

● 计鹏 编

工业电气安装工程 实用技术手册

Gongyedianqi
anzhuang
gongcheng
shiyongjishushouce

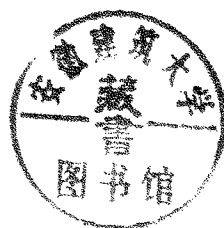


中国电力出版社

www.cepp.com.cn

工业电气安装工程 实用技术手册

Gongyedianqi 计鹏 编
anzhuang
gongcheng
shiyongjishushouce



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书是一本实用技术手册，它以工业电气安装工程为线索，以实践经验为基础，结合最新颁发的国家标准和行业标准以及近年来工业电气安装工程中采用的新设备、新材料和新技术，详细地阐述了工业电气安装工程的项目管理、安装施工、试验调整、试车验收的全部过程和技术要求。同时本手册对软起动技术、变频调速技术、智能配电技术、可编程控制器应用技术等进行了较为详实的叙述，并着重介绍了这些与工业电气工程密切相关的电气设备、工程材料的选用与安装。

本手册作为在石油、化工、冶金、电力、轻工、机加等工业企业从事电气工程的设计、安装施工以及工程管理等人员的工具书，也是生产企业从事电气管理或电气维修人员的一本简明实用手册。

图书在版编目 (CIP) 数据

工业电气安装工程实用技术手册/计鹏编. —北京:
中国电力出版社, 2004

ISBN 7 - 5083 - 2354 - 8

I. 工… II. 计… III. 电气设备 - 设备安装 - 技术
手册 IV. TU85 - 62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 059755 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044, <http://www.cepp.com.cn>)

北京市铁成印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

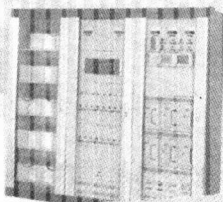
2004 年 12 月第一版 2004 年 12 月北京第一次印刷

787 毫米 × 1092 毫米 16 开本 40.25 印张 994 千字

印数 0001—5000 册 定价 70.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)



前 言

本书是奉献给在工业企业里从事电气工程设计、安装施工以及工程管理等人员的一本实用技术手册。它是根据生产现场和工程建设的实际需要编写的。

近年来,随着工业现代化进程的不断加快以及电子计算机技术在电气技术领域的广泛应用,各种新型电气设备也随之增加,尤其国家重点工程项目引进的重大技术成套装备的安装技术也日益复杂。用微电子技术、电力电子技术、计算机控制技术及网络通信等新技术改造传统产品,开展新型电器产品的研究,如交流变频调速技术、低压智能配电中心、智能马达控制中心、变电站综合自动化系统等技术取得了长足的发展,因此电气工程技术也发生了很大的变化。所以本书以工业电气安装工程为主要线索,详细地阐述了工业电气工程的项目管理、安装施工、试验调整、试车验收的全部过程和技术要求,并着重介绍了与电气工程密切相关的电气设备、工程材料的选用与安装,以满足广大读者的需要。

随着我国经济发展和技术进步加快,新的生产力发展迅速,入世后,经济、技术管理标准趋向国际化更为突现。为适应我国“四化”建设的需要,促进国际间技术交流和进出口贸易,近年来我国对有关国家标准做了较大范围的修订,并逐步向国际标准靠近,目前大部分标准已经接近或等同国际电工委员会标准。因此原有的部分施工规范、标准和操作规程已不再适应当前的电气工程施工,所以本手册采用了最新的国家标准代号和名称,并按最新的国家标准对施工方法和施工工艺进行了修订。但是目前依有许多国家标准正在修订当中,因此凡本手册与现行的国家标准、规范以及具体产品有出入者,均以现行国家标准、规范以及厂供说明书为准。

工程质量的好坏,直接关系到工程建设项目能否正常投产。但是,近年来安装企业不断增加,而许多新型电气设备的安装技术要求也越来越复杂,由于一些电气安装人员实际操作经验不足,不能严格按施工规范、标准和操作规程进行操作,致使施工质量不断发生。它不仅影响电气工程的质量,而且给企业的正常生产带来隐患,甚至导致重大质量事故。为保证电气工程质量,本手册收录了在电气工程施工中大量的常见质量问题,同时分析原因,提出处理方法,以满足处理工程质量或排除电气设备故障的需要,从而保证电气系统的正常运行。

目前,技术改造已成为许多企业搞活的一项重大举措,但无论是设备改造,还是工艺流程改造,都需要电气专业的密切配合,而且一个工程项目,从立项、论证、设计、安装、调试直到投料试车的全部过程始终都离不开电气工程。因此生产企业的电气人员不仅需要掌握电气设备维修的知识与技能,而且还需要掌握电气设备的选型、安装、调试、送电、试车的知识与技能,以便实施和管理。因此本手册不仅是安装公司电气施工人员的一本得心应手的

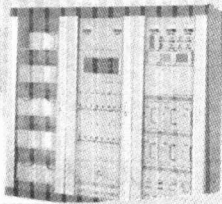
工具书，也是生产企业从事电气工程管理或电气工程维修人员的一本简明实用手册。

在本手册编写过程中，曾得到金帝建设集团辽宁省工业安装工程公司王成良总经理的大力支持，韩照起、王久龙等领导也给予了具体的帮助，闫波、王秀娟、王洪利、吕文钟等同志则参加了本书部分章节的编写工作，天津阿尔斯通水电设备有限公司焦春生高级工程师审阅了全部书稿。北京华润啤酒有限公司张克军、张定远，天津华润啤酒有限公司梁涛、肖振山，天津阿尔斯通水电设备有限公司邢淑文、王俊荣、杜丽，天津燕山石化新型材料有限公司付昕志等工程师提供了大量资料和宝贵意见。另外，在本手册编写过程中，编者还参考了许多专家在书刊杂志以及互联网上发表的资料，在此一并表示衷心地感谢。

由于编者水平有限，时间仓促，书中肯定有不少错误或不妥之处，敬请读者不吝指正。

编 者

2004.4



目 录

前言

第一章 电气工程项目管理	1
第一节 工业电气安装工程概述	1
一、工业电气安装工程的特点 (1); 二、工业电气安装工程在基本建设中的地位 (1); 三、工业电气安装工程的一般施工工序 (2); 四、工业电气安装工程的施工方法 (7); 五、流水施工法的基本概念 (9)	
第二节 工业电气安装工程的项目管理	11
一、施工项目管理的内容和特点 (11); 二、项目管理的程序 (12); 三、项目管理的施工系统 (13); 四、项目管理的组织结构 (14); 五、项目管理的成本控制 (17); 六、项目管理的质量控制 (20); 七、项目管理规划 (22)	
第三节 施工组织设计的编制	24
一、施工组织设计的概论 (24); 二、电气工程施工方案的编制原则及方法 (27); 三、高压开关站电气工程施工方案实例 (28)	
第二章 电气工程识图与制图	35
第一节 电气工程识图常识	35
一、电气简图用图形符号 (36); 二、电气设备用图形符号 (65); 三、电气图纸的表达形式 (71)	
第二节 电气工程图纸的识读	71
一、识读电气工程图纸的基本方法 (71); 二、识读电气工程图纸的基本步骤 (72); 三、电气工程图纸的识读 (72)	
第三节 相关专业图纸的识读	78
一、建筑工程图纸的识读常识 (78); 二、工艺管道工程图纸的识读常识 (81); 三、自控仪表工程图纸的识读 (84)	
第四节 电气工程施工图纸的绘制	90
一、图纸绘制的常识 (90); 二、零部件加工图的测绘绘制 (95); 三、安装图的绘制 (96); 四、竣工图的绘制 (97)	
第三章 变配电装置的选用与安装	98
第一节 工厂供电概述	98
一、工厂供电 (98); 二、工厂电气计算负荷的核算 (101); 三、工厂变电所 (102)	

四、几种典型的工厂变配电所 (106)

第二节 电力变压器的选用与安装 109

一、电力变压器的种类与型号标示方法 (109); 二、电力变压器的一般选择原则 (110); 三、干式电力变压器的特点与种类 (111); 四、干式电力变压器的选用 (115); 五、电力变压器的运输、质检与保管 (122); 六、干式电力变压器的安装 (125)

第三节 配电装置的选用与安装 126

一、成套开关设备概述 (126); 二、高压成套开关设备的选用 (128); 三、低压成套开关设备的选用 (143); 四、其他成套配电装置的选用 (152); 五、成套配电装置的安装 (157)

第四节 母线装置的选用与安装 165

一、母线装置安装的条件 (165); 二、裸母线装置的选用与安装 (166); 三、母线槽装置的选用与安装 (196)

第四章 电缆桥架的配制与安装 230

第一节 电缆桥架的选用 230

一、电缆桥架的选用 (230); 二、钢制电缆桥架的选用 (234); 三、电缆桥架的质检 (241)

第二节 电缆桥架支、吊架的配制与安装 242

一、电缆桥架支、吊架安装的技术要求 (242); 二、立柱的安装 (244); 三、托臂的安装 (255); 四、吊架的安装 (256); 五、支、吊架的配置与安装 (257); 六、支、吊架的安装方法 (259)

第三节 电缆桥架的组装与配置 263

一、电缆桥架的组装 (263); 二、电缆桥架的配制 (266); 三、大跨距电缆桥架的敷设 (268)

第四节 电缆桥架的安装 269

一、电缆桥架安装的技术要求 (270); 二、电缆桥架的连接 (272); 三、电缆桥架的固定 (273); 四、电缆桥架盖板的安装 (274); 五、电缆桥架的防火与接地措施 (274)

第五章 电缆导管的加工与敷设 277

第一节 电缆导管的选用与质检 277

一、电缆导管的选用 (277); 二、电缆导管的质检 (281)

第二节 金属电缆导管的加工制作 282

一、金属管的平直 (282); 二、金属管的切断 (283); 三、金属管的螺纹加工 (284); 四、金属管的弯制 (286)

第三节 金属电缆导管的敷设 292

一、电缆导管的支、吊架制作与安装 (292); 二、电缆导管的敷设 (296); 三、金属管的连接 (298); 四、电缆导管的固定 (306); 五、电缆导管的接地 (311)

第六章 电缆的选用与敷设 314

第一节 电缆的选用与质检 314

一、电缆的选用 (314); 二、电缆的质检 (330)

第二节 电缆的敷设 331

一、电缆敷设前的准备工作 (332); 二、电缆的敷设 (337); 三、管内穿线 (343); 四、电缆敷设后的安全措施 (344)

第三节 电缆的地下直埋 346

一、电缆沟的挖掘 (346); 二、顶管敷设 (347); 三、直埋电缆的保护措施 (349); 四、电缆的地下直埋 (350)

第七章 电缆终端和接头的选用与制作安装 352

第一节 电缆附件的选用与质检 352

一、电缆附件的选用 (352); 二、电缆附件的质检 (360)

第二节 电缆终端和接头的制作 361

一、绕包型电缆终端的制作 (361); 二、热收缩型电缆终端的制作 (365); 三、冷收缩型电力电缆终端的制作 (370); 四、预制型电力电缆终端的制作 (371); 五、其他类型电力电缆终端的制作 (371); 六、接线端子及其压接钳的选用 (372)

第三节 电缆终端的安装 378

一、电缆的固定 (378); 二、电缆芯线的校对 (384); 三、芯线的连接 (386)

第八章 接地装置的选用与安装 393

第一节 接地极的选用与质检 393

一、接地极的选用 (393); 二、接地材料的质检 (397)

第二节 接地装置的安装 397

一、接地极的安装 (397); 二、接地线的敷设 (401)

第三节 电气装置的接地 405

一、功能性接地 (405); 二、保护性接地 (407); 三、防雷接地 (408); 四、静电接地 (418); 五、等电位联结 (418)

第九章 电动机的选用与控制 421

第一节 电动机的选用与安装 421

一、电动机的常识 (421); 二、三相异步电动机的种类 (428); 三、异步电动机的选用 (454); 四、电动机的质检 (455); 五、电动机的安装 (457); 六、电动机常见故障及处理 (464)

第二节 三相异步电动机的常规控制与继电保护 467

一、电动机的常规控制 (467); 二、异步电动机的制动 (474); 三、异步电动机的调速 (474); 四、异步电动机的继电保护 (475)

第三节 异步电动机的软起动控制	479
一、各种软起动的特点 (479); 二、常见的几种软起动器 (484); 三、晶闸管软起动器的控制方式 (504)	
第四节 异步电动机的变频调速	506
一、交流调速系统的类型和特点 (506); 二、变频器的选用 (515); 三、变频器的安装与基本操作 (534)	

第十章 可编程序控制器的选用与编程

第一节 可编程序控制器概述	539
一、可编程序控制器的产生与发展 (539); 二、可编程序控制器的基本结构与基本工作原理 (542); 三、可编程序控制器的功能、特点及性能指标 (546); 四、可编程序控制器的分类 (549)	
第二节 可编程序控制器的选用与安装	550
一、可编程序控制器选用的一般原则 (550); 二、国外主要几种可编程序控制器系列产品 (551); 三、可编程序控制器的安装 (566)	
第三节 可编程序控制器的指令系统及编程方法	570
一、可编程序控制器软件系统及常用编程语言 (570); 二、可编程序控制器的指令系统及编程方法 (571)	
第四节 可编程序控制器的应用	584
一、可编程序控制器应用系统设计的基本原则 (584); 二、可编程序控制器应用系统设计的基本内容 (585); 三、可编程序控制器应用系统设计的一般步骤 (585); 四、可编程序控制器应用系统设计实例 (586)	

第十一章 电气工程的试车与验收

第一节 电气设备的试验与调整	591
一、电气设备的试验 (591); 二、电气设备的调整 (599)	
第二节 电气装置送电、试车与试运行	601
一、编制送电试车方案 (601); 二、送电 (606); 三、单机试车 (613); 四、联动试车 (614); 五、试运行 (615); 六、送电试车中的常见事故及处理方法 (615)	
第三节 电气工程的交工验收和回访保修	628
一、电气工程的交工与验收 (629); 二、电气工程的回访与保修 (633)	

参考文献

635

第一章

电气工程项目管理

第一节 工业电气安装工程概述

随着科学技术的不断进步和国民经济的迅猛发展,工业电气自动化程度早已成为衡量一个国家或地区是否发达的重要标志。在工业生产过程中,电气装置的正常运行决定着生产的正常运行,决定着产品的产量和质量,而电气工程的施工质量则是保证电气装置正常运行的先决条件。因此,只有搞好电气工程的项目管理,不断提高施工企业的技术水平和管理水平,才能保证电气工程的施工质量,从而保证电气装置的正常运行。

一、工业电气安装工程的特点

电气装置安装工程是指为实现一个或几个具体目的且特性相配合的,由电气设备、布线系统和用电设备电气部分的组合,这种组合能满足预期的使用功能和安全要求,也能满足使用者的安全需要。电气装置安装工程简称电气工程,它是把设计蓝图转化为生产力或生活应用实例的一个生产过程。电气工程按其安装项目不同,可以分为建筑电气工程和工业电气工程两大类。

建筑电气工程是指以居住、办公、金融商业、教育科研、文艺体育、医疗卫生、服务行业为目的的工程项目。它包括照明系统、电梯装置、空调机组、广播通信、有线电视、楼宇保安、火灾报警、防雷接地以及智能管理等等。习惯上建筑电气工程还可以按建筑物用途不同,分为工业建筑电气工程和民用建筑电气工程两类。

工业电气工程是指以工业生产为目的,能生产一定产品的工程项目。它包括石油、化工、冶金、机械、轻工、矿山、能源等工业企业的各类生产车间和生产装置中的变电、配电、动力(或电热)及其控制系统等等。

工业电气工程与建筑电气工程相比具有负荷大、工期长、造价高、控制及保护系统复杂、涉及专业面广、理论性强、安装调试难度大等特点。尤其随着电子技术的长足发展和微型计算机的普遍应用,软起动器、变频器、可编程序控制器等智能化电气设备的大量投入使用和自动化生产线的大量出现,使工业电气工程的安装难度和复杂程度也越来越高。

二、工业电气安装工程在基本建设中的地位

基本建设是指企业或事业单位为了扩大再生产而进行的一种把一定的建筑材料、机械设备、水暖电卫等通过购置、运输、制造和安装等活动,转化为固定资产的过程。凡具有独立计划(设计)任务书和总体设计,经济上实行独立核算,行政上具有独立组织形式,执行基本建设投资的企业或事业单位称为基本建设单位,简称建设单位或业主。

1. 建设项目

凡按一个总体设计的建设工程并组织施工,在完工后,能形成完整的、系统的、独立的

生产能力或使用价值的工程，称为一个建设项目。一般是以一个企业或事业单位作为一个建设项目。例如：一个工厂、一座桥梁、一所医院、一所学校、一条铁路线等。

2. 单项工程

单项工程是建设项目的组成部分。

凡具有独立的设计条件、独立的概算，建成后可以独立发挥设计文件所规定的效益或生产能力的工程，称为单项工程。例如能独立生产的车间、设计规定的主要产品的生产线等。

一个建设项目可以由几个（或许多个）单项工程组成。

3. 单位工程

单位工程是单项工程的组成部分。

凡具有独立的施工图设计并能独立施工的工程，称为单位工程。例如：一个工厂的主生产车间、变电站、空压站、锅炉房、水泵房、污水处理站以及机修车间等各是一个单项工程，则车间的建筑工程和安装工程各是一个单位工程。

由于单位工程既具有独立的施工图设计，又能独立施工。所以编制施工图预算、施工预算、安排施工计划、工程竣工结算等都是按单位工程进行的。

4. 分部工程

分部工程是单位工程的重要组成部分。

建筑工程是按建筑物和构筑物的主要部位划分的。例如：以土木建筑为主的地基及基础工程、主体工程、地面工程、装饰工程等；以及以建筑安装为主的室内照明、采暖、给排水、空调、电梯等各是一个分部工程。

安装工程是按安装工程的种类划分的。例如车间内的设备安装工程、工艺管道安装工程、电气工程、自控工程、通风工程、防腐保温工程等各是一个分部工程。

5. 分项工程

分项工程是分部工程的组成部分。

建筑工程是按主要工种工程划分的。例如：土石方工程、砌筑工程、钢筋工程、整体式和装配式结构混凝土工程、抹灰工程、房屋防水工程等各是一个分项工程。

安装工程是按用途、种类、输送不同介质与物料以及设备组别划分的。例如：电气工程中的变配电装置安装工程、电缆桥架配置与安装工程、电缆导管加工与敷设工程、电缆敷设工程、接地装置安装工程等。

建设项目、单项工程、单位工程、分部工程、分项工程之间的关系如图 1-1 所示。

基本建设的内容和程序是先计划、再设计和后施工三个阶段。计划阶段是确定拟建工程的性质、规模和建设期限；设计阶段是根据计划的内容编制实施建设项目的技术经济文件，把建设项目的内容、建设方法和投产后的经济效果具体化；施工阶段是根据计划 and 设计文件的规定制定实施方案，把设计人员主观设想变成客观现实。根据基本建设投资分配可知，在施工阶段中的投资占基本建设总投资的 60% 以上，远高于计划和设计阶段投资的总和。因此施工阶段是基本建设中最重要的一個阶段。

三、工业电气安装工程的一般施工工序

不同的工业电气安装工程，其施工工序也不尽相同。工业电气安装工程的施工工序从技术角度上将一般不易被打乱，否则施工将无法正常工作。但在实际操作中，有可能会出现一些在较小的范围内进行调整或穿插进行的现象，这也是正常的。工业电气安装工程的一般施

工工序如图 1-2 所示。

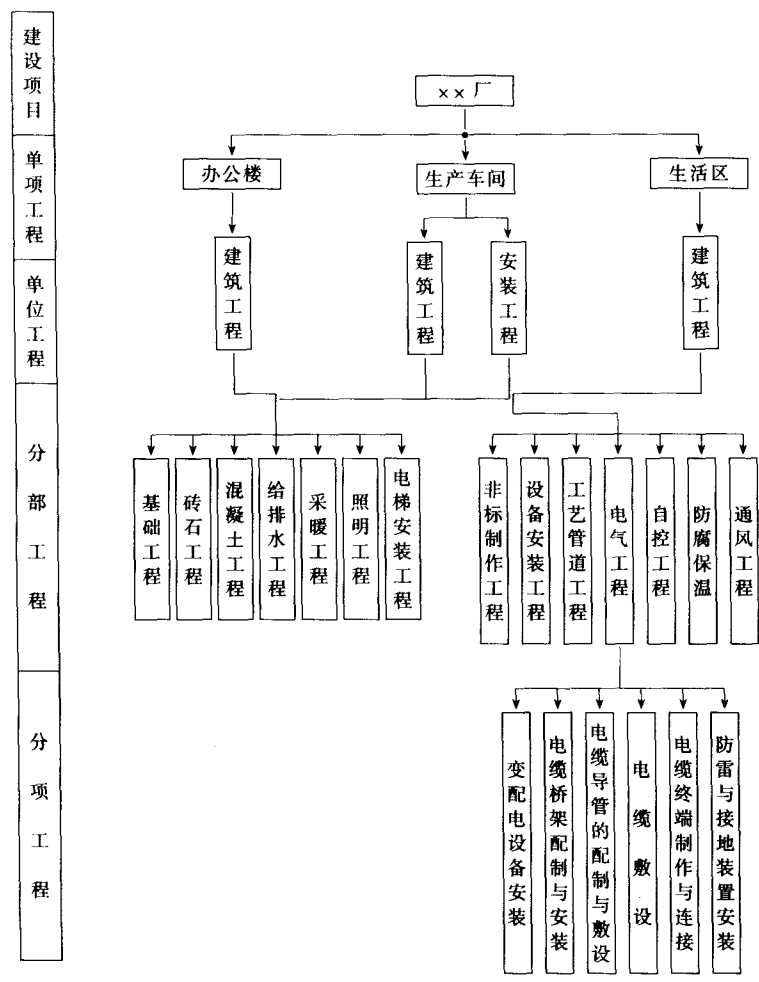


图 1-1 建设项目、单项工程、单位工程、分部工程、分项工程之间的关系

1. 施工准备工作

工业电气安装工程施工准备工作是工程施工的前期阶段。实践证明，凡是重视施工准备工作，开工前和施工中都能认真细致地为施工创造一切必要条件，则该项工程就能够顺利完成；反之，忽视施工准备工作，仓促开工，虽然有着加快施工进度良好愿望，但是往往事与愿违。在工程施工中，由于缺少必要的施工条件，必然导致延误时间，浪费力量，有的被迫停工，有的造成返工浪费，最后不得不返过来，补做各项准备工作。这样既拖延了施工进度，又造成了不应有的损失。因此，在施工准备阶段，组织工程技术人员到施工现场，根据工程的实际情况和施工单位施工力量情况，认真细致地做好各项施工准备工作是非常重要的。

(1) 技术准备。技术准备就是在技术上为施工创造条件，把施工中的技术问题解决在施工之前。提出保证工程质量、加快施工进度、降低工程成本的技术组织措施和施工安全措施，从而保证顺利地完施工任务。其具体内容如下：

1) 熟悉图纸资料。包括施工图纸、施工规范、施工标准、技术规程、安装图册、调试方案、产品说明书、特殊设备的施工技术要领书等。

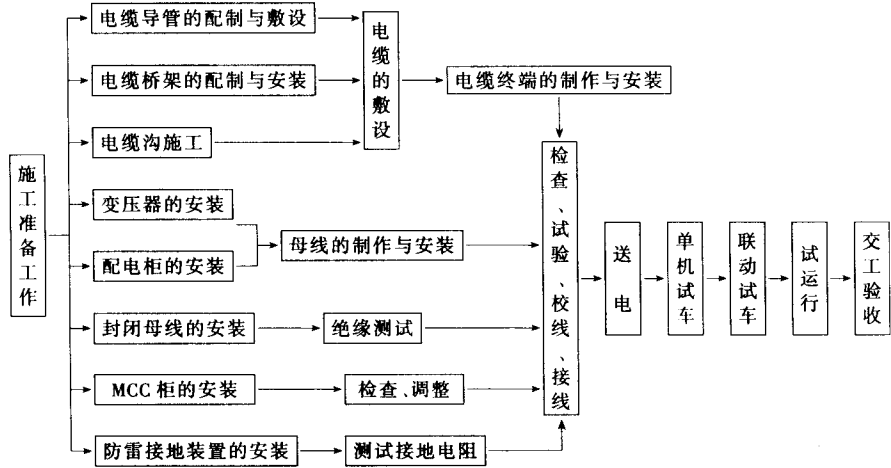


图 1-2 工业电气安装工程的一般施工工序

2) 进行图纸汇审。了解设计意图, 提出图纸中存在的问题、修改不合理设计的建议以及图纸中存在问题的解决方法。

3) 编制施工方案。根据施工任务的情况和本单位的施工技术水平编制施工方案。

(2) 材料准备。材料准备就是提出施工中所用的设备、元件和材料等的供应计划。大中型电气工程材料的门类较多, 规格型号种类达上千种或近万种, 小型电气工程也有几十种或上百种, 而且材料的质量还直接关系到工程的质量, 因此材料供应也是一项复杂的技术性很强的工作。其具体内容如下:

1) 提出甲供材料供应计划。电气设备及主材的需用计划均由图纸给出。通常情况下, 电气设备及主材均由甲方提供, 因此乙方应在施工前将甲供材料计划单交给甲方, 避免造成窝工。

2) 提出预加工件供应计划。有些安装用材料, 如各种金属支架、基础型钢、独立避雷针以及金具等, 在施工现场无法制作或者是为了加快施工进度, 需要在加工厂预先加工制作, 做好后送往施工现场安装。因此需要提出预加工计划, 并规定预加工件进入施工现场的时间。

3) 提出自采材料供应计划。通常情况下, 辅助材料均由乙方自采。因此乙方需要根据施工图纸、安装图册以及有关的标准、规范提出各种辅助材料的型号、规格和数量。

工业电气安装工程施工中常用的辅助材料如表 1-1 所示。

(3) 机具准备。根据施工任务的情况和本单位施工机具的储备, 提出合理的施工机具需用计划。电气工程中常用的施工机具如表 1-2 所示。

(4) 劳动力配备。根据施工任务情况及劳动定额提出所需劳动力数量及各工种配备情况。

2. 安装施工

工业电气安装工程施工内容较多, 而且是在土建基本完工, 工艺管道和设备安装达 60% 以上才形成高峰的。因此施工期短、工作量大是工业电气安装工程的最大特点。工业电

气安装工程的施工内容通常有：

表 1-1 电气工程施工中常用的辅助材料

序号	名 称	型 号 规 格	单 位	序号	名 称	型 号 规 格	单 位
1	圆钢	X5.5-9	kg	38	垫片	X16/8, X60/32, X110/50, X140/109	个
2	等边角钢	L30×4、L40×4	m	39	镀锌铁丝	13~17 [#]	kg
3	扁钢	-59	kg	40	焊接钢管	加厚 DN20	m
4	普通硅酸盐水泥	525 [#]	kg	41	塑料软管	X5	m
5	砂子		m ³	42	异形塑料管	X5	m
6	聚四氟乙烯生料带		m	43	管卡子	U形卡 DN100 以内	个
7	四氟垫片	(10kg 以下)	kg	44	镀锌活接头	DN20, DN32, DN50	个
8	橡胶板	δ3mm, δ5mm, δ10mm	kg	45	镀锌弯头	DN20, DN32, DN50	个
9	石棉橡胶板	中压 δ0.8~6mm	kg	46	镀锌三通	DN20, DN32, DN50	个
10	石棉织布	2.5mm	kg	47	熟铁管箍	DN20, DN32, DN50	个
11	石棉编绳	6~10 烧失量 24%	kg	48	裸铜线	2.5~4mm ²	m
12	电焊条	结 422×3.2	kg	49	裸铜绞线	16mm ²	m
13	铜焊条	铜 107×3.2	kg	50	橡皮绝缘线	BLX-2.5	m
14	铜焊粉	气剂 301 瓶装	kg	51	塑料绝缘线	BV-1.5	m
15	焊锡		kg	52	线号牌		个
16	焊锡膏	瓶装 500g	kg	53	黄蜡带	20×10mm	卷
17	松香焊锡丝	×2~3 熔度 55	kg	54	黑胶布	20×20mm	卷
18	松香焊锡丝	普通	m	55	塑料胶布带	20×10mm	卷
19	气焊条		kg	56	塑料带	20×40mm	卷
20	铅油		kg	57	红外线灯泡	220V、1000W	个
21	调合漆		kg	58	镀锌管卡子	1.5×20	个
22	酚醛防锈漆 (各色)	F53 (6.1~9kg 装)	kg	59	镀锌管卡子	3×20	个
23	煤焦沥青漆	L01-17	kg	60	镀锌管卡子	3×25	个
24	汽油	60 [#] ~70 [#]	kg	61	镀锌管卡子	3×32	个
25	溶剂汽油	200 [#]	kg	62	镀锌管卡子	3×50	个
26	机油	5 [#] ~7 [#]	kg	63	钢精扎头	1 [#] ~5 [#]	包
27	润滑油		kg	64	导线端子铜接头		个
28	氧气		m ³	65	铝牌		个
29	酒精	医药用	kg	66	钢板垫板		kg
30	乙炔		m ³	67	丝绸 (绸布)		m
31	胶皮粘接剂		盒	68	棉纱头		kg
32	精制六角带帽螺栓	镀锌带弹簧垫 M6、M8、M10、M12	套	69	白纱带	20×20mm	卷
33	地脚螺栓	M12×160 以下	套	70	白布	2.16 市布	m
34	膨胀螺栓	X10×80 X12	套	71	破布		kg
35	双头螺栓	M20×100	套	72	铁砂布	0 [#] ~2 [#]	张
36	半圆头镀锌螺栓	2~5×15~50	套	73	尼龙砂轮片	X150	片
37	半圆头镀锌螺栓	6~12×22~80	套	74	锯条		根

表 1-2

电气工程中常用的施工机具

名 称	常 用 规 格	名 称	常 用 规 格
随 手 工 具 类		测 量 工 具 类	
克丝钳	500V	万用表	250V 500V 2m, 5m, 50m 150, 600, 1000mm 公 制 50m 公 制 公 制 150mm 以下 0.25 ~ 0.5kg 150mm 以下 300mm 以下
尖嘴钳			
斜口钳			
管子钳			
活扳手			
螺丝刀			
电工刀			
试电笔		铁水平尺	
安 装 工 具 类		塞 尺	
剥线钳	24W, 45W, 75W, 150W 1L 及 2L φ100 以下	布卷尺	
压接钳		千分卡尺	
电烙铁		游标卡尺	
喷 灯		圆划规	
管子割刀		线 坠	
胀管器		内 卡	
管子钳		外 卡	
活扳手		螺丝扣规	
双头死扳手	L = 100, 150, 200, 300, 375mm	螺线扣规	
梅花扳手	对边尺寸 6 ~ 50mm	加 工 工 具 类	
套筒扳手	M6 ~ M27 每套 12 件	管子台虎钳	φ100mm 管径以下
内六角扳手	M6 ~ M27 每套 24 件	管螺纹纹板	固定型 携带型
电动磨头	S ₁ J - 25	管螺纹丝锥	
角向砂轮		螺纹板牙	
往复电锯	M ₁ F100	丝 锥	
手提电钻	φ13mm	手 锯	
电 锤	J ₁ ZC - 16, 18, 22, 26	手动弯管机	
布剪刀		粗半圆锉	
铁剪子		什锦锉	φ13 以下
凿 子		刮 刀	
克 子		型钢切割机	
手 锤	0.5 ~ 1kg	台 钻	
大 锤	4 ~ 6kg	砂轮机	
木 锤		剪板机	
铁 锹		电动套丝机	
铁 镐		电动弯管机	φ60mm 以下
起钉器		液压弯管机	
撬 棍		其 他 工 具 类	
棕 绳	φ10 ~ 20mm 长 30 ~ 50	电焊机	24V 阿拉伯数码和英文字母
手拉葫芦		电烤机	
梯 子		气割工具	
安全带		手电筒	
推 车		行 灯	
打气筒		对讲机	
		便携式电话机	
	查线用通灯		
	号码机		
	钢字头		
	英文打字机		

- (1) 变压器、配电柜以及 MCC 柜等的安装与测试;
- (2) 母线槽及硬母线的安装与测试;
- (3) 电缆桥架、电缆导管以及电缆的敷设;
- (4) 电缆的试验、校线、接线等;
- (5) 电动机等用电设备的检查与测试;
- (6) 防雷与接地装置的安装。

3. 试车验收

试车由单机试车、联动试车、负荷试车三个阶段组成。但是, 由于工程进入试车阶段, 建设单位人员大量介入, 如果工程保管权还在施工单位, 会对试车不利。因此, 施工单位和建设单位应及时进行中间交接, 只有经过中间交接, 并由建设单位承担责任的生产车间或生产装置, 建设单位才有权使用。在试车阶段, 施工单位和建设单位应携手并肩, 共同完成电气设备的调试工作。

单机试车就是机械设备的试运转, 一般分空载单机试车和负载单机试车两个步骤进行。空载单机试车是指将每台电动机及其负载空载启动并试运行, 大中型电机一般运行 8h, 小型电动机一般运行 2h。空载单机试车应由施工单位负责、建设单位参加。空载单机试车合格后, 再进行负载单机试车, 由于负载单机试车需要工艺操作方面的知识, 因此负载单机试车应有建设单位负责, 施工单位参加。根据工艺要求的不同, 负载单机试车也可以不进行。

联动试车是指在单机试车成功的基础上, 以建设单位为主, 施工单位为辅的一次将整个生产车间或生产装置的设备、管道都连接起来进行的一次打通全流程的试运转。联动试车也可以按空载联动试车和负载联动试车两个步骤进行, 这主要根据工艺要求而定。在联动试车阶段, 原则上与生产有关的设备都要投入运行。这时, 整个生产车间或生产装置都已经投料, 并开始进行试生产。当整个生产车间或生产装置正常运行 48h 后, 施工单位即可向建设单位办理单位工程交工手续, 同时建设单位应组织人员进行验收。

验收合格后, 建设单位和施工单位应签定交接验收证书, 办理固定资产、技术资料移交手续, 并按工程承包合同的规定办理工程结算手续。

如果工程项目大部分已经完工, 只有一小部分因特殊原因未能完工(如电气设备或特殊材料暂未能购到等)时, 施工单位应与建设单位进行商议, 并提出解决办法。

四、工业电气安装工程的施工方法

施工方法是电气工程施工的核心。电气工程的施工方法有很多种, 常见的有顺序施工法、平行施工法和流水施工方法。

1. 顺序施工法

顺序施工法是将工程项目的整个施工过程分解成若干个施工过程, 然后按照一定的施工顺序, 前一个施工过程完成后, 后一个施工过程才开始施工或前一个工程完成后, 后一个工程才开始施工。它是一种最基本的、最原始的施工组织方式, 又称依次施工法。

这种施工方法的优点是施工现场的组织和管理都比较简单, 使用劳动力少, 单位时间内投入的资源量也比较少, 有利于资源供应的组织工作。但是由于没有充分地利用工作面去争取时间, 所以施工工期长, 周期性起伏大, 而且工作队不能实现专业化施工, 不利于改进工人的操作方法和施工机具, 不利于提高工程质量和劳动生产率。尤其是按照专业分工时, 每个工种的劳动将造成严重窝工。因此一般只用在规模投资小、工期无严格要求、技术简单的

小型工程上。

2. 平行施工法

平行施工法就是将工程分段后各段同时进行施工。通常在工程任务较紧、工作面允许以及资源保证供应的条件下,可以组织几个相同的施工队(或班、组),在同一时间、不同的空间上进行施工,这样的施工方法称为平行施工法。

这种施工方法的优点是充分地利用了工作面,争取了时间,可以缩短工期;但是施工现场的组织和管理比较复杂,单位时间投入施工的资源量成倍增长,现场临时设施也相应增加;而且工作队及其工人不能连续作业,工作队不能实现专业化生产,不利于改进工人的操作方法和施工机具,不利于提高工程质量和劳动生产率;劳动力和机具使用集中且起伏更不平衡,对施工管理、质量控制、工程成本都有不利影响。因此一般只用在工期要求短且规模不太大、具有突击性的工程中,通常不宜单独使用。

3. 流水施工法

流水施工法是将工程项目的整个施工过程分解成若干个施工过程,也就是划分成若干个工作性质相同的分部、分项工程或工序。同时将工程项目在平面上划分成若干个劳动量大致相等的施工段,在竖向上划分成若干个施工层,按照施工过程分别建立相应的专业施工队(或班、组),各专业施工队(或班、组)按照一定的施工顺序投入施工,完成第一个施工段上的施工任务后,在专业施工队(或班、组)的人数、使用的机具和材料不变的情况下,依次地、连续地投入到第二、第三……直到最后一个施工段的施工,在规定的时间内,完成同样的施工任务。不同的专业施工队(或班、组)在工作时间上最大限度地、合理地搭接起来,当第一施工层各个施工段上的相应施工任务全部完成后,专业施工队(或班、组)依次地、连续地投入到第二、第三……施工层,保证工程项目的施工全过程在时间上、空间上,有节奏、连续、均衡地进行下去,直到完成全部施工任务。由于这样施工方法如同流水一样,因此叫做流水施工法。

流水施工法所需劳动力基本是随着各专业安装队(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,最后在第一个专业班组自最末段第一道工序撤下来时,劳动力逐渐减少。工期虽然比平行施工法略长,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,克服了窝工和劳动力过度集中又不宜管理的缺点。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,是经常使用的一种施工方法,尤其适用于大、中型工程且工期要求严格的工程中。

以上三种施工方法的工期、劳动力、机具等的比较如表1-3所示。

选用时应根据工程特点,找出哪些工序是主要工序,以便在选择施工方法时重点突出,解决施工中的关键问题。主要工序随工程的不同而异,也不能千篇一律。究竟采用哪种施工方法必须根据工程特点和现场具体情况而定,特别是要考虑与其他专业的配合,并进行周密的技术经济分析才能确定。另外即便是同一工程,也可以采用多种施工方法来原因。例如某安装工程总公司承揽了一套化工装置,该装置由多个区组成,而每个区又都是一个相对独立的工程。该安装工程总公司就以区为单位,分包给下属的分公司,这时就属于各区平行施工。随后各分公司按自己所承揽的工程组建了若干个专业施工队(班、组)进行施工,而各专业施工队(班、组)内又采用了顺序施工法。而在另一套化工装置的施工中,某安装工程