



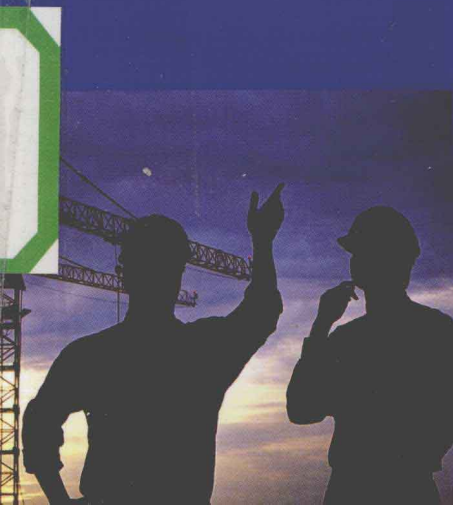
建筑工程现场管理人员
入门与提高系列



建筑工程现场电工 入门与提高

JIANZHUGONGCHENG
XIANCHANGDIANGONG
RUMENYUTIGAO

郗建荣 主编



湖南大学 出版社

建筑工程现场管理人员入门与提高系列

建筑工程现场电工入门与提高

主 编 郜建荣

湖南大学出版社

内 容 简 介

本书从建筑工程现场电工的入门初级知识开始,详细阐述了建筑工程现场电工应知应会的基础理论和专业技术知识,书中还适时以“拓展与提高”的形式穿插介绍了建筑工程现场电气管理的相关数据资料等知识。本书主要内容包括现场电工基础知识、常用电工工具及仪表、现场临时用电管理、施工现场供电系统、配电线路、电动机与发电机、变压器、建筑电气照明、施工现场接地与防雷、建筑电气用电安全等。

本书体例新颖,内容通俗易懂,可作为建筑工程现场电工上岗培训的教材,也可供建筑工程施工监理人员及其他管理人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

建筑工程现场电工入门与提高/郅建荣主编.

—长沙:湖南大学出版社,2012.4

(建筑工程现场管理人员入门与提高系列)

ISBN 978-7-5667-0170-1

I. ①建... II. ①郅... III. ①建筑工程-电工技术 IV. ①TU85

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 063225 号

建筑工程现场电工入门与提高

Jianzhu Gongcheng Xianchang Diangong Rumen yu Tigao

主 编:郅建荣

责任编辑:张建平

封面设计:广通文化

出版发行:湖南大学出版社

社 址:湖南·长沙·岳麓山

电 话:0731-88822559(发行部),88820006(编辑室),88821006(出版部)

传 真:0731-88649312(发行部),88822264(总编室)

电子邮箱:presszhangjp@hnu.cn

网 址: <http://www.hnupress.com>

印 装:北京紫瑞利印刷有限公司

开本:710×1000 16开

版次:2012年5月第1版

书号:ISBN 978-7-5667-0170-1

定价:40.00元

责任印制:陈 燕

邮 编:410082

印张:18

字数:394千

印次:2012年5月第1次印刷

前言

随着社会的不断进步与发展,建筑市场的日益繁荣,施工企业之间的竞争也日趋激烈,对建筑工程施工项目全过程进行有效管理也显得越来越重要,这一过程主要包含可行性研究、勘察、设计、招投标、签订合同、施工、工程验收等不同阶段。由于建筑业是一种分工细致和劳动力密集的行业,而且建筑工程施工人数众多、工序繁复,具有分散性和一次性等特点,要做好建筑工程施工项目的管理工作,就必须要求广大建筑工程施工技术及管理人员努力提升自身的技术知识及管理水平。

同时,为了适应建筑业的发展需要,国家对建筑工程设计与施工验收方面的标准规范正陆续进行制订与修订,各种建筑施工新技术、新材料、新设备、新工艺已得到广泛的应用,这就对广大建筑工程施工技术及管理人员提出了更高的要求,要求他们不断去学习掌握建筑工程施工领域的最新发展成果,关注建筑工程施工的发展新趋势,以满足日新月异发展形势的需要。

为了满足建筑工程施工现场管理人员对技术和管理知识的需求,我们组织有关方面的专家,在深入调查的基础上,以建筑施工现场管理人员为对象,编写了这套《建筑工程施工现场管理人员入门与提高系列》。本套丛书共包括以下分册:

1. 建筑工程施工员入门与提高
2. 建筑工程质检员入门与提高
3. 建筑工程安全员入门与提高
4. 建筑工程测量员入门与提高
5. 建筑工程合同员入门与提高
6. 建筑工程监理员入门与提高
7. 建筑工程资料员入门与提高
8. 建筑工程材料员入门与提高
9. 建筑工程造价员入门与提高
10. 建筑工程现场电工入门与提高

本套丛书涵盖了建筑工程施工现场管理人员涉及的各个专业的业务技能和专业知识,每本单册图书都有其针对性,便于广大建筑工程施工技术及管理人员进行选择、学习。另外,丛书从入门的初级知识开始讲解,其中以“拓展与提高”的形式适时穿插提高性的知识,使读者在掌握应知应会的基础知识的同时,有选择性地进一步丰富自己的

知识储量。为区别“入门”与“提高”的相关知识点，丛书对相关内容采用了不同的字体及形式，从而使版式更加清晰，也突显了图书结构层次，在一定程度上加深读者对各知识点的印象，达到便于理解、实际掌握的目的。

丛书在编写过程中，得到了广大专家及从业人员的指导和支持，在此表示衷心的感谢。由于编者水平有限，书中错误及不妥之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 现场电工基础知识	1
第一节 现场电工的职责	1
一、现场电工的使命	1
二、现场电工的条件	1
三、现场电工的任务	2
第二节 电工学基础知识	2
一、交流电路	2
二、基本电气额定值	6
三、电气装置的使用环境	10
第三节 电工识图	12
一、电气图的基本构成	12
二、电气图的基本内容	13
三、电气图形符号	14
四、电气文字符号	24
五、电气图识读的方法与步骤	32
六、电气图识图注意事项	34
第二章 常用电工工具及仪表	35
第一节 电工工具	35
一、常用电工工具	35
二、架线登高工具	41
三、绝缘安全用具	45
第二节 常用电工仪表	48
一、常用仪表分类	48
二、仪表的符号	48
三、电压表和电流表	50
四、电能表	52
五、万用表	55
六、兆欧表	56
七、接地电阻测试仪	59

第三章 现场临时用电管理	61
第一节 现场临时用电管理制度	61
一、现场电工操作制度	61
二、安全用电技术交底制度	61
三、安全检测及检查评估制度	61
四、安全教育和培训制度	62
五、电器及电气料具使用及维修制度	63
六、工作监护制度	63
七、其他管理制度	64
第二节 临时用电施工组织设计	65
一、编写原则	65
二、编写内容	65
三、编写要点	65
四、负荷计算	68
五、现场用电安全技术措施	73
第四章 施工现场供电系统	79
第一节 供电系统	79
一、电力负荷的分级及要求	79
二、供电频率和电压要求	80
第二节 变配电系统	81
一、电源	81
二、变电所	81
三、低压配电系统	83
第五章 配电线路	86
第一节 架空线路	86
一、架空线路材料	86
二、基坑开挖	101
三、电杆埋设	106
四、横担组装	110
五、绝缘子安装	114
六、拉线安装	114
七、导线架设	120
第二节 室内配线工程	132
一、室内配线要求及施工程序	132
二、夹板和瓷瓶配线	133

三、塑料护套线配线	137
四、线管配线	138
五、钢索配线	146
六、绝缘导线连接	149
第六章 电动机与发电机	153
第一节 直流电动机	153
一、直流电动机的构造	153
二、直流电动机的工作原理	155
三、直流电动机的机械特征	156
四、直流电动机的型号及铭牌数据	157
五、直流电动机的接线与操作	158
第二节 交流电动机	161
一、三相异步电动机	161
二、同步电动机	174
第三节 柴油发电机	176
一、柴油机特点	176
二、柴油机工作系统	176
三、柴油发电机组型号	181
四、柴油发电机组技术性能	181
五、柴油发电机组功率匹配与运行	185
六、柴油发电机组安装	186
七、测量仪表装设	191
第七章 变压器	193
第一节 变压器基本知识	193
一、变压器的结构	193
二、变压器的型号	195
三、变压器的种类	196
四、变压器工作原理	196
第二节 变压器安装	200
一、安装工艺	200
二、准备工作	201
三、变压器干燥	202
四、变压器搬运就位	202
五、变压器本体安装	204
六、变压器接地	204
七、变压器试运行	205

第八章 建筑电气照明	207
第一节 照明基本知识	207
一、照明电光源	207
二、照明器组成及布置	207
第二节 照明供电线路及敷设	219
一、照明配电线布置	220
二、照明线路敷设	220
三、事故照明线路敷设	221
第三节 照明设备安装	221
一、照明方式	221
二、照明种类	222
三、照明灯具安装	222
四、照明配电箱安装	224
五、开关及插座安装	226
第九章 施工现场接地与防雷	229
第一节 接地与接零	229
一、接地保护	229
二、接零保护	237
第二节 施工现场防雷	240
一、防雷装置	240
二、建筑物防雷的分级	244
三、防雷引下线	251
四、避雷针安装施工	255
第十章 建筑电气用电安全	259
第一节 施工现场用电防火和防爆	259
一、电气火灾和爆炸的原因	259
二、电气火灾和爆炸的预防	260
三、电气火灾的扑救	263
第二节 触电事故的预防及急救	265
一、电流对人体的作用及伤害	265
二、触电事故的预防措施	270
三、触电事故的紧急救护	270
参考文献	277

第一章 现场电工基础知识

第一节 现场电工的职责

现场电工的职责是科学地、有效地将参加施工的劳动力、机具、材料、构配件等组织起来，在时间和空间上取得最佳组合，取得最好的经济效益，保质、保量、保工期地完成工程安装任务。

一、现场电工的使命

(1) 确保电力设备安装质量。安装质量是安装企业的生命线，是最根本性的任务，特别是承担电力设备安装的企业更是如此。电力设备承载高温、高压，因而要求其制造质量、安装质量都必须是优等的。现场电工工长是安装工地的指挥者，因此，保证安装质量是工长的神圣使命之一，也是电工的生命线之一。

(2) 提高电力设备安装效率。合理分配人力、动力，以最优化方式，换取最佳的安装效果和速度，通过技术革新和创新，发挥员工的主动性，提高日、班安装进度，为企业和员工争创最好的经济效益。

(3) 降低电力设备安装成本。主要包括原材料的节约，安装能源的节省，低值易耗品使用的精打细算，人力成本的降低等。

(4) 防止工伤和重大事故的发生。坚持“安全第一”，防止人员伤害和重大事故，努力改进机械设备的安全性能，监督职工严格按照操作规程行事，反对任何形式的违章指挥、违章作业，确保工地人员、设备安全是现场电工的神圣使命。

二、现场电工的条件

(1) 必须具有中专及以上电工学基础理论知识。了解电气安装工作常用仪器、仪表的工作原理，熟悉照明、动力、发电、输电、变电、配电等电气工程的基本知识，熟悉常用电气材料，高低压电器种类、规格、性能及选用原则，熟练掌握安全用电、施工安全的技术规范，并具有施工技术资料收集、编写、整理、归档的知识。

(2) 能熟练阅读和准确理解电气施工安装图，熟练掌握电气设备安装与接线方法，熟悉照明、动力、发电、输电、变电、配电等电气工程的施工程序及有关国家标准，熟练掌握施工验收规范及质量检验、评定标准，能够编写开、竣工资料和交工资料。

(3) 有担任过组长、班长、领班的经历，有独立完成单（小）项、分项目施工经验；有判断事物本质和预见未来的能力；能够组织指挥两个以上专业、多个班组

共同展开施工的能力。

(4) 能够掌握所领导员工的技术业务、人情特点的状况,合理分配优化组合人力,使人力资源发挥最大化;能及时与所领导员工进行人际沟通,尊重人、理解人、包容人,协调各种人际关系,形成一个团结战斗、精益求精、一流的施工队伍。

三、现场电工的任务

(1) 电力设备安装施工管理。主要任务包括现场电力设备安装作业、工程质量、成本核算、材料管理、机械保养以及标志齐全、文明生产。

(2) 电力设备施工安全管理。主要包括开展安全教育,严格贯彻执行规章制度,坚持对异常事故“四不放过”和反违章活动,确保工地安全。

(3) 电力设备劳务管理。主要包括人力组合、排班、严格考勤、合理分配、组织好劳动竞赛、合理化建议以及福利保健、团队建设,向上级推荐本工地优秀员工获得学习深造、提拔、晋级,维护员工的合法权益。

(4) 辅助上级。现场电工应及时向上级反映工作中的实际情况,提出个人建议,供上级领导决策,使各级领导和管理层对每个工地、每个项目均了解掌握。

第二节 电工学基础知识

一、交流电路

1. 单相交流电路

(1) 交流电路的概念。大小和方向随时间作周期性变化的电动势、电压、电流,分别称为交变电动势、交变电压、交变电流,统称为交流电。在电工技术中,交流电一般都按正弦规律变化,如图 1-1 所示,称之为正弦交流电。用交流电源供电的电路,称为交流电路。

(2) 正弦交流电常见的表示方法有图像法、函数法和矢量法。无论用何种方法表示正弦交流电,都要能表达正弦交流电的三要素,即频率(或角频率)、最大值及初相位。

1) 图像法:波形图。如图 1-2 所示。

2) 函数法: $i = I_m \cdot \sin(\omega t + \psi)$ 。

3) 矢量法:矢量长度为最大值 I_m ,与 x 轴的夹角为初相位 ψ 。矢量沿原点以 ω 的角速度逆时针旋转,则矢量在 y 轴的投影为瞬时值。

实际应用中,为了表达方便,矢量长度往往以有效值表示,同时由于同一矢量图上的各正弦量的角频率 ω 都相同,即各矢量之间是相对静止的,因此, ω 不画到矢量图上,如图 1-3 所示。

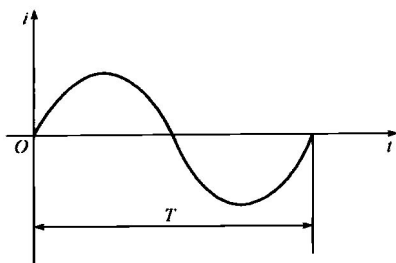


图 1-1 正弦交流电

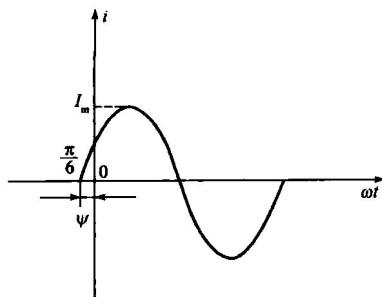


图 1-2 图像法

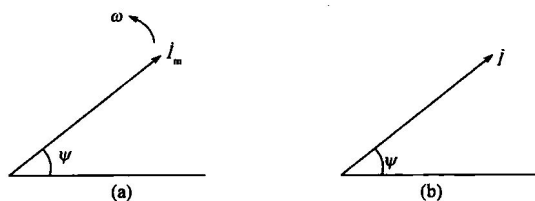


图 1-3 矢量法

用矢量图进行正弦量的加减很方便，而波形图很直观，函数法很严密。

(3) 单一参数交流电路。单一参数正弦交流电路中的电压、电流、功率之间的相互关系见表 1-1。

表 1-1 单一参数正弦交流电路的基本关系

电路名称		电阻电路	电感电路	电容电路
电路符号及电路图				
电路参数		R	$X_L = 2\pi fL$	$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$
电压与 电流关系	有效值	$U_R = I \cdot R$	$U_L = X_L I$	$U_C = X_C \cdot I$
	相位差	$\dot{I} \cdot \dot{U}_R$ 同相	$\dot{I}$ 滞后 $\dot{U}_L 90^\circ$	$\dot{I}$ 超前 $\dot{U}_C 90^\circ$
	矢量图			
功率	有功功率	$P_R = U_R \cdot I$	$P_L = 0$	$P_C = 0$
	无功功率	$Q_R = 0$	$Q_L = U_L \cdot I$ $= I^2 \cdot X_L$	$Q_C = U_C \cdot I$ $= I^2 \cdot X_C$

单位: X_C —欧姆 (Ω); X_L —欧姆 (Ω); L —亨利 (H); C —法拉 (F); P —瓦特 (W); Q —乏 (var); I —安培 (A); U —伏特 (V); R —欧姆 (Ω)。

(4) RL 串联电路。电路图见图 1-4, 电压与电流之间的关系如下:

$$I = \frac{U}{Z}$$

式中, Z —— $Z = \sqrt{X_L^2 + R^2}$, 称为电路的阻抗 (Ω);

I ——电流 (A);

U ——电压 (V)。

(5) 功率。有功功率:

$$P = U \cdot I \cdot \cos\varphi$$

式中, $\cos\varphi$ ——功率因数;

φ ——为电流 I 和电压 U 之间的相位差;

无功功率:

$$Q = U \cdot I \cdot \sin\varphi \text{ (var)}$$

视在功率:

$$S = U \cdot I \text{ (VA)}$$

电路中的功率因数 $\cos\varphi$ 的大小, 由负载的性质决定, 常见各类性质负载的功率因数见表 1-2。

表 1-2 不同性质负载的功率因数

负载性质	功率因数	原因
纯电阻负载 R	$\cos\varphi = 1$	电流电压同相 $\varphi = 0$
纯电感负载 L	$\cos\varphi = 0$	电流落后电压 90° , $\varphi = 90^\circ$
纯电容负载 C	$\cos\varphi = 0$	电流超前电压 90° , $\varphi = 90^\circ$
感性负载 $R-L$	$1 > \cos\varphi > 0$	电流落后电压 φ 角, $90^\circ > \varphi > 0$

拓展与提高

提高功率因数的意义和方法

1. 提高功率因数的意义

(1) 使电源容易得到充分利用。如变压器 (或发电机) 的额定容量 $S_N = U_N I_N = 180 \text{ kV} \cdot \text{A}$ 。当 $\cos\varphi = 0.6$ 时, 变压器输出有功功率 $P = S_N \cdot \cos\varphi = 108 \text{ kW}$; 当 $\cos\varphi = 1$ 时, 输出有功功率 $P = S_N \cdot \cos\varphi = 180 \text{ kW}$ 。

(2) 减小了输电线路的电压损失和功率损失。负载取用的有功功率一定时, 输出线路中的电流 $I = P / (U \cdot \cos\varphi)$; 当 $\cos\varphi$ 提高后, 电流 I 相应减小, 因此, 线路上的电压损失和功率损失均相应减小。

2. 提高功率因数的方法

提高功率因数可在感性负载的两端并联适当大小的电容器, 电容器的电容量可由下式决定:

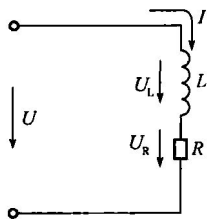


图 1-4 RL 串联电路

$$C = P / [\omega \cdot U^2 (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)]$$

式中, C ——电容量 (f);

P ——有功功率 (W);

ω ——交流电的角频率 (rad/s);

U ——电压 (V);

φ_1 、 φ_2 ——并联电容前后的功率因数角。

2. 三相交流电路

(1) 星形连接的三相电源。如图 1-5 所示, 为三相电源的星形连接。这种供电方式, 称为三相四线制供电。

1) 相电压: 端线与中线间的电压, u_A 、 u_B 、 u_C 为相电压, 用 $U_{\text{相}}$ 表示。

2) 线电压: 端线与端线之间的电压, u_{AB} 、 u_{BC} 、 u_{CA} 为线电压, 用 $U_{\text{线}}$ 表示。

在数值上, 线电压等于相电压的 $\sqrt{3}$ 倍, 即

$$U_{\text{线}} = \sqrt{3} U_{\text{相}}$$

我国低压配电系统的标准电压规定为线电压 380 V、相电压 220 V。

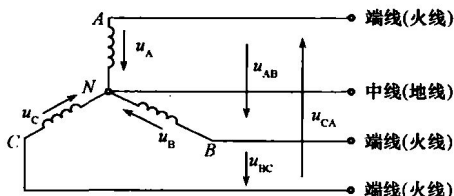


图 1-5 三相电源星形连接

拓展与提高

中线的的作用

当负载不平衡时, 中线的存在可以确保负载的相电压不变, 各相负载与电源间构成独立回路。为了保证中线的畅通, 《电力系统设计技术规程》(DL/T 5429—2009) 规定, 在中线上绝对不允许装保险和闸刀开关。

(2) 三相负载电路。

1) 三相负载的星形连接 (Y 接), 如图 1-6 所示。

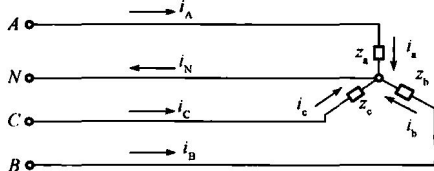


图 1-6 三相负载的星形连接

各条火线中流过的电流, i_A 、 i_B 、 i_C 为线电流, 用 $I_{\text{线}}$ 表示。流过各相负载的电流, i_a 、 i_b 、 i_c 为相电流, 用 $I_{\text{相}}$ 表示。

三相四线制供电时, 流过中线的电流为中线电流, 用 i_N 表示。

负载为星形连接时: 线电流等于相电流, 即

$$I_{\text{线}} = I_{\text{相}}$$

中线电流等于各相电流的矢量和, 即

$$\dot{I}_N = \dot{I}_a + \dot{I}_b + \dot{I}_c$$

三相负载对称时, 中线电流为零, 即

$$\dot{I}_a + \dot{I}_b + \dot{I}_c = \dot{I}_N = 0$$

三相对称负载: 即三相负载完全相同, 即各相阻抗 Z 相等, 各相负载的功率因数角 φ 相等, 性质相同。

2) 三相负载的三角形连接 (Δ 接)。如图 1-7 所示, 负载作三角形 (Δ 接) 连接时, 负载的相电压等于电源的线电压, 即

$$U_{\text{相}} = U_{\text{线}}$$

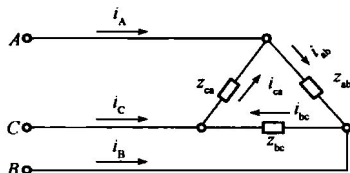


图 1-7 三相负载三角形连接

如果三相负载对称, 线电流等于相电流的 $\sqrt{3}$ 倍, 即

$$I_{\text{线}} = \sqrt{3} I_{\text{相}}$$

二、基本电气额定值

1. 额定电压

(1) 1 kV 以下电气设备的额定电压。用于直流和 50 Hz 交流的系统, 电气设备和电子设备的额定电压等级见表 1-3。

表 1-3 1 kV 以下电气设备的额定电压

V

直 流		单相交流		三相交流	
受电设备	供电设备	受电设备	供电设备	受电设备	供电设备
1.5	1.5				
2	2				
3	3				
6	6	6	6		
12	12	12	12		

续表

直 流		单相交流		三相交流	
受电设备	供电设备	受电设备	供电设备	受电设备	供电设备
24	24	24	24		
36	36	36	36	36	36
		42	42	42	42
48	48				
60	60				
72	72				
		100 ⁺	100 ⁺	100 ⁺	100 ⁺
110	115				
		127 [*]	133 [*]	127 [*]	133 [*]
220	230	220	230	220/380	230/400
400▽, 440	400▽, 460			380/660	400/690
800▽	800▽				
1 000▽	1 000▽				
				1 140 ^{**}	1 200 ^{**}

注：1. 电气设备和电子设备分为供电设备和受电设备两大类。受电设备的额定电压也是系统的额定电压。

2. 直流电压为平均值，交流电压为有效值。

3. 在三相交流栏下，斜线“/”之上为相电压，斜线之下为线电压，无斜线者都是线电压。

4. 带“+”者为只用于电压互感器、继电器等控制系统的电压。带“▽”者为使用于单台供电的电压。带“*”者只用于矿井下、热工仪表和机床控制系统的电压。带“**”者只限于煤矿井下及特殊场合使用的电压。

(2) 1 kV 以上三相交流系统额定电压。50 Hz 三相交流 1 kV 以上额定电压等级见表 1-4。这一电压等级主要用于发电机、变压器、送电线路和高压用电设备。

表 1-4 1 kV 以上三相交流系统额定电压

kV

受电设备与系统	供电设备	设备最高电压
3	3.15	3.5
6	6.3	6.9
10	10.5	11.5
	13.8 [*]	
	15.75 [*]	
	18 [*]	
	20 [*]	
35		40.5

续表

受电设备与系统	供电设备	设备最高电压
63		69
110		126
220		252
330		363
500		550
750		

注：带“*”者只适用于发电机。

(3) 中频电气设备的额定电压。一般中频 (50 Hz~10 kHz) 工业电气设备的额定电压等级见表 1-5。

表 1-5 一般中频工业电气设备的额定电压

V

类 别		单 相	三相 (线电压)
通用电气设备		9, 12, 16, 20, 26, 36, 60, 90, 115, 220, 375, 500, 750, 1 000, 1 500, 2 000, 3 000	42, 115, 160, 220, 350
受电设备	电热装置	(250), 375, 500, 750, 1 000, 1 500, 2 000, 3 000	—
	机床电器	—	115, 220, 350
	纺织电机	—	115, 130*, 160*
	控制微电机	9, 12, 16, 20, 26, 36, 60, 90, 115, 220	
	电动工具	—	42, 220
供电设备	中频发电机 及装置	115, 220, 375, 500, 750, 1 000, 1 500, 2 000, 3 000	115, 160*, 220, 350, 550*
	移动电源设备	115, 230	208, 230, 400

注：* 仅限于人造纤维的纺锭使用。

2. 额定频率

电气设备在额定参数下的频率称为额定频率。一般工业电气设备 (包括通用电气设备、电热装置、机床电器、纺织电机、控制电机和电动工具) 单相和三相交流频率见表 1-6。

表 1-6 额定频率

Hz

电力供电系统及设备	舰船电气设备	航空电气设备	一般工业电气设备					
			通用电气设备	电热装置	机床电气设备	纺织电机	控制电机	电动工具
50	50	50	50	50	50	50	50	50
	—	—	—	—	—	(75)	—	—
	—	—	100	—	—	100	—	—
	—	—	—	—	—	* 133	—	—