

中国石油和化工勘察设计协会团体标准

T/HGJ XXXXX-YYYY

化工厂蒸汽凝结水系统设计规范

Code for Design of Steam condensate System in Chemical Plant

(征求意见稿)

20YY-MM-DD 发布

20YY-MM-DD 实施

中国石油和化工勘察设计协会发布

目 录

1	总则	1
2	术语	2
3	系统设计基本原则	4
4	凝结水回收及处理系统设计	5
4.1	设计条件	5
4.2	系统选择	5
4.3	系统确定	5
5	主要设备的选择与计算	7
5.1	凝结水回收设备选择	7
5.2	凝结水处理设备选择	8
5.3	蒸汽疏水阀的计算	8
6	凝结水管道水力计算	10
7	凝结水水质监测和系统控制	11
7.1	凝结水水质监测	11
7.2	控制系统及仪表设置	11
附录 A	凝结水回收数据表	12
	本规范用词说明	13
	引用标准名录	14
	附：条文说明	15

Contents

1	General Provisions.....	1
2	Terms	2
3	Basic Principle of System Design.....	4
4	Design of Condensate Recovery and Treatment System	5
4.1	Design Condition	5
4.2	Selection of System	5
4.3	Confirmation of System.....	5
5	Selection and Calculation of Main Equipment	7
5.1	Selection of Condensate Recovery Equipment.....	7
5.2	Selection of Condensate Treatment Equipment.....	8
5.3	calculation of Steam Trap	8
6	Hydraulic Calculation of Condensate Pipes	10
7	Monitoring for Condensate Quality and System Control	11
7.1	Condensate Quality Monitoring.....	11
7.2	Control System and Instrument Configuration	11
	AppendixA Data Sheets for Condensate Recovery	12
	Explanation for Wordsin this Code.....	13
	Normative standard list.....	13
	Addition Explanation of provisions	14

1 总则

1.0.1 为贯彻《中华人民共和国节约能源法》，落实国家能源产业政策，降低蒸汽系统总能耗及全厂水耗，提高蒸汽凝结水系统设计水平，保证系统安全可靠、技术先进、运行灵活、经济合理，编制本规范。

1.0.2 本规范适用于化工厂配套的新建、改扩建工程蒸汽凝结水系统的设计。

1.0.3 化工厂蒸汽凝结水系统设计，除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语

Terms

2.0.1 凝结水 Condensate

蒸汽冷凝形成的水。

2.0.2 开式系统 Open System

凝结水与大气直接接触的系统。

2.0.3 闭式系统 Close System

凝结水与大气不直接接触的系统。

2.0.4 凝结水回收率 Condensate Recovery Ratio

是实际回收的凝结水量与可回收的凝结水量的百分比。

2.0.5 蒸汽疏水阀工作压力 Operating Pressure for Steam Trap

在凝结水回收系统中，在工作条件下蒸汽疏水阀进口端的压力。

2.0.6 蒸汽疏水阀工作背压 Operating Back Pressure for Steam Trap

在凝结水回收系统中，在工作条件下蒸汽疏水阀出口端的压力。

2.0.7 蒸汽疏水阀最高(允许)工作背压 Maximum (allowed) Working Back Pressure of Steam Trap

在凝结水回收系统中，在工作条件下蒸汽疏水阀能正确动作时出口端的最高（允许）压力。

2.0.8 比压降 Specific Pressure Drop

每米凝结水管道的沿程阻力损失。

2.0.9 凝结水箱 Condensate tank

凝结水回收系统中用于汇集和储存凝结水的水箱。

2.0.10 凝结水回收水箱 Condensate recycling tank

凝结水处理系统中前置的用于汇集和储存缓冲凝结水的水箱。

2.0.11 开式背压凝结水回收系统 Open-type back pressure Condensate recycling system

利用凝结水压力为动力的开式凝结水回收系统。

2.0.12 开式重力凝结水回收系统 Open-type gravity Condensate recycling system

利用凝结水位能为动力的开式凝结水回收系统。

2.0.13 开式加压凝结水回收系统 Open-type pressurization Condensate recycling system

利用水泵或其它加压设施强制回收的开式凝结水回收系统。

2.0.14 闭式背压凝结水回收系统 Closed-type back pressure Condensate recycling system

利用蒸汽疏水阀背压为动力的凝结水闭式回收系统。

2.0.15 闭式满管凝结水回收系统 Closed-type Full tube Condensate recycling system

利用凝结水重力和背压相混合方式的凝结水回收系统。

2.0.16 闭式加压凝结水回收系统 Closed-type Pressurized Condensate Recycling System

利用水泵或其它加压设施强制回收的闭式凝结水回收系统。

2.0.17 除铁过滤凝结水处理系统 Removed Iron Type Filtered Condensate Treatment System

处理在汽水系统启动、运行、停运过程中系统只含有铁、机械杂质的凝结水处理系统。

2.0.18 除铁、除盐凝结水处理系统 Removed Iron (In addition to iron), Removed salt Condensate Treatment System

处理在汽水系统启动、运行、停运过程中系统含有铁、机械杂质及微量溶解盐的凝结水处理系统。

2.0.19 除铁、除油、除盐组合式凝结水处理系统 Removed iron, Removed oil, Removed salt Combined-Type Condensate Treatment system

处理在汽水系统启动、运行、停运过程中系统含有铁、机械杂质可能渗入少量油及微量溶解盐的凝结水处理系统。

3 系统设计基本原则

3.0.1 系统设计应遵循国家节能减排和环保政策，充分回收和利用蒸汽凝结水的热能，减少对环境的热污染，提高软化脱盐水的重复使用率。

3.0.2 蒸汽凝结水系统的设计应与蒸汽系统的设计相结合，应符合现行国家标准《化工厂蒸汽系统设计规范》GB/T50655-2011 第 9.0.5 条的要求，凝结水回收率应大于 80%。

3.0.3 对可能受污染和不受污染的两类凝结水，应分系统进行回收。

3.0.4 对可能受污染的凝结水，回收时应进行技术经济分析，有回收价值的，其凝结水系统应设置水质监测及水处理设施。回收确有困难且经济效益较差的，可暂不回收，但应充分利用其热能。

3.0.5 回收处理后的凝结水水质应符合锅炉或生产装置用水指标要求，若处理后其水质仍不满足水质指标要求，可考虑其他用途或处理至环保达标后排放。

3.0.6 加热有强腐蚀性物质的蒸汽凝结水不应回收利用。加热油槽和有毒物质的凝结水，不得回收利用，并应在处理至环保达标后排放。

3.0.7 透平凝结水宜设单独系统进行回收，可直接高温回收至除氧器。

3.0.8 蒸汽凝结水应按压力等级进行梯级闪蒸，作多次利用，凝结水及其余热应按热能品位得到梯级利用。

3.0.9 凝结水系统余热回收包括如下内容：

- 1 凝结水所含显热的回收。
- 2 凝结水闪蒸汽所含潜热的有效利用。

3.0.10 对需要采用离子交换树脂进行处理的凝结水，系统宜设置换热设施回收显热，使其温度降至符合水处理设施进水温度的要求。

4 凝结水回收及处理系统设计

4.1 设计条件

4.1.1 工艺设计条件应包括下列内容：

- 1 拟回收凝结水水量、温度、压力、水质等，其数据应按本规范附录 A 格式填写。
- 2 锅炉给水及化工装置系统用水水质指标等。

4.1.2 应具备全厂蒸汽平衡图、全厂总平面图、地形图、区域图、竖向图等设计条件。

4.2 系统选择

4.2.1 影响凝结水系统选择的因素包括厂区的地形、蒸汽用户分布状况、用汽设备的特点、供汽压力和温度、二次蒸汽和凝结水利用的方式及凝结水的回水量、凝结水的水质等，凝结水回收系统应在对上述因素进行技术经济方案综合比较、评价后确定。

4.2.2 凝结水回收系统宜选闭式系统。

4.2.3 蒸汽用户多且范围大、地形复杂、用汽参数不同时，宜以大用户为中心，分区设置凝结水回收系统。

4.2.4 若因条件限制必需采用开式凝结水回收系统时，应以减少对设备和管路的腐蚀，应采取下列措施：

- 1 设置蒸汽凝结水冷却器或二次蒸汽的凝结器，将高温凝结水的水温在到水箱之前降到 $95^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$ 。
- 2 将凝结水送入凝结水箱液位以下降低凝结水的溶解氧。
- 3 在凝结水箱中设置浮漂挡板，以减少空气中氧气向凝结水中扩散。

4.3 系统确定

4.3.1 凝结水回收系统应符合下列要求：

- 1 开式重力凝结水回收系统宜用于凝结水箱位置较低的小型蒸汽系统。
- 2 闭式背压凝结水回收系统宜用于凝结水管道采用架空或地下敷设的中小型蒸汽系统。
- 3 采用闭式背压方式回收系统时应符合下列要求：
 - 1) 凝结水管道的管径计算，应综合考虑凝结水汽水混合两相流状态；
 - 2) 蒸汽疏水阀后凝结水的压力，应大于凝结水系统的阻力与终点系统压力之和；
 - 3) 压力等级相差较大的凝结水应尽量避免合流，若必须合流时应采取相应的措施，使其均能回到凝结水箱。
- 4 闭式满管凝结水回收系统宜用于二次蒸汽能就近利用的中小型蒸汽系统。
- 5 加压凝结水回收系统宜用于凝结水管道采用架空或地下敷设的大中型蒸汽系统。

4.3.2 凝结水处理系统应符合下列要求：

- 1 当回收的凝结水中含有机杂质时，凝结水处理系统应设置除铁过滤器并且其进水含铁量应控制在 $300 \mu\text{g/L}$ 以下。若系统经常启停，系统启停时含铁量大于 $300 \mu\text{g/L}$ ，应通过技术经济比较后设置除铁过滤器启动滤芯或采取措施进行排放。当汽水系统运行正常，凝结水处理系统进水含铁量小于用水设备对铁含量的要求时，除铁过滤系统可设置旁路。
- 2 当回收的凝结水可能溶入铁、微量溶解盐类时，凝结水处理系统应设置除铁、除盐系统。

3 当回收的凝结水含有铁、微量溶解盐类存在油渗漏或泄漏的情况时，凝结水处理系统应采用组合式凝结水处理系统，即除了应具备除铁、除盐功能外，还应设置必要的除油设施。进入除油设施的凝结水含油量不应大于 10mg/L。当凝结水含油量经常性大于 10mg/L 时，应经过技术经济比较后确定是否设置油水分离设施或采取措施进行排放。凝结水处理系统的除油设备应能将凝结水中含油量处理至锅炉或工艺装置用水需要的指标。

4 当工业透平产生的凝结水水质指标符合现行国家标准《火力发电厂及蒸汽动力设备水汽质量》GB/T12145或《工业锅炉水质》GB/T1576的相应等级要求时，可直接回收利用该部分凝结水。

5 凝结水处理系统宜设置独立的凝结水回收水箱。宜设置独立的事故凝结水箱。

6 当生产装置可能存在有机物泄漏的情况时，凝结水处理系统宜设置保安过滤器。

7 凝结水系统所采用的离子交换树脂应为凝结水精处理专用型树脂，凝结水处理系统运行温度应控制在凝结水精处理专用型树脂规定使用温度范围内。当进入离子交换器的凝结水水温超过树脂允许的操作温度，应考虑凝结水热量的利用，并将凝结水水温降至允许范围。

8 当凝结水被污染无法处理时，应将凝结水降温并从凝结水精制系统切换排至生产污水管网。

5 主要设备的选择与计算

5.1 凝结水回收设备选择

5.1.1 蒸汽疏水阀选择原则应符合下列要求：

1 应根据凝结水系统参数、蒸汽疏水阀的使用条件、安装位置、蒸汽疏水阀的技术性能，选择适宜的蒸汽疏水阀，并应符合下列要求：

1) 蒸汽疏水阀的最高工作压力和最高工作温度应大于或等于蒸汽管道及用汽设备的最高工作压力及最高工作温度。

2) 蒸汽疏水阀应区别类型，按其工作性能、条件和凝结水排放量进行选择，不得以蒸汽疏水阀的公称通径作为选择依据。

3) 在凝结水回收系统中若利用工作背压回收凝结水时，应选用背压率较高的蒸汽疏水阀。

4) 当用汽设备内要求不得积存凝结水时，应选用能连续排出饱和凝结水的蒸汽疏水阀。

5) 在凝结水回收系统中，用汽设备既要求排出饱和凝结水，又要求及时排出冷热不凝结气体时，应采用同时具有排水、排气两种功能的蒸汽疏水阀，或采用能排饱和凝结水的蒸汽疏水阀与排气装置并联的疏水装置。

6) 当用汽设备工作压力有经常波动工况时，应选用不需调整工作压力的蒸汽疏水阀。

2 蒸汽疏水阀有负荷漏汽率应不大于 0.3%；机械型和热静力型蒸汽疏水阀的无负荷漏汽率应不大于 0.5%（引自《蒸汽疏水阀技术条件》GB/T 22654 标准第 4.9.7 条）。

3 蒸汽供热系统中，所有产生凝结水的用汽点，其凝结水出口均应安装蒸汽疏水阀或其它疏水设施，不应用截止阀代替。

4 每个用汽设备宜单独设置蒸汽疏水阀。

5 在蒸汽疏水阀的最大排水量满足凝结水量要求时，应采用单只蒸汽疏水阀，不宜选用小排量蒸汽疏水阀并联使用；当凝结水量超过单只蒸汽疏水阀的最大排水量时，可选用相同型式的蒸汽疏水阀并联使用。

6 蒸汽疏水阀应内置过滤器。如无过滤器，应在阀前设置过滤器。

7 当蒸汽疏水阀故障可能引起蒸汽系统或化工装置波动时，可并联一只同型号的蒸汽疏水阀或安装旁通阀作为备用。

8 蒸汽疏水阀组应设置检测阀。

9 当 PN 大于等于 4.0MPaG 的凝结水管道，应在蒸汽疏水阀前串联装设两个截止阀；当 PN 小于等于 2.5MPaG 的凝结水管道，宜在蒸汽疏水阀前装设一个截止阀。

5.1.2 蒸汽疏水阀或疏水设施设置位置应符合下列要求：

1 蒸汽管线和蒸汽伴热管的末端或低点。

2 蒸汽管线的减压阀和调节阀的上游。

3 蒸汽管线不经常流动的死端且为管道低点。如公用工程站蒸汽管线切断阀前。

4 蒸汽分汽缸（蒸汽分配管）、蒸汽加热设备夹套、盘管的凝结水出口管线。

5 处于热备用状态的设备或机泵的蒸汽进汽管线的最低点。例如：蒸汽透平、蒸汽往复泵的汽缸等进汽管的切断阀前。

6 长距离输送的蒸汽管线的中途，对于饱和蒸汽的管线可在每个补偿器前的最低点安装一个蒸汽疏水阀，对于过热蒸汽管线可视蒸汽的过热度酌情减少。

7 其它需要经常疏水的场合。

5.1.3 凝结水箱的选择应符合下列要求：

1 每个凝结水泵站中的凝结水箱宜设置一台。

2 凝结水箱容积应根据凝结水最大小时回收量和凝结水泵运行自动化程度确定。当泵无自动启动、停止装置时，水箱总有效容积宜按 30min~40min 最大小时凝结水回收量确定；当泵有自动启动、

停止装置时，水箱总有效容积宜按 15min~20min 最大小时回收量确定。

5.1.4 凝结水泵的选择应符合下列要求：

- 1 凝结水泵应设置两台或两台以上，其中一台备用。当任何一台凝结水泵停运时，其余凝结水泵的流量不应小于每小时最大凝结水回收量的 120%。
- 2 凝结水泵扬程的设计宜留有 5%~10% 的富余量。

5.1.5 闪蒸罐的选择应符合下列要求：

- 1 闪蒸罐内的蒸汽流速不宜超过 2m/s，凝结水的流速不宜超过 0.25 m/s。
- 2 闪蒸罐集水空间宜为总容积的 20%~30%。

5.2 凝结水处理设备选择

5.2.1 除铁过滤设施可采用管式过滤器、覆盖式过滤器或电磁过滤器等其它具有除铁功能的设备。

5.2.2 除油设施应经过技术经济比较选择合适的除油设备，除油设备应有足够的过滤面积以适应系统水质的波动。宜设置活性炭过滤器或者过滤器内的活性炭垫层。

5.2.3 凝结水处理系统中离子交换器宜选用混合离子交换器。

5.2.4 除铁过滤器、除油设备及离子交换器应设置备用设施，其酸碱再生系统宜与化学水系统相关设备共用，酸碱计量箱应单独设置。

5.2.5 离子交换器后应设置树脂捕捉器。

5.2.6 凝结水处理系统的凝结水回收水箱其有效容积宜为 40min~60min 的凝结水回收量。

5.3 蒸汽疏水阀的计算

5.3.1 蒸汽疏水阀凝结水设计排放量应按下列公式计算：

$$Gr = \eta G_c \quad (5.3.1)$$

式中：Gr——蒸汽疏水阀凝结水设计排放量，t/h；

G_c ——用汽设备或蒸汽管道凝结水的排放量，t/h；

η ——安全率，其数值应按蒸汽疏水阀样本选取，或按《蒸汽供热系统凝结水回收及蒸汽疏水阀技术管理要求》GB/T 12712 的附录 B 选取。

5.3.2 蒸汽疏水阀的工作压差应按下列公式计算：

$$\Delta P = P_0' - P_{OB}' \quad (5.3.2)$$

式中： ΔP ——蒸汽疏水阀的工作压差，Pa；

P_0' ——蒸汽疏水阀的工作压力，Pa；

P_{OB}' ——蒸汽疏水阀的工作背压，Pa。

5.3.3 蒸汽疏水阀工作压力 P_0' 的确定应符合下列规定：

1 凝结水由蒸汽管道系统排出时，蒸汽疏水阀的工作压力 P_0' 等于蒸汽管道的工作压力。

2 凝结水由用汽设备排出时，蒸汽疏水阀的工作压力应按下列公式计算：

$$P_0' = 0.8 P \quad (5.3.3)$$

式中： P_0' ——蒸汽疏水阀的工作压力，Pa；

P ——用汽设备的蒸汽压力，Pa。

5.3.4 蒸汽疏水阀最高工作背压应按下列公式计算：

$$P_{OB}' = H_1 + \Delta Z_1 g \rho + P_1 \quad (5.3.4)$$

式中： P_{OB}' ——蒸汽疏水阀的工作背压，Pa；

H_1 ——蒸汽疏水阀后管道系统总阻力，Pa；

ΔZ_1 ——蒸汽疏水阀后提升或下降的高度，提升为正值，下降为负值，m；

P_1 ——凝结水箱的压力，Pa；

g ——重力加速度，m/s²；

ρ ——密度，kg/m³。

5.3.5 蒸汽疏水阀最高工作背压，应随蒸汽疏水阀的结构特点和入口蒸汽压力不同而异，应符合下

列规定:

1 机械型蒸汽疏水阀最高工作背压应按下式计算:

$$P_{\text{MOB}}' = 0.8 P_0' \quad (5.3.5-1)$$

式中: P_0' ——蒸汽疏水阀的工作压力, Pa;

P_{MOB}' ——蒸汽疏水阀最高工作背压, Pa。

2 热静力型蒸汽疏水阀最高工作背压应按下式计算:

$$P_{\text{MOB}}' = 0.3 P_0' \quad (5.3.5-2)$$

式中: P_0' ——蒸汽疏水阀的工作压力, Pa;

P_{MOB}' ——蒸汽疏水阀最高工作背压, Pa。

3 热动力型蒸汽疏水阀最高工作背压应按下式计算:

$$P_{\text{MOB}}' = 0.5 P_0' \quad (5.3.5-3)$$

式中: P_0' ——蒸汽疏水阀的工作压力, Pa;

P_{MOB}' ——蒸汽疏水阀最高工作背压, Pa。

6 凝结水管道水力计算

6.0.1 加压凝结水管道应根据最大凝结水流量和经济比压降计算干管管径。主干管经济比压降宜为 30 Pa / m ~ 70 Pa / m，支管不宜超过 300 Pa / m，并应按照现行行业标准《城镇供热管网设计规范》CJJ 34 选取。

6.0.2 背压凝结水管道应根据允许终点压力确定管径。

6.0.3 凝结水管道的比压降，应按下列公式计算：

$$\Delta h = 6.254 \times 10^{13} \frac{\lambda}{\rho} \cdot \frac{G^2}{D_n^5} \quad (6.0.3-1)$$

$$\lambda = 0.11 \left(\frac{K_d}{D_n} \right)^{0.25} \quad (6.0.3-2)$$

式中： Δh ——比压降，Pa / m；

λ ——摩擦阻力系数；

G ——凝结水计算流量，t / h；

ρ ——凝结水密度，kg / m³。

K_d ——管壁等值粗糙度，mm；

D_n ——管道内径，mm。

7 凝结水水质监测和系统控制

7.1 凝结水水质监测

7.1.1 凝结水回收系统，应根据安全生产、成本核算、运行工况、事故分析、水质、蒸汽品质等方面要求，合理设置各种检测、控制、连锁、报警等仪表自控设置。化工工艺系统凝结水总管出口应装设自动排放设施，当凝结水水质不合格时，应报警、自动排放并计量。各装置凝结水出口宜设置水质在线监测仪表。

7.1.2 中、小型凝结水回收系统宜采用简单就地监测仪表，大型凝结水系统宜有集中监测。

7.1.3 凝结水品质的检查和监测，宜设置在线分析仪表，并应设取样口进行定期取样分析。

7.2 控制系统及仪表设置

7.2.1 凝结水回收及处理系统的监测仪表、自控设置应根据凝结水回收及处理系统工艺以及相关的热机、化工装置的自动化水平经技术经济比较后确定。

7.2.2 凝结水回收及处理控制系统应包括下列内容：

- 1 水箱水位与凝结水水泵开、停的控制。
- 2 闭式凝结水箱、凝结水闪蒸罐压力的控制。
- 3 凝结水处理系统入口温度的控制。

7.2.3 凝结水回收及处理监测系统应包括下列内容：

- 1 凝结水回收及处理水量的监测。
- 2 凝结水回收及处理系统进出口水温、水质指标（包括电导率、油、铁、SiO₂等的含量）的监测。

7.2.4 当不涉及系统异常工况的报警、紧急连锁、自动调节任务的参数时，在凝结水水泵出口、离子交换器进、出口等处可只设置就地监测仪表。

7.2.5 当系统异常工况需要报警，并对工艺设备产生危险、对下游流程产生危害和运行参数无法实现自动调节控制时，宜设置在线监测仪表，同时应对凝结水进出水的水质指标等定期进行离线取样分。

7.2.6 凝结水回收及处理系统仪表应按指示、记录、累积、信号、（声、光）报警、调节、连锁等功能进行分类。

7.2.7 指示仪表的设置应符合下列要求：

- 1 需要反映主要设备及工艺系统在各种工况下安全、经济运行的主要参数和需要经常监视的参数，应设指示仪表。
- 2 只需越限报警监视的参数，可不再设指示仪表。

7.2.8 应设置记录仪表，记录进行经济分析、核算及控制处理水质指标的重要参数。

7.2.9 应设置凝结水流量积算设施，记录需要进行经济核算的流量参数。

附录 A 凝结水回收数据表

表 A 凝结水回收数据表

工程名称：

车间或装置名称：

设计阶段：

第 页 共 页

序号	设备位号	设备名称	台数		流量（m³/h）						回水压力（MPaG）			回水温度（℃）			电导率 （μS/cm） （25℃时）	送出方式	含油 （mg/l）	含铁 （mg/l）	其它杂质 （mg/l）	附加说明
			运	备	最大		正常		最小		最低	正常	最高	最低	正常	最高						
					冬	夏	冬	夏	冬	夏												

注：1 回水压力、温度指工艺装置界区处；

2 送出方式指连续、间断及间隔时间。

提出人	日期
校对	日期
审核	日期

本规范用词说明

- 1 为便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：
 - 1) 表示很严格，非这样做不可的用词：
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
 - 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
 - 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
 - 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词：采用“可”。
- 2 本规范中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《化工厂蒸汽系统设计规范》GB/T 50655-2011
- 《工业锅炉水质》GB /T 1576
- 《火力发电机组及蒸汽动力设备水汽质量》GB/T 12145
- 《蒸汽疏水阀 术语、标志、结构长度》GB/T 12250
- 《蒸汽供热系统凝结水回收及蒸汽疏水阀技术管理要求》GB/T 12712
- 《城镇供热管网设计规范》CJJ 34

中国石油和化工勘察设计协会团体标准

化工厂蒸汽凝结水系统设计规范

Code for Design of Steam condensate System in Chemical Plant

T/HGJ×××××—20××

条文说明

制订说明

《化工厂蒸汽凝结水系统设计规范》GB50xxx-2012，经中国石油和化工勘察设计协会 xxxx 年 xx 月 xx 日以第 xx 号公告批准发布。

为便于广大设计、施工、科研、企业等单位的有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定，《化工厂蒸汽凝结水系统设计规范》编制组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 录

1 总则	17
2 术语	17
3 系统设计基本原则	17
4 凝结水回收及处理系统设计	18
4.2 系统选择	18
4.3 系统确定	18
5 主要设备的选择与计算	20
5.1 凝结水回收设备选择	20
5.2 凝结水处理设备选择	21
5.3 蒸汽疏水阀的计算	21
6 凝结水管道水力计算	22
7 凝结水水质监测和系统控制	23
7.1 凝结水水质监测	23
7.2 控制系统及仪表设置	23
附录 A 凝结水回收数据表.....	24

1 总则

1.0.1 凝结水回收及其热量的利用，是蒸汽供热系统中节约能源的重要组成部分。通过蒸汽换热设备所排出的凝结水，如果不回收或回收量很少，不仅浪费大量的化学水，且将损失较多热量。因此回收凝结水，对提高能源利用率，节约燃料和减少化学水的处理费用，具有非常重要的意义。

凝结水系统选择应注意以下事项：

为提高凝结水回收率，必须正确选择凝结水的回收系统，合理地进行设计。

安全可靠、运行灵活：避免凝结水回收系统出问题而影响工艺生产，系统容量应留有一定裕量。

技术先进、经济合理：凝结水系统的选择，设备和管路计算应做多方案的技术经济比较后确定。

1.0.2 本规范是针对化工厂编制的，热电站凝结水回收系统不在本规定范围内。

2 术语

2.0.4 可回收的凝结水量是指未受污染和受污染但可以处理回收的凝结水量合计。

3 系统设计基本原则

3.0.3 考虑到充分利用能源及水资源并保证凝结水系统安全运行，增设此条。

3.0.7 经调研，工艺装置的透平凝结水比化工装置凝结水不易受到污染，其水质可不经处理直接回收，故为工艺装置的透平凝结水设置单独回收系统，如果受到污染也可高温回收处理后至除氧器。

3.0.8~3.0.9 化工厂凝结水系统，曾多采用开式系统，放空二次蒸汽，热能浪费严重。近年大多改用闭式系统。凝结水余热一是利用水-水热交换器将凝结水冷却降温回收利用凝结水的热量，用以提高一次水（过滤水）温度；其二是设置闪蒸罐或闭式凝结水箱，分离凝结水的二次蒸汽，根据压力不同，可将该二次蒸汽接至低压蒸汽管网或通过喷射加压器将二次蒸汽升压，送至中压蒸汽管网，回收利用二次蒸汽的潜热。对于高、中压蒸汽系统凝结水应设置闪蒸设施，闪蒸的蒸汽可供下级低压用汽设备使用。系统中可设多级闪蒸设施，以达到蒸汽按梯级方式利用目的。若没有下一级低压蒸汽用户，可以设置热交换器加热其它用途的介质，做到能量的有效利用。

3.0.10 水处理设施进水温度主要是指树脂的使用温度，避免由于凝结水超温导致水处理树脂失效。

4 凝结水回收及处理系统设计

4.2 系统选择

4.2.2 依据《化工厂蒸汽系统设计规范》GB/T50655-2011 第 9.0.5 条“凝结水回收宜闭式回收充分利用凝结水余热”制定。闭式凝结水回收系统的二次蒸汽和凝结水的余热被充分利用，减少腐蚀，保护环境，提高了管道和设备的使用年限。为避免空气进入系统管网内腐蚀管道和附件，将整个凝结水系统封闭起来，使系统内各点保持正压，防止系统产生真空吸入空气，在系统终端或凝结水箱内维持一定的压力，一般控制在 0.11MPaG~0.12MPaG。

4.3 系统确定

4.3.1 大、中、小型蒸汽系统的定义引自《化工厂蒸汽系统设计规范》GB/T 50655-2011 第 4.2.1 条。

1 开式重力凝结水回收系统，适用于用汽压力较低（小于 0.1MPaG）的自流回水系统。凝结水经蒸汽疏水阀后，直接接至坡向凝结水箱的凝结水管道，依靠凝结水本身的重力流到凝结水箱，水箱放散管与大气相通。适于小型蒸汽供应的凝结水回收系统，利用地形条件可使凝结水管道顺坡坡向凝结水箱。

2 闭式凝结水回收系统的二次蒸汽和凝结水的余热被充分利用，减少腐蚀、保护环境，延长了管道和设备的使用年限。为避免空气进入系统管网内腐蚀管道和附件，将整个凝结水系统封闭起来，使系统内各点保持正压，防止系统产生真空吸入空气，在系统末端闪蒸罐或凝结水箱内维持一定的正压力，一般控制在 0.11 MPaG~0.12MPaG。该压力的确定，主要考虑两个因素：一是流入闪蒸罐或凝结水箱的凝结水温度，二是凝结水量的变化。当凝结水量和温度变化较大时，该压力宜在高位控制，反之宜在低位控制。闪蒸罐或凝结水箱内的压力控制，通常采取如下措施实现：

1) 在闪蒸罐或凝结水箱上装设安全阀或安全水封；

2) 在条件允许时（如厂房高度），可采用单级水封套管及多级水封管，控制系统末端压力。

3 闭式背压凝结水回收系统设备简单，凝结水热量可集中利用。故一般作用半径为 500m~1000m，凝结水量不多，用户分散的中小蒸汽系统区宜采用。

1) 背压凝结水回收系统中，高压凝结水在回送途中将不断二次汽化，加之蒸汽疏水阀的漏汽，背压凝结水管网为汽水两相流动，极易产生水击，故凝结水的管径应按汽水混合状态进行计算。

2) 为保证凝结水顺利回至闭式凝结水箱，蒸汽疏水阀后的凝结水压力应大于凝结水系统的阻力（包括蒸汽疏水阀和凝结水箱位差和凝结水箱内的压力），尚应考虑一定的压力富余量。

3) 闭式背压凝结水回收系统凝结水管网为汽水两相流，当系统中压力相差较大的凝结水合流时，调节不当将会互相干扰，导致低压凝结水回流不畅，造成低压设备不能正常工作。由于汽水两相流动和蒸汽疏水阀间歇工作的复杂情况，管路水力计算很难得到准确的结果。

根据经验，一般高低用汽压力差在 0.3MPaG 以下采用合流是合适的。当压差较大时，宜将高低压凝结水分别输送。在管路连接处采取便于高低压凝结水合流的简单措施。如支管与凝结水干管相连时，应采用自干管上部顺流向倾斜插入的做法，或将高压凝结水管做成简单的喷嘴形或多孔管。

4 采用闭式满管系统回收凝结水时，为使全部用户的凝结水能返回凝结水箱，在进行凝结水管水力计算的基础上应绘制水压图，以便根据各用户的厂房地面标高、管道的阻力、凝结水箱的标高、汽压等因素，通过水压图以合理确定二次蒸发箱的安装高度及二次蒸汽的压力，使全部用户的凝结水可返回至凝结水箱。

充分利用了二次蒸汽，消除了用户间不同压力干扰，工作稳定，但设备较多，适于二次蒸汽能就地利用的情况。

5 凝结水泵站应依据全厂用户凝结水的分布状况进行设置。对于凝结水量较小，不回收将浪费能量及水资源，且影响工厂环境时，可以设置间断操作的凝结水回收泵站。

4.3.2 凝结水处理系统的确定：

1 经调研，东北及华东等某些炼油、化工生产装置产生的凝结水水质在装置正常运行情况下，凝结水的含铁量在 $15\ \mu\text{g/L}\sim 120\ \mu\text{g/L}$ 之间波动，只有极少数频次含铁量达到 $240\ \mu\text{g/L}$ 。故本条款规定了除铁过滤器进水含铁量应控制在 $300\ \mu\text{g/L}$ 以下。

经常启停的汽水系统，凝结水含铁量会较高，为延长除铁过滤器的使用寿命，除铁过滤器可单独设置一套启动除铁滤芯。对于正常运行的汽、水系统，其凝结水含铁量很小时，为方便除铁过滤器检修或者更换滤芯，除铁过滤器可设置旁路管道。经除铁过滤器后的凝结水铁含量应符合《火力发电厂及蒸汽动力设备水汽质量》GB/T12145 的标准，如工艺装置对用水指标有特殊要求时，还应满足其具体要求。

2 凝结水系统去除凝结水中的微量的溶解盐可采用混合离子交换器，为确保离子交换器的正常工作，防止离子交换器的树脂污染或失效，混合离子交换器前应设置必要的前置过滤器。

3 经调研，炼油、化工生产装置产生的凝结水水质有明显区别。炼油装置凝结水中的杂质主要含油，正常情况下含油量在 $2\text{mg/L}\sim 3\text{mg/L}$ ，事故状态下可能超过 10mg/L 或更高，装置运行年限较长时漏油量会增加，设置除油设备可保护凝结水精制设备的安全运行。处理后的凝结水含油量应满足《火力发电厂及蒸汽动力设备水质质量》GB/T12145 的要求。化工装置凝结水中的杂质主要含铁的氧化物，但不同的化工装置会含有特殊的杂质，如芳烃抽提装置的凝结水可能含苯，需在活性炭过滤器中采用特殊的吸附剂混合进行吸附处理。

4 工业透平产生的凝结水除在开停车时会有较高的机械杂质，正常运行时其水质较好，当其水质满足《火力发电厂及蒸汽动力设备水质质量》GB/T12145 的要求时，此部分凝结水可直接回收，如工业透平的凝汽器可能会渗入杂质或溶解盐，比如凝汽器的管板渗入循环水时，此部分凝结水宜进行处理后使用。

5 如果凝结水处理系统与脱盐水制备系统属同一厂房布置时，为防止凝结水回水可能含油等杂质会污染工业水系统，凝结水回水应单独设置凝结水回收水箱。

6 经调研，东北某炼油厂在凝结水处理系统设置了活性炭过滤器作为保安过滤器在除油除铁过滤后使用。由于活性炭过滤器对油的吸附作用较好，但不易反洗，故活性炭过滤器作为系统最后一道屏障。在特殊情况下吸附偶尔渗出的油，在经济上是比较合理的。

7 经调研，根据化工厂对凝结水专用型树脂实际运行温度经验及《高温凝结水精处理用离子交换树脂筛选和耐温考核实验报告》，凝结水专用型树脂实际运行温度控制在 $50^{\circ}\text{C}\sim 55^{\circ}\text{C}$ 是比较合适的，如温度过高，树脂的使用寿命将明显缩短。

5 主要设备的选择与计算

5.1 凝结水回收设备选择

5.1.1 蒸汽疏水阀设备的选择：

1 蒸汽疏水阀基于蒸汽和凝结水的三个原理，密度差、温度差和相变，制造出机械型蒸汽疏水阀、热静力型蒸汽疏水阀、热动力型蒸汽疏水阀。

1) 蒸汽疏水阀的最高工作压力和最高工作温度定义引自国家标准《蒸汽疏水阀 术语、标志、结构长度》GB/T 12250 中的术语解释。

3) 机械型蒸汽疏水阀背压率较高。如：自由浮球式蒸汽疏水阀、自由半浮球式蒸汽疏水阀、杆浮球式蒸汽疏水阀、倒吊桶式等。

4) 浮球式蒸汽疏水阀能连续排出饱和凝结水。如：自由浮球式蒸汽疏水阀、自由半浮球式蒸汽疏水阀、杆浮球式蒸汽疏水阀等。

在凝结水一经形成，必须立即排除的情况下，不宜选用波纹管式蒸汽疏水阀(因其要求一定的过冷度约 17 度到 5 度)，而应选用浮球式蒸汽疏水阀。

5) 热静力型蒸汽疏水阀同时具有排水、排气两种功能。如：膜盒式、波纹管式、双金属片式蒸汽疏水阀。

4 不同压力的用汽设备，不可共用一个蒸汽疏水阀，否则因为高压用汽设备的进出口压力高，使低压用汽设备的出口压力提高，造成进出口压差缩小，降低了低压用汽设备的排水量。甚至无法出水和工作。同一蒸汽压力的同类型用汽设备也不允许共用同一蒸汽疏水阀。由于制造和使用情况不同，其加热效率、流体阻力均有所不同，特别是这些用汽设备的负荷不一致，蒸汽可从阻力小的设备短路流过，影响其它设备蒸汽量的通过，无法满足用汽设备的工艺要求。

5.1.3 凝结水箱

凝结水箱分开式、闭式两种。开式凝结水箱与大气相通，水箱设有排气管；闭式凝结水箱用于闭式凝结水系统，凝结水箱不与大气相通。设置两台凝结水箱时，凝结水箱装有安全水封或安全阀。凝结水箱设有水连通管，便于切换使用。厂区蒸汽凝结水系统为闭式满管系统时，站内凝结水箱应为闭式水箱。凝结水箱可选方形、和圆形两种形式，布置水箱时距离墙面不应小于 0.1m。

5.2 凝结水处理设备选择

5.2.2 经调研，东北某炼油厂发生过严重漏油事件，且发现不及时，漏油 6 小时后才被发现。由于该厂的凝结水处理系统的除油设备考虑了事故缓冲时间，没有对离子交换器造成影响，减小了事故造成的损失。因此，除油设备在设计时宜考虑一定的对系统水质波动的抗冲击能力。

5.2.6 凝结水处理系统的冷凝水回收水箱为凝结水处理系统的缓冲水箱，其目的为缓冲、调节处理系统的用水负荷及隔离大粒径的油（当设有油水分离设施时），故其容积可视凝结水处理系统的具体实情适当增减。

5.3 蒸汽疏水阀的计算

5.3.1 由于供汽初期易发生超负荷运行现象，而蒸汽疏水阀最大排水量是按连续测得的，为适应该变化，计算求得的设备或管道排水量应乘以安全率 η ，可作为选用蒸汽疏水阀的最大排水量。

蒸汽管道取开工或正常工作时，蒸汽管道凝结水量的大值作为选用蒸汽疏水阀的最大排水量。

5.3.3 蒸汽疏水阀进出口的工作压力是指蒸汽疏水阀进口、出口端管道内的蒸汽、凝结水实际压力。

蒸汽疏水阀最高工作背压是指蒸汽疏水阀正常工作时，其出口端的最高压力，即蒸汽疏水阀前凝结水压力减去凝结水通过该蒸汽疏水阀时的阻力。蒸汽疏水阀最高工作背压应按下式计算：

$$P_{\text{MOB}}' = P_0' - \Delta P$$

式中： P_0' ——蒸汽疏水阀工作压力，Pa；

ΔP ——凝结水通过蒸汽疏水阀时的阻力，Pa (与蒸汽疏水阀的构造和疏水量有关)。

5.3.5

1 机械型蒸汽疏水阀：基于蒸汽和凝结水密度差，由凝结水液位变化驱动的蒸汽疏水阀。

机械型蒸汽疏水阀：机械型也称浮子型，是利用凝结水与蒸汽的密度差，通过凝结水液位变化，使浮子升降带动阀瓣开启或关闭，达到阻汽排水目的。机械型蒸汽疏水阀的过冷度小，不受工作压力和温度变化的影响，有水即排，加热设备里不存水，能使加热设备达到最佳换热效率。最大背压率为80%，工作质量高，是生产工艺加热设备最理想的蒸汽疏水阀。机械型蒸汽疏水阀又可分为自由浮球式蒸汽疏水阀、自由半浮球式蒸汽疏水阀、杆浮球式蒸汽疏水阀、倒吊桶式蒸汽疏水阀等。

密闭浮子式蒸汽疏水阀，由壳体内凝结水的液位变化导致蒸汽疏水阀启闭件的开关动作。

开口向上浮子式蒸汽疏水阀，由浮子内凝结水的液位变化导致蒸汽疏水阀启闭件的开关动作。

开口向下浮子式蒸汽疏水阀，由浮子内凝结水的液位变化导致蒸汽疏水阀启闭件的开关动作。

2 热静力型蒸汽疏水阀：基于蒸汽和凝结水温度差，由凝结水温度变化驱动的蒸汽疏水阀。

热静力型蒸汽疏水阀：利用蒸汽和凝结水的温差引起感温元件的变型或膨胀带动蒸汽疏水阀阀心启闭阀门。热静力型蒸汽疏水阀的过冷度比较大，一般过冷度为15度到40度，它能利用凝结水的一部分显热，阀前始终存有高温凝结水，无蒸汽泄漏，节能效果显著。应用在蒸汽管道，伴热管线、小型加热设备，采暖设备，温度要求不高的小型加热设备上，最理想的蒸汽疏水阀。热静力型蒸汽疏水阀有膜盒式、波纹管式、双金属片式。

3 热动力型蒸汽疏水阀：基于蒸汽和凝结水相变，由凝结水动态特性驱动的蒸汽疏水阀。

热动力型蒸汽疏水阀：根据相变原理，靠蒸汽和凝结水通过时的流速和体积变化的不同（热力学原理），使阀片上下产生不同压差，驱动阀片开关阀门。

因热动力式蒸汽疏水阀的工作动力来源于蒸汽，所以蒸汽浪费比较大。热动力型蒸汽疏水阀结构简单、耐水击、有噪音，阀片工作频繁，使用寿命短，热动力型蒸汽疏水阀有热动力圆盘式、孔板式。

6 凝结水管道水力计算

6.0.1 经济比压降的选取参考《城镇供热管网设计规范》GJJ 34 选取。

6.0.2 对背压凝结水回收系统，应根据运行过程中可能出现的最大流量和允许的最大压力损失，通过选用适宜的管径以节省管网的一次投资。

6.0.3 凝结水管道水力计算公式是通过水力学公式导出。凝结水管道水力应按式(6.0.3-3)计算：

$$\Delta h = \frac{\lambda}{\left(\frac{Dn}{1000}\right)} \cdot \frac{\omega^2 \cdot \gamma}{2g} \quad (6.0.3-3)$$

当已知管道质量流量为 G 时流速应按式(6.0.3-4)计算：

$$\omega = \frac{G}{0.9\pi\rho\left(\frac{Dn}{1000}\right)^2} \quad (6.0.3-4)$$

将式(6.0.3-4)代入式(6.0.3-3)可得式(6.0.3-1)

式中：Δh——比压降，Pa / m；

Dn——管子内径，mm；

ω——热介质在管内流速，m / s；

γ——热介质的重度，N / m³；

g——自由落体重力加速度，g=9.81 m / s²；

λ——管道摩擦阻力系数。

G——凝结水的计算流量，t / h；

ρ——热介质密度，kg / m³；

当管径大于 DN40 时，管道的摩擦阻力系数 λ 推荐用希弗林松计算公式(6.0.3-2)

管壁等值粗糙度 K_d 采用下列数值：

1 闭式系统：K_d=0.5mm

2 开式系统：K_d=1.0mm

7 凝结水水质监测和系统控制

7.1 凝结水水质监测

7.1.1 凝结水系统的控制和监测是为保证凝结水回收系统的正常可靠运行设置的，避免和减少凝结水浪费，回收其热量，以提高化工企业的经济效益。

7.1.2 集中仪表比较复杂、造价高，对于中小型凝结水系统不宜采用。对于大型凝结水回收系统，应与整个供热系统一起设置集中控制室或监测站。各凝结水泵站之间应设有通讯设施。

7.2 控制系统及仪表设置

7.2.1 大型凝结水回收系统，大多有几个或十几个凝结水泵站分站组成。站内的凝结水泵，通常无人操作，因此凝结水系统的自动化设计必不可少。采用凝结水箱的高低水位来自动控制水泵的启、停，是凝结水泵站经常采用的一种自控方式。凝结水回收及处理系统仪表设置一般包含如下内容：

- 1 压力检测点的设置
 - 1) 换热器的进、出口；
 - 2) 闪蒸罐内压力；
 - 3) 闭式凝结水箱；
 - 4) 凝结水泵出口；
 - 5) 凝结水管网中调节阀的前后管道上；
 - 6) 凝结水处理过滤器进、出口。
- 2 温度测量的设置
 - 1) 换热器进、出口；
 - 2) 闪蒸罐水温（应装在最低水位线以下）；
 - 3) 凝结水箱水温；
 - 4) 凝结水处理系统入口水温。
- 3 流量计量设施设置
 - 1) 凝结水泵出口的总管上；
 - 2) 回至凝结水箱前的总管或支管；
 - 3) 离子交换器进水总管。
- 4 液位测量的设置
 - 1) 闪蒸罐液位；
 - 2) 凝结水箱液位；
 - 3) 凝结水回收水箱液位。
- 5 电导率测量的设置
 - 1) 凝结水处理系统回收水箱入口电导率；
 - 2) 离子交换器出口电导率。
- 6 pH 计的设置
 - 1) 凝结水处理系统回收水箱入口 pH 值；
 - 2) 离子交换器出口 pH 值。
- 7 二氧化硅测量的设置
离子交换器出口设置二氧化硅监测。
- 8 总有机碳（TOC）测量的设置
 - 1) 凝结水回收水箱入口；
 - 2) 凝结水过滤器后管道上。

附录 A 凝结水回收数据表

表 A 《凝结水回收数据表》引自《化工厂蒸汽系统设计规范》GB/T 50655-2011。