

电气设备安装运行维修实用技术丛书

电气设备安装 及调试

●
主编

陈家斌



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

电气设备安装运行维修实用技术丛书

电气设备安装 及调试



主
编

陈
家
斌

副
主
编

秦
启
根

王
广
辉



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书介绍了电气工程施工管理、金加工及土建预埋、变压器、母线、高压断路器及开关柜、互感器、避雷器、电力并联电容器、变电二次设备、架空电力送电线路、电力电缆、防雷设备与接地系统的安装调试,电气工程竣工验收与试运行,施工中常用工具及使用等内容。

本书内容丰富,资料性强,查找方便,面向基层,适用于城乡电气专业职工岗位作培训教材及大中专电气专业师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

电气设备安装及调试/陈家斌主编. —北京:中国水利水电出版社,2003
(电气设备安装运行维修实用技术丛书)

ISBN 7-5084-1732-1

I. 电… II. 陈… III. ①电气设备-设备安装 ②电气设备-调试
IV. TM05

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 087733 号

书 名	电气设备安装运行维修实用技术丛书 电气设备安装及调试
作 者	主编 陈家斌
出版 发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京安锐思科贸有限公司
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16 开本 31.5 印张 827 千字
版 次	2003 年 10 月第 1 版 2003 年 10 月第 1 次印刷
印 数	0001—5100 册
定 价	54.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换
版权所有·侵权必究

本书编写人员名单

主 编 陈家斌

副主编 秦启根 王广辉

参 编 马 雁 杨建龙 孟凡中 牛新平
雷 明 段志勇 朱秀文 张俊杰
孟建峰 葛秦岭 张卫国 高 建
李献中 张露江 魏 华 景 胜
李强有 吴继斌 潘 建 郭宝明
刘竞赛 崔军朝 曹金陶 周 军
王德华 李 文

前 言

进入新世纪以来，随着各行各业的迅速发展和人民生活水平的不断提高，我国电力工业也得到了迅猛的发展。特别是近几年国家加大了城乡电网的建设与改造力度，是电力工业有史以来发展最快、投资最多的时期。在电网建设改造中大量地选用了新技术、新产品。由于电气产品发展较快，类型、品种繁多，广大电业职工急需安装、运行维护、检修方面的实用技术图书。鉴于目前国内电力专业还没有系统的成套实用技术书籍，为提高广大电业职工业务水平，适应新时期需要，加速培养电力专业技术人才，满足电力生产工作中的各专业、各层次职工的岗位工作学习培训需要，我们组织一些有实际经验的专业技术人员编写了这套实用技术丛书，这套丛书的出版必将对电力行业职工提高业务水平起到积极的促进作用。

这套丛书共五册，分别为：《电气设备安装及调试》、《电气设备运行维护及故障处理》、《电气设备故障检测诊断及实例》、《电气设备检修及试验》、《电力生产安全技术及管理》。

这套丛书的特点：一是涵盖面较宽，较为系统全面，从 220kV 及以下电气设备的安装、运行维护、故障检测、修理及生产工作中的安全技术和安全管理等方面进行了介绍。二是内容简明扼要，通俗易懂，深入浅出，简洁直观，简单实用，易于操作。三是实用性强，全书以实际应用为出发点和归宿的原则，结合技术标准和各专业、各层次人员的应知应会要求，进行选材组稿。

本册书为《电气设备安装及调试》，重点介绍了常用电气设备的安装调试过程及工艺质量要求，以及安装过程中的缺陷处理和工程施工中的安全注意事项，供广大电业职工在工作中有所借鉴，以提高专业技术水平，确保工程质量和施工安全，提高工作效率和企业效益。

由于编者水平和接触面有限，书中可能存在不当或疏漏，敬请广大读者批评指正。

编 者

2003 年 9 月

目 录

前 言

第一章 电气工程施工管理	1
第一节 电气工程施工组织设计的编制	1
第二节 电气工程施工方案的制订	6
第三节 电气工程施工管理	12
第四节 电气工程施工技术管理	16
第五节 电气工程施工质量管理	23
第六节 电气工程施工安全管理	28
第七节 工程监理	37
第二章 金加工及土建预埋	47
第一节 金属工件的加工	47
第二节 配合土建施工要求	51
第三节 设备基础的预制	53
第三章 变压器的安装及试验	60
第一节 变压器安装前的准备工作	60
第二节 变压器的安装	63
第三节 变压器油的处理	69
第四节 变压器的交接试验	71
第五节 变压器的竣工验收及试运行	75
第六节 室外配电变压器的安装及试验	78
第七节 变压器安装中出现的缺陷及排除	87
第四章 母线的安装及调试	101
第一节 母线的结构及安装要求	101
第二节 硬母线的安装及试验	107
第三节 软母线的安装及校验	123
第四节 封闭母线的安装及调试	128
第五节 绝缘子与穿墙套管的安装及试验	133
第五章 高压断路器及开关柜的安装及调试	136
第一节 断路器安装前的准备工作	136
第二节 油断路器的安装及调试要求	137
第三节 SF ₆ 断路器的安装及调试要求	139
第四节 LW25—126 型高压 SF ₆ 断路器的安装及调试	141
第五节 LW8—35 型断路器的安装及调试	152
第六节 LW3—10 型户外断路器的安装及调试	162
第七节 真空断路器的安装及调试要求	165
第八节 真空断路器的安装及调试方法	166
第九节 隔离开关的安装及调试要求	175

第十节	隔离开关的安装及调试方法	177
第十一节	断路器操动机构的安装及调试要求	184
第十二节	断路器的交接试验	186
第十三节	开关柜安装前的准备工作及安装要求	191
第十四节	10kV、35kV 开关柜的安装及调试	199
第六章	互感器、避雷器、电容器的安装及试验	214
第一节	高压互感器的安装及试验	214
第二节	避雷器的安装及试验	229
第三节	电容器的安装及试验	237
第七章	变电二次设备的安装及调试	243
第一节	控制电缆的安装	243
第二节	电缆的接线	253
第三节	屏、柜的安装	261
第四节	小母线及屏内配线	264
第五节	二次回路的传动试验	267
第六节	二次设备的试运行	272
第八章	架空送电线路的施工	274
第一节	架空电力线路施工准备工作	274
第二节	杆塔基础施工	285
第三节	杆塔基础的操平找正	303
第四节	排杆焊接	307
第五节	钢筋混凝土电杆的组立	312
第六节	铁塔的组立	321
第七节	杆塔拉线制作与安装	329
第八节	放线	333
第九节	紧线挂线	342
第十节	弧垂的观测与调整	358
第十一节	架空导线的连接	360
第十二节	附件的安装	367
第十三节	接地装置的施工	376
第十四节	竣工验收	380
第九章	电力电缆的安装及试验	385
第一节	电缆敷设方式及技术要求	385
第二节	电缆安装前的准备工作	391
第三节	电缆的敷设	400
第四节	电缆头的制作与安装	411
第五节	电缆线芯导体的连接	425
第六节	电力电缆的试验及交接验收	429
第十章	防雷设备与接地系统的安装及试验	432
第一节	电气装置的接地要求	432
第二节	防雷设备的安装	436
第三节	电气接地系统的安装	445
第四节	接地装置的试验及交接验收	457
第十一章	电气工程竣工验收与试运行	460
第一节	电气工程系统调试	460

第二节	送变电工程启动验收	467
第三节	电气工程竣工资料的编制	470
第四节	电气设备的试运行	472
第十二章	施工中常用工具及使用	476
第一节	麻绳、钢丝绳的使用	476
第二节	滑轮的应用	483
第三节	桩锚的应用	486
第四节	卸扣及双钩紧线器等工具的应用	489
第五节	抱杆及绞磨的应用	492

第一章 电气工程施工管理

第一节 电气工程施工组织设计的编制

电气安装工程施工要标准化、专业化、装配化、机械化，各个单位和各个部门之间必须在统一规划和指挥下组成一个有机整体，采用先进的现代科学管理方法来组织、管理、指挥生产，这个方法就是施工组织设计。通过施工组织设计，把生产活动中的人、材料、设备和方法（技术）四大基本要素科学地组织好，以取得成本、时间、资源等方面的最优化。正确处理人与物、空间与时间、工艺和设备专业与协作、供应与消耗、生产与储备等各种矛盾，使整个安装过程做到劳力、材料均衡，工序先后衔接，节奏紧而稳。最后达到工期短、消耗低、质量高、文明施工，并取得最大的技术经济效益。

施工组织设计既是施工准备的组成部分，又是指导现场准备工作、全面布置施工生产活动、控制施工进度及劳力、机械、材料调配的基本依据。是整个建设项目施工组织总设计的组成部分。一个建设项目，特别是大型项目包括土建工程、设备安装、外围设施等，各个专业的施工组织设计必须综合考虑。施工组织设计编制步骤见图 1-1 所示。

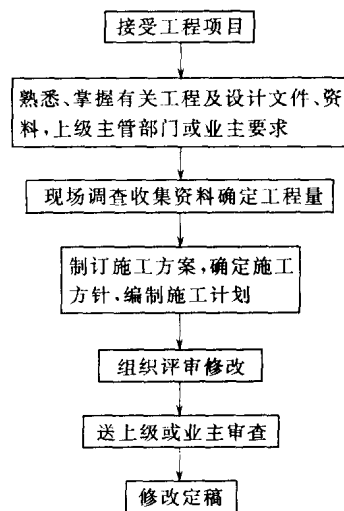


图 1-1 施工组织设计编制步骤框图

一、施工组织设计编制依据

(1) 已经批准的计划任务书、初步设计及有关的施工图样图册等；国家或上级已下达的计划文件、本工程的规划容量、规划建设年限以及对本工程投产或使用的要求、指示、文件等。

(2) 工程概算投资额和主要工程量。

(3) 设备及主要材料清册。

(4) 设备技术文件及新产品工艺性试验资料。

(5) 本工程与有关单位已签订的协议、合同。

(6) 现场情况调查资料。

(7) 国家或部委有关的技术质量标准、规程、定额、规范等。

二、施工组织设计编制原则

(1) 符合国家基本建设的政策法令、计划建设期限和经济技术指标的要求；遵循基本建

设程序和施工程序，对技术资料不全不明、图样不全或未经会审、违犯基建程序的工程不许开工；遵守国家规定的建设项目竣工和交付使用期限，总工期较长的大型建设项目，应根据生产需要，安排分期分批配套投产进度，尽早形成生产能力。

(2) 根据工程特点和施工条件，科学安排施工程序，进行工程排队，尽量做到先地下、后地上，先三通一平（水通、电通、道路通、场地平）、后施工，并为安全生产创造条件。要考虑其他专业施工配合和协调关系。

(3) 采用先进的安装技术，提高工厂化、装配化和机械化程度，提高劳动生产率，确保工程质量。

(4) 加强综合平衡、改善劳动组织，努力降低劳动力高峰率，搞好后勤保障，做到连续均衡施工。

(5) 施工现场布置紧凑合理，方便施工，符合安全及防火要求，提高场地利用率，力求不占农田或尽可能地少占农田。

(6) 实行全面质量管理，重视质量薄弱环节，提高安装工艺水平，保证工程质量；采用有针对性的措施和全面安全管理，保证施工安全，实现文明施工。

(7) 推行确实有效的节约材料的技术措施。

三、施工组织设计编制程序

(1) 熟悉图样，审查图样，掌握重要设备和关键部位，了解主要工程内容。

(2) 进行现场调查，写出现场调查报告。在编制施工组织设计前要对施工现场进行调查、充分收集所需要的资料，为编制施工组织设计提供可靠依据，并为开工做好准备。

1) 选址报告及厂区测量报告：有关厂区的水文、地质、地震、气象、地理环境等资料；与本工程相关的工程（如土建、道路交通等）和本工程覆盖区域内的其他工程的安排和进展情况。

2) 建设单位和其他主、辅施工单位的基本情况及其施工任务的划分，设计单位及其施工图交付进度，设备制造厂家及其主要设备到货进度等；施工地区的运输条件及能力、当地材料的质量、产量及供应方式；当地施工企业和制造加工企业可能提供的服务能力及形式；施工区域内的地形、地物、水源、电源、通信方式；当地生活物资供应情况、居住情况以及文化娱乐状况等。

3) 主要材料、施工机具的技术资料和供货状况、到货日期；与之类似工程的施工方案及工程总结资料，其他有关工程本身的资料及文件。

(3) 选择并确定施工方案和安装方法。

(4) 计算工作量，编制施工进度计划、劳动力需用量计划、施工设备、机具需要量计划、材料供应计划、设备进厂进度表等。

(5) 编制材料、构件、盘柜加工预制计划，并绘制加工图。

(6) 根据材料供应计划和设备进厂进度表，编制运输计划。

(7) 编制施工准备工作计划。

(8) 确定并布置施工平面图，确定临时供水、供电、供热管线，确定临时生产和生活设施，确定大件运输道路和卸车地点，确定库房位置等。

(9) 计算经济技术指标。

(10) 审批。

10 万元以下的工程应编制施工技术措施。

四、施工组织设计的内容

施工组织设计的内容主要包括工程概况、施工方案及施工组织、平面布置、物资供应计划及管理、工程进度计划、安装技术措施及技术交底、保证质量安全降低成本的指标及措施等。

(一) 工程概况

工程概况应用精练准确的语言概括叙述工程的地理位置、建筑结构和特点, 工程项目的性质、规模、总投资、占地面积、空间体积, 土建和安装分期建设意见、工期要求、质量等级、建设项目的生产流程、工艺特点、总平面布置及对所在区域内国民经济和生产建设的影响等。

建设地区的气候、地形、地质、地理概况, 生活、医疗、娱乐、服务状况, 交通、水电情况及地方风俗等。

主要设备、材料和特殊贵重物品到货供应情况, 亟待解决的设备、材料、技工、劳力、运输工具等。

建设单位、设计单位、其他施工单位的概况、能力、提供的服务项目, 有关建设项目的决议、协议、文件以及其他不妥之处和需要立即解决的问题等。

(二) 施工方案及施工组织

1. 施工方案包括施工方法和安装工序安排

施工方法有顺序施工、平行施工和流水施工三种, 一般采用流水施工; 工期短、任务大应采用平行施工; 有的工程则根据实际情况, 部分采用流水施工, 部分采用平行施工, 或交叉进行。

安装工序安排一般按工程的工艺顺序, 也可根据现场情况或工期要求分开同步进行。

施工方案中应明确写出施工方法的形式和工艺安排程序, 哪部分流水, 哪部分平行, 哪些顺序, 哪些同步以及和其他专业配合问题。

2. 施工组织

施工组织机构的设置、管理人员的配备、生活资料的供应及福利设施、冬季取暖、工地住宿以及新技术学习培训计划等。

(三) 平面布置

平面布置指施工现场内各种设施的分布, 主要有办公机构、临建的安排、材料堆放储存及保管措施, 设备卸车存放地点及保管计划、道路及运输方式、水电汽供应及管线布置、加工厂的设置、机动车辆及自行车的停车存放方式、生活设施及文化娱乐场所的安排、防火防盗、废弃物堆放以及文明施工措施等。

(四) 物资供应计划及物资管理

主要包括设备、材料、半成品、加工件、配品件、外协件、油料等到货日期及供应计划, 运输计划, 施工机械及主要机具配备计划及进场日期、供货地点或单位, 设备、材料、机具的进入手续、保管措施及主要保管员的职责等。

物资供应计划应超前工程进度, 必要时应有两个不同渠道供货。

(五) 工程进度计划

工程进度计划有两种形式, 一种是工程综合进度表, 另一种是施工网络图。

工程综合进度表是按照施工方案、施工日期的要求和根据工程量及劳动定额的计算, 并考虑一定的裕量和不可预见的工时数排列的表示工程进展情况的表格, 它既表示分项工程的起止日期, 又表示整个工程的起止日期, 是一种直观表现工程进度的常用图表。工程综合进度表应考虑其他专业工程的进度及工期, 避免相互影响。

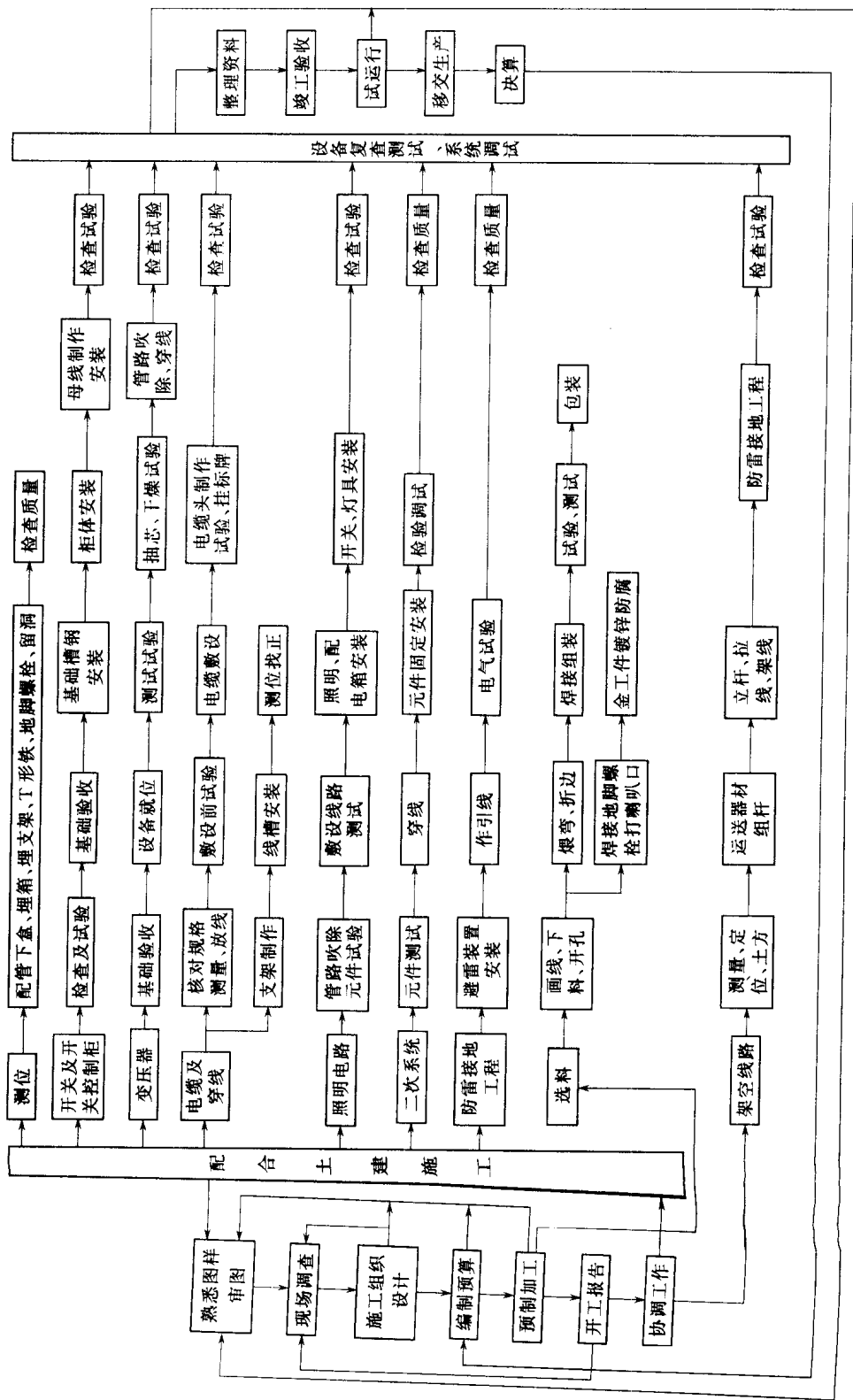


图 1-2 电气工程安装程序框图

施工网络图也称网络计划技术，它是通过网络图的形式，反映和表达计划安排、选择最优方案、组织、协调控制安装的进度和成本，使其达到预定目标的科学管理方法。施工网络是把分项工程的先后顺序和相互关系用箭号从左至右绘制成图形，标出安装天数，通过时间的计算，找出关键路线并进行优化、调整、促进管理，这是工程综合进度表无法比拟的。

(六) 安装技术措施及技术交底

主要有关键部位的安装工艺方法，新技术的实施工艺过程，一般工程的技术交底，冬雨季安装技术措施以及执行的标准、规范、规程及采用的标准图册等。

如大中型变压器的运输、就位、吊芯检查，干燥处理，大截面母线的制作、焊接、安装，新型或贵重设备的安装调试，输电线路中大跨越、带电作业和不停电跨越的施工，特殊工艺（焊接、爆压、电缆头制作等），大中容量电机的抽芯、起动设备的安装调试，复杂控制系统和继电保护系统、计算机及新型自动化装置的安装调试，施工和安装障碍的排除、技术要求、注意事项，系统调试、送电试车的技术要求和注意事项等。

特殊环境，像沼泽地、沙丘、山地的架空线路、火灾危险爆炸场所电气设备的安装、超静、高温、静电、多尘等场所的安装工艺、技术要求、注意事项及采取的技术措施方法等。

(七) 保证质量、安全、降低成本的指标及措施

安装工程的质量应严格执行现行的国家标准、施工及验收规范、质量检验评定标准及已会审的设计图样的要求，并明确指出该项工程创优等级和措施。

安全包括人身安全和设备安全，安全交底是指安装过程中应注意的事项，有的应指出操作方法，有绝对禁止的事项，有应注意的事项，并指出防护措施。对高空作业、带电作业、交叉作业、冬雨季施工等应提出注意事项以及消防用品、防护用品、安全用具的使用方法、操作要领及技术措施等。

推广四新、降低成本、节约原材料、节约工时并在保证质量的前提下，下达节约指标，制订措施，进而提高劳动生产率。

电气工程安装程序见图 1-2 所示。

(八) 小型电气工程施工组织机构的设置

电气工程施工组织机构的设置见图 1-3 所示。

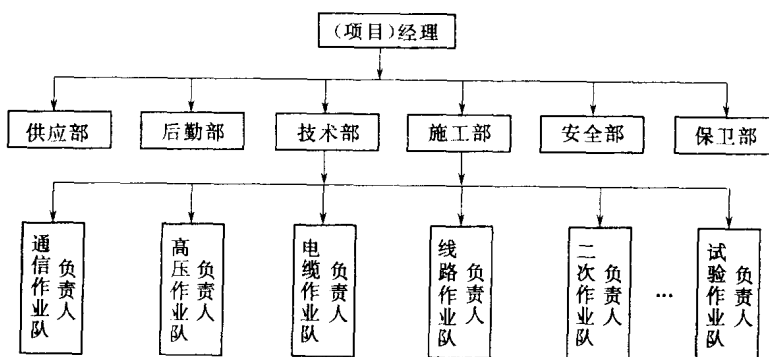


图 1-3 电气工程施工组织机构的设置

对于小型电气工程来说安装单位不派出、也不另行设置施工组织机构，施工组织的执行机构由企业的经理或项目经理、总工程师、施工处长、主任工程师、专业工程师以及供应科、后勤处、施工科、质量安全科、保卫科、技术科担任，各科对应比照上述范围的职责去工作。

小型电气工程的施工组织主要是确定工地的负责人或工程的工长(项目经理)、施工技术人员及作业班组。

一般情况下工长或工程承包队长即为工地负责人,完成上述工作是工长的职责,此外还要安排工地生活、保卫、物资供应等工作。较大的工地可确定几个工长,一般的为1~2名。

作业班组的确定是由工程量及工程项目的内容确定的,一般有若干个专业作业班组(如:低压、高压、外线、弱电、调试),同样应写明班组名称、负责人姓名、作业人数、进入工地日期、安装段或工程项目内容、完工日期等。较小的工程,工期要求不紧,通常确定一个作业班组即可,可在人数上调整,从施工准备直到调试送电运行,不按专业划分。有时工程虽小,但系统复杂,专业技术性强,有时派几名专业工人去处理,不作为专业作业队的调动,必要时还需专业队,这是根据工程和现场条件决定的。但是无论哪种确定方式都必须保证工程质量、保证工期、并按施工方案或施工技术措施去指导施工,圆满完成工程。

第二节 电气工程施工方案的制订

为了科学合理地组织施工,取得更大的经济效益,施工过程必须符合三个要求,即连续性、比例性、均衡性。连续性是指安装过程中,各个工艺阶段、工序之间在时间上紧密衔接,没有或很少有不必要的停顿、间隔。比例性是指安装的各个阶段、各道工序的生产能力(人和机械)要保持一定的比例关系。也就是各个安装环节的工人人数、生产效率、机械数量、材料消耗及供应等都应互相协调制约。均衡性是指在规定的的一段时间间隔内(年、月、旬)完成大致相同或稳定递增的工程量,使安装过程中不致出现前松后紧或经常突击加班赶工期的现象,保证均衡地完成安装任务。

一、工程施工方法

工程施工方法有顺序施工法、平行施工法和流水施工法。

(1) 顺序施工法是将工程分成若干个安装段,每个段也许是一道工序,也许是若干道工序,按照先后顺序依次进行安装,后一段安装必须在前一段全部完工后才能开始施工。这种施工方法使用劳力少,工期长,周期性起伏大,对劳力调配、施工管理以及服务性设施的投资都不利,尤其是按照专业分工,每个工种的劳力将造成严重窝工。

这种施工方法一般用在规模投资小、工期无严格要求、技术简单的小型工程上。

(2) 平行施工法就是将工程分段后各段同时进行施工。这种施工方法工期短、劳力机具集中且起伏很不平衡,对施工管理、质量控制、工程成本都有不利影响。

这种施工方法可用在工期要求短且规模不太大、突击性的工程中,通常不宜使用。

(3) 流水施工法就是将工程分段后分别由几个固定的专业安装队(班、组)依次在各段工程上完成同一内容或相近内容的安装任务,专业班组是按照一定的工艺方向循序渐近(简称流水)地作业。第一专业班组完成甲段的第一道工序后,再去乙段完成第一道工序;当第一专业班组进入乙段以后,第二专业班组立即进入甲段第二道工序,然后再去乙段完成第二道工序,这样一一传递如流水一样。

流水作业法所需劳力基本是随着各专业班组相继投入施工安装而逐渐增长,直到全面进入流水后劳力趋于稳定。最后,第一个专业班自最末段第一道工序撤下以后,直到最后一个专业班组自最末段最后一道工序撤下时,劳动力逐渐减少。工期虽然比平行施工略长,但保证了工程的顺利进行和各专业班组安装作业的连续性和均衡性,使劳动力得到了合理有效的

使用，克服了窝工和劳力过度集中，不宜管理的缺点。另一方面专业班组施工从技术熟练程度、质量控制、节约原材料、物资供应、安全施工、保证工期及施工管理上都比前两种方法优越，是经常使用的施工方法，尤其适用大中型工程且工期要求严格的工程中。

上述三种方法各有特点，在组织施工时应根据工程的特点和现场具体情况而定，特别是要考虑与土建的配合，与其他专业的配合，因为安装工程大多是按土建的进度穿插施工，如果只按照本身的程序和特点组织施工，进度计划必然会落空。

但是在实际工程中由于安装工程的类别不同，复杂程度也不一致，或者由于技术上或组织的原因，在各安装段上不可能用与其他项目相同的时间来完成时，则可使该工程项目的流水节拍成为某一流水节拍的整数倍，这样便成为成倍节拍流水。如果专业班组数和整数倍的数值相等，同一项目的各个专业班组就可以依次相隔整数倍时间投入施工。如图 1-4 所示三个安装项目，流水节拍分别为 6 天、4 天、2 天，6 和 4 都为 2 的整倍数，专业班组数应分别为 $6/2=3$ 、 $4/2=2$ 、 $2/2=1$ ，各班组依次相隔 2 天进入各自的安装段。

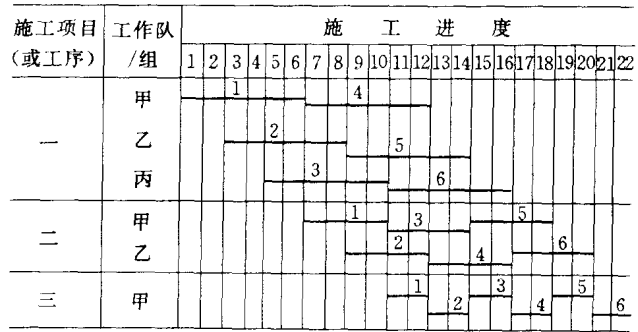


图 1-4 成倍节拍流水图

流水线法主要是确定速度和各专业队投入安装的时间间隔。在实际工程中，先是规定出工期，计算施工速度，然后再组织施工力量。当规定的工期较短，施工速度不能满足工期要求，或各个专业班组速度不同时，可根据具体情况组织若干个平行的专业班组同时施工，或调整班组的人数而达到连续、均衡施工。线型工程流水图见图 1-5 所示。

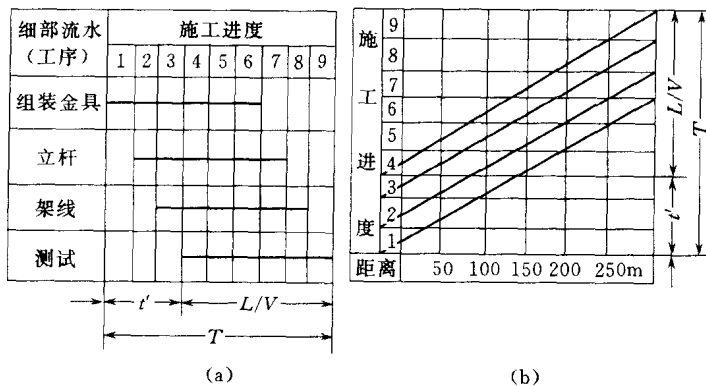


图 1-5 线型工程流水施工图
(a) 水平图表；(b) 垂直图表

二、工程施工进度计划

工程进度计划就是根据工程的工作量，按照劳动定额及有关因素排列的施工期限，是指挥生产、组织施工、确定劳力及物资供货日期、编制施工组织设计中部分内容的主要依据。它的基本任务是在已选定的施工方案的基础上，采用先进的计划理论和科学的计算方法，统筹

(2) 确定工程项目。工程项目的划分，对于施工进度总计划可分得粗一点，如××送电线路、××变电站等单项工程；对实施性施工进度计划时应分得细一点，如金具组装、立杆、架线、变压器安装、母线制作安装、开关柜及控制柜安装等分部分项工程；安装项目的划分与名称，一般应和劳动定额的项目对应，做到详细具体不漏不错。

(3) 计算工程量。工程量的计算一般采用施工图预算的数据，计算时应注意以下几点：

- 1) 计量单位应与现行定额的单位一致。
- 2) 结合分部分项工程的施工方法和安全技术要求。
- 3) 按流水段的划分。
- 4) 一般与编制预算同时进行，避免重复劳动。

(4) 确定分部分项工程所需要的劳动工日、机械台班、工作班次、每班机械与工人数量及安装天数。

1) 基本计算公式为：

$$p = \frac{Q}{S}$$

$$T = \frac{p}{nb} \text{ 或 } n = \frac{p}{Tb}$$

式中 p —— 某分项工程所需要的劳动工日或机械台班；

Q —— 某分项工程的工程量；

S —— 采用的现行劳动定额或机械台班定额；

T —— 完成某分项工程的天数（或计划天数）；

n —— 每班安排在某分项工程上的劳力人数或机械班数；

b —— 每天工作的班次数，一般为1。

如果按上式计算安装天数超过了计划天数，应采用补救或者是按照工期要求倒排进度，确定施工天数，即先按工期要求确定施工天数，再按施工天数反算出每天需要的劳力数和机械台班数和班次数。

2) 确定上述工程参数时要考虑工人技术水平的现状，不能太松也不能太紧，计算时采用少舍多进的原则，并考虑一定的不可预见的因素，留有余量。

(5) 上表画图。在表左边按安装顺序填好序号和工程项目及有关数字，在右边将计算出的安装天数用粗实线在进度栏的起止日期中描出，前面的终止日期，就是后面的开始日期，直至将所有项目填完，初步形成了施工进度计划的方案。

(6) 检查、调整各个单项工程的施工进度计划，施工顺序是否合理，总工期是否满足上级要求，劳力、材料、机具需要量是否均衡，能否连续作业，有无窝工现象等。然后进行调整修改，形成正式的单位工程或总施工进度计划。

最后指出，施工进度计划受着许多条件的影响，特别是施工现场千变万化，不可能是一层不变。因此在实际安装过程中，应根据实际情况来调整和修改进度计划，不断总结经验，发现规律，进而做好今后的计划。

三、网络技术在施工进度计划中的应用

(一) 网络技术的基本知识

1. 网络图的基本符号

目前常使用双代号网络图，它是由若干个表示工作或工序项目的箭线和圆节点组成的。一