

# 目 录

前 言	
第一章 概论	1
第二章 施工组织和施工准备	10
第一节 火电施工组织和施工准备的任务及其特点	10
第二节 施工条件的调查研究	15
第三节 招标与投标	27
第四节 施工综合进度的安排	32
第五节 施工临时建筑、堆场及工作场(间)	46
第六节 施工力能设施及其供应	53
第七节 施工运输组织	72
第八节 施工总平面布置	80
第三章 混凝土工程	86
第一节 混凝土的搅拌和输送	86
第二节 混凝土中外加剂的使用	90
第三节 粉煤灰在混凝土中的掺用技术	93
第四节 混凝土对模板的侧压力	95
第五节 大体积混凝土	96
第六节 预应力混凝土	102
第四章 地基处理和地基降水	106
第一节 软土地基的基本概念和几种加固方法	106
第二节 地基降水	127
第五章 主厂房施工	147
第一节 综述	147
第二节 主厂房基础	152
第三节 装配式钢筋混凝土结构主厂房	170
第四节 现浇钢筋混凝土结构主厂房	191
第五节 钢结构主厂房	213
第六节 大型动力设备基础	220
第七节 地下沟道、附属设备基础及回填土	224
第八节 围护结构	236
第六章 输煤建(构)筑物	254
第一节 输煤建(构)筑物的构成	254
第二节 输煤建(构)筑物的结构特点及施工要点	258
第七章 钢筋混凝土烟囱	281

第一节	烟囱高度的发展 .....	281
第二节	烟囱的裂缝及腐蚀 .....	283
第三节	烟囱的构造改进及工程实践 .....	287
第四节	烟囱施工新方法 .....	294
第八章	水工建(构)筑物 .....	302
第一节	水泵房 .....	302
第二节	取水构筑物 .....	325
第三节	预应力钢筋混凝土管 .....	355
第四节	双曲线型钢筋混凝土冷却塔 .....	368
第五节	贮灰坝及贮灰场 .....	394
参考文献	.....	415

第一节	烟囱高度的发展 .....	281
第二节	烟囱的裂缝及腐蚀 .....	283
第三节	烟囱的构造改进及工程实践 .....	287
第四节	烟囱施工新方法 .....	294
第八章	水工建(构)筑物 .....	302
第一节	水泵房 .....	302
第二节	取水构筑物 .....	325
第三节	预应力钢筋混凝土管 .....	355
第四节	双曲线型钢筋混凝土冷却塔 .....	368
第五节	贮灰坝及贮灰场 .....	394
参考文献	.....	415

# 第一章 概 论

火力发电厂（以下简称火电厂）是生产工艺系统严密、土建结构复杂、施工难度较大的工业建筑。电力工业的发展、单机容量的增大、总容量在百万千瓦以上火电厂的建设，促使火电厂建筑结构和设计不断地改进和发展。电厂结构的改进、新型建材的采用、施工装备的更新、施工方法的改进、现代管理的运用、队伍素质的提高、使火电厂土建施工技术 & 施工组织水平也相应地随之不断提高。

## 一、火电建设的发展

1949年全国仅有发电设备容量为185万kW，其中火电169万kW。新中国诞生后，国家大力发展电力工业，到1988年全国发电设备容量已达11000万kW，其中火电占75%，与1949年相比增长了58倍。

年新增投产设备容量是逐渐增长的，60年代以前起伏波动较大；70年代的年投产容量一般在250万kW左右，其中火电占70%左右；80年代的年投产容量有了更大的增长，1980~1984年为260~380万kW，1985~1988年为630~1000万kW，其中火电占70%~85%。

为使火电厂年投产容量在一段时间内能有稳定的增长，必须使在建工程与投产工程保持一定的比例，70年代为(3~5):1，80年代以来大多数年份达到(6~7):1。如果这个比例不适当地降低，将会使火电的新机组年投产增长量的后劲不足。

单机容量逐步增大。50年代初最大单机容量为广州电厂和阜新电厂的1.5万kW和2.5万kW；50年代中后期，阜新电厂和吉林电厂的5万kW机组投产；60年代阜新、高井等电厂的10万kW机组和吴泾电厂的12.5万kW机组相继建成投产；70年代以来大机组比重增多，先后建成20~25万kW机组的有朝阳、陡河、辛店、淮北等电厂，30~35万kW机组有望亭、大港、姚孟、元宝山等电厂；80年代元宝山和平圩电厂的60万kW机组建成投产。若以新增年投产设备的平均单机容量而论，50年代为1.7万kW，60年代为2.3万kW，70年代为3.6~6.5万kW，80年代后增至6.9~14.4万kW。1988年前已建成总容量为百万kW以上的大型电厂有清河、锦州、富拉尔基、陡河、大同、神头、姚孟、邹县、谏壁等10余座。上述数字表明，火电建设日益向大机组、大电厂发展的总趋势。电厂布点以靠近负荷中心的城镇电厂和煤矿附近的坑口电厂两种形式居多，70年代曾建成一批靠山进洞适应战备的电厂。

## 二、火电厂的生产工艺系统

火电厂的主要生产工艺系统包括燃料-燃烧系统、汽水系统和电气系统等。

燃料-燃烧系统包括燃料贮运、燃料制备、燃料燃烧及烟风、灰渣处理等系统。煤由皮带输送到锅炉房的原煤斗中，经磨煤机磨成煤粉通过粗、细粉分离器储入粉煤斗，然后由给粉机并与经过预热的空气一起喷入炉膛内燃烧；燃烧生成的烟气经除尘器后由引风机抽出经烟囱排入大气中，灰渣经除灰泵房排入贮灰场。

汽水系统由锅炉、汽轮机、冷凝器、低压加热器、除氧器、给水泵、高压加热器等组成。水在锅炉中加热而蒸发成蒸汽，经过热器进一步加热成过热蒸汽，然后经主蒸汽管道引入汽轮机；蒸汽在汽轮机中不断膨胀，高速流动的蒸汽冲动汽轮机的转子，带动发电机发电；在作功和膨胀过程中，蒸汽的压力和温度不断降低，并被排入冷凝器；在冷凝器中，蒸汽被冷却成凝结水；凝结水由凝结水泵升压，流经低压加热器和除氧器，提高水温并除去水中的氧（防止腐蚀炉管）后，由给水泵进一步升压，再经高压加热器而流入锅炉的省煤器，提高水温后进入汽包，如此完成了汽水循环。汽水系统中的蒸汽和凝结水总有一些损失，因而需不断向系统中补充经化学处理的除盐水。供应除盐水的系统称为给水处理系统。通入冷凝器的冷却水可为开式循环或闭式循环，称为冷却水系统。

电气系统包括输出和厂用两部分。发电机发出的电能，除电厂自用部分外，通过主变压器升高电压后，经高压配电装置和输电线路向电网供电。电厂自用部分经厂用变压器降低电压后，经厂用配电装置和电缆向厂内各种辅机和照明设备等供电。

火力发电厂生产工艺系统的组成见图1-1-1。

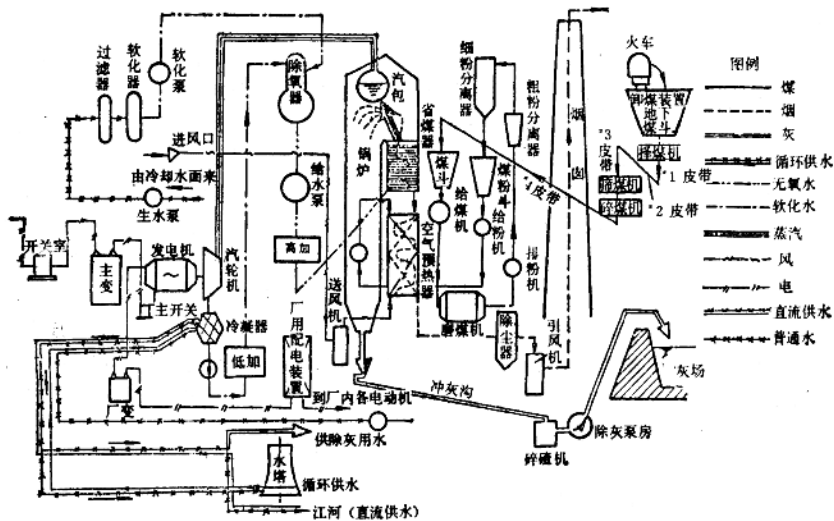


图 1-1-1 火力发电厂生产系统图

火力发电厂生产工艺系统拥有的建（构）筑物如下：

(1) 主厂房系统：包括汽机房、锅炉房、除氧间、煤仓间，以及主厂房范围内的各种主、辅机的设备基础和沟（管）道等构成的地下系统。该地下系统有的设计成地下室，有的按工艺布置分置于主厂房零米以下的相应部位。

(2) 烟尘系统：位于锅炉房的后侧，包括引风机室、除尘器、烟道及烟囱等。大机

组的烟尘系统构成比较复杂，占地面积和工程量相应较大。

(3) 电系统：一般位于汽机房的前侧，包括各种变压器(主变、厂用变、备用变等)基础，各种电压等级的开关场，网控室及单元控制室、厂用电系统(后两部分大多设在除氧间内，也有将单元控制室设在锅炉房内)。

(4) 煤系统：设于锅炉房和厂区的后面部位，跨越多，占地大，包括轨道衡(称量进厂煤车的煤重)、翻车机室或卸煤装置、贮煤场、干煤棚或干煤罐、输煤转运站、碎煤机室等。燃煤若为海运，则设卸煤码头。各输煤建筑之间以地下输煤廊道或输煤栈桥沟通连接。

(5) 冷却水系统：开式循环系统包括取水口、引水管、水泵房、进水压力管、回水排水沟、排水口等；闭式循环系统包括冷却塔、进排水管沟、水源取水构筑物、补给水管等。

(6) 水处理系统：包括软化水室及各种箱、罐、池等。

(7) 除灰系统：包括灰浆泵房、浓缩池、除灰管路、贮灰场、灰场回水装置等。

(8) 燃油系统：包括卸油栈台、储油罐、燃油泵房等。

(9) 厂区地下系统：包括厂区内各种电缆沟、工业水沟、除灰沟、热力管沟、进排水管沟、输油管沟、上下水管沟及消防水管沟等。各管道与各建筑物相连接，并埋布于不同层深的厂区内。

(10) 附属生产系统：包括修配厂、启动锅炉房、污水处理站、制氢站、仓库等。

(11) 生产、生活建筑：包括办公楼、汽车库、门卫收发室、食堂、俱乐部、医院、托儿所、子弟学校、商店、浴室、单身及家属宿舍等。

(12) 其他：厂内外道路、铁路编组站与专用线、码头及其附属建筑、围墙等。

### 三、火电厂土建结构及施工技术的发展

随着电力建设事业的发展，火电厂的土建结构和施工技术不断地同步发展，从而使火电建设的综合技术水平和现场施工面貌均有不断的提高和改观。预计到本世纪末，火电厂最大单机容量、平均单机容量及建设规模将进一步增大，主力机组将向30万kW和60万kW过渡，一期工程规模为4台及其以上的高参数、大容量的骨干电厂将有增多，办电资金趋向多渠道，对节约占地、节约三材、节约耗水、降低煤耗、降低造价、缩短建设周期等方面将进一步提出新的要求和出现一些新的课题。这些新要求和课题主要应依靠技术进步取得。

技术进步这个概念可大可小，工艺和操作方法的改进是技术进步，新结构、新材料、新工艺和现代化工程管理的运用也是技术进步。施工面貌的根本改观、施工效率的显著提高、建设周期的进一步缩短有赖于技术进步。技术进步是促进生产发展的动力，技术渗透在各专业工程的各个因素之中。据资料介绍：本世纪初，依靠技术进步而提高的劳动生产率只占5%~20%；到80年代初，经济发达的国家，劳动生产率的提高60%要依靠技术进步，而我国目前只有20%左右。因此，发挥技术进步的作用，是应非常值得重视的一件事。

掌握现有技术状况及其发展趋势，有利于引导专业技术进步，兹将火电工程土建专业技术状况概述如下：

(1) 火电工程的地基处理。由于大机组、大电厂工程使主厂房、烟囱、冷却塔等电厂主要建(构)筑物的地基荷载增大,并且对沉降和差异沉降的限制更为严格;地震可能引起地基液化和对厂区地质的相应要求(如区域稳定、场地的地震效应等);坑口或山区建厂常遇到地质构造复杂、地基匀质性差等因素,因此使火电工程的地基处理量明显地增多。

地基处理方法,目前以预制钢筋混凝土方桩为多,也有采用预应力钢筋混凝土管桩,少数工程的厚层软土地基(如宝钢、石洞口、北仑港等电厂)采用了钢管桩,后者因自重轻、抗锤击能力高、沉桩中的侧向位移少、打入深度可大至60m以上,故具有承载能力高、沉降少、施工速度快的优点,但其耗钢量大、成本高,目前仅在少数有条件的工程中采用。此外,振冲法、钻孔灌注桩、强夯法、旋喷法、换土法、挖孔桩等已在工程中采用。天生港、龙口、南通等10~35万kW机组工程使用了振冲法和钻孔灌注桩,渭河、漳泽一期等10万kW机组工程使用了强夯法,台州10万kW机组的附属工程使用旋喷法,秦岭、石景山工程的冷却塔基础采用换土法,较多工程的辅助生产建筑采用了挖孔桩,以上都取得了满意的效果。

地基处理将使工期延长(一般延长3~6个月,占土建控制工期的20%~30%,为1号机组投产总工期的10%~20%),投资增大(大中型火电工程约增10~30元/kW),耗用三材多(钢管桩耗钢量约15~20kg/kW),且地基施工所需技术装备较多,施工质量要求严格,耗用人力、物力均较多,因此地基处理是项值得重视的实际工程问题。从工程实践看,对地基的不同认识和不同的处理方法,其实际技术经济效益有较大的差异,其方案的选择对工程起着举足轻重的作用。实际工程中应结合具体工程条件,力求选取地基处理的最佳方案。

(2) 主厂房的结构体系。主厂房是一种多层多跨的框排架结构,柱距有6、8、9、12m等多种。锅炉为露天布置或为紧身小罩时,厂房以煤仓间最高(30~60万kW工程高为50~60m)。主厂房是火电工程建设关键路径上的关键项目,工程量集中、施工密度高、技术难度大,其结构体系的改进历来为设计、施工、科研各方所关注。装配式主厂房结构,自1958年以来沿用至今已有30余年,80年代后出现一批钢结构主厂房,同时也出现了一批新型现浇的主厂房结构。这些不同结构体系的工程实践效果大致如下:

1) 钢结构主厂房。这种结构耗钢量大(宝钢5800t,大连6100t,石横8400t,平圩13000t),为钢筋混凝土结构的1~1.7倍。其造价为钢筋混凝土结构的1.2~1.8倍。钢结构吊装工期较长(宝钢6个月,石横6~8个月)。钢结构成品堆场的用地也较多(0.5~0.8t/m<sup>2</sup>)。但由于提高了工厂化施工程度,减少现场工程量,锅炉安装可提前进入,对缩短总工期是非常有利的因素。

2) 装配式主厂房结构。经30多年实践,装配式主厂房从5万kW机组发展到30万kW机组,装配率从50%提高到85%~95%,构件吊高从30m增至60m,单件重从20t增至80~100t,相应的起吊设备从20t/(600t·m)增至100~120t/(3000t·m)。总的来看,从50年代初期的现浇厂房到采用装配式结构,对10~12.5万kW以下机组有明显的优越性,20万kW机组时矛盾不突出,30万kW机组就颇有不足之感。其缺点是:预制构件数量大,规

格多；构件制作周期为8~10个月，吊装工期为5~7个月；吊件重，起吊高度大，需配备大型塔吊2台；吊车轨道轮压荷重大，路基费用高，路基压占地下系统限制了施工面和施工通道；埋入铁件多，每台机组的埋件数量约5000件，埋件耗钢占结构耗钢的15%~20%；增加预制场地 $1\sim 1.5\times 10^4\text{m}^2$ ；接头多，是质量薄弱环节；吊装过程中为保障结构纵向稳定，要采取切实措施。但装配式结构所需施工装备已为多数火电场所拥有，高空作业量少，火电系统的施工单位比较适应，有利于简化严寒地区的冬季施工。

3) 新型现浇主厂房结构。这是在现有技术基础上的现浇，与50年代的现浇有质的区别。其技术基础是：钢模、钢支撑、高层施工电梯、竖向钢筋气压焊接设备、混凝土泵车及搅拌运输车等新的技术装备，以及外包钢结构、压型钢板、玻璃纤维增强水泥板等新结构和新材料。这些技术基础予以综合运用，可使现浇结构取得比较满意的技术经济效果。仅从重庆、江油、韶关、沙角、吉林、扬州、镇海、新海、偃师、漳泽等20~30万kW机组主厂房采用现浇的工程实践来看，其效益是：零米以上工期6个月左右，可与装配式结构的工期相持平；结构整体性好，轴线、断面尺寸的施工质量都能达到规范要求，混凝土里实外光匀质性好；可用中小型起吊设备，因而对地下系统及施工通道的影响大为减少；节约施工用地，降低综合造价8%~10%，减少预埋件30%~50%，节约钢材1%~5%。但现浇结构高空作业量增多，现场耗工增加10%~20%，钢模及钢脚用量增多，严寒地区冬季施工难度有所增加，要注意施工空模阶段的体系稳定，支模和浇筑方案应考虑有足够的空间刚度。

鉴于上述实践经验，预计今后主厂房结构体系仍以装配式结构为多（特别在严寒地区），钢结构主厂房仅在引进项目的少数工程中采用，而新型现浇主厂房结构将有逐步增多的趋势（特别在施工场地狭窄的现场）。对具体工程来说，主厂房结构体系的选择，应结合已有技术装备、施工场地、施工期气温、工期要求、队伍素质、工艺布置特点等因素综合确定。

已沿用30余年的装配式结构，也有不少可以改进提高的地方，例如：提高混凝土标号以减小结构断面，扩大局部钢结构的使用范围（煤斗、加热器平台、屋架等），改进接头型式，控制单件重量，限制吊车吨位等。

新型现浇结构方案是将预制和现浇取长补短地结合起来，采用框架现浇，纵梁与楼面预制，或纵梁预制而楼面为永久性模板的现浇。这种预制整浇方案的关键，在于合理选用楼面结构和解决永久性模板。

(3) 主厂房及厂区地下系统。该地下系统一直沿用传统的多层深、纵横交错、适合于手工业的布置和结构方式，工序多，工程量大，施工时间长，且施工开挖常切断通道。主厂房零米以下的土建施工工期，约占1号机组投产控制工期的40%~45%，其中有一半化在地下系统的施工。因此简化、改进地下系统和厂区管道的布置及其结构选型，使之利于施工，便于机械操作，缩短工期，是个值得重视的问题。

(4) 烟囱。它是火电厂生产设备型构筑物，除50年代初期在少数小容量电厂采用砖烟囱外，一般均为钢筋混凝土烟囱。烟囱高度自50年代的60~80m开始，随着机组增大逐步增高为120、150、180、210m，并且已建成240m多座；在建的270m可于1990年建成，



将是目前国内最高的烟囱。

大机组大电厂由于燃烧和烟尘系统的工艺特点，使烟气流速增大、烟温降低，从而在烟囱运行工况中，出现了正压区段和低温腐蚀的客观情况，形成了烟囱腐蚀的内在机理。其腐蚀速度和严重程度各有所异，十里泉2号烟囱、淮北2号烟囱及秦岭四管烟囱的排烟管，投产3~5年后就出现严重腐蚀的情况，是属于已发现腐蚀程度比较严重的烟囱。

烟囱腐蚀问题，实质上是烟囱结构的改进和防腐材料的选用问题。防腐型的烟囱结构，在工程中已应用的有两种类型：一种属套筒式烟囱，如秦岭、石横、北仑港、石洞口二厂等工程的烟囱；另一种属传统结构改进的防腐型烟囱，如太一、黄台、神头、重庆等工程的烟囱。这两种类型的烟囱，都处在工程实践和不断改进完善的过程中。还有一种全负压型烟囱也已在工程中试点运用。

自70年代以来，烟囱施工的无井架滑模施工法已经普及。该施工法装置由于整体空间刚度较差，常易出现四个质量通病——中心漂移、旋扭、压痕和局部拉裂，且施工安全感较差和施工耗钢量较大（每米高烟囱耗钢约为0.25~0.35t）。鉴于此，近些年来，除对无井架单滑、双滑施工法继续改进和提高外，积极探索了新的施工方法，比较具有代表性的有：山西的有井架翻模双浇法和无井架翻模法、西北的DZMS-II型电动升模法。这三种新的烟囱施工法，不但能克服无井架滑模施工法之短，而且具有较佳的技术经济效果。

(5) 双曲线型冷却塔。它也是火电厂一种生产设备型的构筑物。在闭式冷却循环中除了少数工程采用机力通风塔外，一般均为双曲线型自然通风冷却塔。已建成配30万kW机组的洛河电厂淋水面积7000m<sup>2</sup>、高125m的冷却塔是目前国内最大的塔。冷却塔的发展趋势，除了出现更高更大的塔以外，在提高塔的冷却效率方面将会引起更多的注意和突破。经工程实践，采用铰接接头型式的淋水支承结构、悬挂式复合波填料、新型的配水及喷溅结构，具有很好的技术经济效果。

冷却塔的施工方法：50年代为木脚手架施工；50年代后期改进为悬挂式操作架施工法，并一直沿用至今仍是当前的传统施工法；70年代有滑模施工法的工程试点；80年代初由于大型冷却塔施工的需要，由原水利电力部基建司提出并组织研究冷却塔新的施工方法，于1986年在平圩工程成功地采用爬升模架施工法建成一座6300m<sup>2</sup>的冷却塔。该新的施工方法以折臂自升中心塔吊、曲线电梯、电动爬升模架、光学仪器测量筒壳半径、筒壁混凝土自防水、部分混凝土泵送入模等6个内容为标志，具有空间刚度大、有效地防止中心漂移和筒壳出现初缺陷、施工安全感明显改善、劳动强度大为减少、一线施工人员减少50%等显著效果。外井架、吊桥、悬挂式操作架的传统施工法适用于5000m<sup>2</sup>以下的中小型冷却塔，爬升模架施工法适用于5000~8000m<sup>2</sup>的大型冷却塔。

新的冷却塔设计技术、新型高效冷却填料、爬升模架施工新法，使冷却塔技术进入当今先进水平。

(6) 预应力混凝土管。火电工程自50年代推广使用预应力混凝土管以来，累计已使用直径0.4~1.4m的补给水管数百公里，1.6~3.0m大直径循环水管50km以上。已用于工程的预应力混凝土管有：直径0.4~1.4m离心成型或悬辊法成型的三阶段工艺管、直径1.6~2.0m一阶段工艺管、直径1.6~3.0m单轴或多轴震动串立式成型三阶段工艺管、直

径0.8m钢套筒离心成型三阶段工艺管、直径2.6m条片拼装式三阶段工艺管，以上均为承插式预应力混凝土管，工作压力为0.2~0.6MPa(2~6kgf/cm<sup>2</sup>)，用于补给水管或循环水管。另外有直径1.4~2.0m悬辊法成型的低压输水管，用作排水管及电缆管。为改进制管工艺，降低耗钢，减轻自重，简化模具，减少能耗，已研制成直径2.6m企口式接头三阶段工艺管，并已在工程中试用。

预应力混凝土管具有很好的技术经济效益：节约钢材，与同径钢管相比较可节约钢材75%左右；降低综合造价，大径管可降低10%~15%，中小径管降低20%左右，海水耐腐蚀大径管可降低30%以上；此外，具有使用年限长，不污染水质，抗地震性能好，刚度大，力学性能好等优点，因而适合作深埋管。推行使用预应力混凝土管是火电工程的一项技术政策，争取几年内使其工程应用面由目前的10%左右提高到50%左右。

推行使用预应力混凝土管的关键在于保证质量。近年来，采用了一些适合于预应力混凝土管技术特点的管理办法：由专业队伍进行施工；制管、运输、安装统由一个专业队伍承担；中小径管定点制管、专责运输、现场安装，大径管定点管理、流动到现场就地制管和安装；制管单位负责完工投产后的质量保证工作。这些技术组织措施有效地保证了质量，促进了预应力混凝土管的稳步发展。

(7) 水工建(构)筑物。大机组大电厂的冷却水及工业用水量增大，使电厂的水工技术更趋复杂，工程量和投资显著增大。统计资料表明，60年代的供水及除灰工程约占电厂总投资的6%~7%(30~35元/kW)，80年代后增至11%~12%(100~120元/kW)。就施工来说，土建工程的建筑安装工作量约占总投资的25%左右，其中水工的工作量约占土建总工作量的30%~50%。由此足见水工建构筑物在火电土建工程中占有很重要的份量。

近十年来，水工技术取得很大进展，如某些电厂的开式循环的排水采用差位式布置，大型取水泵房(52m×40m)一次整体下沉无裂缝，地下连续墙逆作法用于进水泵房，大容量取水头部的浮运就位，大直径盾构法和顶管法在工程中多次采用，除灰管穿越黄河采用震动沉管法取得成功，污水处理及消防设施标准的提高，新型灰坝及其施工的实践等。

(8) 贮灰场。大电厂的排灰量大，建灰场所需投资比重由过去的1%增至3%。灰坝结构型式增多，除了传统的土坝、堆石坝外，分期筑的坝和灰渣筑的坝已有采用；塑料编织袋充泥筑的坝、干灰碾压坝、土工布透水坝，以及利用煤矸石等工业废料筑的坝等，这些新的坝型通过工程试点和鉴定正在逐步推广，改进灰坝结构的思路是：利用工业废料，就地取材，降低造价，利于施工。

(9) 装饰工程。限于新型建材的货源及成本昂贵，除主要建筑物的主要部位采用轻钢龙骨、高强石膏板、塑料墙纸、轻质吊天棚、活动地板等干式作业外，其他大多部位仍以传统的湿式作业为主，因而装饰工程的进展不大，基本仍处于50、60年代的水平。

(10) 土石方工程。50年代时的土石方施工，以人工为主，少量重点工程为机械施工。嗣后随着施工装备水平的提高，逐步提高机械作业的比率。目前机械化施工的土石方约占土石方总量的70%~90%，一些分散、零星的小型土石方仍以人工施工为多。

(11) 混凝土系统的综合施工水平。混凝土工程是火电厂土建施工的主导工种工程,其水平如何是观察和衡量施工企业施工能力的一个“窗口”,历来为各现场所关注。50年代的混凝土系统处于分散搅拌、后台人工上料、井架提升、手推车布料、木模板、木支撑、月施工能力仅为 $1000\sim 2000\text{m}^3$ 的低水平阶段。历经60和70年代的改进,80年代后达到了比较高的水平。目前大多数现场装备了成套供货的具有“双掺”装置的定型搅拌楼,后台皮带送料,电子秤定量,搅拌车运输,泵车布料,组合钢模板,钢支撑,大型现场一般配备泵车 $1\sim 3$ 台,搅拌运输车 $3\sim 8$ 台,组合钢模板 $1.5\sim 4\text{万m}^2$ ,钢脚手 $500\sim 900\text{t}$ 。这些装备给工程带来的效果是:混凝土的月施工能力达到 $7000\sim 9000\text{m}^3$ ,有效地加速了工期;提高了混凝土的匀质性,减少胀模,易于达到里实外光,避免出现“冷缝”,使混凝土结构的外观工艺有普遍而明显的提高;节约木材,按受模面积计算,使用钢模可节约木材 $0.02\sim 0.04\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{次})$ ,大幅度降低了木材实耗万元定额;节约水泥,一般现场可节约水泥 $6\%\sim 13\%$ ,使用每吨粉煤灰可节约水泥 $650\text{kg}$ 左右;大大简化了混凝土浇筑的暂设工程,减轻劳动强度,减少一线施工人员;有利于现场文明施工,有利于主体结构体系的改革,有利于改变现场施工面貌。

由于各现场管理水平的差异,因此反映在混凝土施工水平方面就有差别。从几个指标的幅度可以看到各现场实际水平的区别:集中搅拌率 $60\%\sim 95\%$ ,泵送率 $50\%\sim 90\%$ ,商品混凝土率 $0\%\sim 30\%$ ,减水剂使用率 $60\%\sim 90\%$ ,掺粉煤灰率 $0\%\sim 30\%$ 。由此可见,继续提高混凝土系统的综合施工水平,仍然是个需要努力以求的课题。

(12) 大体积混凝土裂缝的防止。火电工程中大致有 $70\%$ 左右的混凝土是用在零米以下的基础、沟道和地下建(构)筑物中。这些地下结构有的为厚 $2\sim 4\text{m}$ 的大体积混凝土结构,如主厂房的筏式或整体基础、汽轮发电机基础、烟囱基础等,其每一浇筑单元的混凝土量在 $500\sim 1200\text{m}^3$ ;有的为线长形或整板形结构,如翻车机室、卸煤装置、水泵房、冷却塔的底板和环基、电缆沟、循环水沟等,其结构厚度可分为 $80\sim 120\text{cm}$ 、 $40\sim 80\text{cm}$ 、 $20\sim 40\text{cm}$ 三个档次,其长度按伸缩缝间距一般为 $30\sim 50\text{m}$ ,或周长大于 $200\text{m}$ (线或弧长型结构)。这些地下结构的共同特点是:结构与地基连接嵌固条件良好,对收缩裂缝很敏感;一般都有防水要求,地下水的漏入会影响生产运行,结构出现裂缝对防水很不利。地下结构出现裂缝除了对防水有影响外,较宽的裂缝还会影响结构的耐久性和承载能力。大机组工程使结构更趋向厚、长、大,更易于出现裂缝,因此,对裂缝的防止必须引起足够的重视,对已产生裂缝的处理也必须慎重。

出现裂缝的原因很多,归纳起来,不外乎是干缩加上温缩(或温胀)双重作用的结果。混凝土中多余水分的蒸发逸出使之产生干缩。干缩过程由于受结构配筋的制约,因而在混凝土中产生了一定的拉应力。温缩(或温胀)的主要原因是:水泥水化热使结构升温,当升温产生的温度梯度过大(有的资料认为 $\geq 15^\circ\text{C}/\text{m}$ )时,就会产生裂缝;夏季施工的结构,入冬时未回填土或室内尚无采暖条件,由于冬夏温差(有的地区此温差可达 $50^\circ\text{C}$ 以上)而引起温缩,致使在混凝土内部产生了拉应力。当干缩和温缩产生拉应力的叠加值超过当时混凝土的极限抗拉强度时,结构就出现裂缝,其裂缝的数量和宽度,随着拉应力的增加而增多、增宽。温胀裂缝一般出现在结构的养护过程,属早、中期裂缝;干缩加温

缩的裂缝一般出现在结构施工后的较长时间内，属后期裂缝。要按工程结构特点和施工时的具体条件，做好早、中、晚全过程的防裂措施。

(13) 利用结构初期自身强度以承受施工荷载。随着火电土建结构向高、大发展及施工工艺的改进，近年来利用结构初期自身强度以承受施工荷载的施工方法逐有增多。例如，烟囱、冷却塔、筒仓、干煤罐等高耸构筑物，采用翻模、滑模、电动爬模等各种施工方法时，施工荷载均以集中荷载通过施工装置的传递，作用于新浇筑仅具有初期强度的结构上。由于施工方法的改进，此类施工集中荷载的值逐有增大（如冷却塔、烟囱采用电动爬升模架施工方法时的集中荷载达 $6t$ 以上），这里就有一个利用结构初期自身强度以承受施工荷载的结构安全问题。又如装配式主厂房结构吊装施工阶段（接头未灌浆前）以及现浇主厂房结构在空模阶段，除了承受结构自重外，还有个保证施工阶段结构纵横向稳定的问题。

利用结构初期自身强度以承受施工荷载的施工方法，可以简化施工装置、缩短工期、降低施工费用，因而是一种合理的施工方法；对高、大型建（构）筑物来讲，也是一种不可避免的施工方法。但由此引起的结构安全问题，应予以足够重视。采用此种施工方法时，必须验算附加外力（施工荷载）对结构产生的附加应力，以及外力作用点局部应力的验算，并根据计算结果，合理确定结构初期必须达到的强度（如 $R_1$ ， $R_2$ ， $R_3$ 等），并在施工中严格加于控制。

## 第二章 施工组织和施工准备

组织工程施工总体性的规划也即施工组织设计，是一门施工综合性的科学，是技术和经济紧密相结合的、企业组织施工的全局性、指导性的战略部署，是工程建设过程中施工管理的一个重要方面，是施工企业进行工程投标的重要基础文件。

施工准备是施工组织设计中重要组成部分，也是工程建设过程中不可忽视的一个阶段。工程开工前必须完成一定深度的施工准备工作，以使开工后工程有节奏地顺利展开。

施工组织和施工准备的目的是要发挥施工技术组织和现代化工程管理的作用，使工程能在保证工期、提高质量、控制成本和实现施工企业经济效益的目标上，进行连续、均衡、文明、有节奏地施工。

### 第一节 火电施工组织和施工准备的任务及其特点

#### 一、施工组织的目标和任务

现代化大型火电工程是个多专业、多工种的施工现场。土建工程结构复杂、技术性强、建设周期长、工程量大，其厂区内工程施工密度大，厂区内工程点多、线长，在大型火电的招投标工程中，一般为多单位施工或主、分包多层次的施工体系。这些因素使火电现场的施工组织比较复杂，客观上要求必须搞好施工组织和施工准备。有的工程由于施工准备不足匆忙开工，因而工程较长时间处于边设计、边施工、边准备的“三边”状态，这就不同程度地影响着施工三大目标——工期、质量、成本的实效。

工期、质量和成本三者之间，存在着内在的因果关系，如图 2-1-1 所示。施工组织的任务在于使工期、质量、成本的内在关系处于最佳状态。

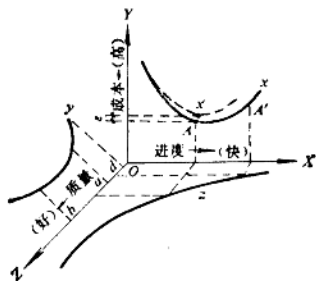


图 2-1-1 工期、质量和成本的关系

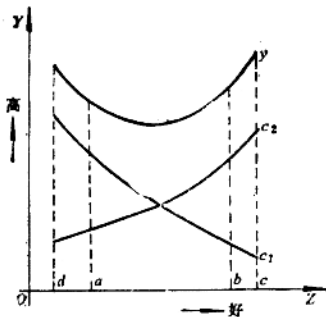


图 2-1-2 质量成本分析示意图

图中  $c_1$ —质量低劣或质量事故产生的费用； $c_2$ —为提高质量所化的费用；曲线  $y=c_1+c_2$ ； $ab$ —质量最佳区； $bc$ —质量至善区； $ad$ —质量改进区

工期与成本的关系如图中的  $x$  曲线所示。该曲线由直接费和间接费两部分叠加后构成。质量和成本的关系如图中的  $y$  曲线所示。该曲线的分解图如图2-1-2所示。图中  $Y$  轴表示质量成本值，即达到一定的施工质量所需支付的总费用； $Z$  轴表示质量水平，如质量优良率或一次合格率等； $c_1$  表示因质量低劣或由于质量事故产生的费用如：质量复检、事故鉴定、停工、返工、报废、解决用户不满意的服务费、过剩质量（使用功能超过设计要求）等项产生的费用； $c_2$  表示为提高施工质量所化的费用如：技术检验、购置专用仪器、施工人员培训、成品保护、质量奖励、使用优质原材料、质量控制管理（质量保证和质量监督）等项产生的费用，曲线  $y=c_1+c_2$ 。

质量成本分析的一般趋势是：增大为提高质量所化的费用  $c_2$  值，则可降低事故频率及因质量低劣产生的费用  $c_1$  值。从最优质量成本观点来看，可将曲线  $y$  划分为三个区域，如图2-1-2中的  $ab$ 、 $bc$ 、 $cd$ ， $ab$  段的成本最低且质量符合规范要求，称为质量最佳区； $bc$  段的质量成本偏高且多数质量优于规范要求，称为质量至善区； $cd$  段不但质量成本偏高且质量低劣、部分质量低于规范要求，甚至因质量事故须予返工，称之为质量改进区。

工期和质量的关系如图2-1-1中的  $z$  曲线所示。其一般规律为：与合理工期对应的质量状况，一般均能落在质量最佳区的  $ab$  段；工期压得过紧则有可能使质量状况落在  $cd$  段的质量改进区；当工期压缩到某一限值时，曲线  $y$  的斜率陡增，可能使质量成本趋于很不佳的状态。

施工组织的目的在于：探求合理工期点  $A$ ，以及与  $A$  点对应的质量水平处于质量最佳区段，从而使工程成本和质量成本最低，这样，就使工期、质量、成本三者关系处于最佳状态。

由于施工组织不当或因施工准备不足而匆忙开工，将使工程较长期地处于“三边”状态；为赶抢原定的工期指标，工程开工后需要采取一些施工组织设计规定以外的应急措施，这样势必会提高工程成本。若设其提高值为  $\epsilon$ ，则工期与成本曲线在增值后将成为  $x'$  曲线，如图2-1-1所示。又如将工期压得太短，不但增大了工程成本，而且可能使质量落在  $Z$  轴的  $cd$  段上，导致质量下降。这些都将使工期、质量、成本三者关系处于不佳状态，也是施工组织应避免和防止的。

## 二、施工组织的实施形式

火电现场施工组织及施工准备的实施形式，因工程规模及各地区的施工经验不同而有多种形式，比较具代表性的有两种形式：一种是承包公司形式，即由承包公司负责整个工程管理；另一种是总承包形式，即由一个主力施工单位总承包，然后再将若干项目分包出去。这两种形式是目前常采用的。施工现场一般为多单位、多层次的施工体系。其特点是：总体施工准备（包括四通一平、总进度、总平面布置及主要施工方案原则），均由承包公司或总包单位确定并组织实施；属分包单位的自身施工条件准备，由各分包单位在总体施工准备所确定的原则下，自行规划并实施，从而使整个工程有组织、有节奏、相协调的情况下开展，以避免多单位施工现场由于各自为政造成整个现场在施工组织上的紊乱。这两种形式如图2-1-3所示。

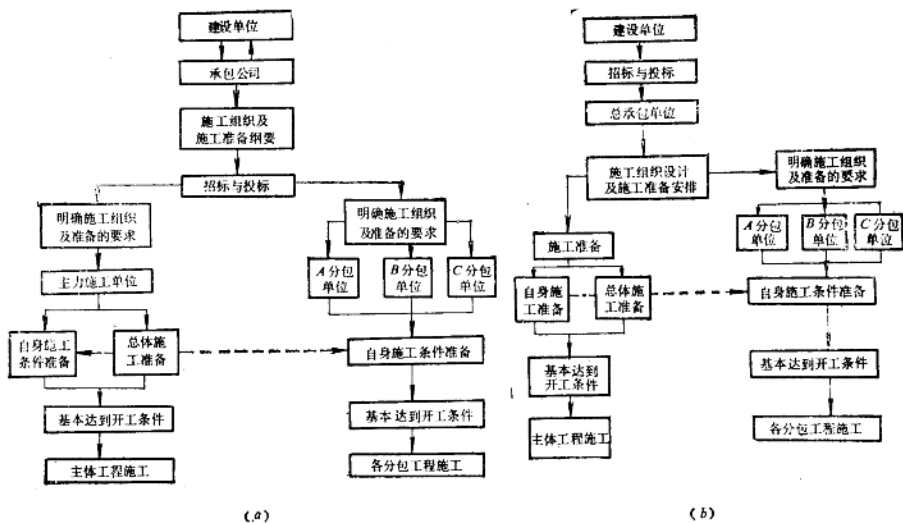


图 2-1-3 施工组织的实施形式  
(a)承包公司形式; (b)总承包形式

### 三、火电施工组织的特点

施工组织和施工准备要按工程的具体特点,结合施工单位的自身条件进行规划和安排,使之具有针对性、先进性、实用性和预见性,从而使施工组织的各项技术经济指标合理、先进。

火电工程日益趋向大机组、大电厂,目前虽以20万kW机组为多,以后30~60万kW机组将逐步成为主力机组,电厂总容量及一期装机台数也将进一步增多,因此施工组织和施工准备要充分考虑大机组及大电厂的特点。以下概要介绍80年代所进行大机组、大电厂工程的一些特点和要求,以供参考:

(1) 土建工作量大。火电工程的土建工作量,一般占电厂总投资的25%左右,约为设备安装工作量的110%~150%。国产机组新建工程的土建工作量,按1988年工程造价测算,10~20万kW机组为250~330元/kW,30~60万kW机组为290~400元/kW。

(2) 工程量大。以 $2 \times 20 \sim 30$ 万kW工程的实物量为例:土方80~200万 $m^3$ ,混凝土15~18万 $m^3$ ,钢筋1~1.5万t,模板50~80万 $m^2$ ,金属结构0.6~1.0万t(钢结构主厂房时再增加0.6~0.8万t);折合5:10:20:30万kW机组的主要工种工程量之比,大致为1:1.5~2.0:5~6:(7~8),这说明大型电厂现场工程量的绝对值有明显的增大。

(3) 外圍工程量增加幅度大。外圍工程系指主厂房以外的煤、灰、水、电、路等辅助及附属生产建(构)筑物。火电厂外圍土建工程的工作量的变化幅度较大,一般占土建工程总工作量的45%~70%。外圍工程中以水工、除灰、铁路的量较大,各占土建总工作

量的比例大致为：水工20%~30%，除灰8%~13%，铁路10%~20%。供水和除灰工程占电厂总投资的比率，60年代中小型机组为6%~7%，目前20~30kW的大型机组却增至11%~12%，其中贮灰场造价占总投资由过去的1%增至3%左右。

(4) 施工强度增大，现场施工密度增高。工程量的增大必然导致施工强度和施工密度的增高。山区大型电厂的场地土方平整量高达20~30万m<sup>3</sup>/月，一般工程的现场施工强度增大幅度大致为60年代的2.5~3.0倍，例如土方由2~3万m<sup>3</sup>/月增至6~10万m<sup>3</sup>/月，混凝土由0.3~0.5万m<sup>3</sup>/月增至0.7~1.0万m<sup>3</sup>/月，钢筋由150~300t/月增至500~800t/月。按粗略估算，厂区围墙范围内的施工密度由60年代的8500~10000人/(km)<sup>2</sup>增至15000~26000人/(km)<sup>2</sup>。施工密度的增大一方面是由于施工强度增大所致，另一方面是由于建筑结构、技术装备、工厂化施工等方面的发展还不快，火电土建施工仍处于现场加工为主的局面。高密度施工给施工组织和施工准备带来一系列新问题，使施工准备量增大和施工高峰期延长，因此，改进施工准备的组成和合理组织施工就显得很重要。

(5) 施工准备组成要改进。大中型火电现场施工准备的工作量一般都大于1000万元，其所耗三材约为工程总量的10%~20%，耗工1~2工日/kW，需时6~12个月，其中为施工队伍所需的生活准备约占准备总量的50%以上。这样量大的施工准备与要求缩短建设周期是很相矛盾的，因此常出现准备未就而匆忙开工的现象，从而影响工程总的效益。因此，改进施工准备的组成已引人注意。从根本上说，提高火电工程的建筑工业化水平，是扩大工厂化施工和实现全过程机械化施工，以及提高劳动生产率和减少现场施工人数的重要途径。就目前实践经验看，在各单位施工现场不搞重复性的施工准备，改变传统的小而全的施工准备内容，施工准备从装配化、组合化、工具化、租赁化等方面着手改进，以及实现生活基地化、基地工厂化等，均有利于改进施工准备的组成，从而减少施工准备量和缩短施工准备的时间。

(6) 主厂房工程是施工组织中的重点。火电现场土建工程的组成，就大型火电厂建筑工作量的分布比重来看，主厂房区的土建、厂区围墙内的其他土建工程和厂区围墙外的土建工程，大致各占三分之一，但就结构复杂性、施工密集性来看，主厂房工程总是居于施工综合进度中关键路径上的关键项目，是施工组织中的重点。

(7) 重视地下系统及厂区沟管道的施工安排。由于生产工艺的需要，火电工程各生产建筑内均设有不同繁杂程度的地下系统，各生产建筑之间均布有各种为生产工艺所需的沟管道，如电缆沟、循环水管沟、除灰管沟、软化水管沟、上下水管、消防水管、补给水管、暖汽管等。这些地下系统及厂区沟管道埋深较大、布置密集、纵横交叉、工程量、施工期短、施工开挖切断通道、施工中须协调处理的矛盾较多，因而在施工组织中要予以足够重视。

(8) 注意节约施工用地。节约用地是基本建设工程的一项长期的技术政策，施工组织中要力求提高施工用地的建筑系数、施工场地的利用系数和周转次数，使施工用地低于国家规定的指标。

(9) 施工组织要着眼于为安装创造条件和围绕着有利于提前发电来进行安排。火电工程建设中搞好土建与安装的配合，有利于缩短建设周期。火电土建的工期以各建(构)



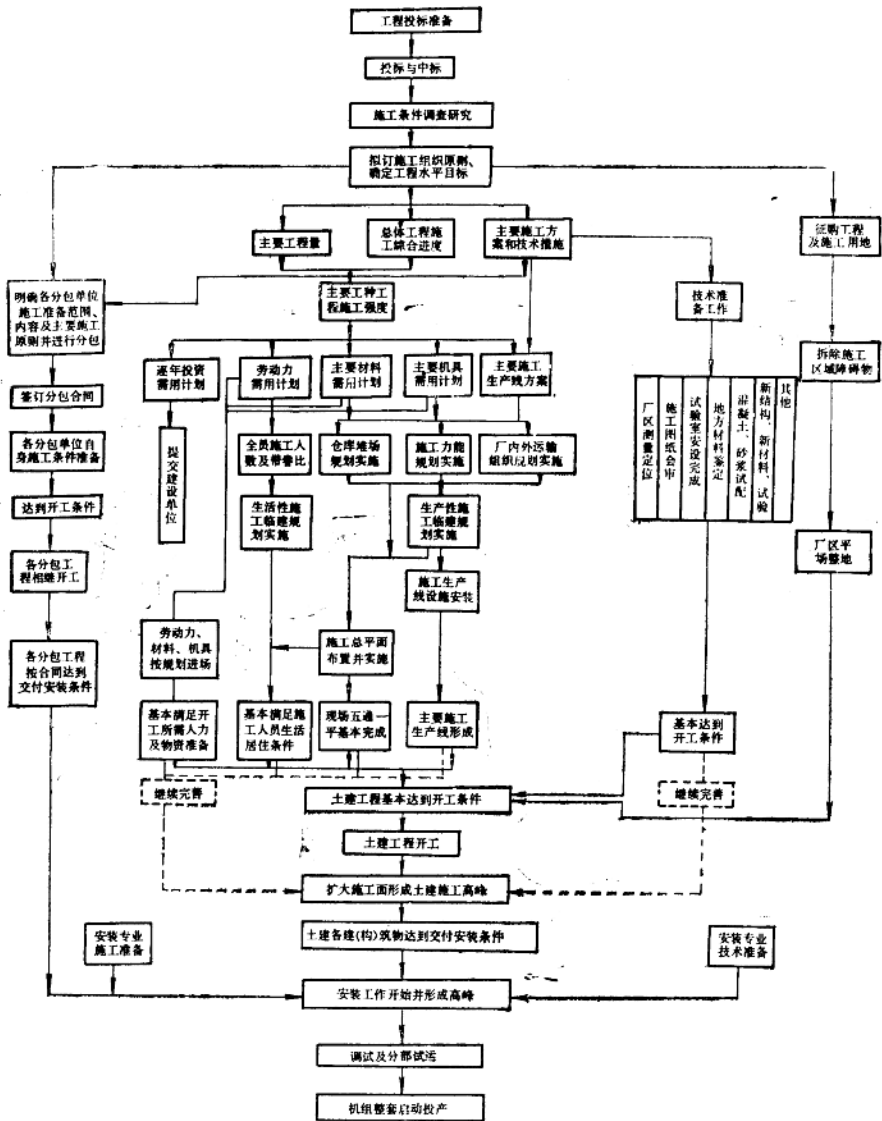


图 2-1-4 施工组织与施工准备程序示意图

——程序项目工作关联线；——程序项目工作深化关联线，表示可与后续项目的工作有适度的交叉