

高等学校教材

专科适用

水轮发电机组辅助设备与测试技术

长春水利电力高等专科学校 邬承玉 王义林 合编



高等学校教材

//////////////////// 专 科 适 用 //////////////////////

水轮发电机组辅助设备 与 测 试 技 术

长春水利电力高等专科学校 郭承玉 合编
王义林

中国水利水电出版社

内 容 提 要

本书为高等专科学校“水电站动力设备”专业的教材,亦可作为相关专业的教学参考书,也可供有关工程技术人员参考。

本书系统地阐述了水轮发电机组辅助设备与测试技术的基本原理及应用、辅助设备系统的设计原理及计算方法。全书共九章,内容包括:技术供水系统,排水系统,压缩空气系统,油系统,进水阀,水电站主厂房的设备布置,非电量电测原理及传感器,常用测试仪表及测试装置,机组水力参数的测量等。

图书在版编目(CIP)数据

水轮发电机组辅助设备与测试技术/邬承玉,王义林合编. -北京:中国水利水电出版社,1998

高等学校教材 专科适用

ISBN 7-80124-785-X

I. 水… II. ①邬… ②王… III. ①水轮机-附属装置-高等学校-教材②水轮机-测试技术-高等学校-教材 IV. TK730.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 17934 号

书 名	高等学校教材 专科适用 水轮发电机组辅助设备与测试技术
作 者	长春水利电力高等专科学校 邬承玉 王义林 合编
出 版	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www. waterpub. com. cn E-mail: sale@waterpub. com. cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (发行部)
发 行	新华书店北京发行所
经 售	全国各地新华书店
排 版	北京密云红光照排厂
印 刷	北京京丰印刷厂
规 格	787×1092 毫米 16 开本 17.25 印张 420 千字
版 次	1999 年 5 月第一版 1999 年 5 月北京第一次印刷
印 数	0001—2060 册
定 价	16.90 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

本书是高等专科学校“水电站动力设备”专业的教材。该教材是根据“1990~1995年高等学校水利水电类专业专科教材选题和编审出版规划”及该专业的培养目标组织编写的。

本书第一、二、三章由长春水利电力高等专科学校邬承玉编写，第四、五、六章由杨晓菊编写，第七、八、九章由王义林编写。全书由邬承玉副教授统稿，由武汉水利电力大学范华秀教授主审。

本书在编写过程中，得到东北勘测设计院、丰满发电厂、白山发电厂等单位有关工程技术人员的支持和帮助，在此致以谢意。

由于编者学识水平和实践经验有限，书中难免存在错误和不足之处，恳切希望读者批评指正。

编 者

1996年7月

目 录

前 言

第一章 技术供水系统	1
第一节 供水对象及其作用	1
第二节 用水设备对供水的要求	3
第三节 水源及供水方式	9
第四节 水泵	12
第五节 技术供水系统图	24
第六节 技术供水系统设备及管道选择	28
第七节 技术供水系统水力计算	38
第八节 消防供水	43
第九节 技术供水系统水力计算实例	46
第二章 排水系统	52
第一节 排水内容和方式	52
第二节 渗漏排水	52
第三节 检修排水	56
第四节 排水系统图	59
第五节 机组检修排水系统的计算	63
第三章 压缩空气系统	66
第一节 压缩空气的用途及压气系统的组成	66
第二节 活塞式空气压缩机	67
第三节 机组制动供气	72
第四节 机组调相压水供气	76
第五节 维护检修、空气围带和防冻吹冰供气	81
第六节 油压装置供气	85
第七节 配电装置供气	88
第八节 压缩空气系统计算实例	92
第四章 油系统	98
第一节 水电站用油种类及作用	98
第二节 油的基本性质及其对运行的影响	99
第三节 油的劣化和净化	103
第四节 用油量计算及设备选择	105
第五节 油系统的任务、组成和系统图	110
第六节 透平油系统计算实例	115
第五章 进水阀	118
第一节 进水阀的作用和设置条件	118
第二节 进水阀的型式及其结构	119

第三节	进水阀的操作方式和操作系统	126
第六章	水电站主厂房的设备布置	128
第一节	概述	128
第二节	起重机的选择	129
第三节	主厂房的设备布置	131
第四节	主厂房主要尺寸的确定	138
第五节	副厂房	146
第七章	非电量电测原理及传感器	148
第一节	非电量电测法概述	148
第二节	电阻应变片	150
第三节	电阻应变片的应用和电阻应变传感器	161
第四节	电感式传感器	168
第五节	电容式传感器	173
第六节	其它类型传感器	178
第八章	常用测试仪表与测试装置	190
第一节	常用测量电路	190
第二节	电阻应变仪	200
第三节	光线示波器	210
第四节	电动单元组合仪表	217
第五节	转速测量装置	223
第六节	机组振动和轴位移测量装置	228
第七节	水轮机气蚀的测量	231
第八节	机组相对效率的测量	236
第九章	机组水力参数的测量	239
第一节	水电站水力测量的目的和内容	239
第二节	电站上、下游水位和装置水头的测量	239
第三节	水轮机工作水头的测量	244
第四节	水轮机引、排水系统的监测	246
第五节	流速仪法测流	250
第六节	水锤法测流	255
第七节	蜗壳测流法	260
第八节	水电站的水力量测系统	264
参考文献		269

第一章 技术供水系统

第一节 供水对象及其作用

一、概述

水电站的供水包括技术供水、消防供水和生活供水。本章主要讨论技术供水，并简要介绍消防供水。

水电站在生产电能的过程中，为了保证机组以及整个电站的安全经济运行，技术供水是一个重要的系统，是辅助设备的重要组成部分。

二、技术供水的作用和对象

技术供水的主要作用是对运行设备进行冷却，有时也用来进行润滑（如水轮机橡胶瓦导轴承等）及水压操作（如高水头电站的主阀、射流泵等）。

下面分别讨论技术供水的作用和对象。

（一）冷却

1. 发电机冷却

发电机在运行过程中有电磁损耗和机械损耗。这些损耗转化为热量，如不及时散发出去，不但会降低发电机的效率和出力，而且还会因局部过热破坏线圈的绝缘，影响使用寿命，甚至引起发电机事故。因此，运行中的发电机必须加以冷却。除小型发电机可采用开敞式或川流式通风外，一般大、中型发电机均采用密闭式通风。就是将发电机空间加以封闭，其中包含着一定体积的空气，利用安装在发电机转子上的风扇（有的不带风扇，利用轮辐的风扇作用），强迫空气流动，冷空气通过转子绕组，再经过定子的通风沟，吸收发电绕组和铁芯等处的热量成为热空气。热空气通过设置在发电机定子外围的空气冷却器，将热量传给冷却器中的冷却水并带走，经冷却后的空气重新进入发电机内。图 1-1 表示径向通风方式冷却空气的通流路径。

空气冷却器的冷却效果对发电机的出力和效率有很大影响：当进风温度较低时，发电机的效率较高，发出功率较大；当进风温度升高时，发电机的效率显著下降，如表 1-1 所示。

表 1-1 进风口空气温度对发电机出力的影响

进风口空气温度 (℃)	15	20	30	35	40	45	50
发电机出力相对变化 (%)	+10	+7.5~+10	+2.5~+5	0	-5~-7.5	-15.2	-22.5~-25

2. 推力轴承和导轴承油冷却

发电机在运行时的机械摩擦损失，以热能形式聚积在轴承中。由于轴承是浸在透平油里的，热量由轴承传入油中。此部分热量如不及时排出，将会影响轴承的寿命及机组安全

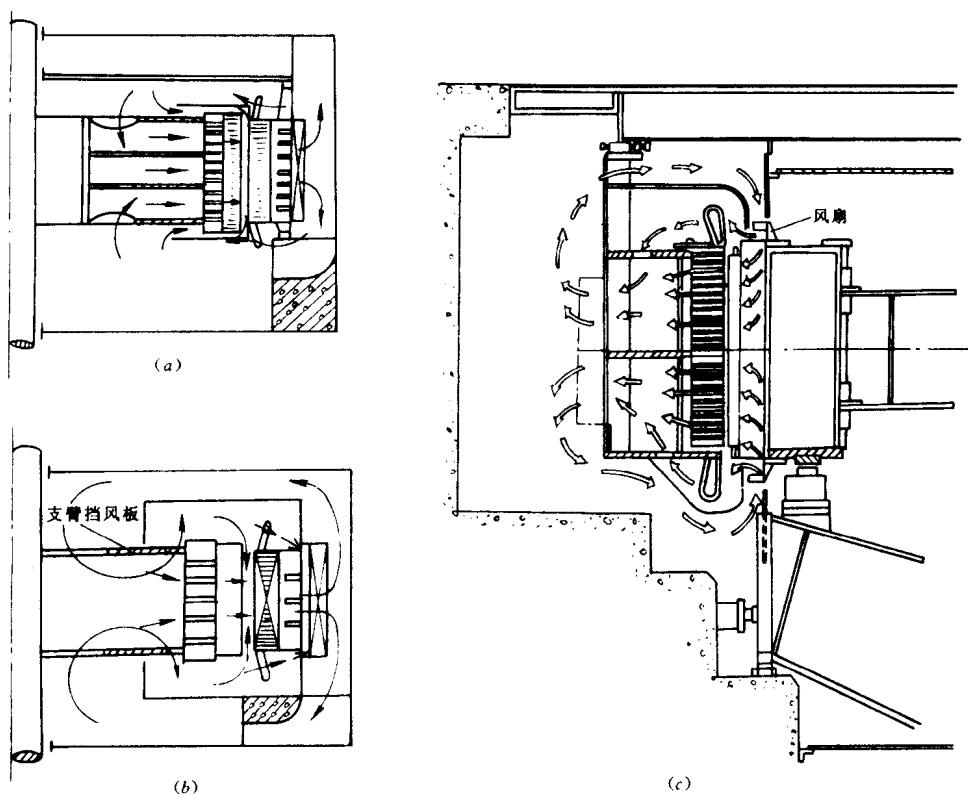


图 1-1 发电机内冷却空气的通流路径

(a)、(b) 无风扇结构；(c) 有风扇结构

运行，并加速透平油的劣化。因此，应将油加以冷却。轴承油槽内油的冷却方式有两种：一种是内部冷却，即将冷却器放在油槽内；另一种是外部冷却，即将润滑油利用油泵抽到外面专门油槽内，再利用冷却器进行冷却。无论哪种方式，都要通过冷却器的冷却水将热量带走。

另外还有一种将冷却水通入推力轴承瓦内进行冷却，这样可以提高冷却效果，但制造及安装质量要求很高。例如葛洲坝二江电站 170MW 的两台机组的推力轴承瓦，就是采用这种冷却方法的。

3. 水冷式变压器油的冷却

水冷式变压器有内部水冷式和外部水冷式两种。内部水冷式变压器，其冷却器装在变压器的绝缘油箱内，通过冷却器的冷却水将热量带走。而外部水冷却即强迫油循环水冷式，这种变压器的油箱通过油泵和特殊的油冷却器相接通，油冷却器浸入冷却水中达到冷却的目的。

4. 水冷式空气压缩机的冷却

空气被压缩时，温度可能升至 180°C 左右。为了降低压缩空气温度，提高生产能力，并且避免气缸内活塞产生积碳及润滑油分解，因此需要对空压机的气缸进行冷却。水冷式空气压缩机通常在气缸和气缸盖中，都铸成环形空间，构成冷却水套，通过冷却水流动带走

热量。

在两级压缩的空压机中，空气经第Ⅰ级压缩后，要用中间冷却器冷却，然后再进入第Ⅱ级缸进行第Ⅱ级压缩。

5. 其它冷却

油压装置回油箱等有时也设置冷却器，以带走油在流动中因摩擦而产生的热量。

(二) 润滑

有的水电站水轮机导轴承采用橡胶轴瓦，需要用清洁水润滑。深井泵的导轴承也需要清洁水润滑。

(三) 液压操作

某些水头较高的电站，可用高压水操作进水阀及其它液压阀。此外，可作为射流泵的动力水源。

三、技术供水系统的组成

技术供水系统由水源、管网、量测控制元件及用水设备等组成。

(1) 水源由取水设备、水处理设备（若水质不符合要求）组成。

(2) 供给用水设备用水的管路系统，称为管网。管网由干管、支管及管件等组成。干管直径较大，把水引到厂内用水区。支管直径较小，把水从干管引向用水设备。管件包括法兰、三通、弯头等，是管网不可缺少的组成部分。技术供水系统的管网，一般是树枝状管网。如图 1-2 所示。

(3) 量测控制元件分手动和自动。手动元件如压力表、示流器及手动阀门等。自动化元件如电磁阀、示流信号器等。

(4) 用水设备。前面介绍的各冷却器等供水对象。

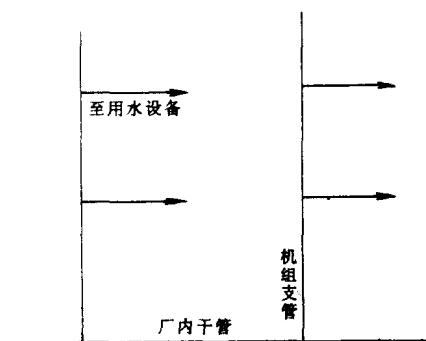


图 1-2 树枝状供水管网

四、技术供水系统的任务

技术供水系统的任务是：最经济合理和安全可靠地保证用水设备的技术要求，如水量、水压、水温、水质等。这是做好技术供水系统设计、施工和运行工作的准则。

第二节 用水设备对供水的要求

各种用水设备对供水的水量、水压、水温、水质均有一定的要求。

一、水量

用水设备对供水量的要求，一般由制造厂提供。但在初步设计阶段，未取得制造厂的资料，往往需要电站设计单位参考相类似的电站和机组，用经验公式或曲线图表估算，求得近似的数值，作为设计的依据。在技术设计阶段，再按制造厂提供的资料修改与校核。

根据我国已运行的大中型水电站机电设备用水情况分析，水量分配比例大致为：发电机空气冷却器占 70%；推力与导轴承的油冷却器占 18%；水润滑水导轴承占 5%；水冷式

变压器占 6%；其余用水设备占 1%。所以，发电机的用水量对电站技术供水系统的规模起着决定性的作用。

1. 水轮发电机总用水量

水轮发电机总用水量是指空气冷却器的用水量加上推力轴承和导轴承油冷却器的用水量。初步估算时，可由图 1-3 查取。

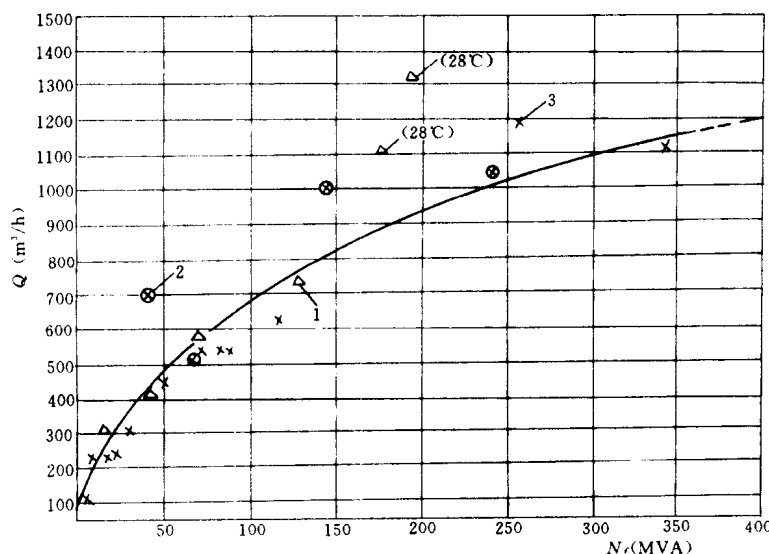


图 1-3 水轮发电机总用水量曲线

1—全伞式发电机；2—半伞式发电机；3—悬式发电机

2. 空气冷却器用水量

发电机运行时铁芯和绕组的允许最高温度，与发电机采用的绝缘等级和型式有关。为了限制发电机内部温升，一般规定：经过空气冷却后的空气温度不超过 35℃；空气吸收热量后的温度不高于 60℃；空气冷却器的进水和出水温度差要求为 2~4℃；进水温度不得超过 30℃。制造厂在确定发电机冷却水量时，按进水温度为 25℃，发电机带最大负荷连续运行时所产生的最大热量为依据。

(1) 空气冷却器所需的冷却水量，根据热量平衡条件，可由下式计算

$$Q_K = 3603 \frac{\Delta N_d}{C \Delta t} \quad (1-1)$$

式中 Q_K ——空气冷却器所需的冷却水量， m^3/h ；

C ——水的比热，取 $C \approx 4.19 \times 10^3$ ， $\text{J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$ ；

3603——热功当量，取 $860 \times 4.19 \times 10^3 = 3603 \times 10^3$ ， $\text{J}/(\text{kW} \cdot \text{h})$ ；

Δt ——进出水温之差，取 $\Delta t = 2 \sim 4^\circ\text{C}$ ；

ΔN_d ——发电机电磁损耗功率， kW 。

为了求得发电机的电磁损耗功率，首先要求出发电机总的损耗功率。在发电机未设计之前是不能确定电磁损耗功率的，初步估算时可用估算发电机的效率来推算这种损耗，即

$$\Delta N_f = \frac{N_{fe}}{\eta_f} - N_{fe} \quad (1-2)$$

式中 ΔN_f ——发电机的总损耗功率, kW;

N_{fe} ——发电机的额定容量, kW;

η_f ——发电机的效率, 大中型水轮发电机一般为 0.96~0.98。

$$\text{而} \quad \Delta N_d = \Delta N_f - \Delta N_z \quad (1-3)$$

式中 ΔN_z ——轴承机械损耗, kW。

轴承机械损耗包括推力轴承和导轴承两部分。推力轴承的损耗计算见式 (1-5), 导轴承的损耗可按推力轴承损耗的 10%~20% 考虑。

(2) 空气冷却器的用水量可用以下的经验公式进行估算

$$Q_k = 8.5 N_{fe} \left(\frac{1 - \eta_f}{0.025} \right) \times 10^{-3} \quad (1-4)$$

式中符号意义同式 (1-2)。

按此公式计算所得数值与制造厂所损耗的数值相比较, 单机容量在 100MW 以下的机组基本相近。100MW 以上的机组, 则计算值偏大, 但作为估算还是可用的。

(3) 初步估算空气冷却器用水量时可由发电机额定容量查曲线 (见图 1-4)。

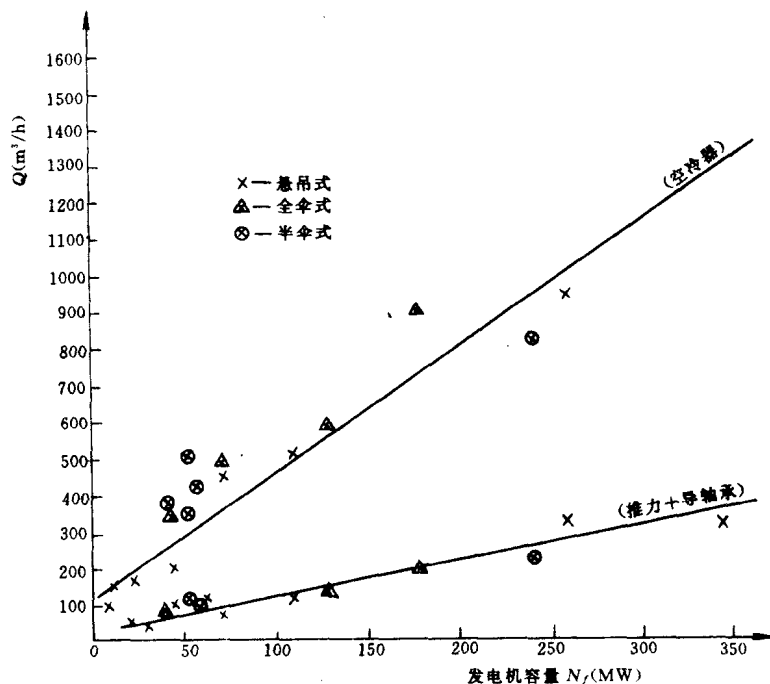


图 1-4 水轮发电机空气冷却器、轴承冷却水量曲线

(4) 空气冷却器用水量亦可按发电机额定容量每千伏安 0.0065m³/h 粗略计算。

空气冷却器用水量随发电机负荷而变化, 当 $\cos\varphi$ 为常数时, 用水量与负荷的关系如图

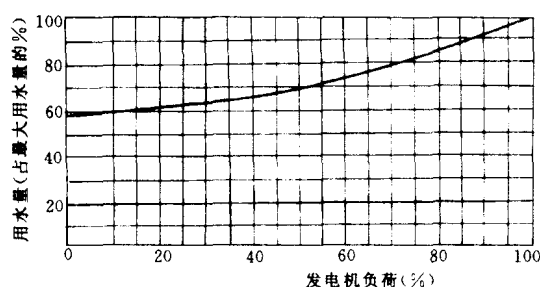


图 1-5 空气冷却器用水量与发电机负荷的关系

1-5 所示。

3. 推力轴承和导轴承油冷却器用水量

发电机在运行过程中, 推力轴承和导轴承因摩擦产生热量, 这些热量由润滑油经油冷却器传递给冷却水带走。如果资料比较齐全, 推力轴承的损耗只能在有了详细的结构布置和几何尺寸、推力轴承负荷及转速等数据后才能进行计算。一般 ΔN_t 可参考类似机组的资料按下式计算

$$\Delta N_t = AF^{3.2} n_e^{3.2} \times 10^{-6} \quad (1-5)$$

式中 ΔN_t ——推力轴承损耗功率, kW;

F ——推力轴承总荷重, kN, 由机组转动部分所受的重力和水轮机轴向水推力组成;

n_e ——机组额定转速, r/min;

A ——系数, 取决于推力轴承扇形瓦上的单位压力 p , p 通常采用 3.5~4.5 MPa。

A 值查图 1-6 曲线。

推力轴承油冷却器用水量按下式计算

$$Q_t = 3603 \frac{\Delta N_t}{C \Delta t} \quad (1-6)$$

式中 Q_t ——推力轴承油冷却器用水量, m³/h;

其它符号的意义同式 (1-5)。

推力轴承的损耗随作用在水轮机转轮上的水头变化而变化, 故其油冷却器的用水量也随着变化。推力轴承油冷却器的用水量随水轮机水头而变化的关系见图 1-7。

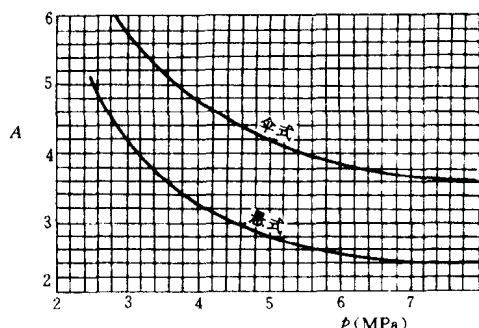


图 1-6 推力轴瓦上的单位压力 p 与系数 A 的关系曲线

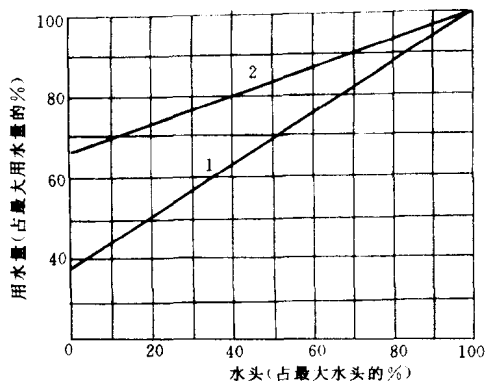


图 1-7 推力轴承油冷却器用水量与水轮机水头的关系

1—转桨式水轮机; 2—混流式水轮机

发电机导轴承油冷却器用水量不大, 可按推力轴承用水量的 10%~20% 考虑。

4. 水轮机导轴承用水量

稀油润滑的水导轴承一般均装有冷却器，其冷却水量很小，可按推力轴承用水量的 10%~20% 考虑，或按机组总用水量的 5%~7% 估算。

水导轴承采用水润滑的橡胶轴瓦，由于橡胶轴瓦不能导热，所以在工作过程中产生的热量，均需用水带走。水流既起润滑作用，又起冷却作用。由于橡胶在高温 (65~70℃) 下会加速老化，所以对水润滑的橡胶水导轴承供水必须十分可靠。

橡胶轴承的用水量，当已知水轮机主轴直径时，可在图 1-8 曲线查取。

5. 水冷式空气压缩机和变压器的冷却水量

水冷式空气压缩机和变压器的冷却水量很小，在此不作介绍，可参阅《水电站机电设计手册》水力机械分册。

国内已生产的水轮发电机各部分用水量见表 1-2。

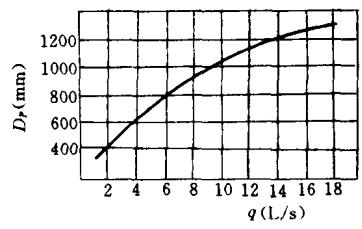


图 1-8 橡胶轴承润滑水量与主轴直径的关系

表 1-2 国内已生产的水轮发电机各部分用水量

单 机 容 量 N (kW) / S (kVA)	机组型式	推力导轴承用水量 $Q_{推}/Q_{导}$ (m ³ /h)	空气冷却器用水量 $Q_{空}$ (m ³ /h)	总用水量 Q (m ³ /h)	制 造 厂
300000/343000	悬 式	250/60	1300	1610	哈 厂
225000/258000	悬 式	250/75	940	1265	哈 厂
210000/240000	半 伞	200/26	820	1046	东 方
150000/176500	全 伞	140/60	900	1100	东 方
110000/129500	全 伞	140/合在一起	595	735	东 方
100000/111000	悬 式	130	510	640	哈 厂
75000/88200	悬 式	40/6	500	546	哈 厂
72500/85000	悬 式	40/6	500	546	哈 厂
65000/72300	悬 式	80	450	530	哈 厂
60000/70600	全 伞	80	500	580	
50000/58700	半 伞	100	420	520	东 方
50000/62500	悬 式	120	2016 (单回路)	2136	哈 厂
45000/53000	半 伞	120	350		
45000/53000	半 伞	120/25	510	810	哈 厂
40000/44500	悬 式	54/51	200	305	哈厂、东方、天发
36000/42400	全 伞	80	350	430	哈 厂
36000/41200	半 伞	320	380	700	东 方
25000/31200	悬 式	45/5	220	270	东 方
20000/23100	悬 式	60	180	240	哈 厂
17000/21200	悬 式				
15000/18700	悬 式	10.5	222	232.5	哈 厂
11000/13750	悬 式	62.4	163	225.4	天 发
8000/10000	悬 式	25	110	135	哈 厂
7500/9400	悬 式	22	200	222	哈 厂
5000/6250	悬 式	10.4	93	103.4	重 庆

二、水压

进入冷却器的冷却水，应有一定的水压，以保证必要的流速和所需的水量。冷却器的强度限制了进口水压，目前一般不超过 200kPa。如有特殊要求时，需与制造厂协商提高强度。冷却器进口水压的下限，只要足以克服冷却器内部压降及排水侧管路的水头损失，保证通过必要的流量即可，但其值究竟为多少，需通过供水系统水力计算确定。

冷却水通过冷却器的压降按下式计算

$$\Delta h = n \left(\lambda \frac{l_0}{d} + \sum \zeta \right) \frac{v^2}{2g} \quad (1-7)$$

式中 Δh ——冷却器内部压降，m；

n ——水在冷却器内流动的回路数（空气冷却器一般为 4 或 6 路，轴承油冷却器通常为 1 路）；

λ ——管道沿程阻力系数，对铜管一般按 0.031 考虑；

l_0 ——管道有效长度，m，可查《水电站机电设计手册》水力机械分册；

d ——管道内径，m，一般为 $\phi 17\text{mm}$ ；

$\sum \zeta$ ——局部阻力系数之和，空气冷却器可取 1.3，油冷却器可取 3.5~4；

v ——管内水流速度，m/s，一般取平均流速为 1.0~1.5m/s。

冷却器长期使用后，由于铜管内壁发生积垢和氧化作用，使冷却器水流特性变坏，传热系数下降，所以制造厂一般均按计算值加上一倍或更大的安全系数。国内冷却器一般压降为 40~75kPa。

三、水温

技术供水水温一般按夏季经常出现的最高水温考虑。水温与水源、取水深度及各地气温等因素有关。为了设计与制造的方便，根据我国的具体情况，制造厂一般按进水温度为 25℃ 作为设计依据。

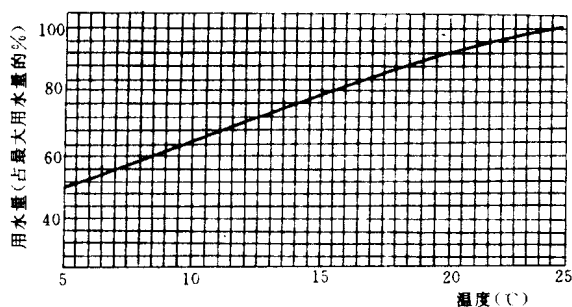


图 1-9 水温低于 25℃ 时冷却水量的折减系数

根据我国各水电站水库水温实测资料及电站运行情况来看，大部分电站获得 25℃ 的水温是可能的。

南方有一部分地区夏季水温超过 25℃ 达一个多月。水温超过 25℃ 的地区，制造厂需专门设计特殊的冷却器。水温对冷却器的尺寸影响很大，一般冷却水温增高 3℃，冷却器高度增加 50%。同时，水温超过设计温度，还会使发电机出力不足。

对北方的某些地区，水库水温长年达不到 25℃，为减少供水量，则可根据图 1-9 曲线进行折算。

四、水质

水电站的技术供水，不论是取自地面水或是地下水，对水质一般应满足如下要求：

(1) 要求水中不含悬浮物（如杂草、碎木等），以免堵塞管道。

(2) 水中含沙粒径在 0.025mm 以上的应不超过含沙量的 5%，总含沙量宜在 5kg/m³ 以下。对多泥沙河流要特别注意防止杂草与泥沙的混合作用，堵塞管道。

(3) 为避免形成水垢，冷却水应是软水，暂时硬度不大于 8°~10°。

硬度由水中钙盐或镁盐的含量而定，以度表示。硬度 1 度相当于 1L 水中含有 10mgCaO 或 7.14mgMgO。硬度分暂时硬度、永久硬度。暂时硬度即碳酸盐硬度，水中含有酸式碳酸钙 [Ca (COH₃)₂]、酸式碳酸镁 [Mg (COH₃)₂] 等，将水加热煮沸时即分解析出钙、镁的碳酸盐沉淀，水的硬度即消失，故称为暂时硬度。水中含有钙、镁的硫酸盐或氯化物，经过沸点烧煮仍不会沉淀，即为永久硬度。

水依硬度可分为

极 软 水	0°~4°
软 水	4°~8°
中等硬水	8°~16°
硬 水	16°~30°

(4) 为了防止腐蚀管道与用水设备，要求 pH 值反应为中性。氢离子浓度以 10 为底的对数的负值称为 pH 值，即

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = \lg \frac{1}{[\text{H}^+]}$$

pH=7，水为中性反应；pH>7 为碱性反应；pH<7 为酸性反应。大多数的天然水的 pH 值为 7~8。

(5) 水中力求不含有机物、水生物及微生物。

(6) 水中不含油分。

总之，应以管道的腐蚀、结垢和堵塞等来检查水质。

此外，对水轮机橡胶导轴承（水导轴承密封、推力轴承水冷瓦）润滑水的水质要求：

(1) 含沙量及悬浮物必须控制在 0.1g/L 以下，泥沙粒径应小于 0.01mm。

(2) 润滑水中不允许含有油脂及其它对轴承和主轴有腐蚀性的杂质。

第三节 水源及供水方式

一、水源

(一) 水源选择的原则

技术供水水源的选择非常重要，如果选择不当，不仅增加投资，还可能增加运行和维护的困难。因而，选择的原则，应从技术上和经济上考虑。

在技术上，要保证机组安全运行，满足用水设备对水量、水压、水温、水质的要求，并且整个供水系统的设备操作维护要方便。

在经济上，力求设备投资和运行费用最少。

根据电站具体情况，进行详细的分析论证，从所有可能的方案中，选出技术先进、运行方便可靠、经济合理的方案。

(二) 水源分类

1. 地面水源

一般情况下,均采用水电站所在的河流(上游水库或下游尾水)作为技术供水的水源。

(1) 上游水库作水源,常有两种取水方式:

1) 压力钢管或蜗壳取水,如图 1-10 所示。其优点是引水管道较短,管道阀件可以集中

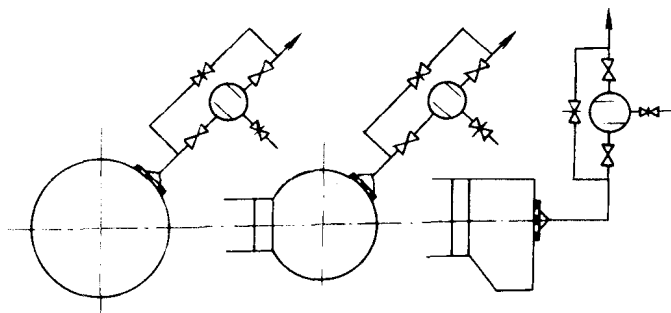


图 1-10 压力钢管或蜗壳取水

布置,既节省投资,操作、维护也方便。缺点是若水质不良,布置水处理设备困难。此种取水方式适用各种类型电站(坝后式、河床式、引水式)。例如云峰、丰满、桓仁、太平哨、

葛洲坝等电站主水源均为此种取水方式。如设有进水阀,钢管取水一般设在进水阀的前面。取水口的位置最好布置在钢管或蜗壳断面的两侧,一般在 45° 方向上,避免布置在底部或顶部,因为布置在顶部易被悬浮物堵塞,如布置在底部又易积存泥沙。

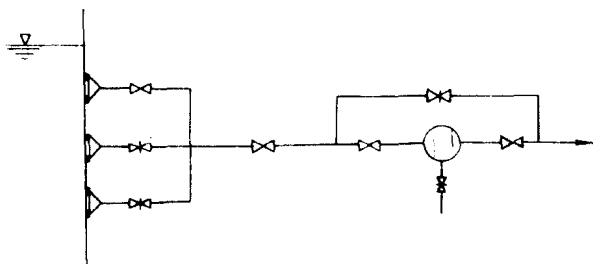


图 1-11 坝前取水

2) 坝前取水,如图 1-11 所示。此种取水的优点:①取水口可以有数个,

设置在不同的高程上,随着上游水位的变化,选用不同高程的取水口;②当机组检修需关闭进水阀门或某个取水口堵塞时,供水仍不会中断;③在夏季水温较高时可取深层水,提高冷却效果;④当河流水质较差时,便于布置水处理设备。坝前取水的缺点:引水管道长,投资大。这种取水方式适用于河床式、坝后式电站的技术供水。由于该种取水方式供水可靠性高,常用它作为备用水源。

3) 对中、高水头的水电站可从水轮机顶盖取水,如图 1-12 所示。利用水轮机上止漏环的漏水作为技术供水。其优点:①水量充足,供水可靠;②止漏环间隙对漏水起了良好的减压作用,水压稳定;③操作简单,随机组启、停而自动供、停水,随机组出力增减而自动增减供水量。试用证明效果良好。其主要缺

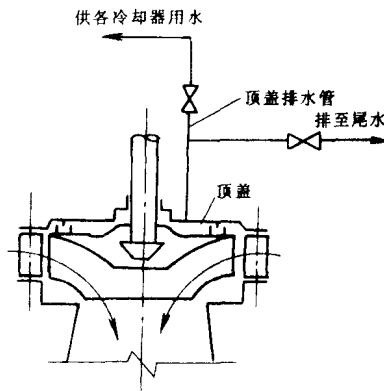


图 1-12 自水轮机顶盖取水

点：当机组作调相运行时，需另有其它水源供水。

(2)下游尾水作水源。当电站水头过高或过低时，可考虑下游尾水作水源，通过水泵将水送至各用水设备，如图 1-13 所示。

自下游尾水取水时，应注意机组尾水冲起的泥沙和引起的水压波动，以及因机组负荷变化而引起的下游水位升降等给水泵运行带来不利的影响，应尽可能提高取水口的位置，但取水口必须在最低尾水位 0.5m 以下。取水管外端应焊有法兰，并设有拦污栅网，以防杂物吸入。

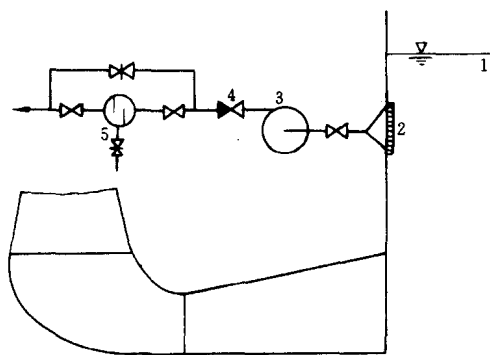


图 1-13 尾水取水

1—下游尾水；2—取水口；3—水泵；
4—逆止阀；5—滤水器

2. 地下水源

为了获得地下水源，在电站勘测初期即要求勘测部门详细了解该地区地下水分布情况。

若地下水压不足，可通过水泵加压，供给技术用水。地下水源一般都比较清洁，水质较好，某些地下水源还具有较高的水压，有时可能获得经济实用的水源。但是，该技术供水系统比较复杂。

二、供水方式

一般按电站水头范围确定供水方式，常采用的供水方式有以下四种。

1. 自流供水

水头在 15~40m 的水电站一般采用自流供水方式。这种供水方式简单可靠，操作方便，便于维护。

水头大于 40~50m 的水电站采用自流供水时，为了保证各冷却器进口水压符合制造厂的要求，一般要装设减压装置，对多余的水头加以削减。削减掉的水头，实际是能量的浪费。在此种情况下，必须把浪费的水能与采用水泵供水方案所增加的设备费用和电能消耗进行技术经济比较，以确定合理的供水方式。

2. 水泵供水

当电站水头高于 80m，用自流供水方式已不经济，而当水头小于 15m 时，自流供水水压已很难满足用水设备的要求。因此，在这两种情况下，一般采用水泵供水。对于高水头电站，一般均采用水泵从下游取水。对低水头电站取水口可设置在上游水库或下游尾水，视具体情况而定。

水泵供水的优点是：采用地下水时，若水压不足，可用水泵供水来保证所需水压、水量。水质不良时，布置水处理设备比较容易。其主要缺点是供水可靠性差，当水泵电源中断时要停水，设备投资和运行费用一般较大。

3. 混合供水

当电站水头为 15~20m，不宜采用单一供水方式时，一般采用混合供水。当水头比较高时采用自流供水，水头比较低时采用水泵供水，经过水力计算确定供水方式的分界水头。例如，葛洲坝二江电站采用混合供水方式，当水头大于 18.6m (125MW 机组为 16.5m) 时，