

华北电业管理局何德康
北京电力建设公司何伟然
西北电力建设局第一工程公司李安福

火力发电厂 厂用 电气设备安装

电力工业出版社

火力发电厂厂用电气设备安装

华北电业管理局 何德康
北京电力建设公司 何伟然
西北电力建设局第一工程公司 李安福

*

电力工业出版社出版

(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

水利电力印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 15.25印张 337千字

1981年8月第一版 1981年8月北京第一次印刷

印数00001—13160册 定价1.25元

书号 15036·4196

内 容 提 要

本书从介绍火力发电厂生产过程和厂用电系统入手,以厂用电气设备及二次回路为单元,叙述了厂用电气设备的基本原理与结构,安装方法与施工工艺,以及检验、试运行与投产等内容。对一些较新的设备和施工工艺,如电气除尘器、翻车机、分裂绕组变压器、电动滚筒、新型阀门电动装置、封闭母线、均衡电位接地、新型电缆托架和电缆头等作了比较详细的介绍;对二次回路部分着重分析和解剖了常用电气回路的展开图。全书包括的电气设备种类繁多,范围较广,二次回路部分实例比较丰富。

本书可供火电厂厂用电安装、检修人员以及供电部门、厂矿企业的一般电气安装、检修人员阅读,也可供有关中专技校作教学参考。

前 言

我国电力基本建设事业的迅速发展是从五十年代开始的。随着这一事业的发展，在建立了一支基建队伍的同时，亦逐步形成了一整套适合国情的施工工艺和方法。

六十年代初，一些电力建设单位以贯彻《电力工业技术管理法规》与《电力建设施工及验收暂行技术规范》的规定为目的，在总结施工经验的基础上，编写了一些有关施工操作工艺的规程或规定。这些规程或规定，在统一施工工艺、提高施工技术、保证施工质量和培训施工人员等方面，起了重要的作用。但由于它们受格式所限，缺乏对概念、原理和设备结构等方面的论述，作为技术参考书或培训教材，不免有所欠缺。因此，进一步总结、概括这些经验并从理论上加以完善和提高，写成全面论述电力建设安装工艺的技术论著，乃是为实现四个现代化培养电力建设人材和进一步提高电力基建队伍技术水平的需要，也是从事电力安装工作的广大读者的要求。

就整个火力发电厂工程来说，厂用电系统虽然只是一个较小的方面，然而它的故障却往往威胁全厂的安全运行。我们编写的这本《火力发电厂厂用电气设备安装》就是从为火力发电厂安全运行创造前提的观点出发，探讨了厂用电系统的施工工艺和有关安装、检验和设备投入等技术问题。从另一方面讲，“厂用电”在电气专业中具有“麻雀虽小，五脏俱全”的特点，它涉及种类繁多的电气设备和多方面的施工

工艺；同时，它与其它工矿企业的车间用电也有较多的类似性。因此，本书不仅适合火力发电厂安装、检修电工阅读，而且对其它工矿企业的电工亦有参考价值。

本书基本是根据作者从事电气专业安装近30年的经验，并以原华北电力建设公司编写的《电力建设安装工艺规程电气装置安装部分》为基础，同时重点参考了西北、东北电力设计院编写的《电力工程设计手册》而写成的。在编写过程中，电力工业部第二电力建设工程局、湖北省电力工程公司以及东北电管局第三工程公司周志超同志、西安电力学校李学博同志提出许多宝贵的意见和建议；西北电力建设局第一工程公司曹念镗、黄承祥同志，北京电力设计院孙毓泰同志，华北电力试验研究所许家瑞、刘永年同志，大港发电厂王志中同志等为本书提供了很有价值的技术资料；北京电力建设公司李岳、刘士儒、王玉魁等同志介绍了宝贵的实践经验；施慧珍、陈文达同志绘制了部分插图，特此一并致以谢意。

由于我们的经验不多，水平有限，资料收集工作做得不够，缺点和错误之处在所难免，热诚希望广大读者批评指正。

作 者

1980年11月

目 录

前 言

第一篇 绪 论

第一章 火电厂的生产过程	1
第一节 火电厂的主要生产系统	1
第二节 火电厂的平面布置	8
第二章 火电厂的厂用电系统	8
第一节 厂用电电压	9
第二节 厂用负荷分类	10
第三章 火电厂厂用电的接线系统	12
第一节 厂用电的接线方式和厂用负荷的分配	13
第二节 厂用备用电源	16
第三节 厂用事故保安电源	18
第四节 厂用电接线的几个实例	18

第二篇 厂用电气设备的安装

第四章 施工准备	23
第一节 劳动组织与进度安排	23
第二节 施工场地的布置	24
第三节 设计图纸的审查	25
第四节 设备材料的准备	25
第五节 与土建工程的配合	26
第五章 厂用电气设备型号的识别	27
第一节 电气设备型号的选择	27

第二节	电气设备型号的识别	28
第六章	电力变压器及互感器的安装	32
第一节	电力变压器的工作原理	32
第二节	电力变压器的结构	44
第三节	厂用变压器的安装	54
第四节	绝缘油的处理	72
第五节	几种新的防火型室内厂用变压器	73
第六节	互感器及安装	80
第七章	油断路器及隔离开关的安装	83
第一节	厂用电系统用油断路器	83
第二节	SN10-10型少油断路器及安装	84
第三节	SN 4- $\frac{10}{20}$ 型少油断路器及安装	91
第四节	CT7 型弹簧式操动机构及安装	101
第五节	CD6-X 型电磁式操动机构及安装	105
第六节	隔离开关及安装	109
第八章	低压电器的安装	114
第一节	低压电器	114
第二节	刀开关及安装	116
第三节	熔断器及安装	119
第四节	接触器及安装	124
第五节	磁力起动器及安装	131
第六节	自动开关及安装	133
第九章	电动机的安装	141
第一节	电动机的工作原理	142
第二节	电动机的构造	147
第三节	电动机的检查	150
第四节	电动机的安装	159
第五节	电动机的干燥	165
第六节	油冷式电动滚筒及安装	169

第十章 成套配电装置及母线安装	171
第一节 成套配电装置的安装	171
第二节 矩形母线的安装	181
第三节 封闭母线的安装	196
第十一章 电缆敷设及电力电缆头制作	201
第一节 厂用电气设备用电缆	201
第二节 电缆架的安装	204
第三节 电缆管的敷设	212
第四节 电缆敷设	217
第五节 电力电缆头和电缆接头制作	222
第十二章 控制电缆头的制作及二次接线	269
第一节 控制电缆的选择	269
第二节 控制电缆头的制作及接线	270
第三节 二次接线	274
第十三章 接地装置的施工	277
第一节 电气设备的接地	277
第二节 接地体和接地线	279
第三节 均衡电位接地	280
第四节 接地网的施工	283
第五节 接地电阻的测量	287
第六节 接地线的敷设	290
第七节 静电接地	293
第十四章 蓄电池安装	294
第一节 铅酸蓄电池的工作原理	294
第二节 铅酸蓄电池的结构	295
第三节 开口式铅酸蓄电池的安装	300
第四节 电解液的调制和灌注	308
第五节 充电和放电	312
第六节 固定式防酸隔爆铅酸蓄电池的安装	318

第十五章	其它厂用电气设备及安装	320
第一节	电气除尘器及安装	320
第二节	桥式起重机的电气设备及安装	333
第三节	阀门电动装置及安装	354

第三篇 厂用电的二次回路和电气设备的投入

第十六章	厂用电二次回路的线路分析	361
第一节	二次回路及接线图	361
第二节	厂用电二次回路	378
第三节	厂用电控制和信号回路	379
第四节	厂用电联锁回路	394
第五节	厂用电事故和预告信号装置	413
第六节	厂用电保护回路	421
第七节	直流系统的绝缘监察装置	430
第八节	阅读厂用电二次回路图的一个实例 ——卸煤系统的整套程序自动控制回路	432
第十七章	厂用电二次回路的检验	446
第一节	二次回路检验前的检查工作	446
第二节	二次回路的绝缘试验	447
第三节	二次回路检验前的准备和注意事项	449
第四节	二次回路检验用工具和仪器	450
第五节	信号装置的动作检验	456
第六节	控制和保护回路检验	458
第七节	交流回路的检验	461
第八节	故障情况的分析和处理	461
第十八章	厂用电气设备的投入	465
第一节	厂用配电装置的投入	465
第二节	厂用变压器的投入	469
第三节	电动机的投入	473

第一篇 绪 论

第一章 火电厂的生产过程

火力发电厂（简称火电厂）是燃烧矿物燃料（例如煤、石油、天然气等），生产电能的工业企业；兼供热能的火电厂又称热电厂。火电厂的主要设备有锅炉、汽轮机和发电机等，它的生产过程是能量转换的过程，可分为三个阶段：①在锅炉中，把燃料的化学能转变为蒸汽的热能；②在汽轮机中，把蒸汽的热能转变为机械能；③在发电机中，把机械能转变为电能。

由于使用燃料的不同，以及输出能量的不同（供电、或兼供热）等，火电厂有不同的设计类型，而以煤粉锅炉配合凝汽式汽轮发电机组者为主。

第一节 火电厂的主要生产系统

火电厂的生产过程比较复杂，包括了相互联系的不少系统。煤粉锅炉配合凝汽式汽轮发电机组的火电厂的生产流程如图 1-1 所示。现将火电厂中主要系统的生产过程简述如下：

一、燃料及燃烧系统

将燃煤由铁路运入电厂后，采用翻车机、自卸式底开车或其它卸煤机械，卸入卸煤沟（由水路运煤时，码头上装有卸煤机械），然后，经输煤皮带转运至碎煤机室。

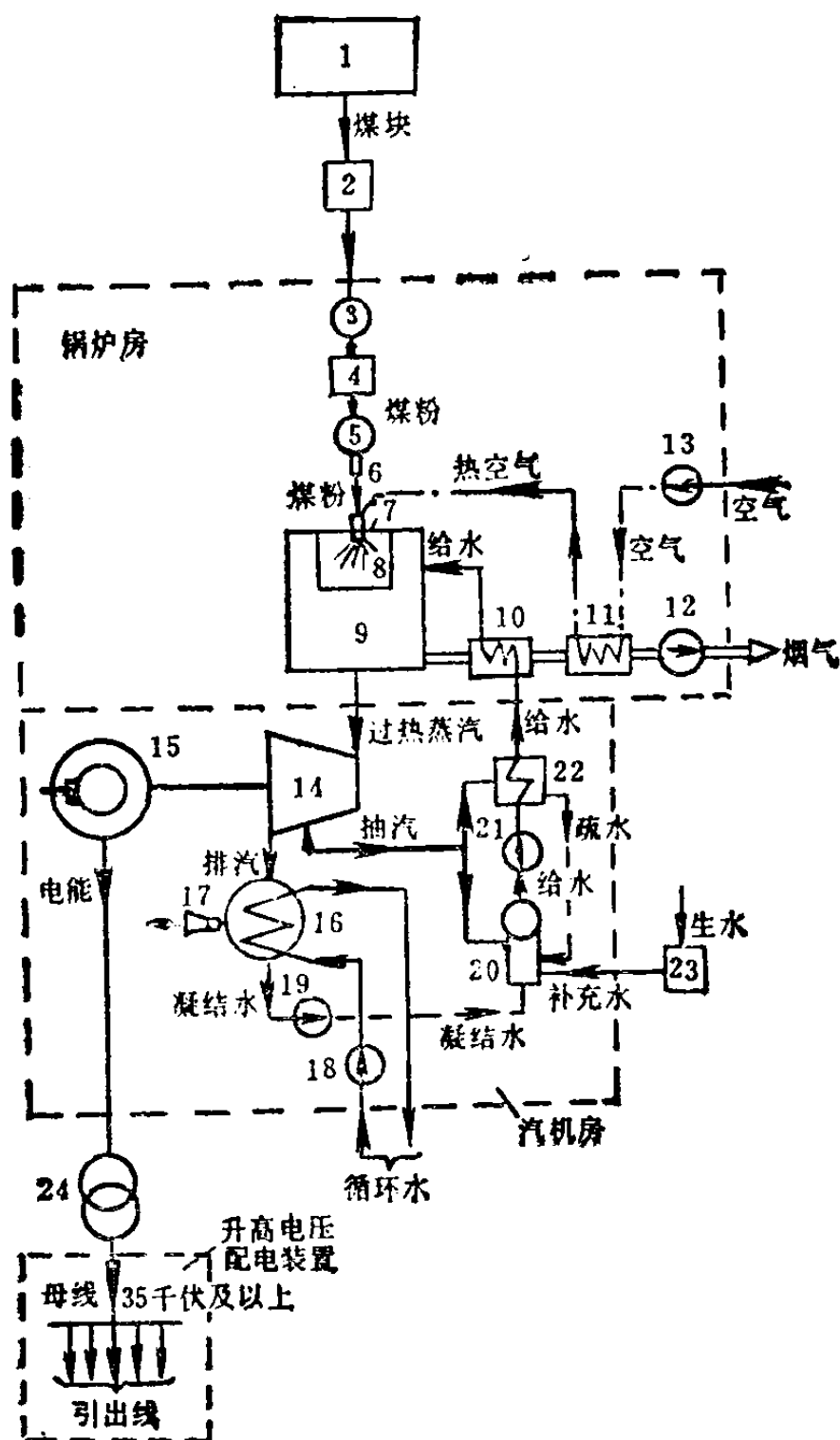


图 1-1 燃用煤粉的凝汽式汽轮发电机火电厂生产流程

1—煤场；2—碎煤机；3—原煤仓；4—磨煤机；5—煤粉仓；6—给粉机；7—喷燃器；8—炉膛；9—锅炉；10—省煤器；11—空气预热器；12—引风机；13—送风机；14—汽轮机；15—发电机；16—凝汽器；17—抽气器；18—循环水泵；19—凝结水泵；20—除氧器；21—给水泵；22—加热器；23—水处理设备；24—升压变压器

超过消耗所需的煤，被转运到煤场。煤场贮煤用以调节正常运输；并保持一定备用量，以待煤源供应发生故障时使用。煤场设有斗轮式堆取料机、龙门抓煤机、履带式抓煤机与推煤机等装卸机械。

在碎煤机前装有电磁分离器，用以清除混入煤中的各种铁件。燃煤进碎煤机后，被碎成小块原煤，经输煤皮带，送入原煤仓。然后，原煤经磨煤机粉碎，并由制粉设备加热筛选，最后成为干燥的并有一定温度的煤粉，存入煤粉仓中或直吹供锅炉燃烧使用。

在炉内燃烧时，煤粉由给粉管道送来，与由送风机吹来、经过空气预热器加热的热空气混合，通过喷燃器喷入炉膛燃烧。燃烧后的烟气经除尘器、引风机（或通过SO₂洗涤器），由烟囱排入大气。

对于燃油电厂来说，燃油由铁路用油槽车运入电厂后，用卸油泵、卸油中继泵等卸油设施，将它卸入燃油罐（由水路运油时，码头上装有卸油设施）。燃油亦可经输油管送入电厂。燃油应经燃油加热器加热，并设置伴热管保持一定温度，以防凝固。燃油经供油泵送至锅炉，通过喷燃器喷成油雾进行燃烧。燃油泵房和燃油罐区设有消防设备；燃油罐和管道设有防静电和防雷装置。燃油系统还设有污油处理设备，以减少污染。

在天然气供应充裕的地区，电厂锅炉也有燃用天然气的，天然气由地区配气站经输气管道送至电厂。在电厂内设有调压站，由它向锅炉供气。

在燃用煤粉的电厂中，常设有点火用的轻油或重油系统。在使用天然气方便的地区，电厂也有使用天然气作锅炉点火系统的。

二、水汽系统

水在锅炉中被加热成蒸汽。蒸汽的压力越大、温度越高，锅炉的容量和效率也就随着升高。低温低压锅炉的汽压为14公斤力/厘米²，汽温为350℃；中温中压锅炉的汽压为40公斤力/厘米²，汽温为450℃；高温高压锅炉的汽压为100公斤力/厘米²，汽温为540℃；超高温超高压锅炉的汽压为140公斤力/厘米²，汽温为540℃或570℃。

锅炉按其内部的水汽流动方式分为自然循环锅炉，强制循环锅炉和直流锅炉等多种。

当蒸汽进入汽轮机后，就推动汽轮机的叶轮旋转，产生机械能。做功后的蒸汽，在凝汽器中用循环水将它冷却，凝结成水，由凝结水泵抽出，与补充水混合，进入除氧器加热和脱氧，再由给水泵送入锅炉的省煤器，在锅炉内重新加热成额定压力和温度的蒸汽，再送至汽轮机，周而复始地循环使用。给水在进出除氧器前后，由低压加热器和高压加热器进行加热，加热器以汽轮机的抽汽作为热源，从而提高了热效率。

在中间再热机组中，部分作过功的蒸汽由汽轮机的中间级中抽出，送至锅炉中再过热，然后送回汽轮机再作功。再热循环的经济性较高。

三、送变电系统

汽轮机带动发电机旋转，把机械能转变成电能。这些电能除以发电机出线电压直接向附近用户供电并提供本厂的厂用电外，还根据电力系统的需要，经主变压器升压，通过送电线路，送入电网。这样，在电厂内就需要设置所需电压等级的配电装置（如35、110、220千伏等），在这些配电装置中安装着断路器、隔离开关和母线等电气设备，又称升压

站。

四、水处理设备

锅炉给水有品质要求，否则会生锈结垢，腐蚀管壁，或产生泡沫及汽水共腾，轻则降低效率，浪费燃料；重则导致事故，如水冷壁爆管等。同时，汽水系统中，由于锅炉排污、排汽和其它损失，给水需经常进行补充。

生水含有悬游固体，溶解固体，溶解气体，应通过一系列处理后才能作为锅炉补充水。

水处理设备根据水质和机组参数而异，主要的有沉淀、机械过滤、蒸馏、化学除盐、石灰镁剂除硅软化和混合离子交换系统等。

五、循环水系统

当电厂靠近江河、湖泊或海洋建设，而水量或冷却表面能满足各凝汽器冷却所需时（约为凝结水量的40~70倍），可采用直流式供水系统，即在岸边泵房内由循环水泵吸取冷水，送至厂内凝汽器，把汽轮机排汽中的热量带出后，重又返回江河、湖泊或海洋。

当无上述条件时，电厂多采用冷却池（喷水池）或冷却塔。冷却塔又分为自然通风冷却和机力通风冷却等方式。

六、除灰系统

燃料在锅炉中燃烧后所残存的灰、渣需由灰斗和渣斗中清出，并运至贮灰场。

采用水力除灰时，压力水冲着灰渣，沿灰沟输送至灰浆泵房内，再由灰浆泵将水灰渣混合物排至贮灰场。澄清的冲灰用水可送到附近的贮水池，再返回锅炉房，循环使用。

采用气力除灰时，将击碎的渣和灰送入管道内，管道被吸成真空状态，灰渣被运往旋风器。在旋风器内，灰渣与空

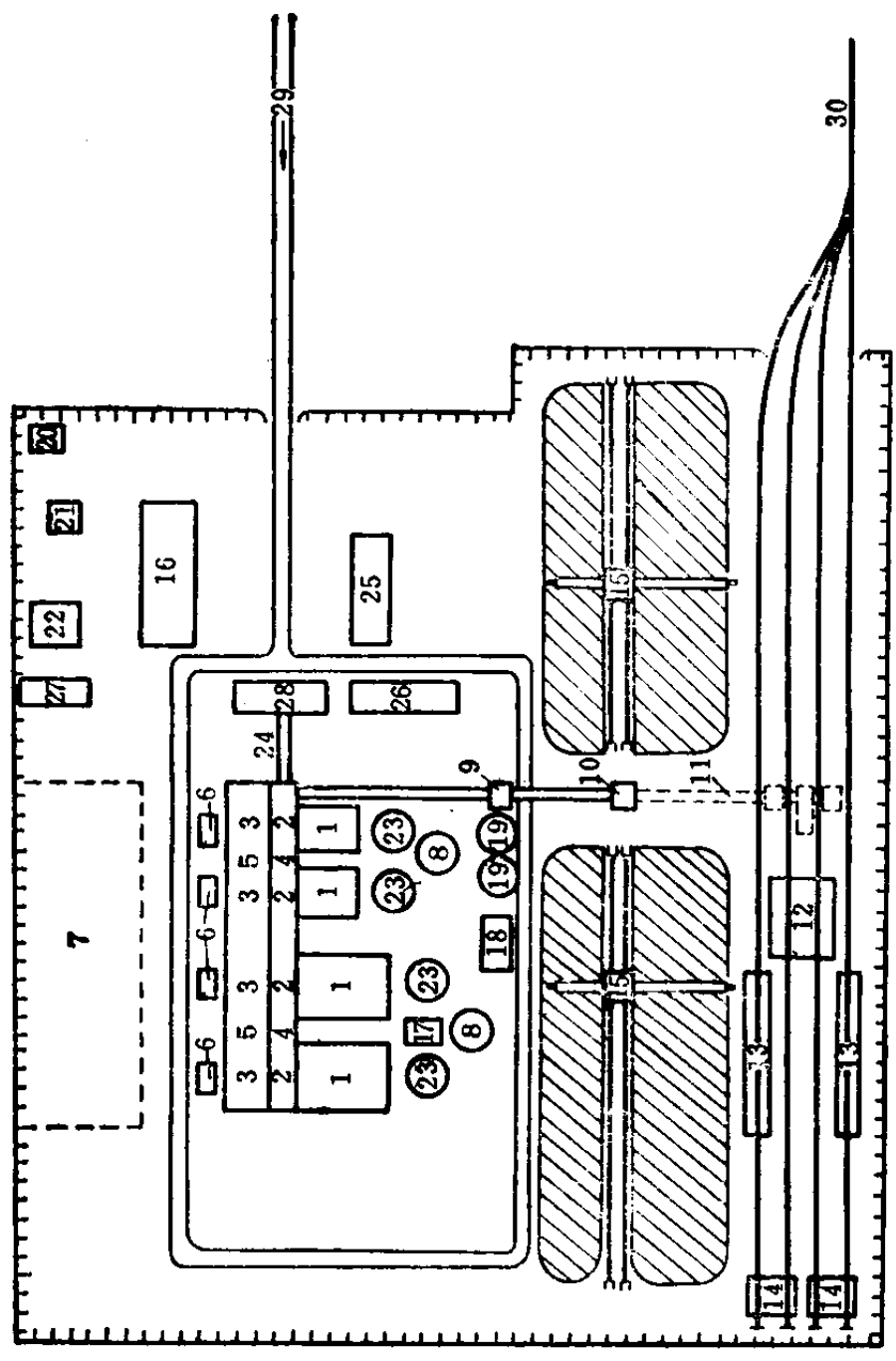


图 1-2 装有两台12.5万千瓦和两台25万千瓦汽轮发电机组的燃煤电厂的厂区平面布置

1—锅炉, 2—除氧器, 磨煤机; 3—汽轮发电机组; 4—主控制室; 5—厂用电配电装置; 6—主变压器; 7—升压站; 8—烟囱; 9—碎煤机室; 10—煤场转运站; 11—输煤皮带; 12—翻车机室; 13—卸煤沟; 14—牵车台; 15—煤场的堆取料机; 16—水处理室; 17—空压机和柴油机房; 18—灰浆泵房; 19—点火用轻油罐; 20—制氢装置; 21—油处理室; 22—露天油库; 23—除尘器; 24—天桥; 25—汽机、锅炉检修间; 26—机修车间; 27—电气检修间; 28—生产办公楼; 29—公路; 30—铁路

气分离，落入灰斗中，而空气则经过除尘器后送入烟囱。

七、压缩空气系统

在现代的火电厂中，常采用以空气为动力的控制和调节设备，这些设备要求使用无水、无油、品质较高的压缩空气（即仪用空气）。

电厂设备检修或锅炉吹灰时需用大量杂用空气。这种空气无特殊品质要求，与前述分为两个压缩空气系统。

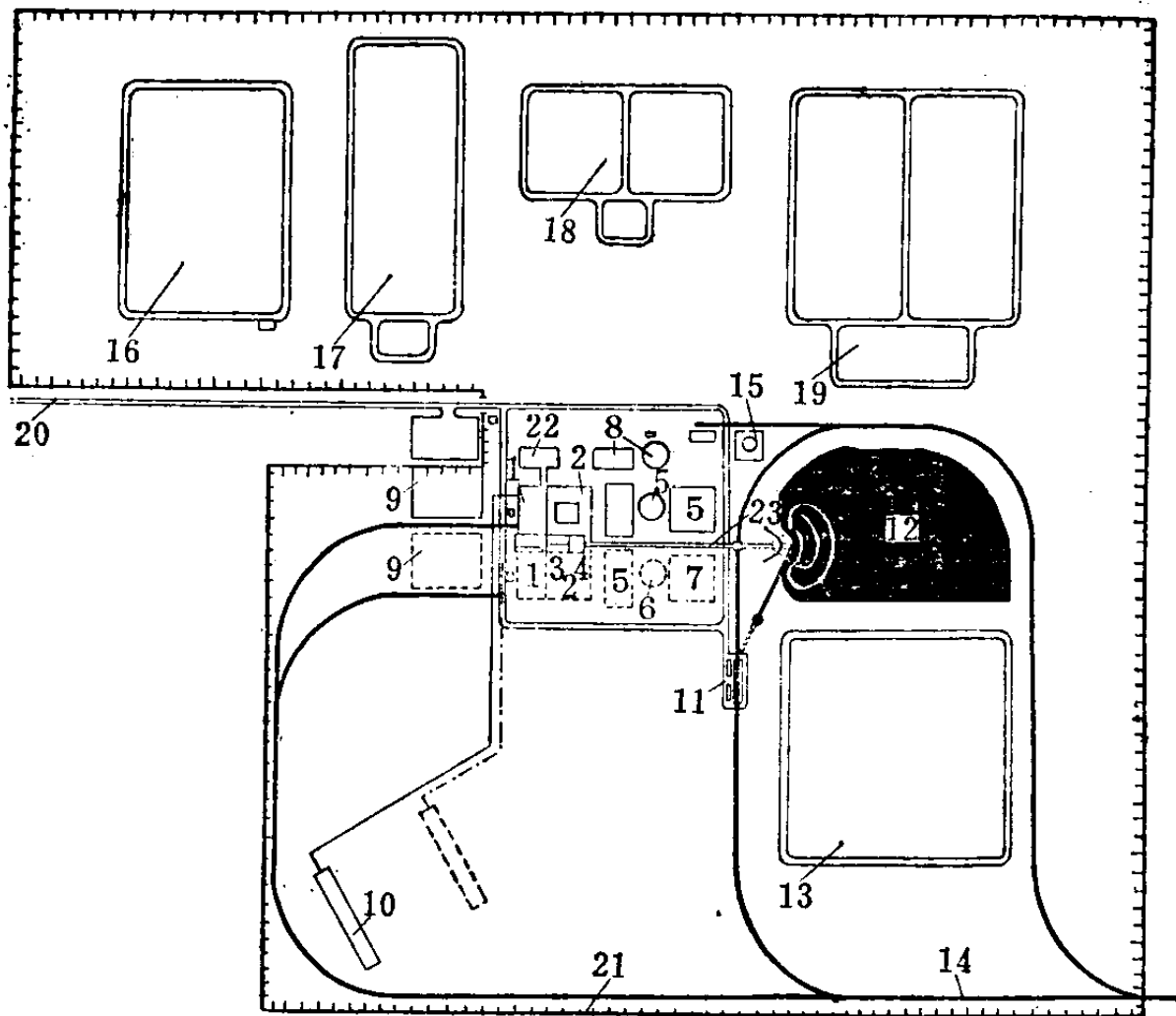


图 1-3 国外某装有两台 57 万千瓦汽轮发电机组的
燃煤电厂的厂区平面布置

1—汽轮发电机组；2—锅炉；3—厂用电配电装置；4—主控制室；5—除尘器；6—烟囱；7—SO₂洗涤器；8—水处理装置；9—升压站；10—冷却水塔；11—卸煤间；12—煤场；13—冷却水池；14—铁路；15—点火用油罐；16~19—灰场及灰处理设施；20—公路；21—围墙；22—生产办公楼；23—输煤栈桥

第二节 火电厂的平面布置

图 1-2 为国内某装有两台12.5万千瓦和两台25万千瓦汽轮发电机组的燃煤电厂的厂区平面布置。

图1-3为国外某装有两台 57 万千瓦汽轮发电机组的燃煤电厂的厂区平面布置。

从上述两例可见火电厂的主要工艺布置基本上都是比较类似的。但由于选厂条件不同，结合投资、运行、维护等要求有别，故各有其特点。图1-3的主要特点为：①将灰场布置在厂区内，减少了冲灰系统的设备和工艺管线，从而降低了投资，减少了厂用电耗，并便于运行和维护；②采用了铁路回转线，进煤和卸煤速度相应提高，亦就降低了运行费用。但这两项特色都伴随着厂区占地面积较大的缺点。我国平原地区面积相对较少，为贯彻尽量少与农业争地的政策，灰场一般系利用山沟或洼地；铁路也较少采用回转线。

第二章 火电厂的厂用电系统

火电厂在生产过程中，需要有许多机械为锅炉、汽轮机和发电机等主要设备及辅助设备服务，如水泵、油泵、风机等。这些厂用机械，一般都是用电动机拖动的。在各系统的管路中，由于控制、调节的需要，也装有许多电气设备，如阀门的电动装置、执行器等。再加上照明和检修机具等用电，一个火电厂维持生产过程的自耗电量是很可观的。上述用电设备以及供给这些设备的电源，构成了厂用电系统。发电厂本身消耗的电量占发电量的百分数，称为厂用电率。在