

中华人民共和国机械行业标准

JB/T 2549—XXXX
代替 JB/T 2549-2018

铝制空气分离设备制造技术规范

Specifications for manufacturing aluminum air separation plants

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持文件一并附上。

（征求意见稿）

— XX — XX 发布

XXXX — XX — XX 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语 1

4 符号 2

5 制造技术要求 2

6 焊接检验项目和试验方法 20

图 1 带直斗的对流塔板结构及其安装固定 3

图 2 常规对流型塔板结构 4

图 3 反向溢流斗 5

图 4 塔板装配常见间隙 6

图 5 环流塔板的平整度 C 6

图 6 对流塔板的平整度 C 6

图 7 环流塔板安装后的水平度 7

图 8 对流塔板安装后筛孔板水平度 7

图 9 筒体圆度 7

图 10 填料塔的常规结构图 8

图 11 常见整盘填料结构与安装要求 9

图 12 常见分块填料结构与安装要求 9

图 13 规整填料的填料片图 9

图 14 块状填料的结构与尺寸图 10

图 15 填料安装水平度图 11

图 16 填料安装平整度图 11

图 17 上下两层/盘填料相对方位 11

图 18 填料块之间使用插片填补间隙示意图 12

图 19 填料卧装 12

图 20 填料立装 12

图 21 分布器分布槽底的平整度 13

图 22 分布器分布槽底的水平度 13

图 23 塔体的水平移动、运输和搬运 14

图 24 塔的垂直起吊 15

图 25 卧放塔体逐渐竖起吊装 15

图 26 液氧斗的平整度 17

图 27 板翅式换热器上端面的水平度 18

图 28 Y 型过滤器结构型式 19

图 29 T 型过滤器结构型式 19

表 1 溢流口相对位置偏差 7

表 2 块状填料的检验要求 10

表 3 管板管孔直径及允许偏差 16

表 4 设备焊接接头 X 射线检测长度比例及合格级别 20

表 5 超声检测合格指标 21

前 言

本文件按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替JB/T 2549-2018《铝制空气分离设备制造技术规范》，与JB/T 2549-2018相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 增加了符号章节（见第4章）；
- 增加了空分设备容器用铝材的材料要求（见5.1.2）；
- 更改了铝制压力容器的焊后热处理要求（见5.1.6，2018版的4.1.4）；
- 更改了卧式容器和立式容器的支座或支承相关要求（见5.1.10，2018版的4.1.4）；
- 更改了铝制容器充氮压力要求（见5.1.11，2018版的4.1.4）；
- 更改了压力容器用材料要求（见5.1.13，2018版的4.1.4）；
- 删除了不同型式的溢流斗分类的文字介绍（见5.2.1.8，2018版的4.2.1.8）；
- 增加了塔体母线的直线度公差要求（见5.2.6）；
- 删除了卧放塔段吊装的详细文字要求（见5.2.7，2018版的4.2.7）；
- 更改了精馏塔的储存要求（见5.2.8，2018版的4.2.8）；
- 更改了绕管式换热器的要求（见5.3，2018版的4.3）；
- 增加了对采用胀接法的列管式换热器的要求（见5.4.5，2018版的4.4.5）；
- 增加了冷凝蒸发器的制造要求（见5.5）；
- 更改了吸附器的制造要求（见5.6，2018版的4.5）；
- 更改了铝制三通过滤器检验部分的要求（见5.8.3，2018版的4.7.3）；
- 修正了对产品焊接试板试验的要求（见6.2，2018版的5.2）；
- 更改了超声检测的要求（见6.3.2，2018版的5.3.2）；
- 增加了着色检测的要求（见6.3.3）。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国气体分离与液化设备标准化技术委员会（SAC/TC504）归口。

本文件起草单位：杭氧集团股份有限公司、苏州制氧机股份有限公司、四川空分设备（集团）有限责任公司。

本文件起草人：郑达海、姚蕾、左春梅、康康、许秦波、薛璞、张世俊、陈霞、孙浩然。

本文件及其所替代文件的历次版本发布情况为：

- 1979年首次发布为JB 2549-1979，1994年第一次修订，2018年第二次修订。
- 本次为第三次修订。

铝制空气分离设备制造技术规范

1 范围

本文件规定了铝制空气分离设备中的精馏塔（筛板塔、填料塔）、绕管式换热器、列管式换热器、冷凝蒸发器、吸附器、气液分离器、铝制三通过滤器的制造技术要求、检验项目和试验方法。

本文件适用于铝制空气分离设备的制造和验收。

注：本文件中未注明的压力为表压，加上“(A)”为绝压。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 1184-1996 形状和位置公差 未注公差值

GB/T 4436 铝及铝合金管材外形尺寸及允许偏差

GB/T 5330-2025 工业用金属丝编织方孔筛网

GB/T 10606 空气分离设备术语

HG/T 21559.3 不锈钢丝网波纹填料

JB/T 4734-2002 铝制焊接容器

JB/T 6896-2007 空气分离设备表面清洁度

JB/T 12343 空气分离设备用金属孔板波纹填料 技术条件

NB/T 10938 绕管式热交换器

NB/T 47013(所有部分) 承压设备无损检测

NB/T 47014 承压设备焊接工艺评定

NB/T 47041 塔式容器

NB/T 47042 卧式容器

NB/T 47065(所有部分) 容器支座

3 术语

GB/T 10606中界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

净过滤速度 net filtering velocity

流体体积流量与过滤器中收集杂质的滤材面积的比值。

3.2

规整填料 structured packings

在塔内按均匀几何图形排布，整齐堆砌的填料。

4 符号

下列符号适用于本文件：

C——平整度，mm；

D——塔体内径，mm；

DN——筒体的名义直径，mm；

D_{max}——壳体同一断面的最大直径，mm；

D_{min}——壳体同一断面的最小直径，mm；

Y——水平度，即相对于水平面的倾斜度，最高点与最低点间的垂直距离，mm；

d——筛板塔的筛孔直径，mm。

5 制造技术要求

5.1 基本要求

5.1.1 铝制空气分离设备（以下简称空分设备）的制造应符合本标准的规定，并按规定程序批准的设计图样和技术文件制造。

5.1.2 空分设备容器用铝材应符合相应的国家标准或行业标准的要求。受压元件用材应附材质证明。压力容器用材料，包括焊接材料，其性能、质量、规格与标志应符合相应的国家标准和行业标准的规定。

5.1.3 空分设备所有零部件均应严格清洗，除去机械杂质并除油脱脂，符合 JB/T 6896-2007 中 5.1 和 5.2 的规定。

5.1.4 空分设备中铝及铝合金零件的焊接应采用钨极氩弧焊或熔化极氩弧焊，不应采用气焊或电弧焊。

5.1.5 容器的焊接工艺评定应符合 NB/T 47014 的规定。

5.1.6 容器的焊后热处理应符合 JB/T 4734-2002 中 10.4 的规定。从事铝制压力容器制造的焊工应经培训，通过考核，取得相应项目《特种设备作业人员证》，方可上岗施焊。

5.1.7 容器焊缝的返修应符合 JB/T 4734-2002 中 10.3.7 的规定。

5.1.8 容器的制造应有专用的场地，不应与黑色金属制品及其他产品混杂制造；应考虑室内制造，工作场所应保持清洁、干燥，严格控制灰尘、飞溅物，防止铝制容器表面机械损伤。

5.1.9 容器焊接坡口一般采用机械方法加工，表面应光洁平整。坡口及其两侧焊前应严格清洗，坡口表面不应有裂纹、分层、折叠、撕裂等缺陷。

5.1.10 卧式容器的支座或支承应符合 NB/T 47042 和 NB/T 47065.1 的要求。立式容器的支座或支承应符合 NB/T 47041、NB/T 47065.2、NB/T 47065.3、NB/T 47065.4 和 NB/T 47065.5 的要求。

5.1.11 精馏塔、绕管式换热器、列管式换热器、冷凝蒸发器和气液分离器等铝制容器试压后，应将内腔及通道吹干，外表清洗干净，并向其内部充灌干燥的氮气（充氮压力为 1 kPa ~10kPa），封闭所有人孔、手孔、管口和接口；氮封时，每腔应安装压力表，压力表宜安装在设备处于氮封、贮存及运输状态下便于读取数据的位置。

5.1.12 除非图样另有规定，设备的外表面均不涂防锈漆。

5.1.13 对空分设备中压力容器的制造单位要求如下：

- a) 铝制压力容器制造（含现场组焊，下同）单位，应取得特种设备制造许可证，按照批准的范围进行制造；

- b) 铝制压力容器制造单位，应严格执行有关法规、安全技术规范及其相应标准，按照设计文件制造；
- c) 铝制空分设备中的压力容器出厂时，制造单位应向用户提供以下技术资料：
 - 1) 竣工图样；
 - 2) 产品质量证明文件；
 - 3) 特种设备监督检验证书（对需监督检验的压力容器）；
 - 4) 产品装箱清单；
 - 5) 清洁度（包括油脂含量）检验报告。

5.2 精馏塔

5.2.1 筛板塔

5.2.1.1 筛孔板是筛板塔中塔板的关键零件（见图 1 和图 2），其材料通常选用 5052-O、5083-O 等铝合金板。制作塔板的板材必须平整，不应有翘曲、凹陷、凸起、裂纹、划伤和氧化腐蚀等缺陷。

5.2.1.2 筛孔板拼合后应平整，拼板间的间隙宽度不应大于 $0.5d$ 、间隙连续性长度不应大于 3mm 且不允许出现“V”形拼接结构（相连接的拼板折边与筛孔板上表面应相互垂直）。成型后，筛孔板表面仍应保持光洁、无明显毛刺。

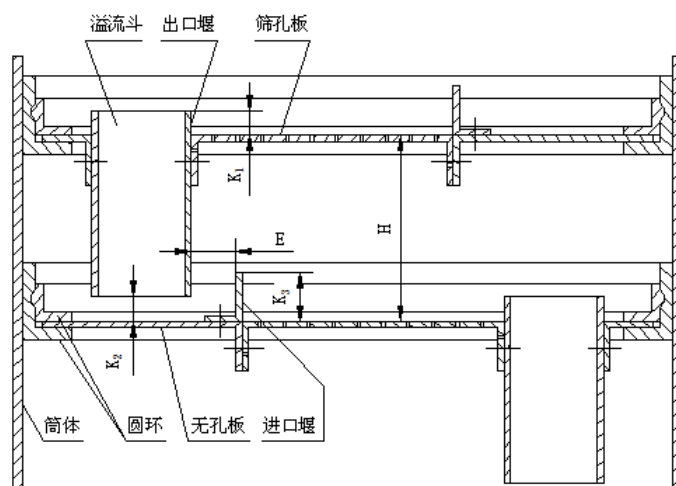


图1 带直斗的对流塔板结构及其安装固定

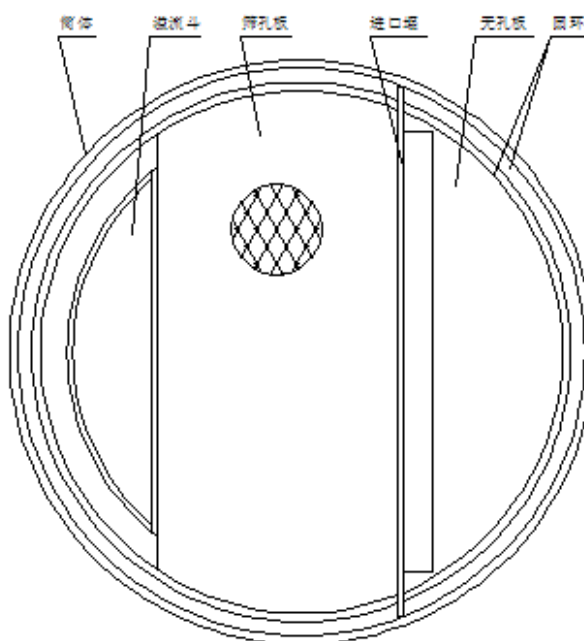


图2 常规对流型塔板结构

5.2.1.3 筛孔板上筛孔直径 d 允许偏差通常为 $\pm 0.05\text{mm}$ ；每块筛板上不允许有 20% 以上的筛孔其直径超出偏差，且最大允许偏差为 $\pm 0.1\text{mm}$ ；每块筛板上漏冲孔数不应超过总数的 0.3%；筛孔分布应均匀。三角形排列的筛孔，其间距偏差不应超过图样规定值的 $\pm 10\%$ 。筛孔本身表面必须光洁。

5.2.1.4 筛板塔内夹持和固定塔板的夹持件，如固定用圆环（见图 1）必须平整，宜使用整料制成。特殊情况下允许采用拼接，但拼接成的圆环应保持平整。拼接料或圆环连接之间的间隙要求 $\leq 1.0\text{mm}$ ，装配时塔板上下两圆环的缺口应相互错开。

塔板固定用圆环中的下圆环一般在塔板安装前焊接于筒体上，焊接后仍应平整且水平（即与筒体轴线相互垂直）。相邻两塔板所用固定环之间的距离应符合图样的规定，允差范围为 $\pm 1\text{mm}$ 。

塔板固定圆环焊接后应不影响塔体，下固定环焊接一面应密封，另一面可采用间断焊接。

5.2.1.5 制作其它塔板部件（如溢流斗、无孔板、进口堰等）应选用易弯折、易定型、易铆接的铝板，表面应光洁、平整、无毛刺。

5.2.1.6 支承固定塔板的支承装置（包括支承圆环、工字梁等）应整料制成，表面应平整无翘曲变形无毛刺；安装后牢固稳定，且与塔板同等要求水平度和平整度。

5.2.1.7 液体进出口装置的槽体，应保证盛装液体面平整、光洁、无明显毛刺，整件完工后无翘曲变形；安装后水平度和平整度要求 $\leq (1/1000) D$ 且最大不超过 3.0mm 。液体槽安装后应注意检查液体盛装空间的各封闭贴合边等，确保密封、不漏液。

5.2.1.8 溢流斗装配时，每块塔板上的溢流堰高度 K_1 、塔板底隙 K_2 、进口堰高度 K_3 、溢流口的通道尺寸 E 及塔板间距 H 等应按图样要求严格控制（ K_1 、 K_2 、 K_3 和 H 应控制在 $\pm 0.5\text{mm}$ 的范围内）；还应确保上一层溢流斗出口位于相邻的下一层受液槽（由无孔板等构成）之上。

对于溢流斗和受液槽为分体式结构的溢流斗，分体连接的位置须致密、紧贴，尽可能与溢流斗和受液槽为一体式的结构效果相同。

根据溢流方向的不同，允许有图3所示的溢流斗与受液盘的结构形式。

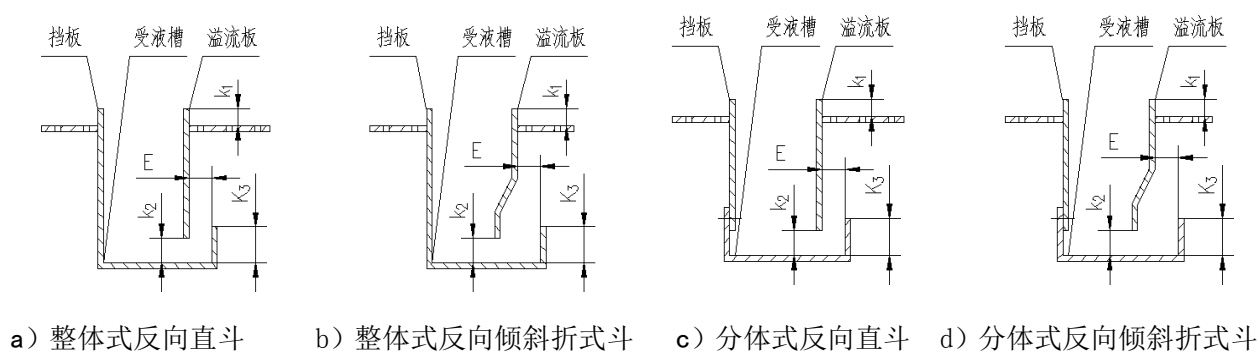
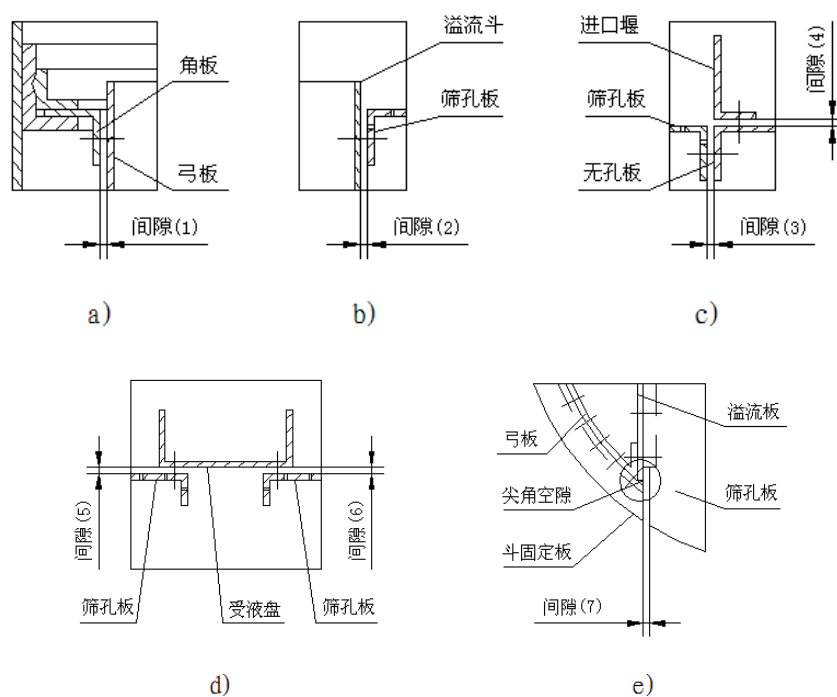


图3 反向溢流斗

5.2.1.9 塔板装配后除了拼板之间的间隙外，还包括图4中所示的间隙(1)~间隙(10)。塔板装配时，要求各间隙(缝隙或空隙等)不应大于 $0.5d$ ，且不允许出现连续性长度超过 3 mm 的间隙和“V”形间隙，塔板零件装配时(如无孔板、筛孔板、进口堰等)间隙内应进行清洁，不应让金属碎屑残留在间隙内。

除筛孔板外的其余塔板零件(如无孔板、受液槽、溢流板等)制作时若需要拼接，应符合5.2.1.5的规定，应尽可能做到无缝拼接以使装配时达到整件制作的效果。



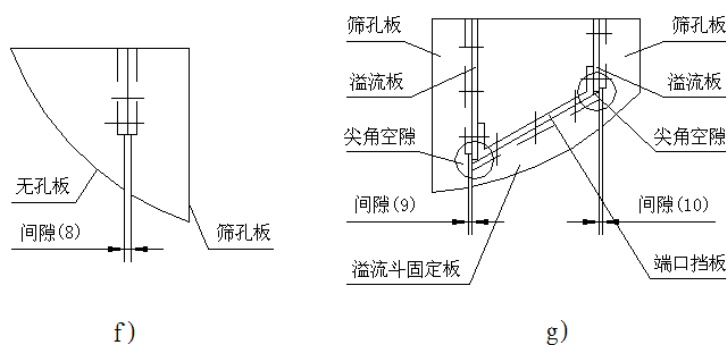
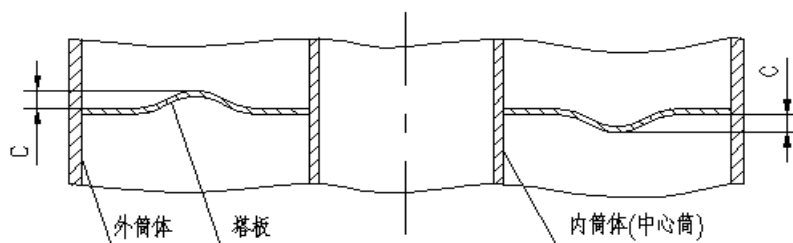
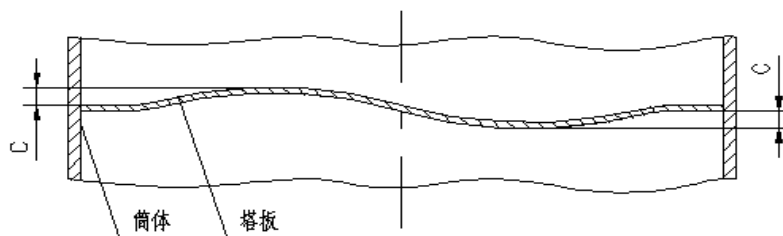


图4 塔板装配常见间隙

5.2.1.10 塔板须平整，塔板装入筒体后的平整度 C （见图5和图6）应符合下列要求：

- a) 当 $D < 1000\text{mm}$ 时， $C \leq (2/1000) D$ 且 $C \leq 1.0\text{mm}$ ；
- b) 当 $D \geq 1000\text{mm}$ 时， $C \leq (1/1000) D$ 且 $C \leq 2.0\text{mm}$ 。

图5 环流塔板的平整度 C 图6 对流塔板的平整度 C

5.2.1.11 塔板装入筒体后应保持水平，其水平度 Y （见图7和图8）应符合下列要求：

- a) 当 $D < 1000\text{mm}$ 时， $Y \leq (2/1000) D$ 且 $Y \leq 1\text{mm}$ ；
- b) 当 $D \geq 1000\text{mm}$ 时， $Y \leq (1/1000) D$ 且 $Y \leq 3\text{mm}$ 。

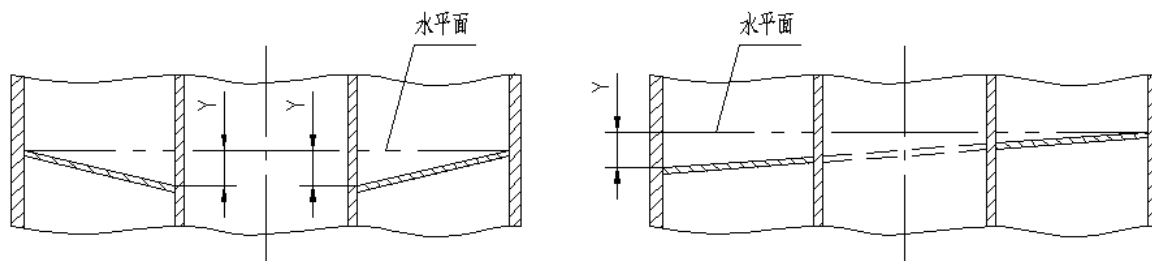


图7 环流塔板安装后的水平度

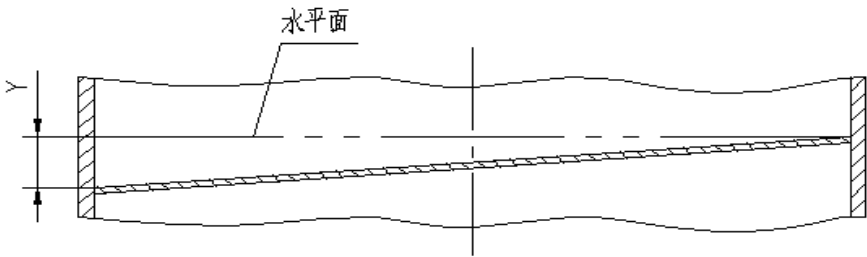


图8 对流塔板安装后筛孔板水平度

5.2.1.12 对多溢流口的环流型塔板，其溢流口在塔板周向均匀分布，各溢流口相对位置偏差应符合表1的规定。对多溢流口的对流型塔板，其溢流口在塔板中应按图样要求分布，各溢流口相对塔中心的位置偏差应 $\leq \pm 3\text{mm}$ 。双边溢流斗安装时应确保居中于下面的受液盘。

表1 溢流口相对位置偏差 单位为毫米

塔板直径 D	偏差
≤ 1000	≤ 2
$> 1000 \sim 2000$	≤ 3
$> 2000 \sim 3000$	≤ 4
> 3000	≤ 5

5.2.1.13 对于中心筒结构的塔板（如环流型塔板等），内筒支撑也必须稳固，内、外筒上部连接处的焊缝必须气密，不允许泄漏。

5.2.1.14 成形后的筒体任意截面上的圆度公差，即 $D_{\max} - D_{\min} \leq (4\% \times DN)$ 且 $\leq 15\text{mm}$ （见图9）。

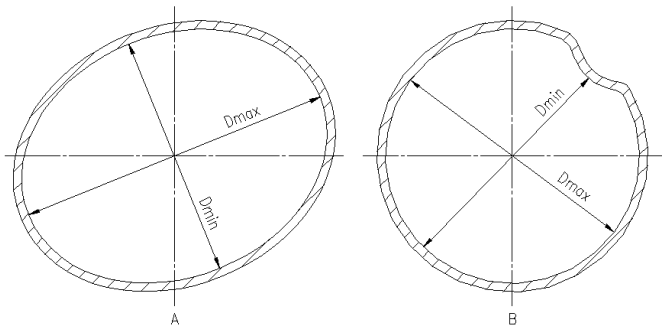


图9 筒体圆度

5.2.1.15 多段筒节拼制的筒体，其环向焊接接头的位置以设置在上下两块塔板安装位置的中间为宜。

5.2.1.16 在装焊塔板过程中，不应损伤塔板；每装毕一块塔板，应进行一次清洁工作，不应让金属碎屑、油污、脏污及其它机械杂质等进入塔内。

5.2.2 填料塔

5.2.2.1 安装区域应保持干净整洁，严禁烟火，确保安全；其焊接工作区域应尽可能封闭，保持其独立性。在填料安装的过程中，应铺设专用的干净垫子供填料安装过程中传承放置使用。

5.2.2.2 填料塔的常见内件有填料、液体分布装置、填料紧固装置、填料支承装置、液体收集再分布及进料装置、气体进料及分布装置、除沫装置等（见图 10）。

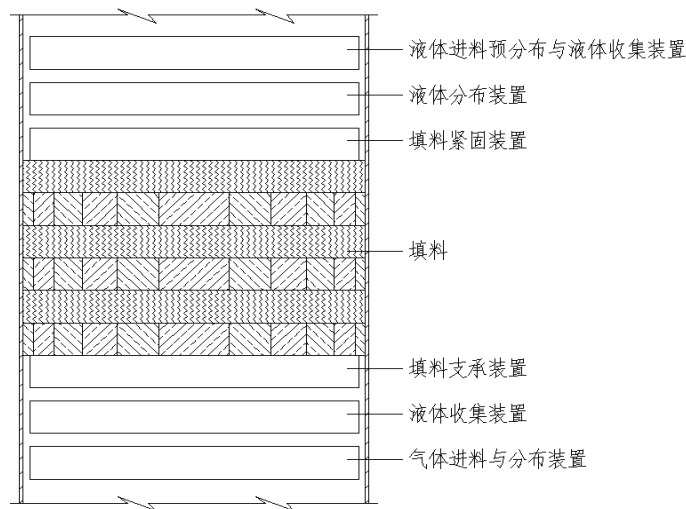


图10 填料塔的常规结构图

5.2.2.3 金属孔板波纹填料应符合 JB/T 12343 的规定，不锈钢丝网波纹填料应符合 HG/T 21559.3 的规定。

5.2.2.4 精馏塔所用的填料为规整填料，有整盘填料和分块填料两种结构型式（见图 11 和图 12）。整盘填料由合格的填料片箍紧成盘、不松散，要求填料盘上的所有填料片之间间隙均匀，各填料片自然伸展无弯折，相互间无挤压变形（填料片结构见图 13），填料盘上下表面平整（对于 $DN \leq 2000\text{mm}$ 的塔填料表面平整度要求为 $\pm 1\text{mm}$ ，对于 $DN > 2000\text{mm}$ 的塔填料表面平整度要求为 $\pm 1.5\text{mm}$ ）、无明显色差、无铝屑、毛刺等，在填料盘的高度方向，周边上下均匀一致、不允许圆锥或斜圆柱形结构；分块填料要求入厂前预成盘检验（填料块结构见图 14），或按表 2 的要求检验填料块（检验时要求注意填料块的累积尺寸）。对于穿钉固定的填料，打入穿钉时须注意穿钉位置相互错开，不应有填料拼盘后穿钉与穿钉相抵的情况；分块填料不允许出现十字拼装，对于拼装成盘的填料，拼块位置必须相互错开。

填装填料的筒体塔段内壁必须磨平，确保筒体内壁上下各圆截面内径相同，推荐按 ϕDN^{+3}_{+1} 进行内径控制；填料安装前，筒体内壁各圆截面的圆度公差 $D_{\text{max}} - D_{\text{min}} \leq (2.5\% \times DN)$ 且 $\leq 15\text{mm}$ （见图9）。在此前提下，整盘填料的外径按米字法测量，且要求在 $DN^{-3}_{-7}\text{mm}$ 范围内；分块填料预拼盘后的尺寸与整盘填料相同。

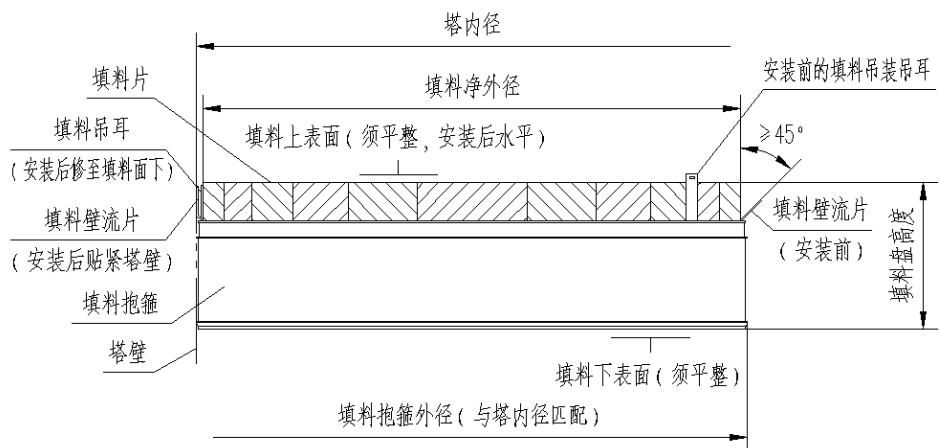


图11 常见整盘填料结构与安装要求

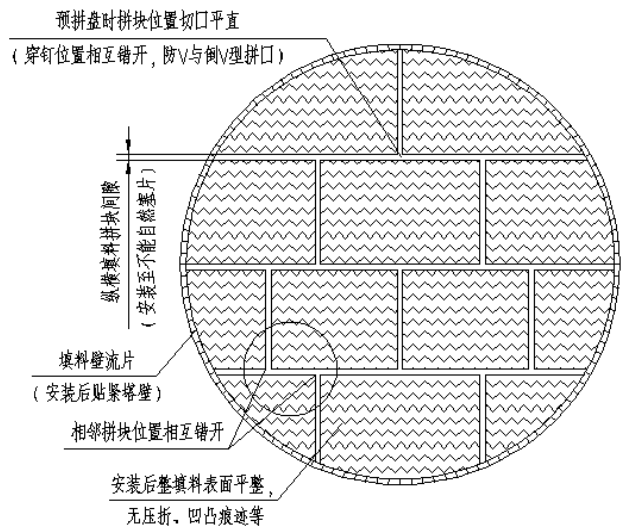


图12 常见分块填料结构与安装要求

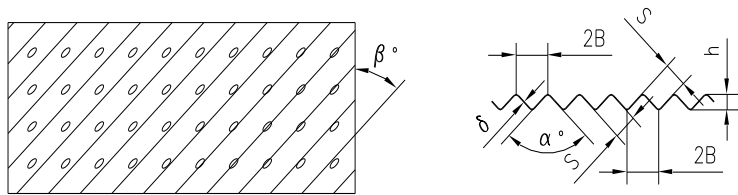


图13 规整填料的填料片图

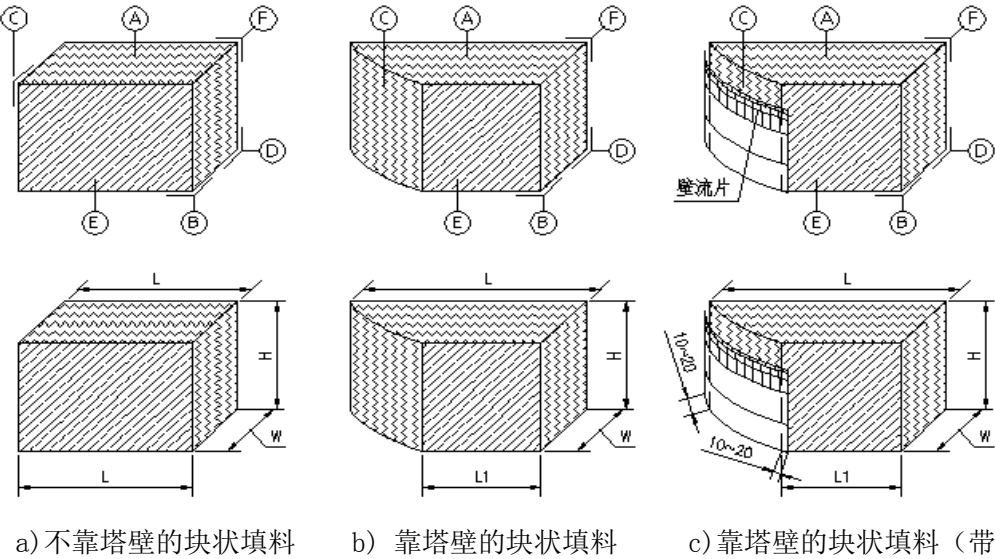


图14 块状填料的结构与尺寸图

表2 块状填料的检验要求

结构型式		远塔壁的填料块	靠塔壁的填料块 (无壁流片)	靠塔壁的填料块 (带壁流片)
填料各面	A\B	平整（最高与最低高度差 $\leq 1.5\text{mm}$ ）， $A \parallel B$	平整（最高与最低高度差 $\leq 1.5\text{mm}$ ）， $A \parallel B$	平整（最高与最低高度差 $\leq 1.5\text{mm}$ ）， $A \parallel B$
	C/D	上下尺寸一致，垂直于A\B面	上下尺寸一致，垂直于A\B面	上下尺寸一致，垂直于A\B面
	E/F	上下尺寸一致，垂直于A\B面	上下尺寸一致，垂直于A\B面	上下尺寸一致，垂直于A\B面
尺寸偏差	L	± 1 （注意控制累积尺寸）	± 1 （注意控制累积尺寸）	± 1 （注意控制累积尺寸）
	H	± 1	± 1	± 1
	W	± 1 （注意控制累积尺寸偏差 $\pm 0.5h$ ）	± 1 （注意控制累积尺寸偏差 $\pm 0.5h$ ）	± 1 （注意控制累积尺寸偏差 $\pm 0.5h$ ）
	L1	± 1 （注意控制累积尺寸）	± 1 （注意控制累积尺寸）	± 1 （注意控制累积尺寸）
	R	± 1	± 1	± 1
	壁流片	/	/	按图两边均大出填料块 10mm~20mm
其余		各填料片间间隙均匀无变形，整块填料规整	各填料片间间隙均匀无变形，整块填料规整	各填料片间间隙均匀无变形，整块填料规整

- 5.2.2.5 填料安装前，筒体内壁宜做好高度和方位参考标记，供填料安装后进行安装质量检查。
- 5.2.2.6 填料装入筒体后水平度要求，其相对于水平面的倾斜度 Y （见图 15）应符合下列要求：
- a) 当 $D < 1000\text{mm}$ 时， $Y \leq (2/1000) D$ 且 $Y \leq 1\text{mm}$ ；
 - b) 当 $D \geq 1000\text{mm}$ 时， $Y \leq (1/1000) D$ 且 $Y \leq 3\text{mm}$ 。
- 5.2.2.7 填料应平整，填料装入筒体后的平整度 C （见图 16）应符合下列要求：
- a) 当 $D < 1000\text{mm}$ 时， $C \leq (2/1000) D$ 且 $C \leq 1.0\text{mm}$ ；

b) 当 $D \geq 1000\text{mm}$ 时, $C \leq (1/1000) D$ 且 $C \leq 2.0\text{mm}$ 。

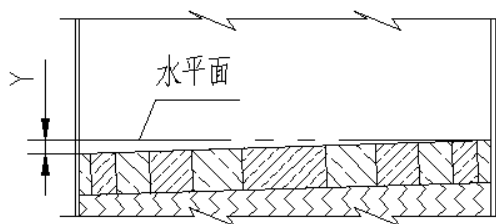


图15 填料安装水平度图

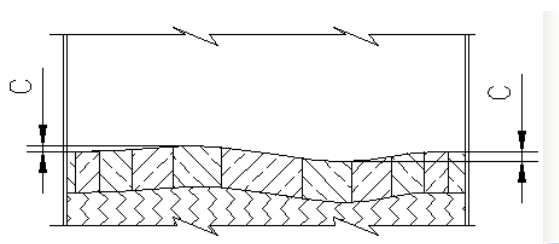


图16 填料安装平整度图

5.2.2.8 填料安装完一盘, 应确保壁流片贴紧塔壁且周向封闭无缝隙、填料上表面的填料片无损伤或损伤已修复、经高度比对确认与上一盘填料接触到位且没有损伤上一盘填料, 要求焊接的铝制件(如整盘填料的铝吊耳等)全部焊接牢固且无损伤, 填料安装的零部件修正到位(如整盘填料的钢吊耳修正至填料端面以下等), 清洁完塔体后再安装下一盘填料。

5.2.2.9 同塔段填料的上下相邻两盘填料要求交叉 90° 安装(见图 17)。

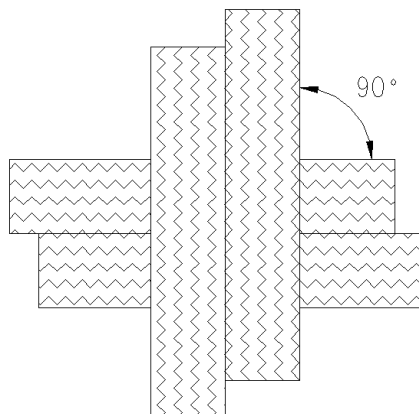


图17 上下两层/盘填料相对方位

5.2.2.10 分块填料入塔拼装按拼装图的规格排列进行, 保证本盘填料和上下相邻两盘填料的拼块位置和穿钉位置相互错开; 对于连接缝隙较大的填料块间隙位置, 按图 18 所示在填料块之间插补填料插片至不能自然塞入填料片为止。但应注意, 插补填料片不能过于集中(同一处允许最大插补间隙为 50mm)。

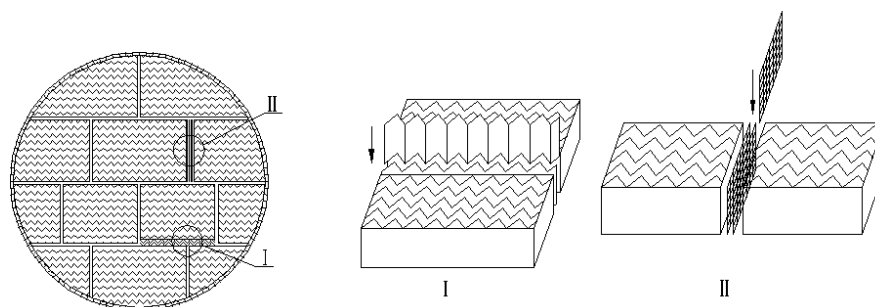


图18 填料块之间使用插片填补间隙示意图

5.2.2.11 填料安装时须戴无纤维质手套，不可用手直接接触填料。

5.2.2.12 填料安装有立装和卧装两种方式：卧装时按图 19 所示方式采用夯实工具或叉车水平推入精准固定的塔内；立装时按图 20 所示方式搭制平台、采用吊装工具使填料平稳竖直进入塔内。填料表面不允许有集中载荷，不允许操作人员直接踩在填料表面，不允许损伤填料。

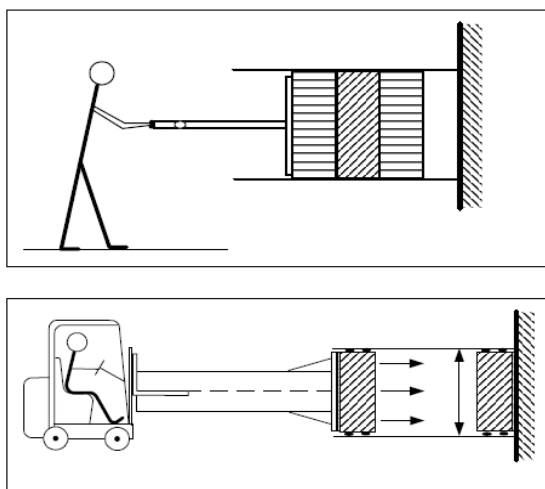


图19 填料卧装



图20 填料立装

5.2.2.13 液体分布器应满足下列要求：

- a) 液体分布器表面应清洁无油、规则平整，表面无锈蚀、机械杂质、灰尘等；分布器各小孔及所有切口处不应有任何毛刺，表面不应有飞溅物；

b) 液体分布器应满足下列制造要求:

- 1) 结构尺寸应符合图样的规定; 高度公差为 $\pm 2\text{mm}$, 直径公差为 $\pm 2\text{mm}$;
- 2) 分布器的分布槽槽体与槽底应相互垂直, 分布槽槽底平整度 (见图 21) 和水平度按 (见图 22) 塔的公称直径 DN 来描述, 要求: 平整度 $C \leq DN/1000$ 且 $C \leq 1.5\text{mm}$, 水平度 $Y \leq DN/1000$ 且 $Y \leq 3.0\text{mm}$ (测量分布器的水平度时, 应采用同一高度上的水平面为基准);

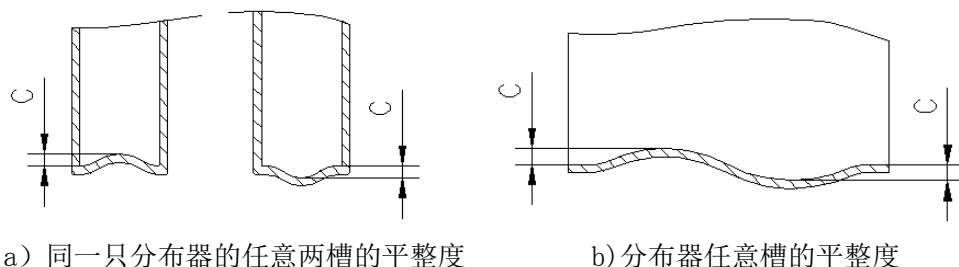


图21 分布器分布槽底的平整度

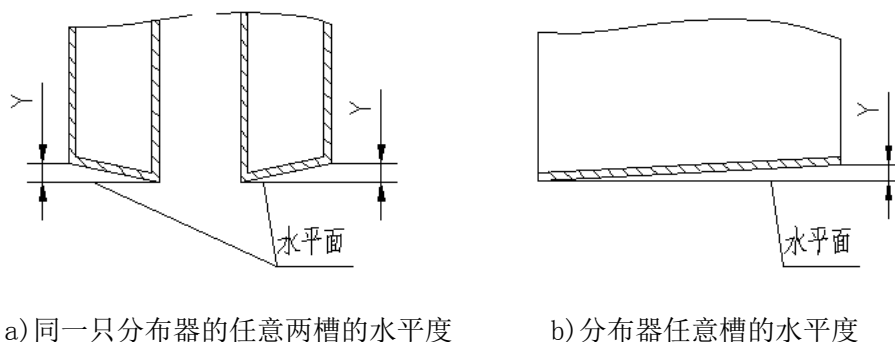


图22 分布器分布槽底的水平度

- 3) 分布器液体孔相邻两孔的孔距公差为 $\pm 0.5\text{mm}$; 分布器液体小孔孔径公差为 $\pm 0.05\text{mm}$;
 - 4) 所有液体孔加工后应均匀一致 (即所有孔的孔径偏差方向一致, 不应有中心区域集中正偏差或负偏差而周边区域偏差相反的情况), 液体小孔为柱状孔且垂直于厚度方向。
- c) 盛水试验的结果表示: 任意同样大小的区域内同等时间得到的液体量相同; 液体垂直向下流动, 无偏流现象;
- d) 分布器吊起时, 应平稳规整, 无变形现象发生;
- e) 安装后分布器应水平, 水平度 $Y \leq DN/1000$ 最大不超过 2mm 。
- 5.2.2.14 液体收集器底面应平整, 平面公差为 $\pm 1.5\text{mm}$, 任意两收集板应平行。液体收集器不应翘曲, 各收集板之间的连接应牢固, 相邻收集板间距应符合图样要求。安装后液体收集器应稳固, 叶片规整。
- 5.2.2.15 填料压圈的圆度公差为 $\pm 2\text{mm}$, 平面度公差为 $\pm 1\text{mm}$ 。安装后压圈应尽可能无空隙地压紧填料, 不应有压折填料片等损伤填料的情况。
- 5.2.2.16 支承格栅安装后应稳定、牢固, 圆度公差为 $\pm 2\text{mm}$, 平面度公差为 $\pm 1\text{mm}$ 。支承栅板的水平度 $Y \leq DN/1000$ 最大不超过 4mm 。

5.2.3 其余塔内件的安装

- 5.2.3.1 对于用多个支承件固定安装的塔内件, 与塔内件相接触的支脚平面上, 两相邻支脚的水平度均应 $\leq 1\text{mm}$, 任意两支脚的水平度均应 $< 3\text{mm}$; 支撑应严格按图样规定的方位进行安装、分布。
- 5.2.3.2 所有内件的安装方位均应按图样的规定进行。

5.2.3.3 与塔体焊接的辅助焊接件严格按图样的规定施焊（包括焊接电流、焊角高度、焊接性等）；内件安装时，不应损伤塔内件或造成塔内件变形，保证塔的直线度和垂直度。

5.2.3.4 盛装液体的液体槽，要求安装后水平度 $Y \leq DN/1000$ 、且最大不超过 3mm；支承填料或塔板支承件的支承面要求安装后水平度 $Y \leq DN/1000$ 、且最大不超过 3mm。

5.2.3.5 整体式塔内件入塔须平稳，确保在塔内件及塔体不受损伤；分块式塔内件入塔后用不锈钢螺栓、螺母固定连接，连接后不锈钢螺栓、螺母应点焊牢固防止松动。

5.2.4 塔内件安装附属要求

用于安装塔内件的器具、工具等应进行除油脱脂，严格控制油脂残留量，并符合JB/T 6896-2007中5.2的要求；操作人员应穿戴洁净无油的工作鞋服、防切割手套（手套要求用无纤维质）、护目镜和安全帽进行操作。

5.2.5 塔体外表面的元件安装

在装好内件的塔体外表面焊接元件（如吊耳、垫板等）时，应使用尽可能小的焊接电流，缓慢施焊，以免影响塔内件和塔的直线度等。塔外焊接元件设置应避开塔体对接焊接接头。

5.2.6 塔体外表面外观要求

塔体母线的直线度公差，最大不超过塔体高度的1/1000，且应控制在 $\pm 10\text{mm}$ 范围内。

安装完成的塔体外表面应光洁、无油污等，不应存在划痕、点蚀等，并符合JB/T 6896的要求。

5.2.7 精馏塔塔体或塔段的移动与运输

铝制塔段或整塔的起吊一般采用柔性吊索；起吊时应采用专门的吊装工具，两侧柔性吊索平行（垂直向上），与竖直方向夹角 $\leq 3^\circ$ ；正确的吊装方法详见图23和图24。

塔的移动、搬运、吊装等均应按图23和图24（或与之相当的方法）进行，不应采用有夹角的绳索直接挂在塔体上，避免造成塔内件变形，影响塔性能；采用柔性吊索直接作用在塔体上吊装时，注意箍紧塔体以防滑落。

卧放塔段吊装按图25的规定逐步进行。

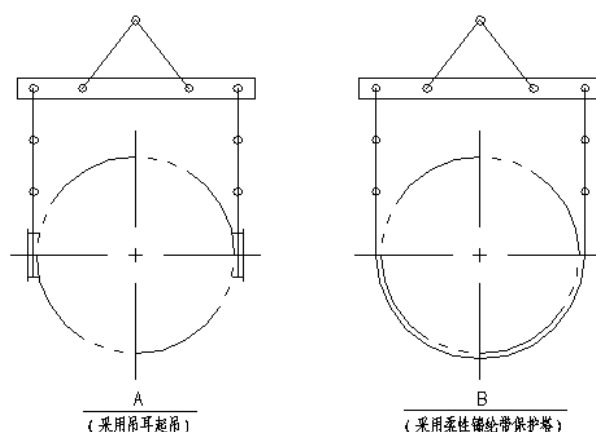


图23 塔体的水平移动、运输和搬运

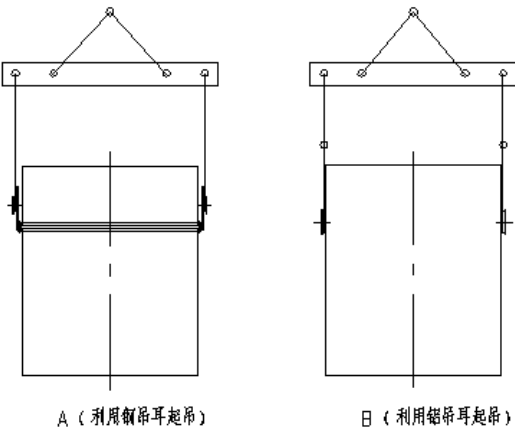


图24 塔的垂直起吊

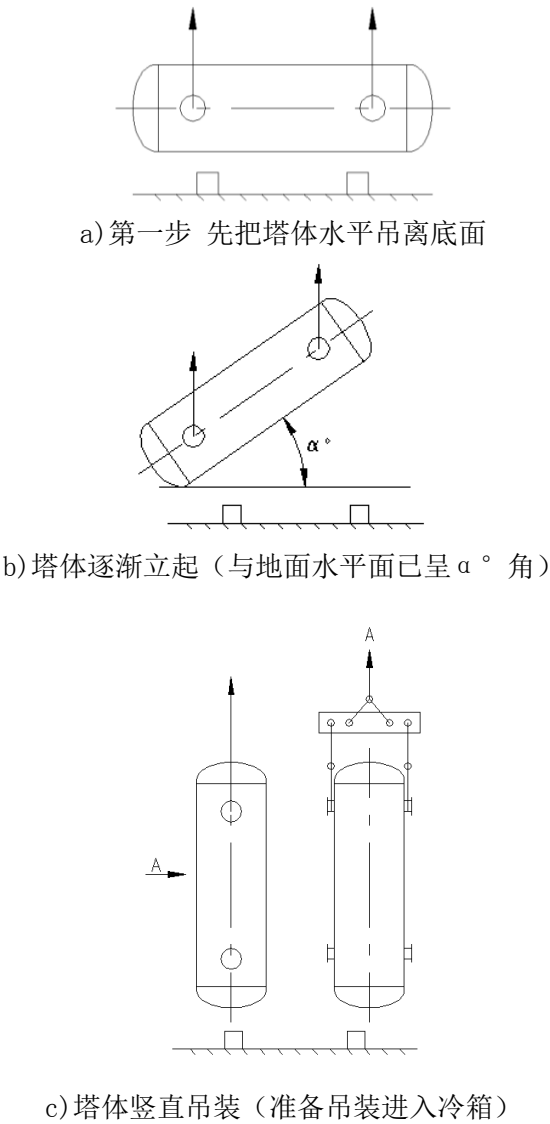


图25 卧放塔体逐渐竖起吊装

塔设备运输时，塔较重端不应伸出车外且设备的最低点不应接触地面；设备托架的位置、伸出车外的塔段长度均应严格按图样要求执行；设备放置于车厢板上时，应保证设备放置水平、不倾斜。

塔设备在运输状态下，应按相应的标准做好各种运输、包装标识；塔器的运输过程中，为防止震动冲击，应对塔体进行牢固固定，如进行绳索拉牵、加设托架、增设减震装置等；遇到凹凸路面，运输车辆应减速慢行。

5.2.8 精馏塔的储存

精馏塔生产制造完毕或运至用户现场，宜在开阔、平整且具有足够承载能力的地方（尤其注意远离车间或用户现场的操作区域）水平置于托架上等待运输或安装；出厂前及运至现场，应检查氮封压力表是否有读数，若读数为零，应检查设备外观并进行充氮，静置一段时间后再检查氮封压力表示数变化情况。

用户现场安装设备时，塔体进入冷箱前应切除所有的闷板或闷盖（切割时管口尽可能向下以防切屑入塔），氮气置换后再行安装；若安装时间较长或遇阴雨天气，应仔细检查设备，在已切开的管口上包扎彩条布等有效遮盖物加以保护，防止风沙和雨水等入塔。

5.2.9 停车、改造等过程中对精馏塔的维护

正常运行中的精馏塔，应按操作规程逐渐进行停车、实施改造。

进入塔器工作前，确保珠光砂清洁完毕、工作环境满足人员的安全需要（如做好氮气置换工作，保持塔内通风等）；进入塔器工作，要求穿戴干净无油的防护服、防护鞋、防切割手套（手套要求用无纤维质）、护目镜和安全帽进行操作；重物起吊前须仔细检查绳索无损坏、重物固定牢固。

5.2.10 其余要求

精馏塔的其余制造、检验与验收还应符合NB/T 47041的要求。

5.3 绕管式换热器

5.3.1 中心筒外形应圆正，表面应光洁，无明显凹凸，中心筒任一截面上的最大外直径与最小外直径之差不应大于该截面中心筒外径的 0.8%；直线度允差不应大于中心长度的 0.5‰。

5.3.2 中心筒如采用多节筒节焊接组成，组对时，各筒节应保证同轴，外表面焊缝应修磨至与母材齐平，表面应无裂纹、咬边、弧坑和飞溅物等。

5.3.3 管板与集气器的连接应气密，管孔中心线与端面的垂直度公差为 $\Phi 0.02\text{mm}$ 。管孔直径及允许偏差应符合表 3 的要求。当换热管与管板采用强度胀接时，管板的管孔公称直径宜减小 0.05mm~0.1mm。

表3 管板管孔直径及允许偏差

单位为毫米

换热管外径 d	10	12	15	19	22	25
管孔直径	10.25	12.25	15.25	19.25	22.25	25.25
允许偏差	+0.05 -0.10			+0.10 -0.10		

5.3.4 垫条组装前应校平直，拼接焊缝应磨平；垫条、管箍应去除棱角毛刺；异型垫条应严格控制圆弧槽的圆弧半径，偏差不应大于+0.2mm。

5.3.5 盘绕用管子应退火，不应拼接。

5.3.6 盘绕前的原料管子在盘绕时，每绕完一层管子及总装后的产品应按图样的要求进行气密性试验，不应有泄漏。如中途发现管子有缺陷应予以调换。

- 5.3.7 每层换热管绕制完成后应进行外观检查。绕制成形的换热管表面不应出现凹瘪及划伤，进出管板部位的换热管不应有棱角。
- 5.3.8 应采用定位元件（如垫条、管箍）固定换热管，焊接固定时不应损伤换热管。
- 5.3.9 最外层垫条应紧贴围筒，不应有间隙。围筒与外筒的接触处按设计图样的具体要求进行封闭式焊接。
- 5.3.10 盘绕时，应保证绕管的轴向和径向距离均匀，在整个盘绕高度上，盘绕圈数误差允许增减一圈。
- 5.3.11 管子与管板组合时，因焊接收缩引起的变形量应不大于管子内径的 15%，且内径缩小了的管子数不应超过管子总数的 10%。
- 5.3.12 不应有堵塞的绕管。当总装后经耐压试验发现个别绕管存在缺陷且无法返修时，在设计图样许可并确认其不影响产品性能的条件下，允许将有缺陷的管子封堵，但被堵死的管子数量及其位置应在产品质量证明书中表明，且堵管损失面积不应大于热交换器换热面积设计裕量的 50%。
- 5.3.13 绕管式换热器的其余制造、检验与验收还应符合 NB/T 10938 的要求。

5.4 列管式换热器

- 5.4.1 管子成型（切割）前，应经水压试验，不应有渗漏。水压试验的压力和保压时间按设计图样规定。
- 5.4.2 装配焊接前，管板上的氧化皮应清除；全部零部件须进行脱脂去油处理，并符合 JB/T 6896 规定。
- 5.4.3 装配时，应确保管子与管板垂直，上、下管板平行，其形位公差应符合设计图样和技术文件的要求。
- 5.4.4 焊缝不允许出现砂眼和气孔等缺陷。
- 5.4.5 对采用胀接法的列管式换热器，应严格控制并保证管子与管孔间隙符合设计图样规定，胀前应进行胀接工艺试验，确定合适的胀度。

5.5 冷凝蒸发器

- 5.5.1 筒体、封头的成型要求和尺寸公差符合 JB/T 4734 的相关规定。
- 5.5.2 筒体与封头，筒体与接管，接管与封头的焊接，均须焊透。除非图样另有规定，焊缝的无损检测应按 NB/T 47013 的规定进行。
- 5.5.3 制造液氧斗的铝板不宜拼接，液氧斗角焊缝应焊透，角焊缝应进行 100% 渗透检验，符合 NB/T 47013.5 中 I 级合格。
- 5.5.4 液氧斗应指定合理的焊接方式及先后顺序，控制液氧斗变形量，成型后液氧斗面板平整度 C （见图 26）不大于 20mm。

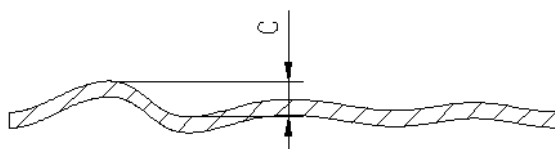


图26 液氧斗的平整度

- 5.5.5 制造过程中，严禁焊渣等杂物进入板翅式换热器通道中。
- 5.5.6 板翅式换热器上端面应控制水平度（见图 27） $Y \leq 5\text{mm}$ 。

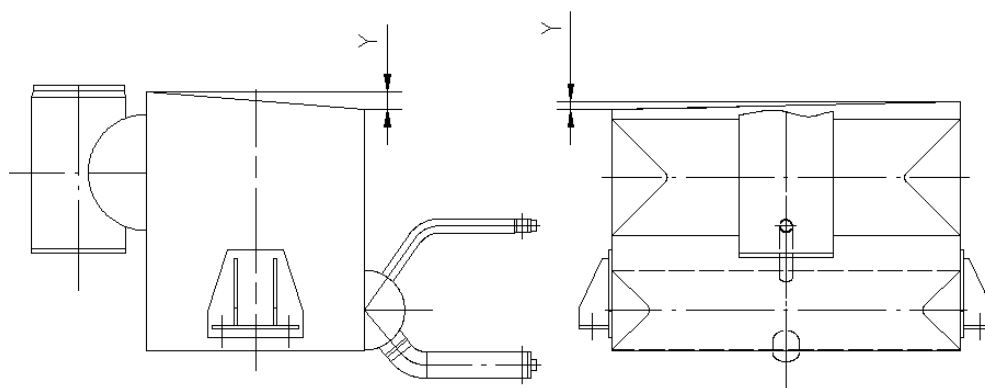


图27 板翅式换热器上端面的水平度

5.5.7 容器内零件总装前应进行脱脂处理。

5.5.8 耐压试验宜采用气压试验。

5.6 吸附器

5.6.1 筒体、封头的成型要求和尺寸公差符合 JB/T 4734 的相关规定。

5.6.2 筒体与封头，筒体与接管，接管与封头的焊接，均须焊透。除非图样另有规定，焊缝的无损检测应按 NB/T 47013 的规定进行。

5.6.3 复合后的吸附器，其高颈法兰接合面的平面度公差应不低于 GB/T 1184-1996 中 10 级精度的要求。

5.6.4 各支承圈（或称底圈）与筒体间应采用连续焊，不应采用断续焊，谨防流体旁通。

5.6.5 吸附器内部气体分布结构孔径偏差应符合图样要求，确保气流均匀通过吸附剂床层。

5.6.6 吸附器内部吸附剂支承结构拼接焊缝不应使用腐蚀性焊剂。

5.6.7 吸附器内部支承件与筒体内壁的配合间隙应严格符合图样要求，防止吸附剂泄漏。支承格栅、孔板等平面度应符合图样要求，防止吸附剂床层厚度不均匀。支承结构角焊缝打磨圆滑，避免应力集中。

5.6.8 吸附器内部支承件装配时应制定科学的组装顺序，严格控制各部件尺寸公差，避免累积公差超过图样允许值。

5.6.9 吸附器内部用滤网应紧贴筛孔版，不应留有缝隙和松动。

5.6.10 吸附器用支座底板与基础均匀接触，平面度偏差符合图样要求。同一设备各支座高度偏差应控制在图样允许范围内，避免受力不均及内部床层水平度偏差大。

5.6.11 固定支座与滑动支座的中心线应与容器轴线垂直，保证滑动方向准确。

5.6.12 吸附器内部清洁度满足 JB/T 6896 相关要求。

5.6.13 吸附器耐压试验 JB/T 4734 的相关规定。

5.6.14 对于运输受限的大型设备，需要在现场进行内件组装和焊接，应制定专项施工方案。

5.7 气液分离器

5.7.1 顶部防雾罩与封头焊接牢固。底部防涡流挡板上圆板与支撑板相互靠紧后施焊，防止脱落。

5.7.2 总装前所有零部件应去焊渣、毛刺、污物。

5.7.3 介质为氢气、助燃气体、易燃、易爆气体，接管内管口等零部件须倒圆角。

5.7.4 总装前所有零部件应经脱脂处理，并符合 JB/T 6896-2007 中 5.2 的规定。

5.8 铝制三通过滤器

5.8.1 三通过滤器应满足下列要求：

- a) 三通过滤器一般选用焊接连接, 小直径过滤器宜选用螺纹连接或法兰连接;
- b) 过滤器的本体材料应与相连的管道材料一致或相当;
- c) 对固体杂质含量较多的工作介质, 应选用有较大过滤面积的过滤器;
- d) 滤网目数的选择应考虑能满足工艺过程的需要或能对膨胀机、泵、换热器等机械或单元设备起到保护作用为原则, 具体设计流速应根据流体状态、允许阻力损失等情况而定。通常按下列情况进行选择:
 - 1) 设计压力 ≤ 1.6 MPa, 净过滤速度 1.5 m/s~2.5 m/s;
 - 2) 1.6 MPa<设计压力 ≤ 5.0 MPa, 净过滤速度 1.2 m/s~2 m/s;
 - 3) 设计压力 > 5.0 MPa, 净过滤速度 < 1.2 m/s。

5.8.2 三通过滤器的结构型式为：

- a) Y 型过滤器, 结构型式如图 28 所示;

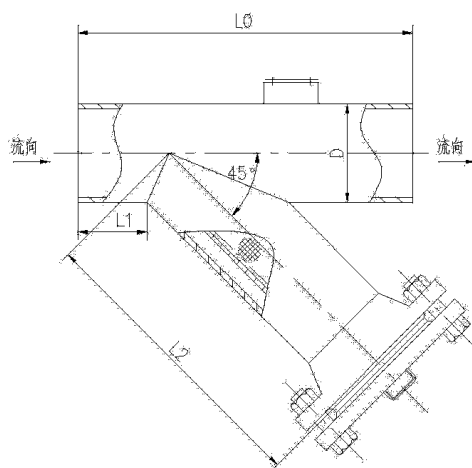


图28 Y 型过滤器结构型式

注：Y型过滤器适用于中低压设计工况，公称直径DN50mm~DN800mm，在空分装置中适用范围最广，宜安装在管道直管部位。

- b) T 型过滤器, 结构型式如图 29 所示。

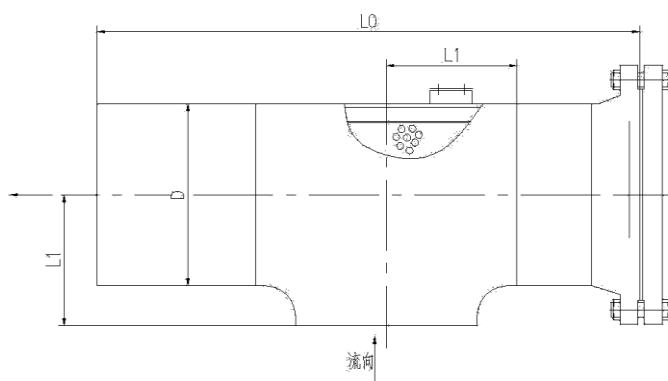


图29 T 型过滤器结构型式

注：T型过滤器适用于高压大尺径的设计工况，公称直径DN50mm~DN500mm，安装在有90°流向变化处，以节省弯头。

5.8.3 检验:

- a) 无缝铝管的外形尺寸及允许偏差应符合 GB/T 4436 中普通级的规定。
- b) 过滤器内部表面、滤芯脱脂清洗按 JB/T 6896 的要求, 表面残留油份含量 $\leq 500\text{ mg/m}^2$ (富氧介质, 表面残留油份含量 $\leq 125\text{ mg/m}^2$)。视操作压力情况, 滤芯选用单层或双层不锈钢孔板夹不锈钢丝网, 滤芯与壳体的连接密封处应安全可靠, 丝网按照 GB/T 5330 的要求选购验收, 不应有漏丝、破洞等缺陷。在多孔板加工过程中应严格控制其表面光滑度, 将毛刺磨平, 丝网两侧须为多孔板的光面, 内外孔板开孔应完全对应, 不允许错边。根据流向方式, 流体先经过丝网, 再通过多孔板, 丝网的接缝连接处应安置在滤筒焊缝无孔侧, 并用压条压紧, 压板与丝网采用碰焊连接, 碰焊应可靠、牢固、密集; 不锈钢丝网要求贴紧滤筒, 丝网不应有破洞、断丝、折裂等缺陷。过滤器内外表面应光滑平整, 且无拉痕、凹凸、腐蚀点。焊缝应圆滑过渡至母材, 焊缝表面不应存在裂缝、未焊头、打弧点、未填满的焊坑与焊瘤等缺陷。过滤器壳体所有焊缝按 JB/T 4734 的规定进行无损检测, 并符合 NB/T 47013 的要求。全部角焊接接头应经 100% 的渗透检测, 检测要求按 NB/T 47013.5 中 I 级合格, 并且经 25% 的射线抽检, 检测要求按 NB/T 47013.2 中 III 级合格。对接纵、环焊接接头应经 100% X 射线检测, 检测要求按 NB/T 47013.2 中 II 级合格, 检测技术等级不低于 AB 级。
- c) 壳体出厂前钝化处理并应按规定进行水压试验。水压试验压力按 JB/T 4734 要求, 试压完毕后吹干并彻底清理过滤器内部积尘与垃圾。过滤器应按设计图样规定进行防锈包装, 并对连接端面进行保护。

6 焊接检验项目和试验方法

6.1 焊缝表面质量检查

- 6.1.1 设备应进行焊缝表面质量检查, 焊缝表面的形状尺寸和外观应符合 JB/T 4734-2002 中 10.3.6 的规定。
- 6.1.2 不应有裂缝、未融合、气孔、弧坑和夹渣等缺陷。焊缝上的熔渣和两侧的飞溅物应清除。
- 6.1.3 C、D 类接头焊缝与母材应圆滑过渡。
- 6.1.4 C、D 类接头的焊缝厚度, 应符合 JB/T 4734-2002 中 10.3.6.2 和设计图样的规定。焊缝外形应平缓过渡。
- 6.1.5 焊缝表面咬边应符合 JB/T 4734-2002 中 10.3.6.3 的规定。

6.2 焊接接头试样试验

设备中压力容器, 应进行焊接接头试样的力学性能试验。焊接试样的尺寸、数量、截取方法、试验项目及合格标准等, 应符合 JB/T 4734-2002 中 10.5 的要求和设计图样的规定。

6.3 无损检测

- 6.3.1 设备的对接焊接接头, 在进行焊缝表面质量检查后, 优先采用 X 射线检测。除非图样另有规定, 容器焊接接头的检测长度比例应符合表 4 的规定, 检测技术等级不低于 AB 级。

表4 设备焊接接头 X 射线检测长度比例及合格级别

耐压试验种类	合格级别按 NB/T 47013.2-2015	焊接接头检测长度比例 %	
		纵、环对接焊接接头	T 型焊接接头和拼接封头 对接焊接接头

气压或气液组合试验	不低于 II	100%	100%
水压试验	不低于 III，并不允许有未焊透	≥20%	100%

经局部（≥20%）X射线检测的焊接接头，若在被检测部位发现超标缺陷，则应进行补充射线检测，其长度不小于该焊接接头长度的10%，且不小于250mm；如仍不合格，则对该焊接接头应进行100%X射线检测。

6.3.2 超声检测:超声检测按 NB/T 47013.3、NB/T 47013.10、NB/T 47013.15 的规定，合格指标按表 5 的规定。

表5 超声检测合格指标

检测方法	检测技术等 级（不低于）	检测范围		合格级别
不可记录的脉冲反射法超声检测（UT）和脉冲反射法超声成像检测（UIT）	B	A 类、B 类接头	全部检测	I
			局部检测	II
		角接接头、T 形接头		I
衍射时差法超声检测（TOFD）	B	A 类、B 类接头	全部检测或局部检测	II
相控阵超声检测（PAUT）	B	A 类、B 类接头	全部检测	I
			局部检测	II
	B	插入式和安放式接管与筒体、封头之间的焊接接头		I

6.3.3 表面检测：按 NB/T 47013.5 对焊接接头进行渗透检测，合格级别不低于 I 级。