

兰州炼油厂基本建设经验第五辑

塔体和容器的制造

兰州炼油厂编



石油工业出版社

內 容 提 要

这本小册子共分五章，主要介绍石油工业部兰州炼油厂在基建过程中有关塔体和容器制造、塔盘安装法、管线预制、无缝弯头制造的改进和换热器制造的經驗。書中敘述詳尽，內容具体，实为从事石油炼制工业的基建工程人员和机械 engineering 人员的良好参考讀物。

統一書号：15037·821

兰州炼油厂基本建設經驗第五輯

塔体和容器的制造

兰州炼油厂編

*

石油工业出版社出版（地址：北京六鋪炕石油工業部內）

北京市書刊出版業營業許可証出字第093號

石油工业出版社印刷厂印刷 新华書店发行

*

787×1092 $\frac{1}{2}$ 开本 * 印张2 $\frac{1}{2}$ * 16千字 * 印1—2,500册

1960年1月北京第1版第1次印刷

定价(10)0.39元

目 录

第一章	塔体和容器制造經驗.....	1
第二章	塔盘臥装法經驗.....	46
第三章	管綫預制的探討.....	53
第四章	无縫弯头制造的改进.....	66
第五章	换热器制造經驗.....	73

第一章 塔体和容器制造經驗

塔和容器在炼油厂的设备中是佔着很重要的地位，其中尤其炼油厂的塔是各个装置中的心脏，它的制造和安装的质量，关系到一个装置的生产效率。在整个炼油厂设备的制造和工作中，塔和容器的工程量亦是比較大的，而且大部是受压的设备，质量要求亦較严格。兰州炼油厂在1959年上半年度的基建任务中，自制了几个装置的设备，首先制造的是各类塔和容器。在全国大跃进的形势下，全体职工个个干劲冲天，充分发挥了工人阶级的智慧，在制造工作中革新了和改进了很多操作方法，在半年时间内，基本上完成了常减压装置、热裂化装置及接触焦化装置等新建工程的塔和容器的制造工作。在施工的技术上我们是取得了一定的經驗，这些成績是可以肯定的。但是由于我們第一次担任这样繁重的制造任务，施工經驗还是不足的。因此在工作中亦就难免发生一些錯誤，这些成功的經驗和失敗的教訓都是值得我們进行总结，並且来进一步进行研究的。

1959年上半年我們所制造的塔和容器，大小类型不一，头盖的形式有半球形，有碟形，有平板式，比較突出的是下列几个设备：

设备重量最重——常减压装置K-5减压塔：

直径	6400毫米
长度	27320毫米

壁厚	16毫米
重量	185000公斤
头盖形式	半球形
设备直径最大——接触焦化装置E-13容器:	
直径	6500毫米
长度	26550毫米
壁厚	10毫米
重量	52200公斤
头盖形式	圆锥形
设备壁厚最厚——热裂化装置K-3塔:	
直径	2400毫米
长度	24000毫米
厚度	25毫米
重量	53690公斤
头盖形式	碟形

由于所制造的塔和容器的大小类型不一,所以只能将这些设备在制造工作中的一般性问题提出来进行总结。

头 盖 的 锻 制

头盖的锻制是塔体和容器制造工作中一个重要工作,质量优劣的关键所在。它的工艺操作最复杂,是制造塔体和容器工作中最困难的工作。人工锻制头盖的工作必须要有相当丰富经验的和熟练的技术工人才能进行。现在就下列各方面谈谈我们工作中的体会。

放样下料工作 锻制头盖的放样几何形状并不复杂,尤其是碟形头盖,放样下料就是一块圆形平板,其难以掌握的是其尺寸大小,碟形头盖的放样大小,在苏联“石油炼厂设备

之計算和設計”書中已有公式,直径720毫米以下碟形头盖毛坯直径 $D_3 \cong 1.378R + 2H - 3S$; 直径800 毫米以上碟形头盖

盖毛坯直径 $D_3 \cong 1.36 \left(R + \frac{S}{2} \right) + 1.5h$, 根据苏联标准

规范所給毛坯直径尺寸(見“石油炼厂设备之計算和設計”表44a及44b)鍛制結果直边部分都是太长,一般要长出40—50毫米,由于过长增加了压边的困难又浪費了材料。根据我們施工中有三种碟形头盖毛坯下料的經驗方法。画出头盖剖面图后用下列測量方法取得毛坯半径:

1. 用冲模压制的小形碟形头盖

$$\text{毛坯半径 } R_3 = h + a + b$$

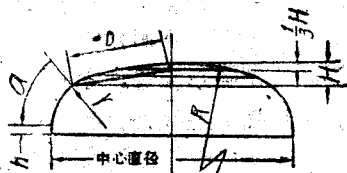


图 1

2. 用人工鍛制的大型碟形头盖

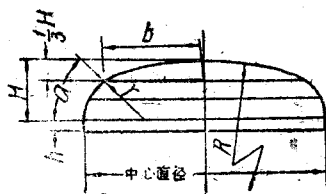


图 2

毛坯半径 $R_3 = h + a + b$
适用于厚壁容器

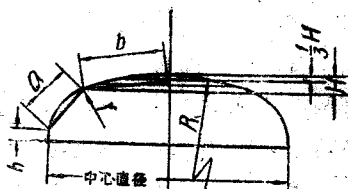


图 3

毛坯半径 $R_3 = h + a + b$
适用于薄壁容器

4

头盖鍛制的工艺 人工鍛制头盖必須有熟練的技巧和正确的工艺。工艺程度是否正确不但决定头盖的質量而且影响到工作速度。在工艺程序上，我們一般是先槽凸，再进行压边；在大型碟形头盖的鍛制工序上，第一道工序是打边工作。其程序如下面所示：



图 4
一般碟形头盖槽打工序

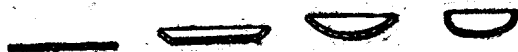


图 5
大型碟形头盖槽打工序

根据施工的经验大型碟形头盖，尤其是鋼板較薄的，先进行打边比較好，可以增加毛坯材料的強度，在加热炉中取出时不致使工作物弯曲变形；在压边时亦容易將直边打下。但打边不能过度，否則会使小曲率半径部分厚度減薄，打边的具体尺寸如下图 6。假如不是大型碟形头盖，鋼板加热后能保持它的剛性，就可以不必先打边，直接槽凸和压边就可以。槽凸的深度应少許超过样板一些，在压边时会发生收縮。其超过的深度，以头盖的大小，及鋼板厚度来决定，大概的尺寸見图 7。16毫米以上的鋼板可以按照样板槽凸，不必超过其深度，因鋼板較厚，压边时收縮較困难。

槽凸时應該从外圈逐渐向中心进行，这样可以使鋼板的延伸均匀，不致使头盖的中心过薄。槽凸时应随时注意鋼板的变形情况，其深度应逐渐均匀地加深，不应集中一点或一

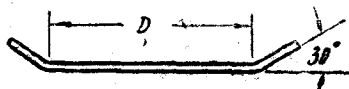


图 6

$$D = D_0 + r D_0 = \text{设备直径}$$

r = 小曲率半径

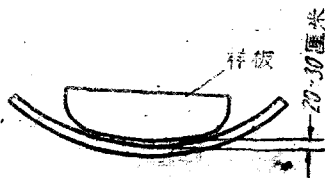


图 7

个区域，发现有鼓凸的地方应将它打下去。压边的工作比槽凸为困难，直边不容易紧贴胎具，要压边工作做得好，必须先做好加热工作，加热温度必须均匀，加热面积必须恰当。在沿圆周方向的加热长度在 800—1500 毫米左右。加热区域不宜过短，否则不容易将边压下去，但亦不宜过长，加热过长来不及捶打，使已经加热区域第二次又要加热。加热次数增多要减薄钢板的厚度。头盖径向的加热高度应该超过小曲率半径弧度约 120 毫米左右，这样一则可以使直边容易压下去，二则又可使小曲率半径的弧度紧贴胎具，符合设计的重量要求。锤打时应沿圆周顺一个方向逐渐进行。大锤的落点既要压边，亦要注意小曲率半径的弧度，假使有三个大锤轮番，可以规定一个锤锤打小曲率半径的弧度，另外二个锤直边，这样不致使小曲率半径不能靠胎。

加热炉及燃料 目前锻制头盖所用加热炉大都采用地炉，燃料则采用固体燃料，如焦炭或烟煤等。加热炉型式有下列二种型式，一种是槽凸炉，进行槽凸时使用；一边是压边加热炉。炉子结构应该结实些，槽凸时不再将工作物取出，在加热炉内槽凸可使工作物温度不易下降。压边加热炉

是进行压边之用，工作物亦不取出，祇是从中心旋轉一位置，加热部分放在胎具上进行錘打。

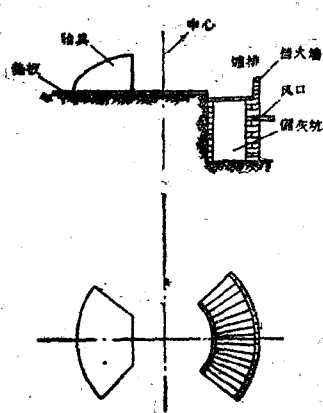


图 8

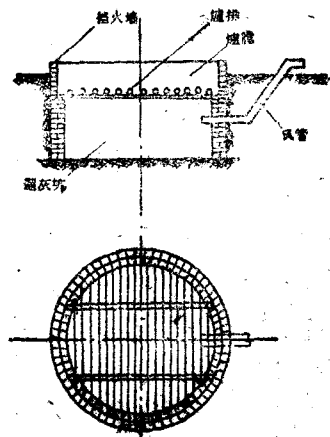


图 9

加热炉的结构和燃料渣的合理添加，对提高工作效率有很大关系，但过去对这方面并不太注意，因此常常在炉底清灰，清理炉排上的溶渣等非直接生产的时间上浪费时间很多。对燃料的节约亦很少考虑，现就加热炉的结构及燃料的使用上提出几点意见：

1. 燃料的添加 燃料的添加应该有适当的厚度，并要均匀撒播，尤其是大面积的加热炉。煤层的厚度以10—12厘米较为恰当，这样可使燃料的挥发物能够充分燃烧。根据实验，一般炉排式的炉子，在炉排上10厘米以上的煤层很难得到氧，由炉底上升的空气大都给炉排上10厘米内的煤层所吸收，因为空气与燃料的氧化反应快于空气上升速度，即使增加逾量空气亦只能增加下部煤层的燃烧速度，不能有助于上

层挥发物的燃烧，在实际工作每加一次10厘米左右厚的煤，已可以使钢板达到加热的要求，所以燃料的添加在10—12厘米是比较恰当的。

2. 炉排的間隙 炉排的間隙应该比其他一般加热炉要大一些，空隙的面积要佔炉排全面积的30—40%，間隙大小約10—15厘米比較恰当，因为加热炉的炉底是密封的，工作时不能进行清灰或通炉排的工作，燃料燃烧过程中有很多的灰渣或溶渣会掉入炉排間隙内，間隙过小就容易阻塞通风，影响燃烧效率。

3. 防止燃料結焦和烧坏炉排 溶渣熔点低的燃料容易結焦和烧坏炉排，在工作中应小心防止。发生这种原因主要是通风不良，煤灰阻塞炉排。工作中不要任意的捣扰煤层，已燃烧的煤屑掉入炉底后，煤屑就在炉底燃烧，如再有煤渣阻塞炉排間隙就容易使炉排烧化。炉排上的煤层应讓它結成蜂窝状的燃烧块，这样可以使上层煤层得到助燃的氧气。防止炉排烧坏的有效方法，在未生火前先在炉排上鋪上一层熟煤（未完全燃烧的煤屑顆粒），这样既可有通风，又可以保护炉排。

4. 燃料的消耗 燃料的消耗佔整个工作的成本不大（假使烧油料就比較大），所以一般不太注意它的消耗量，但节约燃料是有其重大的意义。估計目前焦炭的消耗量大概平均为150公斤/平方米/小时左右，烟煤的消耗还要大一些，其中損耗率是比較大。降低燃料的消耗除了合理添加燃料外，选煤工作亦是一个很重要工作，焦炭的大小在25厘米左右較為合适。如使用煤屑在煤屑上应洒上一些水，防止煤屑的飞揚，並使其含有适量的水（約8—10%左右）可以使煤层生

成蜂窝，使煤层通风良好，煤层能够完全燃烧，亦就是降低了燃料的消耗。

工作物的加热 工作物的加热在锻制工作中是一个重要的问题，加热过高工作物表面就会熔化；加热过低进行锻制影响钢板质量；加热次数过多，钢板表面氧化层剥落多，就要减薄钢板厚度。所以加热时必须正确掌握温度，加热至 1100°C 左右进行锻制工作是最适宜的，目前我们没有科学的仪器去掌握加热温度，只是凭眼睛观察火色来决定，当钢板呈淡黄色的时候大约就在 1100°C 左右。但是用肉眼观察是不正确的，在阳光反射之中很难观察正确，所以在露天进行工作最好盖上一个工作棚。加热时应根据经验注意加热时间，加热至相当时间应勤看火色，火色不易辨别时，用煤锤锤一下钢板，加热到 1100°C 左右钢板表面较光滑，没有毛粗的感觉。假使使用的燃料是烟煤，在加热时应注意煤屑附着在烧红的钢板上，煤屑接触钢板后会使钢板起渗碳作用，经锤打后钢板发生龟裂或严重的裂纹。所以头盖的锻制建议采用焦炭较好，最好不用煤屑。加热方法要采用烟火，使钢板内部亦要加热到与表面一样的温度。所以当钢板放入加热炉后，不应开大进风口，骤然间用猛火加热，应用烟火使钢板内外温度均匀上升，这样有利于钢板的可塑性。

● **头盖的质量问题** 头盖的质量问题发生有三种情况：一是几何形状是否符合设计要求，如椭圆度，大小曲率半径的弧度，深度等各方面；二是钢板的减薄量是否严重；三是钢板材料有无发生变质或龟裂。用人工锻制的头盖在这几个质量问题上，必须在施工中十分注意才能达到满意的质量。

几何形状的尺寸是否符合于设计要求对胎具的制作很有

关系，胎具的尺寸必須符合設計尺寸，如用大直径的胎具鍛制小直径的头盖，或用小直径的胎具鍛制大直径的头盖，都要影响圓度。尤其分瓣头盖更容易造成头盖的多角形。碟形头盖胎具的圓周弧长直径1200毫米以上的不能小于 $1/8$ 圓的弧长，直径1200毫米以下的不能小于 $1/4$ 圓的弧度。胎具的深度必須高出大小曲率半径的过度部分120—160毫米。分瓣式的胎具如用鋼板制造最好厚度比头盖厚一些。每鍛制一块后应浇水冷却，防止变形。

施工的結果，分瓣式头盖的減薄量情况較好，減薄最大不超过7%，（佔原鋼板厚度）。整个鍛制的碟形的情況較严重，一般減薄在10%左右，严重的达到35%。如減压塔用的3200直径碟形头盖，鋼板原厚度为16毫米，經鍛制后，中心厚度減薄为15毫米，直边部份的厚度仅存12.5毫米左右，減薄量很严重。用人工鍛制头盖，其減薄量完全取决于操作工人的技术，目前尙无积极的有效措施。其減薄的主要原因是加热次数过多，鋼板表面的氧化层剝落过多，祇要能減少加热次数，就可以避免鋼板的減薄。

在头盖的边緣往往因为下料切割不良，又因加热不恰当，容易使鋼板边緣渗碳，鋼板性質变脆，而产生細小的裂紋。所以建議头盖下料最好采用自动切割机，以保証質量。

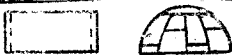
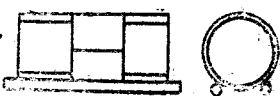
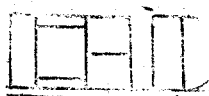
筒体的組合拼裝

筒体的組合拼裝工作是塔和容器定形的一道工序。組合工作做得好与坏，决定了整个設備的質量，所以筒体的組合工作是非常重要的。目前塔和容器組合拼裝的方法大概均用臥裝法或倒裝法。塔和容器的直径与高度之比相差悬殊，順

装法是不太采用的。一般塔和容器都采用卧装法组合，直径大钢板薄的塔体和容器则采用倒装法较合适。我们制造接触焦化的P-1，E-12，和E-13三个设备时采用了倒装法。

卧装法的程序及方法

卧装法的组合程序如下：

次序	工 序 名 称	简 示 图
1	筒体或头盖分段组合	
2	筒体组合	
3	筒体和头盖组合	
4	整体组合	
5	安装人孔管孔	

进行第一道工序时在工作平台上进行，将圈板和头盖组成一个分段组合体，用电焊将其点住，大直径的设备必须在内部用支撑顶住，以防卧倒时变形。第二道工序是在两根钢管组成的工作台上进行，钢管不允许用弯曲，必须相互平行，以保证拼装的筒装正直。第三道工序是头盖和筒体的组合，先将头盖和筒体的一段立着进行组合，这样头盖和筒体

的組合比較容易，臥倒安裝頭蓋就比較困難。第四道工序是頭蓋和筒體的組合，此時設備已形成一個整體。第五道工序是焊接人孔管孔或其他附件（塔的内部附件应在頭蓋與筒體未裝妥前進行）。臥裝法使用的起重工具一般可使用履帶式吊車，但容器直徑過大，重量超過吊車能量，或因吊車利用率太低，可以採用搖臂扒桿，其布置情形如圖10所示。

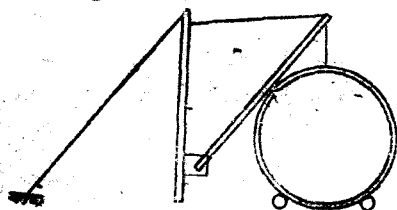


圖10

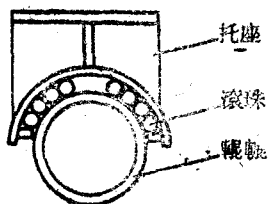


圖11

筒體或頭蓋在組合成分段體後，最好避免滾動，尤其是大直徑的容器。搬運時可用木排進行移動，木排可用多柱式的輾轆（見圖11）。可以減少移動時輾轆搬移的人工。

倒裝法的程序和方法 倒裝法在油罐安裝上是普遍採用，一般容器很少採用。我們接觸焦化的P-1，E-12，E-13三個設備的組合拼裝採用了倒裝法，現以這幾個設備的施工實例說明如后。

這三個設備的規格如下：

採用臥式安裝方法的困難是：容器直徑大，鋼板薄，很容易變形——產生橢圓，每拼裝一圈圓板，便要化費很多的時間去找圓。按我們的施工水平和設備，一個工日也不易對完。由於變形很大，質量又不易保證。這樣的做法就不符合大躍進的要求。

設 备 名 称	直 径	高 度	壁 厚
P-1反应器	5400毫米	29000毫米	14 毫米
E-12热载体燃烧罐	6400毫米	14680毫米	12及14毫米
E-13热载体儲罐	6500毫米	26550毫米	10 毫米

如果采用倒装方法，根据过去做油罐的经验，质量也不易做到令人满意的，塔身的弯曲亦不易达到要求。同时焊缝都是立焊和横焊，每对装一圈都要集中很多的焊工，要化费很长时间，这样便影响了铆工的对接，但和卧式安装方法比较，这些困难是可以克服的。

我們制造E-13, 12, P-1三个容器，由于设备基础尚未建起，是在离基础较远的地方先行预制，待基础建好后，再将容器运去吊在基础上。

一般倒装油罐在外围立四至六根扒杆，每装好一圈圈板，便将油罐提升一段。立扒杆多，可使油罐受力均匀，减少变形，使油罐质量好一些。可是制造这三个容器是在离基础较远之地方，将容器用倒装法制好以后，再行放倒，以运到安装工地，因此不宜多立扒杆，而只能立两个。扒杆少，是否起吊时，会使容器变形太大呢？经实践证明是不行的。因为容器的直径虽大（6400毫米），比起油罐来是少了。容器壁厚（10毫米）虽薄，比起油罐来又是厚多了。当时容器倒装时，是将圈板在外面对装成圈的，然后再拖到扒杆中间去，将容器已对好的部分坐在上面，这时两个扒杆已沒力量了，也就是說，容器此时不受扒杆的拉力了（而采

油罐倒装是办不到的），故也不会有变形，此时再进行点焊与焊接，質量也不会有问题了。

我們采用的倒装法过程如下：

將鋼板先在扒杆外面对装成一圈圈的，焊工將每圈之內壁立焊縫焊好。外壁不焊接。从頂圈一圈圈的倒装上去。二圈对接的环縫亦在內壁进行焊接，但要割45°坡口（如图12所示），外壁不焊接。將容器全部对装好和容器放倒以后，用自动焊机进行容器外面的縱縫和环縫的焊接。这样做，減少了容器对装时的焊接工作量，爭取了時間；采用了自动焊接，提高了劳动生产率。同时也給鉚工創造了条件，消灭了焊工在施焊时，鉚工的窝工現象。

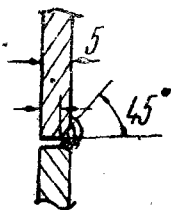


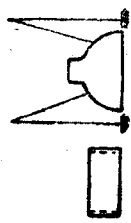
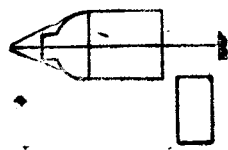
圖12

倒装法的程序簡略敘述如下：

上面的施工程序是为流水作业，各工序可以同时依次进行。第五道工序是为了設備不在現場施工，所以臥倒进行焊接，假使能在現場基础上进行倒装就不必要这道工序了，但是不能使用自动焊接，全部均要采用手工焊接。倒装法的采用，現場施工較为合理，不在現場施工增加起重工作和二次搬运是不合理的。

筒体組合的質量 筒体組合后的質量問題，大体表現在下列几个方面：

橢圓度 大直径的薄壁容器容易产生橢圓。采用倒装方法可以使筒体的橢圓好一些，采用臥装法就必須加支撐，加固筒体的強度。搬运时应尽量避免滾轉，每一圈組合后，应等待需要整体組合时才把它臥倒，不要长期的臥放，以免筒

工 序	工 序 名 称	工 作 情 况	
1	分組組合	將頂蓋、底蓋及筒體分圖在工作平臺上組合成一體。次序由頂至底	
2	分組搬運	將分組體（頂蓋，底蓋，筒體）搬運至整體組合台	
3	起吊組合	將分組體吊起進行組合，工作由頂蓋開始按次倒裝到底座	
4	焊接內部焊縫	用手工電焊焊接環縫，焊縫型式是單面坡口的橫焊	
5	臥倒焊接	將整個設備臥倒，用自動焊機進行焊接工作	