于每根列管阻力不一样，反应物料的气流，集中到阻力较小的列管中，而“抵制”那些阻力较大的列管。为了克服上述现象和提高传热系数，一般均采用长径比较大的列管，缩小塔径，增加高度。由于这种型式

的反应器，特别适用于须进行热交换的快速反应，因此目前主要用于进行生成甲铵的反应场合。例如，我国近年来从荷兰引进的二氧化碳汽提流程，其中高压甲铵冷凝器，就是这种型式的反应器（详见第五章）。

3.2.1.2. 列流式的尿素塔：前已述及，对于连续操作的塔式反应器，由于轴向的分子扩散和湍动扩散，以及不同组份的重度差引起的自然对流，都会发生逆向混合，即进入设备的新物料和旧物料的混合，造成产物对原料的稀释作用。通过各种物料流型对化学反应的影响试验，都说明：在达到同样转化率的前提下，具有列流的尿素塔所需的体积最小。这是因为逆向混合致使：(1)反应速度减慢；(2)反应生成的尿素在塔内循环，造成副反应增多和尿素水解；(3)降低新物料在塔内的停留时间等等。所以逆向混合对于化学反应是一个有害的因素。为了减轻塔内逆向混合，通常采取的措施，是采用较大高径比的塔或者在塔内每隔一定的距离放置挡板或填料。这种塔叫做列流式的尿素塔。

大高径比的列流式尿素塔：所谓高径比是指尿素塔圆筒部分的高度和内径之比。一般高径比大于12就属于列流式的尿素塔。实际上高径比大于12的塔也存在着逆向混合，不过其返混程度较高径比小的塔为轻。例如，荷兰采用溶液全循环法生产尿素的某厂，原用高径比接近18的尿素塔，在操作过程中经常发现一段吸收塔底部温度周期性变化（约每隔10分钟升高一次）。分析其原因，是由于塔内出现逆向混合造成的。后来在塔内放置了两块筛板，就解决了一段吸收塔底部温度周期性的波动问题。日本神户制钢为我国制造的两台衬钛尿素塔，就是采用这种高径比较大、不加筛板的列流式的尿素塔（详见图3-3）。不加筛板的原因：一方面是由于在设计尿素塔时，采取了较大的高径比（达到16.5）；同时为了补偿塔内因逆向混合降低的转化率，采取较高的操作温度（200℃）和压力（250公斤/厘米<sup>2</sup>）以及低的H<sub>2</sub>O/CO<sub>2</sub>比（0.32分子比）。另一方面是由于钛衬里较薄，不便焊内件以及防止因焊内件引起的缝隙腐蚀、热影响区的选择性腐蚀和脆化等现象；同时还因焊内件给塔的维修带来的

不方便等等。但是如果在塔内设置筛板，在同样的操作条件下，可缩小塔的容积或提高塔的生产能力。例如，在达到同样的转化率前提下如果在塔内设置1块筛板，则物料在塔内的停留时间由原来的25分钟可降到22分钟；如设置3块筛板，则停留时间可降到19.5分钟；如设置7块筛板，则停留时下降到17分钟。因此在塔内设置筛板改善逆向混合的效果比采用较大的高径比措施来得更有效，对强化塔的生产更有利。

带筛板的列流式尿素塔：近年来，随着尿素装置向着大型化发展，尿素塔的容积越来越大。如果采用较大的高径比来减少逆向混合的危害，必然增加构筑物造价和安装困难。因此，对于大型的尿素塔，多采用带筛板的列流式尿素塔。例如，我国近年来从荷兰引进的11套大型尿素装置，其尿素塔就是采用这种型式的（详见图3-4）。塔内设置筛板的作用：(1)可消除逆向混合，使塔内物料流动接近于列流。(2)由于筛板把整个塔分成若干个小室和物料通过筛板时增速作用，使每个小室内的物料处于激烈的搅拌状态，可接近完全混合的程度。故整个塔相当于由许多个搅拌良好的反应器组合而成。(3)使气体分布均匀，增加气—液两相的接触面积。根据许多单位在尿素塔内进行的筛板对转化率影响的测定，都发现：转化率随筛板数的增加而增加。说明在塔内设置筛板是强化大型尿素塔的有效措施。目前几种常用的工艺流程所采用尿素塔的高径比和筛板情况见表3-7。

表3-7 几种典型工艺流程所采用尿素塔的高径比和筛板数

工艺流程名称	生产能力 吨/日	内 径 (毫米)	圆筒体高度 (米)	高径比	筛板数
溶液全循环法	240	1300	24.0	18.5	2
溶液全循环法	410	1400	28.3	20.2	2
溶液全循环 改良C法	1750	2100	34.7	16.5	0
二氧化碳汽提法	1740	2800	30.0	11.0	8
氨汽提法	1740	2250	44.0	19.5	0



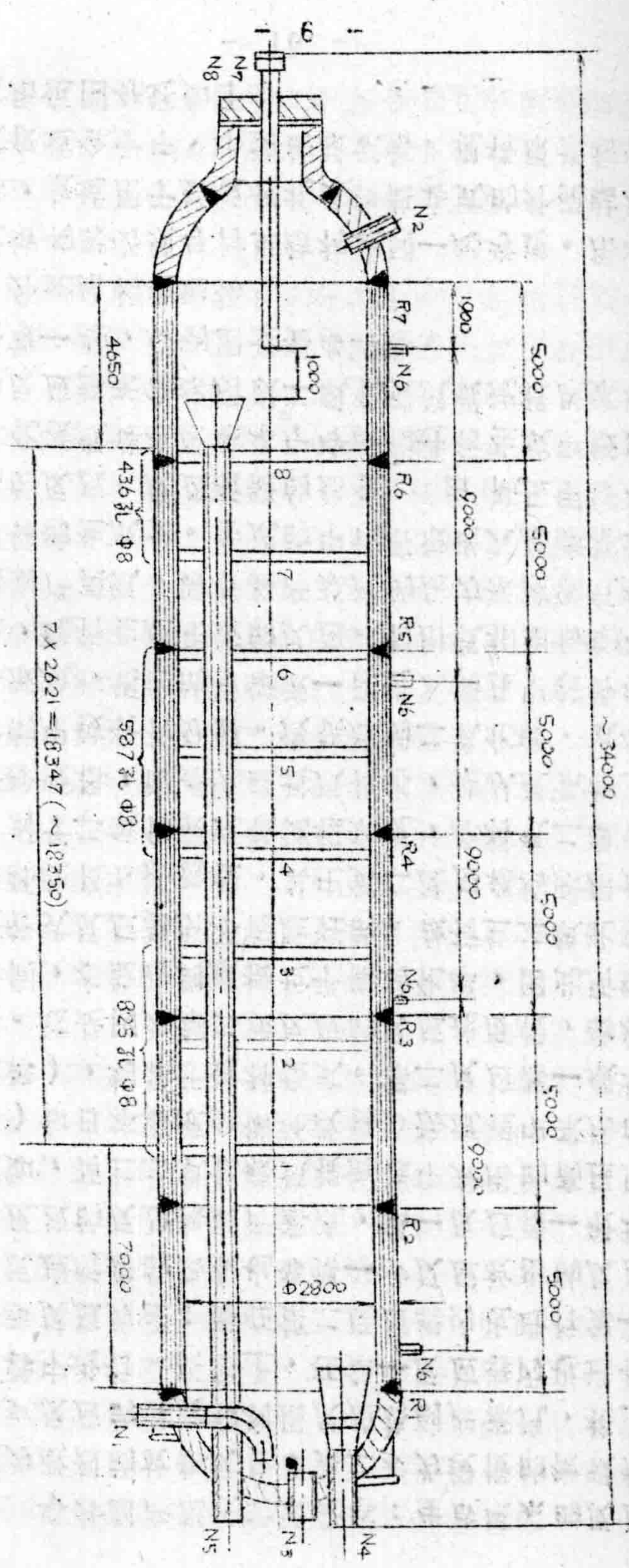


图 3-4 由荷兰引进的 48 万吨 / 岸尿素装置尿素合成塔外形