

火力发电厂 用水试验与节水

贵州电力试验研究所
一九九五年十二月

火力发电厂 用水试验与节水

作 者: 潘文昭

审 定: 吴英华 陈侶湘

主 编: 康 健

责任编辑: 熊文红

贵州电力试验研究所

一九九五年十二月

目 录

第一篇 火力发电厂取用水与试验	(1)
第一章 概论	(1)
第二章 火力发电厂取水、用水、耗水与排水	(2)
第一节 火力发电厂取水	(2)
第二节 火力发电厂用水、耗水与排水	(3)
第三章 火力发电厂水平衡试验与测量	(21)
第一节 水平衡及其计量单位	(21)
第二节 火力发电厂用水平衡试验的目的	(22)
第三节 火力发电厂水平衡试验的条件与要求	(22)
第四节 火力发电厂水平衡试验的测试项目	(24)
第五节 火力发电厂水平衡试验通用测试方法	(27)
第四章 火力发电厂水平衡试验的测量仪表	(29)
第一节 绪论	(29)
第二节 温度测量仪表	(30)
第三节 压力测量仪表	(40)
第四节 流量测量仪表及装置	(43)
第五章 火力发电厂取用水系统计算	(83)
第一节 火力发电厂取用水基本参数计算	(83)
第二节 火力发电厂用水(汽)系统损耗水量计算	(84)
第三节 火力发电厂取用水系统考核指标计算	(90)
第四节 采用热平衡法求汽轮发电机组循环冷却 水量计算	(93)

第五节 汽轮机组空冷塔的特性计算·····	(143)
附录 A 我国 200MW 机组首次采用海勒式空气冷却系统运行特性试验实例 ·····	(145)
附录 B 世界各国采用空冷技术的火力发电机组 ·····	(161)
附录 C 30 号透平油的热性质表 ·····	(162)
第十一章 火力发电厂节水新技术研究(之二)	
——锅炉除灰系统节水新工艺·····	(163)
第一节 锅炉除灰系统的节水新工艺·····	(163)
第二节 锅炉除灰系统的节水设备·····	(166)

第一篇 火力发电厂 取用水与试验

第一章 概 论

随着我国经济的全面逐年增长,必将带动我国工农业的迅猛发展,更促进了我国城乡工农业生产用水和生活用水量的成倍增长,使我国本来有限的淡水资源更趋紧张。

据我国有关部门统计:全国 3000 多个市县中,约有二分之一的县市缺水,其中有 100 多个大中城市已严重缺水;尤其是我国“三北”地区(东北、华北、西北地区),水资源更为短缺,已成为影响这些地区工农业发展和提高人民生活水平的制约因素之一。据我国有关部门分析:全国性的水荒将在 2000 年左右来临!因此节约用水意义深远重大,已成为我国当前急待研究解决的重要课题之一。

火力发电厂是现代工业企业的用水大户,一座 1000MW 的大型火力发电厂每日需耗水量为: $8.6 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ ($1 \text{m}^3/\text{s}$),相当于一个中等城市的用水量,这样大的耗水量,在缺水地区是无法提供的。当前节约用水,在我国许多大中型火力发电厂中,已是势在必行,这些火力发电厂只能在节水中求生存,在节水中求发展。

第二章 火力发电厂取水、用水、耗水与排水

第一节 火力发电厂取水

当代推崇设计节水型火力发电厂,故有必要不仅从理论上研究火力发电厂取水、用水、耗水与排水的关系,更重要的是通过现场水平衡试验,核实检验设计部门所提供的火力发电厂取水、用水、耗水、排水数据是否符合实际?是否满足火力发电厂全部机组满负荷运行耗用水量?是否达到最大限度地提高了水的重复利用率?

火力发电厂取水一般是根据每个火电厂所建地区的水资源情况,并结合每个火力发电厂的建设规模、最终装机容量,所选用最大单元机组容量、型式、冷却方式;在调查核实每个火力发电厂所建地区历年水文、气象资料、水资源及其分配情况,特别是每年枯水季节的水资源有关数据的基础上,方可决定其取水水源是来自于大自然的江河湖泊,还是钻井取自地面下的地下水,还是建造大型水库供水。

建设在滨海地区的火力发电厂,可取用海水作为火力发电厂的循环冷却水源。

一般设计现代化大型火力发电厂,均要求设计部门在建厂初期装置完整取水水源计量装置,为今后火力发电厂的科学管水、合理用水、节约用水、最大限度提高水的重复利用率打下良好基础。

第二节 火力发电厂用水、耗水与排水

现代化火力发电厂用水一般按其用途划分：可分为生产系统用水、辅助生产系统用水和非生产生活系统用水3部分。而生产系统用水又占整个火力发电厂用水量的90%以上，故本节重点研究火力发电厂生产系统用水、耗水与排水之间的水平衡关系。

2-2-1 火力发电厂生产系统用水、耗水与排水

火力发电厂生产系统用水、耗水与排水一般按其热力生产系统流程划分如下：

1. 锅炉机组设备及系统：用水、耗水、排水；
2. 汽轮机组设备及系统：用水、耗水、排水；
3. 发电机组设备及系统：用水、耗水、排水；
4. 化学水处理设备及系统：用水、耗水、排水；并分别以水平衡方式来研究它们三者之间的关系。

2-2-1.1 锅炉机组设备及系统用水、耗水、排水

1. 锅炉主蒸汽——给水系统，生产蒸汽用水、耗水、排水，其水平衡方块图如图2-2-1所示。

锅炉汽水系统用水：主要是凝结水——给水，占整个锅炉汽水系统用水量的92%以上；其次有2%—8%的化学除盐水（或软化水）补充。

锅炉汽水系统正常生产耗水如下：

锅炉排污水（包括定时排污水和连续排污水）；

锅炉汽水系统汽水损失。

锅炉汽水系统除停炉检修或事故排水外，正常生产运行不允许排水。

2. 锅炉辅助设备冷却水系统用水、耗水、排水：其水平衡方块图如图2-2-2所示。

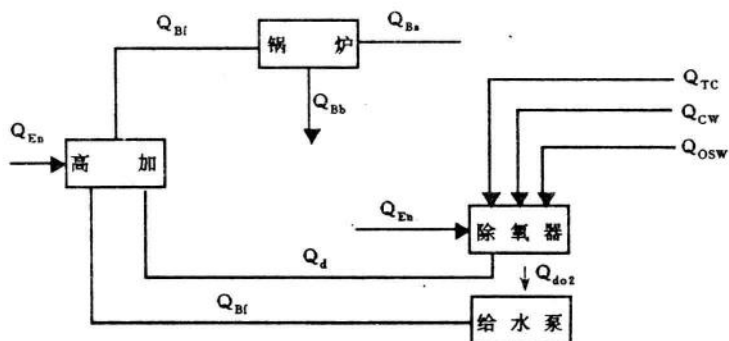


图 2-2-1 火力发电厂锅炉主蒸汽——给水系统水平衡方块图

Q_{BF} : 锅炉给水; Boiler feed water;

Q_{BS} : 锅炉蒸汽; Boiler steam;

锅炉排污水; Boiler blowoff water;

D_{Ea} : 汽机抽汽; Extraction steam;

高加疏水; Drainage water;

Q_{TC} : 汽机凝结水; Turbine condensed water;

Q_{CW} : 软化水; Chemicals water;

Q_{do2} : 除氧水; Deaerated water;

Q_{OSW} : 其它汽水损失; Other steam water loss (包括连续排污等)。

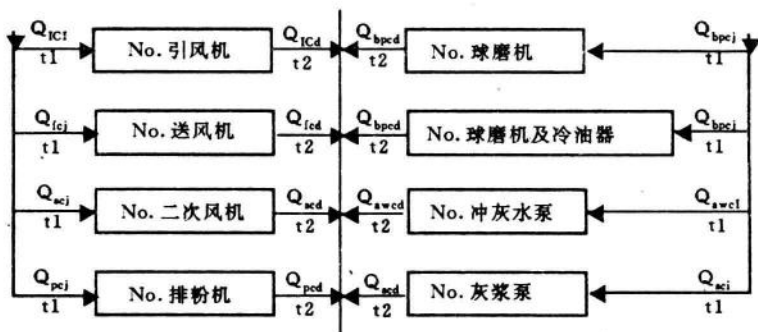


图 2-2-2 火力发电厂锅炉辅机冷却水系统水平衡方块图

Q_{ICI}, Q_{Cd} : 引风机冷却水进水、出水; Induced fan cooling incoming discharge water;

Q_{Id}, Q_{Id} : 送风机冷却水进水、出水; Force fan cooling incoming discharge water;

Q_{sd}, Q_{sd} : 二次风机冷却水进水、出水; Second fan cooling incoming discharge water;

Q_{PCI}, Q_{Sed} : 排粉机冷却水进水、出水; Pulverizer fan cooling incoming discharge water;

Q_{CPCI}, Q_{cpd} : 球磨机及冷油器冷却水进水、出水; Ball pulverizer cooling incoming discharge water;

Q_{awel}, Q_{awed} : 冲灰水泵冷却水进水、出水; Ash-washing pump cooling incoming discharge water;

Q_{SCI}, Q_{sed} : 灰浆泵冷却水进水、出水; Slag pump cooling incoming discharge water.

锅炉机组辅助设备一般包括引风机、送风机、排粉机、磨煤机(及其冷油器)、二次风机、冲灰水泵、灰浆(渣)泵等。

链条式锅炉辅助设备部件还应包括炉排轴承;其冷却水系统用水由火力发电厂工业水系统供应;绝大多数均排入地沟或冲灰沟,未加以区别重复利用。

3. 锅炉冲灰除尘水系统用水、耗水、排水;其水平衡方块图如图 2-2-3 所示。

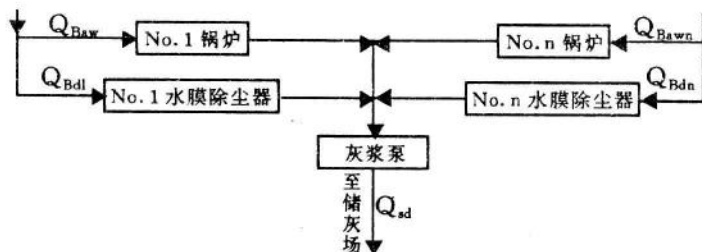


图 2-2-3 火力发电厂锅炉冲灰除尘水水平衡方块图

Q_{Baw-i} : 锅炉冲灰水; Boiler ash-washing water;

Q_{Bdi-i} : 锅炉除尘用水; Boiler dusting water;

Q_{sd} : 灰浆泵出灰渣水; Slag pump discharge water.

锅炉冲灰除尘水系统用水：绝大多数火力发电厂均取自汽轮机循环冷却水系统上，以循环冷却水为水源，其冲灰、除尘水通过灰浆（渣）泵和输灰水系统排至储灰场或灰渣沉淀池；沉清处理后的灰水，大都排入污水系统排放掉。多数火力发电厂未加以回收重复利用。

4. 锅炉上煤运输系统用水：一般用水量甚小，只定期计其进水管累积用水量。

2-2-1.2 汽轮机组设备及其系统用水、耗水、排水

1. 汽轮机主蒸汽——凝结水系统：用汽、耗汽、排汽（水），其汽水平衡方块图如图 2-2-4 所示。

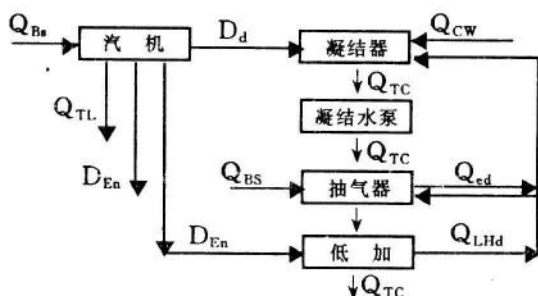


图 2-2-4 火力发电厂汽机主蒸汽——凝结水系统水平衡方块图

D_d : 汽机排汽; Discharge steam;

Q_{TL} : 汽机本体损失; Turbine cylinder loss

Q_{ed} : 抽气器疏水; Jet-air exhauster drainage water;

Q_{LHd} : 低加疏水; Low heater drainage water.

其余符号与(图 2-2-1)同。

注：(图 2-2-1)、(图 2-2-4)合成为火力发电厂汽机—锅炉主蒸汽—凝结水、给水系统水平衡方块图。

汽轮机汽水系统所使用的高温高压蒸汽，是通过主蒸汽管道系统从锅炉送至汽轮机，高温高压蒸汽通过汽轮机作功后，其排汽

排入凝汽器，凝结成凝结水，再经过加热，除氧后送回锅炉重复使用。

汽轮机汽水系统汽水损耗如下：

a. 汽轮机组汽水系统正常运行汽水损失：一般计算汽轮机本体及其汽水系统管道损失和汽轮机外部轴封的漏汽损失。

b. 汽轮机组汽水系统启停汽水损失：是根据每台机组在电网中所担任的任务而计算。

2. 汽轮机组循环冷却水系统用水、耗水、排水：其水平衡方块图如图 2-2-5、图 2-2-6 所示。

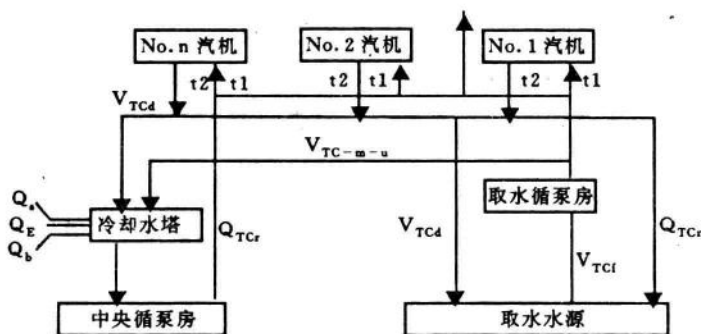


图 2-2-5 火力发电厂 汽轮机循环水系统水平衡方块图

V_{TCF} : 汽机循环水取水; Turbing circulation fresh return water;

Q_{TCr} : 汽机循环水重复利用; Turbine circulation water;

V_{TCd} : 汽机循环水排水; Turbine circulation discharge water;

Q_s : (冷却水塔; 喷水池) 飞溅损失;

Q_E : (冷却水塔; 喷水池) 蒸发损失;

Q_b : (冷却水塔; 喷水池) 排污损失;

V_{TC-m-u} : (冷却水塔; 喷水池) 补给水; Turbine circulation make-up water;

Q_{Dev} : 锅炉冲灰水; Boiler ash-washing water.

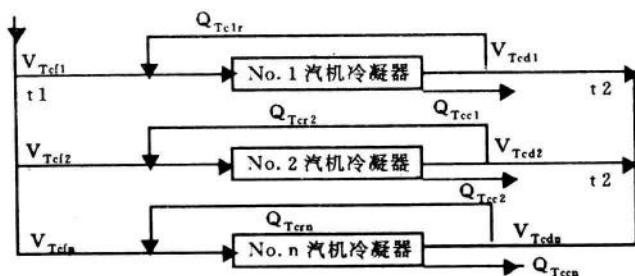


图 2-2-6 火力发电厂单元汽机循环水水平衡方块图

汽轮机组循环冷却水系统用水量占整个火力发电厂总用水量的 50%~80% 以上；其耗水、排水量大小，是根据每个火力发电厂汽轮机组所选用的冷却方式不同而不同的（详细讨论将在本书第九章内论述）。

3. 汽轮机组辅助设备及部件冷却水系统用水、耗水、排水；
其水平衡方块图如图 2-2-7、图 2-2-8、图 2-2-9 所示。

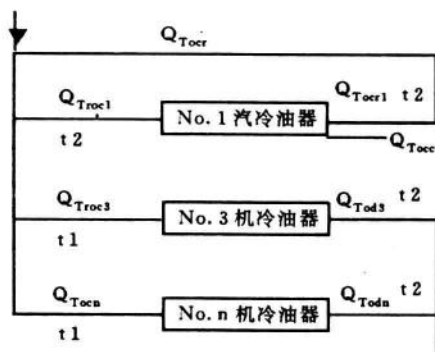


图 2-2-7 火力发电厂汽机油器冷却水系统水平衡方块图

Q_{TQC} : 汽机冷油器冷却水进水; Turbine oil cooling water ;

Q_{TQd} : 汽机冷油器冷却水排水; Turbine oil cooler cooling discharge water ;

Q_{Toc_r} : 汽机冷油器重复利用冷却水; Turbine oil cooler return cooling water;

Q_{Toc_c} : 汽机冷油器冷却水消耗水; Turbine oil cooler consume cooling water.

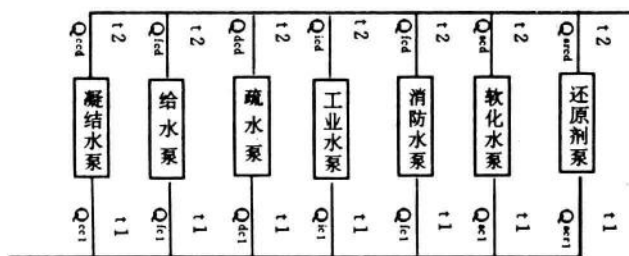


图 2-2-8 火力发电厂汽机辅机与化学水处理冷却水系统平衡方块图

Q_{cc1} 、 Q_{ccd} : 凝结水泵冷却水进出水; Condensed pump cooling incoming discharge water;

Q_{fc1} 、 Q_{fcd} : 给水泵冷却水进水、排水; Feed-water pump cooling incoming discharge water;

Q_{dc1} 、 Q_{dcd} : 疏水泵冷却水进水、排水; Drainage pump cooling incoming discharge water;

Q_{ic1} 、 Q_{icd} : 工业水泵冷却水进水、排水; Industrial pump cooling incoming discharge water;

Q_{fc1} 、 Q_{fcd} : 消防水泵冷却水进水、排水; Fire control pump cooling incoming discharge water;

Q_{sc1} 、 Q_{scd} : 软化水泵冷却水进水、排水; Softer water pump cooling incoming discharge water;

Q_{rc1} 、 Q_{rcd} : 还原剂泵冷却水进水、排水; Softened reductant pump cooling incoming discharge water.

注: 如热力发电厂容量大, 机组台数多, 则每种水泵冷却水系统应绘制单独的水平平衡方块图。

汽轮机组辅助设备及部件包括下列各类:

a. 汽轮机组冷油器;

b. 汽轮机组各类水泵; 包括循环水泵、凝结水泵、给水泵及前置泵、疏水泵、工业水泵、生水泵、消防水泵、射水泵、中继泵等;

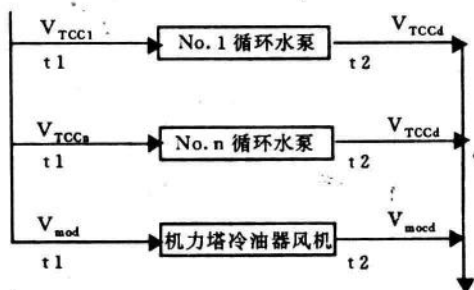


图 2-2-9 火力发电厂循环水泵冷却水塔冷却水系统水平衡方块图

V_{TCC1} 、 V_{TCC4} : 汽机循环水泵冷却水进水、排水; Turbine circulate pump cooling incoming discharge water;

V_{mod} 、 V_{mod} : 机力通风冷却水塔冷却水进水、排水; Mechanical ventilation cooling incoming discharge water.

c. 汽轮机组各类油泵: 高压电动油泵、低压电动油泵、直流电动油泵、密封油泵等;

d. 射水抽气装置;

e. 主汽门、调节汽门、高排逆止门、抽汽逆止门、架座、猫爪;

f. 防暑降温设备及各种取样器;

g. 机力通风冷却水塔风机及其冷油器。

以上各类汽轮机辅助设备及部件用水, 主要由汽轮机循环冷却水系统和工业冷却水系统供应; 其排水, 除冷油器系统外, 绝大多数火力发电厂均排入地沟, 未加以重复利用, 这是火力发电厂一项不小的水量损失。

2-2-1.3 发电机组及系统用水、耗水、排水

1. 发电机组空(氢)气冷却器冷却水系统用水、耗水、排水, 其水平衡方块图如图 2-2-10 所示。其用水一般均取自汽轮机循环冷却水系统上; 其排水亦随汽轮机循环水排水系统排出。

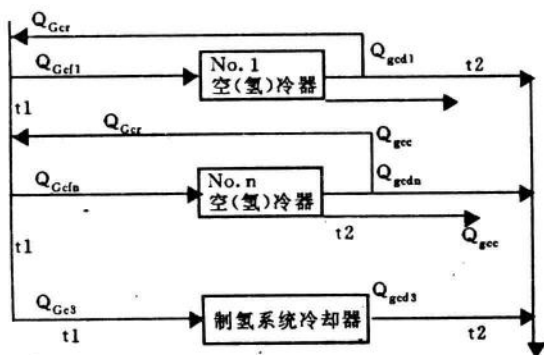


图 2-2-10 火电发电厂发电机冷却水系统水平衡方块图

Q_{Gcf} 、 Q_{Gcd} : 发电机冷却水取水、排水; Generator cooling fresh discharge water;

Q_{Gcr} : 发电机冷却水重复利用水; Generator cooling return water;

Q_{Gcc} : 发电机冷却水消耗水; Generator cooling consume water;

2. 发电机组双水内冷冷却水系统用水、耗水、排水; 其水平衡方块图如图 2-2-11 所示。

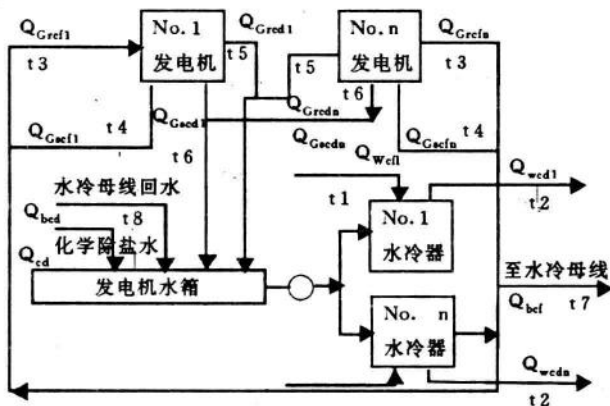


图 2-2-11 火力发电厂发电机双水内冷冷却水系统水平衡方块图

Q_{wcf} 、 Q_{wcd} : 水冷器冷却水进水、排水; Water cooler cooling fresh discharge water;