

薄壁大直径接管部件制造

■ 合肥通用特种材料设备有限公司（安徽 230601） 李在鹏

摘要：以某冷却吸收塔中大直径接管的制造为例，介绍制作过程中的排版、成形、防变形及工装的使用，对大直径薄壁容器的制造具有参考价值。

冷却吸收塔为烟气脱硫脱硝设施中的重要设备，设备规格大，各部件需独立制作完成后在现场进行组装、焊接。我公司承制的烟气入口接管组件包含锥段、筒节及内件等几大部分，部件直径大、壁厚薄，需分段制作、现场组焊，对各部件公差要求高。本文结合该管件的制造，对大直径、薄壁接管的相关制造环节进行介绍。

1. 主要技术参数

烟气入口接管主要参数如表1所示，外形尺寸如图1所示。

表1 Alloy20接管主要参数

项目	烟气入口管
规格/ (mm×mm×mm)	DN6400/ (5 272×6×9 540)
设计压力/MPa	0.012 4
设计温度/℃	177
主体材料	ALLOY20/ALLOYX
无损检测	A/B类 RT 20% Ⅲ级合格 C/D类 PT 100% Ⅰ级合格
质量/kg	7 400

2. 制造方案

根据设备尺寸规格、现场组焊吊装要求及运输能力进行综合考虑，初定设备分为筒节、上锥

段和下锥段共3段，每段高度不大于3 500mm，各自独立成形，运输至现场后进行整体组焊。

依据现场组装要求，根据相关标准编制质量计划，对分段处圆度、外圆周长、相邻端口周长差及焊缝棱角度等关键尺寸进行控制，并采取加固支撑措施以防止分段筒节在运输中发生变形。

为满足规范及工艺要求，最大限度提高材料利用率，结合初定方案，确定整体制造方案如下：①设备主体分为3段独立制作（见图1）。②筒体分为2段，每段6拼成形后完成组焊环缝。③上锥段、下锥段长度均为2 800mm，分别由16块拼板焊接后卷制成形。④各段制造完工后，采用工装加固等防变形措施控制端口椭圆度。

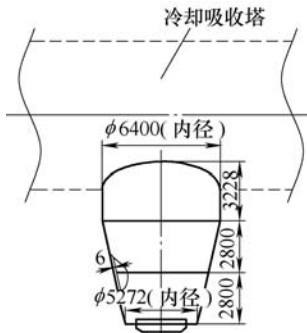


图1 冷却塔接管部件

3. 制造过程中的关键点

（1）板材下料：本设备由大直径锥段及与筒节开孔相接的马鞍形部件组成，锥段与相贯线的展开放样与下料的准确性是设备质量的根本保证，同时也是提高生产效率、降低生产成本的必要条件。

（2）成形与组焊：设备的成形与组焊直接影响设备的外圆周长及圆度等关键尺寸，本设备的卷制成形与组焊为质量控制的关键过程。

（3）焊接变形：薄板在焊接过程中受热变形量比厚板大，薄壁容器的焊接变形更为明显和难以控制，因此本设备制造过程中的焊接变形既是难点，也是关键点。

（4）运输工装：大直径、薄壁容器刚性较差，运输过程中端口圆度的控制对于设备质量控制非常重要。简单实用的运输工装的设计及使用成为质量控制的关键点之一。

4. 排版与下料

（1）放样排版：对于多板拼焊的设备，放样的准确性、板材



赛帕埃惜

日本サイバーRC株式会社

日本进口

下料的精度是控制设备周长、圆度等关键尺寸的基本保证。

锥段的放样除准确地计算锥段的母线长度、展开角等尺寸外，还需同时考虑到卷制时扇形板小弧端长度余量、制作与安装时的焊接收缩量及切割、铣边等加工余量，需对下料尺寸作适当调整。利用CAD软件对锥段及筒体与冷却塔本体开孔相接的马鞍形部件进行展开放样，可提高放样的准确性。放样工作完成后，根据制造方案对已完成的CAD图样进行分割工作（见图2）。

设备展开放样工作完成后，进行板材下料的准备工作。如按照传统方式由工艺技术人员手工制定板材下料方案及排版图，不但工作量大，且效率低。利用FASTCAM软件的自动套料功能对已完成放样的部件进行自动排版，可大大缩短工作时间，提高工作效率。

（2）板材切割：依据规定，用于制造压力容器受压元件的材料在分割前应当进行标志移植，根据排版图完成标志移植的板材方可进行分割操作。根据工艺，采用数控等离子水下切割技术对板材进行分割下料。数控切割的优点是切割速度快、效率高；采用套料软件可最大限度地节约原材料；割缝质量好；尺寸精度高。数控切割下料时，由于热源方面的各种原因仍会引起钢

板变形，造成各种各样的板件缺陷。控制切割高度、切割电压等参数，并采用水下保护切割的方式，以使切口处温度快速冷却，则可以有效地防止板材热变形，并可减小热影响区，进一步提高原材料的利用率。

考虑锥段卷制时的板材延伸可能造成锥段成形尺寸偏差，进而影响锥段及筒节的现场组装，下料时上、下锥段各预留一张拼板，筒节预留2张拼板供实测配制使用，上锥段小端尺寸以下锥段大端尺寸为准实配，筒节直径以上锥段大端尺寸为准实配。

5. 成形与组焊

（1）预制成形：以锥段成形为例介绍设备成形过程。锥段及筒节材料均为 $\delta=6\text{mm}$ 的Alloy20钢板，锥段大端内径为6400mm，小端内径为5272mm，板材厚度相对较薄，刚性差，常规卷制方法不能保证部件成形后的曲率满足制造工艺要求，从而导致锥段及筒节的几何尺寸不能满足工艺要求。为确保工艺尺寸，该部件制造采取先分片预制弧形板、后组焊成形的方案。

根据锥段拼板数量，采取每5块拼板组焊为一块平板的方法进行弧形板预制工作，预留一块拼板供实测配制用。为减小焊接变形、提高工作效率，平板的纵缝焊接工作均由等离子自动焊机完成。等离子自动焊具有焊接速度快、变形量小、节省焊材以及成

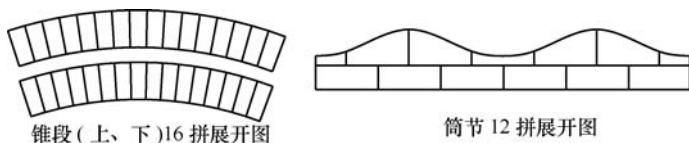


图2 锥段及筒节拼制方案示意图



Tool Regrind Machine
五轴全自动刀具磨床



Tool Regrind Machine
四轴全自动刀具磨床



Automatic Drill-Honing Machine
自动钻头钝化机

对象刀具

刀具种类	钻头、铣刀、丝锥、铰刀、3刃钻头、侧刃、3刃倒角刀、不等分铣刀、雕刻刀、枪钻
刀具材质	高速钢 (HSS)、钨钢/硬质合金 (carbide)
刀具最大把持直径	$\phi 20 (\phi 26 \times) \times \phi 26$ 规格为选配
刀具长度	45 ~ 200mm

特征

- 操作简单 自动对刀、自动补正偏心 自动研磨
- 对应多种刀具
- 任意设置刀具参数
- 不需编程、可追加新程序，进行版本升级

地址：苏州吴中区金枫路216号
东创科技园C幢108

联系人：代女士

手机：13651758961

电话：0512-62695591

QQ：642504730

邮箱：cybercc_dll@aliyun.com

◆广告 查询编号：0035

形美观等优点。但此焊接方法对坡口加工、焊缝组对等工序要求高。为此，所有平板拼接纵缝均采用机械加工方式制备坡口，严格按照工艺要求进行纵缝组对，控制组对预留间隙约为0.5mm，错边量不大于0.5mm，经检验合格后方可进行焊接。

三块预制弧形板纵缝焊接完成后，对预制弧形板进行卷制，当弧形板卷制长度超过2m时，用行车进行单侧牵引辅助，以避免因自重导致弧形板卷制曲率发生较大偏差。卷制完成后，用弦长大于1500mm的内样板进行检查，样板间隙均小于1.5mm，达到制造工艺要求。

(2) 锥段组焊：当同一锥段中两片弧形板卷制完成后，在组装平台进行组对及纵缝焊接，并完成第三片弧形板的卷制及组焊工作。

操作顺序如下：①在平台上沿锥段大端圆周方向均匀设置16组固定桩。②将弧形板立式放置在平台上并固定，以保证组对过程安全。③锥段纵缝组对并用加固弧板点固。④对纵缝间隙、错边及棱角等尺寸进行检验，符合工艺要求后方可进行焊接。⑤焊接完成后测量弧形板上下端口周长，根据实测及理论数据，完成第三片弧形板的下料、拼焊、卷制及组焊工作。

弧形板纵缝组对时，应对错边及焊缝间隙进行严格控制。纵缝焊接接头需对齐，整条焊缝的错变量及间隙应保证均匀一致，错边不得大于0.5mm，避免因错位导致变形，影响成形后的椭圆度及现场组焊的质量。椭圆度与

端口不平度相互影响，椭圆度超标必然会影响端口不平度，继而影响现场环缝的组焊质量。纵缝焊接完成后，将锥段端口的椭圆度调整至满足工艺要求。

(3) 控制重点：其余锥段及筒节的组对采用同样方法进行。制作时重点控制下料准确性及组对的错边、间隙及焊缝棱角，使端口椭圆度满足工艺要求。锥段及筒体分段制作完成后应立式放置，并在端口采用支撑加固。

6. 棱角度控制

焊缝棱角允许存在，但超标的焊缝棱角会削弱焊接接头的力学性能，影响设备的安全使用。导致棱角产生的原因有很多，例如组对时棱角超标、钢板卷制时曲率超标、焊接输入线能量过大等。筒体一旦产生超标棱角，无论采用何种方法矫正，都将对焊接接头造成一定的负面影响，通过坡口形式的选择、焊接工艺以及调整焊接次序来保证筒体的棱角才是最恰当的措施。

为控制纵缝棱角，本设备纵缝采用手工氩弧焊，并利用防变形弧板进行加固定位的方法进行纵缝焊接（见图3）。纵缝组对时控制筒体棱角在工艺允许范围内，然后沿锥段（筒节）内表面均布5块加固弧板（见图4）。



图3 纵缝焊接操作图

准备工作完成后，采用分层焊接的方式以减小焊接变形。在分层焊接时，第一层焊道的焊接顺序非常重要，焊接方式可以采用分段退焊法。第一层焊接时可采用较小的焊接电流，焊接速度稍慢些；第二层焊接时可以适当地提高焊接电流，并相应提高焊接速度。焊接完成后，打磨去除加固弧板。

因本设备直径大、壁厚薄，为防止因刚性原因产生变形而影响筒节圆度，筒节的环缝采用立式组对，焊接方式和控制要点与纵缝焊接相同。为了提高效率，环缝采取多人同时焊接，此时需注意焊工应该均匀分布，且沿同一方向施焊。

为了防止Alloy20材料在焊接时发生氧化，需要对焊缝及其附近区域进行保护。

7. 运输工装

本设备直径大、壁厚薄且为分段交货，起吊及运输时锥段及筒节端口容易发生变形，从而影响现场组装。根据制造方案，为防止变形发生，在距上、下端口200mm处设置临时工装供起吊及运输使用，共制作6件，分别用于上、下锥段及筒节。

为保证刚性，工装采用 $\angle 80\text{mm} \times 7\text{mm}$ 角钢、厚度为12mm的Q235B板及S30408不锈

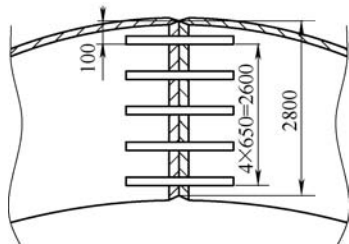


图4 加固弧板示意图

钢板制作，每件工装由4块弓形板、4根角钢及16件挡块组成。运输工装的制作及安装在锥段、筒节焊接完成且椭圆度调整至满足工艺要求后进行。制作过程中，角钢与弓形板组装时，先将一端角钢与弓形板焊接，与另一端弓形板在工装放置处进行实配组装，待另一端弓形板与筒体内壁紧密贴合且内径满足要求后，再进行角钢与弓形板的焊接，焊接完成后，在弓形板上、下侧面加焊不锈钢挡块固定（见图5）。

因锥段及筒节材料为Alloy20，为避免工装中的碳钢弧板与其直接接触发生铁离子

污染，在弓形板外侧用厚度为0.8mm的S30408材料制作垫板包覆，以达到隔离的目的（见图6）。

8. 结语

设备完成制造后，对主要控制尺寸进行了检验，分段口的配合尺寸、总体尺寸均满足现场组装和图样要求，结果如表2所示。检验结果表明，制造过程中所采用的质量控制措施效果明显，可为同类设备的制造提供有效的经验。

该设备于2012年5月完成，发往现场，并于同年9月完成现场组焊工作，用户反映良好。

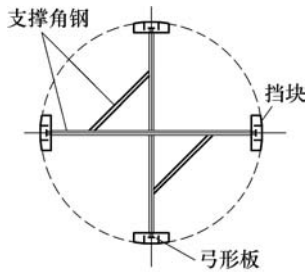


图5 运输工装

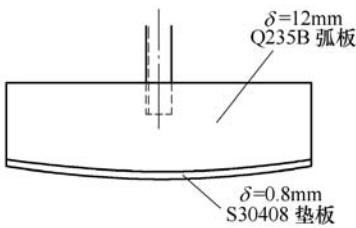


图6 弓形板

表2 冷却塔接管部件检验结果

检验部位	外圆周长/mm	外径折算/mm	错边量/mm	椭圆度/mm
筒节端口	20 145	6 012	1	< 20
上锥段大端	20 150	6 014		< 20
上锥段小端	18 384	5 852	1	< 20
下锥段大端	18 378	5 850		< 20

参考文献：

[1] GB 50461—2008，石油化工静设备安装工程施工质量验收规范[S]. 北京：中国计划出版社，2009.

[2] JB/T 4710—2005，钢制塔式容器[S].

[3] TSG R0004—2009，特种设备安全技术规范 固定式压力容器安全技术监察规程[S].

[4] HG/T 20584—2011，钢制化工

容器制造技术要求[S].

[5] 周振丰，张文钺. 焊接冶金及金属焊接性[M]. 2版. 北京：机械工业出版社，1994.

[6] 季伟明. 超大型设备现场组焊质量控制[J]. 压力容器，2012（12）：65-70.

[7] 徐长荣. 立式圆筒形薄壁钢制储罐变形分析及控制[J]. 科技信息，2012（27）：514，525.

MW（收稿日期：20160615）



赛帕埃惜

日本サイバーRC株式会社
日本进口



Tool Regrind Machine
五轴全自动刀具磨床



Tool Regrind Machine
四轴全自动刀具磨床



Automatic Drill-Honing Machine
自动钻头钝化机

对象刀具

刀具种类	钻头、铣刀、丝锥、铰刀、3刃钻头、侧刃、3刃倒角刀、不等分铣刀、雕刻刀、枪钻
刀具材质	高速钢（HSS）、钨钢/硬质合金（carbide）
刀具最大把持直径	φ20（φ26※）※φ26规格为选配
刀具长度	45 ~ 200mm

特征

- 操作简单 自动对刀、自动补正偏心 自动研磨
- 对应多种刀具
- 任意设置刀具参数
- 不需编程、可追加新程序，进行版本升级

地址：苏州吴中区金枫路216号
东创科技园C幢108

联系人：代女士

手机：13651758961

电话：0512—62695591

QQ：642504730

邮箱：cyberrc_dll@aliyun.com

◆广告 查询编号：0035