

火力发电厂土建工程的 施工技术和安全评价研究

HUOLIFADIANCHANG TUJIANGONGCHENG DE SHIGONGJISHU HE ANQUANPINJIAYANJIU

马同庄◎主编



火力发电厂土建工程的施工技术和安全评价研究

马同庄 主编

图书在版编目 (C I P) 数据

火力发电厂土建工程的施工技术和安全评价研究 /
马同庄主编. — 长春 : 吉林科学技术出版社, 2016.5

ISBN 978-7-5578-0679-8

I. ①火… II. ①马… III. ①火电厂—建筑工程—工
程施工—安全评价—研究 IV. ①TU745.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 112149 号

火力发电厂土建工程的施工技术和安全评价研究

主 编 马同庄
出 版 人 李 梁
责任编辑 孟 波 韩 捷
封面设计 赵文雅
制 版 山东瑞天书刊有限公司
开 本 787mm×1092mm 1 / 16
字 数 100 千字
印 张 11
印 数 1-5000 册
版 次 2017 年 1 月第 1 版
印 次 2017 年 1 月第 1 次印刷

出 版 吉林科学技术出版社
发 行 吉林科学技术出版社
地 址 长春市人民大街 4646 号
邮 编 130021
发行部电话 / 传真 0431-85677817 85635177 85651759
85651628 85600311 85670016
储运部电话 0431-86059116
编辑部电话 0431-85642539
网 址 www.jlstp.net
印 刷 济南文达印务有限公司

书 号 ISBN 978-7-5578-0679-8
定 价 47.00 元
如有印装质量问题可寄出版社调换
版权所有 翻印必究 举报电话: 0431-85635185

前 言

电能是一种输送、使用方便，容易高效地转换为其他形式能量(如热能、光能、机械能等)的能源。电力是一种清洁、安全的能源，它是整个社会的各种活动所必需的基本能源，它已渗透到国民的所有活动领域之中。所以，电力不仅是国民经济的先行工业和基础工业；而且是广大人民生活中必需依赖的公用事业。因此，电力工业对于加快我国四个现代化建设，占有十分重要的中心地位。

随着我国对电力需求的不断增长，许多火力发电厂先后在全国各地成立，与此同时也产生了很多与电力生产相关的安全性事故。电力生产事故的发生直接影响到我国许多地方的生产与生活，保证电力生产过程中的安全成为维持社会和谐、稳定、团结的重要因素。因此，对火力发电厂进行有效的安全性评价，了解电力生产过程中存在的危险与隐患，成为维持社会正常发展的重要环节。

本书共计 6 章，合计 10 万字。由来自河南省第二建设集团有限公司的马同庄执笔撰写完成。本书前五章是从火力发电厂的施工准备期入手，先分析了几个主要的施工环节，再对火力发电厂主厂房的施工和辅助建筑物的施工进行分析，最后分析了火力发电厂主要设备基础的施工；第六章是在对火力发电生产过程详细分析的基础上，选用了安全检查表、预先危险性分析、事故树分析和事故后果模拟分析四种方法相结合的安全性评价方法，对火力发电厂进行安全性评价。

目 录

第一章 火力发电厂的施工准备期	1
第一节 施工开展的程序和工程量	1
第二节 道路施工	1
第三节 供电	2
第四节 通讯设施的施工	11
第五节 供热、供水与排水的管道施工	13
第六节 氧气和乙炔供应	20
第二章 火力发电厂的主要施工环节	23
第一节 土方工程	23
第二节 降低地下水位	30
第三节 混凝土和钢筋混凝土结构的安装	34
第四节 钢结构的安装	43
第五节 安装吊车	45
第六节 降低手工劳动量	49
第三章 火力发电厂的主厂房的施工	51
第一节 施工方法与方式	51
第二节 土方工程	61
第三节 地下部分的施工	65
第四节 地上部分的施工	71
第四章 火力发电厂辅助建筑物的施工	88
第一节 输煤设施构筑物的施工	88
第二节 重油罐的施工	97
第三节 发电厂电气部分构筑物的施工	100
第四节 工业供水构筑物的施工	103
第五章 火力发电厂主要设备基础的施工	126
第一节 锅炉基础的施工	126
第二节 汽轮发电机基础的施工	135
第三节 磨煤机基础的施工	139
第六章 火力发电厂安全评价研究	143
第一节 火力发电厂安全评价的现状	143
第二节 火力发电厂的危险性辨识及影响分析	146
第三节 火力发电厂安全评价方法研究	154
第四节 火力发电厂安全评价系统软件的开发与应用	157

第二节 道路施工

电厂施工的进度和造价在很大程度上取决于铁路和公路是否及时建成。火电厂的道路分永久和临时的两种。永久道路供火电厂运行期间用，临时道路供施工时用。

永久道路分为火电厂与交通部铁路线、公路干线相连接的厂外道路，以及厂区各工程项目间和厂区与水工枢纽、灰场及居住区相连接的厂内道路。

上图 1-1 所示为电厂外部永久道路以及施工准备期间从交接站到居住区和火电厂间的货流示意布置。

临时道路分为有效期长的施工道路(如去施工基地的道路)和敷设到个别工程项目去的有效期短的施工道路。

在建设火电厂时，首先必须建造外部铁路专用线和公路，而后建有效期长的施工道路，最后建有效期短的施工道路。

铁路的施工一般是二次承包给运输建造部的部门来完成，

厂区永久道路的施工必须在地下工程管线和整个厂区平整工程完成之后进行。

为保证在厂区内的运输，在建造永久道路前先建临时道路。厂区内临时道路的施工按工程进展情况逐个通向各个体项目。在建造施工基地和厂区的道路前，应先完成排水设施工程，以保证避免土壤路基的失稳(破坏)。所有临时道路都应建有明沟或排水槽。

在准备期间应建成全部配套的铁路工程，包括联系火电厂、公用铁路线的外部铁路及通向火电厂仓库、场地和施工基地的铁路，以及厂外公路和有效期长的施工道路。

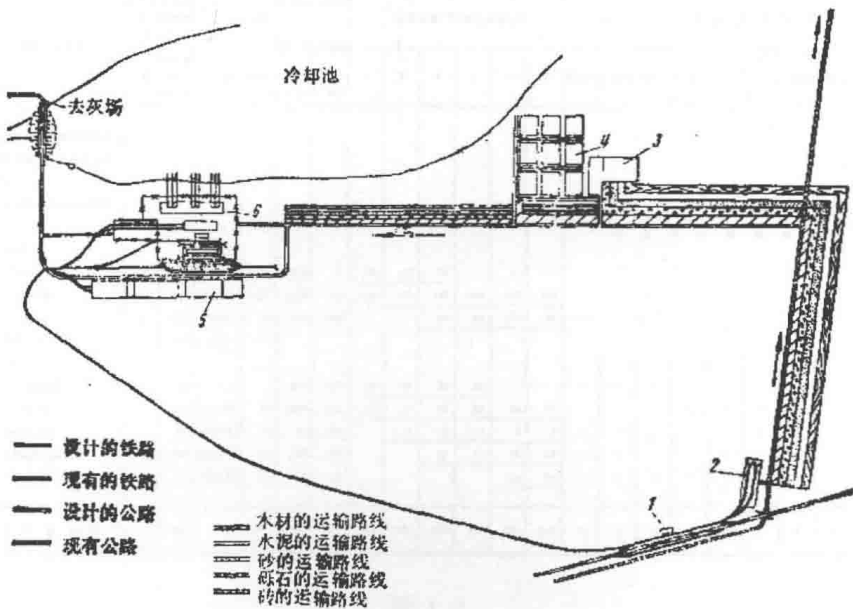


图 1-3

第三节 供电

用电量的确定：按供电要求的可靠性，火电厂施工用电属于第二类。向施工临时供电的主要设施是输电线路、主降压变电所、配电站(变电站)等。这是确定供电的基本要求。

为了确定消耗的或计算的容量，应知道总的设备容量，即电动机、电焊变压器、照明器具和其他耗电设备额定容量的总和。容量为 40 万和 240 万千瓦火电厂的主要用电项目的设备容量示于上图 1-2。

变压器和配电站的计算容量由下式计算：

$$S_p = \frac{P_y k_e}{\cos \varphi}$$

式中 S_p ——计算容量(千伏安)， $\cos \varphi$ ——功率因数，
 k_e ——需要系数； P_y ——设备容量。

从机械、变压器等是否满负荷及空载时间的观点出发，功率因数的大小取决于电动机选择得是否正确。为提高功率因数建议采用成套的静止的电容器组作为施工电厂电气设施的补偿装置。

以各组用电的总和来确定配电站的总容量(千伏安)，即：

$$\Sigma S_p = S_{p1} + S_{p2} + S_{p3} + S_{p4} + S_{p5}$$

火电厂施工用电项目的设备容量，千瓦

(分子为容量40万千瓦的电厂，分母为容量240万千瓦的电厂)

如果配电站的变压器容量是未知的，则总降压变电所的变压器容量可近似地将所有施工用电的设备容量加起来求得。按下式求温计算容量(千伏安)：

$$S_p = \frac{P_y k_e k_0}{\cos \varphi}$$

式中 P_y ——用电设施的设备容量(千瓦)，

$k_e = 0.5$ ——平均需用系数；

$k_0 = 0.8$ ——最大分摊系数；

$\cos \varphi$ ——平均功率因数(无补偿装置时为0.65、有补偿装置时为0.92)。

施工年耗电量的计算，按最大负荷的年利用小时数进行。当按两班制工作时，则

采用 3500 小时。

为保证土建施工用电，负荷按照度标准和施工需要的单位耗电量来确定。

照明用电按土建与安装工程电气照明标准(CH81—60)来确定。

安装工程施工所需的用电量，可根据在一年内拟安装的全部设备和钢结构重量，按扩大指标进行计算。

在现场制作锅炉辅助设备和厂区管道时，单位电耗去 165—190 千瓦·小时/吨，其他情况下为 130—150 千瓦·小时/吨。小的数字适用于容量为 240 万千瓦的，设备按单元供货的大型发电厂；大的数字适用于容量为中型(35—60 万千瓦)和小型(小于 35 万千瓦)的设备按零散供货的发电厂。

最大用电量 P(千瓦)按下式计算：

$$P = \frac{3}{T}$$

式中 3——年耗电量(千瓦·小时)；

T——年内最大负荷小时数(采用2900小时)。

施工大量开展时(在第二、第三年)，年内最大施工负荷作为主降压变电所的计算负荷。因此年最大耗电量也应该属于第二施工年度和第三施工年度。

施工第一年与第四年的耗电量可根据最大年耗电量(在第二年与第三年)分别乘以第一年为 0.5 与第四年为 0.7 的系数求得。

根据上述求负荷的计算方法，可以获得容量为 30 万千瓦的热电厂和容量为 240 万千瓦的凝汽式发电厂施工时每年的负荷(千伏安)：

	容量为30万千瓦热电厂	容量为240万千瓦国营区域发电厂
施工第一年	2850	4600
施工第二年	5700	9200
施工第三年	5700	9200
施工第四年	4000	6450

供电电源：火电厂许多建设项目相互间位置都离得很远。例如，运行和施工人员住宅区一般离厂 2-7 公里。在另一个方向的水工构筑物可能也是同样远的距离，因此火电厂各工程项目施工用电都由就近变电所向每个工程项目(或一组建筑群)供电。这些变电所都与由主要变电所或列车电站供电的外部高压线相连。

个别工程项目(如：采砂、石场或转运站)可由省地电源供电。

在施工开始期间，可考虑用 50-100 千瓦移动式柴油发电机供电。

在准备期应该安装：35/6 千伏或 110/6 千伏总降压变电所，6/0.4 千伏配电站，6/0.4

千伏的配电线和配电装置。以后根据今后发展需要,应进行配电线扩建和个别施工项目的拆迁。

供电线路的施工和电气安装工程的主要项目应该由今后负责火电厂主要构筑物的电气安装工程专业化的电气安装单位来完成。找不到专业化的单位时,施工管理局依靠自己力量来完成这些项目。

为了电气设备的运行管理,在火电厂施工管理局内应设立电气工区或电气车间,负责管理全部电气施工项目,包括主降压变电所、配电站、高压和低压线路、临时发电站、电气设备修配厂等等。为土建工区的电气设备(电动机、户内与户外的 0.4 千伏线路)服务的电气安装工一般编入土建工区定员中。

电气工区应有自己的基地,其中包括:工区管理处和技术监督组的房间、工具和(消耗的)材料仓库、为变电所、电网及大型土建工区服务的修配厂和修理点。

在主要土建工程施工期间,最合理的供电电源一般是电力系统的网络。应将设计所考虑的、连接电厂与电力系统的 35 和 110 千伏(有时是 220 千伏)的永久性联络线之一作为供电线路。这条送电线路应该在建造火电厂之初建成。当不能利用永久的输电线路为施工服务时(由于输电线路施工延误或其他原因),可作为例外架设专用线。该线路在施工结束后应用来作为地方(集体农庄等)供电。当火电厂的建设远离电网时,施工用电可由列车电站供电。

在第一台机组启动期间,电厂应由设计所考虑的连接电厂与电网的联络变压器供电。

这台变压器应在火电厂第一台(机组)厂用电装置试运之初投入运行。在不得已的情况下,为了试运在变压器准备好以前所安装的厂用电装置。可以从临时供电网引接单独的 6 千伏临时线路到这些装置的地方。

当施工全面开展时,为了电厂施工用电一般由总降压变电所(35-110/6 千伏)和配电站(6/0.4 千伏)供电。

作为例外,对于离总降压变电所距离远的用户(采砂石场、转运站、水工构筑物等),可以采用 35/0.4 千伏的配电站。此外,还设有由 6 千伏受电并不经变压而直接向配电站配电的配电点。

在电厂施工现场,一般应建造一座总降压变电所。110 / 6 或 35 / 6 千伏二次降压变电所只在有成组用户远离一次总降压变电所时才需要设计。

例如:在标准设计中火电厂施工用电可采用下列几种类型的总降压变电所:

对 30 万千瓦容量的热电厂,根据负荷和电压大小,采用一座一台 6300 千伏安变压器的 110 / 6 千伏成套配电站,或二台 1600-4000 千伏安的两座 35/6 千伏成套配电站。

对 240 万千瓦容量的凝汽式发电厂,采用一台 6300 千伏安变压器的 110/6 千伏

成套配电站,或两台 6300 千伏安变压器的两座 110 / 6 千伏成套变电所,或两台 4000 千伏安变乐器的两座 35 / 6 千伏成套配电站。

35 千伏电压也可用于变压器容量为 1600 或 4000 千伏安的移动式降压变电所。

总降压变电所场地选择时,应保证变电所设备能够运进,其尺寸应保证能安装提高功率因数用的电容器组。在变电所变压器下面应建造内填砾石的集油坑。变电所应有一般的、局部的和移动式的照明。

当变电所围墙设有门时,围墙高度应不小于 2.5 米。还应该采用移动式成套配电站,按其容量分,类型应最少,最好不超过 2-3 种(变压器容量为 250、400、630 千伏安)。主厂房的施工用电,建议采用容量为 630 千伏安的配电站;输煤系统、工业供水泵房、施工基地用电,采用 400 千伏安配电站;对构道、储灰场和其他不需要大量动力的项目,采用容量 160 或 250 千伏安配电站。其进线,一般采用架空线,而低压出线则采用电缆。

为考虑 6 千伏线路引进和低压网路配线的方便,配电站一般设于负荷中心;在它布置的地方,整个使用期间内,不应进行土建施工。配电站的装置应放置在枕木上,而枕木则放在 150-200 毫米厚的砾石或碎石垫层上。围墙高应为 1.5 米,围墙与配电站间的距离应为 1.2-1.3 米。

电站低于 500 千伏的封闭或带保护罩的柜式或箱式电器应成套供应。供电系统:电厂施工用电,根据其电压等级,可以由一条外电源架空送电线路供电。当施工用电由列车电站供电时,列车电站一般应布置在电厂施工场地内。列车电站对各工区配电经配电点来实现。这种配电点是成套屋外配电柜。

施工供电系统是火电厂施工总平面的组成部分。在选择供电系统和选择变电所所址之前,应编制在其所在位置的逐年施工用电统计表,即编制电力负荷统计表。根据这统计表可决定 6-10 千伏配电点的数量与容量、中心配电点位置和 6-10 千伏配电网络系统图。

当编制系统图时,要考虑下列火电厂施工主要工区和工程项目的供电:

电厂厂区——永久构筑物;

施工基地——为土建和安装工程用的临时附属构筑物;

水工构筑物——堤坝、储灰场、给水及排水沟道等;

电厂施工及运行人员生活区。

按照移动式配电站型录,每个配电站一般有一个容量从 160 至 1000 千伏安的变压器。电厂所有工程项目和施工基地由进入 10-6/0.4 千伏配电站的 6-10 千伏架空线供电。在布置 6 千伏网络时,应沿线均匀配置全部施工现场的配电站(在一条线路上有不少于 4-5 个配电站)。配电站向施工现场和施工基地供电建议构成干线闭合网络;在

正常运行时，其分支点是不闭合的。

当场地尺寸不大(如 40 万千瓦的发电厂)和配电站数量相对不多时,为了向电厂厂区及施工基地供电，可设计成一个总长 2-3 公里的总环形网络(图 1-4)。

当施工场地很大(容量为 240 万千瓦凝汽式电厂)和为电厂场区、施工基地供电的配电站数量多时，可采用分环式网络(图 1-5)。

远距离施工用电建议从总降压变电所引出独立的辐射式线路，特殊情况下，由电厂厂区和施工基地线路供电(图 1-6)。

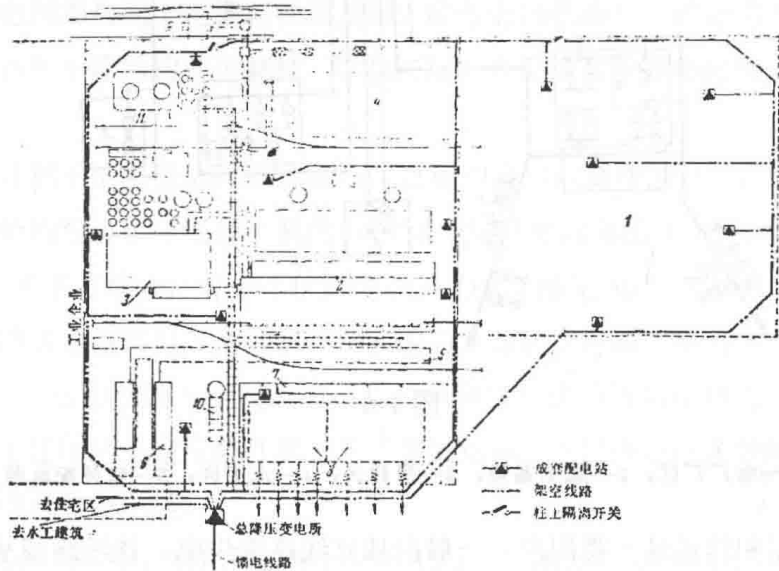


图 1-4

1—施工基地；2—主厂房；3—联合辅助建筑；4—贮煤场；5—工业供水管路；6—机力通风塔；7—6~10千伏主配电装置；8—屋外配电装置；9—翻车机室；10—尖峰锅炉房；11—重油和油联合设施

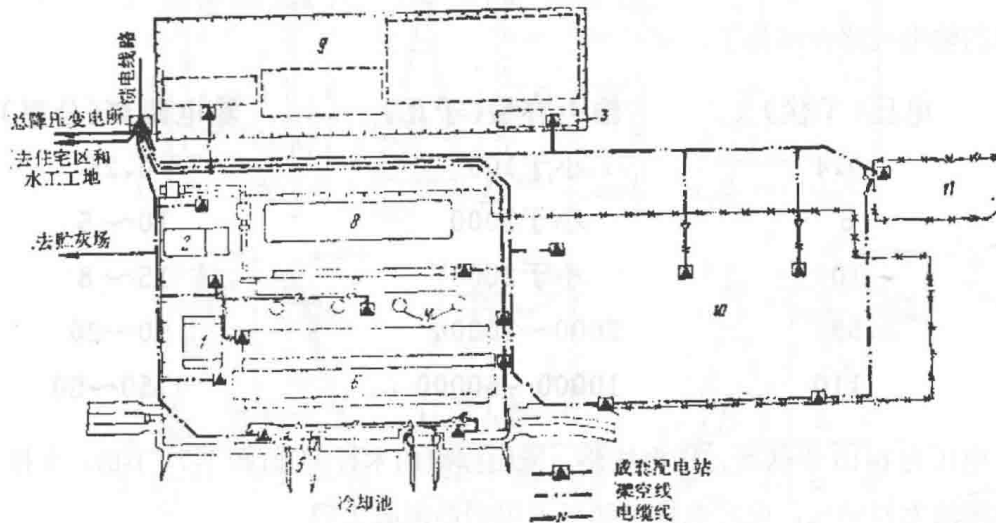


图 1-5

1—联合辅助厂房；2—重油与油设施；3—电气安装工程工区；4—烟囱；5—单元式水泵房；6—主厂房；7—制粉车间；8—露天贮煤场；9—屋外配电装置；10—施工基地；11—汽车设施

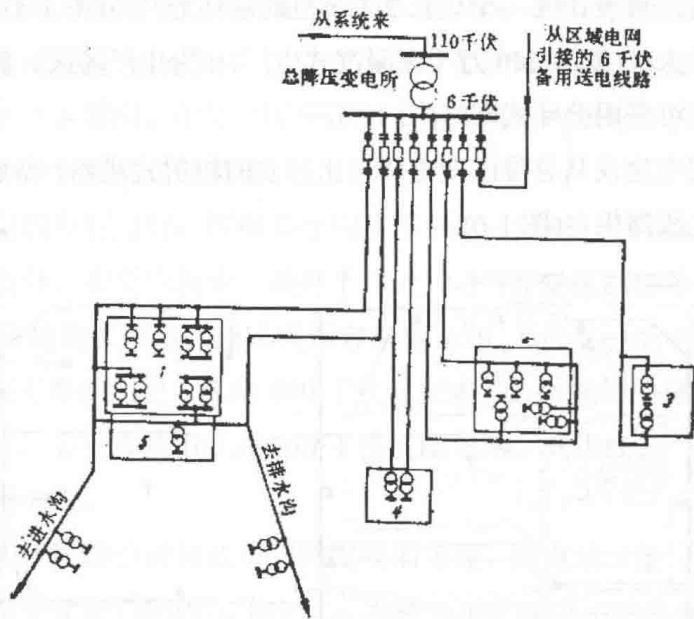


图 1-6

1—电厂厂区；2—施工基地；3—居住区；4—水工区；5—屋外配电装置

采砂(石)场和转运站一类用户，一般由独立线路来供电。该线路或从该区域供电电源引接，或从移动式电站引接。当经济上合理时，也可以从电厂施工电源建造独立的辐射式的线路来供电。

当电压降损失为最大(小于 10%)时，可以通过辐射式线路的极限容量输电。各种电压的输电线路表示如下：

电压(千伏)	输电容量(千瓦)	输电距离(公里)
0.4	小于100	0.25
6	小于2000	10~5
10	小于3000	15~8
35	2000~10000	50~20
110	10000~50000	150~50

电压为 6-10 千伏所有送电线路，采用标准的木杆架设(图 1-7、1-8)。木杆一般采用非浸油木材做成，此时电杆接腿可采用钢筋混凝土的。

当架设火电厂施工场地内和个别远的施工工区(水工工地、工业供水沟道等)的架

空线路时,应按通过居民区的线路来考虑。架空线路和地下电缆的路线选择,应该使线路位置既不影响永久建筑物也不影响临时建筑物的土建与安装工程的施工,并使其在火电厂施工过程中,不必将这些线路移到其他地方。

架空送电线路路径应选择在起重机械(塔式吊车、门式吊车的悬臂部分等)工作范围外面。从架空线路边线(当产生最大偏移时)到机械最外边或吊车在最大伸臂时的吊重最外边的水平距离,对电压为 0.4 千伏的架空送电线路来说应不小于 1.5 米,对电压为 6 千伏的架空送电线路来说应不小于 2.0 米。

架空道电线路与地下电缆路径的选择,应考虑沿铁路与公路运输大型的、扩大组装的安袭设备和土建结构的可能性,以及进行土方工程和敷设临时的、永久的地下管线的可能性。

考虑到计算全部负荷的困难和在施工过程中会出现不可能预见的负荷,发电厂厂区和施工基地的线路铝导线最小截面,对 0.4 千伏送电线路的主干线用 35 平方毫米,对其支线用 25 平方毫米,对 6 千伏送电线路的主干线用 50 平方毫米。

所架设的送电线路与各种构筑物、管线的交叉和接近都应符合《电气设备安装规程》的要求。当送电线路与穿越大型组合场地和主厂房的铁路线相交叉时,其净空应保证不妨碍土建结构大型组装件和工艺设备的运输。不能满足这条件时,送电线路应改用地下电缆或架空电缆。

架空电缆应用带铝芯和铝外包皮的铠装电缆。对移动式用户供电应采用软管电缆。

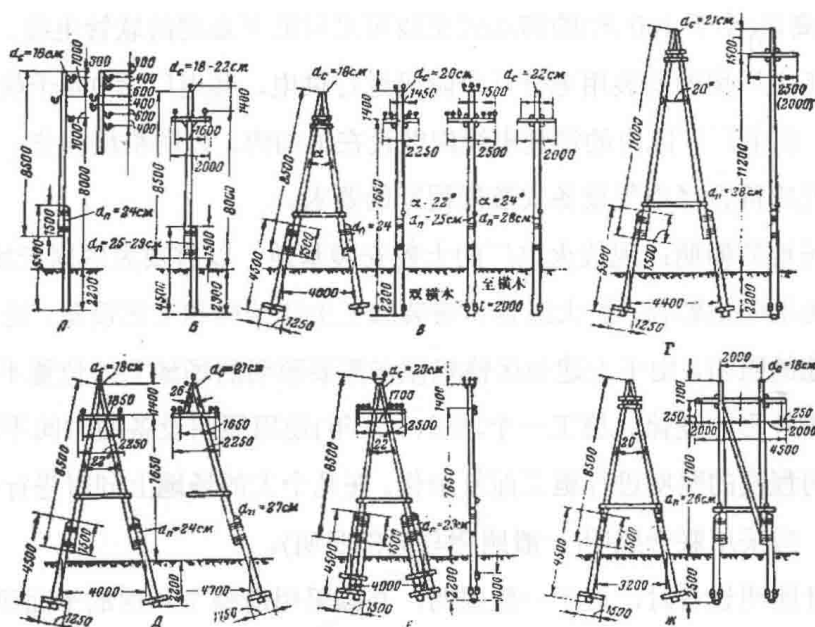


图 1-7

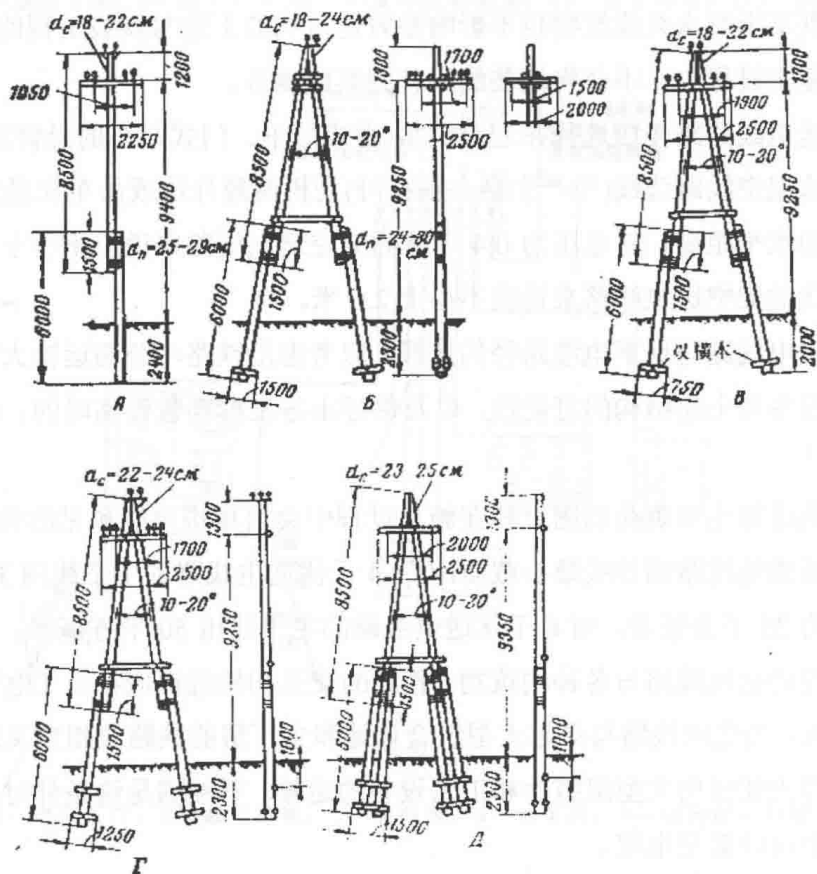


图 1-8

个月)、距离短(小于 100 米)的移动式支线可采用地下直埋的软管电缆。

对施工主厂房的安装用电分几个阶段进行供电,其电厂为 0.4 千伏的网络应采用软管电缆。在电厂厂区内的铠装电缆应敷设在地沟内,以防机械损伤。与各种构筑物交叉和接近应符合《电气设备安装规程》的要求。

施工场地的照明:现代火电厂的土建安装基地,以有很大的露天场地为其特点。这些露天场地用来贮存、扩大组装和安装加工土建结构和工艺设备。进行施工所必需的这些场地的照明,由于土建与运输机械在需要照明的场地上的位置不固定、需要照明的构筑物外形的变化、施工一个项目(1-2 年)使用照明设备的时间不连续,以及同时要求不同程度的照明进行施工而复杂化。在几个大的场地上同时进行各种性质的土建工程时,应采用联合照明(一般照明与局部照明)。

当设计照明设备时,对于一般照明,必须采用沿整个场地的平面照明。

根据各工区需要照明的场地上局部地段施工的不同情况,确定采用局部加强照明的必要性。

为进行土建和安装工程，火电厂施工场地的照明建议采用下列设备：

高 28 米拆装式金属照明塔(按照“水电设计院”标准设计)；

移动式金属和木制照明塔，上面装 8 个聚光灯，高 10 米(按照“全苏动力施工组织设计院”标准设计)；

安装在塔吊、门型吊、厂房屋顶、烟囱和其他构筑物高点上的单个聚光灯和成组聚光灯。

照明设备			使用范围		
高 28 米拆装式金属照明塔	按照“水电设计院”标准设计	用于大型土建和安装工程	塔吊、门型吊、厂房屋顶、烟囱和其他构筑物高点	单个聚光灯和成组聚光灯	
移动式金属和木制照明塔	上面装 8 个聚光灯，高 10 米	按照“全苏动力施工组织设计院”标准设计	用于大型土建和安装工程	塔吊、门型吊、厂房屋顶、烟囱和其他构筑物高点	单个聚光灯和成组聚光灯
安装在塔吊、门型吊、厂房屋顶、烟囱和其他构筑物高点上的单个聚光灯和成组聚光灯			用于大型土建和安装工程	塔吊、门型吊、厂房屋顶、烟囱和其他构筑物高点	单个聚光灯和成组聚光灯

表 4-1

第四节 通讯设施的施工

行政通讯一般为生产用，其中调度通讯是按调度要求来调度施工机械，以保证正常施工的进行。为此，调度设施与控制、操作点之间应以直通电话联系。对固定人群通讯，寻找工人和组织开会，需要设无线电呼唤装置。对流动性工程的通讯，则以无线电话联系。

为保证工地主任与工程技术负责人之间的直接通讯，以及工地主任召开会议，应设有工地主任电话通讯。对高空作业的就地通讯，则设扩音器。

施工场地应保证与国家通讯网、火车站或港口，以及向施工场地供电的变电所之间有可靠的通讯。

工地应设电子钟装置以正确计算施工时间。还要设火警装置以保证灭火设施迅速投入。所需通讯设施的数量，根据所建火电厂的容量进行选择，通讯中心的布置见图 1-9。

通 讯 形 式	主要装置和设备	新建火电厂的容量(万千瓦)		
		小于15	小于40	小于240
行政管理通讯	电话站(门数)	100	200	300
有线调度通讯	交换台(门数)	20	20	20+20
无线呼唤通讯	无线电台，容量(瓦)	100	200	600
无线电话通讯	中央无线电台(个)	—	1	1
	移动式无线电台(个)	—	10	10
施工主任电话通讯	设备(门数)	—	10	20
电钟装置	子钟(个)	30以下	75以下	150以下
火警装置	交换台(门数)	—	—	20台(当有消防车库时)
广播通讯	广播器(个)	5	5	10

图 1-9

成套网络包括除无线电呼唤通讯外为施工所设计的各种通讯方式。成套网络按辐射原理直接以架空线布置。在网络密集地方，则用电缆引出。只有在那些不可能用架空线的地方(与铁道等交叉处)，在地下敷设电缆。在建筑物内的配线采用型号为 TPBK III外包聚氯乙稀的电缆。电缆以扒钉敞开布置在 KP-1 型分线盒内。

局部网络的架空线路敷设在浸油木杆上。当其回路数在 3 回以下时，直接挂在弯钩上，多于 3 回时，则挂在横担上。作为局部网络的常用配件一般用 KH-16 型钢弯钩、绝缘子、及带有钢螺钉的浸油木横担。

无线电呼唤装置线路(由广播室转播)为将电线悬挂在 0.4 千伏馈电线电杆上的架空线路和综合电话线路，此时回路间的距离不小于 1.5 米。

所有架空进线的用户入口处，均装设 A3y-1 型保护装置。

外部通讯按邮电部标准利用固定的通讯装置进行。

全部临时性通讯线路工程，均以自营方式进行。在准备期间必须完成行政管理电话站的安装并完成与准备期间建成的工程项目间的电话通讯。

为了确保临时通讯必须安装的工程项目是：电话站、整个电话网、固定式调度通讯设施、广播室、无线电呼唤网络、无线电台、施工主任通讯设备、电钟装置、火警装置及用户通讯点。

在施工管理的电气工区组成一个施工通讯车间，其主要任务是：完成建筑安装工程的临时通讯工程，确保全部通讯设施的无事故运行，组织运行和检修。

300 门的通讯中心平面图示于图 1-10。

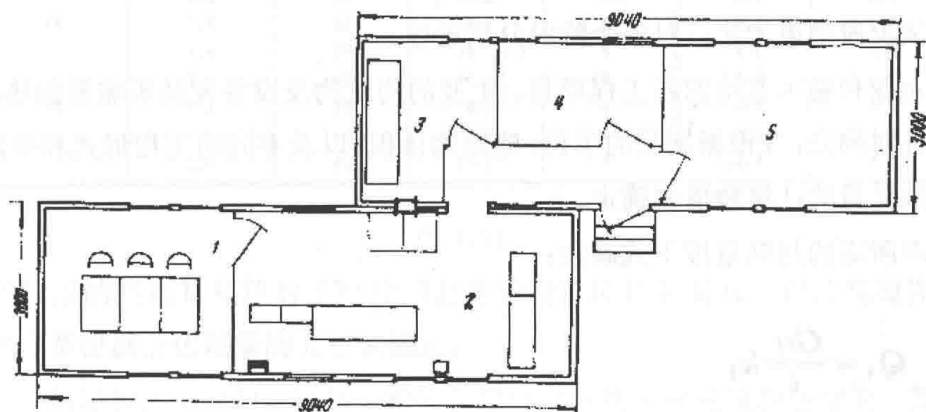


图 1-10

1—交换台间；2—配电架间；3—蓄电池室；4—通讯主任室；5—修配间