



中国电力工程顾问集团公司技术标准

Technical guideline of China Power Engineering Consulting Group Corporation

Q/DG 2-J06-2008

火力发电厂供热机组厂内首站 加热系统设计技术导则

Technical guideline for primal heat-exchanging station
of fossil fired power plant

(送审稿)

2010-XX-XX 发布

2010-XX-XX 实施

中国电力工程顾问集团公司 发布

目 次

1.0 范围	1
2.0 规范性引用文件.....	1
3.0 术语和定义.....	1
4.0 总则	2
5.0 系统设计	3
5.1 设计范围	3
5.2 系统功能描述	4
5.3 热网首站的主要性能指标.....	4
5.4 设计原则	7
5.5 系统方案设计	9
6.0 设备选择	15
6.1 热网加热器	15
6.2 热网循环水泵	16
6.3 热网疏水泵	17
6.4 热网补水泵	17
6.5 补水除氧器	18
6.6 热网加热器疏水箱	18
7.0 管道组成件的选择.....	19
7.1 管道的选择	19
7.2 管件的选择	22
7.3 补偿器的选择	22
7.4 阀门的选择	24
8.0 布置与安装设计原则.....	28
8.1 首站厂房布置及设计原则.....	28
8.2 首站常见的布置型式.....	29
8.3 设备布置与安装	29
8.4 管道及附件布置与安装.....	30
9.0 设计计算.....	32
附录 A（资料性附录） 热经济指标计算	34
1.0 供热区热负荷的确定.....	34
2.0 首站供热负荷的选取	36
3.0 热电联产热指标的计算.....	37
附录 B（资料性附录） 不同容量供热机组供汽能力的参考值.....	42
附录 B-1 抽汽机组（135MW 等级）	42
附录 B-2 抽汽机组（300MW 等级，含亚临界，超临界及 350MW）	43
附录 B-3 抽汽机组（600MW 等级，含亚临界，超临界）	46
附录 C（资料性附录） 参考图	47

前 言

本导则是根据中国电力工程顾问集团公司文件电顾科技〔2008〕677 号“关于下达 2008 年度中国电力工程顾问集团公司新开科技项目计划的通知”，由西北电力设计院负责主编的。编制本导则的目的是规范和指导火力发电厂供热机组热网首站的设计工作。

本导则附录 A、附录 B、附录 C 为资料性附录。

本导则由中国电力工程顾问集团公司提出并归口管理。

本导则起草单位：中国电力工程顾问集团西北电力设计院。

本导则主要起草人：张建业、白锋军、樊守峰、钟晓春、刘 欣

本导则由中国电力工程顾问集团公司负责解释。

1.0 范围

1.0.1 本导则规定了火力发电厂供热机组热网首站系统和布置设计时应遵循的原则。

1.0.2 本导则适用于 25MW~600MW 级火力发电厂供热机组（含空冷、湿冷），包括燃气—蒸汽联合循环供热机组厂内布置的汽水热网换热首站设计。600MW 级以上机组可参照使用。

1.0.3 适用于热网抽汽参数温度 $\leq 350^{\circ}\text{C}$ 、压力 $\leq 1.0\text{MPa}$ ，热网循环水对外输送温度 $\leq 200^{\circ}\text{C}$ 、压力 $\leq 2.5\text{MPa}$ 的厂内首站系统设计。

1.0.4 本导则不适用于电厂外长距离输送城镇供热管道工程，也不适用于电厂内采暖通风空调类工程设计。

1.0.5 本导则不适用于城市二级热网换热站工程设计。

2.0 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本导则的引用而成为本导则的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本导则，然而，鼓励根据本导则达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本导则。

DL/T834—2003 火力发电厂汽轮机防进水和冷蒸汽导则

CJJ34—2002 城市热力网设计规范

CJJ/T81—1998 城镇直埋供热管道工程技术规程

GB150 钢制压力容器

GB151 管壳式换热器

能源安保（1991）709 号文 电站压力式除氧器安全技术规定

DL/T 5366—2006 火力发电厂汽水管道应力计算技术规程

3.0 术语和定义

3.1 热负荷 heating load

供热系统中的热用户（或用热设备）在单位时间内所需要的供热量，包括供暖、通风、空调、生产工艺和热水供应热负荷几种

3.2 设计热负荷 design heating load

在给定条件下的热负荷，本文中特指热网首站采暖热负荷

3.3 最大热负荷 maximum heating load

在某一特定条件下（如最低室外温度、最大小时用气量等）可能出现的热负荷的最大值

3.4 热化系数 heat-assignation factor

单位时间内热电机组提供的热量与最大热负荷的比值

3.5 热指标 heating load data for load estimation

单位建筑面积、单位体积与单位室内外温差下的热负荷或单位产品的耗热量

3.6 最大锅炉利用小时数 Boiler Maximum Utilization hours

计算时段内累计的耗煤总量与锅炉最大连续蒸发量条件下耗煤量的比值

3.7 热网首站 primal heat-exchanging station

在热力网中连接热源电厂与一级热力管网之间的换热站

3.8 一级热网 primal heat supply network

厂区围墙外，用于连接热网首站与二级换热站之间的输送干线

3.9 质调节 thermoregulation

通过对热力网中的循环工质温度的调节而改变对外供热量的调节方式

3.10 量调节 flow rate regulation

通过对热力网中的循环工质流量的调节而改变对外供热量的调节方式

3.11 有限元应力分析 Finite Element Stress Analysis

有限元分析方法即将连续的结构离散成有限个单元，并在每一单元中设定有限个节点，将连续体看作只在节点处相连接的一组单元的集合体，

利用力学中的某种变分原理去建立用以求节点未知量的有限单元法方程，将一个连续域中有限自由度问题化为离散域中有限自由度问题进行分析的方法。

4.0 总则

4.0.1 为使热电厂供热首站工程设计符合安全生产、保证供应、经济合理的要求，特制定本导则。

4.0.2 对于新装机组的工程设计宜按照本导则执行，对于凝汽式机组改供热式机组的改扩建工程设计可参照执行。

4.0.3 本导则提出的建议是按照一般要求提出的。对于不同类型的机组，不同的负荷情况，应根据实际情况经过优化比选确定设计方案。

4.0.4 本导则建议的措施，涉及以下系统的设计、安装、运行维护，这些系统包括：

- 1) 热网加热蒸汽系统
- 2) 热网加热器疏水放气系统

3) 热网循环水系统

4) 热网补水系统

4.1.5 本导则设计的条文及名词解释仅限于火力发电厂热网首站及厂区范围热网管道。

5.0 系统设计

5.1 设计范围

热网首站系统的设计范围包括热网首站全部设备和管道的选型安装设计。设备设计范围包括设备型式、技术规范以及数量、安装布置、保温油漆、检修起吊等。管道系统设计范围包括下列管道的布置及其零部件、阀门、保温油漆、支吊架以及必要的平台扶梯设计、检修起吊等。

5.1.1 热网加热蒸汽系统：从供热汽轮机采暖抽汽口至热网加热器蒸汽接口的管道；汽轮机抽汽口安全阀保护管道；从热网加热器蒸汽母管或辅助蒸汽系统至补水除氧器蒸汽进口的管道；从热网加热器蒸汽母管或加热器本体至疏水箱蒸汽进口的汽平衡管道。

5.1.2 热网加热器疏水、放气系统：从热网加热器正常疏水出口经热网疏水母管或热网疏水箱、热网疏水泵至主凝结水系统或除氧器、凝汽器、排汽装置的正常疏水管道；从热网加热器事故疏水出口至热网疏水扩容器或排污降温池的事故疏水管道；热网加热器水侧放水放气管道及安全阀排汽管道；热网加热器汽侧放水放气管道及安全阀排汽管道；事故疏水扩容器排汽管道及排水管道。

5.1.3 一级热网循环水系统：从电厂厂区围墙外1米至热网首站热网循环水泵进口的回水管道；从热网首站内热网循环水泵出口经热网加热器至电厂厂区围墙外1米处的供水管道；从热网循环水泵进口到出口的旁路缓冲管道；从热网加热器进口到出口的旁路管道；热网循环水回水管道超压保护装置及附属管道。

5.1.4 一级热网补水系统：从软化水车间来的补水经热网首站内补水除氧器除氧，再经补水泵升压后补入一级热网循环水回水的补水管道；从供水专业来的事故补水管道。

5.1.5 辅机冷却水系统：从主厂房冷却水供水母管至热网首站各辅机冷却水进水接口的全部冷却水管道；从热网首站各辅机冷却水出水接口回至主厂房冷却水回水母管的全部管道。

5.1.6 热网疏、放水及回收系统：热网首站内所有汽水管道及设备疏放水至回收系统的管道

5.1.7 其他有关管道及专业分工中属于本专业范围的管道。

5.2 系统功能描述

5.2.1 热网加热蒸汽系统：加热一级热网循环水，满足采暖系统对一级热网循环水温度的要求，同时可以提高全厂热效率；在补水除氧器内通过加热除氧，除去一级热网循环水补水中的氧气和其它不凝结气体。

5.2.2 热网加热器疏水、放气系统：确保热网加热器及加热器疏水箱的正常运行水位；回收热网加热器中的加热蒸汽凝结水；从热网加热器及补水除氧器中排出不凝结的气体，提高换热效率；提供防止汽轮机进水的措施。

5.2.3 一级热网循环水系统：向二级换热站提供压力、温度、流量满足热网系统要求的热网循环水。

5.2.4 一级热网补水系统：向一级热网循环水系统提供补充水，使一级热网循环水系统水压保持稳定。

5.2.5 辅机冷却水系统：向热网首站内需要水冷的辅机提供并回收其冷却水，保证辅机轴承的运行温度。

5.2.6 热网疏、放水及回收系统：回收热网系统内汽水管道及各设备启停过程中的疏放水。

5.3 热网首站的主要性能指标

5.3.1 首站对外供热量

热网首站对外供热量是指首站供热管道出口处在统计期内对外供热的热量总和。

设计对外供热量应能满足规划供热区内近期（未来 5~10 年）热负荷分配给热电厂的部分，即规划供热区近期热负荷乘以热化发电系数，并考虑一定的裕量，但最大供热能力应以热电厂汽机安全运行的最大抽汽供热能力为限。

首站对外供热量可以从热网水和汽轮机抽汽两个方面计算得出

从热网水角度来计算为直接供热，可得如下公式：

$$\sum Q_s = [\sum (D_i h_i) - \sum (D_k h_k) - \sum (D_j h_j)] \times 10^{-6}$$

式中：

$\sum Q_s$ 统计期内的对外供热量 GJ

D_i 统计期内的供水量，kg

h_i 统计期内的供水的焓值，KJ/kg

D_j 统计期内的回水量，kg

h_j 统计期内的回水的焓值，KJ/kg

D_k 统计期内的补充水量，kg

h_k 统计期内的补充水的焓值，KJ/kg

从汽轮机抽汽角度来计算为间接供热，可得如下公式：

$$\sum Q_s = [\sum (D_e h_e) - \sum (D_c h_c)] \times \eta_{rw} \times 10^{-6}$$

D_e 统计期内至热网首站的汽轮机抽汽量，kg

h_e 统计期内至热网首站的汽轮机抽汽的焓值，KJ/kg

D_c 统计期内离开热网首站的凝结水量，kg

h_c 统计期内离开热网首站的凝结水的焓值，KJ/kg

η_{rw} 统计期内的热网加热器的效率，%

5.3.2 首站循环水压力

热网首站循环水供回水压力的选择影响到整个管网的安全经济运行，需要综合整个热水外部管网和二级换热站（用户）的情况确定，并且应考虑到网管的扩建条件。

热网首站循环水泵的扬程应为总计算水流量下，由热源到最远用户管路的供水及回水管道中及用户系统中的压力损失（包括热网首站中的压力损失）。当设置增压泵时，热网泵扬程应减去增压泵工作扬程。

在热网泵工作时，热水网供水管道的水压应符合以下条件：当水温达到最高值时，供水管道的任何一点的水，热源设备中的水及热网直接连接用户的系统散热器中的水不沸腾。在此情况下，热网设备中水压、热网中水压及用户系统中水压均不应超过其强度的允许极限值。

在热网泵工作时，热水网回水管道中的水压应不小于吸入口可能达到的最高水温下的饱和蒸汽压力加 30~50kPa, 且表压不小于 0.5kgf/cm²。

5.3.3 首站循环水流量

热网首站的设计流量应为满足最大二级换热站负荷时的最大计算流量。

$$D_0 = \frac{Q_n}{C(\tau_1 - \tau_2)\eta_p\eta_s} \times 10^6$$

D_0 首站循环水设计流量，kg/h

Q_n 二级站最大热负荷，GJ/h

C 水的比热，在计算中取 4.2kJ/kg·℃

τ_1 当室外温度为采暖室外计算温度时，热网供水管道中的水温，℃

τ_2 当室外温度为采暖室外计算温度时，热网回水管道中的水温 $^{\circ}\text{C}$

η_p 热网首站和二级站之间的管网效率 %

η_s 二级站换热效率 %

在计算中如果外网负荷已经折算到电厂首站接口，可不用考虑管网和二级换热站的效率。此时计算式为：

$$D_0 = \frac{Q_s}{C(\tau_1 - \tau_2)} \times 10^6$$

Q_s 首站最大热负荷，GJ/h

5.3.4 热网循环水定压值

5.3.4.1 热网循环水的定压方式，应经过技术经济比较后确定。定压点应设置在便于管理并有利于管网压力稳定的位置，宜设置在热网首站。

5.3.4.2 当选用首站定压方式时，定压点宜选定在热网循环水泵入口母管处。

5.3.4.3 热网循环水泵停止运行时，应保持必要的静态压力值，热网循环水静态压力值应满足以下要求：

- 1) 不应使热网任何一点的循环水汽化，并有 30~50kPa 的富裕压力；
- 2) 一级热网循环水系统（包括二级热网站内介质为一级热网循环水的设备及管道）应充满水。
- 3) 一级热网循环水系统任何一点的压力值均不超过系统设计压力。

5.3.4.4 热网循环水回水定压值应根据外网水压图要求确定，可按照下式求出：

$$P = 10H + P_s + K$$

P 定压点的压力值 kPa

H 最高用户充水高度 mH₂O

P_s 与热网供水温度对应的汽化压力 kPa

K 富裕压头 30~50kpa

5.3.5 热网循环水温度

热网最佳设计供回水温度，应结合具体工程条件，考虑热源、热力网、热用户系统等方面的因素，进行经济技术比较确定。当不具备条件进行最佳供回水温度的技术经济比较时，供回水温度可按照下列原则确定：

- 1) 以热电厂或大型区域锅炉房为热源时，设计供水温度可取 110~150 $^{\circ}\text{C}$ ，回水温度不应高于 70 $^{\circ}\text{C}$ 。热电厂采用一级加热时，供水温度取较小值；采用二级加热（包括串联尖峰锅炉）时，取较大值。

- 2) 多热源联网运行的供热系统中,各热源的设计供回水温度应取一致。当区域锅炉房与热电厂联网运行时,应采用以热电厂为热源的供热系统的最佳供回水温度。

5.4 设计原则

5.4.1 厂内首站系统的设计应在满足系统功能要求的前提下,遵循节能、环保、安全、可靠等基本原则。

5.4.2 电厂内的热网首站设计需结合当地的热电联产规划和机组的供热工况,特别应考虑供热管网和热用户的发展情况。

5.4.3 设计输入数据

热网首站设计时,设计单位需收集以下数据,作为初步设计依据:

采暖期室外计算温度(℃)

采暖室外平均温度(℃)

采暖周期(天)

综合热指标(W/m²)

设计热负荷(MW)

一级热网循环水供水温度(℃)

一级热网循环水回水温度(℃)

一级热网循环水供水压力(MPa)

一级热网循环水回水压力(MPa)

一级热网循环水定压值(MPa)

以上数据均需由外网设计单位提供。

5.4.4 设计参数

5.4.4.1 设计压力

管道设计压力(表压)系指管道运行中内部介质最大工作压力;对于水管道设计压力应计入水柱静压。

5.4.4.1.1 热网加热蒸汽系统

1) 对于来自汽机非调整抽汽口的加热蒸汽管道,设计压力取用汽轮机最大计算出力工况下该抽汽压力的1.1倍,且不小于0.1MPa.g;

2) 对于来自汽机调整抽汽口的加热蒸汽管道,取汽轮机在各工况下的最高工作压力。

当上述压力低于安装在供热抽汽管道上的安全阀最低整定压力时,则取安全阀的最低整定压力。

3) 对于来自背压汽轮机排汽的加热蒸汽管道, 取最高工作压力。

4) 对于加热蒸汽来自减压装置出口的加热蒸汽管道, 取减压装置出口最高工作压力。

5.4.4.1.2 热网加热器疏水系统

1) 加热器疏水出口至疏水箱入口之间的管道, 取加热蒸汽管道设计压力与疏水静压之和, 且不小于 0.1MPa. g。

2) 疏水箱出口至疏水泵入口之间的管道, 取疏水箱内最高工作压力与疏水静压之和。

3) 疏水泵出口管道, 当采用调速泵时, 取疏水泵额定转速下特性曲线最高点对应压力与泵进水侧压力之和; 当采用定速泵时, 取泵特性曲线最高点与进水压力之和。

5.4.4.1.3 一级热网循环水系统

1) 当一级热网循环水系统全部采用定速循环水泵时, 一级热网循环水管道的的设计压力取用热网循环水泵中单个特性曲线最高点对应的压力与该泵进水侧压力之和中最大值。

2) 当一级热网循环水系统中热网循环水泵既有定速泵又有调速泵时, 从循环水泵出口至第一道关断阀前的管道设计压力按照调速泵和定速泵特点分别选取: 调速泵出口取用调速泵在额定转速特性曲线最高点对应的压力与进水侧压力之和; 定速泵取泵特性曲线最高点与进水压力之和;

第一道关断阀之后的热网循环水管道的的设计压力取用定速泵和调速泵出口压力较大值, 定速热网循环水泵出口压力按特性曲线最高点对应的压力与该泵进水侧压力之和; 调速热网循环水泵出口压力按泵在额定转速及设计流量下泵提升压力的 1.1 倍与进水侧压力之和。

3) 当一级热网循环水系统中全部热网循环水泵均为调速泵时, 从循环水泵出口至关断阀的管道设计压力取用泵在额定转速特性曲线最高点对应的压力与进水侧压力之和; 关断阀之后的热网循环水管道的的设计压力取用泵在额定转速及设计流量下泵提升压力的 1.1 倍与进水侧压力之和。

5.4.4.1.4 一级热网循环水补水系统

1) 从软化水车间至低压除氧器补水管道设计压力: 取其最高工作压力。

2) 从低压除氧器至补水泵进口管道设计压力: 取用低压除氧器额定压力与最高水位时水柱静压之和。

3) 从补水泵至热网循环水回水管道: 取补水泵性能曲线最高点对应的压力与进水侧压力之和。

5.4.4.2 设计温度

管道设计温度系指管道运行中内部介质的最高工作温度。

5.4.4.2.1 热网加热蒸汽系统

1) 对于来自汽机非调整抽汽口的加热蒸汽管道, 取用汽轮机最大计算出力工况下抽汽参数,

等熵求取管道在设计压力下的相应温度。

2) 对于来自汽机调整抽汽口的加热蒸汽管道, 取用抽汽的最高工作温度。

3) 对于来自背压汽轮机排汽的加热蒸汽管道, 取排汽的最高工作温度。

4) 对于来自减温装置出口的加热蒸汽管道, 取减温装置出口的最高工作温度。

5.4.4.2.2 热网加热器疏水系统

取用该加热器加热蒸汽管道设计压力对应的饱和温度。

5.4.4.2.3 一级热网循环水系统

1) 热网加热器入口管道, 取热网回水最高工作温度与热网补水温度二者中的较高温度; 2) 热网加热器出口管道, 取热网供水最高工作温度加 5℃ 的温度偏差。

5.4.4.2.4 一级热网循环水补水系统

1) 从软化水车间至低压除氧器补水管道设计温度取其最高工作温度。

2) 低压除氧器至热网循环水回水管道设计温度取低压除氧器额定压力下的饱和水温度。

5.5 系统方案设计

5.5.1 热网加热蒸汽系统

热网抽汽系统设计方案的拟定取决于机组的供热调节方式, 汽机接口的数量, 加热器的配置, 加热器的安装位置等因素。

5.5.1.1 热网抽汽系统的组成

根据机组的特点, 供热抽汽可分为调整抽汽和非调整抽汽两种。

调整抽汽是指汽机对外供蒸汽的参数可在一定范围内进行调整, 主要的调节方式有回转隔板调节和调节蝶阀调节。系统主要由靠近汽轮机调节抽汽口处一只快关调节阀 (关闭时间 < 0.5s) 和一只气动止回阀 (关闭时间 < 0.3s), 安全阀等组成。

非调整抽汽是指在汽轮机内不设置回转隔板调节和调节蝶阀。该系统结构简单, 对汽机通流无节流, 只需要在抽汽口设置隔离阀和气动止回阀即可。但抽汽参数不能控制, 只能随着汽机发电负荷的变化而变化, 抽汽量较小。

5.5.1.2 热网加热蒸汽系统管网制

1) 单元制热网加热蒸汽系统

单元制是指各台供热机组供热抽汽系统、加热器疏水系统完全独立, 热网加热器与汽轮机完全一一对应, 且相互不能切换。

单元制运行由于各自系统独立, 相互没有影响, 故便于各自机组的热电分别调节, 避免因参数不一致带来的损失, 减少了汽轮机进水的隐患, 提高了机组的安全性。

系统连接如图 5.5.1.2.1 所示，供热抽汽管道从汽轮机 2 个调节抽汽口分别接出后，按序依次装设安全阀、快关调节阀、气动止回阀后合并成一根母管供至热网首站热网加热器。

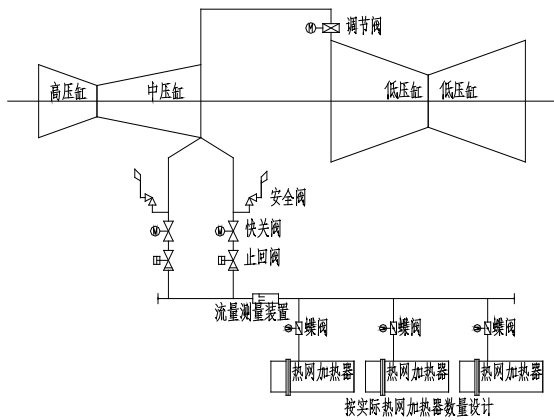


图 5.5.1.2.1 单元制热网抽汽系统

2) 切换母管制热网加热蒸汽系统

切换母管制是指各台供热机组供热抽汽系统、加热器疏水系统独立，在各台机蒸汽总管网间设置联络管道，联络管道的管径与单台机组供热总管网管径一致，通过联络管道可实现各台供热机组间的供热切换，各台供热机组间原则上单元制运行。

切换母管制热网加热蒸汽系统不扩大联络管道的管径，有利于管道布置。各机间抽汽可实现切换，且有利于热网疏水的回收，可确保每台机组汽水系统中水量平衡。

系统连接如图 5.5.1.2.2 所示，供热抽汽管道从汽轮机 2 个调节抽汽口分别接出后，按序依次装设安全阀、快关调节阀、气动止回阀后合并成一根母管供至热网首站热网加热器，从每台机组供热母管上引接联络管并设切换阀。

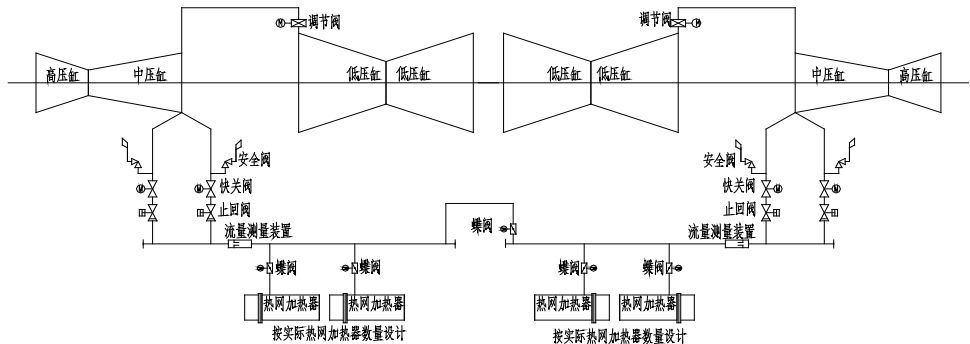


图 5.5.1.2.2 切换母管制热网抽汽系统

2) 母管制热网加热蒸汽系统

母管制热网加热蒸汽系统是指各台供热机组供热抽汽管汇集到一根抽汽母管上，至各台加热器蒸汽管道分别从母管单独接出。所有机组的供热抽汽对加热器公用。

母管制蒸汽管径按各台供热机组供热抽汽量的总和计算，管径较大，通过热工控制系统将汇合抽汽产生的疏水按各台机组抽汽量的多少返回到各台机组热力系统中，使其水量平衡，由于热工控制系统存在误差，母管制热网抽汽系统对供热机组水量的平衡有影响。

系统连接如图 5.5.1.2.3 所示, 从汽轮机 2 个调节抽汽口分别接出一根供热抽汽管道，按序依次装设安全阀、快关阀、气动止回阀后合并成一根分母管，各台机组分母管再汇合成一根总母管供至热网首站热网加热器。

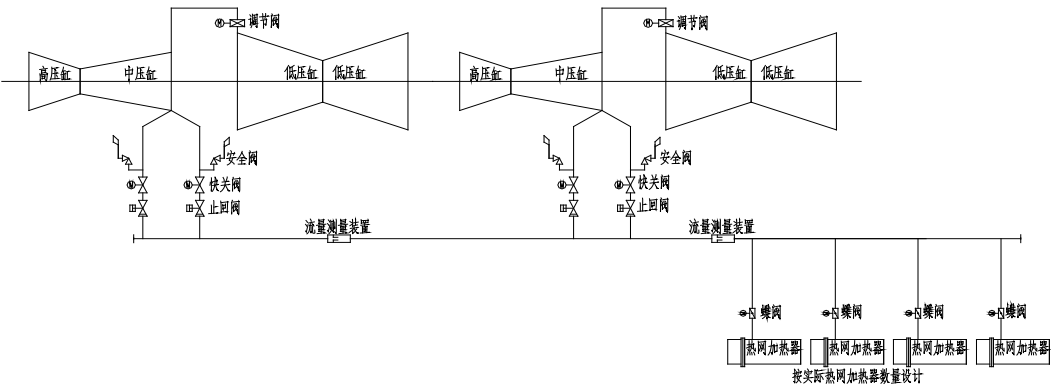


图 5.5.1.2.3 母管制热网抽汽系统

5.5.1.3 供热抽汽管道的管径选择:

热网蒸汽管道应合理选择管径，降低管道沿程阻力，确保加热器入口压力，管道的推荐流速为 35~60m/s。供热抽汽管道的管径选择不仅要满足流速要求，而且要满足热网加热器蒸汽进口最低允许压力的要求。

1) 热网加热器蒸汽进口应确保运行压力高于最低允许压力，以保证热网加热器出水品质和加热器本体的安全运行。最低允许蒸汽进口压力对应的饱和温度减去热网加热器端差值等于热网加热器循环水出水温度，根据循环水供水温度的要求，可计算出热网加热器蒸汽进口压力最低要求值，即为热网加热器蒸汽进口最低允许压力。

2) 供热抽汽管道（从汽轮机供热抽汽口至热网加热器蒸汽进口）最大允许压降：汽轮机供热抽汽口的额定压力（考虑负偏差）与热网加热器蒸汽进口最低允许压力之差。

3) 供热抽汽管道的设计流量：根据设计热负荷、供热抽汽及疏水参数，供热抽汽量按下式计

算：

$$D_s = \frac{3600Q_1}{(i_1 - i_2)\eta_e}$$

D_s ：供热抽汽量（t/h）

Q_1 ：热负荷（MW）

i_1 ：采暖抽汽焓值（kJ/kg）

i_2 ：采暖抽汽疏水焓值（kJ/kg）

η_e ：热网加热器换热效率（%）

5.5.1.5 供热抽汽管道对汽轮机防进水及防超速要求

供热抽汽管道对汽轮机防进水及防超速要求按《火力发电厂汽轮机防进水和冷蒸汽导则》DL/T834-2003 中规定的条款执行。

汽轮机中低压缸连通管道上调节蝶阀、供热抽汽管道上快关阀、止回阀进汽机 DEH 控制，

5.5.2 热网加热器疏水、放水、放气系统

热网加热器疏水、放水、放气系统的设计确定取决于热网加热器的配置，加热器的安装位置等因素。

5.5.2.1 每台热网加热器应设正常及事故疏水系统，正常疏水系统可对应热网抽汽系统来设置，当热网抽汽系统采用切换母管制热网抽汽系统时，热网加热器正常疏水系统亦采用切换母管制疏水系统；当热网抽汽系统采用母管制热网抽汽系统时，热网加热器正常疏水系统亦采用母管制热网疏水系统。

1) 切换母管制疏水系统：以单台机组为一个疏水单元，相邻两台机组热网疏水系统之间设置切换母管。

2) 母管制热网疏水系统：将所有热网加热器的正常疏水接入一根疏水母管或疏水箱，从疏水母管或疏水箱引接疏水至疏水泵升压。

5.5.2.2 当热网疏水系统采用切换母管制或母管制系统时，单台或多台供热机组的所有热网加热器布置在同一标高，每台热网加热器加热蒸汽压力相同。热网加热器正常疏水设一根疏水母管，正常疏水经疏水母管进入疏水泵升压，热网加热器至疏水母管的管道上设关断阀，当疏水泵采用定速泵时，疏水泵出口疏水管道上设水位调节阀，控制各台热网加热器的水位；当疏水泵采用调速泵时，疏水泵出口疏水管道上不设水位调节阀，热网加热器水位由疏水泵来调节。

当热网加热器汽侧允许水位以下疏水容积与疏水泵进口全部疏水管道的水容积不能满足 5 分钟以上热网疏水泵额定流量运行时，疏水系统应设置疏水箱，疏水箱的容积按满足 5 分钟

以上热网疏水泵额定流量运行所需要的有效容积考虑。

当一台机组所有热网加热器布置在不同标高时，每台热网加热器的水位应分开控制，在每台热网加热器正常疏水管道上设水位调节阀或汽液两相流装置调节加热器水位。

5.5.2.3 每台热网加热器应设事故疏水系统，事故疏水管道上设电动闸阀，事故疏水可进入循环水排水或热网疏水扩容器。

5.5.2.4 对于热网加热器采用带内置式疏水冷却段结构的，疏水温度按一级热网循环水温度加热网加热器端差设计。

5.5.2.5 热网加热器正常疏水进入疏水箱，然后通过疏水泵回至除氧器。对于超临界机组，正常疏水应回至凝汽器或排汽装置，系统设置应考虑疏水热量的充分回收。

5.5.2.6 加热器放气

加热器放气点设置的数量，口径和位置取决于加热器内部结构，由制造厂决定。

每台热网加热器汽侧均设有启动放气和连续放气系统，启动放气是在加热器启动时排除汽侧空气，可直接排大气；连续放气是排除正常运行时加热器内不凝结气体，管道经总管单独接入本机凝汽器或低压除氧器。加热器连续排气管道上装有节流孔板，可限制正常运行时的排气量，并可防止排气带水。加热器水侧放气均排至大气。

为了防止抽汽系统超压而损坏加热器，每个热网加热器汽侧均须装设安全阀

5.5.2.7 加热器放水

加热器放水点设置的数量，口径和位置取决于加热器内部结构，由制造厂决定。

对于设备放水， $P_N \leq 2.5 \text{ MPa}$ 时装设一个截止阀，放水接至无压放水母管。

5.5.2.8 热网加热器疏水管流速：疏水泵入口 $0.5 \sim 1.0 \text{ m/s}$ ，疏水泵出口 $1.5 \sim 3.0 \text{ m/s}$

5.5.2.9 当二台以上热网加热器并联运行时，应设置水平衡管及汽平衡管，以使各热网加热器的水位及汽侧压力保持一致。

5.5.3 一级热网循环水系统

对于闭式供热系统，一级热网循环水系统是连接二次热网和热源的纽带。系统取决于二次热网的负荷，热源电厂的机组配置以及管网布置规划等条件。系统主要包括热网循环水泵、滤水器、热网循环水母管支管、热网加热器。其主要作用是将回水升压，加热送至二级交换站。

5.5.3.1 热网循环水宜采用母管制系统，以减少备用泵台数，节约初投资。

5.5.3.2 热网循环水加热可根据循环水温度设置一级或二级加热系统，当设计供水温度取 $> 130^\circ\text{C}$ 时，宜采用二级加热系统。

5.5.3.3 为防止热网循环水泵突然停运造成的回水压力急剧上升，除在热网回水管道上装设安全阀以外，还需要在热网循环水泵进出口装置旁路，设置一道止回阀泄压，阀门可选择快

中国电力工程顾问集团公司技术标准

本文件的知识产权为中国电力工程顾问集团公司所有，任何单位或个人未经许可不得复制和使用，违者将被追究法律责任！

开缓闭型。

5.5.3.4 为保证热网调节需要，热网加热器的循环水管路均应设置旁路，旁路容量应根据设备配置，运行调节需要综合确定，通常不低于 20%。

5.5.3.5 热网循环水供水管路上应装设流量测量装置。

5.5.3.6 应根据允许压降确定一级热水管网管道的管径，介质流速不应大于 3.5m/s。在闭式供热双管热水网中，供水管与回水管应取相同尺寸直径。

5.5.3.7 热网循环水泵入口段回水总管上应安装滤水器。

5.5.4 一级热网循环水补水系统

一级热网在运行中会损失一部分水量，发生故障时还会增加额外的水量损失，对于这些损失的数量应及时补充，补水系统通常由补水除氧器、补水泵以及相关管道附件组成。

5.5.4.1 按照 CJJ34-2002《城市热力网设计规范》的规定：热网补水量不宜大于热网循环水量的 1%；热水热力网补水装置的流量，不应小于供热系统循环水量的 2%；事故补水量不应小于供热系统循环水量的 4%。其中 2%的水量（但不少于 20t/h）应采用除过氧的化学软化水以及锅炉排污水，而其余 2%的水量，则采用工业水（或生活水）。

5.5.4.2 一级热网循环水水质要求：

- ① 悬浮物 $\leq 5\text{mg/L}$
- ② 总硬度 $\leq 0.7\text{mmol/L}$
- ③ 溶解氧 $\leq 0.1\text{mg/L}$
- ④ 含油量 $\leq 2\text{mg/L}$
- ⑤ PH (25℃) 7~12

5.5.4.3 热网正常运行时，补水可采用锅炉连续排污扩容器的排污水或经过水处理的化学软化水。由于一级热网供水温度较高，补水应经过除氧，以防止供热系统氧化腐蚀。除氧后的补水经补水泵补入热网系统，补水泵靠电接点压力表控制起停。

5.5.4.4 对于以热电厂为热源的集中供热系统，补水系统可采用热力除氧，宜设一台除氧器，除氧器加热汽源可来至供热抽汽或辅助蒸汽。

5.5.4.5 补水系统上应装设记录式流量计。

5.5.5 辅机冷却水系统

辅机冷却水系统应结合热网首站的布置位置进行设置，当热网首站布置在汽机房 A 排外或汽机房固定端时，热网系统辅机冷却水系统宜与主厂房热力系统及烟风煤粉系统各辅机冷却水系统合并为同一个系统；当热网首站布置在厂区离主厂房相对较远处，可考虑单独设置辅机冷却水系统。

6.0 设备选择

6.1 热网加热器

6.1.1 每台供热机组对应的热网加热器台数应根据单台供热机组的最大供热负荷、热网首站的尺寸大小、供热范围内现状热负荷及规划热负荷的情况综合比选确定，不设备用。当任何一台加热器停止运行时，其余设备应满足 60% ~75%总热负荷的需要，严寒地区取上限。

6.1.2 设计时应根据热负荷增长的可能性以及汽轮机的抽（排）汽能力，确定是否预留增装相应的热网加热器的位置。

6.1.2 删除

6.1.3 每台供热机组对应的热网加热器台数宜选用 2-4 台，每台热网加热器的换热面积不宜超过 2500m²。

注：如每台供热机组只选用 1 台热网加热器，当热负荷较大时，单个热网加热器的外型尺寸会比较大，不利于热网首站的合理布置，同时当一台热网加热器故障停运时，对热用户的影响较大，故每台供热机组不宜选用 1 台热网加热器；当热网加热器台数增多时，热网系统不但更加复杂，而且投资亦会增加，热网加热器台数应综合优选后尽可能减少。

6.1.4 热网加热器应按照压力容器标准设计，执行 GB150《钢制压力容器》、GB151《管壳式换热器》的规定。

6.1.5 热网加热器可选择固定管板式或全焊接板式结构，选择板式结构时应充分考虑水质，经过技术经济对比后确定。

6.1.6 热网加热器总的换热面积宜考虑 10%的设计裕量。

6.1.7 热网加热器温度变化较大，结构设计应能防止由于热胀量不同，而造成管板和管束拉裂泄漏，影响机组安全运行。

注：对于固定管板式结构，壳体管板与管束温升及材质不同，在高温时容易产生热胀应力，另外由于设备安装时滑动支架被错误固定，也会造成管束管板破坏，建议采用带有补偿热胀的膨胀节措施。

6.1.8 热网加热器结构型式应能够适应电厂蒸汽调节的需要，设有可靠的防冲刷和振动措施。

注：电厂供热调节往往通过阀门节流的措施，热网加热器的实际运行压力往往变化较大，一般在抽汽压力与大气压力之间，有时甚至于在负压下运行。导致阀后进入加热器的蒸汽比容变化剧烈，流速的增加导致冲刷震动加剧，容易造成管道断裂和管板焊缝开裂。

6.1.9 热网加热器应根据循环水水质采用不同材料的管束，当采用不锈钢管束时，宜考虑牺牲阳极的阴极保护措施。

6.1.10 当热网加热器的疏水液面与疏水泵之间高度足够防止疏水泵汽蚀时，热网加热器的疏水温度可按饱和温度疏水不必设有疏水冷却段；否则热网加热器应设有疏水冷却段；超临界机组热网疏水至凝汽器或凝结水泵出口时，热网加热器也应考虑设置疏水冷却段。

6.1.11 对热网加热器按饱和疏水设计的，应设有一体化的疏水井；对热网加热器按具有疏水冷却段设计的，不需设有一体化的疏水井。

6.1.12 热网加热器应设有液位监测接口，接口可以设在疏水箱上。

6.1.13 加热器管侧及壳侧应分别设置安全阀。

6.2 热网循环水泵

6.2.1 热网循环水泵应按照供热系统的调节方式来选择。

6.2.2 热网循环水泵数量不少于两台，其中一台备用；在一组泵中有4台及以上工作泵时，可不设备用泵。

6.2.3 热网循环水泵扬程不应小于设计流量下热源、热力网、最不利用户环路压力损失之和，可按下式计算：

$$H=1.2(H_1+H_2+H_3+H_4+H_5)$$

式中：

H	热网循环水泵扬程, mH ₂ O
H ₁	热水通过热网加热器的流动阻力, mH ₂ O
H ₂	热水通过供水热网管道的流动阻力, mH ₂ O
H ₃	热水通过回水热网管道的流动阻力, mH ₂ O
H ₄	热水在二级站内的流动阻力, mH ₂ O
H ₅	热源系统内部其他损失（如滤水器、阀门等处），mH ₂ O

热网循环水泵吸入侧的压力，不应低于吸入口压力可能达到的最高水温下的饱和蒸汽的压力加上50kPa，且不得少于50kPa。

6.2.4 热网循环水泵的总流量不应小于管网设计流量的110%，管网设计流量应按照5.3.3条中公式计算。

6.2.5 热网循环水泵应具有工作点附近较平缓的流量-扬程特性曲线，并联运行的水泵特性曲线宜相同。

6.2.6 多热源联网运行或采用中央质-量调节的单一热源供热系统，热源的循环水泵宜采用调速泵，调节方式可采用变频和液力耦合器等方式。

6.2.7 热网循环水泵可采用两级串联设置，第一级水泵应安装在热网加热器之前，第二级水

泵应安装在热网加热器之后。水泵扬程的确定应符合下列规定：

- 1) 第一级水泵的出口压力应保证在各种运行工况下热网加热器不超过其承压能力。
- 2) 当补水定压点设置与两台水泵中间时，第一级水泵出口压力应为供热系统的静压力值。
- 3) 第二级水泵扬程不应小于按照 6.2.3 条计算值扣除第一级泵扬程。

6.3 热网疏水泵

6.3.1 热网疏水泵应根据疏水量大小，机组配置来选择。台数不应少于 2 台，1 台备用。

6.3.2 疏水泵宜选用变频泵。

注：采暖期随热负荷变化，通常采用分阶段改变流量的质调节，抽汽量变化较大，此时热网加热器疏水与电厂凝结水水量交叉变化，疏水泵采用变频调节，不但可以改变泵出口压力满足电厂运行需要，而且更利于节能。

6.3.3 热网疏水泵设计总流量应取机组设计最大抽汽量的 110%。

6.3.4 热网疏水泵设计扬程按下列各项之和计算：

- 1) 从热网加热器正常疏水出口至疏水与主凝结水接入点处全部疏水管道介质流动阻力（按最大疏水量计算阻力），另加 10%裕量。
- 2) 疏水与主凝结水接入点处与热网加热器正常水位间的水柱静压差。
- 3) 疏水与主凝结水接入点处主凝结水最高工作压力，另加 15%的裕量。
- 4) 热网加热器壳侧额定工作压力（取负值）

6.4 热网补水泵

6.4.1 热网补水泵应按照正常及事故系统补水要求来确定。

6.4.2 对于采用补水定压系统的补水泵应接至电厂保安段电源。

6.4.3 补水泵一般选用两台，互为联锁，其中一台备用。

6.4.4 对于闭式循环的一级热网系统，热网补水泵设计流量不小于热网循环水量的 2%。事故补水时，如软化除氧水不足，应考虑采用补充工业水（或生活水）。

6.4.5 热网补水泵设计扬程按下列各项之和计算：

- 1) 从热网补水除氧器至一级热网循环水回水接入点处全部补水管道介质流动阻力（按最大补水量计算阻力），另加 10%裕量。
- 2) 补水与一级热网循环水回水接入点处与补水除氧器正常水位间的水柱静压差。
- 3) 一级热网循环水回水定压值。

4) 补水除氧器额定工作压力（取负值）。

6.5 补水除氧器

6.5.1 热网除氧器对软化水加热除氧，应采用定压运行方式，宜采用大气式除氧器。

6.5.2 除氧器额定出力不小于一级热网循环水量的 2%。

6.5.3 除氧器给水箱贮水量能满足 10 分钟以上一级热网循环水补水消耗量。

6.5.4 除氧器给水箱贮水量是指给水箱正常水位至水箱出水管顶部水位之间的贮水量。

6.5.5 除氧器及其有关系统的设计，应有可靠的防止除氧器过压爆炸的措施，并符合能源安保（1991）709 号文《电站压力式除氧器安全技术规定》。

6.6 热网加热器疏水箱

6.6.1 热网加热器疏水宜设置就地疏水箱，疏水箱按照压力容器设计。为便于水位的控制，应设置容积较大的疏水箱，疏水箱的储水量不小于 5 分钟的总疏水量。

6.6.2 疏水箱应设置就地液位计一个，远传液位计一个，接差压变送器的平衡容器一个。

6.6.3 疏水箱可按单台或多台加热器共用设计。对于单元制及切换母管制的供热系统，疏水箱宜单独设置。对于母管制的供热系统，疏水箱可合并设置。

7.0 管道组成件的选择

管道组成件主要包括管道、管件（包括：弯头及弯管、三通、大小头、接管座、法兰组件、堵头等）、补偿器、阀门等，所选择的管道及组成件应符合国家或行业有关标准。

管道设计应符合国家和行业颁发的有关标准、规范。

7.1 管道的选择

7.1.1 管道材料

管道所用钢材应符合国家或冶金工业部有关钢材现行标准的规定。当需要采用新钢种时，应经有资质的鉴定部门鉴定后方可使用。如采用国外钢材，应根据可靠资料经分析确认适合使用条件时才能采用。

管道材料选择主要依据设计温度而定。

供热首站常用国产材料及其推荐使用温度 表 7.1.1

钢 类	钢 号	推荐使用温度 (℃)	允许的上限温度 (℃)	备 注
碳素结构钢	Q235-A	0~300	350	GB700
	Q235-B			
	Q235-C			
	Q235-D	-20~300		
优质碳素结构钢	20	-20~425	430	GB3087
	20G	-20~430	450	GB5310
普通低合金钢	16Mng	-40~400	400	GB713
合金钢	12Cr1MoVG	540~555	570	GB5310

7.1.2 管道规格

热网首站常用的管道类型主要有无缝钢管、螺旋缝电焊钢管、直缝电焊钢管。

无缝钢管适用于各类参数的管道，选择时应符合下列标准：

《低中压锅炉用无缝钢管》GB/T3087-2008

《高压锅炉用无缝钢管》GB/T5310-2008

《输送流体用无缝钢管》GB/T8163-2008

PN2.5 及以下参数的管道，可选用电焊钢管，选择时应符合下列标准：

《低压流体输送管道用螺旋缝埋弧焊钢管》SY/T5037-2000

《低压流体输送用焊接钢管》GB/T 3091-2001

7.1.3 管道介质流速

表 7.1.3

介质类型	管道名称	推荐流速 (m/s)
过热蒸汽	汽机房内供热用抽汽管道	35~60
	热网蒸汽母管 (厂区管道)	35~40
	热网加热器入口支管	35~60
饱和蒸汽	汽机房内抽汽管道	30~50
	热网蒸汽母管 (厂区管道)	30~40
	热网加热器入口支管	30~50
循环水	循环水泵入口	0.5~1.5
	循环水泵出口	2.0~2.5
加热器疏水	疏水泵入口侧	0.5~1.0
	疏水泵出口侧	1.5~3.0
热网补水		
	补水泵入口侧	0.5~1.0
	补水泵出口侧	1.5~3.0

7.1.4 管道壁厚计算

7.1.4.1 直管的最小壁厚计算

对于 $D_0/D_i \leq 1.7$ 承受内压力的汽水管道 (外径管), 直管的最小壁厚 S_m 按下式计算:

$$S_m = \frac{P \times D_0}{2 \times \sigma_t \times \eta + 2 \times Y \times P} + \alpha \quad (7.1.4.1-1)$$

上式中: S_m ——直管的最小壁厚, mm;

D_0 ——管道外径, mm;

D_i ——管道内径, 取最大内径, mm;

σ_t ——材料在设计温度下的许用应力。

η ——许用应力的修正系数, 对于无缝钢管 $\eta = 1.0$; 对于纵缝焊接管道, 按有关制造技术条件检验合格者, 其 η 值按表 7.1.4 取用, 对于螺旋缝钢管, 按 SY/T-5037 标准制造和无损检验合格者, $\eta = 0.9$ 。

Y ——温度对计算管子壁厚的修正系数, 对于铁素体钢 480℃及以下时 $Y=0.4$, 510℃时 $Y=0.5$, 538℃及以上时 $Y=0.7$; 对于奥氏体钢, 566℃及以下时 $Y=0.4$, 593℃时 $Y=0.5$, 621℃及以上时 $Y=0.7$; 中间温度的 Y 值, 可按内插法计算; 当管子的 $D_0/S_m < 6$ 时, 对于设计温度

小于等于 480℃的铁素体和奥氏体钢，其 Y 值应按下式计算：

$$Y = \frac{Di}{Di + D0}$$
 (7.1.4.1-2)

P----管道的设计压力，MPa. g

α ---考虑腐蚀、磨损和机械强度要求的附加厚度 mm。对于蒸汽管道 α = 0；对于热网循环水管道、排汽管道和工业水管道，腐蚀和磨损裕量可取 2mm。

纵缝焊接钢管许用应力修正系数 表 7.1.4

焊接方式	焊缝型式	η
手工电焊或气焊	双面焊接有坡口对接焊缝，100%无损探伤（附加 100%射线探伤）	1.00
	有氩弧焊打底的单面焊接有坡口对接焊缝	0.90
	无氩弧焊打底的单面焊接有坡口对接焊缝	0.75
熔剂下的自动焊	双面焊接对接焊缝，100%无损探伤（附加 100%射线探伤）	1.00
	单面焊接有坡口对接焊缝	0.85
	单面焊接无坡口对接焊缝	0.80

7.1.4.2 直管的计算壁厚和取用壁厚

$$Sc = Sm + C$$
 (7.1.4.2-1)

$$C = A \times Sm$$
 (7.1.4.2-2)

$$A = \frac{m}{100 - m}$$
 (7.1.4.2-3)

上式中： C-----直管壁厚负偏差 (mm)，对于焊接钢管壁厚负偏差不得小于 0.5mm。

A-----直管壁厚负偏差系数，按下式计算：

m-----管子壁厚允许负偏差 m%。直管壁厚负偏差系可按（7.1.4.2-3）计算，或按表 7.1.5 取用。

直管壁厚负偏差系数 表 7.1.5

直管壁厚允许偏差 (%)	-5	-8	-9	-10	-11	12.5	-15
--------------	----	----	----	-----	-----	------	-----

A	0.053	0.087	0.099	0.111	0.124	0.143	0.176
---	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

7.2 管件的选择

7.2.1 一般规定

7.2.1.1 管件规格应按公称直径、设计参数、介质种类及所采用的标准选择。管道零部件应是符合国家标准（或行业标准）的成熟产品。选择管件时应尽量减小品种和规格。

7.2.1.2 螺纹连接的方式应采用在设计压力不大于 1.6MPa、设计温度不大于 200℃的低压流体输送用焊接钢管上。

7.2.1.3 管件宜按《火力发电厂汽水管道零件及部件 典型设计》（2000 版）选择。

注：为了方便采购，对于加热器疏放水系统，补水系统等管道也可以采用《火力发电厂汽水管道零件及部件 典型设计手册》（GD87）。

7.2.2 直埋热网循环水管件

7.2.2.1 直埋热网循环水管道变径处或壁厚变化处，应设补偿器或固定支墩，固定支墩应设在大管径或壁厚较大一侧。

7.2.2.2 直埋热网循环水管道的补偿器、变径管等管件应采用焊接连接。

7.2.2.3 直埋热网循环水管道上的阀门应能承受管道的轴向荷载，宜采用焊接连接。

7.2.3 弯管、弯头、异径管、三通、封头（堵头）的材料按表 7.1.1 及相当的国外标准钢材选用，并与所连接的管材一致。

7.3 补偿器的选择

常见的管道补偿器有波纹补偿器、套筒（管）式补偿器、球形补偿器、旋转式补偿器。

7.3.1. 波纹补偿器

7.3.1.1 当选用波纹补偿器时，管道的固定支架设计应结合不同的补偿器形式并结合厂家的制造水平，确定固定支架承受盲板力的大小。

注：波纹补偿器的设计、制造标准为：《金属波纹管膨胀节通用技术条件》GB/T12777-1999、《美国膨胀节制造商协会标准》EJMA。压力平衡型波纹补偿器从理论上消除了盲板力，减少了固定支架的荷载，但由于制造上的偏差，盲板力往往不能彻底消除，实际中为保证结构的安全，仍需要考虑盲板力出现。

7.3.1.2 当选用波纹补偿器时，可按用户性质和管线分类来确定所选补偿器的补偿量，并依据补偿器的能力合理确定补偿管段长度。

注：理论上轴向型波纹补偿器的补偿能力是无限的。只要波数多补偿能力就大。但从稳定性角度，轴向

波纹补偿器波数是有限的。通常 8 个波一个波段。可以做成一波段，两波段，最多做成三波段。设计中两波段应用最多。根据选定的补偿器能力，将热网分隔成若干补偿段。补偿器产品样本中补偿能力（例如伸长量 150mm）指的是在考虑了安全系数的前提下，补偿器达到该伸长量或压缩量，补偿器可以安全工作一定次数（例如 1000 次）。热网在工作中参数（压力、温度）经常变化，补偿器的波纹管几乎每时每刻都在缩短或伸长。但每次变化极少达到补偿器额定伸缩距离。若干不满额的伸缩折合为一次额定的伸缩。

7.3.1.3 在选用波纹补偿器时，应正确地选择补偿器型号、合理确定补偿器承担的补偿量以及补偿频率（即单位时间内的补偿次数）、通过恰当的安装方式可以延长补偿器的使用寿命。

7.3.1.4 波纹补偿器的波纹管材料确定时应注意热媒中氯离子的含量。

注：由于波纹补偿器的波纹管材料一般为不锈钢材料（0Cr18Ni9），而氯离子较易引起不锈钢材料的腐蚀。

0Cr18Ni9 为中国的不锈钢牌号，该钢种相当于 304 钢（美国钢种）、SUS304（日本钢种）。

7.3.2 套筒补偿器

7.3.2.1 套筒补偿器分单向型和双向型补偿两种结构形式。对于单向型套筒补偿器安装时应使管道内介质流向与补偿器外筒上的指示方向保持一致；双向型套筒补偿器对介质流向没有限制。

7.3.2.2 采用套筒补偿器时，应计算各种安装温度下的安装长度，保证管道在可能出现的最高和最低温度下，预留不小于 20mm 的补偿量。

7.3.2.3 套筒补偿器安装时应保证不同轴度应小于 1%，以防运行时摩擦力过大以及影响补偿器的密封性。

7.3.2.4 单向套筒补偿器应安装在固定支架附近的直管段上，在其活动侧应设导向滑动支架。

7.3.2.5 双向套筒补偿器应设在两固定支架的中间的管段上，且在外套筒处需设固定支架托起，并保持与管路同心，两边的补偿距离要近似相同。

7.3.3 球形补偿器

7.3.3.1 球形补偿器布置时应成对使用，单只球形补偿器仅可作为管道连接的万向接头使用、没有补偿能力。该补偿器可水平、垂直、倾斜等安装。

7.3.3.2 采用球形补偿器布置时，为了避免管段挠曲，应适当增设导向支架。同时为了减少管道热胀时的摩擦阻力，在滑动支架上应安放滚动支座。

7.3.3.3 垂直安装的球型补偿器，其球体外露部分必须向下安装，以防止污物堵塞

7.3.4 旋转式补偿器

7.3.4.1 旋转式补偿器必须成对安装，它是利用成对安装的补偿器旋转筒的旋转来吸收管道的热位移。

7.3.4.2 旋转式补偿器主要分为三个等级：

- 1) 适用低压管道补偿器：压力 0～1.6MPa、温度-60～330℃；
- 2) 适用中压管道补偿器：压力 1.6～2.5MPa、温度-60～400℃；
- 3) 适用高压管道补偿器：压力 2.5～5.0MPa、温度-60～485℃。

注：使用温度超过 400℃时采用合金钢。

7.3.4.3 装有旋转式补偿器的管道，在设计时应核算管道在垂直于管道轴线方向的摆动值，防止因管道摆动与周围构筑物或相邻管道碰撞。

7.3.4.4 靠近旋转补偿器两侧的支架，在设计时应根据管道热态最大摆动值的大小和方向确定支吊架的型式及根部大小尺寸

7.3.4.5 采用旋转补偿器布置时，为了避免管段挠曲，应适当增设导向支架，同时为了减少管道热胀时的摩擦阻力，在滑动支架上应安放滚动支座。

7.4 阀门的选择

7.4.1 一般规定

阀门应根据系统的设计参数、接管通径、允许的泄露等级、要求的启闭时间进行选择，以便满足汽水系统关闭、调节、保证安全运行的要求和布置设计的需求。

7.4.2 阀门泄露等级

7.4.2.1 国产关断阀标准：

如系统无特殊要求，国产阀门的泄露等级一般遵守 GB/T 13927-2008 标准，其允许的最大泄漏量如下表所示：

表 7.4.1

试验介质	最大允许泄漏量(mm3/s)					
	A	AA	B	C	CC	D
液体	在 试 验 持 续 时 间 内	0.006 xDN	0.01xDN	0.03xDN	0.08 xDN	0.1xDN
气体	无 可 见 泄 露	0.18 xDN	0.3xDN	3xDN	22.3 xDN	30xDN

上表中 A 级适用于非金属弹性密封阀门；B、C、D 级适用于金属密封阀门。其中 B 级适用于比较关键的阀门，D 级适用一般的阀门。

7.4.2.2 进口阀门

(1) 关断型阀门

国外对于关断型阀门（如闸阀、截止阀、蝶阀），阀门泄露等级一般遵守 MSS SP-61 标准

(美国阀门和管件工业制造标准化学会)，其中规定的允许泄漏率如下：在规定的试验条件下，每侧密封的最大泄漏率应是，液体公称管径每英寸、每小时 10 毫升【每毫米、每小时~0.4 毫升】，气体公称管径每英寸、每小时 0.1 标准立方英尺【每毫米、每小时~111 毫升】；

对于在压力下或介质逆流作用下关闭的阀门，如逆止阀，其允许的泄漏率可增大至 4 倍；对于具有柔性材料（如塑料或合成橡胶）密封关闭件的在关闭位置阻断介质的阀门，其在密封试验的持续时间内应无可见泄露。

(2) 调节阀

国内电力行业对进口调节阀的泄露量要求大多按 ANSI B16.104-1976 标准执行，ANSI B16.104-1976 标准中关于阀座泄露的要求如表 7.5.2~7.5.3 所示。

对于在系统运行中常开的调节阀，其允许的泄漏等级宜采用 ANSI B16.104-1976 IV 级标准。对于在系统运行中常闭的调节阀，其允许的泄漏等级宜采用 ANSI B16.104-1976 V 级标准。

表 7.5.2

泄露等级	实验介质 (温度 10~52℃)	最大允许 泄露量
II	水或空气	0.5%Cv
III	水或空气	0.1%Cv
IV	水或空气	0.01%Cv
V	水	5x10 ⁻¹⁰ m ³ /min. inch
VI	空气或氮气	见表 7.5.3

注：Cv 为调节阀流量系数，其定义为：温度 60°F（15.61℃）的水，在 1 lb/in²（7kPa）压降下，每分钟流过调节阀的加仑数（美）。

ANSI B16.104-1976 标准 VI级调节阀泄漏量 表 7.5.3

阀门公称直径		泄漏量	泄漏量
(英寸)	(mm)	(ml/min)	(气泡数/min)
1	25	0.15	1
1-1/2	38	0.30	2
2	51	0.45	3
2-1/2	64	0.60	4
3	76	0.90	6
4	102	1.70	11
6	152	4.00	27

8	203	6.75	45
---	-----	------	----

7.4.3 常见阀门类型:

7.4.3.1 闸阀

用途: 闸阀只供全开、全关用, 不允许作节流用。

安装: 双闸板阀门应安装在水平管道上; 单闸板闸阀 (弹性闸板属于单闸板类闸阀) 可安装在任意位置的管道上。

7.4.3.2 截止阀

用途: 只供全开、全关用, 不允许作节流用。

安装: 可安装在任意位置的管道上。

7.4.3.3 蝶阀

用途: 蝶阀除具有全开、全关功能之外, 也可作调节用。

安装: 带扳手的蝶阀可安装在任意位置的管道上; 带传动装置的蝶阀应安装在水平管道上。

蝶阀安装时应使介质流向与阀体上所示箭头方向一致。

7.4.3.4 止回阀

止回阀包括升降式止回、旋启式止回、底阀。

用途: 只供防止介质逆流的单向启闭用。它是靠介质压力而自行开启或关闭的阀门 (带动力装置的除外)。

升降式止回阀: 靠介质从阀瓣下方向上流动为开, 反之则关; 旋启式止回阀靠介质向阀瓣旋启方向流动为开启, 反之为关闭。

安装: 升降式垂直瓣止回阀应安装在垂直管路上, 升降式水平瓣止回阀应安装在水平管路上; 旋启式止回阀一般安装在水平管路上, 但当布置空间狭小, 且介质在垂直管道内的流动方向为由下向上流动时, 旋启式止回阀也可安装在垂直管路上; 底阀只专用于水泵垂直吸入管的下端部。

7.4.3.5 安全阀

用途: 防止压力容器、管道内的介质压力超过运行值。在水管道上, 应采用微启式安全阀; 在蒸汽管道上, 可根据排放量的大小采用全启式或微开式安全阀。

安装: 布置安全阀时必须式阀杆垂直向上。

7.4.3.6 调节阀

用途: 当运行工艺需对流经管路的介质进行流量、水位、压力等控制时, 一般选用调节阀。

安装: 建议调节阀安装在水平管路, 阀杆应垂直向上。

7.4.3.7 球阀

用途：一般用于关断，也具有一定的调节性能。要求迅速关断或开启时，可选用球阀。

安装：可装于任意位置的管道上。

8.0 布置与安装设计原则

8.1 首站厂房布置及设计原则

8.1.1 一般原则

1) 首站厂房布置应适应对外供热工艺流程的要求，并做到：设备布局 and 空间利用合理，管线连接短捷、整齐，厂房内各设施布置合理、紧凑；巡回检查的通道顺畅，为供热的安全运行、检修维护创造良好的条件。

2) 首站厂房应根据热电厂总体规划及建设工期、外部供热规划对该热源点的总体要求，统一考虑首站厂房的建设规模及扩建条件。

注：热网首站厂房建设规模主要与外部供热总体规划对该热源点的要求和本热电厂的建设工期及规划容量有关，如果外部供热总体规划对该热源点要求的供热负荷较大、而该热电厂需经过一、二期建设完成后，方可满足外部供热总体规划的要求，在这种情况下首站厂房可一次建成或预留扩建条件，站内设备宜分期分批安装。

3) 首站厂房内的空气质量、通风、采光、照明和噪声等应符合现行有关标准的规定。

4) 厂房内各设备应有必要的检修空间、安放场所和运输通道。

5) 首站厂房门及楼梯的设置应符合现行的有关消防规范、材料的选择还应符合现行的国家防火规范。

6) 站内宜不设或少设地下管沟和电缆通道，地面的排水可采用地漏经排水管网至积水井的方式排放；压力水排水可采用管道架空或直埋的方式排出。如果首站厂房与热电厂主厂房布置在一起，则可与热电厂主厂房排水系统统一考虑。

注：压力排水一般由厂区统一的排水管网接收，由于厂区排水管一般为水泥管或铸铁管，其耐温、耐压等级偏低，故一般应经减压消能后方可排出；如果排水温度较高，则应减温排放。

8.1.2 首站厂房宜采用底层、中间层和上层的三层布置方式。

注：由于以热电厂抽汽作为热源的大型供热首站，一般均采用汽、水间接换热方式，蒸汽产生的疏水一般经首站收集后送入热电厂回热系统。在这种情况下因一般旋转类设备、热网循环水滤网等设备布置在首站的底层，而热网换热器布置在上层；设置首站中间层就可以使热网换热器的蒸汽疏水能够靠自流方式进入疏水箱，也可为热网疏水泵提供了一定的安装汽蚀余量，同时中间层可作为管道层布置加热蒸汽管道、疏水管道等。

8.1.3 首站厂房应尽量靠近热电厂主厂房布置，当首站厂房与热电厂汽机房毗邻布置时，站内各层楼板宜与汽机房各层楼板的标高取得一致。

8.1.4 检修维护

8.1.4.1 厂房内主要阀门及其执行机构应能正常操作和维护，必要时应设置操作、维护平台。

8.1.4.2 厂房内应有必要的起吊设施，并应符合下列要求：

- (1) 对于检修起重量为 1~2t 的设备、管件、阀门，宜设置检修起吊设施。
- (2) 对于起重设备为 3t 及以上并经常使用的起吊设备，应设置电动起吊设施。
- (3) 在不便于设置固定维修平台和固定起吊设施的地方，可配置移动式升降设施。
- (4) 布置在首站上层的热网换热器应设必要的日常检修维护所需的起吊设施。

8.2 首站常见的布置型式

常见的首站布置型式主要有：比邻主厂房毗屋、主厂房内部、厂区独立辅助厂房等几种型式

8.2.1 比邻主厂房毗屋

热网首站靠近主厂房布置，与主厂房结构脱开岛式布置。比邻主厂房单独设置毗屋的型式由于布置灵活，与主厂房距离较近，管道设备布置连接方便，为主要采用的一种布置方式。根据主机和主厂房的具体情况，热网首站可布置在汽机房 A 排外、固定端及扩建端。

首站的检修通道应与汽机房保持贯通，以方便设备检修维护。

首站布置位置选择需要综合考虑空冷塔，电气设备，检修场通道及厂外热网接口位置，扩建及预留的方案确定。

8.2.2 主厂房内部

在主厂房空间允许或者首站规模较小的情况下，热网首站可以布置在厂房内部（集中或分散）。主要优点是可以充分利用已有场地，设备便于集中管理，并且可以充分利用主厂房检修维护的设施和空间。对于供热改造机组，供热设备应尽量布置在主厂房内部。

8.2.3 厂区独立辅助厂房

当热网首站无法就近主厂房布置时，可在厂区单独设置辅助厂房。厂房内各层可根据实际需要选择确定，较为灵活。但此方案厂区管线较长，投资较大，蒸汽和疏水阻力增大。

8.3 设备布置与安装

8.3.1 一般原则

8.3.1.1 设备布置应在满足工艺功能、保证设备安全运行和必要的检修维护空间的基础上尽可能优化设计，减少占地面积。

8.3.1.2 设备本体或设备基础的边缘距离站内各构筑物之间的水平距离、相邻设备基础边缘之间的水平距离均不宜小于 500mm。

8.3.1.3 同类设备宜在首站厂房一定区域内集中布置。

注：如热网循环水泵、热网加热器等设备建议在厂房的一定区域范围内集中布置，这样便于设备的集中管理和维护、也为统一考虑设备检修起吊设施创造了条件。

8.2.1.4 设备布置时应根据设备自身的检修维护特点，设置必要的检修维护起吊设施；布置在地面以上各层的设备，如果需要还应考虑在楼板上预留检修起吊孔。

8.3.1.5 设备的混凝土基础高度宜高于周围建筑地坪标高。

注：为了防止设备本体及下部支撑金属构件因地面积水而引起腐蚀。

8.3.2 热网有关水泵

8.3.2.1 站内的热网循环水泵、补水泵及疏水泵宜集中布置在热网首站厂房的底层。

注：由于泵类设备运行时易产生震动，故布置在厂房底层，有利于延长厂房寿命、降低结构造价。

8.3.2.2 热网疏水泵在布置时，应满足疏水泵必须汽蚀裕量的要求；如因疏水箱及管路的布置而不能满足疏水泵的必须汽蚀裕量要求时，疏水泵可布置在坑内。

8.3.2.3 水泵混凝土基础设计时，地脚螺栓孔边距基础边缘的距离应在 100~150mm 范围内，对于出力较大的水泵可取靠近上限或上限数值、出力较小水泵取靠近下限或下限的数值。

注：这主要是为了满足土建设备基础设计时配筋布置及灌浆所必要的空间要求，同时也可有效防止因设备运行震动引起设备基础边缘部分的破坏。

8.3.3 热网加热器应布置在首站厂房内的最上层。

8.3.4 热网疏水箱在布置时，应能够使加热器疏水通过自流的方式，顺畅地进入疏水箱内，并且应兼顾热网疏水泵必须汽蚀裕量的要求。

8.4 管道及附件布置与安装

8.4.1 管道布置

8.4.1.1 一般规定

(1) 在满足工艺流程要求的前提下，应结合首站厂房设备布置及建筑结构情况进行管道布置。

(2) 在热电厂范围内的供热管道（热网加热蒸汽管道、疏水管道、热网循环水管道）宜采用地上布置，如需要热网循环水管道可采用地下直埋方式布置。

(3) 在站内检修起吊孔周围布置管道时，不应减小检修起吊所需的空間要求；在设备内件抽出区域、法兰拆卸区域内不应布置管道。

(4) 泵进口管路的布置应满足泵必须汽蚀余量的要求。

8.4.1.2 地上管道布置时应预留必要的操作人行通道及检修维护通道。操作人行通道的宽度不宜小于 0.8m。

8.4.1.3 直埋管道

- (1) 室外直埋供热管道的埋深应在冻土层深度以下，当无法实现时应有可靠的防冻保护措施。
- (2) 当管路上设有补偿器、阀门及其它需检修维护的管件时，应将其布置在检修维护井内，检修维护井的设计应符合安全要求，井内应有宽度不小于 0.5m 的检修空间。
- (3) 当热网循环水管道采用地下敷设时，宜采用直埋敷设，直埋热网循环水管道的设计应满足《城镇直埋供热管道工程技术规程》CJJ/T81-1998。
- (4) 大口径薄壁管（如热网循环水管道）采用直埋时，应核算管道竖向稳定性验算。验算方法按照《城镇直埋供热管道工程技术规程》CJJ/T81-1998 第 4.6 节有关要求要求进行。
- (5) 直埋热网循环水管道的坡度不宜小于 2‰，高处宜设放气阀，低处宜设放水阀。

8.4.2 附件布置

- (1) 当离心泵进口与接管规格不一致，如进口管路为水平布置时，水泵入口管应为偏心异径管，当水管从下方引入时，异径管应采用顶平式；当水管从上方引入时，异径管应采用底平式。
- (2) 双吸离心泵的进口管应避免配管不当造成偏流。
- (3) 当架空管道上装有阀门时，如操作、检修人员无法实现操作、检修，应在阀门周围设检修维护平台。

8.4.3 管道的补偿

- (1) 在管道布置空间许可、性价比合理的条件下，应优先采用自然补偿来补偿管道的热膨胀；在管道布置空间不许可或性价比不合理的条件下，可设置补偿器。
- (2) 蒸汽管道、热网供回水管道、疏水管道、来自热力除氧器的热网补水管道的应按照《火力发电厂汽水管道应力计算技术规程》DL/T 5366-2006 的要求进行计算机程序计算；设有波纹管补偿器的大口径管道应采用有运行业绩、成熟的计算机程序计算。

9.0 设计计算

9.1 热网管道的应力计算的主要工作是验算管道内压、自重和其他外载作用下的一次应力和在热胀、冷缩及位移约束时所产生的二次应力；判断计算管道的安全性、经济性、合理性及管道对设备产生的推力和力矩应在设备所能安全承受的范围内。

9.2 热网供热管道属于大直径薄壁管道，而常规计算软件中管道模拟采用的是线单元，大直径薄壁管道用线单元来模拟是有其局限性和适用条件的。因此对以下部分除了采用计算机进行常规应力验算之外，宜补充有限元分析验算：

9.2.1 CAESAR II 软件不适宜计算和模拟不了的热网供汽大直径管、结构复杂管道零部件（如管道弯头、三通、箱式支吊架等）

9.2.2. 大直径供热管道固定支架处的应力、重要管道导向支架处的应力、重要管道限位支架处的应力、重要管道三通处的应力等。

9.3 压力管道应力分析标准推荐采用压力容器分析设计标准，尤其在进行管道详细的局部应力分析时。管道应力分析应满足：

- | | |
|---------------------------------|---|
| 1) 一次总体薄膜应力强度满足： | $P_m \leq K S_m$ |
| 2) 一次局部薄膜应力强度满足： | $P_L \leq 1.5 K S_m$ |
| 3) 一次局部薄膜应力+一次弯曲应力强度满足： | $P_L + P_b \leq 1.5 K S_m$ |
| 4) 一次局部薄膜应力+一次弯曲应力+二次应力强度： | $P_L + P_b + Q \leq 3 S_m$ |
| 5) 一次局部薄膜应力+一次弯曲应力+二次应力+峰值应力强度： | $P_L + P_b + Q + F \leq S_a$ （用于循环次数较高时的疲劳分析） |

其中 K-----载荷组合系数；

S_m -----设计应力强度，应乘以焊缝接头系数 ϕ ；

S_a -----为在所考虑的条件下，以给定的循环次数运行时，运用设计疲劳曲线查得的应力强度幅值。

1)、2)、3) 由设计载荷计算；4)、5) 由工作载荷计算。

9.4 在进行管道应力分析时，输入壁厚值应为公称壁厚减去腐蚀裕量和厚度负偏差，即有效厚度。

9.5 对于需要局部详细分析的管道，两端截面应尽可能远离所分析部位，尽量使两端位移边界条件对所分析部位的应力分布没有影响。

9.6 对于支吊架及其附件的强度校核，可取以下校核准则：

9.6.1 当支吊架验算点不考虑温度时，应力验算应满足：

$$\sigma_a \leq \sigma_m \quad (9.6.1-1)$$

$$\text{表层应力 } \sigma_s \leq 1.5 \sigma_m \quad (9.6.1-2)$$

9.6.2 当支吊架验算点不考虑温度时，应力验算应满足

$$\text{一次 P+二次应力 } Q \leq 3 \sigma_m \quad (9.6.2)$$

其中 σ_m -----许用应力，焊缝处再乘以焊缝接头系数。

附录 A（资料性附录） 热经济指标计算

1.0 供热区热负荷的确定

1.1 热电厂供热区域内最大采暖热负荷可根据采暖面积和平均采暖热指标计算，计算公式如下：

$$Q_{\max} = S q_n / 10^6 \quad \text{MW} \quad (1.1)$$

S -----供热区内集中采暖面积（ m^2 ）

q_n -----采暖热指标（ W/m^2 ）

采暖热指标 q_n 是在规定的计算室外采暖温度和室内采暖温度（通常为 18°C ）两个条件下计算出的每平米采暖所需的供热量。工程中具体热指标及室内温度要以项目当地建委相关文件为准。

注意的是计算室外采暖温度为在当地冬季室外平均温度最冷的 5 天中（120 小时）的平均温度，而非采暖期室外最低温度，此举的目的是为了避免尖峰热负荷过大。另外计算选用的外网平均 q_n 已经包含了 5% 的管网损失。

1.2 热电厂供热区域内采暖平均热负荷应根据绘制的采暖热负荷曲线确定如图 1.1，总供热量 Q_n 与采暖期持续时间 T 的比值即为采暖期的平均热负荷。计算公式如下：

$$Q_{av} = \frac{Q_n}{T} \quad \text{MW} \quad (1.2)$$

在工程缺乏详细资料时，平均热负荷也可以通过最大热负荷用以下公式计算得出：

$$Q = Q_{\max} \frac{18 - t_o}{18 - t'_o} \quad \text{MW} \quad (1.3)$$

$Q_{\max}$ -----最大热负荷（MW）

t_o -----采暖期室外温度 $^\circ\text{C}$

t'_o -----采暖期室外计算温度 $^\circ\text{C}$

公式（1.3）为热负荷的温度修正公式。

当 t_o 取采暖期室外平均温度 t_{av} 时，则平均采暖负荷 $Q_{av} = Q_{\max} \frac{18 - t_{av}}{18 - t'_o} \quad \text{MW}$

当 t_o 取 5°C （规定停暖温度），则计算结果为最小热负荷 $Q_{\min} = Q_{\max} \frac{13}{18 - t'_o} \quad \text{MW}$

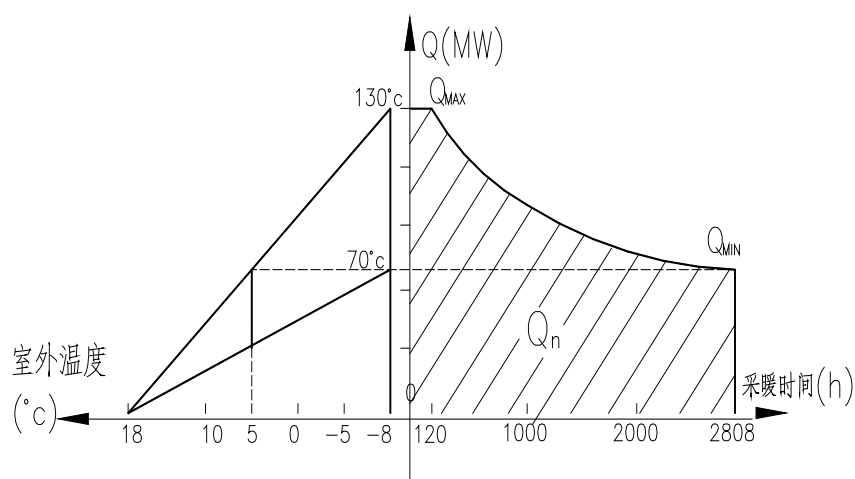


图 1.1 某地采暖期热负荷曲线

1.4 各地采暖室外计算温度和平均温度参见下表:

城市	采暖室外计算温度 t_o °C	采暖期 N 天	采暖室外平均温度 t_{av} °C
哈尔滨	-26	179	-9.5
佳木斯	-26	183	-10.2
牡丹江	-24	180	-9.1
长春	-23	174	-8.0
乌鲁木齐	-22	157	-8.5
沈阳	-19	152	-5.7
通辽	-20	167	-7.3
呼和浩特	-19	171	-5.9
银川	-15	149	-3.4
丹东	-14	151	-3.0
西宁	-13	165	-3.2
太原	-12	144	-2.1
大连	-11	132	-1.5
兰州	-11	135	-2.5
北京	-9	129	-1.6
天津	-9	122	-0.9

石家庄	-8	117	-0.2
济南	-7	106	0.9
西安	-5	101	1.0
郑州	-5	106	1.6

2.0 首站供热负荷的选取

2.1 首站最大供热负荷

首站最大供热负荷由热电厂汽轮机最大供热抽汽能力来确定。机组的最大抽汽能力取决于汽机的进汽量、回热系统以及汽缸最小冷却流量等因素，由汽轮机厂提供。常见的供热机组抽汽能力参见附录 C

2.2 首站平均供热负荷

首站平均供热负荷应根据绘制的采暖热负荷曲线确定，如图 2.1，热电厂总供热量 Q_s （热负荷曲线与热网首站最大供热能力线围成的阴影面积）与采暖期持续时间 T 的比值即为采暖期的平均热负荷。计算公式如下：

$$Q_{sp} = \frac{Q_s}{T} \quad \text{MW} \quad (2.1)$$

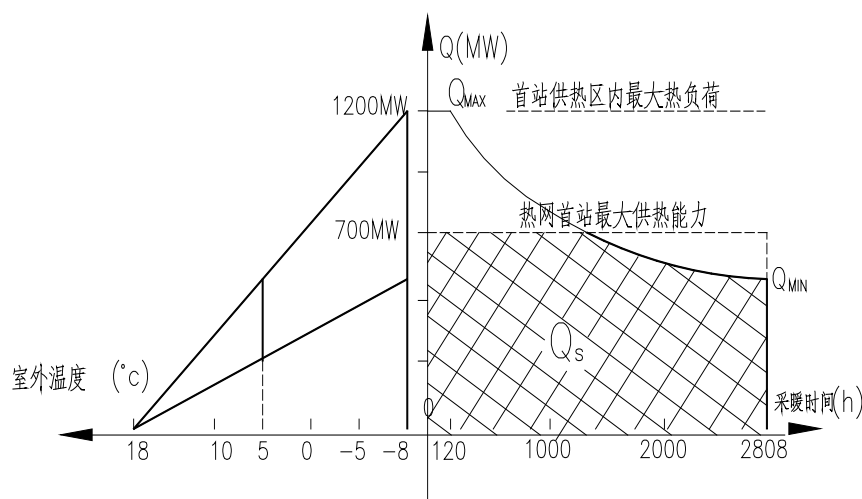


图 2.1 某地热网首站采暖期热负荷曲线

3.0 热电联产热指标的计算

热电联产指标的计算就是要把握热电两种产品的内在联系。热指标归为两大类，总的指标和分项指标。总指标包括燃料利用系数，热电比。分项热指标包括发电标准煤耗率、热电厂发电效率、供热标准煤耗率、热电厂供热效率等等。

3.1 基本计算数据定义

3.1.1 汽轮机年发电利用小时数

$$T_{\text{年}} = \text{汽轮机的年发电量 } W_{\text{年}} / \text{汽轮机的纯凝额定功率 } P_{\text{额}} \quad (\text{hr}) \quad (3.1.1)$$

注：通常汽轮机年发电利用小时数为 5500 小时，近几年火电发电利用小时有降低趋势，请根据工程所在地总体情况确定。

3.1.2 汽轮机采暖期发电利用小时数

$$T_{\text{利用采暖}} = \text{汽轮机采暖期发电量 } W_{\text{采}} / \text{汽轮机纯凝额定发电功率 } P_{\text{纯凝}} \\ = (\text{汽轮机采暖期抽汽平均工况发电功率 } P_{\text{采暖}} \times \text{汽轮机采暖期运行小时 } T_{\text{运采暖}}) / \text{汽轮机的纯凝额定功率 } P_{\text{额}} \quad (\text{hr}) \quad (3.1.2)$$

注：定义汽轮机采暖期平均抽汽工况时，抽汽量满足采暖期平均热网负荷，同时考虑厂用汽量，汽机进汽量宜按照TMCR工进汽量。

3.1.3 汽轮机非采暖期发电利用小时数

$$T_{\text{利用非采暖}} = T_{\text{年}} - T_{\text{利用采暖}} \quad (\text{hr}) \quad (3.1.3)$$

3.1.4 汽轮机采暖期运行小时数

$$\text{汽轮机采暖期运行小时 } T_{\text{运采暖}} = \text{采暖期实际运行时间} \quad (\text{hr}) \quad (3.1.4)$$

注：见当地供热规划

3.1.5 汽轮机非采暖期运行小时数

$$\text{汽轮机非采暖期运行小时 } T_{\text{运非采暖}} = \text{机组全年运行小时数} - \text{汽轮机采暖期运行小时数} \quad (3.1.5)$$

注：机组全年运行小时数可按自然年小时数—机组大、小修的时间来确定，机组大、小修时间可按检修规程规定的大、小修时间平摊到每一年。

3.1.6 热电厂全年标准煤耗量的计算

热电厂全年标准煤耗量 $B_{\text{年}}$ 考虑取以下两种计算结果的较大值：

$$B_{\text{年}} = \max(B_{\text{年1}}, B_{\text{年2}}) \quad (\text{t/a}) \quad (3.1.6)$$

1) $B_{\text{年1}} = \text{年发电利用小时数 } T_{\text{年}} \times \text{锅炉 BMCR 标准煤耗量 } B_0 \text{-----} (\text{t/a})$

2) $B_{\text{年2}} = \text{采暖期耗煤量} + \text{非采暖期耗煤量} = (\text{采暖期平均工况标准煤耗量 } B_{\text{采暖}} \times \text{采暖期发电运行小时数 } T_{\text{运采暖}} + \text{非采暖期平均工况标准煤耗量 } B_{\text{非采暖}} \times \text{非采暖期发电运行小时数 } T_{\text{运非采暖}}) \text{-----} (\text{t/a})$

注 1：计算式 2) 得出的结果为热电厂理论全年标准耗煤量。但当纯凝电厂改造等原因使得抽汽量较小时，计算式 2) 的结果可能会比计算式 1) 的小，之所以设定两个数值，主要考虑对原纯凝计算方法的延续。

注 2：在定义非采暖期工况时，由于采暖期已经将冬季 4~5 个月扣除，剩余月份的平均背压要略高于 TMCR 工况背压，但低于 TRL 工况背压（仅为全年气温最高 10 天平均背压），实际背压应由水工提供非采暖期平均背压工况计算。在缺少资料时，建议用 TMCR 工况背压替代。

注 3：非采暖期平均发电功率 $P_{\text{非采暖}} = \text{非采暖期发电总量 } W_{\text{非采}} / \text{汽轮机非采暖期运行小时 } T_{\text{运非采暖}} = (\text{汽轮机的年发电量 } W_{\text{年}} - \text{汽轮机采暖期发电量 } W_{\text{采}}) / \text{汽轮机非采暖期运行小时 } T_{\text{运非采暖}}$

3.1.7 供热电厂锅炉设备最大负荷利用小时数

$$T_{\text{锅}} = B_{\text{年}} / \text{锅炉 BMCR 标准煤耗量 } B_0 \quad (\text{hr}) \quad (3.1.7)$$

注：引入 $T_{\text{锅}}$ 的概念可以在给运煤，除灰，环保，技经等各专业提资料时使用。

3.2 热电厂热经济总指标

3.2.1 燃料利用系数

$$\text{燃料利用系数 (全厂热效率)} \quad \eta_{\text{tp}} = [3600 W_{\text{年}} \times (1 - \zeta) + Q_{\text{年}}] / B_{\text{年}} q_L \quad (3.2.1)$$

注：此系数不分能量品质高低，反映的有用功和总耗热量的比值。

3.2.2 热电比

$$\text{热电比 } \alpha_{tp} = Q_{\text{年}} / 3600W_{\text{年}} \quad (3.2.2)$$

注：此系数表示供热机组每单位 kw. h 发电量的供热量。

$W_{\text{年}}$ ---- 热电联产的热化发电量 kw. h/a

ζ ---- 厂用电率 (%)

$Q_{\text{年}}$ ---- 热电联产的供热量 kJ/a

$B_{\text{年}}$ ---- 热电厂年实际耗煤量 kg/a;

q_L ---- 燃料的低位发热量 kJ/kg

3.3 热电厂的分项热经济指标

热电厂的分项经济指标包括：发电标准煤耗率 b_e ，热电厂发电效率 η_e ，供热标准煤耗率 b_h ，热电厂供热效率 η_h 。分项热指标实质是反映热电厂总耗煤量在供热和发电之间的分配问题。煤耗量分配目前通常采用热量分配法，分配原则是热电厂分配给供热的煤耗量是按照汽轮机的供热量 $Q_h = D_h (h_h - h'_{h'})$ 占总热量 Q_0 来分配的，供热煤量分配系数：

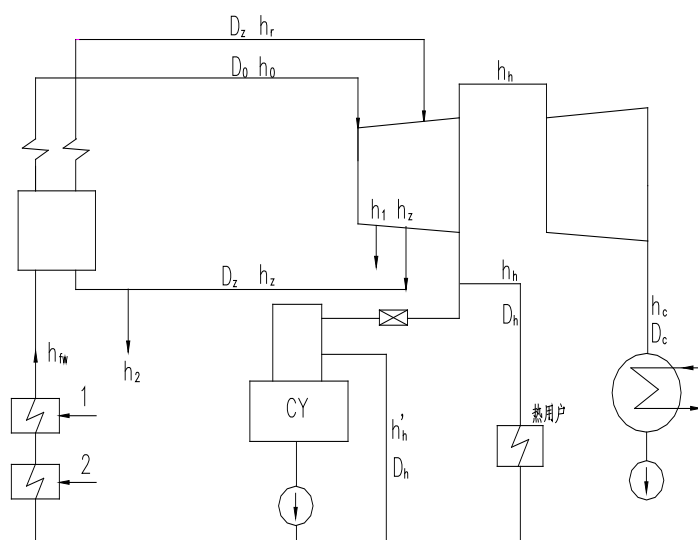
$$K = \frac{B_h}{B_0} = \frac{D_h (h_h - h'_{h'})}{D_0 (h_0 - h_{fw}) + D_z (h_r - h_z)} \quad (3.3)$$

据此将热电厂总煤耗量 B_0 分为供热的标准煤耗量 B_h 和发电的标准煤耗量 B_e 。其关系为 $B_0 = B_e + B_h$ 。由公 式 3.3 可得：

$$B_h = B_0 K$$

$$B_e = B_0 (1 - K)$$

见下图：



3.3.1 采暖期分项热经济指标

1) 采暖期发电标准煤耗率 b_d

$$b_d = 10^6 B_{\text{采暖}} (1-K) / P_e \quad (\text{g} / \text{kwh}) \quad (3.3.1)$$

其中: $B_{\text{采暖}}$ --采暖期平均工况标准煤耗量 (t/h)

P_e --采暖期平均热化发电功率 (Kw)

K --供热煤量分配系数

2) 采暖期供电标准煤耗率 b_{dg}

$$b_{dg} = b_d / (1-e_d) \quad (\text{g} / \text{kwh}) \quad (3.3.2)$$

$$e_d = (P_c - P_r)(1-K) / P_e \quad (3.3.3)$$

其中: e_d --热电厂采暖期发电厂用电率 (%) (参见 DL/T 5153-2002 火力发电厂厂用电设计技术规程)

P_c --热电厂厂用电计算负荷 (kw)

P_r --热电厂用于热网的厂用电计算负荷 (kw)

3) 采暖期供热标准煤耗率 b_{rg}

$$b_{rg} = 1000 B_{\text{采暖}} K / Q_r + b_d e_r / 1000 \quad (\text{kg} / \text{GJ}) \quad (3.3.4)$$

$$e_r = [(P_c - P_r)K + P_r] / Q_r \quad (3.3.5)$$

其中： Q_r —采暖期对外供热功率（GJ/h）

e_r —热电厂采暖期供热厂用电率（kwh/GJ）（参见 DL/T 5153-2002 火力发电厂厂用电设计技术规程）

4) 热电厂采暖期发电效率 $\eta_e(\%)$

$$\eta_d = 12300 / b_d \quad (3.3.6)$$

5) 热电厂采暖期供热效率 $\eta_r(\%)$

$$\eta_r = 34.1 / b_r \quad (3.3.7)$$

3.3.2 非采暖期分项热经济指标

对于单抽机组，非采暖期为纯凝工况，采用非采暖期平均工况图（平均工况定义参见 3.1.6 备注第三条）计算，与纯凝机组计算方法一致。

对于双抽机组，非采暖期对外直接供工业蒸汽，无直接相关的用电设备，故除厂用电 P_r 一项为零，其余于 3.3.1 中计算方法一致。

3.3.3 全年分项热经济指标

全年分项热经济指标应为采暖期和非采暖期相应指标的加权平均数值，权重值为运行时间（小时数）。

附录 B（资料性附录）不同容量供热机组供汽能力的参考值

附录 B-1 抽汽机组（135MW 等级）

序号		机组型号或厂内代号	铭牌 出力 MW	额定进汽		背压 KPa（参 考值）	一级供热抽汽参数			二级供热抽汽参数			纯 凝 额 定 工 况 热 耗 值 kJ/kW h	抽汽额定 工况热耗 值 kJ/kWh	抽汽调节 型式（一级 /二级）	机组外形尺寸		机组型式	高/中/ 低压缸 级数	备注
				主汽压力/温度 /流量 MPa/℃ /T/H	再热压力/温度 /流量 MPa/℃ /T/H		抽汽压力/温 度 MPa	额定 抽汽 量 T/H	最大 抽汽 量 T/H	抽汽 压力/ 温度 MPa	额定 抽汽 量 T/H	最大 抽汽 量 T/H				机组总长 m	机组最 大宽度 m			
1	机型一	CK135/13.24/535/535/0.981	135	13.24 /535/466	3.8/535/411	12/34	0.981/343	50	80	/	/	/	8127	8614	回转隔板	13.5	7.5	两缸两排汽	6/10/10	哈汽
	机型二	CKZ135/13.24/535/535/0.245	135	13.24 /535/451	2.3/535/387	15/35	0.245/242	80	220	/	/	/	8805	7918	蝶阀	13.5	7.5	两缸两排汽	9/9/10	哈汽
	机型三	CKZ135/13.24/535/535/1.2	135	13.24 /535/480	4.0/535/419	15/28	0.981/364	90	100	/	/	/	8830	7618	回转隔板	13.5	7.5	两缸两排汽	6/10/10	哈汽
	机型四	D135G	135	13.24/535/428	2.34/535/351.5	15/32	0.245/241.7	120	150	/	/	/	8785	7545	蝶阀	/	/	两缸两排汽	1+8/10/ 2X4	东方
2	机型一	C135/N135-13.24/535/535/0.981	135	13.24/535/437	3.6/535/388	4.9/11.8	0.981/349	90	180	/	/	/	8205	7333	回转隔板	13.5	7.5	两缸两排汽	6/10/12	哈汽
	机型二	CC135/N135-13.24/535/535/0.981/0.25	135	13.24/535/431	3.24/535/339	5.4/11.8	0.981/364	50	80	0.25/ 226	80	120	8229	6973	回转隔板/ 蝶阀	13.5	7.5	两缸两排汽	6/10/12	哈汽
	机型三	C135/N150-13.24/535/535/0.981	135/ 150	13.24/535/478	3.9/535/422	4.9/11.8	0.981/341	100	160	/	/	/	8211	7270	回转隔板	13.5	7.5	两缸两排汽	6/10/12	哈汽
	机型四	CC135/N150-13.24/535/535/0.981/0.294	135/ 150	13.24/535/480	3.9/535/422	4.9/11.8	0.981/341	50	180	0.294 /211	65	240	8227	7262	回转隔板/ 蝶阀	13.5	7.5	两缸两排汽	6/10/12	哈汽
	机型五	D135B	135	13.24/535/394.3	2.237/535/336.2	5.39/11.8	0.981/406.2	30	100	/	/	/	8231	8397（夏季抽汽）	回转隔板	/	/	两缸两排汽	1+8/10/ 2X6	东方
	机型六	D135E	135	13.24/535/400.1	2.268/535/330.6	5.39/11.8	0.245/239.6	80	120	/	/	/	8231	7243	蝶阀	/	/	两缸两排汽	1+8/10/ 2X6	东方
	机型七	A181 C135-13.24/0.981/535/535	135	13.24/535/465	3.44/535/382	4.9/11.8	0.981/250	50	80	/	/	/	/	/	回转隔板	/	/	两缸两排汽	/	上海
	机型八	M151 C135-13.24/0.254/535/535	135	13.24/535/443.2	2.264/535/325.8	4.9/11.8	0.196/245.4	245	278	/	/	/	/	/	蝶阀	/	/	两缸两排汽	/	上海

注：1。最大抽汽量应考虑在汽机最大连续运行工况（TMCR）进汽条件，而非 VW0 进汽条件。并满足回热系统安全运行及低压缸最低冷却流量。

附录 B-2 抽汽机组（300MW 等级，含亚临界，超临界及 350MW）

序号		机组型号或厂内代号	铭牌 出力 MW	额定进汽		背压 KPa（参 考值）	一级供热抽汽参数			二级供热抽汽参数			纯 凝 额 定 工 况 热 耗 值 kJ/kW h	抽汽额定 工况热耗 值 kJ/kWh	抽汽调节 型式	机组外形尺寸		机组型式 （几缸/几 排汽）	高/中/ 低压缸 级数	备注
				主汽压力/温度 /流量 MPa/℃ /T/H	再热压力/温度 /流量 MPa/℃ /T/H		抽汽压力/ 温度 MPa	额定 抽汽 量 T/H	最大 抽汽 量 T/H	抽汽 压力/ 温度 MPa	额定 抽汽 量 T/H	最大 抽汽 量 T/H				机组总长 m	机组最 大宽度 m			
1	机型一	CZK330-16.7/538/538/0.4	330	16.7/538/1120	3.2/538/848	15/34	0.4/276	550	600	/	/	/	8118	5651	蝶阀	17.4	10.4	两缸两排汽	13/9/12	哈汽
	机型二	C324/N350-24.2/566/566	350	24.2/566/1105	4.047/566/928	15/30	0.4/415	400	600	/	/	/	7934	6192	蝶阀	18	10.2	两缸两排汽	13/11/10	哈汽
	机型三	D300R	300	16.67/537/946 .4	3.299/538/793 .6	15/30	0.4/255.8	300	600	/	/	/	8227	6054	蝶阀	18.151	7.53	两缸两排汽	I+8/7/2 X4	东方
	机型四	D300T	300	16.67/537/958 .3	3.385/537/795 .2	15/30	0.8/332.4	400	500	/	/	/	8291	5873	蝶阀	18.151	7.53	两缸两排汽	I+8/6/2 X5	东方
	机型五	D300V	300	16.67/537/956 .1	3.142/537/796	15/34	0.4/253.1	500	600	/	/	/	8396	5888	蝶阀	18.151	7.53	两缸两排汽	I+8/5/2 X6	东方
	机型六	D330C	330	16.67/537/106 5	3.559/537/889 .3	15/30	1.2/366	150	210	/	/	/	8336	7777	蝶阀	17.941	7.53	两缸两排汽	I+8/7/2 X4	东方
	机型七	D330F	330	16.67/538/104 6.4	3.407/538/868 .8	16/34	0.4/246.7	500	600	/	/	/	8234	5948	蝶阀	18.151	7.53	两缸两排汽	I+8/7/2 X4	东方
	机型八	B153 CZK300-16.7/0.4/538/538	300	16.7/538/952	/	15/	0.4/	500	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	上海
	机型九	C153 CZK330-16.7/0.4/538/538	300	16.7/538/1035	/	15/	0.4/	550	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	上海
	机型十	D152 CCZK330-16.7/1/0/0.4/538/538	330	16.7/538/ /538/	/538/	15	0.785~1.27 5	<150		0.3~0 .5	<450				回转隔板/ 蝶阀	/	/	/	/	上海
湿 冷	机型一	C250/N300-16.7/537/537/0.245	300	16.7 /537 /1025	3.5/537/843	4.9/11 .8	0.18/248	380	520	/	/	/	7843	6811	蝶阀	17.4	10.4	两缸两排汽	13/11/12	哈汽
	机型二	CC200/N300-16.7/537/537/0.981/0.39	300	16.7 /537 /960	3.4/537/787	4.9/11 .8	0.981/353	60	300	0.39/ 253	500	560	7865	5100	回转隔板/ 蝶阀	18.6	10.4	两缸两排汽	8/7/12	哈汽
	机型三	CC275/N330-16.7/537/537/0.981/0.294	330	16.7 /537 /1070	3.4/537/880	4.9/11 .8	0.981/354	100	300	0.294 /228	340	550	7868	5972	回转隔板/ 蝶阀	18.6	10.4	两缸两排汽	8/7/12	哈汽

	机型四	CLJ272/350-24.2/566/566	350	24.2/566/1055	5.844/566/880	4.9/11 .8	0.236/333	400	520	/	/	/	7677	6050	蝶阀	18	10.1	两缸两排汽	13/11/1 2	哈汽
	机型五	M156 C300-16.67/1.2/538/538	300	16.67/538/896 .6	/538/	5.15/1 1.8	1.2/	180	/	/	/	/	/	/	回转隔板	/	/	两缸两排汽	/	上海
	机型六	155 C300-16.67/1.2/538/538	300	16.67/537/922	/537/	4.9/11 .8	0.2~0.65/	550	/	/	/	/	/	/	蝶阀	/	/	两缸两排汽	/	上海
	机型七	B155 C330-16.67/0.4/537/537	330	16.67/537/992	/537/	4.9/11 .8	0.245~0.68 5/	600	/	/	/	/	/	/	蝶阀	/	/	两缸两排汽	/	上海
	机型八	A155 C300-16.7/0.981/538/538	300	16.7/538/913. 95	/538/	4.9/11 .8	0.981/	400	/	/	/	/	/	/	回转隔板	/	/	两缸两排汽	/	上海
	机型九	159 C350-24.2/0.343/566/566	350	24.2/566/1003	/566/	4.9/	0.245~0.58	500	/	/	/	/	/	/	蝶阀	/	/	两缸两排汽	/	上海
	机型十	E152 CC350-16.7/0.98/0.5/538/538	350	16.7/538/1056	/538/	5.2/	0.98/	150	/	0.5/	370	/	/	/	回转隔板/ 蝶阀	/	/	两缸两排汽	/	上海
	机型十一	F152 CC300-16.7/0.98/0.5/537/537	300	16.7/537/911. 7	/537/	5.39/	1.0/	200	/	0.4/	350	/	/	/	回转隔板/ 蝶阀	/	/	两缸两排汽	/	上海
	机型十二	D300P*	300	16.67/537/897 .1	3.104/537/741 .5	6.0/11 .8	0.55/292.8	400	625	/	/	/	7872	6148	蝶阀	18.381	7.464	两缸两排汽	I+8/7/2 X5	东方
	机型十三	D300X	300	16.67/537/106 4.8	3.498/537/887 .9	5.7/11 .8	0.981/354	85	350	/	/	/	7577	7316	蝶阀	18.513	7.264	两缸两排汽	I+8/5/2 X7	东方
	机型十四	D300W	300	16.67/537/876 .8	3.146/537/735 .1	5.39/1 1.8	1.0/364.4	200	300	/	/	/	7849	6809	蝶阀	18.513	7.264	两缸两排汽	I+8/5/2 X7	东方
	机型十五	D330A	330	16.67/538/830 .8	3.338/538/830 .8	5.3/11 .8	1.0/367.6	100	120	/	/	/	7849	7642	蝶阀	18.513	7.264	两缸两排汽	I+8/5/2 X7	东方
	机型十六	D330B	330	16.67/538/987 .3	3.231/538/821 .1	5.2/11 .8	0.3/225.2	550	600	/	/	/	7858	5433	蝶阀	18.381	7.464	两缸两排汽	I+8/7/2 X5	东方
	机型十七	D330D*	330	16.67/537/996 .7	3.301/537/824 .7	4.9/11 .8	1.5/425.5	200	280	0.4/2 67.2	360	500	7883	5125	回转隔板/ 蝶阀	21.376	7.464	两缸两排汽	I+8/9/2 X5	东方
	机型十八	D330E	330	16.67/537/991 .2	3.207/537/836 .7	5.2/11 .8	2.5/506	100	150	1.5/4 14.4	200	300	7893	6748	阀门/回转 隔板	21.376	7.464	两缸两排汽	I+8/7/2 X6	东方
	机型十九	D330G	330	16.67/538/995 .2	3.342/538/832 .1	4.9/11 .8	0.95/352.9	146	172				7879	7461	蝶阀			两缸两排汽	I+8/5/2 X7	东方
	机型二	D330J	330	16.67/538/998	3.375/538/840	6.1/11	3.5/538	120	150	0.981	190	300	7925	7323	中联门/蝶			两缸两排汽	I+8/5/2	东方

	十			. 9	. 1	. 8				/377. 6					阀				X7	
	机型二 十一	D350A	350	24. 2/566/1010 . 2	3. 889/566/821 . 8	5. 2/11 . 8	0. 981/357. 5	300	400				7641	6425	蝶阀	19. 231	7. 264	两缸两排汽	I+11/6/ 2X7	东方
	机型二 十二	D350B	350	24. 2/566/995. 1	3. 933/566/808 . 8	4. 9/11 . 8	0. 43/253. 6	400	500				7619	6176	蝶阀			两缸两排汽	I+9/7/2 X5	东方
	机型二 十三	D350C	350	24. 2/566/1003 . 0	3. 967/566/15. 1	5. 5/11 . 8	4. 0/566	80	190	0. 4/2 47. 4	125	250	7639	7014	中联门/蝶 阀			两缸两排汽	I+9/7/2 X5	东方

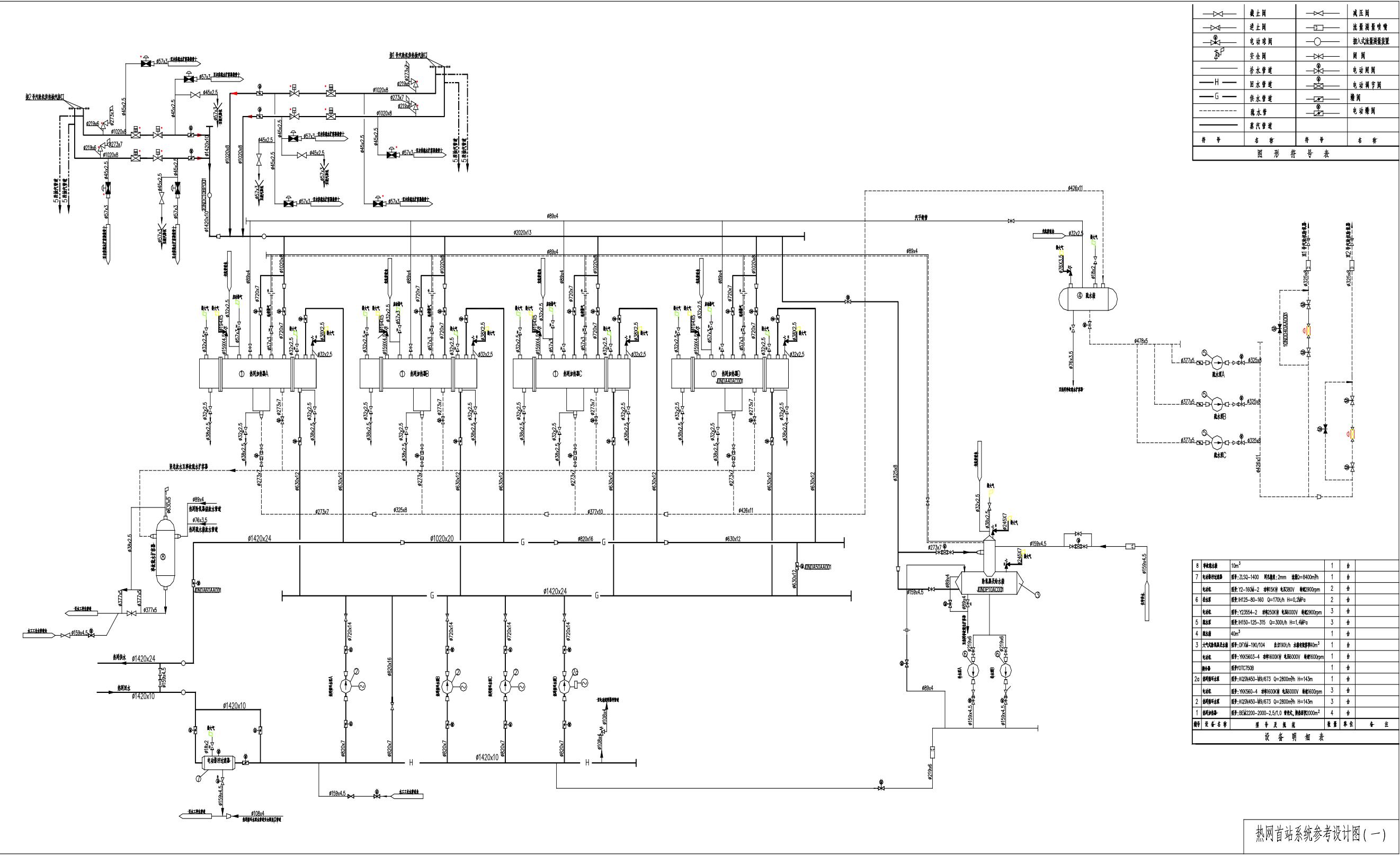
注：1。最大抽汽量应考虑在汽机最大连续运行工况（TMCＲ）进汽条件，而非 VWO 进汽条件。并满足回热系统安全运行及低压缸最低冷却流量。

附录 B-3 抽汽机组（600MW 等级，含亚临界，超临界）

序号		机组型号或厂内代号	铭牌 出力 MW	额定进汽		背压 KPa （参 考值）	一级供热抽汽参数			二级供热抽汽参数 （仅双抽机填写）			纯 凝 额 定 工 况 热 耗 值 kJ/kW h	抽 汽 额 定 工 况 热 耗 值 kJ/kWh	抽汽调节 型式	机组外形尺寸		机组型 式（几缸 /几排 汽）	高/中/低 压缸级数	备注
				主汽压力/温度/ 流量 MPa/℃ /T/H	再热压力/温度/ 流量 MPa/℃ /T/H		抽汽压力/ 温度 MPa	额定 抽汽 量 T/H	最大 抽汽 量 T/H	抽汽 压力/ 温度 MPa	额定 抽汽 量 T/H	最大 抽汽 量 T/H				机组总 长 m	机组最 大宽度 m			
1	机型一	NZK600/C558-16.7/538/538	600	16.7/538/1897		18	0.3	300	425				8296		蝶阀	27.8	11.4	3/4	9/6/24	哈汽
	机型二	CLN600-24.2/566/566	600	24.2/566/1968	4.43/566/1652	14/32	0.24/239	500	800				7982	6887	蝶阀			4/4	11/22/20	哈汽
2	机型一	CLC600-24.2/566/566/0.26	600	24.2/566/1809	4.112/566/1523	4.9/1 1.8	0.26/250	500	900				7589	6514	连通管蝶 阀			4/4	11/22/24	哈汽
	机型二	D600N	600	24.2/538/1749. 3	4.071/566/1434 .2	4.9/1 1.8	4.2/566	100	150	1.0/3 71.9	100	150	7604	7138	中联门/蝶 阀	28.456	8.164	三缸四 排气	I+7/6/4X7	东方
	机型三	D600P	600	24.2/566/1698. 3	3.989/566/1395 .7	5.2/1 1.8	1.0/352.7	500	900				7513	6186	蝶阀	28.456	8.164	三缸四 排气	I+7/6/4X7	东方
	机型四	D660D	600	24.2/566/1890. 1	4.178/566/1557 .5	5.88/ 11.8	1.2/370.4	200	200				7553	7256	蝶阀	27.85	8.54	三缸四 排气	I+7/6/4X7	东方
	机型五	B157 C600-16.7/0.75/538/538	600	16.7/537/1804. 2	/537/	4.9/	0.6	500							蝶阀					上海

注：1。最大抽汽量应考虑在汽机最大连续运行工况（TMCr）进汽条件，而非 VWO 进汽条件。并满足回热系统安全运行及低压缸最低冷却流量。

附录 C（资料性附录） 参考图



中国电力工程顾问集团公司
技术标准
火力发电厂供热机组热网首站设计导则
Q/DG 2-J06—2008

版权所有 侵权必究