

2017 “东华科技-陕鼓杯”

第十一届全国大学生化工设计竞赛



华能电厂 225MW 发电机组燃煤锅炉

烟气脱硫项目

——设计说明书附录



团队名称：Devil Angel设计团队

团队成员：王士林 朱林伟 侯家诚

邓德丹 刘路远

指导老师：杨则恒 姚运金 徐超 张卫新

目 录

第一章 物料衡算	4
1.1 物料衡算方法	4
1.2 物料衡算目的	4
1.3 总项目核算	5
1.4 物料衡算任务	5
1.5 烟气预处理工段	5
1.6 二氧化硫吸收氧化工段	6
1.7 硫酸铵回收利用工段	7
1.8 总结	8
第二章 热量衡算	9
2.1 概述	9
2.2 热量衡算原理	9
2.3 热量衡算任务	9
2.4 烟气预处理工段	10
2.4.1 静电除尘器	10
2.4.2 换热器	10
2.4.3 全工段物流焓值	11
2.5 二氧化硫吸收氧化工段	11
2.5.1 填料塔	11
2.5.2 填料反应器	12
2.5.3 全工段物流焓值	12
2.6 硫酸铵回收利用工段	13
2.6.1 三效蒸发器	13
2.6.2 离心机	13
2.6.3 全工段物流焓值	14
第三章 设备一览表	15
3.1 储罐选型	15
3.1.1 储罐选型依据	15
3.1.2 液氨储罐	15
3.1.3 工艺水储罐	15
3.1.4 硫酸铵储罐	16
3.2 压缩机的选型	16
3.2.1 选型依据	16
3.2.2 压缩机类型及特点	16

3.2.3 压缩机的选用要求	17
3.2.4 选型原则	17
3.2.5 压缩机选型参数	18
3.3 泵选型	20
3.3.1 泵选型设计依据	20
3.3.2 工业用泵分类和适用范围	20
3.3.3 泵选型原则	22
3.3.4 典型化工用泵的特点和选用要求	23
3.3.5 选泵流程	24
3.4 反应器（非标设备）	26
3.5 换热器（非标设备）	26
3.6 塔设备（非标设备）	28
3.7 压缩机（标准设备）	28
3.8 储罐（非标设备）	30
3.9 泵（标准设备）	31
第四章 配管一览表	33
第五章 物料性质 MSDS	36
5.1 概述	36
5.2 MSDS 数据	36
5.2.1 液氨	36
5.2.2 二氧化硫	40
5.2.3 氟化氢	43
5.2.4 氯化氢	47

第一章 物料衡算

1.1 物料衡算方法

物料衡算是根据质量守恒定律,利用某进出化工过程中某些已知物流的流量和组成,通过建立有关物料的平衡式和约束式,求出其他未知物流的流量和组成的过程。系统中物料衡算一般表达式为:

$$\text{积累} = \text{输入} - \text{输出} + \text{生成} - \text{消耗}$$

式中,生成或消耗项是由于化学反应而生成或消耗的量;积累量可以是正值,也可以是负值,当系统中积累量不为零时称为非稳定状态过程;积累量为零时,称为稳定状态过程。稳定状态过程时,可以简化为:

$$\text{输入} = \text{输出} - \text{生成} + \text{消耗}$$

对无化学反应的稳定过程,又可表示为:

$$\text{输入} = \text{输出}$$

物料衡算包括总质量衡算、组分衡算和元素衡算。各种衡算方法的适用情况如表 1-1 所示:

表 1-1 物料衡算式适用范围

类别	物料衡算形式	无化学反应	有化学反应
总衡算式	总质量衡算式	适用	适用
	总物质的量衡算式	适用	不适用
组分衡算式	组分质量衡算式	适用	不适用
	组分物质的量衡算式	适用	不适用
元素原子衡算式	元素原子质量衡算式	适用	适用
	元素原子物质的量衡算式	适用	适用

由于系统中存在化学反应,我们主要采用总质量衡算的的衡算方法,同时列出每种物料组分的质量流量便于查找和计算。

1.2 物料衡算目的

工艺设计中,物料衡算是在工艺流程确定后进行的。目的是根据原料与产品之间的定量转化关系,计算原料的消耗量,各种中间产品、产品和副产品的产量,生产过程中各阶段的消耗量以及组成,进而为热量衡算、其他工艺计算及设备计算打基础。对于已有装置,物料衡算可以弄清原料的来龙去脉,找出生产中的薄弱环节,为改进生产、完善管理提供可靠的依据和明确方向,并可作为检查原料利用率及三废处理完善程度的一种手段。

1.3 总项目核算

从原料入厂到产品输出，其工艺路线可分为如下 3 个工段：

预处理工段、二氧化硫吸收氧化工段、硫酸铵回收利用工段。下面将从这三个工段介绍。

1.4 物料衡算任务

本厂工艺采取年开工 333 天（8000 小时）的连续操作，其中一年内的四~五周（约 30 天）用于固定的停车设备检修及紧急情况处理。物料衡算的主要任务在于：

- (1) 确定硫酸铵产品的实际产量以及质量指标；
- (2) 确定烟气中二氧化硫的吸收率等指标；
- (3) 确定工艺中的“三废”排放量等公共经济指标；
- (4) 各主要单元过程的物料衡算，并指导工艺设备的尺寸确定；
- (5) 汇总全流程物料衡算，数据用于完成物料流程图等后续设计任务。

1.5 烟气预处理工段

下图是由 Aspen Plus 软件模拟得出的预处理衡算图：

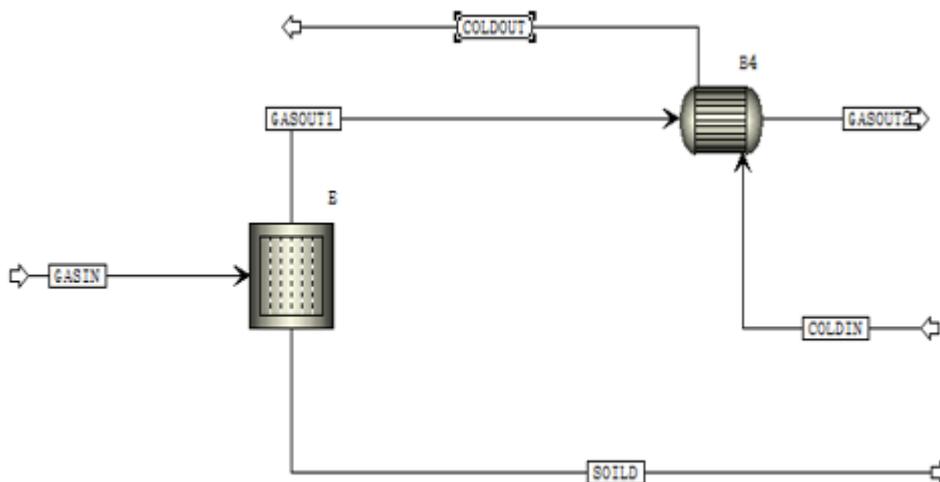


图 1-1 烟气预处理工段衡算图

表 1-2 烟气预处理工段物料衡算表

项目	单位	物流信息		
物流说明		除尘器进口物料	换热器出口物料	除尘器下出口物料
Temperature	℃	140	72	140
Pressure	KPA	101.32	101.32	101.32
Vapor Fraction		1	1	1
Enthalpy Flow	GCAL/HR	-586.394	-586.394	-586.394
Mole Flow	KMOL/HR	30357	30300	57
Mass Flow	KG/HR	922126.806	921125.506	999.9
Volume Flow	CUM/HR	947601.772	947601.772	852.1
Mass Flow	KG/HR			
H2O		38282.29	38282.29	0
N2		586779.597	586779.597	0
O2		66054.355	66054.355	0
CO2		227120.935	227120.935	0
SO2		3889.63	3889.63	0
C		1000	0	999.9

1.6 二氧化硫吸收氧化工段

下图是由 Aspen Plus 软件模拟得出的二氧化硫吸收氧化工段衡算图：

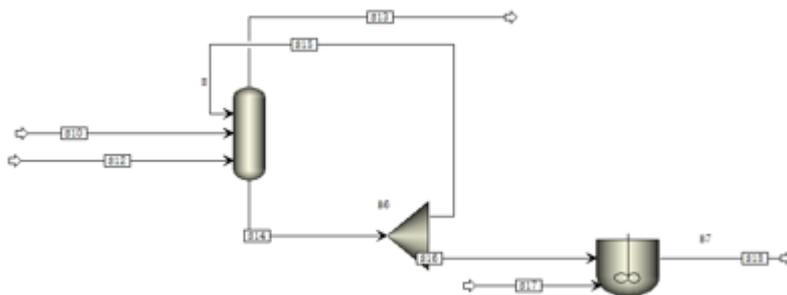


图 1-2 二氧化硫吸收氧化工段流程图

表 1-3 吸收塔物料衡算表

项目	单位	物流信息			
物流说明		烟气进料	吸收液进料	烟气出口	塔出料
Temperature	℃	72	25	75	46.3
Pressure	KPA	101.325	101.325	101.325	101325
Vapor Fraction		1	0	0	1
Enthalpy Flow	GCAL/HR	-586.394	-131.037	-633.543	-151.383
Mole Flow	KMOL/HR	30357	1965.8	30932.104	1327.406
Mass Flow	KG/HR	922126.80	35349.466	929756.115	27651.42
Volume Flow	CUM/HR	947601.77	36.183	813148.743	28.684
Mass Flow KG/HR					
H2O		38282.29	34222.762	49712.023	57178.76
N2		586779.59	0	586779.432	0.432
O2		66054.355	0	66054.32	0.091
CO2		227120.93	0	227118.57	6.222
SO2		3889.63	0	91.769	3.63
NH3		0	1123.846	10.21	0
(NH4)2SO4		0	0	0.0030	0.0000
(NH4)2SO3		0	0	0.0001	572.804
(NH4)HSO4		0	0	0.0002	0.0000
(NH4)HSO3		0	0	0.0441	12062.8

1.7 硫酸铵回收利用工段

下图是由 Aspen Plus 软件模拟得出的硫酸铵回收利用工段衡算图：

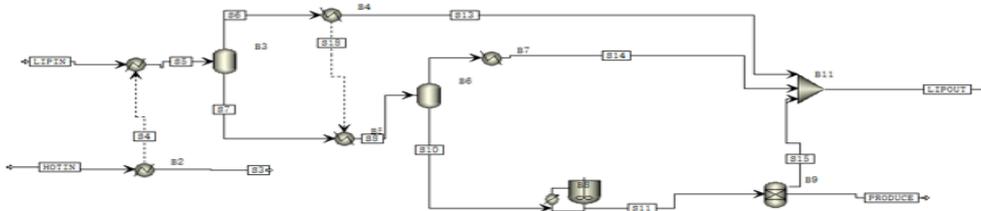


图 1-3 硫酸铵回收利用工段流程图

表 1-4 硫酸铵回收工段物料衡算表

项目	单位	物流信息			
物流说明		蒸发器进料	蒸发器上出料	离心机顶出料	离心机底出料
Temperature	℃	60	25	30	60
Pressure	KPA	101.325	101.325	101.325	101.325
Vapor Fraction		1	0	0	0
Enthalpy Flow	GCAL/HR	-37.875	-131.037	-20.199	-26.617
Mole Flow	KMOL/HR	490.798	1965.8	264.686	297.016
Mass Flow	KG/HR	11626.14	1777.70	3575.602	6272.847
Volume Flow	CUM/HR	11.599	36.183	2.6845	6.121
Mass Flow KG/HR					
H2O		5356.16	1777.69	3567.73	10.696
N2		0	0	0	0
O2		0	0	0	0
CO2		0	0	0	0
SO2		0	0	0	0
NH3		5.195	0.01	5.176	0.009
(NH4)2SO4		5350.58	0	2.354	5348.226
(NH4)2SO3		0	0	0.298	0
(NH4)HSO4		0.044	0	0.004	0.04
(NH4)HSO3		0.041	0	0.04	0.001

1.8 总结

表 1-5 物料消耗表

项目	名称	数量 (万 t/a)	来源	运输方式	备注
原料	SO ₂	3.3606	锅炉尾气	管道运输	
	液氨	0.96838	外部购买	陆运	
辅助材料	工艺软水	32000	来自公用工程	管道运输	

第二章 热量衡算

2.1 概述

225MW 发电机组燃煤锅炉烟气脱硫装置，在全工艺段中伴随着物料从一个体系或单元进入另一个体系或单元，在发生质量传递的同时也伴随着能量的消耗、释放和转化。其中的能量变换数量关系可以从能量衡算求得，对于新设计的车间，可以由此确定设备的热负荷。再根据设备的热负荷大小、所处理物料的性质及工艺要求选择恰当的设备。总之，通过下述能量衡算，可以为后续设计工作中提高热量的利用率，降低能耗提供主要依据。

2.2 热量衡算原理

工程依据化工设计中关于热量衡算的基本思想和要求，遵循基本规范与实际工艺相结合的原则，进行热量衡算书的编制。其中一个主要依据是能量平衡方程：

$$\sum Q_{in} = \sum Q_{out} + \sum Q_l$$

其中，

$\sum Q_{in}$ ——表示输入设备热量的总和；

$\sum Q_{out}$ ——表示输出设备热量的总和；

$\sum Q_l$ ——表示损失热量的总和。

对于连续系统：

$$Q + W = \sum H_{out} - \sum H_{in}$$

其中，

Q——设备的热负荷；

W——输入系统的机械能；

$\sum H_{out}$ ——离开设备的各物料焓之和；

$\sum H_{in}$ ——进入设备的各物料焓之和。

在进行全厂热量衡算时，是以单元设备为基本单位，考虑由机械能转换、化学反应释放和单纯的物理变化带来的热量变化。最终对全工艺段进行系统级的热量平衡计算，进而用于指导节能降耗设计工作。

2.3 热量衡算任务

在进行乙二醇装置的热量衡算中，主要通过定量计算完成下述基本任务：

(1) 确定工艺单元中物料输送机械（如泵）所需要的功率，以便于进行设备的设计和选型；

(2) 确定精馏等单元操作中所需要的热量或冷量以及传递速率，计算换热设备的尺寸，确定加热剂和冷却剂的消耗量，为后续设计中比如供汽、供冷、供水等专业提供设备条件；

(3) 确定为保持一定反应温度所需移除或者加入的热传递速率，指导反应器的设计和选型；

(4) 提高热量内部集成度，充分利用余热，提高能量利用率，降低能耗；

(5) 最终计算出总需求能量和能量的费用，并由此确定工艺过程在经济上的可行性。

2.4 烟气预处理工段

2.4.1 静电除尘器

表 2-1 静电除尘器物流焓值表

项目	单位	物流信息		
物流说明		除尘器进口物料	除尘器上出口物料	除尘器下出口物料
Temperature	℃	140	140	140
Pressure	KPA	101.32	101.32	101.32
Vapor Fraction		1	1	1
Enthalpy Flow	GCAL/HR	-586.394	-586.394	-586.394
Mole Flow	KMOL/HR	30357	30300	57
Mass Flow	KG/HR	922126.806	921126.871	999.9
Volume Flow	CUM/HR	947601.772	947601.772	852.1

2.4.2 换热器

表 2-2 换热器物流焓值表

项目	单位	物流信息	
物流说明		换热器进口物料	换热器出口物料
Temperature	℃	140	72
Pressure	KPA	101.32	101.32
Vapor Fraction		1	1
Enthalpy Flow	GCAL/HR	-586.394	-586.394

Mole Flow	KMOL/HR	30300	30300
Mass Flow	KG/HR	921126.871	921125.506
Volume Flow	CUM/HR	947601.772	947601.772

2.4.3 全工段物流焓值

表 2-3 烟气预处理工段物流焓值表

项目	单位	物流信息		
物流说明		除尘器进口物料	换热器出口物料	除尘器下出口物料
Temperature	℃	140	72	140
Pressure	KPA	101.32	101.32	101.32
Vapor Fraction		1	1	1
Enthalpy Flow	GCAL/HR	-586.394	-586.394	-586.394
Mole Flow	KMOL/HR	30357	30300	57
Mass Flow	KG/HR	922126.806	921125.506	999.9
Volume Flow	CUM/HR	947601.772	947601.772	852.1

2.5 二氧化硫吸收氧化工段

2.5.1 填料塔

表 2-4 填料塔物流焓值表

项目	单位	物流信息			
物流说明		烟气进料	吸收液进料	烟气出口	塔出料
Temperature	℃	72	25	75	46.3
Pressure	KPA	101.325	101.325	101.325	101325
Vapor Fraction		1	0	0	1
Enthalpy Flow	GCAL/HR	-586.394	-131.037	-633.543	-151.383
Mole Flow	KMOL/HR	30357	1965.8	30932.104	1327.406

Mass Flow	KG/HR	922126.80	35349.466	929756.115	27651.42
Volume Flow	CUM/HR	947601.77	36.183	813148.743	28.684

2.5.2 填料反应器

表 2-5 填料反应器物流焓值表

项目	单位	物流信息			
物流说明		空气进料	反应器进料	反应器顶出料	反应器底出料
Temperature	℃	30	46.3	60	60
Pressure	KPA	101.325	101.325	101.325	101.325
Vapor Fraction		1	0	1	0
Enthalpy Flow	GCAL/HR	0.167	-151.383	-47.758	-37.875
Mole Flow	KMOL/HR	5000	1327.406	5824.756	490.798
Mass Flow	KG/HR	144251.98	27651.42	159326.76	12576.646
Volume Flow	CUM/HR	125971.97	28.684	146514.648	11.599

2.5.3 全工段物流焓值

表 2-6 二氧化硫吸收氧化工段物流焓值表

项目	单位	物流信息			
物流说明		烟气进料	吸收液进料	反应器顶出料	反应器底出料
Temperature	℃	72	25	60	60
Pressure	KPA	101.325	101.325	101.325	101.325
Vapor Fraction		1	0	0	1
Enthalpy Flow	GCAL/HR	-586.394	-131.037	-47.758	-37.875
Mole Flow	KMOL/HR	30357	1965.8	5824.756	490.798
Mass Flow	KG/HR	922126.80	35349.466	159326.76	12576.646
Volume Flow	CUM/HR	947601.77	36.183	146514.648	11.599

2.6 硫酸铵回收利用工段

2.6.1 三效蒸发器

表 2-7 三效蒸发器物流焓值表

项目	单位	物流信息		
物流说明		蒸发器进料	蒸发器顶出料	蒸发器底出料
Temperature	℃	60	25	78.6
Pressure	KPA	101.325	101.325	101.325
Vapor Fraction		0	1	0
Enthalpy Flow	GCAL/HR	-37.875	-131.037	-26.617
Mole Flow	KMOL/HR	490.798	1965.8	297.016
Mass Flow	KG/HR	11626.149	1777.70	9848.449
Volume Flow	CUM/HR	11.599	36.183	7.121

2.6.2 离心机

表 2-8 过滤离心机物流焓值表

项目	单位	物流信息		
物流说明		离心机进料	离心机顶出料	离心机底出料
Temperature	℃	78.6	30	60
Pressure	KPA	101.325	101.325	101.325
Vapor Fraction		0	0	0
Enthalpy Flow	GCAL/HR	-26.617	-20.199	-22.617
Mole Flow	KMOL/HR	297.016	264.686	297.016
Mass Flow	KG/HR	9848.449	3575.602	6272.847
Volume Flow	CUM/HR	7.121	2.6845	6.121

2.6.3 全工段物流焓值

表 2-9 硫酸铵回收利用工段物流焓值表

项目	单位	物流信息			
物流说明		蒸发器进 口物料	蒸发器上出 口物料	离心机顶部出料	离心机底出料
Temperature	℃	60	25	30	60
Pressure	KPA	101.325	101.325	101.325	101.325
Vapor Fraction		1	0	0	0
Enthalpy Flow	GCAL/HR	-37.875	-131.037	-20.199	-26.617
Mole Flow	KMOL/HR	490.798	1965.8	264.686	297.016
Mass Flow	KG/HR	11626.14	1777.70	3575.602	6272.847
Volume Flow	CUM/HR	11.599	36.183	2.6845	6.121

第三章 设备一览表

设备分为定型设备和非标准设备两大类：

定型设备是指按国家规定的产品标准、批量生产的进入设备系列的设备。非标准设备是指国家未定型、使用量小，由设计单位提供制造图纸、在工厂或施工现场加工的设备。本项目中主要对反应器、换热器、塔设备、储罐等非标准设备进行了设计，对泵、风机、压缩机等标准设备进行了选型，具体结果编制了设备一览表。（标准设备设计详见初步设计说明书，对非标设备的选型如下）

3.1 储罐选型

3.1.1 储罐选型依据

《钢制立式圆筒形内浮顶储罐系列》	HG 21502.2-92
《固定式压力容器安全技术监察规程》	TSG R0004-2009
《化工设备设计全书-球罐和大型储罐》	

3.1.2 液氨储罐

3.1.2.1 储存方式简介

储存方式主要有常温加压，低温常压，低温加压方式，综合考虑，采用常温加压的方式储存。滨海新区最高气温：39.3℃，因而设置水喷淋降温系统。

3.1.2.2 储存目标及物性

本厂日耗工业级液氨 25t，储存天数为 3-5 天。物性简介：密度 638.6 kg/m³，熔点-77.73℃，沸点-33.34℃。

3.1.2.3 选型结果

液氨密度为 638.6kg/m³，每日消耗丙烷 39.1 m³。储存丙烷 3-5 天，所需容积为 117.5-195.8 m³，储存个数为 2 个，使用两台 200 m³ 的立式储罐。设计压力为 2.4 MPa，设计温度为 50℃，属于中压力容器。

3.1.3 工艺水储罐

3.1.3.1 储存方式简介

储存方式主要有常温加压，低温常压，低温加压方式，采用常温常压的方式储存，无需设置保温换热装置。

3.1.3.2 储存目标及物性

本厂日耗工艺水 300t，储存数为 3-5 天。物性简介：密度 1000 kg/m³，熔点 0℃，沸点 100℃。

3.1.3.3 选型结果

工艺水密度为 1000 kg/m³，每日消耗工艺水 300 m³。综合考虑每日产量、安全、储存弹性等因素，储存工艺水 3-5 天，所需容积为 1000-1500m³，储存个数

为 1 个,使用 1 台 1500 m³ 的球罐。设计压力为 50 °C 时的饱和蒸汽压的 1.05 倍,圆整后取 0.11 MPa, 设计温度为 50 °C, 属于低压容器。

3.1.4 硫酸铵储罐

3.1.4.1 储存方式简介

储存方式主要有常温加压, 低温常压, 低温加压方式, 采用常温常压的方式储存, 无需设置保温换热装置。

3.1.4.2 储存目标及物性

本厂日产硫酸铵 67.3 t, 储存天数为 3-5 天。物性简介: 密度 1770kg/m³, 熔点 230°C。

3.1.4.3 选型结果

硫酸铵的密度为 1770kg/m³, 每日生成硫酸铵 40 m³。综合考虑每日产量、安全、储存弹性等因素, 储存对硫酸铵 3-5 天, 所需容积为 120-200 m³, 储存个数为 1 个, 使用 1 台 250 m³ 的卧式储罐。设计压力为 50°C 时的饱和蒸汽压的 1.05 倍, 圆整后取 1.8 MPa, 设计温度为 50°C, 属于低压容器。

3.2 压缩机的选型

3.2.1 选型依据

《容积式压缩机》	JB/T 2589-1999
《一般用途离心通风机技术条件》	JB/T 10563-2006
《容积式压缩机用钢锻件》	JB/T 6908-2006
《化工设备设计手册》	
《化工工艺设计手册》第四版	
《压缩机与驱动机选型手册》	

3.2.2 压缩机类型及特点

表 3-1 压缩机类型及特点

类型	特点
往复式压缩机	适用于中小气量, 进气流量约 18000m ³ /h 以下; 大多采用电动机拖动, 一般不调速; 气量调节通过补助容积装置或顶开进气阀装置, 功率损失较大; 压力范围广泛, 尤其适用于高压和超高压; 性能曲线陡峭; 气量基本不随压力的变化而变化; 排气不均匀, 气流有脉动; 绝热效率高, $\eta_{ad} = 0.7 \sim 0.85$; 机组结构复杂, 外形尺寸和质量大; 易损件多, 维修量大。
离心式压缩机	适用于大中气量; 要求介质为干净气体; 高转速时常采用汽轮机或燃气轮机组推动; 气量调节常通过调速实现; 功率损失小; 压力范围广

	泛，适用于高中低压；性能曲线平平坦，操作范围较宽；排气均匀，气流无脉动；多变效率 $\eta_p = 0.57 \sim 0.85$ ；体积小，质量轻；连续运转周期长，运转可靠；易损件少，维修量小。
轴流式压缩机	适用于大气量；尤其要求介质为干净气体；高转速时常采用汽轮机或燃气轮机组推动；气量调节常通过调速实现，也可采用可调导叶和静叶，功率损失小，适用于低压；性能曲线陡峭，操作范围较窄；排气均匀，气流无脉动；多变效率 $\eta_p = 0.83 \sim 0.93$ ；体积小，质量轻；连续运转周期长，运转可靠，易损件少，维修量小。
螺杆式压缩机	适用于中小气量，或含尘、湿、脏的气体；大多采用电动机拖动；气量调节可通过滑阀调节或调速来实现，功率损失小，适用于中低压；性能曲线陡峭，气量基本不随压力的变化而变化；排气均匀，气流脉动比往复式压缩机小得多；绝热效率较高，低压力比、大气量时， $\eta_{ad} = 0.75 \sim 0.85$ ；高压力比、小气量时， $\eta_{ad} = 0.65 \sim 0.75$ ；机组结构简单，形状尺寸和质量小，连续运转周期长，运转较可靠；与往复式压缩机相比，无气阀和活塞环等容易损件多；与离心式压缩机相比，无喘振。

3.2.3 压缩机的选用要求

- 1、必须满足气量、压力、温度等工艺参数的要求。
- 2、必须满足介质特性的要求：
 - (1) 对于易燃、易爆、有毒或贵重的气体，要求轴封可靠；
 - (2) 对于腐蚀性气体，要求接触介质部件采用耐腐蚀材料。
- 3、必须满足现场的安装要求：
 - (1) 安装在有腐蚀性气体存在场合的压缩机，要求采取防大气腐蚀的措施；
 - (2) 安装在室外环境温度低于 -20°C 以下的压缩机应采用耐低温材料；
 - (3) 对安装在爆炸危险环境的压缩机，其防暴电动机的防爆等级应符合爆炸性危险环境的区域等级。
- 4、压缩机应保证用户电源电压、频率变化范围内的性能。
- 5、确定压缩机的型号和制造厂时，应综合考虑压缩机的性能、能耗、可靠性、价格和制造规范等因素。

3.2.4 选型原则

压缩机可供选择的有往复式和离心式两种：离心式压缩机性能稳定，易损件少，可不考虑备用，但投资远远大于往复式压缩机。往复活塞式压缩机属于容积式压缩机，它能够提供较大的压比，而且具有无论流量大小、分子量大小，都可以达到较高的出口压力，而且与输送气体的分子量无关等优点，但同时带有结构

复杂，易损件多的缺点。

在化工生产中，气体复杂，分子量多变，以及考虑资金原因，所以在化工装置中广泛采用往复式活塞式压缩机来输送气体或提高气体的压力。而一旦确定采用往复式压缩机，应对其结构、性能等方面进行仔细研究并作出合理的选择。合理确定压缩机的机型及主要参数和配置根据装置的不同和对进出口压力要求的不同，压缩机的级数也不同，同时随着装置规模不断扩大，压缩机的机型也在逐步增大。决定压缩机机型的主要参数包括级数、结构形式、平均活塞速度、活塞杆负荷等。在工业生产中，由于介质复杂，以及考虑投资，往复式压缩机运用比较广泛，所以介绍往复式压缩机选型。

一般中小流量选用活塞压缩机，大流量采用离心式压缩机。

根据终压（出口压强）或者压缩比（指压送机械出口与入口气体绝对压力的比值），将压送机械分为：

- （1）真空泵：用于减压，终压为大气压，压缩比由真空度决定；
- （2）鼓风机：终压为 $14.7 \times 10^3 \sim 294 \times 10^3 \text{Pa}$ （表压），压缩比小于 4；
- （3）通风机：出口压力不大于 $14.7 \times 10^3 \text{Pa}$ （表压），压缩比为 1~1.15；
- （4）压缩机：终压在 $294 \times 10^3 \text{Pa}$ （表压）以上，压缩比大于 4（可在 10 级以上）。

通常，通风机用于克服输送过程中的流动阻力，达到输送气体的目的；鼓风机和压缩机用于产生高压气体，以满足化学反应（氨的合成）和单元操作（如用水吸收二氧化碳、冷冻等）所需要的工艺条件；真空泵则用在某些单元操作中（如过滤、真空蒸发、真空精馏等）对于负压的要求。

3.2.5 压缩机选型参数

1、往复式压缩机级数的确定

往复式压缩机的级数主要受到级排气温度的限制。美国石油学会标准 API618《石油、化工及气体工业用往复式压缩机》规定，除非另有规定和认可，最大预期排出温度应不超过 150°C ，(300°F)，此限制适用于所有规定的运行和负荷条件。对某些使用情况（如使用高压氢气或需采用无油润滑汽缸应特别考虑降低温度极限）。对于焦炉气来说预定排出温度不应超过 140°C 。

2、往复式压缩机的结构形式

往复式压缩机的结构形式。大型往复式压缩机一般为多级多列结构，为取得较好的动力平衡及运行稳定性，多采用卧式布置。根据曲柄夹角的不同，主要分为下述两种形式：

（1）对动式压缩机。其结构特点是每一相对列的两组运动部件作对称于主轴中心线的相向运动。当压缩机为偶数列时（此时一般称为对称平衡型压缩机）。

一、二阶往复惯性力和离心力都能相互抵消。但当压缩机为三列时，虽然往复惯性力和惯性力矩能够自动平衡，压缩机总阻力矩变化很大，这是其缺点。

(2) 对置式压缩机。对置式压缩机的气缸布置在机身两侧，但相对列的活塞运动部件做不对称运动。对于三列及其以上的奇数列，曲柄夹角一般在 360° 内均匀分配，对于这种压缩机仅一阶往复惯性力能够自动平衡，但总阻力矩比较均匀。实际应用中，为取得较好的动力平衡性，对于需采用偶数列的机组，宜选用对称平衡型结构；对于需采用奇数列的机组，最好选用对置型结构；此时若要采用对称平衡型结构，最好加一空列，使其转化成偶数列。

3、压缩机的转速及平均活塞速度

压缩机的转速和平均活塞速度对压缩机的 MTBF（平均无故障工作时间）起着关键作用，同时也决定了压缩机机型的大小。一般来说，选用较高的转速和较高的平均活塞速度可以导致较小的机型和较小的泄漏（较高的效率）；选用较低转速可增加气阀的寿命，较低的平均活塞速度则可以增加填料、活塞环的寿命。但过低的压缩机的转速和平均活塞速度会使得压缩机的机型增大，增加装置的一次投资。因此转速和平均活塞速度选取既要考虑压缩机的运行可靠性，也要考虑其经济性。所以在化工生产中，为了维持机组的长时间运行，保持持续生产状态，减少对气阀、填料维修，一般不选用较高转速，一般保持在 500r/min 以下。

4、压缩机的活塞杆负荷

压缩机的活塞杆负荷。压缩机基础件如：机身、连杆、十字头、活塞杆的设计一般都以活塞杆负荷为基准参考数据，也就是说机型的大小是由活塞杆负荷所确定的。在平均活塞速度确定的情况下，活塞杆的气体负荷基本上就可以确定，机型的大小也就可以确定。

5、压缩介质的理化性质

包括气体组成、介质特性等。

6、工艺参数

(1) 排气量 Q_n 也称压缩机的流量或气量，指单位时间内压缩机最后一级排除的气体，换算到第一级进口状态时的气体容积值。

(2) 排气压力 P_d 通常指压缩机最终排出的气体压力及压缩机末级排气压力。

(3) 进气温度 T_s 和排气温度 T_d 进气温度指进入压缩机首级的进气温度。排气温度通常指最终排出压缩机的气体温度。

7、现场条件

现场条件包括压缩机的安装位置，环境温度，相对湿度，大气压力，大气腐

蚀状况及危险区域的划分等级等条件。

具体压缩机的选型详见设备选型一览表。

3.3 泵选型

3.3.1 泵选型设计依据

《离心泵效率》	GB/T 13007-2011
《离心泵技术条件》	GB/T 16907-2014
《离心泵名词术语》	GB/T 7021-1986
《工业泵选用手册》	
《化工原理》上册（夏清、贾绍义主编，天津大学出版社）	
《化工工艺设计手册》（中华石化集团上海工程有限公司编，化学工业出版社）	

3.3.2 工业用泵分类和适用范围

根据泵的工作原理和结构，泵的类型可分类如下：

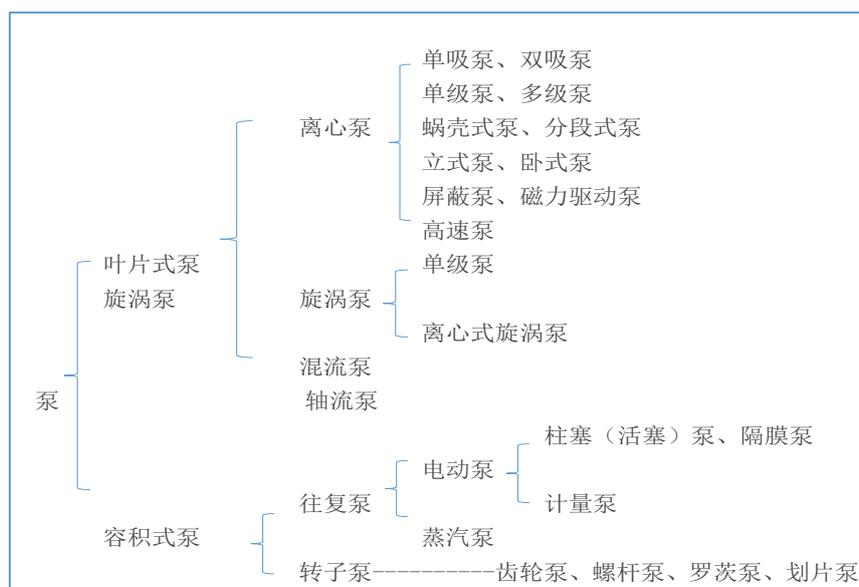


图 3-1 泵的分类

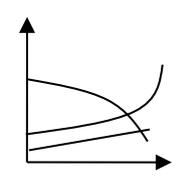
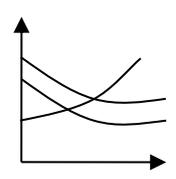
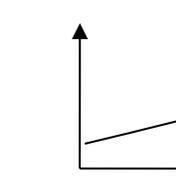
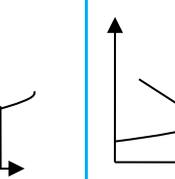
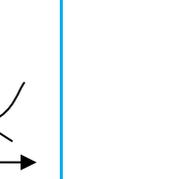
其他类型泵：喷射泵、水锤泵、真空泵。

另外，按压力分为：

- 1) 低压泵（低于 2 MPa）
- 2) 中压泵（2 MPa）
- 3) 高压泵（高于 6 MPa）

根据工段的不同选用合适的泵，几种典型泵的性能如下表所示：

表 3-2 典型泵的性能比较

类别	离心泵		容积式泵		流体作用式
泵的选型	离心泵 (IS、AY、FM、P 型)	涡选泵 (齿轮泵、螺杆泵)	回转式	往复泵	喷射泵
工作原理	惯性离心力 (无自吸能力-灌泵, 防气缚; 开式涡旋泵有自吸能力)		转子的挤压作用, 有自吸能力	活塞的往复运动, 有自吸能力	能量转换
特性曲线					
操作特征	启动前灌泵, 关出口阀, 连续吸液与排液, 出口阀开度调流量。	启动前灌泵, 不能关出口阀, 连续吸液与排液, 旁路调流量	启动前不灌泵, 不能关出口阀, 连续吸液与排液, 旁路调流量	启动前不灌泵, 不能关出口阀, 周期吸液与排液, 旁路调流量	无运动内件, 可连续排液
适用场合	不太粘稠液体, 流量大, 中等压头	低粘度清洁液体, 小流量, 较高压头	膏状粘稠液体, 小流量, 高压头	粘性不含杂质, 小流量, 高压头	腐蚀性液体

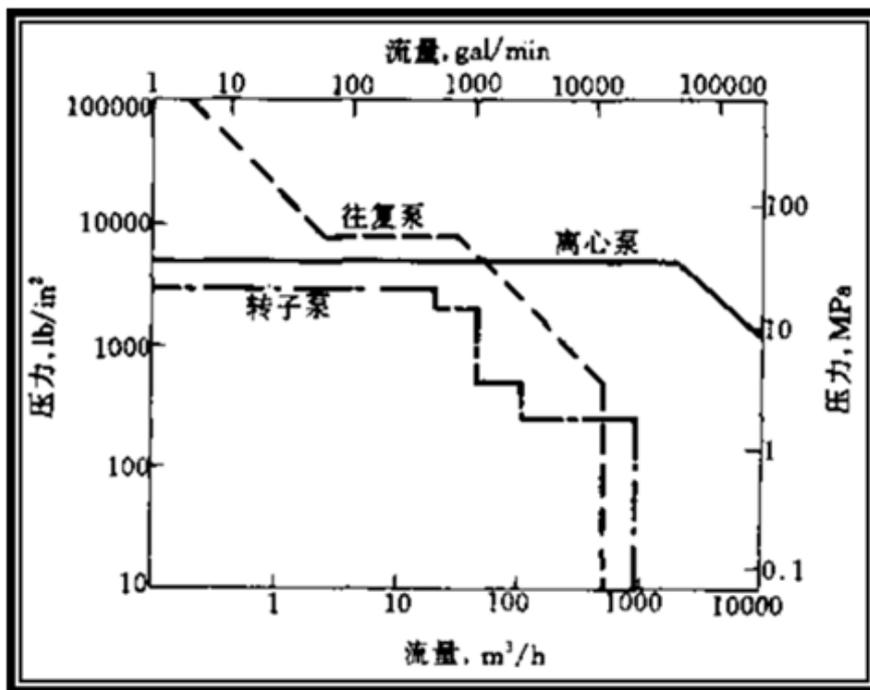


图 3-2 泵的适用范围

3.3.3 泵选型原则

泵的选择需要综合考虑输送介质的物理化学性能，工艺参数，现场布局等条件。

1. 输送物质的物理化学性能

输送介质的物理化学性能直接影响泵的性能、材料和结构，是选型时需要考虑的重要因素。介质的物理化学性能包括：介质名称、介质特性（如腐蚀性、磨蚀性、毒性等）、固体颗粒含量及颗粒大小、密度、粘度、汽化压力等。必要时还应列出介质中的气体含量，说明介质是否易结晶。

2. 工艺参数

工艺参数是泵选型的重要依据，应根据工艺流程和操作变化范围慎重确定。

(1)流量 Q:流量是指工艺装置生产中，要求泵输送的介质量，工艺人员一般应给出正常、最小和最大流量。泵数据表上往往只给出正常和额定流量。选泵时，要求额定流量不小于装置的最大流量，或取正常流量的 1.1~1.15 倍。

(2)扬程 H:指工艺装置所需的扬程值，也称计算扬程。一般要求泵的额定扬程为装置所需扬程的 1.05~1.1 倍。

(3)进口压力和出口压力:进出口压力指泵进出接管法兰处的压力，进出口压力的大小影响到壳体的耐压和轴封的要求。

(4)温度 T:指泵的进口介质温度，一般应给出工艺过程中泵进口介质的正常、最低和最高温度。

(5)装置汽蚀余量 NPSH:也称有效汽蚀余量。

(6)操作状态:操作状态分连续操作和简写操作两种。

3. 现场条件

现场条件包括泵的安装位置（室内、室外），环境温度，相对湿度，大气压力，大气腐蚀状况及危险区域的划分等级等条件。

3.3.4 典型化工用泵的特点和选用要求

工业生产中，典型的泵有：进料泵、回流泵、塔底泵、循环泵、产品泵、注入泵（加药泵）、排污泵，燃料油泵、润滑油泵和封液泵等，其中四种典型的泵的特点和选用要求如下表。

表 3-3 典型泵的特点

用途	特点	选用要求
进料泵	流量稳定；一般扬程较高；泵入口温度一般为常温，但某些中间给料泵的入口温度也可大于 100℃；工作时不能停车。	一般选用离心泵；扬程很高时，可考虑用容积式泵或者高速泵；
回流泵	流量变动范围大，扬程较低；泵入口温度不高，一般 30~60℃；工作可靠性要求高。	泵的备用率为 50%~100%。
塔底泵	流量变动范围大(一般用液位控制流量)；流量较大；泵入口温度高，一般大于 100℃；液体一般处于气液两相态，NPSHA 小；工作可靠性要求高；工作条件苛刻，一般有污垢沉淀。	一般选单级单吸泵，流量大时可选用双吸泵；选用低汽蚀余量泵，并采用必要的灌注头；泵的备用率为 100%。
循环泵	流量稳定，扬程较低；介质种类繁多。	选用单级离心泵；按介质选用泵的型号和材料；泵的备用率为 50%~100%。
产品泵	流量较小；扬程较低；泵的入口温度低(塔顶产品一般为常温，中间抽出和塔底产品温度稍高)；某些产品泵间断操作。	宜选用单级离心泵；对纯度高或者贵重产品，要求密封性可靠，泵的备用率为 100%，一般产品，备用率为 50%~100%，对间断操作的产品泵，一般不设备用泵。

3.3.5 选泵流程

- 1) 根据 Aspen 模拟结果确定了进口压力、温度、扬程和流量。
- 2) 查阅物性表来确定相关物理性质。

3) 输入扬程和流量，根据流体介质特性利用智能选泵软件（化学工业出版社）进行选型，然后在结果中进行比对以选择最符合生产要求的泵。下面以 P101 丙烯回流泵为例，相关选泵信息如下：

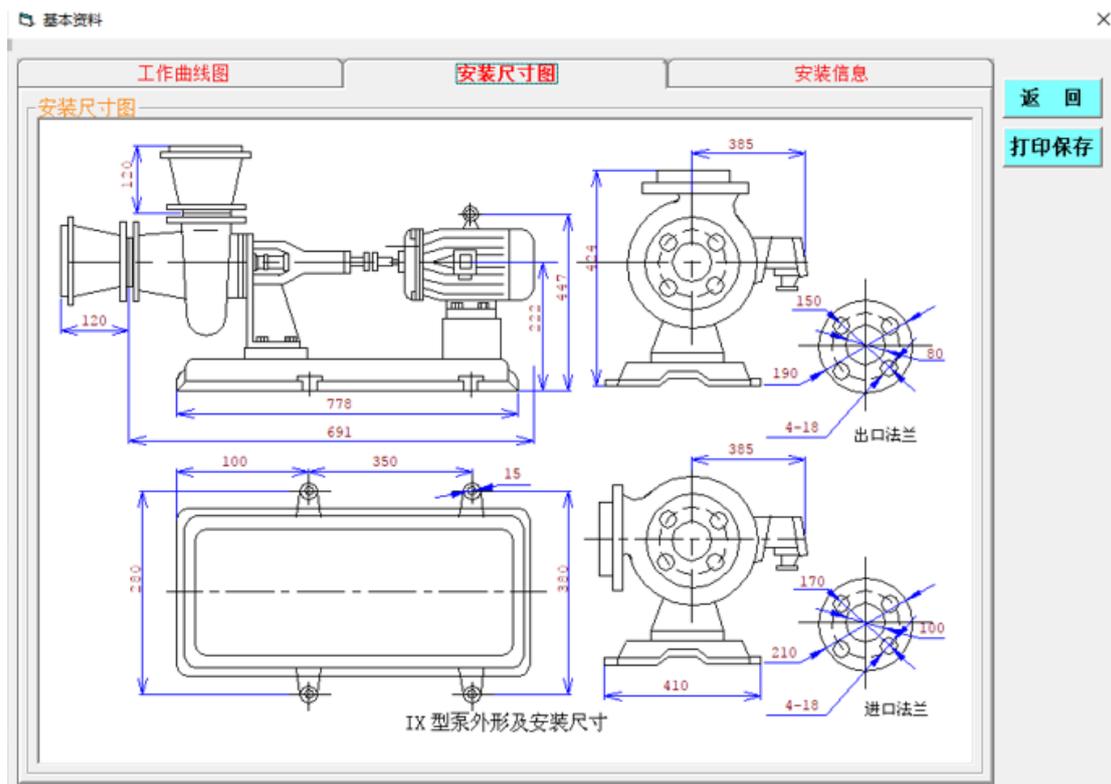


图 3-3 泵的安装信息图

基本资料
×

工作曲线图
安装尺寸图
安装信息

说明

IX1 65-50-160 AB

- 叶轮第一、二次切割
- 叶轮名义直径
- 出口直径
- 进口直径

参照国际标准设计的
托架式离心泵

外形图



基本信息

水泵名称: IX1100-80-160A

转速: 2900 r/min	流量: 15.55 - 31.11 L/s
扬程: 22-32 m	效率: 60-47 %
轴功率: 8.33 kW	电机功率: 11 kW
级数:	汽蚀余量: 2 m
电机型号:	电动机电压: 380 v
叶轮直径: 125 mm	进口直径: mm
真空高度: m	出口直径: 32 mm
泵重量: 32.5 kg	基座重量: kg
电机重量: kg	吸程: m
叶片安装角度:	
允许通过的最大物料尺寸: mm	
生产厂家:	
备注:	

返回

打印保存

图 3-4 泵的安装尺寸图

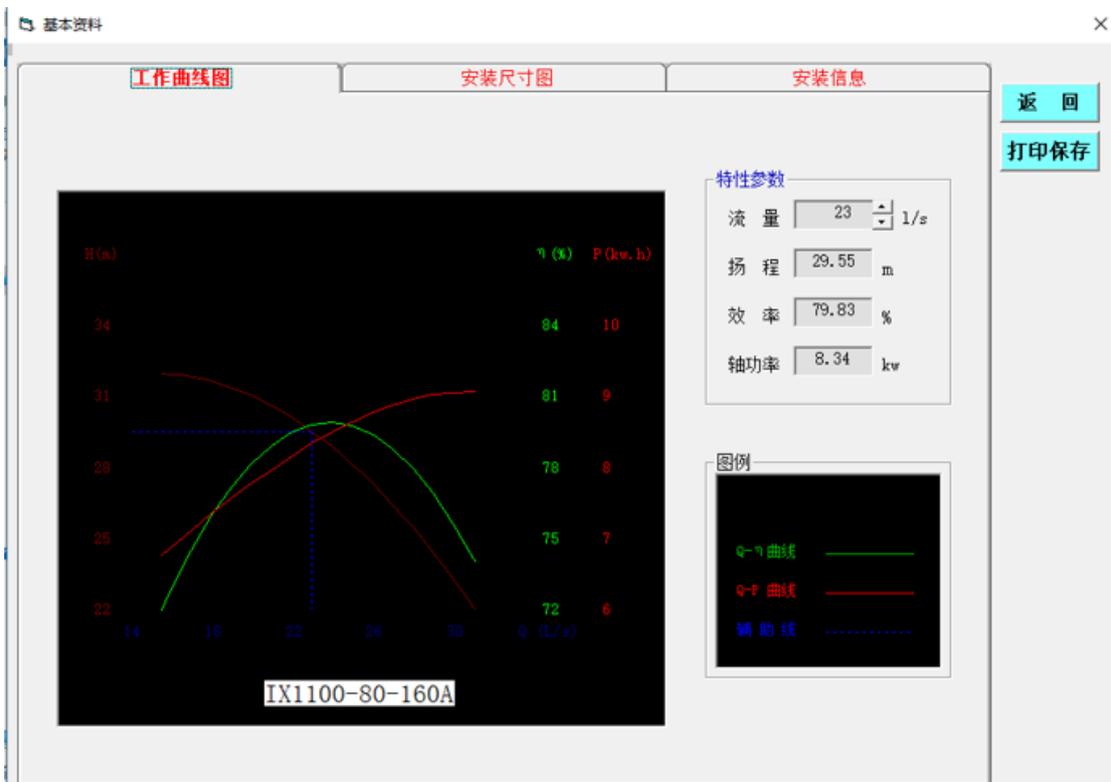


图 3-5 泵的工作曲线图

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/597152060031010003>