



大型火力发电厂厂用电系统

钱亢木 编著



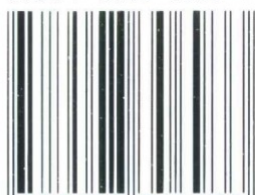
中国电力出版社
www.cepp.com.cn

新华书店
PDG

CEPP



ISBN 7-5083-0693-7



9 787508 306933 >

ISBN 7-5083-0693-7/TM·307

定价: 15.00 元

CHINA ELECTRIC POWER PRESS

大型火力发电厂厂用电系统

钱亢木 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书对大型火力发电厂的厂用电系统进行了论述,并着重从接线方式及设备应用两个方面,阐述了它们的相互制约关系。文章中介绍了各种不同的高低压厂用电接线方式及其应用对象,也介绍了在厂用电系统中可以使用的设备及选择原则。

全书共分七章,包括绪论、高压厂用电系统、低压厂用电系统、高压厂用电开断设备、低压厂用电设备、高低压厂用配电装置的布置、高热及高湿热环境中的厂用电系统等内容。

本书可供电力工程电气设计人员、电厂管理人员阅读,也可作为大专院校相关专业的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

大型火力发电厂厂用电系统/钱亢木编著. - 北京:
中国电力出版社, 2001

ISBN 7-5083-0693-7

I. 大… II. 钱… III. 火电厂, 大型 - 电力系统
结构 IV. TM727.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 045609 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

实验小学印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2001 年 10 月第一版 2001 年 10 月北京第一次印刷

787 毫米 × 1092 毫米 32 开本 9 印张 196 千字

印数 0001—5000 册 定价 15.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)

前言

火力发电厂厂用电系统的设计方案及其设备选用，直接关系到一个电厂能否安全可靠地运行。但由于厂用电系统中使用的设备品种多，接线方式多，各种“仁者见仁、智者见智”的争议也多，所以长期以来，对各种厂用电设备的著作较多，但对整个系统进行论述的著作不多，虽然有些设计手册涉及了这部分内容，但主要还是围绕国家的有关厂用电设计规程、规范进行细部说明及再规定。

改革开放以后，电厂的厂用电系统确实在改进和进步，正在从以前“可靠的接线、简单的设备”这一传统概念，过渡到“可靠的设备、简单的接线”这一新概念上来，而大量先进电气设备的引进，也对这种新概念的实施提供了基本保障，从而大大减轻运行人员的劳动强度，为所有工艺系统都进入计算机控制奠定良好的基础。

本书围绕数十年来厂用电系统的变化，分别论述了各种高低压厂用电系统的接线方式，介绍了 300~600MW 机组的厂用电系统设计主导思想，同时也提供了在设计中必需的各种计算方式与考虑因素，还对适用于高低压厂用电系统的电气设备做了较详细的介绍，提供了选择这些设备的计算方式和选用方法。

本书由中南电力设计院杨子仪审稿。由于时间较紧，书中如有不妥之处请大家多指正。

编者

2000 年 5 月

EPAC/04

目 录

前言



绪论 1

- 第一节 火力发电厂的厂用电系统
及负荷分类 1
- 第二节 厂用负荷的供电 6



高压厂用电系统 9

- 第一节 高压厂用电接线 9
- 第二节 高压厂用电压 27
- 第三节 高压厂用变压器及启动/备用变压器
的容量选择 39
- 第四节 高压厂用电系统的电压调整 58
- 第五节 高压厂用变压器和启动/备用变压器
阻抗的选择 61
- 第六节 高压厂用电系统的中性点接地方式 79



低压厂用电系统 100

- 第一节 低压厂用电接线 101
- 第二节 低压厂用变压器的选择 113
- 第三节 低压厂用电系统的中性点接地方式 123
- 第四节 交流保安电源的计算、选择和配置 133
- 第五节 高低压厂用电系统接线图 151

第四章	高压厂用电开断设备	156
第一节	少油断路器	157
第二节	无油断路器	159
第三节	限流熔断器与接触器组合回路 (F-C)	169
第四节	高压开关柜的分类与选择	205
第五章	低压厂用电设备	209
第一节	PC-MCC 上的电气设备及配置	209
第二节	低压厂用电系统保护的整定和配合	231
第六章	高低压厂用配电装置布置	244
第一节	200MW 及以下机组的高低压厂用 配电装置布置	245
第二节	300MW 及以上机组的高低压厂用 配电装置布置	247
第七章	高热及高湿热环境中的厂用电系统	250
附录 A	主要厂用负荷特性表	263
附录 B	某厂 2×300MW 机组初步设计阶段高压厂用 负荷计算及变压器容量选择	274
参考文献		278



绪 论

第一节 火力发电厂的厂用电 系统及负荷分类

任一较现代化的工矿企业在进行生产时，必然要使用一些用电机械。工厂越现代化，这些用电机械一般就越多，向其供电的系统也越复杂。在设计与生产中，我们称这些电气负荷为“厂用负荷”，而将供电系统称之为“厂用电系统”，而组成这套厂用电供电系统的设备则称之为“厂用电设备”。

火力发电厂也一样，发电机需汽轮机来拖动，而驱动汽轮机的蒸汽又来自锅炉，围绕着这个主系统，有许多的子系统为其服务，这些子系统又都是由成百上千的用电机械组成的。

例如电厂的锅炉在运行时，需燃料系统为其服务，这系统就由翻车机系统、堆料取料机系统、碎煤机系统及皮带输送机系统组成。而翻车机系统又由重车拖动机械、空车拖动机械、空车平台移动机械及翻转机械等组成。这些大大小小的厂用机械需有机地结合起来一起工作，才能保证发电机组正常运行，并输出电力。这些为保证电厂安全运行的全部电

动负荷，都统归在发电厂的厂用电范围中。

人们习惯地将厂用电负荷分类，以便于统一管理并分类供电，由于使用的角度不同，分类的方法也不相同，常用的分类方法有以下几类。

一、按电源的种类分类

根据厂用电负荷所用电源的种类，可分为交流厂用负荷（以下简称厂用负荷）及直流厂用负荷，由此对其供电的电源也按其种类分为交流电源和直流电源。

绝大部分的厂用负荷使用交流电源，因为该电源可从发电机出口及电力系统经降压获得，运行、维护都很方便。而那些必须用直流电源或在全厂各种交流电源消失后仍需继续运行的负荷，则由另设的直流电源供电，如各种控制、保护、通信系统及直流电机等。

有一种负荷，虽然也运行在交流电压下，但究其电源，却是由直流电源供电，经逆变器或不停电电源（UPS）将其转换为交流电源后使用的。这种负荷我们按其实际使用的电压，仍称其为交流负荷。

将负荷按电源种类分类，可以使设计者了解负荷的电源要求，以及计算交直流各电源的容量，并将负荷按其电压性质分别接入不同系统，而运行人员据此可很容易地找到该负荷的供电系统。

二、按电源的电压等级分类

厂用负荷按其供电电压可分为高压厂用负荷和低压厂用负荷。在我国的火力发电厂中，一般高压厂用电压有 10kV、6kV 及 3kV 三种，其中 6kV 最常见。在少数老电厂或从国外引进的大机组电厂中，也存在 10kV 及 3kV 的电压等级。老电厂的 3kV 系统是由解放前延续而来，现已基本改造完毕。

而个别与国外联合设计的新型大容量电厂，因考虑发电机进相运行时大电动机的自启动电压要求，也出现过 10kV 及 3kV 两个高压厂用电系统。

发电厂的低压厂用电应包括交流厂用电和直流厂用电，但习惯上人们将低压交流厂用电系统称为“低压厂用电系统”，而将直流厂用电系统单独划为“直流系统”。电厂的低压厂用电电压等级，一般为 380/220V。如果电厂采用的是中性点不接地系统，那么其低压厂用电电压为 380V；如果电厂采用的是中性点直接接地系统，那么其电压则为 380/220V。

为减小短路电流水平，节约铜等有色金属的消耗，近来有人提出增加 660V 这一级电压，但至今响应者不多。

在厂用电系统的设计中，将根据厂用负荷的容量大小来决定此负荷应接入高压系统还是低压系统。如把较小的负荷接入 6kV 厂用高压系统，那么其绕组将极细而绝缘又极厚，不仅工艺较难，且不经济。反之也同样。根据我国的制造工艺及经济比较，把高低压厂用负荷的界限定于 200kW，即当负荷容量大于及等于 200kW 时，应将其接于 6kV 系统；而小于 200kW 时，则接于 380/220V 系统。当然，在就地没有 6kV 系统，而低压厂用电系统的容量又足够大时，也允许将略高于 200kW 的负荷接于低压厂用电系统中。

当厂用电压为 3kV 时，与低压厂用电系统的负荷容量分界线定在 100kW 较为合适。

直流厂用电的电压一般为 220V 及 110V，在中小型发电机组中，直流动力及控制为一个供电系统，所以常用 220V 一级直流电压。在大型机组中，要求将直流的动力和控制系统分开供电，所以往往采用 220V 和 110V 两种电压，前者为

动力系统电源，后者为控制系统电源。

也有个别的直流设备电压要求为 75V、15V 或其他电压等级，这类负荷的容量一般较小，常单独设一组蓄电池供电。也可从上述厂用直流的蓄电池组中抽头分压获得，由于这种方法会影响电池的寿命，故现在已很少采用了。

将厂用负荷按其电压分类的方法，常用于高低压厂用负荷的计算及进行厂用负荷的配置等等。

三、按负荷的工艺系统分类

一个大型电厂中，厂用负荷可达上千台，而这上千的厂用负荷，又相对按其用途集中在一个或几个工艺系统中，所以设计中也常常采用按负荷的工艺系统分类的方法。这样，一个电厂大致可分为汽水系统、制粉系统、燃烧系统、开式和闭式冷却水系统、润滑油系统、循环水和供水系统、输煤系统、燃油或点火油系统、水预处理和化学水系统、除灰系统、控制系统及电气、修配、暖通等公用负荷系统。

由于这种方法与专业分工及电厂目前的运行体制对应，所以使用很广，设计成品常按上述方法分卷分册，而厂用电供电系统也常按此设置电源，如化学变压器，输煤变压器等等，都直接表明了该变压器的主要用途。

四、按负荷重要性分类

各厂用负荷在电厂正常生产中的性质不相同，所以对它的供电方式也不尽相同。按其在生产过程中的不同重要性，可将厂用负荷分为如下几类。

I 类负荷：这类负荷对于电厂的生产极其重要，即便是在瞬时断电而由手动恢复供电前的短时停电中，也可能危及人身及设备的安全，使生产停顿或发电量大大幅度下降，如送、引风机及给水泵等负荷。

Ⅱ类负荷：这类负荷允许短时停电，但如停电时间过长，有可能损坏设备或影响正常生产，如钢球磨煤机、碎煤机等负荷。

Ⅲ类负荷：这类负荷一般与生产工艺过程无直接关系，即便较长时间停电，也不会直接影响到正常运行，如油处理设施及中央修配厂设备等负荷。

随着机组容量加大及自动化水平的不断提高，有些负荷对电源可靠性的要求也越来越高，如机组的计算机控制系统就要求电源的停电时间不得超过 5ms，否则将造成数据遗失或失控。这类负荷过去常称为“不停电负荷”，现由国家有关部门规定，统一称为“0Ⅰ类负荷”，由不停电电源供电，而相应地将直流负荷称之为“0Ⅱ类负荷”。

还有一类负荷，在机组启停中起极为重要的作用，而在正常运行工况时，只相当于上述Ⅰ类负荷乃至Ⅱ类负荷。如发电机的盘车电动机及交流润滑油泵等，如在停机时失去电源，将造成发电机大轴弯曲和轴瓦烧损的事故。这类负荷正常时由低压厂用电系统供电，一旦全厂停电时，由一不受本厂厂用电系统及本区域电力系统影响的独立电源供电，以保障发电机组顺利停机，不致造成设备损坏，并能很快地再启动。此电源称为“保安电源”，这部分负荷常被称为“事故保安负荷”，在设计中将其定为“0Ⅲ类负荷”。

火力发电厂内主要负荷按其运行重要性的分类见表 A。

以上仅是几种常用的负荷分类方法，它们相对独立而又互为交叉，各有特点而又互为补充，没有一个分类方法能全面地概括负荷的性质，所以在实际应用中，应根据自己的使用特点采用较合适的分类方法。在一项较复杂的工作中，往往需几种方法并用才能得出结果。如厂用电系统设计中，需

先按各负荷的电源、电压及用途性质将其分类并计算，然后才按其重要性接线，这将在以后章节分别论述。

第二节 厂用负荷的供电

虽然厂用负荷的分类方法很多，但对厂用负荷的供电方式却主要是由它在运行中的重要性来决定的。

(1) I类负荷。对I类负荷，常常要求将其接于供电可靠性较高的母线上。对于接有这类负荷的供电母线，要求系统可靠，且一旦工作电源故障后，应有备用电源自动投入。而设备配置方面，往往采用专门配置备用设备的方式，一旦工作设备故障停运，则备用设备自动投入，如凝结水泵、循环水泵等。但也有个别I类负荷不配置备用设备，而是要求对这些负荷作双电源供电，并设自动切换装置，以确保设备运行的安全，如发电机励磁用的硅整流盘通风机及主变压器的强油循环泵电源等。

(2) II类负荷。II类负荷与I类负荷的供电方式差不多，接有该类负荷的母线也应电源可靠并具有备用电源，所不同的仅是备用电源不用自动投入，而用手动投入即可。II类负荷往往也设有备用设备，互为备用的方式与I类负荷一样。

(3) III类负荷。III类负荷的供电系统可靠性要求可略低些，允许只有一个电源。如有可能，最好仍设有备用电源，以便在工作电源长时停电时，设备也能够运行。这类负荷一般没有备用设备。

(4) 0I类负荷。对于0I类负荷（即不停电负荷）的供电，一般的电源自动切换系统已不能满足要求，所以专门

采用不停电电源（简称 UPS）或逆变机组对其供电。正常时由厂用交流电源供电，一旦电源消失，UPS 内无触点静态快速开关将电源在极短时间内（ $\leq 3\text{ms}$ ）切换至直流系统，改由直流供电并逆变为交流输出，继续维持 0Ⅰ类负荷的运行。而 0Ⅱ类负荷（即直流负荷），则自始至终一直由直流系统供电。

（5）0Ⅲ类负荷。在大机组电厂中，一般采用柴油发电机作为保安电源向 0Ⅲ类负荷（即事故保安负荷）供电，因为它基本不受外界系统的影响。当电力系统停电或全厂事故停机时，柴油发电机便快速启动，向 0Ⅲ类负荷供电。有些电厂认为柴油发电机有维护、检修、保养等诸多不便，因而从与本厂相对独立的当地电网中拉一回线路作为保安电源。这种方式做为柴油发电机的备用电源还可以，但如仅靠这一个电源来保证事故时的安全停机，却不能做到万无一失。因为如果遇到系统解裂及区域性的系统停电故障，上述电源是没有保障的。

在 200MW 机组中，也曾用电直流逆变机组作为保安电源。这种机组由一台交流电动机/发电机及一台直流电动机/发电机同轴耦合而成。正常运行时交流厂用电系统向交流电动机供电，交流电动机呈电动机状态运行，拖动同轴的直流电动机。此时直流电动机呈发电机运行，向蓄电池充电。一旦厂用电消失，直流电动机立即成为电动机状态，并拖动呈发电机运行的交流电动机，向 0Ⅲ类负荷供电。当然，由于蓄电池组的容量有限，逆变机组容量不可能作得太大，一般仅为 15~30kW，所以它仅用于 200MW 机组，且应适当限制保安负荷的容量。

保安电源一般设置在 200MW 及以上的机组中，这是因

为在小机组中 0Ⅲ类负荷容量很小。一些小负荷，如润滑油泵可用直流电动机驱动等；而盘车电动机等较大容量的设备，可用手动盘车等装置代替，就不用再设置价格昂贵的保安电源了。

要指出的是，保安电源并不是非常可靠的，它的职责仅是保证发电机组能安全地停机。在全厂停电时，不可排除柴油发电机有数次启动才能成功的可能性。即便一次投入成功，也要数秒钟才能逐步带上负荷。因此，有人以为保安电源能够永远有效，将不允许短时停电的设备也接在其上，是很错误的。

随着技术水平的提高以及新一代的高可靠性设备的出现，上述接线原则也发生了较大的变化。尤其是采用了 PC（动力中心）—MCC（电动机控制中心）的接线方式后，它以高可靠性的设备和清晰的接线，代替了原来的低参数设备和复杂的接线。I 类负荷也被允许接在低一级的母线（MCC）上，并在电源的切换上也采用了手动切换，这在第三章中将予以细述。

第二章

高压厂用电系统

第一节 高压厂用电接线

一、对高压厂用电系统的接线要求

在设计一个发电厂的高压厂用电接线时，首先应了解各工艺系统在电厂中的作用及区域，并结合运行、检修及施工的要求，对各类负荷设计合理的供电方案。对于Ⅰ、Ⅱ类负荷，应考虑其电源有较高的可靠性，并配有备用电源自动投入装置。两个互为备用的负荷，则应尽量从不同的母线段引接。而对那些供电距离较远的负荷，则应对其供电方案作经济技术比较。当经济合理、技术可靠时，也可考虑用电缆或架空线路将厂用电源升压后送去。

高压厂用电的接线方案可以各有不同，但首先应遵循如下几点原则：

(1) 各机组的高压厂用电系统应该相对独立，这一条对200MW及以上的机组尤为重要。这主要是为了防止某一台机组的厂用电母线故障时，不致影响其他机组的正常运行。200MW及以上的机组是电力系统的主力机组，一旦几台机组同时停机，极有可能造成电力系统的崩溃和解裂。同时，由于事故被限制在一个较小的范围，也便于事故处理，并使

机组在短小时内恢复运行。

(2) 高压厂用电系统应设有启动/备用电源, 该电源的设置方式根据机组容量的大小和它在系统中的重要性而异, 但必须是可靠的, 在机组起停及事故时的切换操作要少, 并且与正常的工作电源能短时并列运行, 以满足机组在启动和停运过程中的供电要求。

(3) 要考虑全厂的发展规划, 各高压厂用电系统的布置应留有充分的扩充余地, 当规划容量能看得准时, 在高压公用系统的容量上应考虑足够的裕度, 以免在扩建时造成不必要的重复性浪费。

(4) 由于大多数电厂均是一次设计分期建设, 所以应充分考虑在这种施工情况下的高压厂用电系统运行方式。尤其是对公用负荷的供电, 既要能保证已建成机组的运行, 也要考虑到在建机组建成后便于过渡。应尽量减少在数台机组连续施工过程中多次停电改变接线和更换设备的机率。

二、各种容量机组的高压厂用电接线

在单机容量为 25MW、50MW, 甚至 100MW 的供热电厂或小型电厂中, 往往机炉的数量是不对应的, 锅炉产生的蒸汽进入母管, 然后向汽轮机供汽。大容量的负荷主要集中于锅炉房及输煤系统, 如送风机、引风机、磨煤机及输煤皮带等。因此在小容量机组的设计概念中, 高压厂用母线应按炉分段, 如图 2-1 所示。

随着发电机组容量的不断增大, 汽机辅机的容量也越来越大, 如射水泵、凝结水泵等设备都进入了高压负荷的范围。由于汽机房内的高压负荷逐渐增多, 加之在大容量机组中机、炉都成单元制运行, 以炉分段的观念逐渐淡薄。当单机容量为 200MW 以上时, 实际已是按机组分段了。