

项目附录、概述、计算表等可站内按相同项目名称查询下载

设计醋酸乙烯酯生产分厂项目 典型设备设计书



武汉理工大学——盟盟说的都队团队

队员：陈代表 周汛 王坤 郭盟亚 杨玳雯

指导老师：张光旭

项目附录、概述、计算表等可站内按相同项目名称查询下载

项目附录、概述、计算表等可站内按相同项目名称查询下载

项目附录、概述、计算表等可站内按相同项目名称查询下载

项目附录、概述、计算表等可站内按相同项目名称查询下载

项目附录、概述、计算表等可站内按相同项目名称查询下载

项目附录、概述、计算表等可站内按相同项目名称查询下载

项目附录、概述、计算表等可站内按相同项目名称查询下载

目录

第一章 总述	1
1.1 过程设备的基本要求	1
1.2 过程设备设计的作用	1
1.3 过程设备设计与选型的主要内容	1
第二章 塔设备设计	3
2.1 塔设备选型设计依据	3
2.2 塔设备选型	3
2.3 塔设备设计（以 T0403 为例）	9
2.4 水力学校核	17
2.5 塔机械强度设计与校核	20
第三章 泵的选型	32
3.1 选型依据	32
3.2 选型原则	32
3.3 具体泵的选型	33
3.4 P0101 选型	33
3.5 泵选型结果一览表	35
第四章 储罐及回流罐选型	36
4.1 选型依据	36
4.2 概述	36
4.3 乙酸储罐选型（V0102）	36
4.4 储罐选型结果一览	37
第五章 压缩机选型	39

5.1 概述及选型依据	39
5.2 压缩机类型及特点	39
5.3 选型原则	40
5.4 乙烯压缩机 (C0301) 选型	40
第六章 气液分离设备	42
6.1 设计依据	42
6.2 概述	42
6.3 分离器类型的选择	42
6.4 设计步骤	42
6.5 闪蒸罐的设计 (S0501)	45
第七章 反应器设计	48
7.1 列管式反应器概述	48
7.2 反应器结构	50
7.3 反应器传热计算	56
汇总:	58
第八章 换热器设计	59
8.1 概念	59
8.2 换热器选型说明	60
8.3 以换热器 E0301 为示例进行设计	64
第九章 工艺设备一览表	73
9.1 非标设备设计结果	73
9.2 标准设备设计结果	74

第一章 总述

1.1 过程设备的基本要求

①安全可靠 为保证过程设备安全可靠地运行，过程设备应具有足够的能力来承受设计寿命内可能遇到的各种载荷。影响过程设备安全可靠性的因素主要有：材料的强度、韧性和与介质的相容性；设备的刚度、抗失稳能力和密封性能。

②满足过程要求 主要有功能要求和寿命要求。

i. 功能要求。过程设备都有一定的功能要求，以满足生产的需要，如储罐的储存量、换热器的传热量和压力降、反应器的反应速率等。功能要求得不到满足，会影响整个过程的生产效率，造成经济损失。

ii. 寿命要求。过程设备还有寿命要求。例如，在石油化工行业中，一般要求高压容器的使用年限不少于 20 年；塔设备和反应设备不少于 15 年。腐蚀、疲劳、蠕变是影响过程设备寿命的主要因素。设计时应综合考虑温度和压力的高低及波动情况、介质的腐蚀性、环境对材料性能的影响、流体与结构的相互作用，采取有效措施，确保过程设备在设计寿命内安全可靠地运行。

③综合经济性好 综合经济性是衡量过程设备优劣的重要指标。如果综合经济性差，过程设备就缺乏市场竞争力，最终被淘汰，即发生经济失效。过程设备的综合经济性主要体现在以下几个方面：生产效率高、消耗低；结构合理、制造简便；易于运输和安装。

④易于操作、维护和控制

⑤优良的环境性能

1.2 过程设备设计的作用

设备工艺设计是工程设计的基础。化工设备从工艺设计的角度可以分为两类：一类是标准设备或定型设备，是成批、成系列生产的设备，并可以从厂家的产品目录或手册中查到其规格及型号，可直接从设备生产厂家购买；另一类是非标设备或称非定型设备，是根据工艺要求、通过工艺计算及设备专业设计人员设计、需要专门设计的特殊设备，然后由有资格的厂家制造。

1.3 过程设备设计与选型的主要内容

(1) 确定单元操作所用设备的类型。这项工作应与工艺流程设计结合起来进行。

(2) 确定设备的材质。根据工艺操作条件（温度、压力、介质的性质）和对设备的工艺要求确定符合要求的设备材质。这项工作应与设备设计专业人员共同完成。

(3) 确定设备的设计参数。设备的设计参数是由工艺流程设计、物料衡算、热量衡算、设备的工艺计算多项工作得到的。对不同的设备，它们有不同的设计参数。对塔设备，需要确定进出口物料的流量、组成、温度、压力塔径与塔的材质、填料类型与填料高度或塔板类型与塔板数等，对于精馏塔还要确定塔顶冷凝器和塔底再沸器的热负荷、换热流体的种类等；对换热器，则需要知道热负荷、换热面积、；冷热流体的种类及流量。

(4) 确定定型设备（即标准设备）的型号或牌号以及数量。定型设备是一些加工厂成批、成系列生产的设备，即那些可以直接向生产厂家订货或购买的现成设备。对已有标准图纸的设备，确定标准图的图号和型号。随着中国化工设备标准化的推进，有些本来用于非标设备的化工装置，已逐步走向系列化、定型化。这些设备包括换热器系列、容器系列、搪玻璃设备系列以及圆泡罩、F1 型浮阀和浮阀塔塔盘系列等，它们已经有了国家标准。

(5) 对非标设备，向化工设备专业设计人员提出设计条件和设备草图，明确设备的型式、材质、基本设计参数、管口、维修安装要求、支承要求及其他要求（如防爆口、人孔、手孔、卸料口、液面计接口等）。

(6) 编制工艺设备一览表。在初步设计阶段，根据设备工艺设计的结果，编制工艺设备一览表，可按非定型工艺设备和定型工艺设备两类编制。初步设计阶段的工艺设备一览表作为设计说明书的组成部分提供给有关部门进行设计审查。

第二章 塔设备设计

2.1 塔设备选型设计依据

塔设备选型设计参考标准如表 2.1-1 所示：

表 2.1-1 塔设备选型设计依据

参考标准及文献	标准编号
《化工设备设计全书——塔设备》	
《固定式压力容器》	GB 150-2011
《设备及管道保温设计导则》	GB 8175-2008
《压力容器封头》	GB/T 25198-2010
《石油化工塔器设计规范》	SHT 3098-2011
《钢制化工容器结构设计规定》	HG/T 20853-2011
《工艺系统工程设计技术规范》	HG/T 20570-1995
《塔顶吊柱》	HG/T 21639-2005
《常压人孔》	HG 21515-2014

2.2 塔设备选型

2.2.1 塔设备概述

塔设备是石油、化工、医药、轻工等生产中的重要设备之一，在塔设备内可进行气液或液液两相间的充分接触，实现相间接触，因此在生产过程中常用塔设备进行精馏、吸收、解吸、气体的增湿及冷却等单元操作过程。为此，塔设备应该满足以下要求：

- (1) 生产能力大，操作弹性好，随着化工装置的大型化，生产能力要求就可能大；
- (2) 满足工艺要求，分离效率高；
- (3) 塔压降小，对于真空塔或者要求塔压降降低的塔来说，压降小的意义更为明显；
- (4) 结构简单，加工、维修方便，造价低；
- (5) 耐腐蚀和不易堵塞。

但是值得注意的是，通常选择塔型未必能满足所有的要求，在设计选型中，应该抓住主要矛盾，最大限度满足工艺要求。

2.2.2 填料塔与板式塔

塔设备主要有板式塔、填料塔两种，它们都可以用作蒸馏和吸收等气液传质过程，但两

者各有优缺点，要根据具体情况选择。

填料塔以填料作为气液接触元件，气液两相在填料层中逆向连续接触。它具有结构简单、压力降小、易于用耐腐蚀非金属材料制造等优点，对于气体吸收、真空蒸馏以及处理腐蚀性流体的操作，颇为适用。当塔径增大时，引起气液分布不均、接触不良等，造成效率下降，即称为放大效应。同时，填料塔还有重量大、造价高、清理维修麻烦、填料损耗大等缺点，以致使填料塔在很长时期以来不及板式塔使用广泛。但是随着新型高效填料的出现，流体分布技术的改进，填料塔的效率有所提高，放大效应也在逐步得以解决。

板式塔是分级式接触型气液传质设备，种类繁多。板式塔为逐级接触式气液传质设备。在一个圆筒形的壳体内装有若干层按一定间距放置的水平塔板，塔板上开有很多筛孔，每层塔板靠塔壁处设有降液管。气液两相在塔板内进行逐级接触，两相的组成沿塔高呈阶梯式变化。板式塔的空塔气速很高，因而生产能力较大，塔板效率稳定，造价低，检修、清理方便。根据目前国内外实际使用的情况，主要的塔型是泡罩塔、筛板塔、浮阀塔、舌形塔、浮动喷射塔、等等。

板式塔与填料塔的对比如表 2.2-1 所示：

表 2.2-1 板式塔和填料塔的比较

项目	填料塔		板式塔
	散堆填料	规整填料	
空速	稍小	大	比散堆填料大
压降	小	更小	一般比填料塔大
塔效率	小塔板效率高	塔直径 1500mm 以下效率高，塔径增大，效率下降	较稳定，效率较高
液气比	对液体喷淋量有一定要求	适应范围较大	适应范围大
持液量	较小	较小	较大
材质要求	可用非金属耐腐蚀材料	适应各类材料	一般用金属材料
造价	小塔较低	较板式塔高	大直径塔较低
安装检修	较困难	适中	较容易
质量	大	适中	较小

2.2.3 塔设备选型原则

类型选择时需要考虑多方面的因素，如物料性质、操作条件、塔设备的性能，以及塔的制造、安装、运转和维修等。对于真空精馏和常压精馏，通常填料塔塔效率优于板式塔，应优先考虑选用填料塔，其原因在于填料充分利用了塔内空间，提供的传质面积很大，得汽液两相能够充分接触传质。而对于加压精馏，若没有特殊情况，一般不采用填料塔。这是因为填料塔的投资大，耐波动能力差。具体来讲，应着重考虑以下几个方面：

(1) 与物性有关的因素

①易起泡的物系，如处理量不大时，以选用填料塔为宜。因为填料能使泡沫破裂，在板式塔中则易引起液泛；

②具有腐蚀性的介质，可选用填料塔。如必须用板式塔，宜选用结构简单、造价便宜的筛板塔盘、穿流式塔盘或舌形塔盘，以便及时更换；

③具有热敏性的物料须减压操作，以防过热引起分解或聚合，故应选用压力降较小的塔型；

④粘性较大的物系，可以选用大尺寸填料。板式塔的传质效率太差；

⑤含有悬浮物的物料，应选择液流通道大的塔型，以板式塔为宜；

⑥操作过程中有热效应的系统，用板式塔为宜。

(2) 与操作条件有关的因素

①若气相传质阻力大，宜采用填料塔；

②大的液体负荷，可选用填料塔；

③液气比波动的适应性，板式塔优于填料塔；

④操作弹性，板式塔较填料塔大，其中以浮阀塔最大，泡罩塔次之；

(3) 其他因素

①对于多数情况，塔径大于800mm地，宜用板式塔，小于800mm时，则可用填料塔。对于大塔径，对加压或常压操作过程，应优先选用板式塔；对减压操作过程，宜采用新型填料；

②一般填料塔比板式塔重；

③大塔以板式塔造价较廉，因填料价格约与塔体的容积成正比，板式塔按单位面积计算的价格，随塔径增大而减小。

2.2.4 板式塔塔板类型与选择

根据塔板上气、液两相的相对流动状态，板式塔分为穿流式和溢流式。目前板式塔大多采用溢流式塔板。穿流式塔板操作不稳定，很少使用。

为了适应工业上不同的操作条件，迄今已开发和使用的塔板类型繁多：筛板塔、浮阀塔、泡罩塔等。这些塔板各有各的特点和使用体系，几种主要塔板的性能比较如下表 2.2-2。

表 2.2-2 几种主要板式塔的性能比较

塔板类型	优点	缺点	适用场合
泡罩塔	较成熟、操作稳定	结构复杂、造价高、塔板阻力大、处理能力小	特别容易堵塞的物系
浮阀塔	效率高、操作范围宽	浮阀易脱落	分离要求高、负荷变化大
筛板塔	结构简单、造价低、塔板效率高	易堵塞、操作弹性较小	分离要求高、塔板数较多
舌形塔	结构简单、塔板阻力小	操作弹性窄、效率低	分离要求较低的闪蒸塔
浮动喷射塔	压降小、处理量大	浮板易脱落、效率较低	分离要求较低的减压塔

浮阀塔和其他几类塔板相比，具有结构简单、造价低，生产能力大，操作弹性大，塔板效率较高的优点，并且兼具泡罩塔和筛板塔的优点。但是，其缺点是处理易结焦、高粘度的物料时，阀片易与塔板粘结；在操作过程中有时会发生阀片脱落或卡死等现象，使塔板效率和操作弹性下降。尤其是当浮阀因磨损脱落时，会形成大筛孔，造成大量的漏液，影响塔板效率。故本项目中采用板式塔的塔设备优先考虑使用浮阀塔。

国内常用浮阀有 3 种：F1 型、V-4 型和 T 型。三种浮阀中，F1 型浮阀最简单，该类型浮阀已被广泛使用，我国已有颁布标准（JB1118-68）。F1 型阀又分重阀与轻阀两种，重阀用厚度 2 mm 钢板冲成，阀质量约 33 g，轻阀用厚度 1.5 mm 钢板冲成，质量约 25 g。阀重则阀的惯性大，操作稳定性好，但气体阻力大。一般采用重阀，只有要求压降很小的场合，如真空精馏时才使用轻阀。

2.2.5 填料塔的填料类型与选择

填料塔中的传热和传质主要在填料表面上进行，因此，填料的选择是填料塔的关键。只有性能优良的塔填料再辅以理想的塔内件，才有望构成技术上先进的填料塔。因此，人们对塔填料的研究十分活跃。对塔填料的发展、改进与更新，其目的在于改善流体的均匀分布，提高传递效率，减少流动阻力，增大流体的流动通量以满足降耗、节能、设备放

大、高纯产品制备等各种需要。

填料的种类很多，有拉西环填料、鲍尔环填料、矩鞍形填料、阶梯形填料、波纹填料等。常见填料分类与名称如下表2-3。

表2.2-3 常用填料的分类与名称

填料类型		填料名称	
散装填料	环形	拉西环形	拉西环，十字环，内螺旋环
		开孔环形	鲍尔环，改进型鲍尔环，阶梯环
	鞍型		弧鞍形，矩鞍形，改进矩鞍形
	环鞍型		金属环矩鞍形，金属双弧形，纳特环
	其他新型		塑料球形，花环形，麦勒环形
规整填料	波纹型	垂直波纹型	网波纹型，板波纹型
		水平波纹型	Spraypak, Panapak
	非波纹型	栅格型	Glitsch Grid
		板片型	压延金属板，多孔金属板
		绕圈型	古德洛形，Hyperfil

填料的几何特性数据主要包括比表面积、空隙率、填料因子等，是评价填料性能的基本参数。

(1) 比表面积, 单位体积填料的填料表面积称为比表面积，以 a 表示，其单位为 m^2/m^3 。填料的比表面积愈大，所提供的气液传质面积愈大。因此，比表面积是评价填料性能优劣的一个重要指标；

(2) 空隙率, 单位体积填料中的空隙体积称为空隙率，以 ϵ 表示，其单位为 m^3/m^3 ，或以%表示。填料空隙率越大，气体通过的能力越大且压降低。因此, 空隙率是评价填料性能优劣的又一重要指标；

(3) 填料因子, 填料的比表面积与空隙率三次方的比值，即 a/ϵ^3 ，称为填料因子，以 β 表示，其单位为 $1/m$ 。它表示填料的流体力学性能， β 值越小，表明流动阻力越小。

填料的选择包括确定填料的种类、规格及材质等。所选填料既要满足生产工艺的要求，又要使设备投资和操作费用最低。

由以上数据，可以得到塔型选用顺序表，见表2.2-4。

表2.2-4 塔型选用顺序表

考虑因素	选择顺序
塔径	800mm 以下，填料塔
	大塔径，板式塔
具有腐蚀性的物料	填料塔
	穿流式塔
	筛板塔
	喷射型塔
污浊液体	大孔径筛板塔
	穿流式塔
	喷射型塔
	浮阀塔
	泡罩塔
操作弹性	浮阀塔
	泡罩塔
	筛板塔
真空操作	填料塔
	导向筛板
	网孔塔板
	筛板
	浮阀塔板
大液气比	多降液管筛板塔
	填料塔
	喷射型塔
	浮阀塔
	筛板塔
存在两液相的 场合	穿流式塔
	填料塔

本项目装置处理物系具有腐蚀性，且气液相负荷较小，所以优先选用填料塔，以降低设备的腐蚀和更换；对于醋酸乙烯酯精馏塔，由于需要内置盘管取热，为保证取热效率，选用板式塔为宜。

根据以上的初步原则，对本项目塔设备进行初步选型，结果如下表 2.2-5。

表 2.2-5 塔设备初步选型结果

塔设备号	塔设备名称	塔型
T0101	全沸塔	填料塔
T0301	水洗塔	填料塔
T0302	二氧化碳吸收塔	填料塔
T0303	二氧化碳解析塔	板式塔
T0401	醋酸乙酯-醋酸分离塔	填料塔
T0402	醋酸水分离塔	填料塔
T0403	醋酸乙酯-水分离塔	板式塔
T0501	二氧化碳吸附解析分离单元	板式塔

2.3 塔设备设计（以 T0403 为例）

2.3.1 设计工具

在塔设备设计过程中，使用的软件如下表 2.3-1 所示。

表 2.3-1 塔设备设计软件列表

名称	用途
Aspen Plus V9.0	塔性能设计
SW6-2011	强度校核
Cup-Tower	塔流体力学设计

2.3.2 塔设备基础数据

采用 Aspen Plus 对 T0403 添加 Tray Sizing，选用 sulzer-nutter BDP 阀门塔板，选择双通道溢流。通过运行程序，得到水力学参数表，从中选择流量最大的塔板，作为设计的计算依据。表 2.3-2 为 Aspen Plus V9.0 塔径模拟后的 Tray Sizing Result 数据汇总。

表 2.3-2 T0403Tray Sizing Result

塔段	起始塔板	结束塔板	塔板类型	通道数	塔板间距 /m	塔内径/m
1	2	12	sulzer-nutter BDP	2	0.9	3.5
2	13	14	sulzer-nutter BDP	2	0.6	3.5

3	15	15	sulzer-nutter BDP	2	0.9	2.7
4	16	16	sulzer-nutter BDP	2	0.8	2.7
5	17	21	sulzer-nutter BDP	2	0.6	2.7

由 Aspen 模拟后的数据中调出水力学数据, 得知第 10 块塔板上气液负荷最大, 调出其具体数据汇总于下表 2. 3-3 中。

表 2. 3-3 Aspen Plus 对 T0403 的模拟结果

塔板	液相温度 /°C	气相温 度 °C	液相质量 流量 /kg · h ⁻¹	气相质量 流量/ kg · h ⁻¹	液相体积 流量 /m ³ · h ⁻¹	气相体积 流量 /m ³ · h ⁻¹
10	76.970	78.121	184867	178888	210.367	66450.2
液相分子 量	气相分子 量	液相密度 /kg · m ⁻³	气相密度 /kg · m ⁻³	液相黏度 /cP	气相黏度 /cP	液相表面 张力 /mN · m ⁻¹
70.833	78.323	878.787	2.692	0.256	0.010	27.2638

此塔设备进出口物流参数及操作条件和内介质及组成分别见表 2. 3-4、2. 3-5。

表 2. 3-4 T0403 进出口物流参数

位置	进料物流	塔顶物流	塔釜物流
温度	20	70.176	100.375
压力	100	98	103
摩尔液相分率	0.971	0	1
质量液相分率	0.985	0	1
摩尔流量/kmol · h ⁻¹	1198.6	872.579	326.019
质量流量/kg · h ⁻¹	78241.6	72262.3	5979.32

表 2. 3-5 T0403 内介质名称及其组成

介质名称	进料流量/kmol · h ⁻¹	塔顶流量/kmol · h ⁻¹	塔釜流量/kmol · h ⁻¹
------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------

H ₂ O	324.51	0.454	324.057
CO ₂	0.061	0.061	0
C ₂ H ₄	48.321	48.321	0
O ₂	0.09	0.09	0.09
CH ₃ COOH	0.722	0	0.722
VAM	824	822.98	1.020
C ₃ H ₄ O	0.13	0.13	0
C ₃ H ₆ O ₂	0.028	0.028	0
C ₄ H ₈ O ₂	0.233	0.231	0.002
CH ₃ CHO	0.283	0.283	0
HCOOH	0.219	0.001	0.218

2.3.3 浮阀塔主要工艺尺寸

由于使用 Aspen Plus V9.0 版本，应用软件自带“塔内部”功能，可以直接在满足水力学校核情况下计算塔体主要工艺尺寸。现以第 10 块塔板为例，模拟所需主要工艺尺寸。

2.3.3.1 塔径的计算

(1) Aspen 模拟

参照表 2.3-6，估算 T0403 踏板间距。

表 2.3-6 浮阀塔板间距参考数值

塔径 D/m	0.3~0.5	0.5~0.8	0.8~1.6	1.6~2.0	2.0~2.4	≥2.4
板间距 H _T /mm	200~300	300~350	350~450	500~0.5	0.3~800	≥600

对于第 10 块塔板，由于流量较大，故初步选取板间距为 900mm。

在 Aspen Plus V9.0 输入上述参数，模拟得到结果列于表 2.3-7。

表 2.3-7 第 10 块塔板模拟校核

塔板	模式	内部类型	塔板类型	通道数	塔板间距/m	模拟直径/m	塔径/m
10	交互设计计算	塔板	NUTTER-BOP	1	0.9	3.315	3.5

Aspen 模拟第 10 块塔板水力学图见图 3-1。

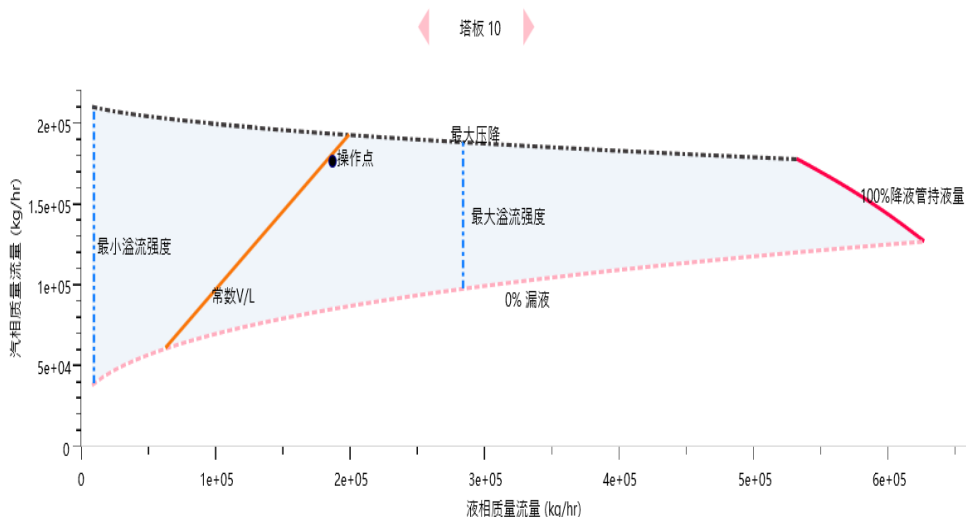


图 2.3-1 第 10 块塔板初步模拟示意图

模拟结果出现“warning”，Aspen 给出提示，塔板 10 干板压降很高，建议采取以下措施：增加塔段直径，增加踏板间距，增加塔盘开孔率，降低降液管宽度或者减少流程数。

最终经过多次模拟校核并根据标准塔径圆整，确定踏板间距 0.9m，塔径 3.5m。对第 10 块塔板再次模拟校核得到图 2.3-2。

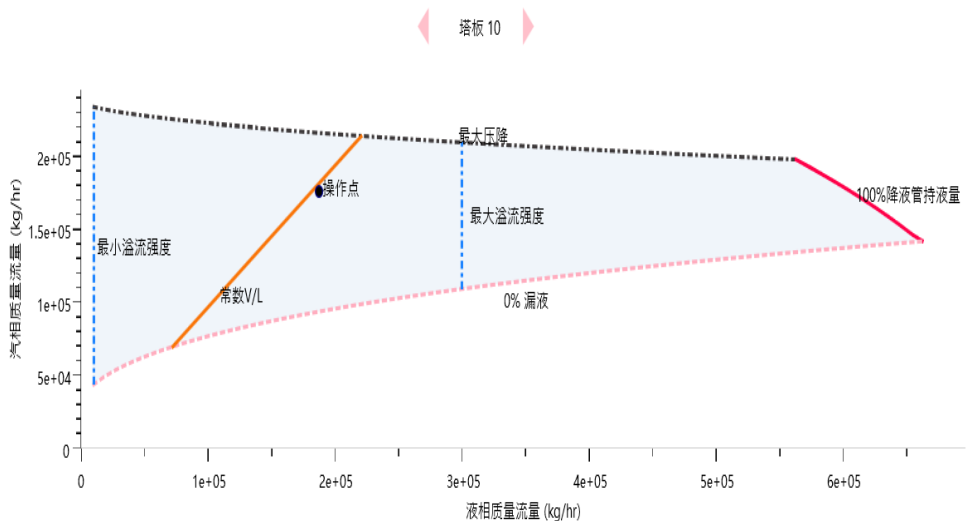


图 2.3-2 第 10 块塔板校核示意图

(2) 塔径计算

由于带有降液管，所以溢流式的塔板的塔截面实际分为了两个部分，即气体流通截面和降液管所占截面。若 A_T 为塔板截面积， A' 为气体流通截面积， A_f 为降液管截面积，则：

$$\frac{A_f}{A_T} = 1 - \frac{A'}{A_T}$$

若设气体流通截面上的适宜气速为 u' ，当塔内处理的气体体积流量为 V_S ，则：

$$A' = V_S / u'$$

塔板的计算中，通常是以泛点气速 u_f 作为 u' 的上限。一般取：

$$u' = (0.6 \sim 0.85)u_f$$

根据索德尔斯和布朗公式：

$$u_f = C \sqrt{\frac{\rho_L - \rho_V}{\rho_V}}$$

式中 C 为气体负荷因子，由 $C = C_{20} \left(\frac{\sigma_1}{20} \right)^{0.2}$ 计算，其中的 C_{20} 由史密斯关联图查取。

如图 2.3-3 所示：

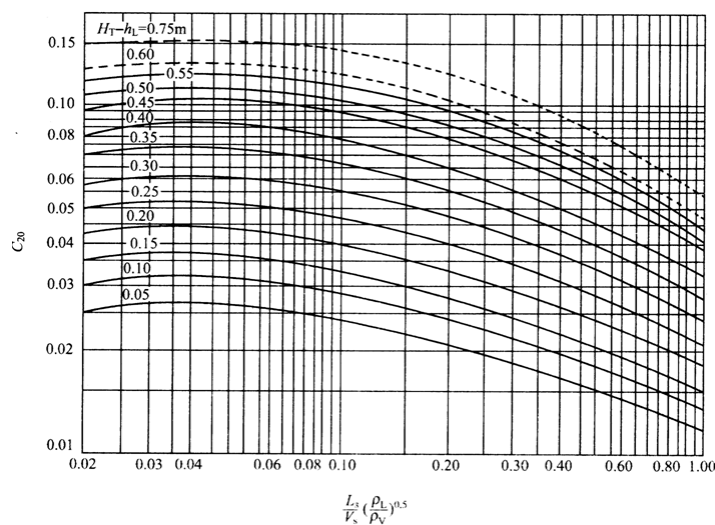


图 2.3-3 史密斯关联图

关联图横坐标即气液两相流动参数的确定：

$$\frac{L_S}{V_S} \left(\frac{\rho_L}{\rho_V} \right)^{0.5} = \frac{210.367}{66450.2} \left(\frac{878.787}{2.692} \right)^{0.5} = 0.057$$

一般常压塔取 $h_L = 60 \sim 80 \text{mm}$ ，减压塔取 $h_L = 20 \sim 30 \text{mm}$ ，故取板上液层高度 $h_L =$

80mm ，则液滴沉降高度为 $H_T - h_L = 820 \text{mm}$ 。

查出史密斯关联图：得到 C_{20} 为 0.18。则：

$$C = C_{20} \left(\frac{\sigma}{20} \right)^{0.2} = 0.18 \times \left(\frac{27.2638}{20} \right)^{0.2} = 0.1915$$

泛点气速:

$$u = C \sqrt{\frac{\rho_L - \rho_V}{\rho_V}} = 0.1915 \times \sqrt{\frac{878.787 - 2.692}{2.692}} = 3.455 \text{ m/s}$$

取 $u' = 0.7u = 0.7 \times 3.455 = 2.418 \text{ m/s}$ ，则可求得塔径:

$$D = \sqrt{\frac{4 * V_s}{\pi * u'}} = \sqrt{\frac{4 * 18.4584}{\pi * 2.418}} = 3.09 \text{ m}$$

按照标准塔径圆整后，最终确定 T0403 塔径为 3.5m。

2.3.3.2 溢流装置的设计计算

(1) 板上液流型式的确定

根据第 10 块塔板塔径为 3500mm，液体流量为 210.367m³/h，则可确定选择塔板流型为双溢流型，详细参考见下表 2.3-8。

表 2.3-8 液相负荷与板上流型的关系

塔径 (mm)	液体流量 (m ³ /h)			
	U 形流	单流型	双流型	阶梯流型
1000	7 以下	45 以下		
1400	9 以下	70 以下		
2000	11 以下	90 以下	90~160	
3000	11 以下	110 以下	110~200	200~300
4000	11 以下	110 以下	110~230	230~350
5000	11 以下	110 以下	110~250	250~400
6000	11 以下	110 以下	110~250	250~450

(2) 溢流堰主要尺寸

溢流堰主要作用是维持塔板上有一定的液层厚度，并使液体能较均匀地横过塔板流动，其主要尺寸是堰高和堰长。根据经验数据，单双流式塔板的堰长一般为塔径的 50%~60%，此处取为 50%，可得堰长:

$$l_w = 3500 \times 0.6 = 2100 \text{ mm}$$

对于本例中的精馏塔，经验值选取堰高为 60~90mm，此处选取堰

高 $h_W = 80\text{mm}$ ，溢流堰选用平口堰。

(3) 降液管

本例中的精馏塔采用弓形降液管，根据塔径 D 和堰长 l_w ，由《化工原理 下》

(夏清、贾绍义编制)查弓形降液管的参数，如下图 2.3-4 所示。

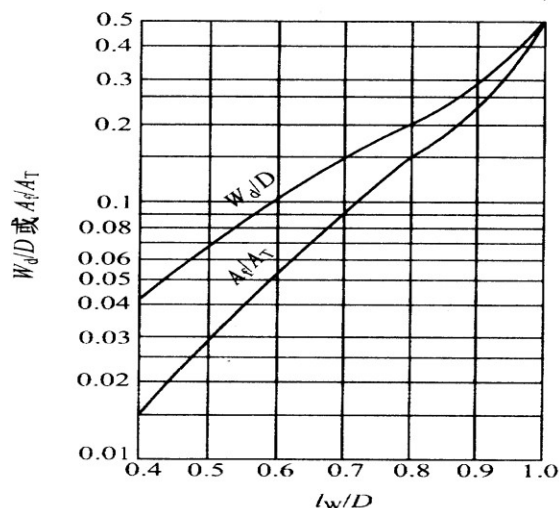


图 2.3-4 弓形降液管相关属性图

$$\text{得到 } \frac{A_d}{A_T} = 0.051 \quad \frac{W_d}{D} = 0.1$$

$$\text{降液管 } W_d = 0.1 \times 3500 = 350\text{mm}$$

$$\text{面积 } A_d = 0.051 \times \frac{\pi}{4} \times D^2 = 0.4904\text{m}^2$$

(4) 受液盘

为了避免塔板上出现死角，同时可以缓冲液体流向，更好地使气泡分离，在这里选用凹形受液盘，深度为70mm。

(5) 进口堰

本精馏塔中液相流量相对较小，同时选用了凹形受液盘，故不设进口堰。

(6) 降液管底隙高度

对凹形受液盘，选取底隙高度等于盘深，即 $h_b = 70\text{mm}$ 。

为降低气泡夹带，液体在降液管内应有足够的停留时间以使气体从液相中分离出，一般要求停留时间 τ 不应小于 4s，而对于高压下操作的塔以及易起泡的物系，停留

时间应更长些，为此，必须进行校核。

则液体在降液管的停留时间为：

$$\tau = \frac{A_d H_T}{L_S} = \frac{0.4904 \times 0.9}{0.0584} 7.55s > 4s$$

停留时间 τ 大于 4s，降液管设置合理。

2.3.3.3 浮阀塔板结构参数的确定

(1) 浮阀阀型

采用 Suler-Nutter BDH 阀门塔板，阀件形状为条形，浮片形式为长条形，阀心距 $70 \times 60\text{mm}$ ，阀孔面积 $2.015 \times 10^{-3}\text{m}^2$ 。

(2) 浮阀排列方式

浮阀的排列方式多采用三角形排列，又分顺排和叉排两种。根据我国的标准，浮阀采用叉排的排列方式。对于塔径大于 1000mm 的塔板，常常采用分块式塔板，按等腰三角形排列，其底边固定为 75mm 。

2.3.3.4 塔板结构设计

(1) 受液区和降液区：一般这两个区域的面积相等，均可按降液管截面积 A_d 计算；

(2) 边缘区：在塔壁边缘留出一定宽度的环形区域供固定塔板用；

(3) 入口安定区和出口安定区，通常宽度相等；

(4) 有效传质区：余下的塔板上有浮阀孔的区域。于此考虑，由经验可知：a. 塔径 $D > 900\text{mm}$ ，采用分块组装式；b. 塔径在 2.5m 以下，边缘宽度取 $W_C = 0.05\text{m}$ ；c. 分布区宽度 W_F 取 0.05m ；d. 根据之前计算可知，降液管宽度为 $W_d = 0.35\text{m}$ 。

溢流板区域划分如图 2.3-5 所示。

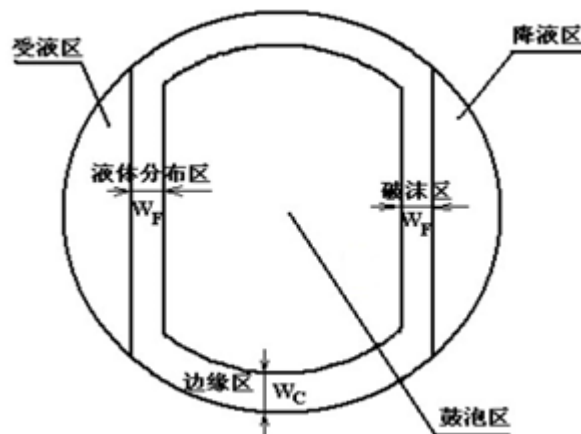


图 2.3-5 溢流板区域划分

每层塔板上浮阀数目为:

$$N = \frac{V_s}{\frac{\pi}{4} d_0^2 u_0} = \frac{18.4584}{\frac{\pi}{4} \times 0.039^2 \times 7^2} = 315.5$$

可以取 N=316 个。

阀孔动能因数:

$$F_0 = u_0 \sqrt{\rho_V} = 7 \times \sqrt{2.692} = 11.48$$

处在 9~12 之内。

开孔率:

$$\phi = N \left(\frac{d_0}{D} \right)^2 = 316 \times \left(\frac{0.039}{3.5} \right)^2 = 3.9\%$$

没有处在 5%~15%之间, 重新取浮阀数目 1200, 则开孔率:

$$\phi = N \left(\frac{d_0}{D} \right)^2 = 1200 \times \left(\frac{0.039}{3.5} \right)^2 = 14.9\%$$

满足要求。

在 Aspen 中输入参数, 校核水力学参数满足条件。

2.4 水力学校核

在 Aspen 中输入塔体计算尺寸, 校核塔体水力学。

2.4.1 T0403 塔体尺寸计算结果

T0403 塔体主要工艺尺寸计算结果列于下表 2.4-1。

表 2.4-1 塔体主要工艺尺寸

塔段		1	2	3	4	5
塔板	起始塔板	2	13	15	16	17
	结束踏板	12	14	15	16	21
塔盘类型		sulzer-nutter BDP				
通道数		2				
塔板间距/m		0.9	0.6	0.9	0.8	0.6
塔段高度/m		9.9	1.2	0.9	0.8	3
段压降/kPa		17.69	2.38	1.43	1.12	3.89

塔段压头损失/mm	2066.99	273.21	162.49	126.53	435.40
直径/m	3.5		2.7		
浮阀材料	CS				
浮阀厚度/GAUGE	14				
塔板厚度/mm	6.6		6		
浮阀数量	1200		700		
开孔率/%	14.9		14.6		
堰高/mm	80				
降液管间隙/mm	70				

2.4.2 水力学视图

塔板视图、气相视图和液相视图分别如图 2.4-1、图 2.4-2 和图 2.4-3 所示。

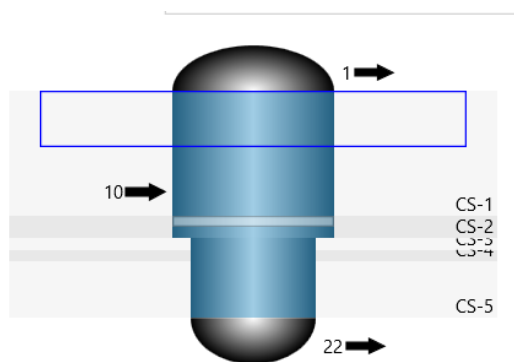


图 2.4-1 塔板视图

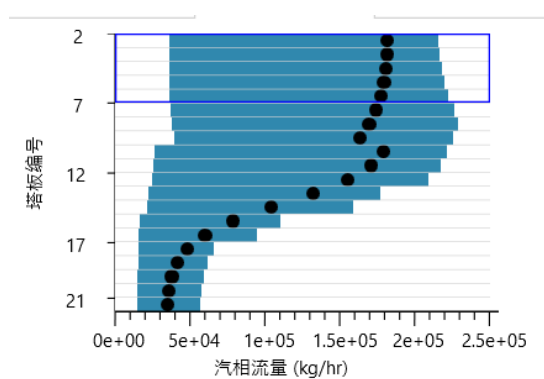


图 2.4-2 气相视图

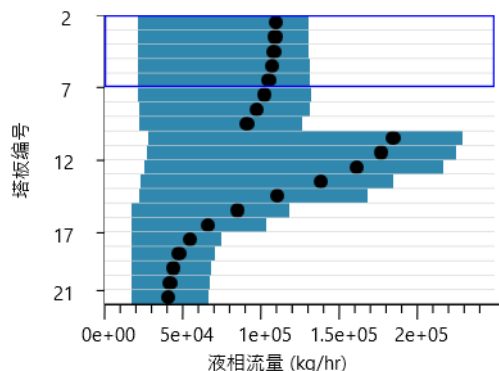


图 2.4-3 液相视图

2.4.3 塔板负荷性能图

在 Aspen 中可以清楚的知道 T0403 每一块塔板的负荷性能图，如图 2.4-4。

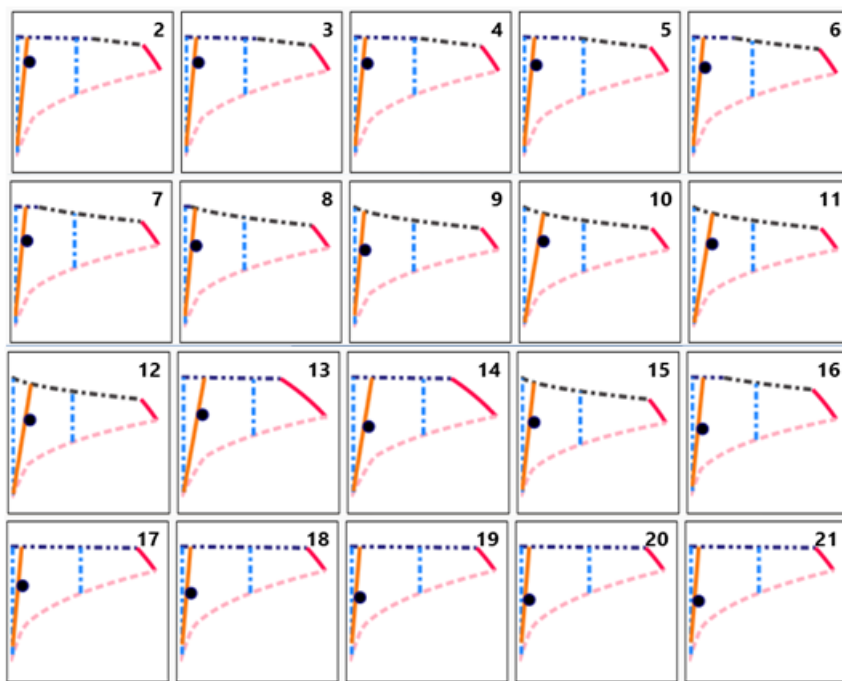


图 2.4-4 塔板负荷性能图

2.4.4 水力学校核结果

水力学校核结果列于表 2.4-2。

表 2.4-2 水力学校核结果

塔板	液泛率/%	总压降 /kPa	降液管持液 量/%	干板压降 /kPa	堰上高度 /mm	中心降液 管停留时 间/s
2	84.13	1.65	38.02	1.33	148.50	6.21

3	83.13	1.64	37.87	1.32	147.92	6.21
4	82.89	1.63	37.66	1.31	146.96	6.21
5	81.68	1.61	37.33	1.30	145.37	6.23
6	79.81	1.60	36.82	1.28	142.80	6.27
7	77.03	1.56	36.05	1.25	138.80	6.35
8	73.28	1.52	34.97	1.21	132.97	6.47
9	68.85	1.46	33.63	1.16	125.30	6.66
10	72.12	1.77	41.69	1.39	213.92	4.09
11	68.73	1.69	39.92	1.32	204.25	4.10
12	62.98	1.55	36.62	1.18	185.73	4.14
13	74.74	1.32	45.7857	0.98	157.07	4.22
14	65.61	1.07	37.70	0.76	122.41	4.37
15	68.70	1.43	32.80	1.13	152.62	4.26
16	63.78	1.12	29.26	0.84	118.94	4.30
17	73.05	0.92	31.89	0.67	96.51	4.53
18	67.39	0.81	28.42	0.56	83.06	4.63
19	64.11	0.75	26.51	0.51	75.64	4.70
20	62.30	0.72	25.51	0.48	71.70	4.74
21	61.34	0.70	25.00	0.46	69.69	4.76

2.5 塔机械强度设计与校核

2.5.1 塔机械工程设计

2.5.1.1 塔顶部空间高度

为了减少塔顶出口气体中夹带的液体量，取塔顶部空间高度：

$$H_1 = 2 \times H_T = 1.8m$$

2.5.1.2 塔底部空间高度

为保证进料有一定的缓冲容量，取釜液停留时间为5min，则塔底部高度：

$$H_2 = \frac{tL_s}{A_T} = 3.06m$$

2.5.1.3 裙座高度

$$H_3 = 2 + \frac{1.5D}{2} = 4.625$$

2.5.1.4 封头选择

封头选取标准椭球形封头，根据公称直径，上下分别选取公称直径为 3500mm、2700mm 的标准椭球封头。

2.5.2 塔机械强度校核

本设计采用机械强度常规设计软件 SW6-2011，对塔的强度进行常规设计，基本参数包括：设计压力、设计温度、设计直径和计算长度等。校核结果如表 2.5-1 所示。

表 2.5-1 校核结果一览表

塔 设 备 校 核						
计算依据: NB/T 47041-2014						
计算条件						
塔型			板式			
容器分段数(不包括裙座)			5			
压力试验类型			液压			
封头		上封头			下封头	
材料名称		Q235-B			Q235-B	
名义厚度(mm)		13			11	
腐蚀裕量(mm)		2			2	
焊接接头系数		0.85			0.85	
封头形状		椭球形			椭球形	
圆筒	设计压力 (MPa)	设计温度 (°C)	长度 (mm)	名义厚度 (mm)	内径/外径 (mm)	材料名称(即钢号)
1	0.2	120	3000	6	2700	Q235-B
2	0.2	120	800	6	2700	Q235-B
3	0.2	120	900	6	2700	Q235-B
4	0.2	120	1200	6	3500	Q235-B
5	0.2	120	9900	6	3500	Q235-B
6						
7						
8						
9						
10						

圆筒	腐蚀裕量 (mm)	纵向焊接接头	环向焊接接头	外压计算长度	试验压力 (立)	试验压力(卧) (MPa)
1	2	0.9	0.85	0	0.3	0.5
2	2	0.9	0.85	0	0.3	0.5
3	2	0.9	0.85	0	0.3	0.5
4	2	0.9	0.85	0	0.3	0.5
5	2	0.9	0.85	0	0.3	0.5
6						
7						
8						
9						
10						

内件和偏心载荷					
介质密度/kg·m ⁻³			971.98		
塔釜液面离焊接接头的高度/mm			0		
塔板分段	1	2	3	4	5
塔板类型	浮阀				
塔板层数	5	1	1	2	11
每层塔板积液高度/mm	100				
最高层塔板高度/mm	8000	8800	9700	10700	20600
最低层塔板高度/mm	5000	8800	9700	10300	11600
填料分段数	1	2	3	4	5
填料顶部分段高度/mm					
填料底部高度/mm					
填料密度/g·m ⁻³					
集中载荷数	1	2	3	4	5
集中载荷高度/m					
集中载荷中心到容器中心 线距离/m					

塔器附件和基础			
塔器附件质量计算系数	1.2	基本风压/ $N \cdot m^2$	400
基础高度/mm		5000	
塔器保温层厚度/mm	0	保温层密度/ $g \cdot m^{-3}$	0
裙座防火层厚度/mm	100	防火层密度/ $g \cdot m^{-3}$	7900
管线保温层厚度/mm	0	最大管线外径/mm	0
笼式扶梯与最大管线的相对位置/mm		90	
场地土类型	1	场地土粗糙度类别	A
地震设防烈度	7度	设计地震分组	第一组
地震影响系数最大值	0.08	阻尼比	0.01
塔器上平台总个数	0	平台宽度/mm	0
塔器上最高平台高度/mm	0	塔器上最低平台高度/mm	0
裙座			
裙座结构形式	圆筒形	裙座底部截面直径/mm	2700
裙座与壳体连接形式	对接	裙座高度/mm	5000
裙座材料名称	Q235B	裙座设计温度/ $^{\circ}C$	150
裙座腐蚀裕量/mm	2	裙座名义厚度/mm	8
裙座材料许用应力/MPa	235	裙座与筒体连接段在设计 温度下许用应力/MPa	111
裙座与筒体连接段材料	Q235B		
裙座上同一高度较大孔个数	2	裙座较大孔中心高度/mm	1200
裙座与筒体连接段长度/mm	40		
裙座上较大孔引出管内径/mm	450	裙座上较大孔引出管厚度 /mm	10
裙座上较大孔引出管长度/mm	250		
地脚螺栓及地脚螺栓座			
地脚螺栓材料名称	Q235B	地脚螺栓材料许用应力/MPa	111
地脚螺栓个数	20	地脚螺栓公称直径/mm	64
全部筋板块数	32	相邻筋板最大外侧间距/mm	1300.25
筋板内侧间距/mm	1300.25		

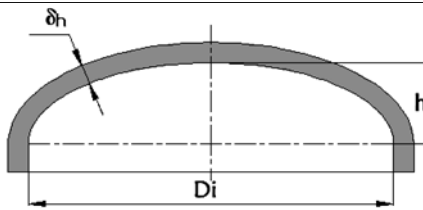
筋板厚度/mm	22	筋板宽度/mm	170	
盖板类型	整块	盖板上地脚螺栓孔直径/mm	85	
盖板厚度/mm	22	盖板宽度/mm/mm	0	
垫板	有	垫板上地脚螺栓孔直径	67	
垫板厚度/mm	28	垫板宽度/mm	120	
基础环板外径/mm	9000	基础环板内径/mm	7755	
基础环板名义厚度/mm	40			
计算结果				
容器壳体强度计算				
元件名称	压力设计名义 厚度 (mm)	直立容器校核取 用厚度 (mm)	许用内压 (MPa)	许用外压 (MPa)
下封头	11	11	0.2	
第 1 段 圆筒	6	6	0.2	
第 1 段 变径段	6	6	0.2	
第 2 段 圆筒	6	6	0.2	
第 2 段 变径段	6	6	0.2	
第 3 段 圆筒	6	6	0.2	
第 3 段 变径段	6	6	0.2	
第 4 段 圆筒	6	6	0.2	
第 4 段 变径段	6	6	0.2	
第 5 段 圆筒	6		0.2	
第 5 段 变径段	6	6	0.2	
第 6 段 圆筒				
第 6 段 变径段				
第 7 段 圆筒				
第 6 段 变径段				
第 8 段 圆筒				
第 8 段 变径段				
第 9 段 圆筒				

第 9 段 变径段							
第 10 段 圆筒							
第 10 段 变径段							
上封头		13	13	0.2			
裙座							
名义厚度/mm			15				
取用厚度/mm			15				
风载及地震载荷							
0-0	A-A	裙座与筒体 连接段	1-1(筒体)	1-1(下封 头)	2-2	3-3	
操作质量 m_0							
m_0	m_01	m_02	m_03	m_04	m_05	m_a	m_e
219487	203389	60956.4	60902.2	60902.2			
最小质量 m_0							
m_0	m_01	$0.2m_02$	m_03	m_04	m_a	m_e	
180554	164456	60956.4	60902.2	60902.2			
压力试验时质量							
795891	779793	659346	60902.2	60902.2			
风弯矩 M^I							
M^I	M^I	P	$I/2$	P	$(I$	$I/2)$	
$2) P$			$(I$	I	I	$/2)$	
...							
1.696e+09	1.603e+09	1.105e+09	1.103e+09	1.103e+09			
顺风向弯矩 M_1							
顺风向弯矩 M_2							
$M_{ca}(1)M_w^{-1-1}$							
$M_{ca}(2)M_w^{-1-1}$							

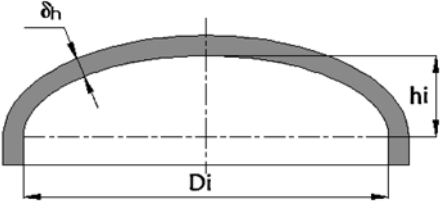
组合风弯矩 M_{ew}						
1.696e+09	1.603e+09	1.105e+09	1.103e+09	1.103e+09		
地震弯矩 M_E						
2.409e+09	2.307e+09	1.73e+09	1.728e+09	1.728e+09		
偏心弯矩 M_E						
0	0	0	0	0		
组合应力校核						
$A1$	1	2	3 (内压),	2	3 (外压)	
				23.41	23.41	
许用值						
				189.11	189.11	
$A2$	2	3 (内压),	1	2	3 (外压)	
16.88	15.87	8.08		9.36	9.36	
许用值						
64.79	64.79	64.79		64.85	64.79	
$A3$	1	2	3			
				44.91	44.91	
许用值						
				310.50	310.50	
$A4$	2	3				
34.03	33.54	27.94		3.82	3.82	
许用值						
57.36	57.36	57.36		57.41	68.84	
$(p_T \quad 9.81 \quad H_w)(D_i \quad e_i) / 2 \quad e_i$						
				144.52	144.52	
许用值						

			310.50	310.50		
校核结果						
合格	合格	合格	合格	合格		
<p>注: i_j 中 i 和 j 的意义如下</p> <p>$i=1$ 操作工况 $j=1$ 设计压力或试验压力下引起的轴向应力(拉) $i=2$ 检修工况</p> <p>$j=2$ 重力及垂直地震力引起的轴向应力(压)</p> <p>$i=3$ 液压试验工况 $j=3$ 弯矩引起的轴向应力(拉或压)</p> <p>$[\sigma]^t$ 设计温度下材料许用应力B 设计温度下轴向稳定的应力许用值 注</p> <p>2:</p> <p>A1: 轴向最大组合应力 A2: 轴向最大组合压应力</p> <p>A3: 液压试验时轴向最大组合应力 A4: 液压试验时轴向最大组合压应力</p> <p>: 试验压力引起</p> <p>的周向应力 注:</p> <p>单波下</p> <p>质量 kg 力:N 弯矩 N mm 应力: MPa</p>						
主要尺寸设计及总体参数设计计算结果						
裙座设计名义厚度/mm				15		
容器总体积/m ³						
直立容器总高/mm				22000		
壳体和裙座质量/kg				68783		
附件质量/kg				13756.6		
内件质量/kg				21184.1		
保温层质量/kg				92652.8		
平台及扶梯质量/kg				1125		
操作时物料质量/kg						
液压时液体质量/kg						
吊装时空塔质量/kg				86776.5		
直立容器的操作质量				219487		

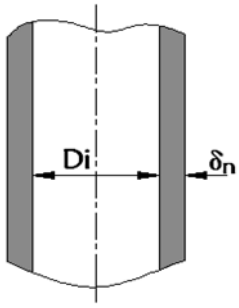
m_0	m_1	m_2	m_3	m_4	
	m_5	m_a	m_e	/kg	
直立容器的最大质量					180554
m_{min}	m_1	$0.2m_2$	m_3	m_4	
	m_a	m_e	/kg		
空塔重心至基础环板底截面距离					795891
m_{max}	m_1	m_2	m_3	m_4	
	m_a	m_w	m_e	/mm	
直立容器自震周期/s					13521.1
第二振型自震周期/s					0.35
第三振型自震周期/s					
临界风速(第一振型)/ $m \cdot s^{-1}$					
临界风速(第二振型) / $m \cdot s^{-1}$					
雷诺系数					
设计风速 $m \cdot s^{-1}$					
风载对直立容器的横推力/N					
地震载荷对直立容器的总恒推力/N					
操作工况下容器顶部最大挠度					
容器许用外压/MPa					0.5
注：内件质量指塔板质量； 填料质量计入物料质量； 质量计入直立容器的操作质量、最小质量、最大质量中。					
上封头校核计算					
计算所依据的标准				GB150.3-2011	
计算条件				椭圆形封头筒图	
计算压力/MPa			0.3		

		
设计温度/℃	120	
内径/mm	3500	
曲面深度/mm	850	
材料	Q235B	
设计温度许用应力/MPa	345	
试验温度许用应力/MPa	345	
钢板负偏差 C1/mm	0.8	
腐蚀裕量 C2/mm	2	
焊接接头系数	0.85	
压力试验时应力校核		
压力试验类型	液压试验	
试验压力值/MPa	0.3	
试验压力允许通过的应力/MPa	263.925	
试验压力下封头应力/MPa		
校核条件	T T	
校核结果	合格	
形状系数	1	
计算厚度/mm	10.08	
有效厚度/mm	10.2	
最小厚度/mm		
名义厚度/mm	13	
结论	合格	
下封头校核计算		
计算所依据的标准	GB150.3-2011	
计算条件	椭圆形封头简图	

项目附录、概述、计算表等可站内按相同项目名称查询下载

计算压力/MPa	0.3	
设计温度/°C	120	
内径/mm	2700	
曲面深度/mm	650	
材料	Q235B	

项目附录、概述、计算表等可站内按相同项目名称查询下载

设计温度许用应力/MPa	345	
试验温度许用应力/MPa	345	
钢板负偏差 C1/mm	0.8	
腐蚀裕量 C2/mm	2	
焊接接头系数	0.85	
压力试验时应力校核		
压力试验类型	液压试验	
试验压力值/MPa	0.3	
试验压力允许通过的应力/MPa	263.925	
试验压力下封头应力/MPa		
校核条件	T T	
校核结果	合格	
形状系数	1	
计算厚度/mm	7.9	
有效厚度/mm	8.2	
最小厚度/mm		
名义厚度/mm	11	
结论	合格	
内压圆筒校核		
计算所依据的标准	GB150.3-2011	
计算条件	筒体简图	
计算压力	0.2	
设计温度	120	
内径/mm	3500	
材料	Q235B	
试验温度许用应力	35	
试验温度屈服点	111	
钢板负偏差/mm	0.3	
腐蚀裕量/mm	2	

焊接接头系数	0.9	
计算厚度/mm	3.24	
有效厚度/mm	3.7	
名义厚度/mm	6	
校核结果		合格

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/988002062030007002>