

发电厂用水与节水

刘汝义 黄玉坤 编著

水利电力出版社

发电厂用水与节水

刘汝义 黄玉坤 编著

水利电力出版社

内 容 提 要

本书根据发电厂的特点,对其用水与节水作了全面论述。主要内容是对发电厂的用水量和用水水质、排水量和排水水质、排水的污染及其防治做了较为详细的介绍。为了达到节流与开源的目的,本书列举了有关实例,并力求做好水量平衡。对冲灰水的回收、冷却水系统的节水、生活用水的节水、全厂排水的控制排放等做了详细的论述,并对发电厂的水务管理提出了建议,供读者在实际工作中参考。

本书可供从事发电厂供水、排水的设计人员及有关大专院校的师生学习参考。

发电厂用水与节水

刘汝义 黄玉坤 编著

*

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号)

各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 4.125印张 89千字 1插图

1990年5月第一版 1990年5月北京第一次印刷

印数0001—3410册

ISBN 7-120-01013-1/TK·158

定价2.75元

前 言

随着能源工业的迅速发展，发电厂的装机容量日益扩大和增加。我国是一个缺水的国家，发电厂又是工业中用水量最大的工厂之一，因此我国迫切需要解决发电厂用水方面的“开源”与“节流”问题。为适应这种需要，我们在总结国内发电厂供水与排水实践经验，并吸取国外有益经验的基础上，编著了这本书。

在本书编著过程中得到了清华大学王继明教授、东北电力设计院马传玺、河北省电力勘测设计院杨爱群等同志的大力协助并承蒙水利电力部高级工程师丁华生同志审稿，对提高书稿质量，起了一定的作用，在此我们一并表示衷心感谢。

限于编著者的水平，书中定会存在不妥、缺点和错误，恳请读者批评指正。

编著者

1988.

序

水是一种宝贵的自然资源，是人民生活、生产建设不可缺少和不可取代的物质基础。在当今世界上，水已经成为地区开发和经济发展的主要制约条件之一。对于发电厂来讲更是如此。1985年前建设的发电基地中，约有70%的发电厂，水是主要矛盾。特别是矿口发电厂，水的问题尤为突出，有的已出现以水定厂的现象。因此，没有充足的水源，就不可能建厂或扩大生产。

为了保证我国社会主义事业的迅速发展，尤其为了发电厂的迅速发展，合理地利用水资源和节约用水是摆在我们面前的一项必须承担和迫切需要解决的重要任务。

我国的水资源是有限的，据统计，我国年平均河川总流量约为27115亿 m^3 ，适合（或可）开采的地下水储量每年约为8288亿 m^3 。由于受季节气象和地区的影响，我国的水量是不平衡的。75%的地表水和70%的地下水分布在不到全国面积50%的南方，而西北、华北只有全国10%的地表水和20%的地下水。我国人均水资源居世界各国的第84位。

发电厂是用水量最大的工厂之一。1978年全国发电厂循环水用水量为260亿 m^3 ，其中二次循环用水为75亿 m^3 。而在发电厂中水力除灰用水量很大，约占总耗水量的40%~50%，而国外只占5%~8%。因此，发电厂节约用水有很大的潜力。

国外先进的发电厂二次循环供水系统的耗水量指标，每1000MW约为1 m^3/s ，而我国目前发电厂的耗水量为1.5~

2.5m³/s。这说明在节水方面我们还有较大的潜力；回收水的水质和水量问题，在废水处理和回收利用的配合方面也还存在着问题。因此，节约用水工作需要加强，才能使我国发电厂的节水赶上世界先进水平。

发电厂的排水量也较大。例如一座 2×200MW 的发电厂，生活污水量大约每天为 1000t，酸碱中和池的排水每天约为 120t，地下水除铁的反冲洗水排水每天约为 342t，化学水处理室每天排水 200t，含油污水和其它方面的排水大约每天为 170t。这些水经分别处理后，进行水质指标综合调整，达到消防、冲洗和浇洒用水水质后便可以用于消防、冲洗和浇洒，也可以引入除灰系统的冲灰池作为冲灰用水。而冲灰水经灰场沉淀澄清后可进行回收再用。这样可以逐步做到发电厂的排水控制排放甚至零排放。这样做，对发电厂来说在用水方面既是一种开源也是一种节流措施，可以达到节约水资源和能源并变害为利的目的。

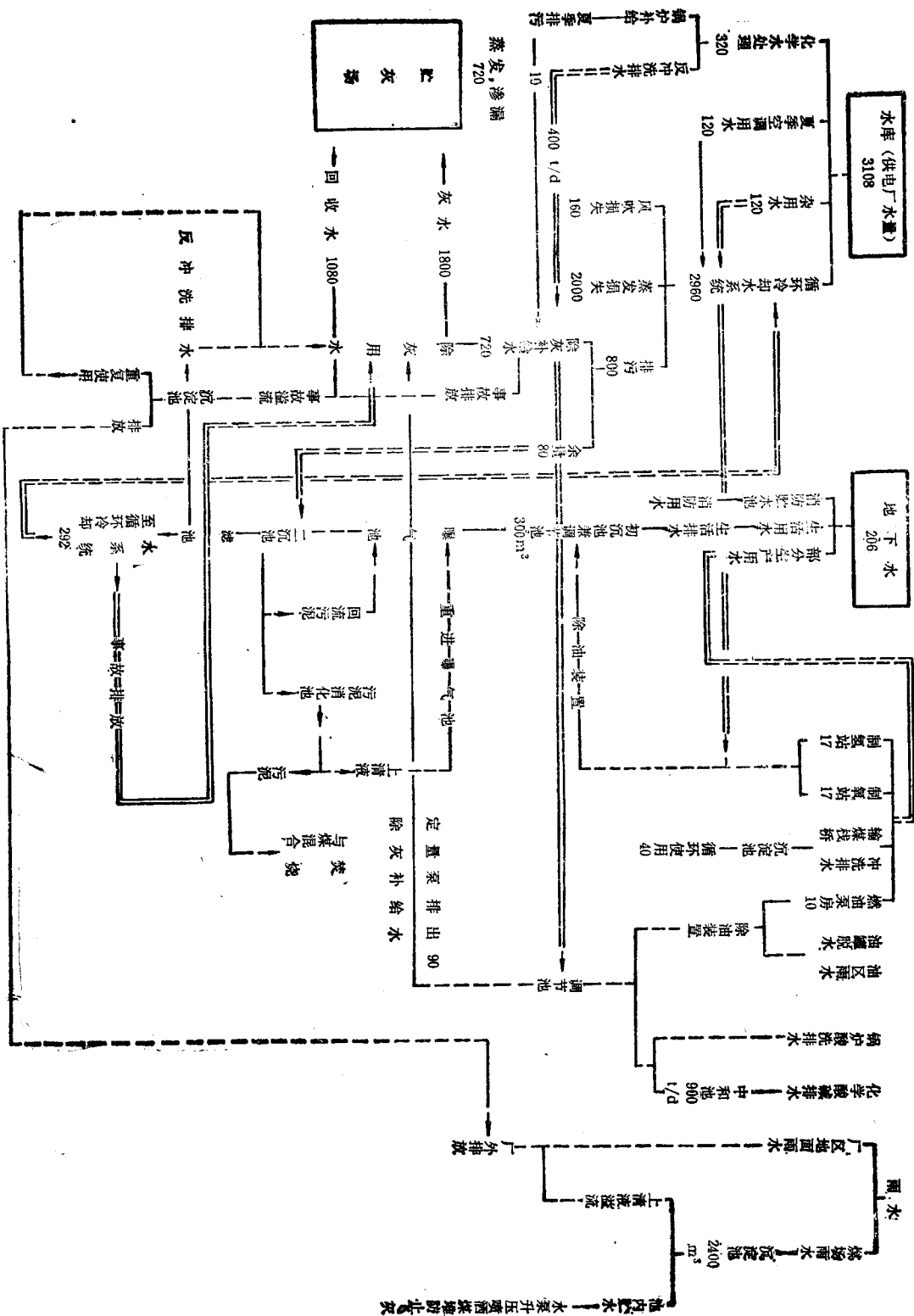


图 1-1 某4×300MW发电厂用水排水水量平衡图 (夏季最大用水量, 单位: t/h)

目 录

前言

序

第一章 发电厂的用水	1
第一节 用水量	1
第二节 用水水质	27
第三节 发电厂的水量平衡	33
第二章 发电厂排水及防止排水污染	39
第一节 排水量	40
第二节 排水水质	44
第三节 废水的污染及防治措施	56
第三章 发电厂节约用水	78
第一节 节约用水概述	78
第二节 冷却水系统节水	83
第三节 生活用水节水	91
第四节 全厂排水的控制排放	95
第五节 发电厂水务管理	103

附录

一、废水排放标准	106
二、地面水水质卫生要求及水中有害物质的最高容许 浓度	107
三、地面水环境质量标准	110
四、海水水质标准	111
五、渔业水域水质标准	112
六、农田灌溉用水水质标准	114
七、一些国家大型发电厂冷却水系统概况	115

第一章 发电厂的用水

发电厂的用水一般分为两类，一类是生产用水，另一类是生活和消防用水。

用水的主要项目如下：

- (1) 凝汽器的冷却用水；
- (2) 汽轮机冷油器的冷却用水；
- (3) 发电机空气、氢气或水冷却器冷却用水；
- (4) 轴承冷却用水；
- (5) 给水泵油冷却器及电动机空气冷却器冷却用水；
- (6) 化学水处理用水；
- (7) 再循环系统的补充用水；
- (8) 主变压器冷却用水；
- (9) 除灰用水；
- (10) 生活用水；
- (11) 消防补充用水；
- (12) 其它用水。

第一节 用水量

发电厂的用水量随机组配置与装机容量不同而异。

为了执行计划供水、节约用水，我国国家经委、建设部印发了发电厂用水、耗水量定额。西北电力设计院据以制定了“汽轮发电设备用水量及耗水量定额标准”，如表1-1所示。

表 1-1

汽 轮 发 电 设 备 用 水 量

项 目		6MW	12MW	25MW
凝 汽 量 (t/h)		26	46	90
辅机用水量(m ³ /h)		110	200	430
直 流 用 水 量	冷却倍率 (m ³ /h) 50 (m ³ /s)	1540 0.43	2730 0.76	5380 1.49
	冷却倍率 (m ³ /h) 60 (m ³ /s)	1670 0.46	2960 0.82	5830 1.62
	冷却倍率 (m ³ /h) 65 (m ³ /s)	1800 0.50	3190 0.87	6280 1.74
	冷却倍率 (m ³ /h) 70 (m ³ /s)	1930 0.54	3420 0.95	6730 1.84
	冷却倍率 (m ³ /h) 75 (m ³ /s)	2060 0.57	3650 1.01	7180 1.99
循环供水	单机耗水(m ³ /h)	58~77	103~137	202~269
耗 水 量	单耗(m ³ /s/1000MW)			
海水循环电厂淡水耗量(m ³ /h)				

及耗水量定额标准

单 机 容 量					
50MW	100MW	125MW	200MW	300MW	600MW
176	260	290	435	622	1298
600	809	1000	1800	6500	7300
10280 2.85	15100 4.19	16950 4.71	25725 7.15	40710 11.31	78690 21.86
11160 5.10	16400 4.56	18400 5.11	27900 7.75	43820 12.17	85180 23.66
12040 3.34	17700 4.92	19850 5.51	30075 8.35	46930 13.04	91670 25.46
12920 3.59	19000 5.28	21300 5.92	32250 8.96	50040 13.90	98160 27.27
13800 3.83	20300 5.64	22750 6.32	34425 9.56	53150 14.76	104650 29.07
388~517 2.15~2.87	570~760 1.58~2.11	639~852 1.42~1.89	968~1290 1.34~1.79	1501~2002 1.39~1.85	2945~3926 1.36~1.82
	114~152	128~170	194~258	300~400	

现对表1-1的使用作如下说明:

(1) 表内数值为纯凝汽式机组的总用水及耗水量, 其中包括生活及其他工业用水量;

(2) 50MW及其以下容量为中压机组, 100MW及其以上容量为高压机组;

(3) 不同地区夏季直流供水采用冷却倍率范围是: 北方(东北、华北、西北) 50~60; 中部 60~70; 南部 65~75;

(4) 表中循环供水耗水量适用于各地区, 煤质和水质等情况较好的发电厂应取小值, 反之取大值(一般不应超过表中数值范围); 循环供水耗水量, 系指带冷却塔的再循环系统。采用冷却池(包括天然冷却池)及直流供水的耗水量, 应小于表中数值;

(5) 300MW、600MW机组用水及耗水量, 包括了给水泵小汽轮机凝汽量的冷却水量;

(6) 海水冷却的发电厂的淡水耗量, 系指辅机冷却水采用再循环的用量、生活和其它用淡水的总用水量; 淡水水质较好时采用定额较小值, 反之采用大值。除灰用海水;

(7) 表中直流供水用水量指用后的水温度增高、水质不变、归还水体的水量, 耗水量系指消耗的水量。

发电厂的设备冷却水分很多种, 现分述如下。

1. 凝汽器冷却水

凝汽器冷却水量, 一般按下式计算:

$$Q = m D_s (\text{m}^3/\text{h})$$

式中 m ——冷却倍率;

D_s ——进入凝汽器的排汽量, t/h。

设计估算时, 冷却倍率可近似采用表1-2中数值。

表 1-2

不同地区冷却倍率选用范围

地 区	直 流 供 水			再循环供水
	河水温度 (°C)	夏 季	冬 季	
北 部	18~20	50~60	30~40	40~60
中 部	20~25	60~70	40~50	40~60
南 部	25~30	65~75	50~55	40~60

凝汽器冷却水量的计算一般分为夏季与冬季两种情况。按此水量来考虑循环水泵或冷却塔配水系统的配置，最小流量须保证凝汽器铜管内水力状态为紊流，以便获得良好的冷却效果。

冷却水量的确定除需从经济性上优选以外，还要保证直流供水系统按夏季(一般按三个月考虑)频率●为10%的日平均水温、再循环供水系统按夏季频率为10%昼夜平均气象条件计算的水温时汽轮机的额定出力。

国产汽轮机组的凝汽器冷却水量如表1-3所示。

2. 发电机空气冷却器、氢冷却器的冷却水

发电机的运行会使线圈发热。为了冷却线圈并不使发电机线圈失火时事态扩大，在大型发电机中通常采用密闭冷却方式。借用空气或氢气在发电机内吸收热量，并通过冷却器将热量传递给水。经冷却后的气体返回发电机；而发电机线圈所产生热量则通过水带出发电机。国产发电机组的空气冷却器、氢冷却器的冷却水量如表1-4所示。

● 历年(五年以上)夏季三个月(六、七、八或七、八、九三个月)月平均气象频率10%，即保证率90%。

表 1-3

凝汽器冷却水量

项目		凝汽器 型号	单位	N-560-1	N-1000	N-1200-1	N-975-3	N-2000-1	N-2000-1	N-3500	N-3500-1
机组型号				N-6-35	N12-35-1	34-12-1	Ang 12-35-1	181-25-1		N50-90	50-51-3
设计凝汽量	t/h			18.092	34.62	45.98	45.983	67.58	67.73	119.50	134
冷却面积	m ²			560	1000	1200	975	2000	2000	3500	3500
冷却水量	m ³ /h			1748	2835	3280	2600	5600	5400	9300	9300

项目		凝汽器 型号	单位	N-2500-1	N6815-1	N-6830	N-2000-1	N-15350	N-31400
机组型号				C50-35-1 中压50 MW机	N100- 90/535	单缸高压 100MW机	中间再热 125MW机	N200-130 /535/535	N300-163 /565/565-1
设计凝汽量	t/h			164	275	265	261.844	390	542.439(汽轮机) +47.35(汽泵)
冷却面积	m ²			2500	6915	6830	7000	11220	15350
冷却水量	m ³ /h			7000	15420	15490	17800	25000	40000
									1198
									31400
									65900

表 1-4 空气冷却器、氢冷却器总的冷却水量

项 目	单 位	名 称		绕簧式空冷器	LRW-230	轧管式空冷器	绕簧式空冷器
				kW	120	180	230
使用于 发电机组	冷却容量						360
				QF-3-2 QFG-3-2		QF-6-2 QFG-6-2	N6-35 TQC5466/2
				TD-32-2			6MW
总的冷却水量							TQC5674/2
				TDG-32-2			QF ₂ -12-2
							SQF-50-2
m ³ /h		46	70	65	68	100	

项 目	单 位	名 称		LRW-360	轧 管 式 空 冷 器			绕簧式空冷器	LRW-650
					kW	360	650	650	
使用于 发电机组	冷却容量								
				N12-35-1	标	QF	TQC1	QFS	N25-35-1
				QF ₂ -12-2		12MW	12MW	50MW	QF-25-2
总的冷却水量									
								SQF-25-2	
	m ³ /h	100	100	200	220				

续表

项 目	单 位		名 称		轧 管 式 空 冷 器		轧管式空冷器	50MW氢冷器	100MW氢冷器
	冷却容量	kW			QF	TQC	QFS 60 MW	QFQ-50-2	TQN-100-2
使用于 发电机组					25MW	25MW			
			标						
总的冷却水量	m ³ /h	210					120	180	350

项 目	单 位		名 称		轧管式空冷器	绕管式空冷器	200MW水氢氢	200MW水水空	轧管式空冷器
	冷却容量	kW			QFS	SQF-100-2	QFQS-2002	QFSS-200-2	300MW机
使用于 发电机组					125MW				
			标						
总的冷却水量	m ³ /h	250			250	250	500	100	720

为了使线圈更好地散热，现已生产了双水内冷（水、水、空）或单水内冷（水、氢、氢）发电机组。双水内冷发电机组所配的冷水器规范如表1-5所示。

表 1-5 双水内冷发电机冷水器规范

发 电 机 型 号	功 率 (MW)	冷 水 器				空气冷却器	
		型 号	台 数	冷却面积 (m ² /台)	循环水量 (m ³ /h)	冷却功率 (kW)	循环水量 (m ³ /h)
QFS-60-2	60	LS-43	2	43	100	480	120
QFS-125-2	125	LS-43	3	43	200	860	250
QFS-300-2	300	LS-43	4	43	300	2400	720

3. 冷油器的冷却水

发电厂调速机构的传动、轴承的润滑及冷却采用特殊的透平油。汽轮发电机运转时轴承摩擦所产生的热量传递给透平油，油通过冷却器时用水冷却，冷却后的油经油泵再被送回轴承。

冷油器是一具管组。管内是冷却水流，冷却的油在管间流通。冷油器的用水，通常由循环水系统提供。当循环水供水系统夏季冷却水温超过规定时，可采用水温较低的补充水通过冷油器。国产汽轮发电机的冷油器冷却水量如表1-6所示。

4. 励磁机冷却水

大型发电机同轴上装有直流或交流励磁机作为励磁电源，为其空气冷却装有单独的冷却器。发电机组的励磁机冷却器冷却水量如表1-7所示。