**河北工业大学2019届本科毕业设计（论文）中期报告**

**毕业设计（论文）题目：年产1.35万吨细晶硝酸钾蒸发工段工艺流程及装置设计**

**专业（方向）：过程装备与控制工程**

**学生信息：151422 艾敬 过程152**

**指导教师信息：97068 张及瑞 高级工程师**

**报告提交日期：2019.4.23**

已知条件：

硝酸钾年生产量：1.35t/年；

硝酸钾溶液初始浓度：25.5%，最终浓度：70％；

原料液温度：35℃，母液温度：40℃；

蒸汽压力：0.4Mpa～0.8Mpa（可调）；

年工作时间：7000小时；

采用多效蒸发。

一、工艺计算

1.1 物料衡算

母液温度为40℃，硝酸钾溶液在40℃时的溶解度为63.9g/100g水，即40℃时硝酸钾溶液的饱和浓度为×100％＝39％。工艺要求硝酸钾溶液获取量为1.35××÷7000＝1928.78kg/h。

设母液量为X，完成液量为Y，列母液与完成液的关系方程为，解得母液量X为1866.3kg/h，完成液量Y为3794.9kg/h。

原液量F＝＝7563.86kg/h，总蒸水量W＝×74.5％＝5635.27kg/h。

蒸水量各效的分配比为1.2 : 1 : 0.8 : 1.15，1.2＋1＋0.8＋1.15＝4.15，则各效的蒸水量为：

＝＝1629.64kg/h；

＝＝1357.71kg/h；

＝＝1085.78kg/h；

＝＝1562.14kg/h。

各效流量为：

＝＝7563.86kg/h；

＝7563.86－1629.64＝5934.22kg/h；

循环母液进Ⅲ效，则＝7563.86－1629.64－1562.14＋1866.3＝6238.38kg/h；

＝7563.86－1629.64－1562.14＋1866.3－1085.78＝5152.6kg/h。

各效浓度为：

，代入数据为：1629.64＝7563.86×，解得＝32.5%；

同理，代入数据解得＝44.1%；

循环母液进Ⅲ效，进Ⅲ效前混合料液浓度经计算为42.6%，则Ⅲ效料液浓度计算公式为，代入数据解得＝51.5%；

同理可得Ⅱ效溶液浓度，代入数据解得＝70%，满足工艺要求。

式中：—硝酸钾溶液初始浓度；

、、、—分别为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ效浓度。

计算结果汇总如下：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 效数 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅲ | Ⅳ |
| 料液浓度（%） | 32.5 | 70 | 51.5 | 44..1 |
| 流量（kg/h） | 7563.86 | 5152.6 | 6238.38 | 5934.22 |
| 蒸水量（kg/h） | 1629.64 | 1357.71 | 1085.78 | 1562.14 |

1.2 计算各效溶液及蒸汽温度

Ⅳ效二次蒸汽温度为60℃，对应的汽化潜热为2358.6kJ/kg，溶液浓度为44.1%，此时硝酸钾溶液的沸点为104.8℃，此时△＝104.8－100＝4.8℃，校正系数＝＝＝0.76，则Ⅳ效的沸点升高值为

△＝×△＝0.76×4.8＝3.648℃，取为4℃。

每效传热温差取为10℃，各效之间管道内传热温差取为1℃。依此可计算出各效的二次蒸汽温度、蒸发温度及加热蒸汽温度，并可查取出对用的汽化潜热值。

结果汇总如下表：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 效数 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅲ | Ⅳ |
| 二次蒸汽温度（℃） | 113 | 91 | 75 | 60 |
| 蒸发温度（℃） | 116 | 102 | 80 | 64 |
| 加热蒸汽温度（℃） | 126 | 112 | 90 | 74 |
| 二次蒸汽温度下的汽化潜热r（kJ/kg） | 2221.72 | 2280.6 | 2321.5 | 2358.6 |
| 蒸发温度下的汽化潜热r’（kJ/kg） | 2213.4 | 2251.58 | 2308.8 | 2348.76 |
| 加热蒸汽温度下的汽化潜热r’’（kJ/kg） | 2209.12 | 2224.48 | 2283.2 | 2324 |

1.3 各效蒸发面积及换热面积的计算

降膜蒸发器传热系数K 值一般为1200—3500K / [W/(·K）]，对流传热系数取为500K / [W/(·K）]，溶液定压比热取为4。

Ⅰ效取为3500K / [W/(·K）]，则蒸发面积＝＝＝＝28.63，对流传热温差△t＝＝30℃，

所以＝＝＝31.38。则＝＋＝28.63＋31.38＝60。

同理，Ⅱ效取为1950K / [W/(·K）]，经计算为57；Ⅲ效取为1600

K / [W/(·K）]，经计算为57；Ⅳ效取为1200K / [W/(·K）]，经计算

56。

1.4 各效之间热量校核

Ⅰ、Ⅱ效之间：

Ⅰ效冷凝水放热提供热量为＝＝1629.64×2221.72＝3620604kJ

Ⅱ效蒸发需要热量为将物料从80℃加热至102℃所需的热量和水在102℃下蒸发所需的热量，即＝（）＋＝5152.6×4×（102－80）＋1357.71×2251.58＝3510421kJ

因为＞，所以Ⅰ、Ⅱ效之间热量校核通过。

同理，经计算Ⅱ效冷凝水放热提供热量为＝3096393kJ，Ⅲ效蒸发需要热量为

＝3085270kJ，因为＞，所以Ⅱ、Ⅲ效之间热量校核通过。Ⅲ效冷凝水放热提供热量为＝2520638kJ，Ⅳ效蒸发需要热量为＝2434819kJ，因为＞，所以Ⅲ、Ⅳ效之间热量校核通过。

第Ⅰ效蒸发需要热量为＝5301350kJ，所以生蒸汽需求量为m＝＝＝2400kg。

二、加热室结构设计及校核

2.1 加热室直径的计算

为使制造安装简便，可将四效的加热室设计成同样的直径和壁厚。加热室选用固定管板式换热器。

经计算四效中加热室的传热面积最大值为60，向上圆整至70，再取20%的安全余量，则＝70×1.2＝84。

根据GB/T151—2014，换热器直管段长度推荐值选取换热器长度为6m，换热管直径常选用、、等几种规格，现选用的换热管。即＝38mm＝0.038m。换热管排布方式为正三角形排列，单管程。

根据加热管的规格与长度初步估计加热室所需管子数：

＝＝120

式中 A—蒸发器加热室的传热面积，

—加热管外径，

—加热管长度，

管中心距t＝(1.25～1.5）＝1.4×0.038＝0.0532m＝53.2mm。

管束中心线上的管数：＝1.1＝1.1×＝12.05，即为13根。

管束中心线上最外层管中心至壳体内壁距离：

＝(1～1.5），取＝1.3＝1.3×0.038＝0.0494m＝49.4mm

加热室外壳直径：＝×（－1）＋2＝53.2×（13－1）＋2×49.4＝737.2mm，向上圆整取为＝800mm。

利用换热器布管软件可知，可排布211根换热管，其中包括6根拉杆。

2.2 加热室壁厚设计及校核

加热室材料选用0Cr18Ni9（作为不锈钢耐热钢使用最广泛，可用于一般化工设备），其许用应力＝137Mpa，弹性模量＝206×pa。

Ⅰ效筒体及封头壁厚计算：

Ⅰ效工作压力为0.4Mpa，设计压力＝1.1＝1.1×0.4＝0.44Mpa。

筒体受内压，壁厚计算公式为：

式中 —筒体计算厚度，mm；

—设计压力，Mpa；

φ—焊接接头系数，采用双面焊对接接头，100%无损检测，所以φ＝1。

则＝1.29mm。

由《压力容器用钢板》GB6654—1996可知，钢板负偏差＝0.25mm，腐蚀裕量取为

＝1mm。

当筒体的厚度很薄时往往给运输、制造、吊装带来不便，因此规定：高合金钢制容器，厚度不小于2mm，因此δ取为2mm，则名义厚度＝＋＋＝2＋1＋0.25＝3.25mm。

由GB/T150—1998，高合金钢的最小厚度（用于固定管板式换热器）为6mm，因此综合考虑，取为8mm。

封头采用标准椭圆封头，＝1，计算公式为，代入数据计算得

＝1.28mm，同上综合考虑，封头名义厚度取为8mm。封头曲边高度为200mm。

Ⅰ效加热室外压试验校核：

筒体长度＝6000＋25×2＋×2×250＝6217mm，

筒体临界长度：＝＝1.17×800×＝9360mm，因为<，所以筒体属于短圆筒，外压应变系数＝＝，

式中＝－－＝12－1－0.25＝10.75mm，即＝＝＝×，则＝＝×206××1.3×＝×，＝＝＝0.15×pa＝0.15Mpa。

因为>，即壁厚取得太小，现取＝12mm重新计算，此时＝10.75mm，＝＝＝×，＝×，

＝0.48Mpa，即<，外压校核安全，即Ⅰ效加热室名义厚度＝12mm，为制造安装方便，封头厚度同筒体厚度，即封头名义厚度取为＝12mm。

Ⅰ效加热室水压试验校核:

壳程水压试验压力及强度校核：

＝

式中 —内压容器试验压力，0.44Mpa；

—试验时器壁金属温度下材料的许用应力，137Mpa；

—设计温度下材料的许用应力，137Mpa。

则＝＝1.25×0.44×1＝0.55Mpa。

耐压试验时容器强度校核:

＝≤0.9φ

式中 —有效厚度，10.75mm；

—材料的屈服强度（大于205Mpa），取为205Mpa；

—筒体内壁，800mm。

则 ＝＝＝20.74Mpa，0.9φ＝0.9×1×205＝184.5Mpa，因为 20.74<184.5，即<0.9φ，所以，水压试验安全。

管程水压试验及强度校核：

加热蒸汽温度为126℃，所以设计温度为126℃，工作压力为0.175Mpa（管程走硝酸钾溶液，进口温度为60℃，出口温度为116℃，工作压力为116℃对应的饱和蒸气压），设计压力＝1.1×0.175＝0.193Mpa，则＝＝1.25×0.193×1＝0.24Mpa，则

＝＝＝Mpa

式中 —管程水压试验压力；

—换热管内径，＝－＝mm。

0.9φ＝0.9×1×205＝184.5Mpa，因为 1.608<184.5，即<0.9φ，所以，管程水压试验安全。

经计算和压力试验校核，第Ⅰ效加热室筒体及封头的名义厚度为 12mm。

同理计算和校核，第Ⅱ效加热室筒体及封头的名义厚度为 10mm，第Ⅲ效加热室筒体及封头的名义厚度为 8mm，第Ⅳ效加热室筒体及封头的名义厚度为 8mm。

为制造、运输、吊装方便，四效加热室的筒体和封头取为相同的直径，为800mm；相同的壁厚，即名义厚度取为12mm。

2.3 加热室其他结构

1. 折流板

为了提高流体的流速，强化壳程流体的传热，在管外空间常装设折流板。折流板常用形式：弓形折流板、盘环形折流板、扇形折流板、管孔形折流板。在弓形折流板中，流体流动中的死角较小，结构也简单，因而用得最多。

缺口弦高一般为加热室公称直径的20%～25%，尤以25%最多普通，则切去的圆缺高度为：h＝0.25×800＝200mm。

为保证设计的合理性，弓形折流板的间距一般不应小于圆筒内径的且不小于50mm，最大则不超过2500mm（外径为38mm时最大无支撑跨距）。则折流板间距E＝0.3＝0.3×800＝240mm。

折流板数量＝＝＝24

由GB/T151—2014表6-21查取，折流板最小厚度为16mm，折流板名义外径为DN－4.5。

1. 定距管

定距管作用是将折流板之间的距离固定下来，并保持它与换热管垂直。当换热管外径大于等于19mm时，定距管外径与换热管相同，取为φ38×3.5。

1. 拉杆

由GB/T151—2014表6-32，换热器外径为38（25<<57）时，拉杆直径为16mm，由表6-33，当拉杆直径为16mm，换热器公称直径为800mm时，拉杆个数为6个。拉杆应尽量均布在管束的外边缘。

1. 管板的确定

管板常用的均为圆形管板。固定管板式换热器的管板和壳体的连接常用不可拆结构，两端的管板直接焊于外壳上并延伸到壳体周围之外兼做法兰，拆下管箱即可检修胀口或清扫管内污垢。当换热管外径为38mm时，管板最小厚度为25mm。

1. 支座的选取

支座选用B3型耳式支座，材料为16MnR，允许载荷[Q]＝44kN。

三、各效分离室结构设计及校核

为制造安装方便，分离室材料与加热室选用同样的材料0Cr18Ni9，其许用应力＝137Mpa，弹性模量＝206×pa。

3.1 分离室直径的计算

蒸汽在分离室中的上升速度计算公式为：＝

式中：—蒸发室中蒸汽平均上升速度，m/s；

、—溶液和蒸汽的密度，kg/（113℃时蒸汽的密度＝909.6kg/；溶液密度＝1100kg/）；

—雾沫携带因子，对于水溶液可以接收的最大值，＝0.017m/s。

则Ⅰ效蒸发室中蒸汽上升的速度为＝0.017×＝0.59m/s。

所以＝＝＝1.04m，向上圆整，分离室直径取为1200m，分离室高度＝＝1.6×1200＝1920mm。

3.2 分离室壁厚设计及校核

Ⅰ效分离室筒体受内压，壁厚计算公式为

Ⅰ效二次蒸汽温度为113℃，对应的压力为0.16Mpa，相应的设计压力为＝1.1×0.16＝0.176Mpa。则，代入数据为＝0.77m，同加热室所述，综合考虑，

＝2mm，＝8mm，＝6.75mm。

分离室上封头采用标准椭圆封头，下封头采用圆锥角为60°的无折边锥形封头，锥体高度为1039mm，封头厚度同筒体厚度。

Ⅰ效分离室外压试验校核：

筒体长度＝1920＋25＋×300＋1039＝3084mm，

筒体临界长度：＝＝1.17×1200×＝17195mm，因为<，所以筒体属于短圆筒，外压应变系数＝＝，

即＝＝＝×，则＝＝×206××2.16×＝×，＝＝＝0.167×pa＝0.167Mpa。

因为>，即壁厚取得太小，现取＝10mm重新计算，此时＝10.75mm，＝＝＝×，＝×，

＝0.32Mpa，即<，外压校核安全，即Ⅰ效分离室名义厚度＝10mm，为制造安装方便，封头厚度同筒体厚度，即封头名义厚度取为＝10mm。

Ⅰ效分离室水压试验校核：

水压试验压力＝＝1.25×0.176×1＝0.22Mpa，＝＝＝15.2Mpa，0.9φ＝0.9×1×205＝184.5Mpa，因为 15.2<184.5，即<0.9φ，所以，水压试验安全。

综上所述经计算和压力试验校核，第Ⅰ效分离室筒体及封头的名义厚度为 10mm。

饱和蒸汽压力小于100℃时按外压容器进行设计和校核，末效二次蒸汽抽真空的极限压力为20Kpa，即真空度为20Kpa，绝对压力＝当地大气压－真空度＝0.1－0.02＝0.08Mpa，为保证安全，外压设计时工作压力按0.1Mpa选取，设计压力＝0.11Mpa。

同理，第Ⅱ效分离室筒体及封头的名义厚度为 10mm，第Ⅲ效分离室筒体及封头的名义厚度为 8mm，为制造、运输、吊装方便，Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ效分离室的筒体和封头取为相同的壁厚，即名义厚度取为10mm。

四效分离室：

第Ⅳ效蒸汽在分离室中的上升速度计算公式为：＝

式中60℃时蒸汽的密度＝0.1302kg/；溶液密度＝1500kg/。则Ⅰ效蒸发室中蒸汽上升的速度为＝0.017×＝1.82m/s。

所以＝＝＝1.53m，向上圆整，分离室直径取为1600m，分离室高度＝＝1.6×1600＝2560mm。

Ⅳ效分离室筒体受外压，为使制造加工简便，使Ⅳ效分离室壁厚同前三效分离室壁厚，即名义厚度取为10mm，进行强度校核。

Ⅳ分离室上封头采用标准椭圆封头，下封头采用圆锥角为60°的无折边锥形封头，锥体高度为1386mm，封头厚度同筒体厚度。

Ⅳ效分离室外压试验校核：

筒体长度＝2560＋25＋×400＋1386＝3971mm，

筒体临界长度：＝＝1.17×1600×＝23679mm，因为<，所以筒体属于短圆筒，外压应变系数＝＝，即＝＝＝×，则＝＝×206××2.15×＝×，＝＝＝0.16×pa＝0.16Mpa。

因为<，即外压试验校核通过，所以Ⅳ分离室壁厚同前三效 ，名义厚度取为10mm。

Ⅳ效分离室水压试验校核：

水压试验压力＝＝1.25×0.11×1＝0.1375Mpa，＝＝＝12.64Mpa，0.9φ＝0.9×1×205＝184.5Mpa，因为 12.64<184.5，即<0.9φ，所以，水压试验安全。

综上所述，Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ效分离室直径取为1200mm，壁厚取为10mm，Ⅳ效分离室直径取为1600mm，壁厚取为10mm。

四、接管直径计算：

按公式进行计算，即

式中 —体积流量，；

u—流速，m/s。

规定：

1. 蒸汽流速：当蒸汽压力小于1Mpa时，流速为15～20m/s，取为20m/s；
2. 冷凝水排出属液体自然流动，流速为0.2～0.5m/s，取为0.4m/s；
3. 盐水最大流速为1.8m/s且低粘度液体流速为1.5～3m/s，所以料液进口流速取为1.5m/s；
4. 料液出口流速为1.0～1.5m/s，取为1.5m/s；
5. 蒸汽流速（低压）为15～20m/s，所以前三效二次蒸汽流速为20m/s，末效二次蒸汽（20～50Kpa）时，u为60m/s。

4.1 Ⅰ效接管直径

1. 生蒸汽进口直径：

＝2400kg/h，126℃时蒸汽的密度为1.336，u＝20m/s，则＝0.178m＝178mm，查取规格为：为φ219×6（DN200）。

1. 冷凝水出口直径：

＝2400kg/h，生蒸汽在126℃下冷凝，对应的密度为937.7，u＝0.4m/s，则＝0.048m＝48mm，查取规格为：为φ57×3.5（DN50）。

1. 料液进口直径：

＝7563.86kg/h，溶液的密度为1000，u＝1.5m/s，则

＝0.042m＝42mm，查取规格为：为φ45×3.5（DN40）。

1. 分离室料液出口直径：

＝－＝7563.86－1629.64＝5934.22kg/h，密度取为1000，u＝1.5m/s，则＝0.037m＝37mm，查取规格为：为φ38×3.5（DN32）。

1. 二次蒸汽出口直径：

＝1629.64kg/h，113℃下蒸汽密度为0.908，u＝20m/s，则

＝0.178m＝178mm，查取规格为：为φ219×6（DN200）。

4.2 Ⅱ效接管直径

（1）生蒸汽进口直径：同Ⅰ效二次蒸汽出口直径，取为为φ219×6（DN200）。

（2）冷凝水出口直径：计算后查取规格为为φ45×3.5（DN40）。

（3）料液进口直径：同Ⅰ效料液出口直径，取为为φ38×3.5（DN32）。

（4）分离室料液出口直径：计算后查取规格为为φ32×3.5（DN25）。

（5）二次蒸汽出口直径：计算后查取规格为为φ273×8（DN250）。

4.3 Ⅲ效接管直径

（1）生蒸汽进口直径：同Ⅱ效二次蒸汽出口直径，取为为φ273×8（DN250）。

（2）冷凝水出口直径：计算后查取规格为为φ38×3.5（DN32）。

（3）料液进口直径：同Ⅱ效料液出口直径，取为为φ32×3.5（DN25）。

（4）分离室料液出口直径：计算后查取规格为为φ32×3.5（DN25）。

（5）二次蒸汽出口直径：计算后查取规格为为φ325×8（DN300）。

4.4 Ⅳ效接管直径

（1）生蒸汽进口直径：同Ⅲ效二次蒸汽出口直径，取为为φ325×8（DN300）。

（2）冷凝水出口直径：计算后查取规格为为φ32×3.5（DN25）。

（3）料液进口直径：同Ⅲ效料液出口直径，取为为φ32×3.5（DN25）。

（4）分离室料液出口直径：计算后查取规格为为φ32×3.5（DN25）。

（5）二次蒸汽出口直径：计算后查取规格为为φ377×9（DN350）。

4.5 料液循环管直径计算

为使每根管子上都均布有液体，使传热效果达到最好，每效蒸发室中都设置自循环系统，其喷淋密度为ζ＝0.5～0.7L/（m·s），取为ζ＝0.5L/（m·s），则每次的循环量为：

＝＝211×∏×0.038×0.5＝12.6L/s＝45.36

取混合料液流速u＝15m/s，混合料液密度取为1200，

四效循环管取为相同的直径，则循环管进口直径为＝＝＝2.26m/s，查取规格选用为φ25×3（DN20）。

4.6 蒸发室和分离室连接接管

接管中为气液混合物，在降膜蒸发器中，蒸汽与料液共同排出，但因液体对蒸汽体积变化很小，故可按二次蒸汽量计算，因此，加热室出料口直径同蒸发室二次蒸汽出口直径。

4.7 其它接管直径

放空口：四效相同，取为φ32×3.5（DN25）；

放净口：四效相同，取为φ38×3.5（DN32）；

不凝气口：四效相同，取为φ57×3.5（DN50）；

排净口：四效相同，取为φ25×3（DN20）；

为简化制造和安装，四效冷凝水出口直径取为相同的直径，按四效中的最大值选取为

φ57×3.5（DN50）；料液进口直径取为相同的直径，按四效中的最大值选取为φ45×3.5（DN40）；料液出口直径取为相同的直径，按四效中的最大值选取为φ38×3.5（DN32）。

五、接管开孔补强计算：

钢管材料取为10号钢，许用应力为115Mpa，厚度附加量C取为2mm；

设备材料取为0Cr18Ni9，许用应力为137Mpa，厚度附加量C取为1.25mm。

1. 补强及补强方法判别

①补强判别 允许不另行补强的最大接管外径为φ89mm，Ⅰ效加热室蒸汽进口和分离室二次蒸汽出口接管，同为φ219×6，故需另行考虑其补强。

②补强计算方法判别

开孔直径d＝＋2C＝219－2×6＋2×2＝211mm

筒体开孔直径d＝211mm＜＝600mm，满足等面积法开孔补强计算的适用条件，故可用等面积法进行开孔补强计算。

1. 开孔所需补强面积

先计算强度削弱系数，＝＝0.839，接管有效厚度为＝－C＝6－2＝4mm。

开孔所需补强面积计算为：＝211×2＋2×2×4×（1－0.839）＝424.576

1. 有效补强范围

①有效宽度B

 取最大值

故B＝422mm。

②有效高度 外侧有效高度确定

取最小值

故＝35.59mm。

内侧有效高度确定

取最小值

故＝0。

1. 有效补强面积

①筒体多余金属面积

筒体有效厚度：＝10－1.25＝8.75mm

筒体多余金属面积的计算

＝（422－211）×（8.75－2）－2×4×（8.75－2）×（1－0.839）＝1415.556

②接管多余金属面积

接管计算厚度＝＝0.133mm，取＝2mm。

接管多余金属面积的计算

＝2×35.59×（4－2）×0.839＝119.44

③接管区焊缝面积（焊脚取6.0mm）：

＝×2×6×6＝36

④有效补强面积

＝1415.556＋119.44＋36＝1570.996

＝421.576，因为>，所以开孔后不需补强。

允许不另行补强的最大接管外径为φ89mm，其他外径大于φ89mm的接管都需要进行补强计算，经计算，所选用钢管开孔后都不需补强。

六、乏气预热器和冷凝水预热器设计

末效乏气温度为60℃，为了节约加热蒸汽用量，可以利用一部分乏气先将物料从35℃预热到45℃。Ⅰ、Ⅱ效冷凝水的温度大于100℃，仍有利用价值，同样可以用于余热物料，将物料从45℃预热到60℃后再使物料进入Ⅰ效。

预热物料用乏气量计算为，代入数据为×2358.6＝7563.86×4×（45－35），解得＝128.28kg/h

乏气预热器和冷凝水预热器选用固定管板式换热器，设计方法同Ⅰ效加热室，经计算，为了简化制造安装，乏气预热器和冷凝水预热器的公称直径均为400。均选用φ25×2.5的换热管，管子呈正三角形排列，换热管长为2m。

乏气预热器选用单管程，可布109根换热管，其中包括4根拉杆。冷凝水预热器选用双管程，可不98根换热管，包括4根拉杆。

七、多孔板冷凝器的设计计

乏气共1562.14kg/h，预热物料用128.28kg/h，剩1433.86kg/h乏气需要用冷凝器冷凝。

1. 需用冷却水量

冷却水的流量G由冷凝器的热量衡算来确定： kg/h

式中 —进入冷凝器的二次蒸汽的焓，J/kg；

—进入冷凝器的二次蒸汽量，kg/h；

—水的比热，4.187×J/kg·K；

—冷却水的初始温度，℃；

—水、凝液混合物的排出温度，℃。

代入数据为＝＝29154kg/h

1. 冷凝器直径D

蒸汽在冷凝器底部横截面上的汽速，一般取为15～25m/s，则取汽速为15m/s，直径D＝＝＝0.52m，圆整到600m。

式中：v为蒸汽的比容，/kg。Ⅳ效二次蒸汽温度为60℃，考虑管道阻力损失1℃，所以进冷凝器的蒸汽温度为59℃，对应的汽化潜热为2361.04kJ/kg，对应的比容为7.9974/kg。

1. 接管直径

①蒸汽进口直径 取蒸汽流速为80m/s，计算后选取规格为φ273×8（DN250）。

②冷却水进口直径 取冷却水流速为2.5m/s，计算后选取规格为φ76×4（DN65）。

③冷凝水出口直径 取冷凝水流速为1m/s，计算后选取规格为φ108×4（DN100）。

④不凝气口直径 选取规格为φ57×3.5（DN50）。

1. 多孔淋水板的设计

板数4块，板间距自下而上依次为＝D＋0.20＝0.6＋0.2＝0.8m，＝0.6＝0.6×0.8＝0.48m，＝0.6＝0.6×0.48＝0.288m，＝0.6＝0.6×0.288＝0.1728m。

顶层弓形板宽度＝0.8D＝0.8×0.6＝0.48m，堰高取h＝0.07m，其它各弓形板宽度b＝＋0.05＝0.35m。

淋水板的孔径d取为0.01m，则孔板为：

＝＝1.13××＝124517

其余各层＝＝62259

1. 冷凝器安装

大气腿高度 H＝11.5m

大气腿内径：＝＝0.1m

水封槽容积：V≥1.5××0.785×11.5＝0.14