

- 5.1.3 反应塔浆池区宜配置从塔器的侧壁置入塔内的侧进式搅拌器，侧进式搅拌器应符合 JB/T 10983 的规定，搅拌器工作时应能使浆液池固体颗粒处于悬浮状态，避免固体沉积。
- 5.1.4 反应塔浆池区宜配置氧化空气管及氧化风机，风机宜选用罗茨风机，其布置应与搅拌器等混合设备匹配，保证氧化空气与浆液混合均匀，亚硫酸盐应能充分氧化。
- 5.1.5 浆池区外接的浆液循环泵及浆液排出泵吸入管口宜配置滤网，滤网孔径宜不大于 20 mm。
- 5.1.6 烟气入口最低点与反应塔浆池区设计液位的间距 h_2 宜不小于 1.5 m。反应塔浆池区宜设置溢流管接口和排空接口，溢流液位宜高于设计液位 0.5 m。
- 5.1.7 烟气入口设计应满足压力损失小、烟气均匀分布的要求；烟气入口宜采用矩形，且采用较大的宽高比，烟气入口宽度宜为塔径 D_1 的 0.6 倍~0.8 倍；烟气入口宜具备 $7^\circ\sim 12^\circ$ 水平向下的倾角；烟气入口上部宜设置遮液板，避免喷淋浆液进入烟气入口前的烟道。
- 5.1.8 喷淋区中最低喷淋层中心线与烟气入口顶部距离 h_3 宜为 2 m~3 m。
- 5.1.9 喷淋区采用多层喷淋设计，每层喷嘴应均匀布置，每层喷嘴的覆盖率，宜不小于 200%。相邻两层喷淋管间距 h_4 宜为 2 m。浆液喷嘴应符合 JB/T 10964 的规定，喷淋管应符合 JB/T 10991 的规定。
- 5.1.10 当设置除雾器时，除雾器应符合 JB/T 10989 和 JB/T 12537 的规定。
- 5.1.11 反应塔均应设置满足内部构件安装和检修使用的人孔。人孔外侧应设置通道及平台。钢平台及防护栏杆应符合 GB 4053.3 的规定。

5.2 材料

- 5.2.1 反应塔内接触浆液的材料应综合考虑耐磨、耐腐蚀、经济适用的原则。
- 5.2.2 反应塔塔体可为钢制结构或钢筋混凝土结构。
- 5.2.3 塔体为钢筋混凝土的反应塔塔壁的面层应符合下列规定：
 - 应设置符合反应塔内材料的防腐、防混凝土碳化、耐久性要求的面层及涂层；
 - 不应做砂浆抹面的面层。
- 5.2.4 反应塔塔体内壁应防腐。当浆液 $\text{pH}\leq 4$ 时，防腐材料宜选用耐酸砖或耐腐蚀合金钢；当浆液 $\text{pH}>4$ 时，可采用玻璃鳞片树脂、玻璃钢（FRP）、橡胶或耐腐蚀合金钢。采用的耐酸砖应符合 GB/T 8488 的规定。
- 5.2.5 反应塔结构的钢筋混凝土的耐久性强度等级宜不低于 GB 50010—2010 中规定的 C30 级，反应塔结构按承载能力极限状态控制配筋时，宜采用 GB 50010—2010 规定的 HRB400、HRB500 钢筋牌号。
- 5.2.6 多级反应塔串联使用时，烟气温度高于 120°C 时，反应塔的烟气入口段宜为碳钢内衬耐腐蚀合金钢或全部采用耐腐蚀合金钢制作。
- 5.2.7 反应塔内与浆液和烟气接触的内部件（包括紧固件、氧化空气管、滤网及支吊架等），当浆液 $\text{pH}\leq 4$ 时，宜选用耐腐蚀合金钢制作；当浆液 $\text{pH}>4$ 时，可采用耐腐蚀合金钢、玻璃钢（FRP）或聚丙烯（PP）等材料制作。
- 5.2.8 侧入式搅拌器应耐酸耐磨，应符合 JB/T 10983 的规定。
- 5.2.9 喷淋管、喷嘴和除雾器的材料应分别符合 JB/T 10991、JB/T 10964、JB/T 10989 的规定。
- 5.2.10 反应塔选用的钢板、管材和型钢等结构件的性能、尺寸和质量应符合 GB/T 700、GB/T 709、GB/T 706、GB/T 15007、NB/T 47046 的规定。
- 5.2.11 地脚螺栓宜选用 GB/T 700 中的 Q235B 或 GB/T 1591 中的 Q355B。
- 5.2.12 焊接用非合金钢及细晶粒钢焊条应符合 GB/T 5117 的规定，热强钢焊条应分别符合 GB/T 5117、GB/T 5118 的规定。

5.3 反应塔结构荷载

- 5.3.1 反应塔结构设计时应考虑下列荷载及其组合：

- a) 内压、外压或最大压差；
 - b) 塔自重，包括塔体壁板、加强筋、塔内件及其支撑等重力荷载；
 - c) 附属设备（接管、扶梯、平台及隶属于塔体的外置设备等）、隔热材料、防腐内衬等的重力荷载；
 - d) 风荷载、雪荷载；
 - e) 地震荷载；
 - f) 冲击载荷，包括进口烟气引起的冲击荷载、由射流扰动冲击引起的反力、塔内设备运行时浆液引起的冲击荷载等；
 - g) 塔内底部浆液压力；
 - h) 塔内构件结垢荷载、积灰荷载，包括烟气进口、出口积灰荷载；
 - i) 烟道出口采用金属膨胀节时，烟道作用于反应塔的水平及竖向力；
 - j) 温度梯度或热膨胀量不同引起的作用力；
 - k) 运输或吊装时的作用力；
 - l) 连接管道和其它部件引起的作用力；
 - m) 检修荷载，包括检修工人及工具引起的作用力，一般可取 3.0 kN。
- 5.3.2 风荷载、雪荷载的计算应符合 GB 50009 的规定；
- 5.3.3 地震荷载的计算应符合 GB 50011 的规定及地勘资料。

5.4 钢制反应塔结构设计

5.4.1 钢制反应塔结构设计

5.4.1.1 钢制反应塔结构计算应根据 GB 50017 的规定对本文件 5.3 所列荷载进行分类及组合，分别按承载能力极限状态和正常使用极限状态进行。

5.4.1.2 当塔体高度不大于 10 m，且长径比不大于 5 时，反应塔筒体壁厚的设计应符合 NB/T 47003.1 的规定；其它情况下，反应塔壁厚的设计应符合 JB/T 12537 的规定，并可参考 NB/T 47041 的规定进行校核计算。

反应塔加强筋的计算应符合 JB/T 12537 的规定。

封头的设计应符合 NB/T 47003.1 的规定。

5.4.1.3 下列部位应考虑局部加强：

- a) 烟气进口开口周边塔壁应进行环向和竖向加强；
- b) 顶部出口烟气处应进行环向和竖向加强；
- c) 塔壁上接管、人孔、塔底齐平型清扫孔、侧进式搅拌器安装孔等周边壁板应采取补强措施。

5.4.1.4 地脚螺栓与底部环板的计算应符合 NB/T 47041 的规定。

5.4.1.5 内部支撑宜采用矩形钢梁的形式，矩形钢梁的强度计算、挠度控制应符合 GB 50017 的规定。

5.4.2 钢制反应塔焊接

5.4.2.1 塔体构件现场的组装焊接应符合 GB 50236 的规定，应事前制定完善的施工计划和措施，以确保施工安装的质量和焊接变形在许可的偏差范围之内。

5.4.2.2 塔体的焊接接头型式应采用对接接头，焊接接头坡口应符合 GB/T 985.1 和 GB/T 985.2 的规定。

5.4.2.3 内部所有焊缝均为连续焊。

5.4.3 钢制反应塔焊接质量检测

5.4.3.1 内壁焊接接头和金属母材的加工、制作和安装应符合 HG/T 20678 的规定。内衬范围的楞边均应有宜为不小于 5 mm 半径的圆角，阳（凸）角半径不小于 5 mm，阴（凹）角半径不小于 10 mm。

5.4.3.2 当塔体高度不大于 10 m 且长径比不大于 5 时，反应塔焊接接头的外观质量、焊接接头无损检测的种类与评判标准应符合 NB/T 47003.1 的规定；其它情况下，反应塔焊接接头的外观质量、焊接接头无损检测的种类与评判应符合 DL/T 5418 的规定，其中射线检测、超声检测、磁粉检测、泄漏检测的方法与质量等级的评判应分别按 NB/T 47013.2—2015、NB/T 47013.3—2015、NB/T 47013.4—2015、NB/T 47013.8—2012 的规定执行。当衬里的合金钢与合金钢或合金钢与碳钢采用手工焊接时，还应符合下列规定：

- a) 外观检验：对衬里的每道焊缝，应用目视检查。焊缝表面和热影响区不应有裂纹、表面夹渣、超标气孔等缺陷；
- b) 衬里表面处理：对耐腐蚀合金的焊接，在焊接前应对接近焊缝的非焊接面涂刷防溅剂，焊后应立即用不锈钢钢丝刷刷去回火色。

5.4.3.3 塔壁开孔接管或开孔接管补强板外缘与塔壁纵向焊接接头之间的距离应不小于 200 mm，与环向焊接接头之间的距离应不小于 100 mm。当在焊接接头上开孔或补强圈覆盖焊接接头时，应对开孔直径 1.5 倍或开孔补强板直径范围内的焊接接头进行射线检测或超声检测，焊接接头无损检测合格后方可进行开孔。补强板覆盖的焊接接头应磨平。

5.4.4 钢制反应塔制作和预组装

5.4.4.1 钢制反应塔制作和预组装应符合 DL/T 5418 的规定。

5.4.4.2 反应塔所有钢构件、零件和塔内设备的安装偏差应符合 DL/T 5418 的规定。

5.4.5 钢制反应塔防腐、油漆、保温

5.4.5.1 玻璃鳞片树脂防腐施工应符合 HG/T 2640 的规定。

5.4.5.2 钢制反应塔外表面应采取涂装措施。构件或零件的除锈、涂装应符合 NB/T 10558 的规定。

5.4.5.3 钢制反应塔外表面应根据保温防冻要求采取保温措施，并符合 DL/T 5072 的规定。

5.5 钢筋混凝土反应塔结构设计

5.5.1 一般规定

钢筋混凝土反应塔结构设计应符合下列规定：

- a) 钢筋混凝土反应塔的设计使用年限宜为 50 年；
- b) 抗震设防类别无特殊要求时，应按 GB 50223—2008 中的“标准设防类”设计；
- c) 结构安全等级应不低于 GB 50153—2008 中的二级；
- d) 钢筋混凝土反应塔的耐火等级应不低于 GB 50016—2014 中的二级；
- e) 除稳定的硬质岩地基外，每个不与其他反应塔连成整体的独立反应塔，其沉降观测点的设置不应少于 4 个；
- f) 反应塔结构的荷载代表值应符合下列规定：
 - 1) 反应塔结构设计时，不同荷载应采用不同的代表值；
 - 2) 永久荷载应采用标准值；
 - 3) 可变荷载应根据设计要求，采用标准值或组合值；
 - 4) 地震作用应采用标准值。
- g) 反应塔按照 GB 50007 进行倾覆、滑移稳定计算时，各系数的取值应符合下列规定：
 - 1) 圆形反应塔的高径比、矩形反应塔的高宽比小于 1.5 时，抗倾覆安全系数应取 1.3；
 - 2) 圆形反应塔的高径比、矩形反应塔的高宽比不小于 1.5 时，抗倾覆安全系数应取 1.5；

3) 反应塔的抗滑移安全系数应取 1.3。

注：本条规定中的高为反应塔的总高度，径应为圆形反应塔的外径，宽应为矩形反应塔的短边。

5.5.2 结构计算

钢筋混凝土反应塔结构计算应符合下列规定：

- a) 反应塔结构按承载力极限状态设计时，所有结构构件均应进行承载力计算；对薄壁构件的水平方向及其安全控制部位的承载力使用软件计算时，应按反应塔结构的受力特性进行复核分析确认其合理性、可靠性后，方可作为工程设计的依据；
- b) 反应塔结构按正常使用极限状态设计时，应符合下列规定：
 - 1) 反应塔结构应具有可靠的承载能力；
 - 2) 应根据使用要求控制反应塔的整体变形；
 - 3) 反应塔的其他构件应进行抗裂、裂缝宽度及受弯构件的挠度验算。
- c) 反应塔抗震验算应符合下列规定：
 - 1) 反应塔的水平地震作用可按底部剪力法进行计算；
 - 2) 建筑抗震设防分类，应符合反应塔的使用功能及工艺专业的技术规定；
 - 3) 圆形反应塔的塔壁与塔底结构整体连接时，塔壁、塔底可不进行抗震验算；
 - 4) 塔下支承结构为柱支承时，可按单质点结构体系简化计算；
 - 5) 塔壁支承的塔上建筑物的地震作用增大系数按照 GB 50191 计算时可取 4.0；
 - 6) 塔上建筑物增大的地震作用效应，可不向下部结构传递。
- d) 反应塔的抗震设计除应符合本文件的规定外，还应符合 GB 50191 的规定；
- e) 反应塔基础设计时，基础底面下的地基在承载力极限状态、正常使用极限状态下的作用效应及其相应抗力值的计算应符合 GB 50007 的规定；
- f) 反应塔基础按承载力极限状态设计时，承载力计算应符合下列规定：
 - 1) 基础计算应采用基本组合；
 - 2) 基底边缘处地基的最小应力不应出现拉应力；
- g) 反应塔基础按正常使用极限状态设计时，承载力计算应符合下列规定：
 - 1) 基础计算应采用标准组合；
 - 2) 反应塔的平均沉降量应不大于 $0.01D_f$ ，倾斜率应不大于 0.004；
 - 3) 地基的均匀及不均匀变形、反应塔的沉降、侧移值还应符合工艺设计的技术规定；
 - 4) 反应塔的地基变形验算、人工处理后软地基的验算除应符合上述规定外，还应符合 GB 50007 的规定。

6 检验与验收

6.1 材料检验

6.1.1 普通碳钢的力学性能、化学成分和焊接性等均应符合 GB/T 700 的规定；其尺寸、外形、重量及允许偏差等均应符合 GB/T 709 的规定。

6.1.2 Q355B 的力学性能、化学成分和焊接性等均应符合 GB/T 1591 的规定。

6.1.3 钢筋混凝土材质除注明以外，混凝土结构工程施工材料的质量验收应按照 GB 50204 的规定执行，钢结构工程材料的质量验收应按照 GB 50205 的规定执行。

6.2 基础尺寸检验

在安装、建造前，应按土建基础设计文件对基础外观尺寸进行检查，合格后方可进行安装。

6.3 充水验收

6.3.1 钢制结构反应塔的充水试验应在钢制反应塔焊缝接头无损检测合格后进行，钢制结构反应塔的充水试验应按照 DL/T 5418 的规定进行。反应塔基础在任意直径方向的沉降差准许值不超过 $0.01D_f$ 。

6.3.2 钢筋混凝土结构反应塔整体安装完毕后，应在防腐施工前进行充水试验和基础沉降观测，充水高度应不低于设计液位的高度。充水试验应按 SH/T 3535 的规定进行。

7 标识、包装、运输和贮存

7.1 标识

7.1.1 反应塔在醒目的位置固定产品标识的标牌，标牌和标识应符合 GB/T 19229.1 的规定。

7.1.2 包装储运图示标志应符合 GB/T 191 的规定。使用说明书的编写应符合 GB/T 9969 的规定。

7.2 包装、运输和贮存

7.2.1 包装应符合 GB/T 13384 的规定。

7.2.2 包装时应保护好透气层，应防止透气层淋雨及刮伤。

7.2.3 装车及运输中，应避免工件的损伤和丢失。装车方法及运输应符合运输部门的规定要求。

7.2.4 随同产品发运的技术文件应包括下列内容：

- a) 产品使用说明书；
- b) 产品（材料）合格证明书；
- c) 装箱单。

7.2.5 构件或零件的运输、贮存应采取防变形措施，对塔壁板、塔顶板等弯曲构件，应采取胎架运输、存放。

7.2.6 贮存场地应平整、无积水。必要时加放垫木，以防止产品因摆放不平造成扭曲、弯曲变形或因浸泡而锈蚀。

附录 A
(资料性)
反应塔结构形式分类

A.1 反应塔结构形式分类

反应塔结构形式可按下列方式分类：

- 按烟气出口方式；
- 按带有塔外反应器；
- 按带有除雾器；
- 按塔径变化。

A.1.1 反应塔结构形式按烟气出口方式分类

反应塔结构形式按烟气出口方式可分为：

- a) 顶部直出式反应塔（见图 A.1）；

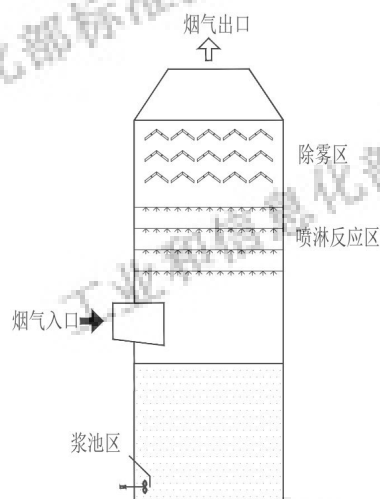
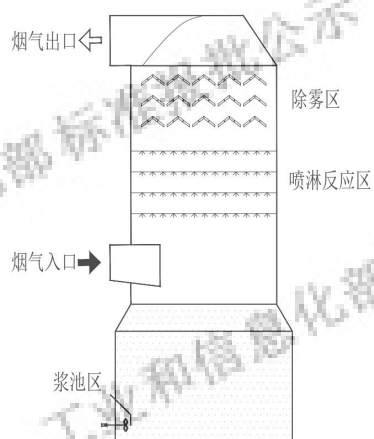


图 A.1 顶部直出式反应塔

- b) 顶部侧出式反应塔：出口位于塔顶部侧方（见图 A.2）。

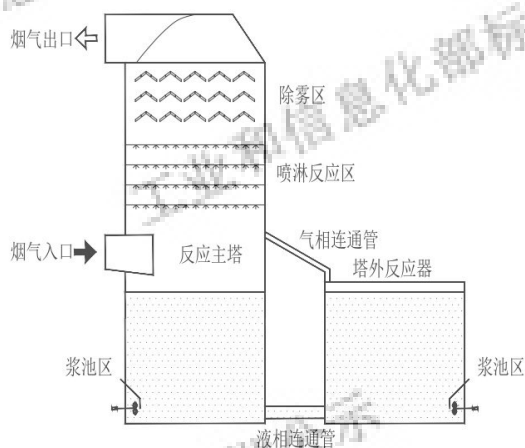


图A.2 顶部侧出式反应塔

A.1.2 反应塔结构形式按带塔外反应器分类

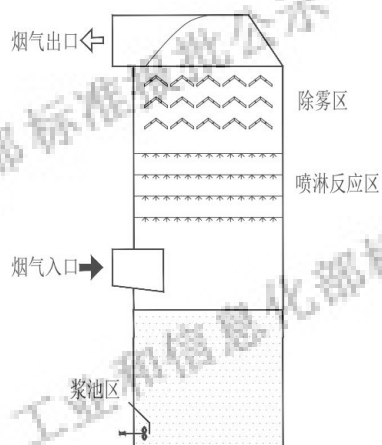
反应塔结构形式按有、无塔外反应器可分为：

a) 带塔外反应器的反应塔（见图 A.3）；



图A.3 带塔外反应器的反应塔

b) 不带塔外反应器的反应塔（见图 A.4）。

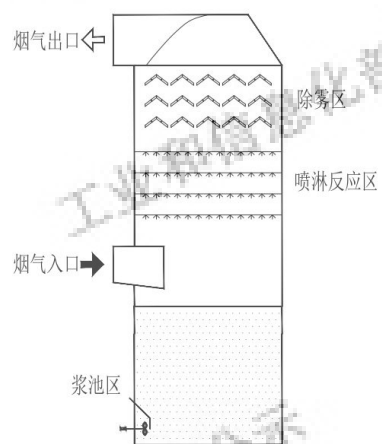


图A.4 不带塔外反应器的反应塔

A.1.3 反应塔结构形式按带有除雾器分类

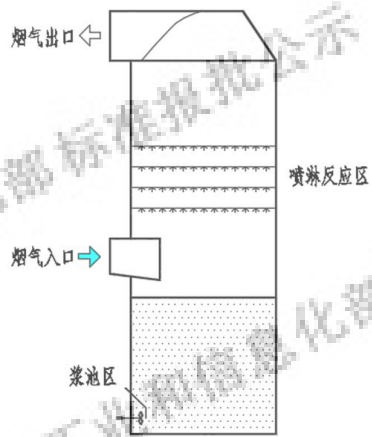
反应塔结构形式按是否带有除雾器可分为：

- a) 有除雾器的反应塔：塔顶部设置有一级或多级除雾器（见图 A.5）；



图A.5 有除雾器的反应塔

- b) 无除雾器反应塔：塔顶部未设置除雾器（见图 A.6）。

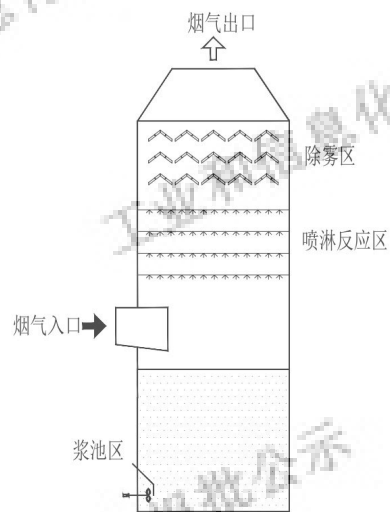


图A.6 无除雾器的反应塔

A.1.4 反应塔结构形式按塔径变化分类

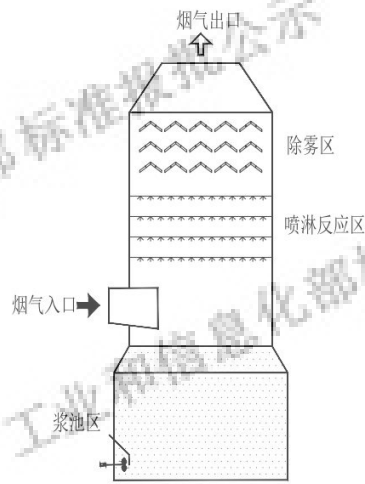
反应塔结构形式按塔径变化可分为：

- a) 直筒反应塔：喷淋区与浆液区塔径相同（见图 A.7）；



图A.7 直筒反应塔

- b) 变径反应塔：喷淋区与浆液区塔径不同（见图 A.8）。



图A.8 变径反应塔