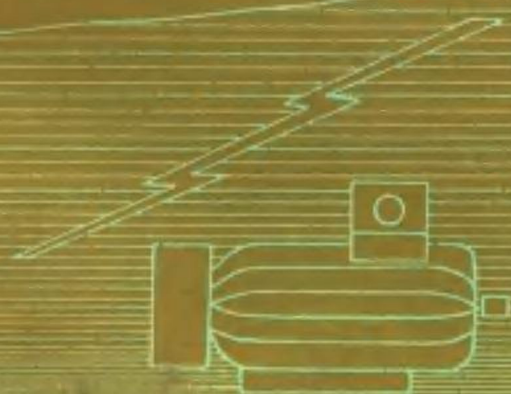


DANGONG
JISHU

电工技术



3

科学技术文献出版社重庆分社

目 录

水平、动向

八十年代汽轮机(一)——出国考察报告	姚福生(1)
高压断路器的可靠性	(7)

能源的合理利用

火电厂轴承冷却水的热回收	(10)
日本的锅炉省能技术	严惠浩(13)
中、小工厂及企业的节能措施	(17)
炉顶发电系统	(22)

厂矿电气设备

最近的排水用潜水电动机	(24)
低压风扇噪音发生的原因及其预防措施	(30)
具有复合气吹室的轴向气吹断路器	(35)
变压器的自动喷水消防系统	(37)
水轮发电机起动停机时发生的故障和处理方法	(40)
半导体继电器-调节器	(43)
直流配电盘电路和装置的改进	(44)
向孤立负荷供电用的电容耦合器	(46)
大气条件对架空线路钢筋混凝土杆状态的影响	(49)
电网中调压和稳压新装置	(51)
6—10千伏电网故障线段自动切除电路	(53)
采用 VΠ-6-10 型故障指示器确定配电网的故障线段	(54)
用负荷开关作6千伏电动机起电抗器的分接开关	(56)
电力逆导可控硅的研制和应用	(58)

测试技术

测定电动机拖动装置的有功、视在和无功功率以及系统效率的诺模图	(66)
确定电缆线路故障点用的电感、声学综合装置	(67)
电气秒表用附加装置	(69)
油浸高压电气设备内部故障的高效检测法	(71)

农业电气设备

农业电网状态的判断	(76)
低水头小水电站用水轮机	(78)
小水电站运行更新的注意事项	(80)
农村低压电网短路点的测定	(83)
农村低压电网线路的测定	(85)

基础知识讲座

晶闸管在电力拖动中的应用第三讲 晶闸管逆变器——交流调速系统.....(87)

科技情报知识介绍

专利资料使用方法(二).....(95)
英国专利

科技知识问题解答

关于变压器感应电动机频率关系的讨论.....(99)
试述磁性材料的劣化原因和防止方法.....(104)
试说明水轮汽蚀现象的原因和结果,并叙述其防止措施.....(105)

科技消息和小资料

交流电源控制器.....(70)
爆光管的声控.....(86)
“长寿灯”——废荧光灯管的利用.....(98)
用汽车蓄电池作荧光灯电源.....(103)
小型蓄电池充电器.....(84)
汽车停车信号灯的监控.....(50)
世界最大的可控硅整流器.....(104)
钠-硫电池——一种高能蓄电池.....(16)
利用冷冻机废热给温室供暖.....(79)

水平
动向

八十年代汽轮机(一)

——出国考察报告

姚福生

应英国机械工程师协会邀请, 1979年10月中国机械工程学会透平锅炉学会代表团一行四人参加了在伦敦由该协会主办召开的“八十年代汽轮机设计讨论会”。

会上宣读论文41篇, 约10个专题。计有大功率汽轮机设计、机组运行经验、驱动用汽轮机、材料和断裂力学应用、外部水分离器和冷凝器、叶片振动、机组噪音控制、轴承和联轴器以及轴系动力学、通流部分空气动力学、湿蒸汽流动等问题。

会议还特邀著名透平学者、瑞士联邦工业大学W. Traupel教授作了“汽轮机的昨天、今天和明天”的专题学术报告。

从各类文章、报告和热烈的讨论中, 大家预测八十年代汽轮机具有以下几个特点:

1. 常规火力发电大型汽轮机单轴机组容量以60万千瓦左右为宜。近期内没有急骤增加单机容量的趋势。核电站汽轮机的单机容量为90~130万千瓦, 且普遍主张采用

3000转/分或3600转/分的转速, 认为半转速不利。

2. 大型汽轮机初参数的选择, 认为亚临界和超临界都可。英国采用亚临界165巴。温度为535~538℃, 但也认为由于能源短缺和价格上涨, 初温有上升至565℃的可能, 英国目前已经采用了565℃, 一次再热温度也为565℃。

3. 汽轮机的型式。冲动式和反动式汽轮机都具有自己的优点, 因此将长期共存下去。所谓冲动级和反动级的含义尚有不确切的因素, 目前国外在冲动式汽轮机的设计中普遍抛弃使用直叶片的传统, 除调节级外都采用扭曲叶片, 反动度沿叶高是变化的, 因此纯冲动汽轮机的定义已经含糊其事了。

4. 大型汽轮机已普遍引进标准定型部套搭配设计, 用来满足不同用户、加工工艺简化和提高生产率的要求。

5. 在调节系统方面已普遍采用电液调节和高压抗燃油。英国大功率汽轮机机组已彻底取消机械或者液压式的一次速度发讯器, 采用有电液转换器的三通道电调系统。

6. 八十年代汽轮机末级长叶片高度水平为1米左右。

7. 汽轮机设计和试验研究工作者八十年代努力方向仍为提高汽轮机的经济性、灵活性和可靠性等几个方面。

中国学术代表团在会议结束后, 还参观访问了伦敦大学的帝国理工学院机械工程系, 曼彻斯特大学机械工程系(它的创始人是雷诺, 代表团还高兴地参观了当时雷诺研究层流的原始实验设备)、英国国立工程研究所、中央电力局的中央电力研究所(CERL)和麦取和特工程研究所(MEL), 参观了GEC公司的汽轮发电机制造厂和其研究试验室、派生斯(Parsons)公司的大型汽轮机、发电机制造厂和试验研究室, 此外还包括燃气轮机、付机、变压器, 电器电机等制造厂。代表团还应邀参观了APE-ALLEN公司的制造厂。在英国朋友的陪同下我们还参观

了几座具有代表性的大型火力发电厂和燃气轮机发电厂。

本文想从大型火力发电厂角度，通俗地评价英国八十年代这一领域的概况和水平。

66万千瓦汽轮发电机组将是英国八十年代主要的定型和批量生产的产品，是大型火电厂主要装机的典型机组。英国两大汽轮发电机制造集团（GEC和Parsons）都在批量生产这种机组。

英国大型火力发电厂以烧煤为主，很少烧油，且都设在煤矿附近，即所谓坑口电厂，围绕煤矿建立了一群大型火力发电厂。

其中Drax电厂就是其中的一座。

Drax电厂位于约克地区（York），离山尔皮（Selby）南6哩，由奥赛（Ouse）河供水，煤取自约克西（Yorkshire）煤田。整个电站建成后总容量为400万千瓦，目前只建成一半，预计八十年代中期竣工，电厂建设始于1968年，并于1974年首台66万千瓦机组开始投运，据说这是英国第一台66万千瓦容量变为商业运行的机组，目前该厂已装竣三台66万千瓦机组。这一期的电厂投资为1.29亿英镑，占地172公顷。

整个电厂的工作流程如下，见图1。

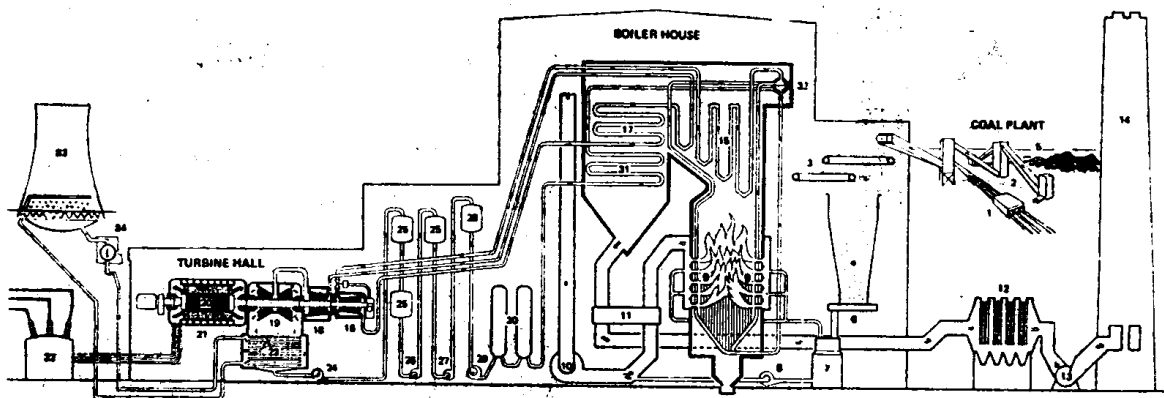


图1 电厂工作流程示意图解

煤田运煤专车开进卸煤房①，有一简单撞击挡板使煤车底部张开；煤自动从车厢底部向设在地底下的煤仓卸煤，接着由输送装置将煤送到煤场汇合室②和梭动输送机③，最后进入锅炉煤料斗④，当料斗不需要供应煤时，斗轮机⑤就将煤存放到堆煤场中去，当需要时煤也能用斗轮机将煤重新送回。加煤器⑥控制进入磨煤机⑦的煤量，在磨煤机中将煤磨成细小的粉煤，这些粉煤被一次风机⑧来的热空气流带进锅炉燃烧器⑨后吹入炉膛象气体那样燃烧，为产生蒸汽提供热量。一次风机中的热空气是由强制通风机⑩送来，该风机的暖空气是从锅炉房顶处吸进来，暖空气用强制风机送进锅炉前先经过空气预热器⑪，强制风机同样也将热空气送一部分给燃烧器，大部分进入炉膛燃烧。炉膛中粉煤燃烧后的产物是灰渣和烟尘，这些灰渣降到炉

底，并由泵周期地将它们送到灰渣沉淀坑，而烟尘则将其引入烟道再进入除尘器⑫，在除尘器中进行静电除尘，最后由输送系统将其送往储贮仓，清淨的烟气经过引风机⑬由主烟囱⑭排入大气。粉煤燃烧后释放的热量被炉膛壁处的管子吸收，管内净水受热后上升，在汽包内变成高压蒸汽，蒸汽经过热器⑮过热，然后经过主汽阀、调节阀进入高压透平⑯，蒸汽在高压透平中作功后排出，再重新回到锅炉的再热器⑰再热，再热后的蒸汽引回至中压透平⑱，然后进入低压透平⑲作功（图上只画了一只低压透平），高中低透平作功后由联轴器带动发电机⑳发电。发电机静子㉑水冷，转子氢冷，发电机端输出功为60万千瓦，出线电压23.5千伏，经过发电机变压器㉒升压至400千伏后将电能输入电网。蒸汽在低压缸作功后从后汽缸排出至

冷凝器⑳变成凝结水再重新引入锅炉。凝结水由凝结水泵㉑送进三只低压给水加热器㉒，其中还设置一台低压加热器泵㉓，用除氧器提升泵㉔将给水泵入除氧器㉕，除氧器实际上也是一台热储贮箱，在那里可以从水中分离出任何一种气体，给水从除氧器出来后由锅炉给水泵㉖送经两只高压给水加热器㉗后进入锅炉省煤器㉘，由离开锅炉的烟气再一次加热给水，最后被逐次加热的给水进入锅炉汽包㉙。进入汽包中的给水从管子中流向锅炉底部，然后再经过受热管束向上运动重新回到汽包产生蒸汽，蒸汽经过热器后便引入高压透平㉚。冷凝器中有成千根黄铜管，其中通以从冷却塔㉛来的冷却水，这些水将蒸汽的热量带走后重新回到冷却塔，冷却塔用简单的水泥壳体做成，它的作用象一个庞大的烟囱一样，使其产生冷空气的自然抽风，水在冷却塔低位处喷出飘落到池底，在飘落过程中被向上抽吸的冷空气进行冷却，散落在池里的冷却水由主循环水泵㉜重新打进冷凝器去冷却蒸汽。这是整个电厂工作流程的通俗概况。

Drax电厂中主付机等设备性能简介如下：

汽轮机 共三台，Parsons公司制造，5缸串接型式，反动式。

蒸汽参数：

高压缸进汽—159巴，565℃

高压缸排汽—42巴，365℃

中压缸进汽—40.3巴，566℃

中压缸排汽—5.95巴，315℃

低压缸进汽—5.95巴，315℃

低压缸排汽—48毫巴，27℃

汽耗：532公斤/秒

转速：3000转/分

调节方式：电液调节和60巴抗燃油。

发电机 共三台，Parsons公司制造，双极，氢气和冷水冷却。

出力：66万千瓦（776兆伏安）

输出电压：23500伏

相电流：19076安

功率因素：0.85

过载率：30分钟中69.6万千瓦

激励：直接耦合、空冷、交流电。

由空冷的硅二极管整流器整流。

锅炉 制造厂：Babcock和Wilcox

数量：三台

型式：烧煤、自然循环。

蒸气参数：过热器出口温度568℃

过热器出口压力166巴

再热器进口温度365℃

再热器出口温度568℃

再热器出口压力40.3巴

蒸发率（最大持续功率）：在给水温
度256℃时为560700公斤/秒

点火装置：60个园形的短的火焰燃烧器

煤耗量（66万千瓦时）：266.2吨/小时

燃烧器油耗（66万千瓦时）：907公斤/时

冷凝器 制造厂：Parsons公司

数量：三台

型式：狄蓝式，单流程。

总冷却面积：36696米²

蒸汽流量（最大持续功率时）：351
公斤/秒

冷却水流量：18941公升/秒

管数和材料：21710根，铝黄铜

给水系统 制造厂：Weir Group

级数：三只低压直接接触式加热器，

一只高位除氧器；两只高压表面
式加热器

给水泵数目：两台（50%功率）电动
泵，一台（100%功率）汽轮机给
水泵。

给水泵型式：多级离心式

给水空吸泵：三台（50%功率）

增压给水泵：一台（100%功率）

循环水系统：

循环水泵：制造厂：伦敦 Sulzer Brothers

泵数：4台（33%功率）

流量：14775公升/秒

补给泵：制造厂：Allen Gwynnes

泵数：三台（50%功率）

容量：2080公升/秒

清水泵：制造厂：Allen Gwynnes

数量：三台

容量：455公升/秒

总循环水补给：229577米³/天

煤场：制造厂：International Combustion

电站每天煤耗量30480吨/天

灰渣场 制造厂：Clarke Chapman

总炉底灰渣：1390吨/天

总灰渣量：4580吨/天

煤车卸载房：煤运入Drax电厂是用1100吨的底卸专用列车运送，每星期五天进煤，列车进入卸载房时撞击档板使煤自动从车厢底部卸载进入漏斗，火车在卸载房的时速为半英里，煤从卸载漏斗中由输送带运至煤场汇合室。1100吨运煤列车只用40分钟就可卸完，每一辆火车所卸载煤的数量是用计算机自动计算，毛重和皮重采用高速地重衡。

杓轮机：煤输送量并不是能经常与电厂煤耗相匹配，因此在煤场中储贮一些煤，剩余的燃料作为备用煤，当需要时重新用杓轮机输回，这台杓轮机功能为每小时3000吨煤。

输送带系统：输送带系统是用来将煤输往锅炉煤柜的传送装置，复线输送带能力为每小时3048吨。这套装置是在控制室内遥控操作并用工业电视监视输送系统的工作。

辅助锅炉：电厂中装有三台辅助锅炉，主要向主锅炉油燃烧器雾化时提供所需要的蒸汽。这些蒸汽也用作行政办公楼和控制室的采暖以及卸载时加热除氧器中的水，它们都是园筒三流简单炉膛的快装式锅炉，每一台锅炉每秒产生3.15公斤蒸汽，压力为17.2巴。

供煤器：锅炉煤柜向磨煤机供煤是自动进行的。若透平发电机组出力提高，需要增加蒸汽量，此时供煤器便自动地增加煤的喂给量，使锅炉燃烧增强。

磨煤机：磨煤机是将煤研磨成细小粉状

物，然后由一次风机来的风将其送至锅炉煤燃烧器。磨煤机里装有10个重1吨的钢球。三台主锅炉各配备有10只磨煤机。一只磨煤机每小时能研磨煤36吨。锅炉在全负荷运行时只需投8只磨煤机工作就够了。

锅炉燃烧器：每一台锅炉有60只燃烧器，30只装在锅炉前面，另外30只装在后面炉膛壁上。每一只磨煤机研磨的粉煤供6只燃烧器喷向炉膛进行燃烧。每一只煤燃烧器都装有一只小容量的油燃烧器，它是用来点燃煤粉的。

空气预热器：每一台锅炉都装有两只空气预热器。锅炉烟气向下流动，经过回转式空气预热器的一半筒体，此时另一端的半筒体是流过进入锅炉炉膛的空气。筒体波纹状表面使烟气流过时速度减慢，以便更好地将烟气中热量吸收进筒体，当圆筒转过180度后受热的一半筒体使进入锅炉的空气得到预热。

主空气压缩机：压缩空气是用来从锅炉煤漏斗和沉淀器中除尘，以及将尘渣输往煤尘仓。压缩空气也用作锅炉吹灰器的吹风介质。压缩空气来自4台往复式空压机，它是一种6只气缸的空压机，由三只低压气缸、两只中压气缸和一只高压气缸组成。每台空压机由11千伏感应电动机拖动。

除尘器：锅炉烟气在进入烟囱前进行静电除尘，烟气在通过除尘器里面高电位电场时烟尘粒子开始带电，于是被吸到相反的电极上去，这些电极都在自动地抖动，使聚集在电极上的烟尘粒子滑离表面，飘落到下面的尘仓中去。

烟囱：Drax电厂共有两只烟囱供排烟用，其中主烟囱高258米，用环形档板构成三个烟道。烟囱的设计依据是废气在大气中能保证高速散开为准。另一只是燃气轮机排气烟囱，高110米，由水泥砖砌成。

尘仓：尘仓容量为3500吨。烟尘从尘仓运出到烟尘调料槽，在那里掺以少量水搅拌，以便能在输送带上运到灰渣清理处。

水处理设备：锅炉中用的水要求十分干净，因为水在不断汽化和冷凝过程中，锅炉管子会急骤地发生积垢，所以水从Ouse河抽来后必须经过水处理，处理后的水要比原来的水清净上千倍且软化，然后再将其送到锅炉使用。

循环水泵：前面已经介绍过，共有4台33%功率的主循环水泵，任何一台泵可以供应任意一台机组的循环水。泵为竖立式，用水泥作蜗壳，由11千伏4850千瓦感应电动机通过齿轮减速器拖动。

冷却塔：热的循环水从冷凝器出来进入冷却塔冷却后再由循环水泵重新送回冷凝器工作。在冷却塔里，热的循环水从管中喷散到木格子上，从木格子上水以水滴状下泻，被上升的冷空气冷却。Drax电厂中有6座冷却塔，塔高114米，底部宽95米，每秒能冷却循环水约8.52米³，温度10.5℃。

控制室：控制室是电厂的神经中枢，在控制室中控制着三台锅炉、三台汽轮机以及其他付机和辅助设备的工作。所有电厂中重要的设备的工作状态都由布置在控制室仪表屏上的二次仪表指示，任何一台设备发生故障都有报警器发出讯号，以便纠正动作。电站中许多复杂的机器能从控制室内进行遥控。

电子计算机：计算机是作为数据处理系统以提供情报显示和控制为目的而设置的。该系统组成是一台简单的GEC-EPAM 2140系列计算机，其主要功能是通常运行时所有数据的显示、报警、数据记录、电厂性能计算以及事后分析用的讯息储贮。计算机也能用作主发电机组负荷的调节。

给水加热器：为了提高主机系统热效率采用了给水回热系统，在汽轮机不同抽汽点抽取蒸汽加热送往锅炉中去的给水。给水从50℃被逐步加热至252℃。系统包括三台直接接触式低压加热器和一台除氧器以及二台表面式高压加热器。

发电机变压器：发电机发出的电能是23500伏，经过变压器使出线电压增加到

400000伏，然后将电输入电网。变压器由三个分离相柜组成，线圈浸在油中，用冷却水系统维持冷态。此外尚有一座400千伏变电所。

燃气轮机：Drax电厂中有三台3.5万千瓦功率的燃气轮机发电机组，单独一个厂房。每一套发电机组是由两台罗尔斯·罗斯·奥林普斯（Rolls Royce Olympus）喷气发动机排出的燃气去驱动一台3000转/分的两级动力透平并直接带动空冷的发电机。机组运行全部自动并能从主控制室控制机组启、停和运行。若电网中频率降到预定的数值会自动启动机组并网运行，启动后至全负荷只需2分钟时间。我们所参观过的几座大型火力发电厂都配备这种类型的机组作为调频机组。

Drax电厂能量生产和消耗损失的组成如下：总能输入6073千兆焦耳/时，输出功率为62.5万千瓦/时，合2250千兆焦耳/时，由空气予热器回收热量578千兆焦耳/时，炉身损失516千兆焦耳/时，烧成残渣损失45千兆焦耳/时，辐射、对流和局部损失约为58千兆焦耳/时，冷却水带走的热损失3078千兆焦耳/时，风机、泵等耗电能126千兆焦耳/时。

Drax电厂目前约有职工900名。

我们在参观主厂房时，发现噪声很大，锅炉房炉顶达120分贝，陪同的英国朋友讲是阀门泄漏造成，但在汽轮机房内噪音也达95分贝，并到处可以看到张贴的标语，要求工人进入厂房时戴上耳塞（ear defender）。

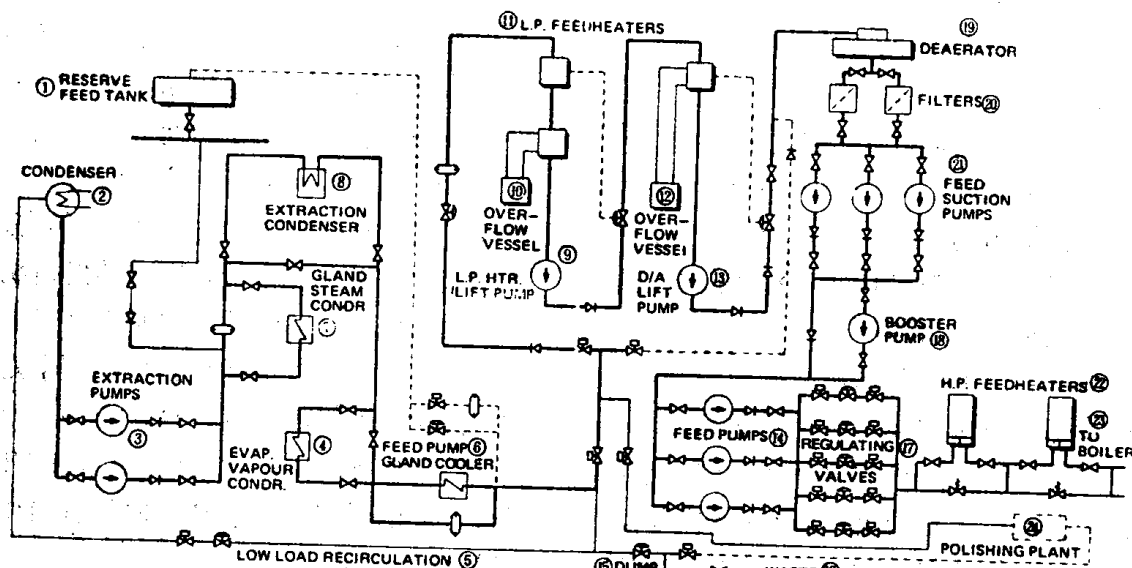
Drax电厂是英国目前大型火力发电厂的代表作之一。综观全厂，设计布置比较合理，从三大主机水平来衡量我国差距不大，但是系统设计布局以及整套辅助设备考虑相当周到，我国在这方面的差距相差较为悬殊，必须急起直追，因为电厂性能的优劣是以整体衡量的。

给我们留下深刻印象的是三废处理，在这方面英国处理得较好。电厂排污堆成小丘，上面植以绿色草皮，放牧着羊群，一眼

望去象一座天然的绿色丘岭。烟囱排烟允许含尘量约为 0.115 克/米^3 ，尽管这样，隔海相望的挪威还在抱怨由于英国火电厂的排

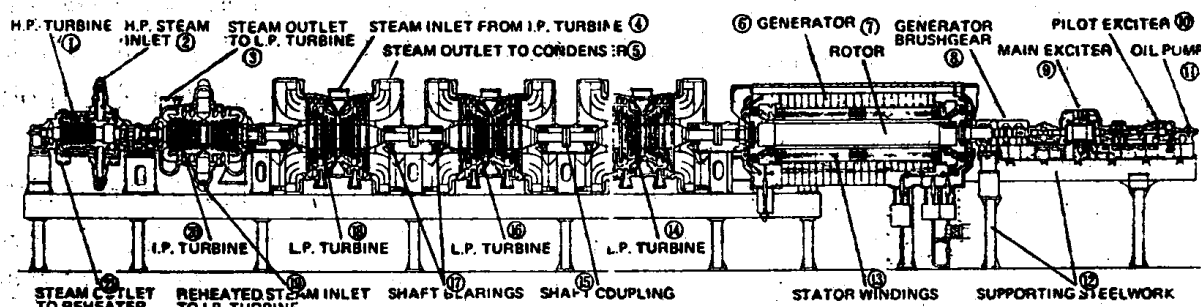
烟，使挪威上空下着酸雨。

图2是给水加热系统简图，图3是汽轮发电机组示意图。



①——备用给水箱；②——冷凝器；③——凝结水泵；④——扩容器；⑤——低负荷再循环；⑥——给水泵轴封冷却器；⑦——密封蒸汽冷凝器；⑧——凝箱；⑨——低加提升泵；⑩溢流箱；⑪——低压加热器；⑫——溢流箱；⑬——除氧器提升泵；⑭给水泵；⑮——排放阀；⑯——排污；⑰——调节阀；⑱——增压泵；⑲——除氧器；⑳——过滤器；㉑——给水吸泵；㉒——高压加热器；㉓——去锅炉；㉔——冲洗厂房。

图2 给水加热系统



①——高压透平；②——高压蒸汽进口；③——排往低压透平；④——从中压透平来的蒸汽进入低压缸；⑤——排往冷凝器的排汽口；⑥——发电机；⑦——转子；⑧——发电机电刷；⑨——主励磁机；⑩——副励磁机；⑪——油泵；⑫——基础钢架结构；⑬——定子绕组；⑭低压透平；⑮——联轴节；⑯——低压透平；⑰——轴承；⑱——低压透平；⑲——再热蒸汽进入中压透平；⑳中压透平；㉑——蒸汽排往再热器。

图3 汽轮发电机组示意图

“国外人身安全电流”专辑即将出版

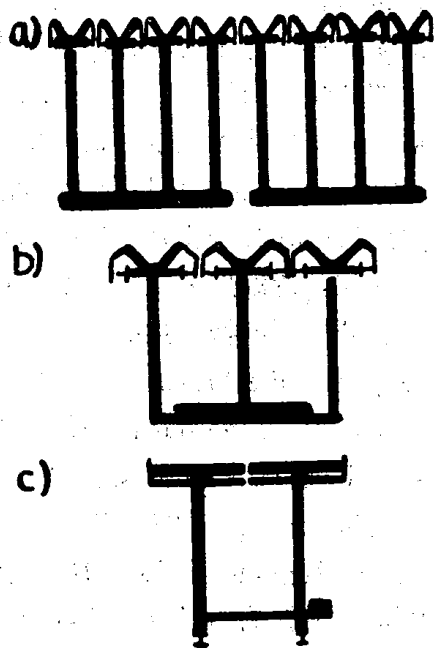
本专辑较全面、系统地阐述了电流、电压、频率、容抗、电流通路及触电时间等不同参量对人体的影响。介绍了电击造成的人身伤亡以及如何触电抢救和预防。读者对象为农电、电力、医疗、厂矿、科研和院校等有关单位的电工及科研、生产、教学人员。请注意出版日期及新华书店出版的科技新书目录上注明的征订办法。

高压断路器的可靠性

Dietrich Hoffmann

在中欧各国，供电的可靠性很高。尽管输变电设备诸如互感器、变压器和断路器的事故率远低于架空线事故率，但对进一步防止输变电设备发生事故的问题仍令人关切。所以，要提高电网供电的可靠性，特别是要提高输变电设备中最重要的元件——断路器的可靠性。

现代的断路器，尽管开断能力不断提高，但却有体积减小，重量减轻，断口数减少的趋势（图1和图2）。这就为提高可靠性提供了必不可少的条件。灭弧单元数的减少，可按统计规律求得故障概率。目前断路器只能部份进行计算，而主要还是靠试验。

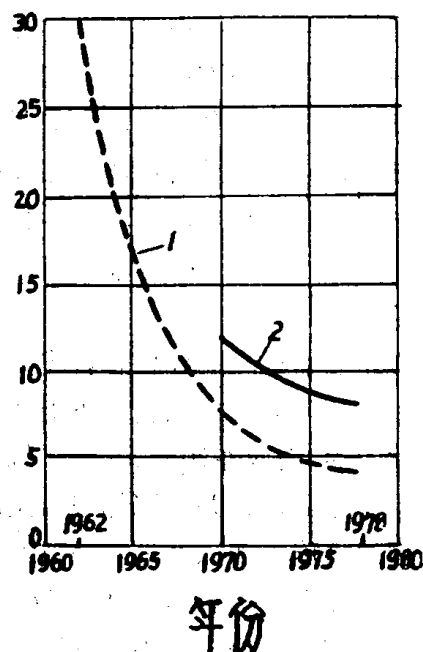


a) W型, 25000兆伏安(1962年)

b) HV型, 35000兆伏安(1970)

c) S型, 46000兆伏安(1978年)

图1 420千伏断路器的发展



1. 额定断流容量25000~30000兆伏安

2. 额定断流容量35000~50000兆伏安

图2 420千伏断路器一相的动触头数(n)

从1972年起，国际大电网会议(CIGRE) 13—06工作组就提出了提高断路器可靠性的设想。第一部份工作是研究型式试验项目。第二部份工作是收集断路器故障方面的资料。为此，印发了断路器故障调查表。调查结果表明，断路器的事故绝大多数是由于机械原因而非电气原因造成的。特别是由于操动机构、电磁铁和辅助开关造成的。机械故障占70~80%。故障台数占总台数的8%，其中小故障又占80%。这些数字充分说明通过改进机械特性以提高断路器可靠性的想法是正确的。在各国和国际标准中，对电气试验都有严格的标准规定而对各种非电气试验项目（这里简称机械试验）却至今很少列入标准。

1976~1978年间,国际电工委员会有一个IEC17A—WG11工作组,着重研究“机械问题和可靠性”,从而填补了这一空白。该组就“可靠性”问题已提出两份报告,供1974年和1978年CIGRE大会讨论。这些报告的基本观点已在WG11工作组的工作过程中得到贯彻,并作为标准草案的组成部份提了出来。

去年年底工作组提出了10份标准草案,作为第一批成果供IEC17A分会和西德电工会DKE432.1委员会讨论。这些草案作为开关机械可靠性特别是断路器可靠性的标准内容,在许多地方有其创新。预料将会引起热烈的讨论。当然,这些标准草案离成为正式标准尚远。

起草标准草案的主导思想首先是西德提出的,即单一采取型式试验是不能达到提高可靠性目的的,而应在制造、安装和维修各个阶段进行各方面调查并采取加强质量管理和提高质量的措施来加以保证。经过对事故统计所进行的仔细分析表明,其中3/4的事故是由于制造质量(如材质不合标准或加工不合公差等)造成的,只有20~25%属于设计方面的原因(图3)。所以型式试验不可能发现这些属于统计分散性的缺陷。今后,IEC标准将列有“质量保证”这一章节,不仅作为制造厂家在制造方面采取组织措施的指南,而且也将各种措施包括在内。

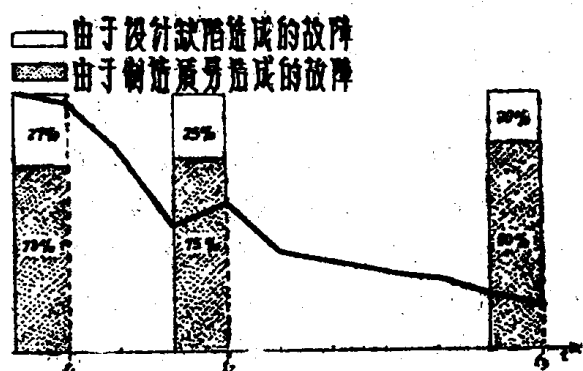


图3 某一种断路器由于设计缺陷和制造质量造成的事故率

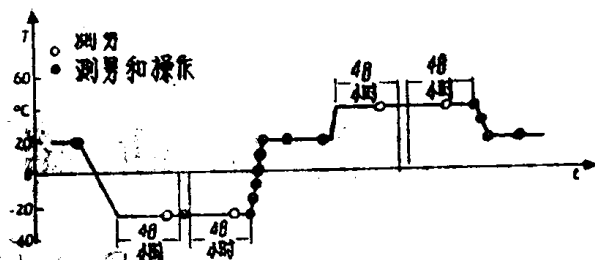


图4 低的和高的环境温度试验循环

在断路器例行试验方面,基本上没有多少新的内容,而在新的型式试验草案中,加进许多完全新的试验项目,譬如像高温和低温试验。原先断路器只要置于人工气候室内,冷却至 -25°C 再作试验就行,现已不能满足这些条件,而要在变冷以前,对其最重要参量(回路电阻、分合时间,有时要测时间—距离曲线)作检验。然后,在断路器处于闭合状态下进行致冷。当达到最终温度后,首先将断路器静置48小时,测泄漏率,检查密封部位在低温下是否有足够的密封性。随后,将断路器分闸,重新检查运动特性。在切断供监视、控制和加热电路用的二次侧电压情况下,过3个小时后,又接通电路,以便检查指示和闭锁特性。在相隔24小时后,再次检查泄漏率,并且合—分50次,每次间隔3分钟。在上述操作的过程中各进行3次所谓的快速自动重合闸。当低温试验结束后,立即将人工气候室的温度以每小时 10°C 的速度升至正常环境温度。在此期间,开关应每隔30分钟交替进行分—合—分及合—分—合操作。待温度完全平衡后,应再核对一下试验开始所取得的数据。

高温试验的作法与低温试验雷同,可紧接低温试验进行。户外断路器一般是在环境温度 $+40^{\circ}\text{C}$ 下进行试验,但没有把日照引起的附加温度考虑在内。在IEC工作组内部讨论时,提出一项在环境温度 $+40^{\circ}\text{C}$ 上再加 15°C 来模拟日照影响的建议。这种做法,当然忽视了日照在开关各个构件上温度分布的不均匀性或通过屏蔽对受日照构件的保护作用。正确的做法是,应通过红外线来模拟日照的影响。为此,工作组要求各国委员会对

这项相当费事的试验加以表态。

上述高温和低温试验的费用无疑是很高的,且两个试验循环总的 时间又需 12~13 天,因此,对能否简化试验程序而不失其目的要进行研究。

持续操作试验草案 是新标准的核心部份。现有的国家标准和国际标准都规定 1000 次操作。对拟议中的 10 倍于这个数字的操作次数,西德特别反对。论据是,靠增强某项试验是不可能作为提高可靠性的可靠手段。此外,从经济角度看,也不合算,因为投入电网运行的开关,其绝大多数充其量一年只不过操作 40 次,没有必要按频繁操作的专用开关来对待。

现在作为秘书处文件印发的草案规定操作次数为 2000 次。经过长期的争论,提出一个折衷方案,即在标准草案中加了一条注解,指出:用于特殊条件和要求的开关,型式试验应为 10000 次。而在每操作 2000 次后允许作某些检修。

对开关接线端承受的拉力也提出了一项新的试验项目。开关接线端的额定负荷由静态和动态额定负荷构成。静态力分静态母线拉力和水平方向风力两部分。在两个分量中,假定冰层厚度为 1 毫米。用垂直和平行开关轴的合力作试验。此合力称之为静态额定接线力。

动态力由风力和短路力组成,用三相断路器或用其二相作试验。。为避免试品额定值的动态力过大,应将试验电流减至额定短路电流或动稳定电流的 87%。这里可能引起强烈的反应,因为这种简化的试验装置自然不可能完全满足变电站中各种不同的布置。

型式试验草案虽规定试验要在整台断路

器或其一相上进行,但在某种范围内,也可对断路器采用单元试验(所谓单元系指由多个相同单元组成的断路器的独立单元)。这种单元试验是一种经济的方法,也是提高可靠性的一种手段。

除上述介绍的章节外,IEC17 A 分会 GW11 工作组还提出了其他一些章节。这些章节均涉及提高机械的可靠性,但就其内容而言新东西是不多的。关于“维护和修理”一项提出一个导则,即为达到高的可靠性,对必要的维修是有所规定的。

控制和辅助开关发生的故障占总故障的很大部份。因此,有专门一章介绍这些装置的型式试验。

对压缩空气断路器所用压缩空气的质量也作了规定。还有一章对气吹断路器的漏气率作了规定。不同产品的品种,其漏气率是不同的,如在 SF₆ 全封闭组合电器中为 1%/年,而在压缩空气断路器中要大一万倍。标准中还介绍了各种测量方法。

关于高湿度和冰冻试验项目只是作为特殊的协商项目提出来。高湿度试验持续时间约 12 天,试验的目的主要不是确定耐腐蚀的薄弱部位(对此来说,试验持续时间太短),而是通过构件吸潮和形成蒸发水了解对性能可能造成的损害。

工作组的工作远没有结束。现提出的草案已引起热烈的讨论,还有待于按提出的意见加以修改。此外,对下列项目还得制订标准:反作用力的确定、抗地震试验、温度骤变试验、冰冻和运输性能试验等。希望在今后的讨论中不要忽视经济观点。

[李建基 摘自《ETZ》, 1979,

100, №16/17, 896~900

(德文)]

火电厂轴承冷却水的热回收

镔木 武

火电厂内有许多系统，其中之一是冷却各种辅机轴承的冷却水系统。

本文介绍利用原有设备回收轴承冷却水的情况。

一、火电厂的循环和系统

1. 主循环

富山火电厂的1、2号机组（各为15.6万千瓦）的主循环示于图1。

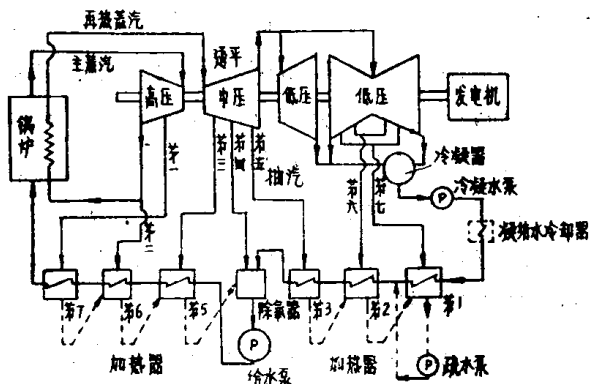


图1 主循环

锅炉的给水在给水加热器中由汽机的抽汽加热，温度逐步升高后进入锅炉。

锅炉发生的主蒸汽，在高压透平做功后，其排汽再返回锅炉加热，成为再热蒸汽送进中、低压透平做功。

2. 有关的系统

与本课题有关的系统为冷却水系统和回收发电机放热的淡水系统（图2）。

有关两个系统设备的作用简述如下：

a. 淡水系统

氢冷却器：氢冷却发电机氢气的冷却

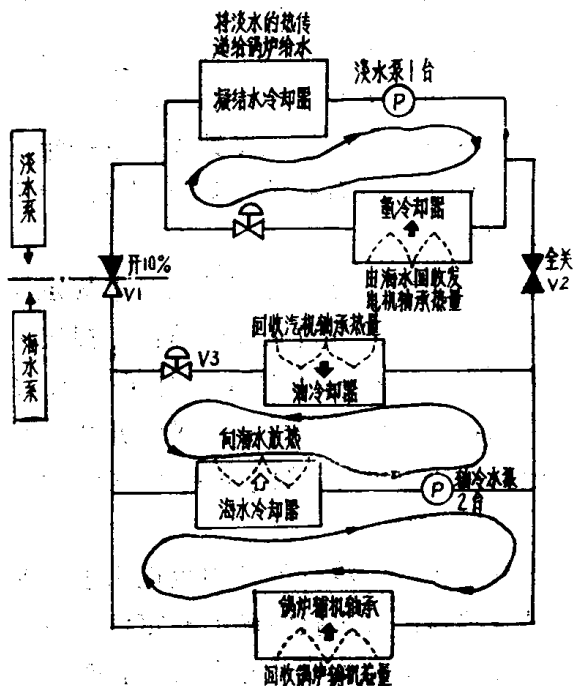


图2 轴冷水系统和发电机淡水冷却系统

凝结水冷却器：将淡水在氢冷却器所得的热（相当于发电机的放热）传递给锅炉给水

b. 轴冷水系统

油冷却器：汽机润滑油的冷却

海水冷却器：用海水冷却返回的高温轴冷水，使冷却水温保持在规定值（30℃）。

二、高效运用和热回收

1. 减少泵的运行台数

从节能和高效运用的观点出发，对轴冷水系统能否用一台轴冷水泵的问题，工厂进行了长时间的研讨。

即冬季汽机轴承的回收热量少，则开大

V-3 阀运行。在这样的轴冷水系统的冷却水循环量减少的情况下,能否由 2 台泵运行改为 1 台泵运行。

另一方面,单台运行的状态如图3所示,负荷超过额定负荷的30%,不能连续运行。

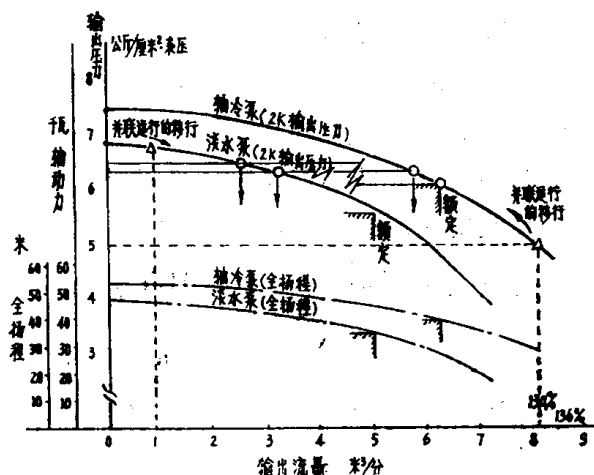


图3 轴冷水泵、淡水泵并联运行

解决这个问题的办法是,再研究一下,能否与淡水系统中的一台小容量淡水泵并联运行。

其结果是,利用安装在两个系统间的两个阀门 (V-1、V-2),实现了并联运行,这两个阀门是用以补给淡水和在异常情况下确保淡水流量的。

如图3所示, (Δ) 为单独运行时的运行位置,在V-1、V-2阀门全开时并联运行,此时位置为(0)。

即可将原来的2台轴冷水泵(各为65千伏安),1台淡水泵(45千伏安),改为1台轴冷水泵和1台淡水泵并联运行。

2. 轴冷水的热回收

并联运行时水循环如图4。

在原有回路之外,新增加淡水泵→油冷却器→凝结水冷却器回路。

结果,大量的汽机轴承热量流向凝结水冷却器,大部分传递给锅炉给水。

另一方面,因为减少了流入海水冷却器中的轴冷水,减少了释放到海水中的热量。

按图5,回收热量为:

$$Q_c = F_c \times \Delta T_c$$

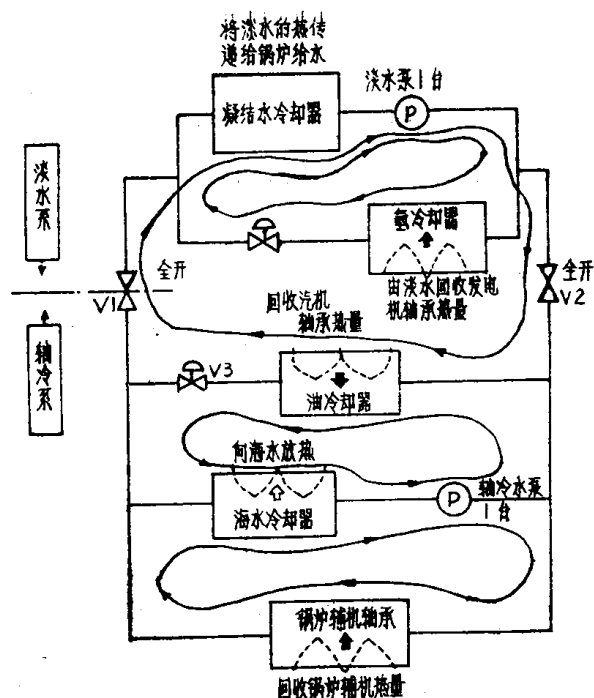


图4 热回收时两系统状态图

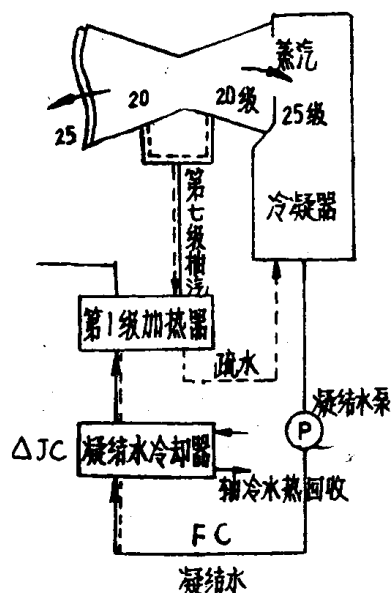


图5 热回收区域的扩大图

注: 凝结水管路中的水在本文中用作锅炉给水

式中, Q_c ——凝结水冷却器回收的热量, 大卡/小时

F_c ——凝结水流量, 公斤/小时

ΔT_c ——凝结水温升, $^{\circ}\text{C}$

三、回收电力

1. 汽机抽汽量的变化

通过凝结水冷却器进行热回收(图5),

提高了第一级给水加热器入口凝结水温度。

温度高的凝结水进入给水加热器，则减少了抽汽的冷却效果，因而减少了疏水量。

因此减少了第7级抽汽量。

计算第7级抽汽量的减少量的公式中，采用下列符号：

H_7 ——第7级抽汽的焓，大卡/公斤；

i_1 ——第1级给水加热器入口焓，大卡/公斤；

i_2 ——第1级给水加热器出口焓，大卡/公斤；

H_d ——疏水焓，大卡/公斤；

W ——第7级抽汽量，公斤/小时；

F_c ——凝结水流量，公斤/小时。

加“前”、“后”两字，表示采用轴冷水热回收方法之前和之后。

得出：

$$F_{c前}(i_{1前} - i_{2前}) = W_{前}(H_7前 - H_d前) \quad (1)$$

$$F_{c后}(i_{1后} - i_{2后}) = W_{后}(H_7后 - H_d后) \quad (2)$$

式中， $F_{c前} = F_{c后} = F_c$ $i_{2前} = i_{2后} = i_2$

$H_7前 = H_7后 = H_7$ $i_{1前} = i_{1后} = \Delta T_c$

$H_d前 = H_d后 = H_d$ $H_7 - H_d = K$

$W_{前} - W_{后} = \Delta W$ $F_c \times \Delta T_c = Q_c$

合并(1)、(2)两式，得：

$$\Delta WE = \frac{1}{K} \cdot Q_c$$

可见，第7级抽汽量的减少量，与回收热量的增加量成比例。

2. 汽机出力提高量

1) 热→机械能→电能的转换

汽轮机是将蒸汽携带的高热能转变为机械能的设备。在火电厂中，汽轮机静叶片和动叶片之间的热能转变成机械能的变换率(内效率)约为90%多。

此外，从机械能(旋转力)转变成电能的变换率(发电机的效率)大致可为100%。

根据以上关系，则

$$\text{电能} = \underbrace{(\text{热能}) \times (\text{汽机内效率})}_{\text{机械能}} \times \frac{1}{860}, \text{千瓦}$$

电能

式中，1千瓦小时 = 860大卡。

2) 汽机出力提高量

根据图5，减少第7级抽汽量，则增加了汽机第20级至第25级间的蒸汽流量，提高了汽机的出力(亦即提高了发电机的出力)。

其值用图7热膨胀线算图求取：

$$\Delta KW = \frac{\Delta WE(H_7 - HL - H_c)}{860} fL$$

式中， ΔKW ——汽机出力提高量，千瓦；

HL ——排汽损失，(大卡/公斤) $\approx 4 \sim 9$ ；

H_c ——与冷凝器真空度相当的焓，大卡/公斤；

fL ——低压透平内效率，90.84%。

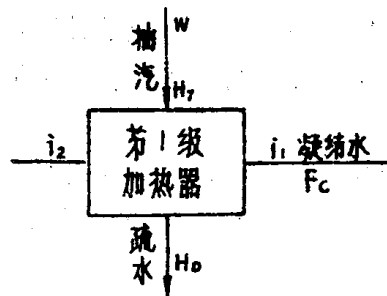


图6

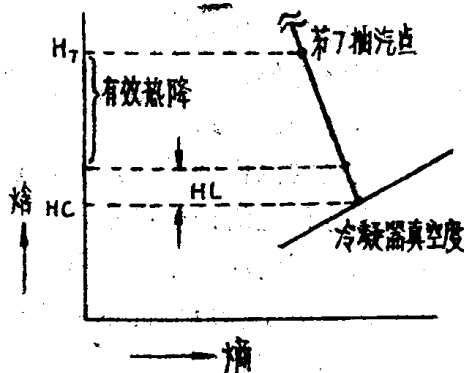


图7 热膨胀线算图

四、泵的动力减少量 (ΔK_P)

未采用凝结水冷却器时,要投运两台轴冷水泵,改进之后,则由1台轴冷水泵和1台淡水泵并联运行。

与轴冷水泵比较起来,淡水泵的容量相当小。

五、总回收的电力(千瓦)

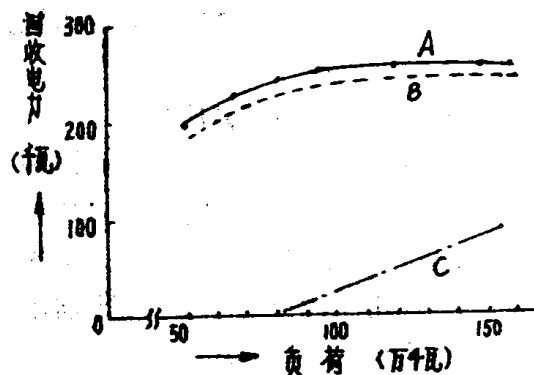
$$KW = \Delta KW + \Delta K_P$$

按上式,可从图8求出各种负荷下回收的电力。

(1) 改进之后,机组的热回收增大,发电机出力提高。

(2) 改进后,流经轴冷水泵的冷却水减少,节约了辅机动力。

(3) 上述两项之和为总回收电力,相当于200千瓦。



A——总回收电力（汽机出力提高量+泵动力减少量）；B——汽机出力提高量；C——使用原有凝结水冷却器时回收的电力。

图8 回收电力趋势图

[宋安居 译自《电气现场技术》54, №10, 1979, 40—43. 严惠浩 校]

日本的锅炉省能技术

严惠浩

日本是个能源贫乏的国家。据1973年统计,其进口的石油、煤、液化天然气分别占其能源需要量的77.4%、11.7%、0.8%^[1],这说明日本有90%的能源依赖于进口。使经济发展和人民生活提高的最基本、最重要的因素是必须使能源有长期的、稳定的供应。但由于日本能源贫乏,前景并不乐观。尤其在1973年中东石油禁运之后,西方资本主义国家普遍闹油荒,日本更首当其冲。为了改变能源供应严重依赖国外的局面,日本在近期内将努力发展原子能发电,提高现有的和新建的火电站、原子能电站的热效率,远期的目标是利用太阳能、地热能、海洋能和风

能。日本的电站锅炉和工业锅炉要耗掉大部分进口的原油,在文献[2]统计的1975年的118,340台锅炉中烧油的有113,103台,约占96%。因而日本除了努力实现近期和远期的能源目标之外,目前便是努力降低现有一切锅炉的燃料消耗量,努力提高锅炉的热效率,充分利用锅炉燃烧燃料时产生的热量。节约能源已成了日本的一项国策,而锅炉的省能是节约能源中的一个重要环节。

电站锅炉的热效率比之工业锅炉要高得多,但是日本各电站还是根据各自的具体条件,力求更好地节省燃料,降低热耗,减少厂用电,措施是多方面的。东京电力公司的

横滨电站、九州电力公司的大村电站和昭和电力公司的市原电站由于在省能方面卓有成效，作为1976年度热管理优良工厂而受到通产省的嘉奖。这三个电站的锅炉省能措施分别叙述如下。

1. 横滨电站的锅炉省能措施^[3]

横滨电站的1~5号炉为510吨/时锅炉，配5台17.5万千瓦的机组，6号炉为1130吨/时锅炉，配35万千瓦机组。锅炉均为再热式汽包锅炉，燃用重油或原油。每日需燃油4000千升，用水量为每天2200吨。

① 采取变压运行方式

在低负荷运行时，为了降低透平调节阀的节流损失，减少锅炉给水泵的动力，机组作变压运行，以提高此时的热效率。额定值为169表大气压的主蒸汽压力在最低负荷时为120表大气压，此时可提高机组效率0.2~0.4%。

② 有效地使用蒸汽空气预热器：

根据燃料、季节和出力的变化来切断蒸汽空气预热器的级数，既使锅炉的助燃空气始终能加热到一个合适的温度，又不浪费蒸汽。

③ 降低锅炉的最低负荷

由于系统运行上的需要，中等容量的机组启停次数增多，启停损失增大，因而必须进一步降低机组的最低负荷，以减少停运的次数。为此1~5号炉的最低负荷降到3.5万千瓦，6号炉降到8万千瓦。此外，还尽可能缩短机组的启动时间。

2. 大村电站的锅炉省能措施^[4]

大村电站的1号炉为280吨/时的小型锅炉，由于热效率较低，自1975年10月以来长期停运，而以510吨/时的2号炉作为发电主力。该炉混烧劣质煤和重油，重油的混烧率可达70%。

1) 提高机组效率

- ① 将汽压、汽温保持在设计范围内，只选择结渣明显的地方吹灰，以免汽温下降。

② 保持适当的燃烧空气O₂%。

各种负荷下的O₂%如下表：

负荷，万千瓦	15.6	12	8	5.5
重油混烧率，%				
30	2.8	3.0	5.0	7.5
70	2.4	3.2	5.7	8.5

③ 保持合适的排烟温度。

④ 冬季或负荷减少时用1台循环水泵。

⑤ 重油混烧率由30%提高到70%时，灰处理的间隔时间由3小时延长到6小时。

2) 减少厂用电

① 使磨煤机以高负荷运行，混烧30%的煤时，原则上只用2台磨煤机。

② 缩短灰泵的运行时间。

③ 给水泵高效率运行。

3. 市原电站的省能措施^[5]

市原电站的1~5号炉为260吨/时锅炉，配7.5万千瓦机组，6号炉为570吨/时，配17.5万千瓦机组。锅炉均烧重油。

1) 提高热效率

① 降低6号炉的排烟温度

6号炉烟囱进口处的排烟温度为150℃，空气预热器出口烟温为154℃，加装了排烟脱硫装置后，使空气预热器出口烟温降低约10度，这样便使锅炉热效率提高0.25%。

② 重油储罐的保温

将2号重油储罐的顶棚采取保温措施，结果回收的热量相当于每年节约1250千升重油。

2) 减少厂用电

① 冬季用1台循环水泵，每年可节电3600度。

② 降低容支式空气预热器的漏风量

1~4号炉空气预热器的漏风率原设计为15%，但在运行中增大到25%，有的甚至达到30%。经检修后，使每台锅炉的空气量由235,300标米³/时减为217,100标米³/时，每年可节电12万度。另外，排烟损失降低，相