

中等技术学校教材

热 力 发 电 厂

下 册

汪 經 鎔 編 著

水利电力出版社

中等技术学校教材

热 力 发 电 厂

下 册

汪 經 鎔 編 著

水利电力出版社

內 容 提 要

本书是热力发电厂的下册。书中介绍热力发电厂的供水、燃料处理、灰渣的清除及热力发电厂的布置等。书中对热力网的运行和选择也作了较详细的介绍。

本书可作为中等技术学校热能动力装置及热力发电厂专业的教材。

热 力 发 电 厂

下 册

汪 經 鎔 著

*

2215R485

水利电力出版社出版(北京西郊科学路二里内)

北京市书刊出版业营业许可证出字第105号

水利电力出版社印刷厂排印

新华书店科技发行所发行 各地新华书店经售

*

787×1092 $\frac{1}{16}$ 开本*11%印张*259千字*定价(第9类)1.20元

1959年12月北京第1版

1959年12月北京第1次印刷(0001—3,670册)

目 录

第十章 热力发电厂的供水	209
第一节 热力发电厂水的消耗量	209
第二节 对热力发电厂的供水所提出的要求	211
第三节 水源	212
第四节 供水系统	213
第五节 直流供水系统	213
第六节 冷却水池循环供水系统	217
第七节 冷却塔循环供水系统	220
第八节 喷水池循环供水系统	226
第九节 混合式供水系统	231
第十节 水能的综合利用	232
第十一节 供水系统的选择	232
第十二节 水泵站与取水设备	234
第十三节 水泵站的布置	237
第十四节 循环水泵的选择	240
第十五节 供水系统的范例及我国供水系统管道设计中采用的几点简化形式	242
第十一章 热力发电厂的燃料处理	244
第一节 热力发电厂的燃料处理系统	244
第二节 燃料的接收设备	246
第三节 燃料的储存与储煤场设备	254
第四节 燃料接收设备及储煤场面积的计算例题	262
第五节 燃料的厂内运输设备	263
第六节 碎煤设备	271
第十二章 炉烟中飞灰的清除	278
第一节 炉烟中清除飞灰的必要性	278
第二节 对除尘器的要求及除尘效率	279
第三节 除尘器的型式	280
第四节 除尘系统的选择	289
第五节 除硫设备	290
第十三章 灰与渣的清除	290
第一节 灰与渣的数量	290
第二节 除灰系统	292
第三节 机械除灰渣的方法	292
第四节 水力除灰渣法	293
第五节 气力除灰渣法	301
第六节 除灰系统的选择	301
第七节 储灰场	303
第八节 水力除灰系统的计算例题	303

第九节	灰渣的综合利用	305
第十四章	热力发电厂的布置	306
第一节	发电厂布置的重要性	306
第二节	对发电厂布置的基本要求	306
第三节	主厂房布置的几种典型方式	307
第四节	锅炉房的布置	313
第五节	汽机房的布置	317
第六节	中间场所的布置	323
第七节	主厂房露天和半露天式布置	324
第八节	热力发电厂的总平面布置	329
第九节	热力发电厂的厂址选择	333
第十五章	热力网设备	336
第一节	热力网的基本供热系统	336
第二节	热力网的平面图	343
第三节	热力网的水力计算	344
第四节	热力网的热力计算	346
第五节	热力网的管路	348
第六节	热力网的绝缘	351
第七节	热力网管道的支座	352
第八节	热力网管道补偿器	353
第十六章	热力发电厂的技术经济指标及运行管理	353
第一节	热力发电厂的厂用消耗	353
第二节	热力发电厂的能量成本	361
第三节	热力发电厂负荷的经济分配	368
第四节	热力发电厂的运行管理	374
第十七章	热力发电厂的发展展望	377
第一节	超高参数蒸汽的应用	378
第二节	两汽循环	378
第三节	燃料的综合利用	381
第四节	原子能发电厂	383
第五节	燃气轮机发电厂	390
第六节	煤的地下气化	391
第七节	发电厂的未来展望	392

第十章 热力发电厂的供水

热力发电厂需要大量的水，这些水用于：汽轮机排汽的凝結，汽轮发电机的空气冷却器和油冷却器，吸风机磨煤机等軸承冷却，鍋炉給水损失的补充，热力用戶所损失的水量的补充，除灰和除尘，以及生活与消防等的需要上。

第一节 热力发电厂水的消耗量

1. 热力发电厂水的消耗量的估計，热力发电厂水的消耗量可按下述方式予以初步估計：

(1) 凝結汽轮机排汽所需的水量。供給凝汽器的冷却水流量，可由热平衡公式来确定。

$$W \Delta \bar{t} = D_{\kappa} (i_{\kappa} - \bar{t}_{\kappa}) \quad (10-1)$$

或

$$m \times D_{\kappa} \times \Delta \bar{t} = D_{\kappa} (i_{\kappa} - \bar{t}_{\kappa}),$$

式中 W ——冷却水(循环水)的流量，公斤/时；

m ——冷却倍数或循环倍率， $\frac{\text{公斤水}}{\text{公斤蒸汽}}$ ；

D_{κ} ——进入凝汽器的蒸汽量，公斤/时；

i_{κ} ——进入凝汽器的蒸汽的热焓，大卡/公斤；

$\bar{t}_{\kappa}$ ——在凝汽器內凝結水的热焓，大卡/公斤；

$\Delta \bar{t}$ ——凝汽器入口与出口冷却水的温度差(冷却水在凝汽器內增加的温度)， $^{\circ}\text{C}$ (或热焓，大卡/公斤)。

由公式(10-1)可得： $m = \frac{i_{\kappa} - \bar{t}_{\kappa}}{\Delta \bar{t}} = \frac{W}{D_{\kappa}}$ ，公斤水/公斤蒸汽。

在单回路凝汽器中， m 的数值約为100~110；而在双回路和三回路的凝汽器中， m 的数值一般为50~70倍， $\Delta \bar{t}$ 值在直流供水系統中一般等于 10°C ，而在循环供水系統中一般为 8°C 左右。冬季由于水温低，所需冷却水比夏季的水量减少很多，所以在設計发电厂时，应按夏季所需最大水量来計算。在决定夏季所需水量时，应当考虑到在炎热时期連續运行的情况，尤其是当发电厂的最大負荷是在白天的时候。

(2) 冷却发电机空气所需的水量。发电机由于銅損及鉄損而发出的热量用空气来冷却，空气則通过空气冷却器用水来冷却。发电机每小时所发出的热量为 $(1-\eta_g)860N$ ；因此所需的冷却水量为：

$$W = \frac{(1-\eta_g)860N}{\Delta \bar{t}}, \quad (10-2)$$

式中 η_g ——发电机效率，軸承損失未計算在內；

Δt ——冷却水的温升, °C; 在一般情况下, Δt 值约为 5 °C。

(3) 冷却透平油所需的水量。汽轮发电机冷却透平油所用的水量, 决定于汽轮发电机轴承内所放出的热量, 它与摩擦损失有关。因此冷却透平油所需的水量为:

$$W = \frac{(1 - \eta_{\text{机}}) 860 N}{\Delta t}, \quad (10-3)$$

式中 $\eta_{\text{机}}$ ——汽轮机的机械效率;

Δt ——冷却水的温升, °C; 在一般情况下, Δt 值通常为 2~3 °C。

在平均汽耗率数值下, 冷却油与冷却空气所需的用水量约为汽轮机汽耗的 3~8 倍。

(4) 附属机械(吸风机、送风机、磨煤机等)的轴承冷却用水量。此项用水量一般是不大的, 大约在汽轮机汽耗的 0.1~0.5 范围内。

(5) 化学水处理所需水量。此项水量主要用来补充锅炉排污及水汽损失, 就凝汽式发电厂来说, 一般为汽轮机汽耗的 0.05~0.10。对于向外界供应大量蒸汽而其凝结水不返回的热电中心厂来说, 这项水量可达汽轮机汽耗的 0.3, 而在个别情况下甚至还大于此值。

(6) 水力除灰所需水量。水力除灰所需水量取决于所燃用的燃料量、所含灰分、除灰方法与除尘方法。在水力除灰系统中, 按照用水量来说, 清除一吨煤灰需 5~7 吨水, 而清除一吨煤渣, 则需水量高达 17 吨。在一般情况下, 水力除灰可利用用过的水(如用过的循环水等)。在概略计算时, 这种水量可取为汽轮机汽耗的 0.2~0.6。

(7) 生活及消防用水。此项用水数量较少, 一般可取为汽轮机汽耗量的 0.01~0.10。

(8) 热电中心厂热力网的补充水。热力网补充水根据供热量以及有无直接从热力网中取用热水等情况, 可估计为汽轮机汽耗的 0.05~0.10。

(9) 冷却系统的补充水。在用冷水塔、冷水池或喷水池的循环供水系统条件下, 需要补充冷却用水的损失量, 约为汽轮机汽耗的 2~3.5 倍, 后者根据冷却方法的不同而选择。

从上面的各种用水量的估计中可以看出, 热力发电厂的总的用水量约为汽轮机汽耗的 53~75 倍。

2. 热力发电厂各种不同需要的、相对的及绝对的耗水量, 表 10-1 中列有发电厂各种

表 10-1

用 途	用 水 量 (%)
在凝汽器中冷凝蒸汽	100
冷却油和空气:	
大型汽轮机	3~7
小型汽轮机	6~15
冷却轴承	0.6~1.0
补充锅炉给水:	
在凝汽式发电厂	0.06~0.12
有大量凝结水不从蒸汽用户处回收的热电中心厂	1.5 以下
生活及饮用的水	0.03~0.05
水力除灰(决定于燃料的种类, 需要除去的灰量和除灰系统)	2~5
补充循环供水系统的损失及排污	4~7

不同需要的相对耗水量, 表上所列的百分数是将用于凝汽器的循环水作为 100% 而得出的。

表 10-2 中所列数据是以绝对数字表示的冷却水量的平均值它与汽轮机功率及冷却水起始温度有关。表中凝汽器的循环水量是根据中压汽轮机双回路凝汽器冷却水量而计算的, 如系单回路的凝汽器, 则其水量较双回路的要增加 0.2~0.4 倍。

表 10-2

用水設備名稱	汽 輪 機 容 量 (千瓦)								
	1.5	2.5	3	4	6	12	25	50	100
	冷 却 水 量 (公尺 ³ /時)								
凝 汽 器	$\frac{500}{700}$	$\frac{700}{900}$	$\frac{700}{1000}$	$\frac{900}{1170}$	$\frac{1300}{1750}$	$\frac{2200}{2900}$	$\frac{4500}{5500}$	$\frac{9000}{12000}$	$\frac{18000}{24000}$
空 氣 冷 却 器	$\frac{9}{45}$	$\frac{20}{105}$	$\frac{25}{85}$	$\frac{30}{100}$	$\frac{60}{150}$	$\frac{75}{200}$	$\frac{235}{325}$	$\frac{240}{650}$	$\frac{420}{700}$
冷 油 器	$\frac{10}{50}$	$\frac{25}{75}$	$\frac{25}{75}$	$\frac{25}{75}$	$\frac{30}{120}$	$\frac{40}{225}$	$\frac{80}{300}$	$\frac{150}{500}$	$\frac{300}{800}$
軸 承	8	8	10	10	15	25	40	75	150
總 數 (大約數值)	$\frac{530}{800}$	$\frac{750}{1200}$	$\frac{800}{1200}$	$\frac{950}{1350}$	$\frac{1400}{2000}$	$\frac{2350}{3850}$	$\frac{4800}{6160}$	$\frac{9500}{13000}$	$\frac{19000}{26000}$
每 瓦 的 循 環 水 量	$\frac{0.35}{0.47}$	$\frac{0.3}{0.48}$	$\frac{0.27}{0.4}$	$\frac{0.24}{0.34}$	$\frac{0.23}{0.33}$	$\frac{0.20}{0.29}$	$\frac{0.19}{0.25}$	$\frac{0.19}{0.26}$	$\frac{0.19}{0.26}$

附注: (1)分子为在水的計算溫度較低(5~10°C)时的冷却水量;分母为在水的計算溫度較高(25~30°C)时的冷却水量;

(2)冷油器的水量与所采用设备的段数有关。

第二节 对热力发电厂的供水所提出的要求

从表10-2中可以看出,10万瓩的中压发电厂每小时就需要約二万多吨的供水量,而在現代大型发电厂中,比如以30万瓩的高压发电厂来看,每小时就需要約七万多吨的供水量,所以現代的大型发电厂的耗水量是很大的。因此,保証供給发电厂充足的有适当温度的水量,以及建設供水所需要的取水构筑物和水泵設備等問題,是設計和建筑发电厂时最重要的技术和經濟問題之一。

发电厂的供水必須滿足下列要求:

(1)必須保証发电厂在全年的任何時間內都有充足的水量。

(2)在夏季进入凝汽器的冷却水溫度不应太高(不高于25~30°C),使汽輪机能在全負荷下运行时真空度比正常情况下沒有显著的降低。

(3)在水中必須沒有漂浮的物体和大量的悬浮物,以免造成凝汽器及发电厂內其它設備的堵塞;水质不应对設備起有害的化学作用。水中的溶解的盐量不应当太大,以免在凝汽器的管內沉淀而形成水垢。如果在河流上游或在蓄水池堤岸有工厂或其它企业单位,在生产过程中向河流或蓄水池排出廢物因而影响水的清洁时,則应特別注意水的质量。

(4)建筑供水构筑物时,必須要求投資最小,运行費用最低(主要是指抽水所消耗的电能价值)。

(5)补偿鍋炉給水系统中水的損失,須用經過化学处理的水,它的含盐成分和数量,应在一定的允許範圍內。

第三节 水 源

发电厂的水源可分为下列三种：

江河或湖泊、自流井水(地下水)、海水等。因自流井水水量较少，一般只作为发电厂的飲用水源；

海水，因水质不好只可作为凝汽器的循环水用，锅炉用水必须另覓其他水源来供给。

在选择发电厂水源时，必须考虑下列几个主要问题：

1. 厂址应尽可能靠近水源：当我们选择厂址的时候，必须考虑到把厂址尽可能地靠近水源。这对于中型或大型的电厂来说非常重要。因为它的用水量相当多，尤其是当电厂采用直流式供水时，所需水量就更多。水量愈多，所需的引水沟渠就挖得很宽很深，或者要用直径很大的金属管(或混凝土管)。有时用水渠因土质不好，渗透性很大，还得在渠底作护底，以防止水的渗漏。很明显，距离愈远，挖的土方愈多，费的材料也愈多，而且还拖长了时间。所以在设计时，应尽可能使电厂靠近水源。

2. 必须收集正确的水文资料：如果历年最高洪水位不正确的话，在以后运行中就可能发生淹没水泵房等情况；如果历年最枯流量不正确的话，就不能保证发电厂的供水。水文资料不正确还会增加取水设备的投资。由于水文资料的正确性是如此重要，所以在考虑水源时，必须很慎重、仔细地予以调查、研究、分析，以便得出正确的结果。

3. 研究水文资料：根据已收集的水文资料，须对下列几个主要因素作出详细的研究，才能确定水源是否适合。

(1) 水量。水量够不够对火力发电厂起着决定性的作用。所以选择厂地的时候，必须保证有足够的水量，以便供给电厂在最大负荷时所需的水量。一般采用的原则是在100年内，不论在任何情况下(平水年或者枯水年)都必须有97年保证电厂在最大负荷时的用水量，其余三年虽可以不保证供给，但也不是连续三年(这就是所谓的保证率为97%)。

(2) 水质。水质也是一个重要问题，因为自然界所有的水，不可能是完全软水，它或多或少都有些硬度，硬度的大小由水所处的地质情况来决定。

硬度的增大，会使锅炉和凝汽器的管壁上结成很厚很坚硬的水垢。水垢的产生将大大的影响传热，减低效率，增加煤耗。为了减少硬度，必须增加水处理设备。硬度愈大，水处理设备也愈复杂，同时也增加了运行中的费用。尤其是锅炉用水，它要求尽可能的用软水。在苏联一般对水源的水质要求为：硬度不超过 $6\sim 8^{\circ}\text{G}$ 。

(3) 水温。水的温度对电厂的运行有很大的影响。水温高使凝汽器的真空降低，因而效率也就不高，一般要求是在 15°C 左右为最好。但是我国地区广大，南方和北方气候相差很大，因而水的温度有显著的不同，如西安、武汉等地，在夏季最热时水温(河)高至 $30\sim 40^{\circ}\text{C}$ 以上。苏联设计的汽轮机是按照凝汽器的循环水温最高为 33°C 而设计制造的。因而我们选择水温时，应该尽可能的不超过这个数字。当然，超过这个数字还是可以运行的，不过效率不高。

按照我国火力发电厂设计技术暂行规程第303条规定：“采用直流式供水系统时，进入凝汽器的冷却水的最高计算温度一般不应超过 33°C ；如在南方炎热地区，夏季水温过高时，允许汽轮机降低出力运行。”

(4) 水位。历年最高洪水位一定要低于厂地标高2.5~3公尺, 否则就不可能保证电厂不被历年最高洪水位时的洪水所淹没。

对于水泵房也是一样, 要求历年最高洪水位不淹没水泵房。最高洪水位和最低枯水位不能相差太大, 否则会給取水带来很大的困难, 并将大大的增加取水设备的費用。

(5) 含砂量。我国許多河流的含砂量都很大, 含砂量对凝汽器的磨損作用很大, 因而必須想尽一切办法, 减少它的数量及大顆粒。

(6) 河岸及河床。一定要在坚固的河岸上選擇取水口。由黃土层或沙土层构成的河岸, 易受大水的冲刷和侵蝕, 这种河的河岸对取水是很不利的。此外稳固的河床对取水是有利的, 河床的不稳定, 将不能保证电厂的供水。我国渭河, 它的河床就很不固定, 經過一次大水就变动一次, 一年就要变动几次, 这就給取水增加很大的困难。

(7) 結冰。在我国北方, 河流上結冰的現象是很普遍的, 結冰也会严重地影响取水。最可怕的是河底浮冰。浮冰不但会堵塞过滤网的网眼; 同时由于浮冰本身的重力和水流速度的冲击, 取水构筑物会受到破坏, 从而大大降低它的寿命。

(8) 湖水中的魚类及杂草。大多数湖中都有漁产物, 有的是农民特意养的, 他們依此为生, 因而一定要不影响魚的生存。有的湖中也生长有杂草, 尤其是浮萍, 它和魚类同样会严重地影响取水, 有时还会把过滤网和水泵給塞住。同时, 杂草的生成还会增加湖水的蒸发量, 因此应当把它清除掉。

4. 水文气象对电厂供水的影响: 水文气象对选择冷却方式(如噴水池或冷水塔)有着直接的影响。如相对湿度愈大, 它将降低噴水池的效率。风速愈大, 它将增加水的損失。无风則不能滿足噴水池冷却的要求。气温对水的蒸发損失等均有影响, 而由于水文气象所产生的水的損失, 在我們确定电厂用水时, 也都要把它考虑在內。

第四节 供水系統

热力发电厂所采用的供水系統可分为下列几种方式。

1. 直流供水系統。水自水源引入, 通过电厂的冷却设备, 用一次后再回到水源地。
2. 循环供水系統。冷却水(循环水)被重复利用的系統叫做循环供水系統。它所吸收的热量在专設的冷却设备中傳給空气, 然后再次供电厂使用, 这样就成为一个密閉的循环。

循环供水系統可按其冷却方式再分为:

- (1) 冷却水池循环供水系統;
 - (2) 冷水塔循环供水系統;
 - (3) 噴水池冷却的循环供水系統。
3. 混合供水系統。即直流式和任何一种循环式的联合系統。

第五节 直流供水系統

在直流供水系統中, 通常自河流中吸取发电厂凝結蒸汽所需要的水量, 而被加热的的水除一部分为企业所消耗外, 全部排入河中, 不再在发电厂中作二次利用。当发电厂位于水量很大的河流附近, 且其水量在最枯水年中的最小流量还超过发电厂用水的需要, 河水的正常流量最低限度应为用水量的2~3倍, 或位于大湖或海洋附近并且发电厂厂区

高出供水水源不大时，通常都采用直流供水系统。

由计算和运行经验所得，发电厂利用直流式供水系统的极限为：至供水水源的距离为一公里，供水高度约12公尺，在这个极限内适宜采用直流式供水系统。

按照自河流或湖泊向发电厂汽机房输水的方法，直流供水系统可分为下列各种方式：

1. 具有岸边中央水泵站的直流式系统；
2. 具有两段升压的直流式系统；
3. 利用排水能量的直流式系统；
4. 汽机房有循环水泵的直流式系统；
5. 没有循环水泵的直流式系统。

1. 具有岸边中央水泵站的直流式系统：这种系统的中央水泵站通常采用不多于4台至5台水泵，而且水泵的水头必须保证水能直接送入凝汽器。水泵进水高度应当不大于4~5公尺（因为循环水泵的最大吸入高度限制在3~4公尺）。自岸边中央水泵站至凝汽器通常装两条压力母管，水在压力下输送到凝汽器，如其中一条压力母管损坏时，可以把它关闭。

被加热过的循环水，从自流水沟道引出至河流下游距进水口至少50公尺的地方，以免在夏季把热水吸入进水口。在冬季为了防止结冰和凝结水过冷却的现象，一部分排水（20~40%）排入进水口上游不远处（见图10-1中7）。

图10-1所示为具有岸边中央水泵站的直流供水的原理系统图。

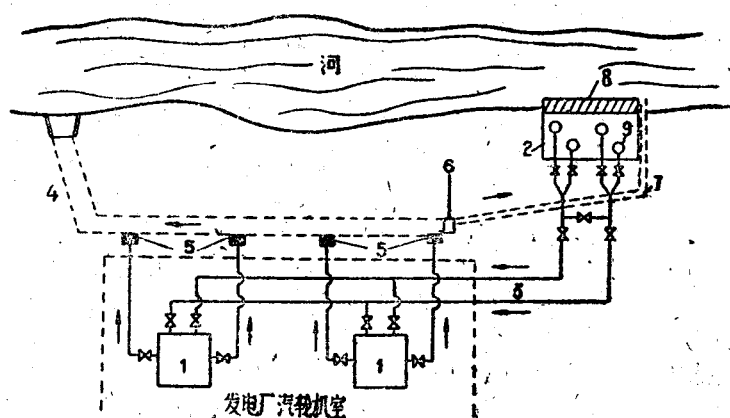


图 10-1 直流式供水的原理系统图

1—凝汽器；2—岸边中央水泵站；3—压力主管；4—放水沟；5—放水虹吸井；
6—切换闸门井；7—旁路水沟；8—拦污栅；9—循环水泵。

图10-2所示为具有岸边中央水泵站直流供水系统的示意图。

具有岸边中央水泵站的直流式供水系统的适用范围为：

- (1) 在河中水位变动很大时（因为水泵可设在低的标高面上，即使在最低水位也能保证吸水高低在容许值之内）；
- (2) 厂地和最低水位标高相差很大时（理由同上）；
- (3) 和其他工厂共同使用水源时。

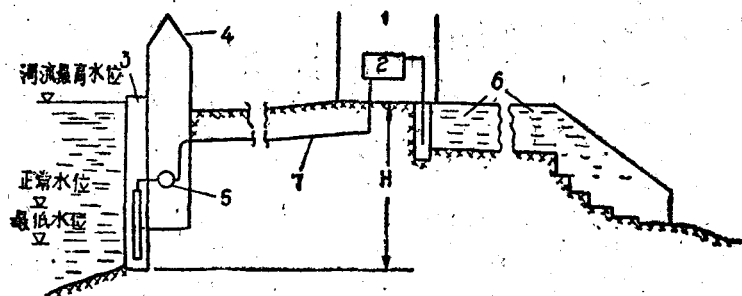


图 10-2 具有岸边中央水泵站直流供水系统的示意图

1—主厂房；2—凝汽器；3—取水池；4—水泵站；5—循环水泵；6—排水沟；
7—压力母管。

至于岸边中央水泵站的直流供水方式的应用是否合理，取决于地点条件。如果厂址离河岸很远，用直流式将会使管道建筑费用增大，并且有很大的水力损失，这是不经济的；但如果地形条件可以允许由岸边水泵房提高不大的水头而进入自流沟渠流到电厂时，还是很经济的。

2. 具有两段升压的直流式系统：在当地的地形有可能从岸边的中央水泵站经自流明沟供水，且不需很大的水头时，则可以用两级升压的系统来供水。在这种情况下，利用当地的优越地势，将水由水泵第一次升压后，用自流明沟引导一个相当长的距离（离河边1.5~2公里或更多），至第二次升压的水泵站，从这里再将水打到位位于第二层高地上的发电厂凝汽器中。

当很正确的选择导入明沟的断面时，可以使两水泵之间的水头损失减到最小。假如发电厂厂址所在地的岸边第二层高地的高度不大时，导水明沟的建筑费用要比压力水管的建筑费用低得多。

自然，当从岸边到厂区高度很大时，带有两段升压的系统不能算是比较经济的，因为这样在建筑自流明沟时需要很大的土方工作。

3. 利用排水能量的直流式系统：在发电厂厂房高出河中水位很高时，应用这种供水方式最为经济。这种利用排水能量的直流式系统有三种可能应用的方案，即：

(1) 在岸边水泵站中安装若干个用水轮机来打水的循环水泵，而其余的水泵则用电动机带动，如图10-3所示。

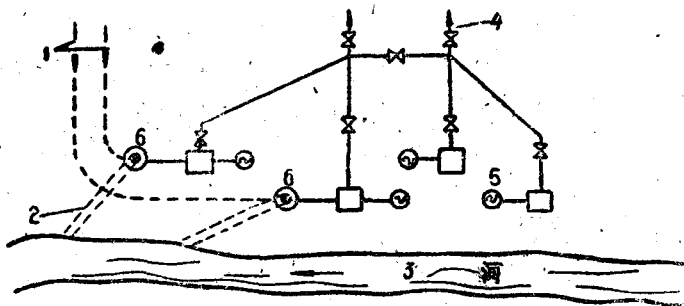


图 10-3 装设水轮机以传动水泵的利用排水能量的直流式系统

1—往水轮机进热水；2—排除热水；3—取水河流；4—从水泵站送出的压力母管；5—电动水泵；6—水轮水泵。

(2) 将水泵串联运用，一台用电动机带动，而另一台则用水轮机带动。这种方案要装置适当的由电动机带动的备用水泵，要根据总的水头以及联合机故障停用的情况来选择，如图10-4所示。

(3) 在排水渠上建立水电站，如图10-5所示。

在以上三种情况中，为

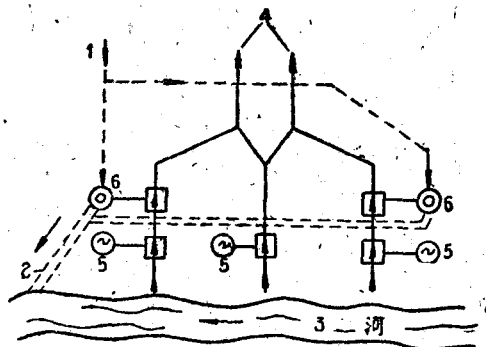


图 10-4 电动水泵和水輪水泵串联运行的利用排水能量的直流式系統

1—往水輪机进热水；2—排除热水；3—取水河流；4—从水泵站送出的压力母管；5—电动水泵；6—水輪水泵。

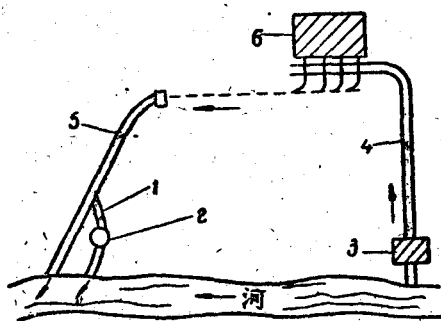


图 10-5 在排水渠上筑水电站的利用排水能量的直流式系統

1—往水輪机进水；2—水电站；3—水泵站；4—从水泵站送出的压力母管；5—排水沟；6—发电厂。

了傳送被利用的热水到水輪机去，需要敷設压力管道，并且要能保証当水輪机发生故障或檢修时热水能排到河里去。

这样应用排出热水能量，可以节省水泵房40%的必須电能。

4. 汽机房有循环水泵的直流式系統：在这种系統中，水是从河或湖經過自流沟渠而进到汽机房附近的（或在汽机間里的）取水井中去，再用循环水泵打进凝汽器。

应用这种系統的条件是河或湖的水位漲落的幅度不能很大，或者利用升高水位的堤坝，保証水位及水源水位与汽机房地面标高相差不多，使有足够的水量自己流向汽机室去。这种系統的优点是大大地縮短了压力水管的长度，因为压力水管的敷設費、維護費都要比水沟的大得多。

5. 没有循环水泵的直流式系統：当供水的水源比发电厂厂址高，并能保証循环水通过凝汽器时，可以采用没有循环水泵的直流式系統。如果河岸有很大的坡度（如图10-6所示）或发电厂的位置比坝低，冷却水可从坝的上游用压力水管直接引到凝汽器里去的时候，便可以采用这种系統。

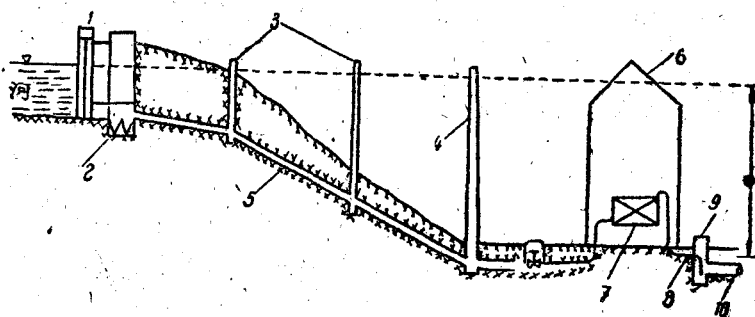


图 10-6 没有循环水泵的直流式系統

1—主取水口建筑物；2—除泥砂用沉淀器；3—水井（窺視孔）；4—平衡水塔；5—压力水管；6—发电厂厂房；7—凝汽器；8—排水沟；9—排水井；10—鋼筋混凝土排水沟。

这种系統应该有足够的水头能够克服管道及凝汽器内的水力阻力。

没有循环水泵的系統在自然水头的作用下輸入凝汽器，因此可以减少发电厂的厂用电量，但是完成这种系統的可能性是极为有限的。

在这种系统的进水口处，必须装有可靠的阀门，以便在必要时将压力水管关闭，用以检修以及其他等等。

第六节 冷却水池循环供水系统

1.工作的原理和系统：当电厂位于有足够面积和储水量的天然湖或水池附近时，可以利用这些湖或水池作为循环水的冷却装置，必要时，可以建筑补充的人工水池。

当电厂位于河的附近，而河的流量不足以建立直流式供水系统时，可建筑拦河坝，造成人工水池。在丰水时期把水池充满，并利用它作为循环水的冷却装置。

在天然的或人工的水池中，水自水池的一个地点吸取，经电厂利用后，尽可能地将其排到水池的远离取水口的另一地点。从排水口到取水口的流程内，主要是由于部分的蒸发作用使水得到冷却。如水池的水位变动很大，循环水泵如同在直流式供水系统一样，应安装在池边的中央水泵房中；供水的系统也和直流式供水系统相同。但为了使水能在水池中得到充分的冷却，进水口和排水口之间必须有较大的距离，而排水明沟的长度，应当绕行达到冷却效果所需要的水池面，在大型发电厂中排水明沟的长度达1.5~2.0公里以上。

如水池的水位变动不大(小于3~4公尺时)，同时电厂的位置也不高，循环水泵可安装在电厂的厂房中，而水则从取水口沿着自流的沟道输送至电厂的厂房。用过的水也与直流式供水系统一样，沿着自流的沟道排出(不过沟道必须较长)，在此沟道中，也一定要建筑虹吸井。为了防止取水口结冰，应该建筑旁路沟道，以便在冬季引热水至取水口处。建有自流的进水和排水沟的水池供水系统如图10-7所示。

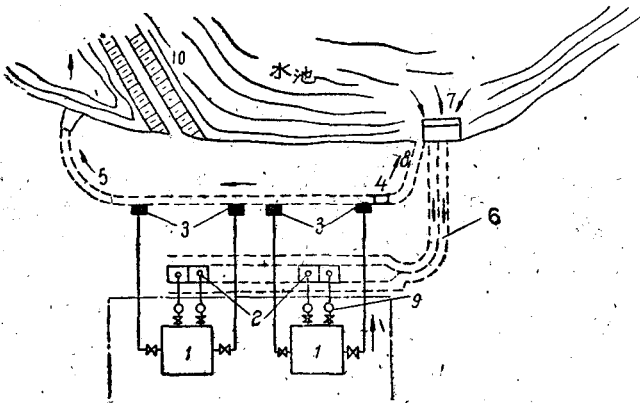


图 10-7 冷却水池循环供水原理系统图

1—凝汽器；2—进水井；3—溢流（虹吸井）；4—切换井；5—排水沟道；6—进水自流沟道；7—取水口；8—旁路沟道；9—循环水泵；10—导水堤。

通常开两条进水沟，从每条沟道供水到各进水井。在取水口处必须装设平面的或旋转的拦污栅。旋转的栅较易清理，所以被采用在有水草的水池。进入冷油器或空气冷却器的水，是在进入凝汽器前由冷却水的主管通过支管来供给的。从冷却器出来的溢流管必须引入自流的排水沟中，管口在水面下，以取得虹吸作用。在夏季池水太热时，这些冷却设备(指冷油器和空气冷却器)有时需要换用较冷的水，例如自流井的水。

冷却水池的损失由自然支流的水来补充。冷却水池的深度应为3~4公尺。深度小于1.5~2公尺者是不容许的。

2.冷却水池的有效面积：水在水池中冷却是由于下列三种作用而产生的：(1)水池表面的蒸发作用；(2)池水与周围空气的温度差，使池水通过对流作用放热于空气中，这种作用显著地较蒸发作用为小；(3)水池表面的辐射作用，这种作用更小。为了使水

从排水口到进水口能有足够的冷却，水池必须有适当的有效面积。水池的有效面积小于水池全面积，其理由如下：（1）池水的一部分（其数量随水池的外形和水的深度而不同）并没有参加热水的循环（例如，在深度小于0.75~1公尺的地方，水不参加循环）；（2）由于水中有漩涡，其表面冷却能力小于其它循环的水流。水池的冷却能力由它的有效面积的数值来表示，后者的含义是：这样一个假设的水池面积，它里面所有的水流都是平行的，而且其最初及最终的水温是和所研究的水池相同的。

知道了水池在其进水至出水处的区域内的水面形状和它的面积以后，在预先计算时，可以根据设计经验概略计算水池的有效面积 F_{okm} 。

$$F_{okm} = K \cdot F,$$

式中 K ——冷却水面的利用系数。

这个系数 K 有以下的数值：在有规则的长方形水池为0.8~0.9；不规则形的水池为0.6~0.75；当水池为圆形时为0.4~0.5。

人工水池的有效面积可以用提高它的标高的方法来增大（例如增高堤坝），假如没有什么障碍，也可以用增大取水口与排水口之间的距离、建筑导水土堤或建筑木的隔墙（板桩）以增长水流的途径来达到这个目的。

准确地决定必需的水池面积是一个十分复杂的问题，因为要搞清楚它的有效面积是很困难的。所需要有效面积，也可用水池的热平衡公式进行计算。水池的热平衡可以按照下述标准列成公式：由循环水和由于太阳辐射所带入水池的热量和由于蒸发及对流所放出的热量，以及水池所积蓄热量之和等于零。但是这种热平衡公式中的很多因素在水池工作的实际情况中是不确定的，因此这种计算也不能付诸实施。

为了初步求得必需的冷却水池的有效面积及冷却水温，可以应用如图10-8所示的苏联热电设计公司的图表来进行概略计算。

冷却水池的散热量一般为每平方米面积100~300大卡/时。在概略计算时，可以取每一瓩发电厂装置容量需要7~10平方公尺的水池面积。

为了能利用图表，要计算出每单位冷却水消耗量的有效面积 f_{vo} 公尺²/公尺³-昼夜。然后决定在天然条件下水池中的水温 t_n ，即在计算的气候情况下，但没有放入热水的加热，也不考虑冷水的流动。

水在天然条件下的温度 t_n ，根据外界温度 θ 由图10-8的辅助曲线图1求得。在利用图表时所必需知道的风速 C ，应转换成离地面2公尺高处的风速 C 值，假如知道了观察用的风信旗的高度，可按辅助图表2求得。

自凝汽器放出的水温 t_2 和自水池进入凝汽器的冷却水温 t_1 之差 Δt （即冷却范围），可从被凝结的蒸汽量和冷却水量的关系中求得如下：

$$\Delta t = \frac{530}{m},$$

式中 m ——冷却倍数。

当已知单位有效面积 f_{vo} ，天然条件下水池的水温 t_n ，冷却范围 Δt 及离地面2公尺高处的风速 C 时，可从图10-8中求出被冷却的水温 t_2 和已冷却的水温 t_1 。

在已知 t_1 、 Δt 、 t_n 及 C 时，也可从图表中求得必需的有效面积。

3. 冷却水池的有效面积及冷却水温的计算例题

例题1. 已知 $t_n = 20^\circ\text{C}$ ， $C = 2$ 公尺/秒，单位有效面积 $f_{vo} = 1.96$ 公尺²/公尺³-昼

夜, $\Delta t = 8.5^\circ\text{C}$, 求冷却水温 t_1 。

图表的用法按下列次序: $f_{y\theta} \rightarrow t_n \rightarrow (C=0.5) \rightarrow C \rightarrow \Delta t \rightarrow \delta$ 。

从图10-8中的A点(相当于 $f_{y\theta} = 1.96$ 公尺³/公尺³-昼夜)作垂直线, 与 $t_n = 20^\circ\text{C}$ 线相交于B点; 自B点作水平线BB与 $C = 0.5$ 公尺/秒线相交; 再从B点向下作垂直线与 $C = 2$ 公尺/秒线相交于F点; 从F点作水平线至J点(即至与 $\Delta t = 8.5^\circ\text{C}$ 线相交之点); 从J点向下作垂直线与横坐标相交, 找出水池中冷却水温 t_1 与自然条件下水温 t_n 的差 δ 。因为 t_n 已知, 本例题中的 δ 从图表中求得为 2.6°C , 所以求得:

$$t_1 = t_n + \delta = 20 + 2.6 = 22.6^\circ\text{C}; \quad t_2 = t_1 + \Delta t = 22.6 + 8.5 = 31.1^\circ\text{C}。$$

例题2. 已知 $t_1 = 25.5^\circ\text{C}$, $t_n = 20.5^\circ\text{C}$, $C = 2$ 公尺/秒, $\Delta t = 8.0^\circ\text{C}$, 求单位有效面积 $f_{y\theta}$ 。

图表的查法按下列次序进行: $\delta \rightarrow \Delta t \rightarrow C \rightarrow (C=0.5) \rightarrow t_n - f_{y\theta}$ 。

$$\delta = t_1 - t_n = 25.5 - 20.5 = 5^\circ\text{C}, \quad t_2 = t_1 + \Delta t = 25.5 + 8 = 33.5^\circ\text{C}。$$

从图10-8中的K点起按照 $K \rightarrow J \rightarrow M \rightarrow H \rightarrow O \rightarrow \Pi$ 的顺序, 便可求得 $f_{y\theta} = 1.24$ 公尺³/公尺³-昼夜。

第七节 冷却塔循环供水系统

1. 冷却塔的工作原理和系统: 在冷却塔内使水冷却的方法; 是将需要冷却的水送至塔身下部离地面 $8 \sim 10$ 公尺高度处。水沿着配水槽系统, 由塔中心流至四周, 并经过配水槽内的孔呈线状水流落下, 落在特殊的溅水碟上溅成细小水滴。呈水滴状的水继续往下落, 落在很多三角形截面的木条上, 水就这样从一根木条落到下一根木条地向下流入水池, 水池在冷水塔内沿着塔的四周建成一环状。冷却空气靠着塔筒所造成的吸力被吸入塔内或用风机将空气打入塔内, 与水流迎面相遇而将水中热量带去。在这种冷却塔内, 水的冷却主要是由于滴成水滴, 所以它们被称为点滴式冷却塔。还可利用一种与点滴式不相同的冷却塔, 那就是飞溅后的水沿着木板表面淌下, 并从水膜表面将热散出, 这种冷却塔叫做薄膜式冷却塔。

在冷却塔内冷却后的水落在位于塔下面的混凝土水池内, 从水池沿着自流沟道被输送到循环水泵, 由循环水泵把水送入凝汽器, 然后沿着压力管道再回到冷却塔。冷却塔的水循环的原理系统图示于图10-9中; 采用冷却塔的全部供水原理系统如图10-10所示。

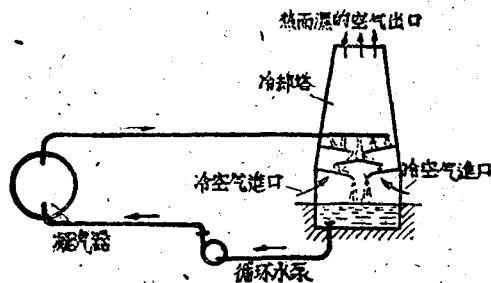


图 10-9 采用冷却塔的水循环系统图

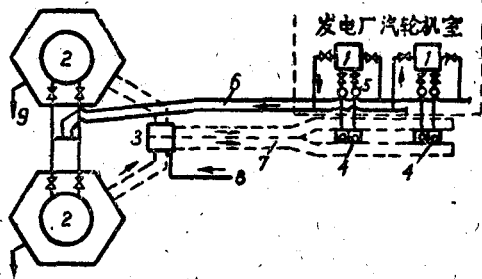


图 10-10 在冷却塔中冷却循环水的原理系统图

- 1—凝汽器；2—冷却塔；3—切换井；4—进水井；
5—靠近汽轮机的循环水泵；6—压力主管；7—进水流自沟道；8—补充水的充给；9—排水。