

火电厂技工培训教材

电气设备运行

武汉电业管理局編

水利电力出版社

这部分教材是为在比较紧迫的时间中培养运行工人而编写的。

当前技工培训工作有着数量多、时间短、质量要求高的特点：培养对象既有新工人也有老工人，文化程度上有初中的也有高小；培养要求新工人经过4个月的教育能够掌握辅助设备的运行操作成长为初级技工同时具备迅速向高级技工发展的可能，对老工人通过系统理论学习结合实际操作成为高一级的骨干。培养方法上是全面理论学习和带有专业速成性质的生产实习平行并进的。

为了配合实际工作的需要，教材编排上注意了下列各点：培养方向是技工不是技术员，因此着重物理概念的建立，避免数学推导和纯理论的探讨；材料取舍上要包括有发展为高级技工所必需的理论知识，同时为了节省精力和时间力求精练，避免重复，力求实用，不纠缠于已过时的或没有实用价值的设备上，尽量做到课堂所学到的实习就能用到，但是为了发展前途义不应受现有生产厂设备的限制；为解决高小程度对象的困难编写了过渡到专业所必需的基础知识；为了配合生产实习先辅助设备后本体的程序，尽可能将辅助设备安排在前面。为了适合工人水平文字力求通俗，以减少阅读的困难。

电 气 设 备 运 行

武汉电业管理局编

*

1559D446

水利电力出版社出版(北京西郊科学路二里)

北京市书刊出版业营业登记证出字第105号

北京市通州区印刷厂印刷 新华书店发行

*

787×1092 $\frac{1}{2}$ 开本 * 6印张 * 120千字

1958年11月北京第1版

1959年3月北京第2次印刷(8,101-15,936册)

统一书号: T15143·204 定价(第8类)0.50元

目 录

第一章 火力发电厂概念

- 第一节 发电厂概說 3
- 第二节 火力发电厂的生产过程 4
- 第三节 发电厂运行組織与值班人員职责 8

第二章 高压設備的技术安全

- 第一节 电流的危险性 13
- 第二节 防止电流伤害的方法 16
- 第三节 高压設備工作 19

第三章 电气设备的正常运行

- 第一节 信号及电话使用法 32
- 第二节 电动机的正常运行 34
- 第三节 直流发电机的正常运行 51
- 第四节 同步发电机的正常运行 54
- 第五节 变压器的正常运行 74
- 第六节 配电裝置的正常运行 86
- 第七节 蓄电池设备的正常运行 93
- 第八节 配电盤及二次結綫的正常运行 101
- 第九节 繼电保护装置及自动裝置的正常运行 102
- 第十节 架空輸电与电綫綫路的正常运行 103
- 第十一节 照明的正常运行 104
- 第十二节 保安设备的正常运行 106

第四章 事故和事故处理

第一节	总则	108
第二节	配电装置的设备中的故障	112
第三节	变压器的异常运行和事故	119
第四节	输电线路自动跳闸的一般处理	124
第五节	系统切换误操作	127
第六节	系统接地故障	129
第七节	母线电压消失	133
第八节	发电机事故和发电厂主要系统事故	136
第九节	厂用电系统事故	146
第十节	水灾及火灾	161
附录一	电气符号	164
附录二	图表符号	169
附录三	电气现用名称对照表	181
附录四	苏式主要电气特性表	182

第一章 火力发电厂概念

第一节 发电厂概說

发电厂是一种工厂，它的任务是安全可靠而經濟的將自然界所儲藏的或可資利用的能量——煤的燃燒（热能）或水的流动（水力能）等——轉变成电能，以供給各种不同的用戶。所以說，生产电能的工厂叫发电厂。用水力来发电的叫水力发电厂（水电站），用煤或其他燃料来发电的发电厂叫火力发电厂（火电站）。

在資本主义統治下，由于生产資料的私人占有，虽然也建設了不少的发电厂，但目的是为了获得最大限度的利潤，当然就不能为工农利益服务去实现电气化，也絕不可能有計劃地实现全国电气化。

只有在苏联、中国和人民民主国家才能合理的实现全国电气化，这是由于社会主义經濟的計劃性和整体性，由于它有为人民謀福利的目的，所以能够有步骤地实现全国电气化。

在社会主义体系的国家里，电力生产的規模是极其宏偉的，而其速度則是突飞猛进的。这都是資本主义国家不可想象与不可能达到的。如苏联的古比雪夫水电站是世界最大的水电站已于1955年部分发电。苏联首創世界上的第一个原子能发电厂早已于1954年6月27日开始发电，为和平利用原子能开辟了广闊的道路。目前我国社会主义建設事业，逐步高涨并轉入新的阶段。电力工业是先行工业，因此必須加速电气工业的建設，才能适应这一新的发展形势。在苏联的帮助下，我国正在研究从事建立原子能发电厂的工作，丰富的水

力資源正在從事調查勘測，為今後建設大型水電站打好基礎，而火力發電廠則為適應當前工農業的需要，正在大量迅速的進行建設。

第二節 火力發電廠的生產過程

在火力發電廠里，帶動發電機的原動機是汽輪機，也有少數是蒸汽機和內燃機（柴油機等）的。現在我們只談汽輪機發電廠。這種發電廠有兩類：一類是只產生電能，我們叫它為凝汽式發電廠。另一類是除了產生電能外，還把蒸汽或熱水供給工業或住宅，我們叫它為熱電廠。

火力發電廠所用燃料以煤和泥煤為主，也有少數用石油（重油）和瓦斯。其中又以煤粉發電廠最為普遍，即先把煤磨成煤粉，然後送入爐膛里燃燒，這樣甚至最低級的煤也能燃燒得很好。

煤粉發電廠的設備相當複雜，它比較燃燒塊狀煤層的鏈條爐多了好些煤粉製造及輸送設備。此種發電廠的主要生產分場如下：

燃料運輸分場；

鍋爐分場；

汽機分場；

電氣分場；

另外還有化學分場，修配分場，熱力儀表試驗室及土建分場等則為其輔助生產分場。

圖 1-1 表示煤粉凝汽式汽輪發電廠的布置情況，由此可了解其生產過程。

煤塊從堆棧送入碎煤機，將大塊煤擊碎，然後送入煤粉製造設備，在此將煤烘干並磨碎成粉。磨煤機通常是直接安

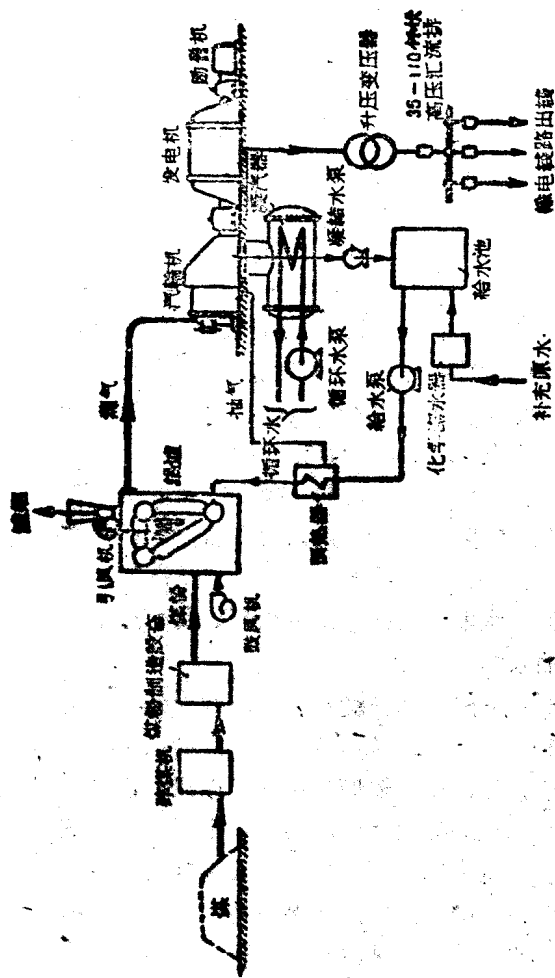


图1-1 煤粉凝汽式汽轮机发电厂的生产过程布置图

裝在鍋爐房最下面的一層，有時亦置於稱為中心煤粉製造設備的獨立的建築物內。在絕大多數情況下，碎煤是用滾球式慢速磨煤機。這個磨煤機的大金屬筒里充滿了鐵球或鋼球，當筒旋轉時，滾球就把煤撞擊成粉。

煤粉被高速的空氣流吹送，通過噴煤嘴進入爐膛，遂在高速之下燃燒。

鼓風機把煤粉燃燒所必需的空氣鼓進爐膛而引風機則把燃燒所生成的氣體從鍋爐的煙道里吸出並把它排出煙筒之外。水在鍋爐里變成蒸汽，最後從鍋爐進入汽輪機並驅使它轉動。

汽輪機運轉的原理如下：蒸汽經過汽門而入汽輪機，沖擊着汽輪機的動葉片；汽輪機的動葉片安裝在許多分離的圓盤之上，而圓盤則是固定在汽輪機的軸上的。由於蒸汽加于汽輪機葉片上的壓力，軸就旋轉起來。

汽輪機的機械能帶動同一軸上的發電機而變成電能。

從汽輪機排出的蒸汽進入凝汽器內，在其中受到冷凝重新變為水。這是由於冷的循環水流過凝汽器的管路使蒸汽冷卻，而循環水則是用循環水泵從河、湖、池塘、冷水塔或蓄水池里抽來的。

從凝汽器出來的凝結水，用凝結水泵抽到給水池里，再和補充的原水一道，通過預熱器，由給水泵打入鍋爐，因為給水無化學雜質，作為鍋爐補給水可以減少鍋爐的污垢。

在汽輪機的凝汽器內，保持一定程度的負壓力（真空），因此，蒸汽通過汽輪機，汽壓從某種初壓力降至小於一個大氣壓的壓力（即凝汽器內所保持的壓力），這樣，蒸汽所作的功，要比汽輪機的排汽在排出于大氣中時（汽壓降至大氣壓時）所作的功大些。

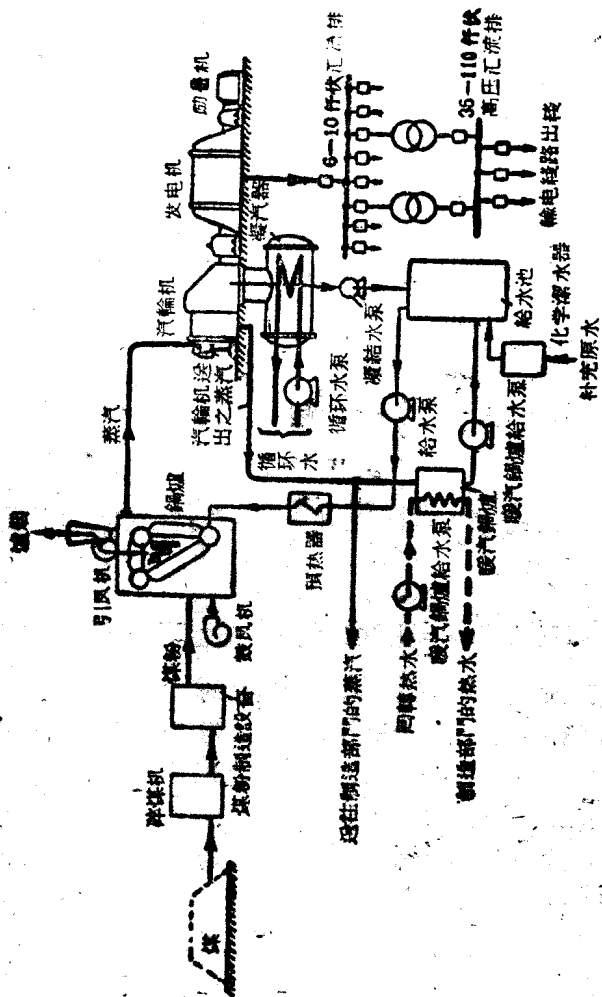


图 1-2 以煤粉为燃料的热电厂生产过程布置图

图 1-2 是以煤粉为燃料的热电厂生产过程的布置情况。

热电厂的生产过程，从供应燃料起，直至蒸汽进入汽轮机为止，和凝汽式发电厂相同。两者的区别是从汽轮机设备开始，热电中心厂的汽轮机对排汽有选择性，就是从汽轮机排出的蒸汽，有些被送往生产部门，而有些则被送往暖汽锅炉。暖汽锅炉是一种设备，在其中蒸汽把水加热，再送往住宅的暖汽装置。经选择后剩余蒸汽，通过汽轮机的其余各级，完成了机械工作，最后便进入凝汽器。

从汽轮机所选出的蒸汽量，是根据热力用户对于蒸汽及热水的需要而定的。

这样的工作方式，使随循环水而损失的热量减少了，因而现代热电中心厂的效率提高到 40 % 以上。

复习题

1. 凝汽式汽轮机发电厂与热电厂生产过程有什么不同的地方？

第三节 发电厂运行组织与值班人员职责

我们知道电能是由发电厂发出来的。发电厂发电机所发出的电能中，有一部分用以供给电厂附近的用户以及电厂的厂用电外，极大部分的电能是供给离开很远的用户的。

电能沿着输电线路的导线从电厂输送到很远的距离以外去，但是如用发电机电压把功率很大的电能输送到几十或几百公里以外去是不可能的。因为，这样在输电线路的导线中就要损失很大的能量。为了防止损耗很大的能量起见，必须用较高发电机电压高很多的电压来输送电能。改变电压是用电力变压器来实现的。需要输送的距离越远，则所取的电压就

越高。

凡是用以升高电压而由升压变压器接受发电机电能的装置和把这电能沿输电线路输配出去的装置所组成的电力设备就称为升压变电所（升压站）。

在消耗电能的场所不能直接以高压线路输出的那种电压来使用电能，因为由于一系列的原因，消耗电能的电动机与其他电器并没有制成如此高压的，因此，也必须用电力变压器把输电线路中很高的电压降低为适合于用户使用的电压而把电能分配给用户直接使用。凡是用以降低电压而由降压变压器接受输电线路电能的装置和把这电能分配给用户直接使用的装置所组成的电力设备，就称为降压变电所（降压站）。

这就是说，变电所是用来升高或降低电压的。

发电厂，变电所与把它们连接起来的高压输电线路组成了一个发电与对消耗者输配电能的系统，这个系统叫做电力系统。彼此借共同的电力网联结成为一个完整的连续不断的生产，输配与消费电力的程序，这样就保证了系统的安全经济运行。因此，系统内的发电厂与电力网各部分的运行方式及备用容量，均全部由其统一来管理。

电力系统在运行中，设置值班调度员来管辖系统中保证生产与输配电力的主要设备，为全电力系统运行技术上的指导人。系统内发电厂的运行值班人员在接到值班调度员的命令后，应立即无条件的执行，除了对人员或设备安全有威胁时例外。

发电厂运行值班人员是轮流值班担任各部分生产职责的工作人员。燃料、锅炉、汽机、电气及化学各分场都有轮流值班人员，每班都有班长，也叫值班长，在同一值班内负责这四个班的，叫值班工程师。

电气值班長屬下有配电盤值班工，付值班工，厂用电值班工。

在电气分場內，除了管理人員外，分檢修組与运行班。运行班的值班人員过去班分为三班值班，現在一般已采用三班半制或四班制。按时依照規定時間輪流交接班。

值班人員，在值班時間內为本工作崗位所有設備正确维护与安全运行的負責人。

值班人員在符合有关規程，計劃負荷曲綫及上級值班人員所要求的运行情况下，进行最經濟与安全的設備运行工作。

值班時間的設備发生損坏，不正常現象以及事故时，值班人員应立即报告上級值班人員，但上級值班人員未到达前，須領導所屬人員自行采取消除故障的必要措施。

值班人員应严格遵守并要求其他人員一并遵守現場的一切制度与規程进行检查运行方式的正确性，設備情况是否正常以及有关工作地点，厂房及設備的清洁問題。

值班人員無論設備运行与否，不得擅自离职守，在特殊情况下，只有經上級值班人員允許調換值班人員后，方可离去。

值班人員禁止未持有經分場主任或总工程师签字的工作証或特許証的人員及其他值班人員或其他分場工作人員临近运行設備。但現場的領導人員（厂長及总工程师等）除外。

在紧急情况发生时和在空襲与火灾警报下，值班人員須遵照上級及当地防空防火机关所頒发的專用規程和指示而行动之。

值班人員应負責直接为檢修人員准备檢修工程的工作現場和布置一切安全措施。维护檢修工程竣工以后，并負責驗

收，認為可以合閘運轉等情，記入命令簿后，方能对电气設備合閘運轉。在檢修上有何缺点或未完成的情形时，应記入檢查簿，設備缺陷簿以及未完簿上。

电气值班人員应按运行規程所規定的进行操作調整及監督发电机，直流回路等等电气設備的运行工作。

电气值班人員应随时將設備运行的实績，配电盤表計指示等記入規定的表格与运行日志內，設備运行的缺陷应記入缺陷記錄簿內。

电气值班人員須熟悉下列各項：

1. 发电厂結綫系統（包括厂用电系統，照明系統等）。
 2. 发电厂各电气設備的规范用途特性，发电机与变压器的冷却方式等。
 3. 发电厂各电气設備的裝备的裝設位置。
 4. 配电盤上信号与中央信号裝置。
 5. 与其工作有关的电力法規，安全工作規程以及电气設備消防規程，各种运行規程，服务規程等。
 6. 发电厂全部生产过程概念。
 7. 对工作上的必須的工具和材料的保管法。
- 值班人員在行政关系上隸屬於分場主任。

在运行日志中有許多名詞及其計算法，值班人員也应熟悉以便能按照規定进行正确的填写。

1. 电量 (KWH)：发电量，厂用电量，受电量，送出电量，負荷电量，損失电量，平均电量，最大与最小电量。
2. 电力 (KW)：发电能力，受电能力，送出电力，厂用电量，損失电力，最大負荷，最小負荷。
3. 各种率：燃煤率，厂用电率，蒸汽消費率，煤消耗率，負荷率，損失率，利用率等。

其計算方法如下：

1. 发电量 + 受电量 = 发購电量合計。
2. 发購电量 - 厂用电量 = 送出电量。
3. 送出电量 - 負荷电量 = 損失电量。
4. $\frac{\text{电量}}{\text{运行時間}} = \text{平均电量}。$
5. $\frac{\text{平均电量}}{\text{最大电量}} \times 100\% = \text{負荷率}。$
6. $\frac{\text{厂用电量}}{\text{发电量}} \times 100\% = \text{厂用电率}。$
7. $\frac{\text{損失电量}}{\text{送出电量}} \times 100\% = \text{損失率}。$
8. $\frac{\text{煤量}}{\text{发电量}} \times 100\% = \text{燃煤率}。$
9. $\frac{\text{蒸汽量}}{\text{发电量}} \times 100\% = \text{蒸汽消費率}。$
10. $\frac{\text{煤量}}{\text{蒸汽量}} \times 100\% = \text{煤消耗率}。$
11. 煤消耗率 $\times$ 蒸汽消費率 = 燃煤率。

复 习 題

1. 什么叫发电厂，它对我国經濟建設起什么作用？
2. 凝汽或汽輪发电厂与热电厂生产过程有什么不同的地方？
3. 电力系統的調度員的職責是什么？发电厂运行人員对值班調度員的命令应采取什么态度？
4. 运行人員的職責是什么？
5. 值班人員的一般職責是什么？

第二章 高压設備的技术安全

第一节 电流的危险性

我們知道接触了帶电压的导电部分，尤其是帶高压电的部分，是很危险的。因为人在此时会被电流灼伤，而当人体通过对人的生命有危险的电流时，人就可能死亡。

电流的伤害可分为两类：（1）人的內臟的伤害，即所謂“电击”；（2）人的外部器官的伤害，即所謂“灼伤”。

“电击”对于人的生命是极危险的，当受到“电击”时，人体内部最重要的器官如心臟、肺、神經系統、脊髓和腦髓等都受到伤害，危及人的生命。

軀体受伤与灼爛都属于外部伤害或“灼伤”之列。

多大的电流对人的生命有危险呢？0.05安培及其以下的电流对人可算是安全的。电流大于0.05安培就可能灼伤人丁，而电流到0.1安培时即可能击人致死。

关于电流的性质，在“安全規程”中認為交流和直流之間的危险程度是没有什么区别的。它們兩者是具有同样的危险性。

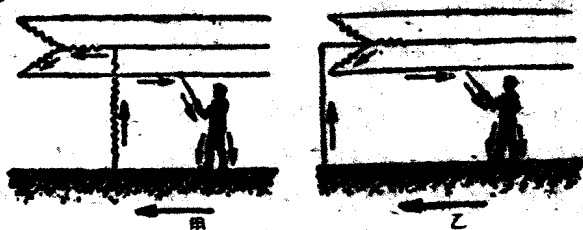


图2-1 單板接触

（甲）中性点不接地；（乙）中性点接地。

接触到帶电压的导电部分可能是單极接触（图2-1）或双极接触（图2-2）。

对电力系統中一个极或單相的接触称为單极接触，而对其中两个极或兩相的接触則称为双极接触。單极接触应分成两种情况：（1）綫路系統的中性点不接地〔图2-1（甲）〕；（2）綫路系統的中性点接地〔图2-1（乙）〕。

当在中点不接地的網絡中发生單极接触时，可能流过人体的电流决定于另外兩根导綫的絕緣狀況。从图2-1的（甲）中，可以看出，电流經過人体、地、另一相的絕緣电阻（图上的波形綫即表示絕緣电阻）而流回該相。另外兩根导綫的



图2-2 双极接触



图2-3 如果一根导綫的絕緣已經破坏，并和水管管路相接触，当人碰到另一根导綫时的危險情况

絕緣电阻越大，則流經人体的电流越少。假使網絡中第二个相的絕緣損坏，而导綫变成接地，則人就处于比相压大1.73倍的全部綫压（相間电压）之下。图2-3一根絕緣导綫已經破坏了并且还和自来水管管路接触着，而人身又触到另一根导綫时的危險情况。

这里應該指出，在很長的網絡中，还通过另外兩相对地

的电容而形成电流流经人体的通路,如图 2-4 所示,而这另外两相的很高的绝缘对人体的电流值只起很少的影响。

这就是说,当在中点不接地网络中发生单极接触时,人可能处于全部线压之下(当另外两相之一接地时)。

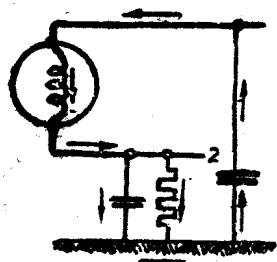


图2-4 当人体和导线碰到时,电流可以经人身和电容完成回路

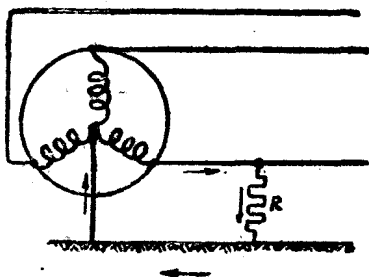


图2-5 当一相导线经电阻接地而完成一个回路时,回路中就有电流通过(R 代表某一人体之电阻)

在中性点接地的网络中发生单极接触时(图 2-5),人可以只处于相电压之下,其情况相当于图 2-5 所示。

假使人与地之间有很好的绝缘,则这两种单极接触的危险性都会大为减少。

双极接触(图 2-2)是最危险的,因为这时人体总是处于两相电压之下,而电流就要流经人体的内部器官。

当人触及带电的导电部分时流经人体的电流值,是决定于人体的电阻。人体电阻并不是固定不变的,它变化范围是很大的——从数百至数万、数十万欧姆不等,而决定于很多因素。干燥的皮肤、干燥的衣服、接触面积小都会使电阻增加,相反的,潮湿皮肤和衣服则会减少人体的阻力,喝醉了酒也会大大减少阻力。

对于电气运行技工,由于常常靠近带电装置工作,就必