

离心泵: 除 0.5~1.0m 以外

浙江大学



化学工程与生物工程学院 《管道设计、泵选型设计任务书》

姓名与学号: 钟世纪 3190103874

学年 学期: 2020-2021 学年春夏学期

专业 班级: 化工 1903

任课 老师: 窦梅 副教授

时间: 2021 年 4 月 13 日-2021 年 4 月 21 日

题目序号	流体	流量, t/h	进口温度, °C	出口温度, °C	密度, kg/m ³	黏度, mPa.s	每条并联管路的最大允许阻力, kPa	操作压力 (表), kPa	并联管子根数	总管直管的管长, m	每条并联管路的直管总长, m	每条并联管路的 90°弯头个数	每条并联管路的进口个数	每条并联管路的出口个数	总管的阀门	管路上下游比高, m
38	冷却水	173.0	30	35			83.4	421.7	223	2	28.8	3	6	6	截止阀 3 个, 闸阀 4 个	12



扫描全能王 创建

目 录

- 一、设计条件及任务
- 二、流体物性常数与选用部件参数
 1. 物性常数: 密度、黏度
 2. 选用部件参数
- 三、管道的计算
 1. 控制面的选取
 2. 管道机械能衡算
 3. 估算 K_e , 验证机械能衡算的合理性
 4. 计算管壁厚度
 5. 验证选用钢材是否符合最大允许压力降
- 四、管道的设计
 1. 直管的设计
 2. 管件(泵)的选择
- 五、总结
- 六、参考文献



一、设计条件以及任务

流体: 冷却水

流量 t/h : 173.0

进口温度: 30°C

出口温度: 35°C

并联管路的最大允许阻力压降: 83.4 kPa

操作压力: 421.7 kPa

并联管数: 223根

总管的直管长: 2 m

并联直管长: 28.8 m

每条并联管进口数: 61

每条并联管出口数: 61

总管阀门: 3个截止阀, 4个闸阀

提升高度: 12 m

二、流体物性常数与选用部件参数

1. 物性常数: 密度、黏度。

密度、黏度受温度影响, 进、出口温度不同, 需要对其进行温度校正。由于变化影响相对较小, 可用平均温度时的密度、黏度理论值代替实际值, 公式如下:

$$t_{\text{平均}} = \frac{t_{\text{进口}} + t_{\text{出口}}}{2}$$

$t_{\text{平均}}$: 管路的平均温度

$t_{\text{进口}}$: 进口处的温度。

$t_{\text{出口}}$: 出口处的温度。

由《化学化工物性数据手册(无机卷)》查得。(表 1.2.1 水和冰的密度、表 1.3.1 水的黏度)

水的密度(33°C): 994.63 kg/m^3

水的黏度(33°C): 0.7523 mPa/s

2. 选用部件参数

参照教材表 1-2 得

90° 弯头 $\xi = 0.75$

全开截止阀 $\xi = 6.0$

半开截止阀 $\xi = 9.5$

全开闸阀 $\xi = 0.17$

半开闸阀 $\xi = 4.5$

进口损失 $\xi = 0.5$

出口损失 $\xi = 1$



三、管道的计算

1. 控制面的选取

- ① 将入口处, 流体进入管道的液面作为基准控制面, 处于常压下, 速度近似为零, 位能为零;
- ② 将出口处, 流体流出管道的液面作为“2-2”控制面, 处于操作下, 速度近似为零, 距离基准控制面 +12 m。

2. 管道机械能衡算

以基准控制面到“2-2”控制面列机械能衡算方程。

$$h_1 + \frac{u_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\rho g} + h_e = h_2 + \frac{u_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\rho g} + \sum h_f$$

h_1 : 管道基准控制面高度, m;

u_1 : 入口处流体速度, m/s;

p_1 : 基准控制面的压力, kPa;

h_e : 外加压头, m;

h_2 : “2-2”控制面高度, m;

u_2 : 出口处流体速度, m/s;

p_2 : “2-2”面的压力, kPa;

$\sum h_f$: 压头损失, m;

由设计要求得到:

$$h_2 - h_1 = 12 \text{ m}$$

$$u_1 = u_2 = 0$$

$$h_e = \Delta h + \frac{\rho u^2}{2g} + \frac{\Delta p}{\rho g} + \sum h_f = 55.22 + \sum h_f$$

$$\sum h_f = h_{f\text{直管}} + h_{f\text{支路}} = \left(\lambda \frac{L_{\text{直}}}{d_{\text{直}}} + \sum \xi_{\text{直}}\right) \frac{u_m^2}{2} + \left(\lambda \frac{L_{\text{支}}}{d_{\text{支}}} + \sum \xi_{\text{支}}\right) \frac{u_{\text{支}}^2}{2}$$

$$\sum \xi_{\text{直}} = \xi_{\text{进口}} + 3 \xi_{\text{截止阀}} + 4 \xi_{\text{闸阀}} = 19.18$$

$$\text{并联管 } \xi_{\text{支}} = \xi_{\text{进口}} \times 6 + 6 \times \xi_{\text{进口}} + 3 \xi_{\text{90°弯头}} = 11.25$$

$$u_{\text{支}} = \frac{u_m}{2.23}$$

综上所述可得

$$\sum h_f = \frac{u_m^2}{2} \left(\lambda \frac{2}{d} + 19.18 + \frac{1}{2.23^2} \left(\lambda \frac{28.8}{d} + 11.25 \right) \right)$$



可见管路上的损失极小, 省略后得到

$$\sum h_f = (\lambda \cdot \frac{L}{d} + 19.18) \cdot \frac{u_m^2}{2}$$

由于设计管路时, 应根据最大流量和最高压头选泵, 将流量控制在10%裕量左右, 则设计所需流量为

$$Q_0 = 1.1 \times Q_0 = 190.3 \text{ m}^3/\text{h}$$

因此得到

$$u_m = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{6.73 \times 10^{-2}}{d^2} \text{ m/s}$$

代入阻力压头和外加压头, 则有

$$\sum h_f = (\lambda \cdot \frac{L}{d} + 19.18) \cdot \frac{2.265 \times 10^{-3}}{d^4} \text{ m}$$

$$h_e = 55.22 + (\lambda \cdot \frac{L}{d} + 19.18) \cdot \frac{2.265 \times 10^{-3}}{d^4} \text{ m}$$

受并联管路最大允许压降为83.4 kPa的限制

$$\sum h_f \leq \frac{\Delta P}{\rho g} = 8.55 \text{ m}$$

3. 估算 Re , 验证机械配泵合理性

$$Re = \frac{du\rho}{\mu} = \frac{88978.6}{d}$$

显然, 在一般情况下 $Re \gg 4000$, 因此管道内的流体必然落在湍流区。

查阅《工业系统工程设计技术规定》可知, 对于水及粘度相似的液体, 在表压为 (0.3, 1) MPa 范围内, 流速为 0.5~3 m/s, 由式子

$$u_m = \frac{6.73 \times 10^{-2}}{d^2} \text{ m/s}$$

推出管道的直径范围在 (0.150~0.369) m 内, 查阅课后附录“中国石化无缝钢管壁厚系列”得到, 可初步选用的有 DN150~DN400。

4. 计算管壁厚度

由于设计管路, 应以最高压头选泵, 因此需将压头裕量控制在10%左右, 即实际管道的最大压力为

$$P_{\max} = 1.1 \times P_2 + \Delta P = 547.27 \text{ kPa}$$



由“流体输送用不锈钢无缝钢管”可知在进行液压试验时,有

$$p = \frac{2SR}{D}$$

p : 试验压力, MPa;

S : 钢管的公称壁厚, mm;

D : 钢管的公称外径, mm;

R : 允许应力, 规定抗拉强度的 40%, 单位为 MPa。

将最大试验压力 $p = 20 \text{ MPa}$, 和公称外径范围 (150, 400) mm, 以及“流体输送用不锈钢无缝钢管”表 4 得到, 一般钢材的抗拉强度为 500 MPa, 均代入上式, 得到公称壁厚为 7.5~20 mm 结合教材附录 A, 得到应选用 “DN 400-Sch 80” 规格的钢材, 内径为

$$d = D - 2 \times S = 362 \text{ mm} \quad (\text{DN 400 } (\phi 406 \times 22 \text{ mm}))$$

5. 验证选用钢材是否符合最大允许压力降

由 d 得到 $Re = \frac{88978.6}{d} = 245797$

考虑到实际管件中存在微微腐蚀的现象, 故查阅教材表 1-1, 得到 $\epsilon = 0.2$, 则有相对粗糙度

$$\frac{\epsilon}{d} = 5.525 \times 10^{-4}$$

由于流体处于湍流区, 且 $\frac{\epsilon}{d} < 0.005$, 则可得

$$\lambda = 0.100 \left(\frac{\epsilon}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0.23} = 0.01957$$

代入到 Σh_f 中, 则有

$$\Sigma h_f = \left(\lambda \frac{L}{d} + 19.18 \right) \cdot \frac{2.265 \times 10^{-3}}{d^4} = 2.544 \text{ m} \quad 8.55 \text{ m}$$

因此该管通符合本次设计要求。

所需外加压力为

$$h_e = 55.22 + \Sigma h_f = 57.764 \text{ m}$$

四、管通的设计

1. 直管的设计

由上述可得, 直管尺寸为 DN 400 ($\phi 406 \times 22 \text{ mm}$);

管路最大压降为 83.4 kPa,

所需外加压力为 57.764 m,

流量为 173.934 m³/h,

查阅 GB/T 13401-2005 《钢板制对焊管件》, 选用综合力学性能较好的 Q345R 作为直管管通用材。



2. 管件(泵)的选择

由于本次实验的管道较长, 阻力损失主要来自于管道损失, 因此对于管件, 如弯头、阀门, 仅需要满足与直管的尺寸匹配即可, 对设计的总阻力损失影响不大。

对于泵的选择, 本次管道的流量为 $173.9 \text{ m}^3/\text{h}$, 所需压头为 57.764 m 。

可见管道的流量较大, 且所需压头中等, 因此可以选用离心泵。

本次流体为冷却水, 应使用水泵, 考虑到流量较大, 而压头并不是很大, 则应使用卧式泵更佳; 扬程不大, 选用单级泵更宜, 以减少损失, 提高效率; 流量大, 因此双吸泵更加合适。

查阅《离心泵型号及参数大全》得, 可采用

型号	流量(最大)	扬程	效率	转速	电机功率	汽蚀余量
ISW100-250(I)	$192 \text{ m}^3/\text{h}$	72 m	74%	2900 r/min	55 kW	4.8 (NPSH)_r

五、总结

直管参数	DN400 ($\phi 406 \text{ mm} \times 22 \text{ mm}$)	管路外加压头	57.764 m
直管材料	Q345R	管路流量	$173.934 \text{ m}^3/\text{h}$
截止阀个数	4个	流体流速	0.47 m/s
闸阀个数	5个		
并联管数	223个		
90°弯头个数	669个 (3×223)		
进口数	1339个 ($1 + 6 \times 223$)		
出口数	1339个 ($1 + 6 \times 223$)		
离心泵参数	ISW100-250(I)		
管子参数	1根/2m, 223根/28.8m		



六、参考文献

- [1] 何潮洪、刘永忠、奚梅、冯霄, 化工原理(上册)第三版, 北京: 科学出版社, 2017.
- [2] 陈敏恒等, 化工原理(上册)第五版, 北京: 化学工业出版社, 2020.
- [3] 任永胜等, 化工原理(上册), 北京: 清华大学出版社, 2018.
- [4] 刘光启、马连湘、项曙光, 化学化工物性数据手册(无机卷), 北京: 化学工业出版社, 2013.
- [5] GB/T 13401-2005 钢板制对焊管件
- [6] GB/T 8163-2008 输送流体用无缝钢管
- [7] GB 50316-2000 工业金属管道设计规范
- [8] GB/T 14976-2002 流体输送用不锈钢无缝钢管
- [9] HG/T 20570-95 工艺系统工程设计技术规定

