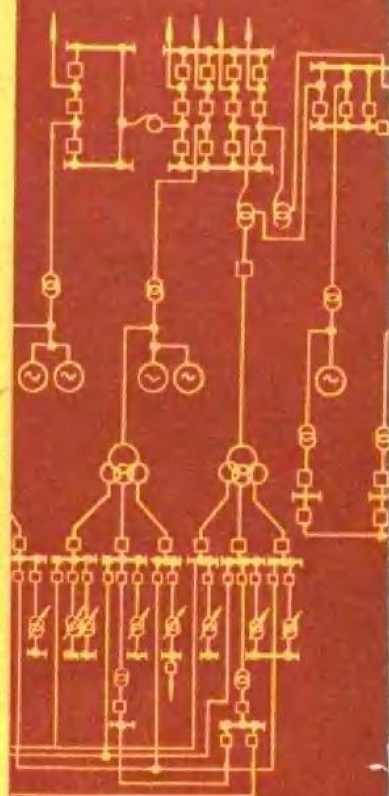


〔苏〕Л. И. 德沃斯金 著

配电装置的 接线和结构



水利电力出版社



本书探讨了苏联及美、英、法、西德等国家大容量火力发电厂的电气主接线和厂用电接线，分析了接线图并提供了在具体条件下选择最合理的接线方案的方法。书中还列出了上述及其它十几个国家的6~750千伏电压配电装置的布置和结构。

本书可供从事发电厂电气部分设计和运行方面的工程技术人员以及有关高等院校高年级师生参考。

北京电力设计院生技室组织了本书的翻译和校订工作。参加本书翻译工作的：第一章为黄长敬同志；第二章为湖北省电力设计院陈纲、汤池、陈万钧、杨子仪、刘少达同志；第三章为水利电力部对外工程公司李绍虞、王新、贺伟丹同志。北京电力设计院倪久成同志对译文进行了全面校订，并将本书插图中的文字符号的意义及发电厂和变电所名称对照整理成索引附于书后。由诸象杰同志做了专业性复核。

为了方便读者阅读，在不影响原书结构的情况下，在体例上做了适当修改。

Л. И. ДВОСКИН
СХЕМЫ И КОНСТРУКЦИИ
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ
издание второе, переработанное и дополненное
«ЭНЕРГИЯ» МОСКВА 1974

配电装置的接线和结构

增订第二版

[苏] Л. И. 德沃斯金著

陈纲 黄长敬等译 倪久成校

水利电力出版社出版

(北京德胜门外六铺炕)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 16³/₈ 印张 372,300字

1979年6月第一版 1979年6月北京第一次印刷

印数 00001—36720册 每册 1.40元

书号 15143·3436

序 言(节译)

从本书第一版出版七年以来，苏联动力系统的容量以及火电厂的容量和单机容量都为增长，因此选择发电厂的电气主接线和厂用电源及备用电源的接线便成为更为重要的问题，由于电气主接线选择不当，当该发电厂配电装置发生故障时，就可能失去几百万千瓦的电力，导致电力系统的瓦解和国民经济的巨大损失。

作者认为自己的首要任务是：通过对不同接线方案的具体数量和质量指标以及折算后的计算费用的比较，并考虑为补偿由于各种接线方案中，配电装置的设备故障所引起的电厂机组停机，而在系统中设置备用容量的投资，以帮助设计人员能在给定的具体条件下，选择发电厂最合理的电气主接线。

电压为110~750千伏的屋外配电装置，土建安装部分的造价为总造价的30~40%，并与所采取的布置和结构关系很大。因此，作者第二个任务是，向读者介绍苏联和国外所设计的屋外配电装置的最新结构和布置，以便帮助设计人员选择最合理和最经济的方案。

110~220千伏深入引进线，在大城市和大型工业企业内的运用，热电厂和国家区域发电厂建设在狭小的厂区内，以及在空气污秽条件下的布置，增加了采用屋内配电装置的必要性。为此，在书中叙述了国内外屋内配电装置的结构。

鉴于本书篇幅有限，书中只引证目前采用的技术方案，而不阐述以前的方案，也不引证对以前方案弃之不用的理由。希望更为详细地了解这些问题的读者，可参阅作者早先发表过的文章（参阅文献1-1，1-12，2-1，2-2）。

为使电气接线更加清晰起见，运用了简化的单线图，图中照例没有表示出用于断开断路器以便进行检修的隔离开关，而只表示出在负荷下进行倒闸操作的隔离开关。电流和电压互感器也同样没有表示。

书中主要采用全苏列宁勋章获得者火电设计院设计的，作者参加拟订的资料，还采用了1960~1971年期间国内外文献发表的资料。

作者希望本书将有助于从事发电厂设计、施工和运行方面工作的工程师和技术员以及高等动力学校高年级师生。

作 者

目 录

序言(节译)

第一章 大容量火力发电厂电气接线	1
第一节 苏联区域发电厂电气接线	1
第二节 国外大容量火力发电厂电气接线	40
第三节 苏联大容量热电中心站(热电厂)电气接线	70
第四节 结论	81
第二章 屋外配电装置的布置和结构	82
第一节 苏联屋外配电装置的布置和结构	82
第二节 国外屋外配电装置的布置和结构	129
第三节 结论	186
第三章 屋内配电装置的布置和结构	191
第一节 苏联屋内配电装置的布置和结构	191
第二节 国外屋内配电装置的布置和结构	208
附录	230
参考文献	254
索引	255

第 一 章

大容量火力发电厂电气接线

第一节 苏联区域发电厂电气接线

一、区域发电厂主接线

为了满足激增的电力需要，动力功率的迅速增长和巨大的规模决定了现代动力工业发展的特征是电力生产的高度集中。这就促使人们用新的观点来对待大容量火力发电厂电气接线的选择问题。当配电装置发生事故时，会失去很多发电容量或跳开许多回带有很大负荷的线路，将会影响系统的运行和对大量用户的供电。对接线的要求是限制在事故时，可能失去的发电容量的数值和排除这时跳开几回穿越线路的可能性。

在选择接线时，从经济上必须考虑所用价昂的开关设备的数量，它决定着配电装置的投资及运行费用。建设高压及超高压配电装置时，由于其开关设备的结构复杂而笨重，进一步提出了考虑断路器本身事故的可能性及其拒动后果的附加要求。因此，必须重新研究以前采用的选择大容量火力发电厂接线的方法。

在叙述区域发电厂各种接线的特点之前，必须指出制订主接线时应遵循的一般原则。

首先必须研究该区域发电厂与电力系统连接的条件。区域发电厂与系统连接的设计，一般由电网设计院制定。在系统连接设计中要阐明下列问题，舍此将无从正确选择区域发电厂的电气主接线：

(1) 发电厂的出线电压，各种电压的负荷曲线（夏季的、冬季的、丰水期的）及最大负荷利用小时数；各电压间发电机的最佳分配及各电压配电装置间交换功率的大小；与电力网连接方式及每种电压的出线回路数；各输电线间有无交换功率及其性质与大小。

(2) 各升高电压配电装置的短路容量；在并列运行稳定性方面对接线的特殊要求；接线的分段及安装并联电抗器的必要性；配电装置调压的要求；对反事故自动装置系统的要求。

(3) 在系统备用容量和系统内，以及系统间联络线路传输能力所允许的条件下，任一断路器（包括母联或分段）故障时，可能失去的最大功率。

发电厂和动力系统发展的各特定阶段，均应给出上述资料。因为对每个阶段都应定出电气接线，并应保证自一阶段扩建到下一阶段和最终阶段时过渡的方便。

(4) 该发电厂的一台或数台单元机组，直接接于附近区域变电所配电装置上的可能性及技术经济合理性，以便能简化区域发电厂其它单元机组（回路）配电装置的接线。

(5) 发电厂中建设不多于两种不同升高电压的配电装置，以及一种电压的两个配电装置，通过地区电力网并列运行的可能性。配电装置的数目限为两个，可保证出线和各配电装置有较好的扩建条件。因为有3个配电装置时，将不可避免地使很多不同电压的线路交叉，且各个配电装置都难于扩建。

在发电厂中建设同一电压的两个配电装置，能保持在同一厂区内具有多台机组的一座大容量区域发电厂，而非两座发电厂所具有的经济上的优点（一条铁路专用线，一条汽车路，一套附属建筑和服务、管理及运行人员等）。这对电力网来说，相当于两座独立的发电厂，它们之间的距离，等于由发电厂到这两个配电装置并列运行的区域变电所线路长度的总和。这样既限制了短路电流，又增大了剩余电压。任何一种方案的合理性，应根据其技术经济比较来决定。这里应指出，在实际上，区域发电厂与系统连接方式的最终设计和该发电厂开始拟订的设计，常常是隔一段时间的。在这种情况下，需检验（由电网设计院或发电厂设计者）各电压的负荷有无变化，有无新线路出现，并再次检查以前关于区域发电厂与系统连接的有关资料。

在发电厂中建设两个升高电压的配电装置时，根据电力、系统和各配电装置所供负荷的许可条件，配电装置之间可不设联络，但这应由相应的技术经济比较来确定。在区域发电厂两个配电装置间装设联络自耦变压器时，在经济比较中应解决该变压器的使用方式问题，即仅用于联络两个配电装置，还是同时用于输出发电厂的一台或两台单元机组的电力。并且还应选择这些自耦变压器的台数和容量，以及接于配电装置的方式——经单独的还是两台自耦变压器合用一台断路器接到每个配电装置上。

为了减少投资和配电装置的尺寸，所有变压器照例都采用单台三相的，仅当制造厂不能供应所需容量的三相变压器或受运输条件限制时，才装设两台一半容量的三相变压器或一组三台的单相变压器。

附录中（见附表4）列有苏制大容量升压变压器和自耦变压器的特性。

设计技术规范（参考文献1-11）规定，区域发电厂中装有总相数9台及以上的单相变压器时，才考虑装设备用相，当有相当的根据时，也可在较少的相数时装设备用相。通常备用相是搬运到被替换的位置上。

技术经济计算表明，当同型三相变压器超过3台及以上时，宜装设备用三相变压器，此备用变压器也可用作该系统中附近发电厂的同类型变压器的备用（参考文献1-17）。

为了保证所需的电压水平，所有升压自耦变压器，无论是作为自耦用或与发电机成单元连接用，均在一侧（高压或中压侧）装设有载调压器。当必须调整其它电压时，或者装设线路升压器，或者利用连于其它电压母线上的变压器进行调压。只作为升压用的单元双绕组变压器不设有载调压器，这时用改变发电机的励磁来保证所需的电压水平。

35~750千伏配电装置的接线应按下列要求来确定：

（1）有300兆瓦及以上单元机组的发电厂，除分段和母联断路器外，任一断路器拒动时，如果这时能保证系统或部分系统的稳定，不应导致断开多于一台单元机组和一回或数回线路。分段或母联断路器拒动时，以及在任一其它断路器检修的同时，发生另一断路器拒动，如果这时能保持系统或部分系统运行的稳定，容许同时断开两台单元机组和线路。在有特殊理由时，如果系统或部分系统的稳定条件许可，并且不致使发电厂全停或不影响其它单元机组的正常运行，允许断开两台（或更多）300兆瓦及以上容量的单元机组。作者进行的技术经济计算表明：为了提高主接线的可靠性和大量降低投资并提高厂用电的可靠

性，区域发电厂的单元发电机宜成对地●接于高压配电装置，至于是经单独的或共用的升压变压器，则根据配电装置电压及机组的容量大小而定，并且在每台发电机回路中装设发电机电压的断路器（或负荷开关）（参考文献1-17）。

（2）任一断路器拒动时，在两回110千伏及以上电压的穿越线路中不应导致多于一回线路断开。

（3）断开线路时不得超过两台断路器，而断开升压变压器、联络变压器及厂用变压器时，每种电压的断路器不得多于3台。如果在故障时断开其回路不超过4台断路器，则联络自耦变压器或厂用变压器允许不经断路器直接连于配电装置的汇流母线上。在其它条件相同时，应做出以较少的断路器断开各回路的接线为佳。

（4）110千伏及以上电压断路器的检修，应能在不断开升压变压器、输电线路、联络变压器及厂用变压器的情况下进行。

（5）自一配电装置向单元制发电厂的两台厂用起动一备用变压器供电时，当任一断路器拒动，包括在正常方式（非检修方式）下分段和母联断路器拒动时，应能排除停掉此两台变压器的可能性。

当有几个能满足上述要求的接线方案时，则应采用较经济的方案，即无论是最终接线或在分期扩建中，所采用断路器台数均较少的方案；应采用在改变运行方式、个别回路停下检修以及在事故时切除故障段等情况下，高压配电装置中断路器和隔离开关操作次数较少的方案。单元机组发电厂的配电装置，以分支线方式连接于220千伏及以上电压的输电干线上，仅在有足够依据时才能这样做。

发电机与三绕组变压器或自耦变压器作单元连接时，前两单元各电压侧及在发电机与变压器之间均安装断路器，以保证两个高压配电装置在发电机断开情况下也能相互联络。

单元的发电机和双绕组升压变压器之间，如经技术经济比较有依据时，也可装设断路器。这种方案可能在下列情况是合理的：为提高背压式汽轮机单元机组厂用电源的可靠性；为保证厂用备用电源或以单元制机组的厂用工作变压器也作为机组的开停机用；为了使发电机—变压器—线路单元接线在高压侧能不装设断路器；为使单元机组升压变压器以扩大单元接至高压配电装置。

（一）每回路一台断路器的双母线带旁路母线接线

此接线在苏联得到非常广泛的采用，并在1947年后设计的所有火电厂中，作为110～500千伏配电装置的典型接线（图1-1，a）。这种接线在1966年前曾用于具有100、150、200和300兆瓦机组的典型区域发电厂110～500千伏配电装置中（图1-2～1-5）。

为了检修任一断路器而其回路仍不停止运行，装设了旁路断路器。为了能使所有各回路在两组主母线上进行分配并保持并列运行，装设了独立的母线联络断路器（图1-1，a）。按照现行设计技术规范，在编制这些区域发电厂设计时，当线路为6回及以上时，装设独立的母联和旁路断路器；当线路为5回及以下时，在配电装置中装设一台旁路断路器，在其不被其它断路器检修而占用时，当作母联用（‘兼用’断路器），为此在旁路母线和一组

● 下称“扩大单元”——校者。

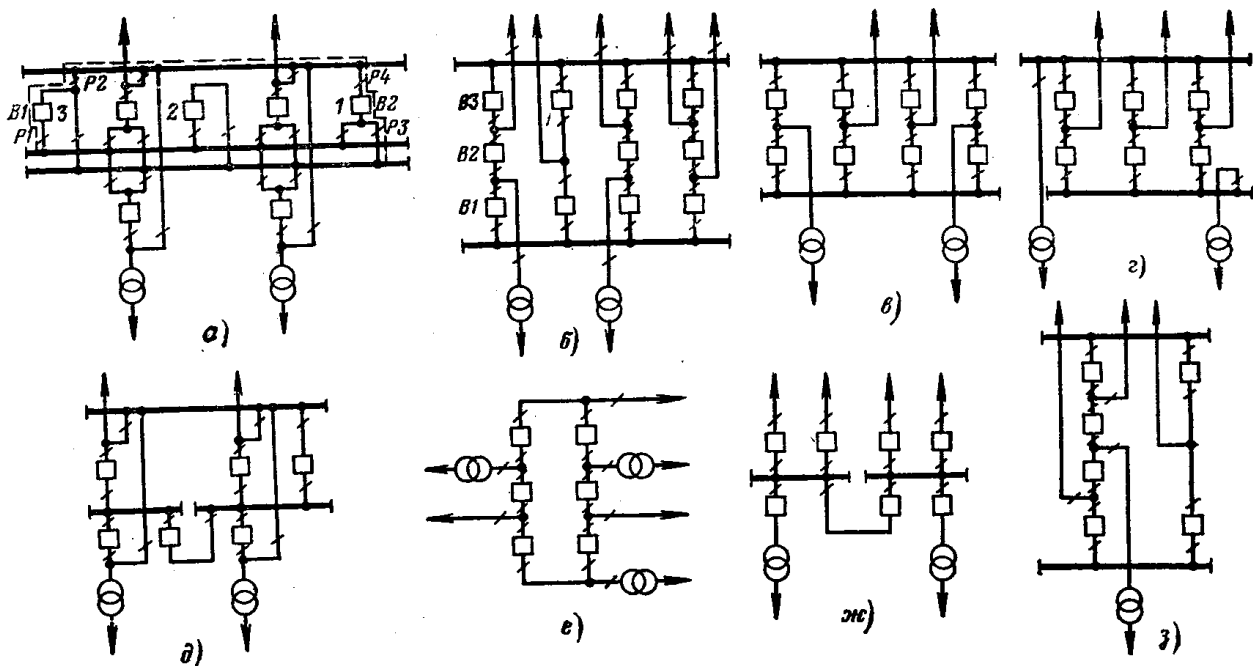


图 1-1 配电装置的接线

a—每回路一台断路器的双母线带旁路母线接线；1—旁路断路器；2—母线联络断路器；3—串接有旁路隔离开关的母联断路器；b—每回路一台半断路器接线；c—每回路两台断路器接线；z—变压器—母线接线；d—单母线带旁路母线接线；e—多角形接线；ж—单母线接线；3—每回路一又三分之一

台 $\left(1\frac{1}{3}\right)$ 断路器接线

为了串接母联断路器 B_1 和旁路断路器 B_2 ，必须接通隔离开关 $P_1\sim P_4$ (图1-1, a)

工作母线间，装设有隔离开关的跨接线（图1-3, a）。目前按1967年设计技术规范规定，在单元制区域发电厂配电装置中，不论其回路多少，均单独装设旁路及母联断路器。

双母线带旁路母线接线有下列运行方式的可能性：检修任一断路器而其回路不停电；可以轮流检修母线；在两组母线间任意组合配电装置各回路（这时，当一组母线故障时，另一组母线各回路可保持运行）；断开一回路（断路器及其保护装置正确动作时）不影响其它回路的运行状况。

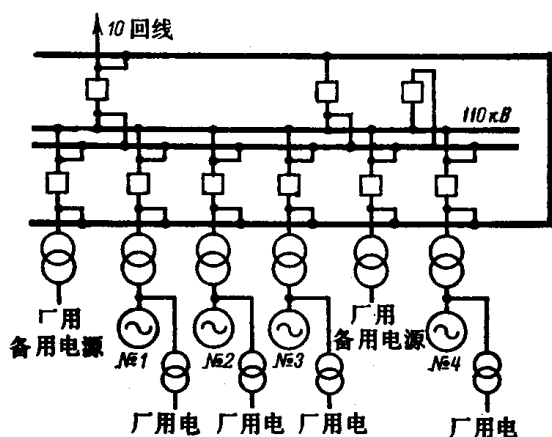


图 1-2 具有 4 台 100 兆瓦单元机组的典型区域发电厂主接线图

然而这种接线方式存在着下列固有的缺点：在不分段的配电装置中，线路断路器拒动或母线故障时可能停掉一半回路；在母联断路器故障或两组母线之一检修时，发生断路器拒动会停掉所有各回路；必须装设附加的母联和旁路断路器以及大量的隔离开关；而在汇流母线分段时，还要装设分段断路器并在每个分段上装设附加的旁路和母联或兼用断路器；每回路必须装 4 组隔离开关；在每年进行断路器、

隔离开关和母线检修时，必须操作大量隔离开关。

双母线配电装置的运行经验证明，上述缺点不是设想的而是实际存在的，因为 110 ~

220千伏配电装置中发生母线停电是相当频繁的——平均每10年一次(在一个配电装置中)。

随着区域发电厂装设机组的单机容量增大到 500 ~ 800 兆瓦, 全厂的容量可达4000~6000兆瓦, 在所有单元机组接于一个330或500千伏配电装置时, 一组母线停电将影响区域发电厂总容量的一半及出线的一半。毫无疑问, 即使对于大电力网这也是极其严重的。通常在系统设计中备用容量采用12~14%, 其中为补偿事故停机而可能利用者仅 5 % (2 % 为调频备用, 3 % 为事故备用), 因为 7 ~ 9 % 是为补偿设备计划检修而设的。在区域发电厂一半或全部容量事故停运而动用有功备用容量的同时, 还必须保证失去这有功容量的部分系统中所需的无功容量, 否则电力网中将出现急剧的电压降低, 并将引起一系列由此而产生的后果。这样, 大容量区域发电厂配电装置中当采用双母线接线时, 必须考虑增设母线分段, 以便在事故时不致失去那么多的容量。为了保证 110~220 千伏 双母线带旁路母线的配电装置的可靠性和经济性, 火电设计院认为作下列方式的母线分段是适宜的: 出线在12回及以上时——两组母线都用 断路器 分段; 回路(出线和变压器)数为12及以上时——一组母线分段。任何分段中, 每段母线上装设一兼用断路器(旁路断路器, 同时也是母联断路器)。回路数少于12时, 母线不分段, 这时按作者意见, 宜将旁路断路器与母联断路器串接起来, 这将排除在母联拒动时停掉两组母线的可能。这样将提高配电装置的可靠性而不

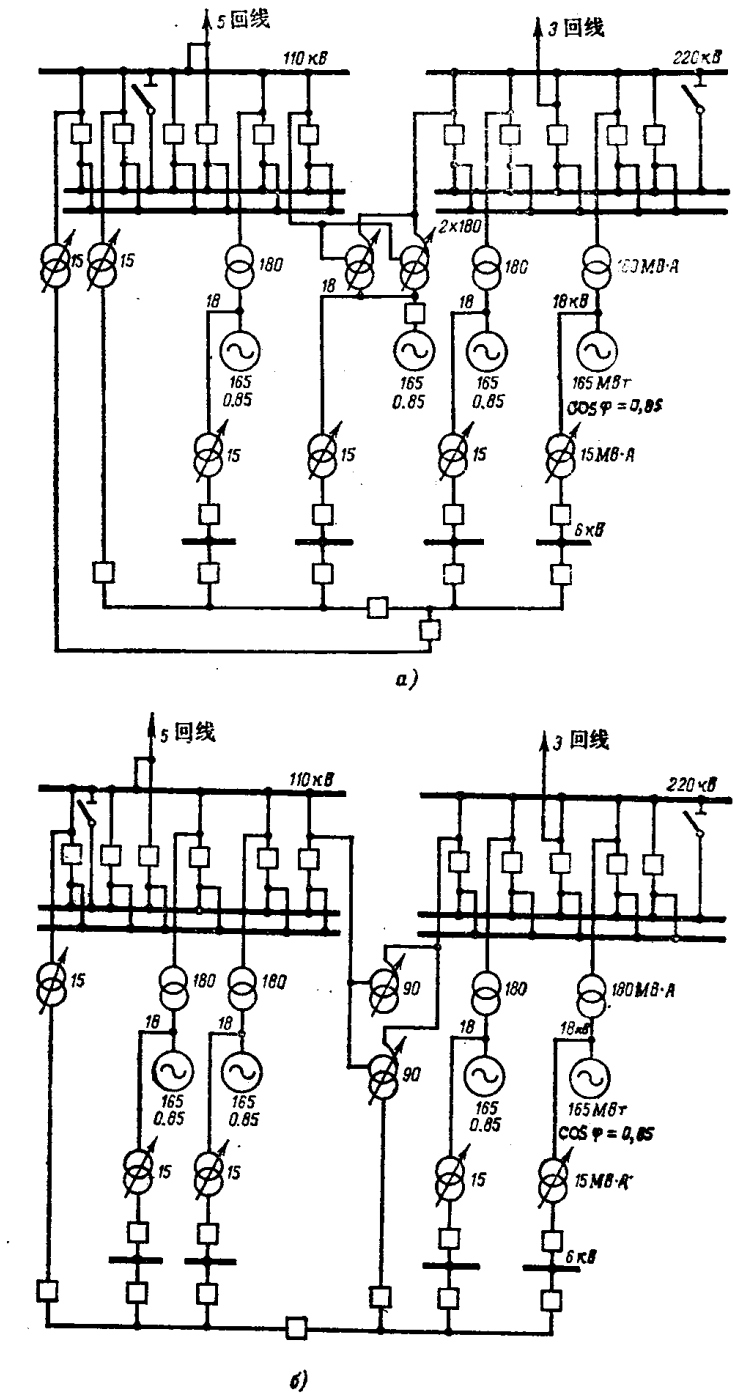
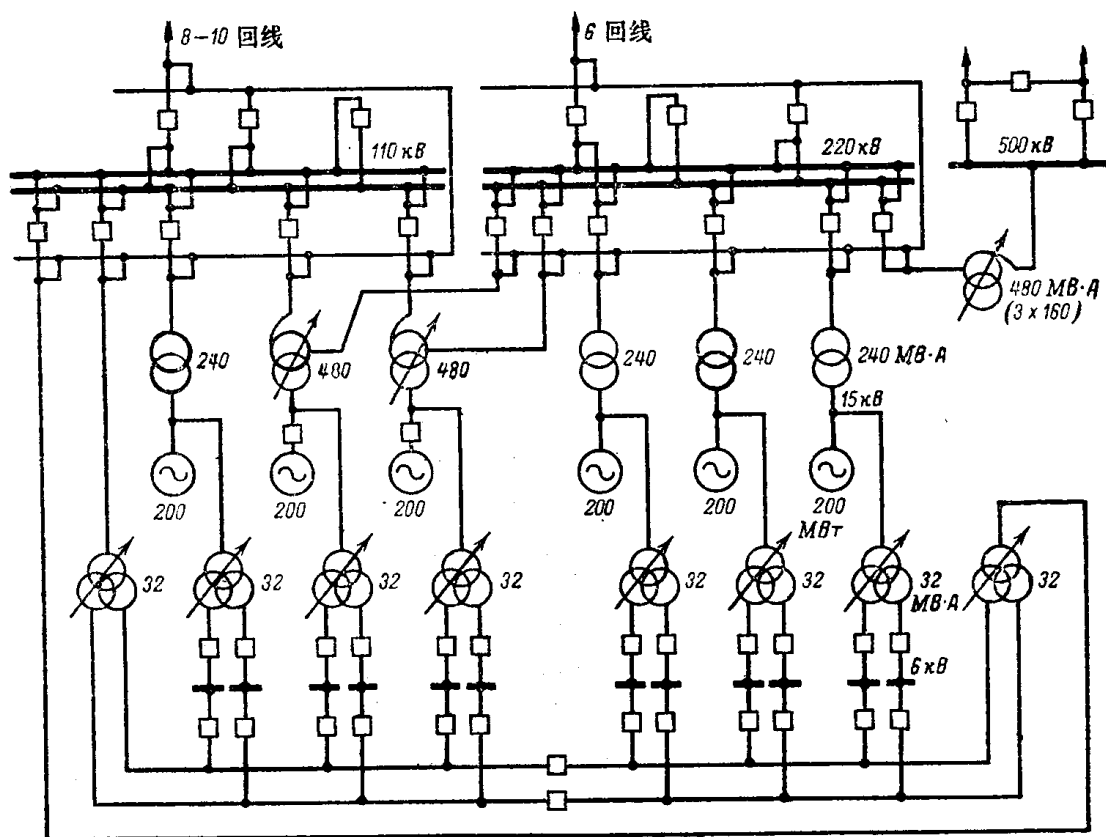


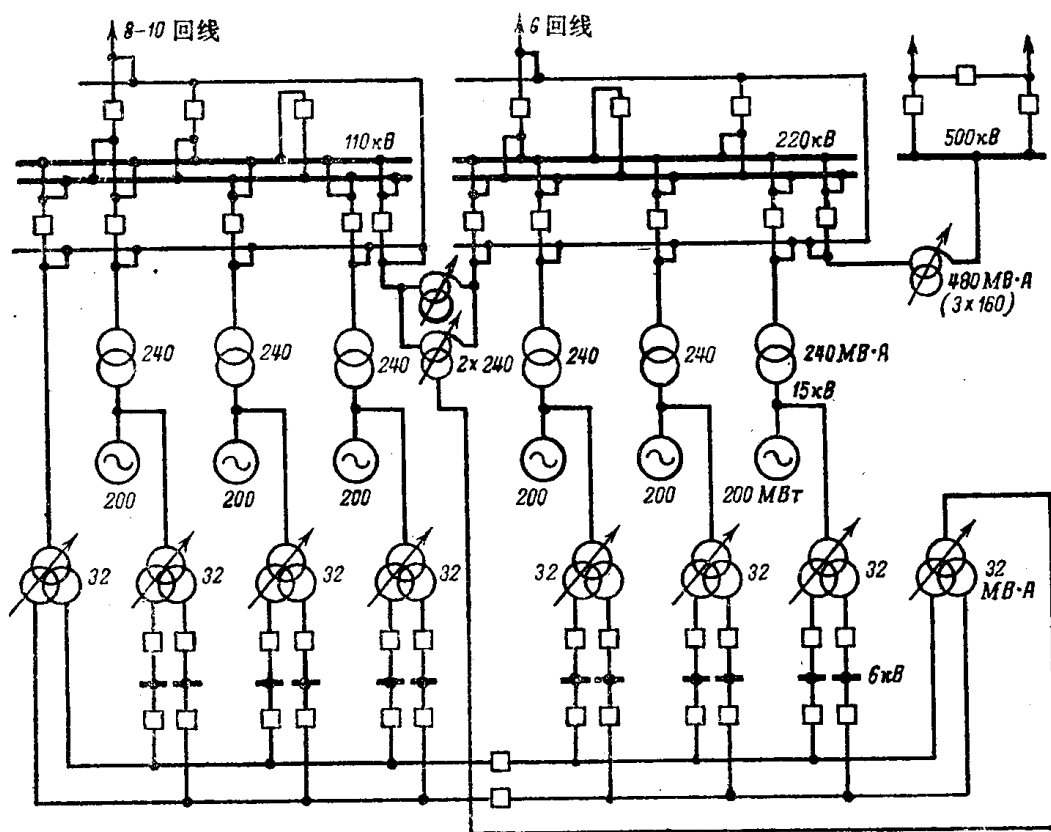
图 1-3 具有 4 台 150*兆瓦单元机组的典型区域发电厂主接线图

a—自耦变压器与一台发电机成单元连接的接线图, b—独立的自耦变压器接线图

* 与图中数字不统一, 此处按原文译出——校者。



a)



b)

图 1-4 具有 6 台 200 兆瓦单元机组的典型区域发电厂主接线图
a—有两台自耦变压器与发电机接成单元的接线图；b—独立的自耦变压器接线图

需装设附加的断路器（参考文献1-23）。为了实现旁路和母联的串接，在母联回路里增装一组隔离开关即可，如图1-1，a最左边的回路所示，图上虚线表示这种连接的电流回路。

母线分成很多段时，需装设许多附加设备。当装有300~800兆瓦单元机组时，这些机组通常接于330~500千伏配电装置上，其开关设备甚为昂贵，如330千伏配电装置按上述每回路一个断路器的接线图，每个间隔要花费200千卢布，而500千伏的要花费350千卢布。

显然，在这些条件下所述之接线图中母线分段甚多，并且将引起大量资金、设备和材料的消耗。

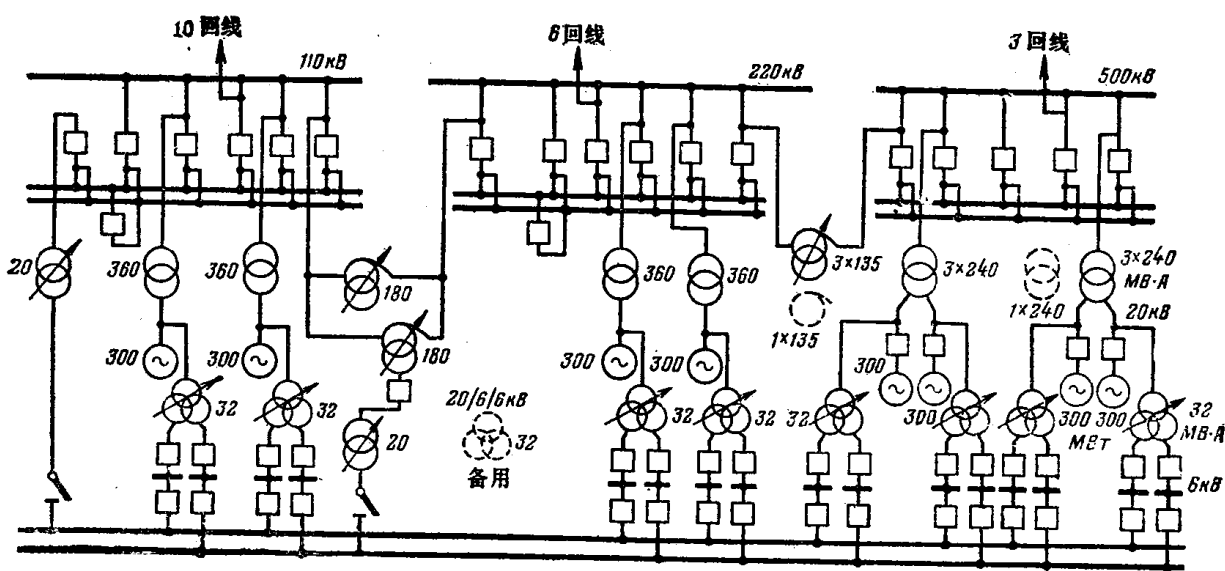


图 1-5 具有 8 台 300 兆瓦单元机组的典型区域发电厂主接线图
火电设计院，1959 年

（二）每回路一台半断路器接线（图1-1,6）

一个半接线的配电装置有两组母线，其中每两回路经 3 台断路器接于两组母线上。每一回路装有线路隔离开关，用以在该回路两台断路器切断后，使回路与断路器分开，然后回路的两台断路器可再合上——这样使剩下的回路在两组母线上恢复运行。

一个半接线有下列优点：可以检修任何断路器而不带电流操作隔离开关（在要检修的断路器断开后，它与接线中其他仍带电的元件用装于其两侧的两组隔离开关断开。这样，隔离开关不是作为操作作用，而仅作为检修该断路器用，这就可以使得它们与断路器的闭锁非常简单且又安全）；可以任意切断两组母线之一，以便清扫其绝缘子并检修接头而不破坏各回路的运行；当切断两组母线时，能保持所有回路的供电①。

但是，一个半接线也有其缺点：①‘串’中第一列断路器检修期间出线上发生短路，将导致串中与该出线相连的升压变压器（单元连接者）停掉；②在某串一回出线第二列断路器检修期间，另一串一回出线第三列断路器拒动②将导致两回出线（可能是穿越线路）停

① 此处原意欠严密，应为“能保持所有有电源‘串’的回路的供电”——校者；
② 拒动系指断路器的任何故障，这种故障能引起回路中自动跳闸装置的动作。

掉；③一台变压器第一列断路器在另一台变压器第二列断路器检修期间拒动，将导致两台（单元的）升压变压器停掉；④必须装设大量断路器和电流互感器；⑤在一组母线及其隔离开关检修期间，另一组母线故障或第二组母线上一台断路器拒动，这时会失去各串间的联络，即某些串出现功率有余而另外一些串功率不足；⑥由于必须考虑串中每一对回路的电流互感器通过的电流值可能大不相同，而且要按照每对回路3台断路器的任何一台检修的条件来选择，因此，各回路的继电保护将复杂化；⑦回路为奇数时，配电装置中断路器的台数增加；⑧配电装置中不同出线方向的回路必须数目相等（否则将增大配电装置的尺寸）；⑨线路故障由两台断路器切断，因此断路器检修比较频繁，这将增加运行工作量；第一和第三列断路器额定电流的选择，应考虑到其中一台检修时，另一台将长时间通过该‘串’两个回路电流之和；⑩除了装设母线和线路电压互感器外，在变压器与‘串’的连接处必须装设附加的电压互感器；⑪第二列任何一台断路器检修时，其它串的第一或第三列任何一台断路器拒动，将导致两个回路断开——一个在所检修断路器的‘串’中，另一个是在拒动断路器之处。

为了消除上述②③和⑪项缺点，采取每经两‘串’将母线分段，并在每对‘串’中变换线路与变压器的接入位置。但是，这将增加该接线方式原来就很昂贵的配电装置的投资。

（三）每回路一又三分之一台断路器接线（图1-1, 3）

按这种接线构成的配电装置，每3个回路装设4台断路器为一‘串’，其两端接在两组母线上。这样，在这种接线中，每个回路平均断路器数为四分之三，因此叫做‘ $1\frac{1}{3}$ ’接线。

后者无论其优点或缺点都很像一个半接线，但投资较少，且‘联系’性较强。在第一列断路器检修期间，第四列和第三列断路器拒动，将导致该串中3回或2回路与配电装置的两组母线断开。

（四）每回路两台断路器接线（图1-1, 6）

该接线在苏联30年代曾用过。该接线的优点如下：停下任何断路器检修不需带电流操作隔离开关（在拉开断路器后再拉开断路器两侧的隔离开关）；保证两组母线中任一组检修的可能性；两组母线中任一组故障不会使发电机回路或线路断开。

该接线的缺点是：断路器和电流互感器的数量比其它接线多得多；在检修一组母线及其隔离开关期间，第二组母线故障或一台断路器拒动，会造成配电装置全部回路都停掉；要用两台断路器来切除线路故障，因而断路器检修必然较频繁，并增加了运行工作量。

（五）‘变压器—母线’和‘线路—母线’接线（图1-1, 2）

该接线是每回路两台断路器接线的变形。配电装置全部回路中两台变压器（或线路）回路只用隔离开关接于汇流母线上，其余的每回路用两台断路器接于母线上。‘变压器—母线’接线的优点，在于任何断路器可以停下检修而不破坏回路的运行，并且隔离开关的操作最少。这种接线的缺点如下：两组母线之一故障时，会造成发电出力的减少；在变压器（或线路）上故障时，要由所有其余回路的断路器来切除故障，即要跳开3~4台断路器，从而造成这些断路器的检修比较频繁（这就增加了运行工作量）；在5回或更多回路时，这种接线的断路器较双母线带旁路母线接线方式中的台数多得多，这是因为第六个及

以后的回路，每回路是用两台断路器连接于母线上的；在两组母线之一检修时，同时停下了两台变压器之一（或一回线路），而所有回路象接于单母线上一样，这时当唯一的仍在运行的一组母线或接于其上的变压器故障时，将导致全部配电装置停电。因为这种每回路两台断路器的接线方案适用于有限的回路数，今后在多机组及多线路的大容量区域发电厂中，其配电装置接线方式不可能考虑采用它。这种接线方式仅在分期扩建的配电装置建设的初期及个别情况下得到采用。

（六）单母线带旁路母线接线（图1-1, d）

主母线通常用断路器分段，以避免配电装置在该组母线故障时，或进行必要的绝缘清扫或检修时全部停电的可能性。

旁路母线用于检修配电装置的所有断路器—变压器及线路的（在水力发电厂，其机组的断路器可在枯水期长时间停机期间检修，旁路母线有时仅作检修线路断路器用）。为了供电给旁路母线而装设旁路断路器。而在主母线分段时，则旁路母线由一段或各母线段供电。

这种接线的优点在于可以检修任何回路的断路器而不使其停止运行，没有母线侧的分支隔离开关。

这种接线的缺点为：主母线必须分段并装设辅助的分段及旁路断路器；在母线段上进行工作时，必须切断所有连于这段母线上的回路；分段上有故障或任何断路器拒动时，将切断所有接于该段上的回路，以及当分段断路器拒动时主母线的两个分段都停电。

（七）多角形接线（图1-1, e）

在通常的多角形接线中，各回路接于连成多角形的串联断路器之间的连线上，断路器的数目与回路数相等。

为减小连接引线的截面及正常运行方式下通过断路器的电流值，发电机回路与输电线回路交替接到多角形中。在断开线路或变压器后，为了恢复多角形接线，每个回路上装设了出线隔离开关。

这种接线的优点为：接线中没有可引起停运两回路以上的事故接点；断路器台数等于回路数；任何断路器检修时，可不破坏其它回路的运行，且隔离开关的操作量最少——停下检修时断开断路器，然后断开装在断路器两侧的隔离开关。

这种接线的缺点：装于环内的电流互感器的选择复杂（这里应考虑各断路器检修的所有可能情况），相应地使各回路继电保护的选择复杂化；线路故障由两台断路器切断，因而断路器须较频繁地检修，这就增加了运行工作量；当多角形接线中一台断路器检修时，多角形被打开并变为分成多段的单母线，这期间回路中的另一台断路器跳开能使配电装置解列成几部分，其中功率分配和负荷的平衡将被破坏，一部分发电出力有余而可能送不出去，而另一部分则出力不足，如此种不平衡不能通过系统求得平衡，则必将导致部分负荷的切除，在这种运行方式下，开环处倒数第二段上的线路跳闸，连于环上的发电机单元可能处于与配电装置断开的状态，即电力网中可能短时间失去其出力；在线路与最边上一段母线相连的运行方式下，变压器的跳闸可导致输电线同时停电。

回路数多时，可接成两个多角形——这样就可使每个多角形上的回路数减少。配电装

置有两个多角形时，其间设一或两回联络线，这时一个多角形中任何断路器检修时，不影响第二个多角形。两个多角形间的联络也可经由系统中受电的变电所的线路来实现。为了同样的目的，某些国外设计中多角形设有对角线。

(八) 单母线接线 (图1-1, 90)

该接线非常简单明了。但也有很严重的缺点，即在母线故障或任何断路器拒动时，或母线上任何隔离开关检修时，为了限制变压器及线路停电的数目，必须用断路器将唯一的母线分成许多段，这将使配电装置的造价增高；任何一台断路器进行检修时，在全部检修时间内该回路必须停止供电，这或者是根本不许可的，或者是在这期间供电可靠性大为降低。

(九) 发电机—变压器—线路 (ITL) 带均衡多角形及旁路母线接线 (图1-9)

有升压变压器的单元连接通往电力网受电变电所的线路，在变压器和线路中间装设断路器。升压变压器与线路断路器之间的分支上连接着单元①，同时也接到均衡多角形。均衡多角形上连接着不与升压变压器接成单元的线路及自耦变压器。均衡多角形也供电给旁路母线 (参考文献1-24)。旁路母线可以用作与升压变压器接成单元的线路的电源②，如在该回路两台断路器之一检修期间，另一台发生故障时，用以恢复接到均衡多角形的回路的供电 (例如在检修断路器5时断路器6发生故障)。线路短路时跳开线路断路器，而单元的升压变压器将继续经均衡多角形向其它线路供电。

按计划断开变压器时，线路短时转为由旁路母线供电。而在单元升压变压器的隔离开关切断后，线路仍然由自己的断路器直接与均衡多角形相连。均衡多角形中断路器检修期间，由于故障切断单元中的线路不影响其它回路的运行。在均衡多角形的一台断路器检修期间，由均衡多角形供电的线路跳闸时，在某些情况下，可能造成均衡多角形在短时间内 (10~15分钟) 分为经系统的受电变电所并列运行的两部分。用隔离开关断开故障线路后可以使接线恢复。应当指出，双回线和联络自耦变压器宜于接成使均衡多角形在其断路器定期检修期间，任何断路器故障时，不致造成这样的两回线路 (自耦变压器) 处于无电源的状态，就是说它们的左侧或右侧将没有升压变压器回路。

为了减少继电保护电流回路的切换，电流互感器直接装在高频率阻波器后面 (线路侧)，这样当把线路切换到旁路母线供电时，仅需将该线路断路器的继电器跳闸回路切换到旁路断路器上即可。

该接线的优点如下：接线中断路器台数比连接回路数只多一台；单元中线路用一台断路器切断；可保证任何断路器的检修；由均衡多角形供电的回路，当其一台断路器检修期间唯一的另一台断路器拒动时，能保证很快地恢复运行 (这种优点既不存在于多角形接线中，也不存在于一台半断路器接线中)；接线中不存在当他们发生故障时会引起跳开多于一台变压器及两回出线回路的汇流母线和接点。

该接线的缺点在于：为了停下单元的线路断路器进行检修，必须操作这些线路的旁路

①指发电机—升压变压器单元——校者；

②原文如此，但按整段意思，此处应为“旁路母线可以用作未与升压变压器接成单元的线路的电源”——校者。

隔离开关，且由于变压器与单元的线路以 3 台断路器连接于配电装置，使升压变压器的继电保护复杂化。

(十) 发电机—变压器—线路 (ГТЛ) 单元接线 (图1-53)

其中每个单元直接连于电力网的受电变电所，使区域发电厂各单元间的相互联系最少，因此在一个单元发生故障时，不影响其他单元的运行。然而在苏联采用这种接线较少，因为按单元数目建设许多长距离线路，尤其在单元很多，且电压是高压和超高压输电的条件下，在经济上是不合理的，因为这种线路的传输能力大于一个单元机组的功率。此外，在单元停机时不能用其线路以降低电力网线损。在苏联这种接线通常是在单元线路不长、电压不太高 (110千伏和220千伏) 和单元数不多时采用。在配电装置建设初期或回路数不多时可用三角形、四角形、桥形 (4 回路 3 台断路器)、双桥形 (5 回路 4 台断路器) 等接线 (图1-6)。

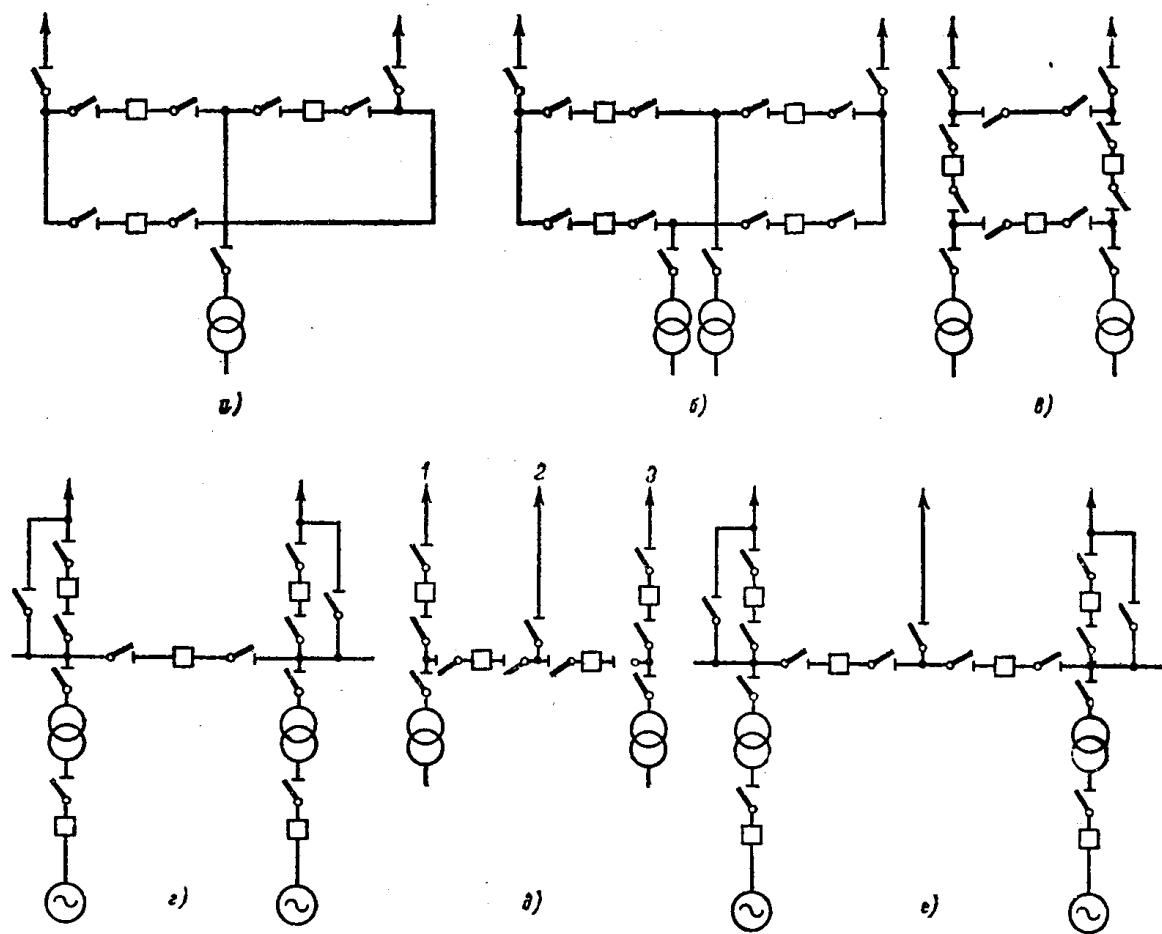


图 1-6 回路数不多或建设初期的配电装置接线

a—3回路的三角形接线；b—4回路的四角形接线；c—4回路不完全的四角形接线；d—4回路带旁路隔离开关的桥接线；e—5回路的双桥接线，1和3两线路通往一个变电所互为备用；e—5回路带旁路隔离开关的双桥接线

(十一) 区域发电厂配电装置接线的比较及其最佳接线方案的选择

由上述可见，每种接线各有其优缺点。大容量区域发电厂配电装置究竟应着重考虑哪些因素？

首先必须研究该区域发电厂与系统连接的情况，并定出可能的接线方案。为了在具体条件下判断哪一方案最为合理，对被比较的每一接线方案都必须有如下的数量指标：①投资；②一年中隔离开关操作次数；③一年中断路器操作次数；④一年中单元机组可能停运次数；⑤计算费用，它包括投资及其投入效益，配电装置设备年运行费用，以及当配电装置故障时因少送电而造成的国民经济损失或用于电力系统中备用容量的投资。

为合理地选择大容量发电厂接线方案，常强调考虑当地条件的必要性，但遗憾的是没有指出如何做。然而由于在把发电厂配电装置电气接线和它所连接的电力网的接线一起，考虑了当地条件加以研究时，可得出可靠性和经济性最合理的方案；如分别研究发电厂配电装置和电力网的接线，则因各部分都要求建立各自的备用元件，必然导致费用的增加（参考文献1-23）。

对各个元件，如机组的升压变压器、线路、断路器的事故跳闸后果的评断，无论在配电装置完整的接线中，还是这些元件按计划停下检修期间，都应按上述兼顾的方法考虑。下面运用上述基本原则并以在一个新地区建设 8×500 兆瓦容量的火力发电厂作为具体例子进行研究。

（1）投资：按构成接线必须的断路器、隔离开关、电流互感器和电压互感器的间隔数决定。投资按有断路器、电流和电压互感器的间隔包括设备费、安装费及土建部分的造价概算指标计算。在某些接线中，隔离开关数量减少时，其间隔的造价也相应地变更。间隔造价按下列方法求之：取双母线带旁路母线接线中有断路器的间隔造价为一个基本单位，则多角形接线间隔（这里每回路装3组而非4组隔离开关），其造价与双母线带旁路母线接线的间隔造价之比，对500千伏者为0.93，330千伏者为0.94和220千伏者为0.95。后一接线的造价对500、330和220千伏相应为350、200及100千卢布。换算到每回路一台半断路器的接线，500千伏屋外配电装置为0.91，330千伏者为0.92和220千伏者为0.94^①。

（2）每一种接线方案按运行方式及设备检修（包括隔离开关本身的）所必须进行的一年中隔离开关操作次数，在一定程度上表征其接线的可靠性。这里重要的不是这些操作的数量，而在于与之有关的误操作，这时不仅可能出现电弧伤人，而且还跳开许多发电机组和输电线路，并发展成为系统事故。在这方面所有已知的接线方式可分为两组：第一组每回路一台断路器的双母线，这里一组母线隔离开关的误操作将导致母线（或母线段）及所有连接在这上面的回路停电；第二组是多角形接线（一个或数个），在配电装置接线完整的情况下，其中隔离开关误操作导致跳开一回或最多两个回路。后一组接线不仅隔离开关操作量少，而且在同样的误操作时发展成系统事故的危险性也大为减少。应当指出：在多角形接线中，大多数隔离开关是属于检修用的而非操作用的，因之为了防止可能的误操作，它与其断路器的闭锁可以做得极为简单，从而较为可靠。

每回路一台半、一又三分之一（ $1\frac{1}{3}$ ）台断路器和ITJ带均衡多角形及旁路母线的接线属于中间的接线。前两种接线有两组汇流母线。在一组母线检修时另一组母线上的隔离开关误操作，将导致所有成对的回路（或在 $1\frac{1}{3}$ 接线中成串的回路）均与两组母线解列，这时

① 原文如此，实际上一个半接线的造价应较双母线带旁路母线接线的造价为高——校者。

很可能在一些‘串’中发电出力有余，而另一些‘串’中则不足，其后果是出现用户电压的剧烈波动和部分用户跳闸或限电。

对各种接线方案一年中隔离开关的操作次数，进行比较的计算表明：双母线带旁路母线与所有其它接线方案——多角形、一个半、‘ $1\frac{1}{3}$ ’和 $\Gamma T\Delta$ 带均衡多角形及旁路母线等接线之间，操作次数有显著的差别（3~4倍）。第二组中各接线方案一年中隔离开关操作次数相差不多，在30%范围内——当然是对回路数相同的配电装置接线而言。

这样，为了从速得出较重要的特点，第二组中各接线方案隔离开关每年操作次数的比较可留在以后进行。因为接线的这一特点不是决定性的，还应该从其它的条件作出结论。每回路一台断路器有两组或三组工作母线的汇流母线组接线，在大容量发电厂越来越用得少了，因为要排除同时停掉许多发电机电源和线路的可能性，这些汇流母线必须分成许多段，这时需要很多的附加断路器——分段的和母联的。这种情况可举有4台500兆瓦单元机组的英国克特姆发电厂采用的接线（见图1-39）为例而很好的说明。在该厂的400千伏双母线配电装置中，为了在分段上发生事故时限制停掉机组和线路的数量，在每段上接一台升压变压器和两回400千伏线路。这样，在双母线配电装置分4段时，除每回路装设断路器外，还要装5台断路器。但即使在这种接线中，也没有能排除两台机组和4回线路停电的可能性，这种情况将在任一分段断路器事故时发生。所有线路及变压器回路的隔离开关都是操作用的。

法国国家电厂联合会推荐400千伏配电装置作成3组母线（见图2-72）。为了减少在汇流母线段发生故障时可能停下的线路和变压器数量，3组母线都用断路器分成两部分。此外，配电装置中还装有两台母联和第三台联络断路器，用它可以将任一段母线与另一段相连。这样，在这接线中装有6台附加断路器，毫无疑问，就有大量隔离开关把各回路从一组母线切换到第二组或第三组母线上，增加了这些隔离开关误操作的或然率，这对操作人员是危险的，并能引起配电装置的严重事故。显然，采用两组及3组母线也使母线隔离开关之间和隔离开关与断路器之间的闭锁复杂化了，这不能不影响整个配电装置的可靠性。虽然双母线带旁路母线接线的上述缺点是人所共知的，但在某些情况下，恰恰是采用这种接线最为适宜，例如在两个电源和8~12回线路时，这常在大容量机组接于110~220千伏配电装置时采用。无论从苏联或其它国家多年的双母线配电装置运行经验来看，可以确定，在实行相应的联锁后，这种配电装置也可保证其可靠的运行。正是根据成功的运行经验，在英国有500兆瓦单元机组的发电厂，近年来其275和400千伏配电装置作成上述有两个分段的双母线接线方式。大家知道，在法国和西德成功地运行着每回路一台断路器的双母线和3组母线的接线。

在德意志联邦共和国^①提出每回路一台半断路器的改进接线（参考文献1-14），其中隔离开关正常布置方式是使3台断路器串中边上的一台断路器检修期间，两回路的供电均经由各自的断路器连接在汇流母线上，而不是象通常每回路一台半断路器的接线那样在这

① 以下简称西德——译者。