

电工师傅的秘密

电工师傅的秘密

之电机应用与检修

杨清德◎主编

快速掌握
实用电工技能



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

电工师傅的秘密

电工师傅的秘密 之电机应用与检修

杨清德 主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书通过师傅、徒弟、师兄三人的对话，详细介绍了工业生产及日常生活中常用电机的应用及其维护、保养与检修的基础知识及技能，主要包括维修电机入门基础、单相异步电机、三相异步电机、直流电机、步进电机和伺服电机的应用，以及交流异步电机常见故障诊断、三相异步电机绕组重绕和其他常用电机的检修等内容。

本书内容丰富，涵盖面广，且分门别类、结构清晰、层次分明，具有很强的实用性，适合于电工初学者阅读，可作为电工培训班技能培训教材，也可作为职业院校学生的课外读物。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有，侵权必究。

图书在版编目（CIP）数据

电工师傅的秘密之电机应用与检修/杨清德主编. —北京：电子工业出版社，2015.9

（电工师傅的秘密）

ISBN 978-7-121-27082-6

I. ①电… II. ①杨… III. ①电机—维修 IV. ①TM307

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2015）第 206394 号

策划编辑：王敬栋

责任编辑：王凌燕

印 刷：北京京科印刷有限公司

装 订：北京京科印刷有限公司

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本：787×1 092 1/16 印张：18.75 字数：504 千字

版 次：2015 年 9 月第 1 版

印 次：2015 年 9 月第 1 次印刷

印 数：3 000 册 定价：49.80 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：（010）88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：（010）88258888。

前言

《《《《 PREFACE

不知从什么时候起就有了师傅和徒弟的称呼，大概与我国古代的学徒制有关。由于电工知识的学习和操作技能的熟练掌握是一个漫长的过程，职业学校的学生在学校学习一般需要3年左右，毕业后进入工作岗位通常还得跟师傅学习一段时间才能独立操作。岁岁年年，朝夕相处，传道授业解惑，便产生了以技术为纽带的师傅、徒弟、师兄、师弟等人际关系。几年后，之前的徒弟又有了徒弟，成为师傅且超越了之前的师傅。

“电工师傅的秘密”系列图书包括《电工入门》、《电工识图》、《电机应用与检修》、《变频器应用与维护》、《家居布线》和《经典电路讲解》。

《电工师傅的秘密之电工入门》——主要介绍直流电路及应用、电与磁及应用、交流电路及其应用、常用电工工具和材料及应用、电工仪表与电能测量及应用、电工基本操作技能速成、电工安全用电等内容。

《电工师傅的秘密之电工识图》——主要介绍电气符号及连接线、几个基本电气图、电工测量图、照明工程图、弱电工程图、供电系统图、常用机电设备控制电气图等内容。

《电工师傅的秘密之电机应用与检修》——主要介绍电机安装及检修专用工具、电机应用基础、单相电机应用与检修、三相异步电机应用与检修、直流电机应用与检修等内容。

《电工师傅的秘密之变频器应用与维护》——主要介绍变频器入门基础、变频器的选用与维护、三菱FR-A740变频器的应用与维护、西门子MM440系列变频器的应用与维护、变频器节能改造应用等内容。

《电工师傅的秘密之家居布线》——主要介绍家装电工师傅的条条框框、家装电工师傅的工具、线材选用和综合布线系统设计、室内线路安装技能、室内配电装置及其安装、灯具及用电器安装等内容。

《电工师傅的秘密之经典电路讲解》——主要介绍实用电动机控制电路、变频器与PLC控制电路、照明灯与应急照明电路、机电设备电气控制电路、LED照明驱动电路等内容。

书中共有三个主人翁——“师傅”、“徒弟”和“师兄”。师傅名副其实，他是特级教师、高级讲师、维修电工高级技师、高级考评员、高级双师型教师，曾被评为重庆市优秀技能人才，其教学成果分别获得重庆市二等奖、三等奖，受到重庆市人民政府表彰；担任第一主编的教材《音响设备与维修技术》被教育部评为中等职业教育改革创新示范教材。书中的主人翁——“徒弟”、“师兄”，他们是成千上万个初学电工技术人士的代表，可能是你，也可能是他。

“授之以鱼”，不如“授之以渔”。本书通过师徒三人平等交流，有的放矢、各抒己见、娓娓道来、情真意切、解人以困，助“徒弟”较好地掌握中级电工的应知应会。

本书贴近实际、可读性强，方便电工初学者自学，可作为电工短训班技能培训教材，也可作为职业院校学生的课外读物。

本书由杨清德主编，参加编写工作的有杨兰云、杨卓荣、先力、胡萍、黎平、康娅、余明飞、谭海波、兰晓军、杨丽萍、刘华光、成世兵、李春玲、乐发明、杨松、李建芬、龚万梅、古春艳、沈坤华、赵顺洪等同志。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中难免存在疏漏之处，敬请各位读者批评指正，多提意见，盼赐教至 yqd611@163.com，以期再版时修改。

编 者

目录

<<<<< CONTENTS

第1章 拜师第一堂课	(1)
1.1 三言两语介绍电机	(1)
1.1.1 电机的作用及功能	(1)
1.1.2 电机的产品型号	(2)
1.1.3 电机的铭牌	(6)
1.1.4 电机的 IP 防护	(8)
1.1.5 电机的防爆等级和绝缘等级	(9)
1.1.6 电机与生产机械的工作制	(10)
1.2 常用电机及选用	(12)
1.2.1 电机的分类	(12)
1.2.2 选用电机的要求及主要内容	(13)
1.2.3 交流电机及选用	(18)
1.2.4 直流电机及选用	(20)
1.2.5 不同工作制下电机的功率选择	(23)
1.2.6 电机额定转速的选择	(25)
第2章 单相异步电机应用面面观	(27)
2.1 单相异步电机类型及结构	(27)
2.1.1 单相异步电机类型	(27)
2.1.2 单相异步电机的结构	(28)
2.2 常用单相异步电机简介	(30)
2.2.1 单相罩极式电机	(30)
2.2.2 分相式单相异步电机	(31)
2.3 单相异步电机的控制	(35)
2.3.1 单相异步电机启动控制	(35)
2.3.2 单相异步电机的反转	(38)
2.3.3 单相异步电机的调速	(39)
2.4 单相异步电机在家用电器中的应用	(46)
2.4.1 洗衣机中的单相异步电机	(46)
2.4.2 电风扇中的单相异步电机	(49)
2.4.3 电冰箱和空调器中的单相异步电机	(52)
2.4.4 其他常用家电中的单相电机	(54)

2.5	单相异步电机的选用与维护	(64)
2.5.1	单相异步电机的选用	(64)
2.5.2	单相异步电机日常维护	(69)
第3章	三相异步电机应用面面观	(73)
3.1	认识三相异步电机	(73)
3.1.1	三相异步电机的基本结构	(73)
3.1.2	三相异步电机的分类及应用	(77)
3.1.3	三相异步电机的转动原理	(80)
3.1.4	三相异步电机的极数与转速	(82)
3.1.5	三相异步电机接线盒及接线方法	(83)
3.2	三相异步电机的启动、反转、调速与制动	(85)
3.2.1	三相笼型异步电机的启动	(85)
3.2.2	绕线型三相异步电机的启动	(90)
3.2.3	三相异步电机的调速	(94)
3.2.4	三相异步电机的反转	(97)
3.2.5	三相异步电机的制动	(100)
3.3	三相异步电机维护与保养	(105)
3.3.1	三相异步电机的拆卸	(105)
3.3.2	三相异步电机的装配	(109)
3.3.3	三相异步电机日常维护与检查	(113)
第4章	直流电机应用面面观	(119)
4.1	认识直流电机	(119)
4.1.1	直流电机的类型、特点及用途	(119)
4.1.2	直流电机的基本结构	(121)
4.1.3	直流电机的工作原理	(124)
4.1.4	直流电机的额定值与主要系列	(125)
4.1.5	直流电机的励磁方式	(127)
4.2	直流电机的电枢绕组	(129)
4.2.1	电枢绕组的几个概念	(129)
4.2.2	电枢绕组的基本形式	(131)
4.3	直流电机的控制	(135)
4.3.1	直流电机的启动	(135)
4.3.2	直流电机的反转	(137)
4.3.3	直流电机的调速	(138)
4.4	无刷直流电机	(140)
4.4.1	无刷直流电机的结构及类型	(140)
4.4.2	无刷直流电机的工作原理	(142)

第5章 步进电机和伺服电机面面观	(145)
5.1 步进电机	(145)
5.1.1 步进电机简介	(145)
5.1.2 步进电机的驱动	(151)
5.2 伺服电机	(155)
5.2.1 伺服电机简介	(155)
5.2.2 直流伺服电机	(157)
5.2.3 交流伺服电机	(164)
第6章 交流异步电机常见故障诊断	(170)
6.1 电机故障原因及类型	(170)
6.1.1 电机本身原因导致的故障	(170)
6.1.2 外部原因引起的电机故障	(173)
6.2 电机故障诊断常用方法	(177)
6.2.1 直观检查法	(177)
6.2.2 仪表检测诊断法	(181)
6.3 电机故障检测与简易诊断	(185)
6.3.1 电机故障诊断技术	(185)
6.3.2 电机的绝缘故障诊断方法	(187)
6.3.3 绕组接地故障诊断方法	(190)
6.3.4 绕组短路故障诊断方法	(192)
6.3.5 绕组断路故障诊断方法	(194)
6.3.6 绕组接线错误故障诊断方法	(196)
6.4 不能启动或转速偏低的故障诊断	(200)
6.4.1 电机不能启动的故障诊断	(200)
6.4.2 电机转速偏低的故障诊断	(203)
6.5 电机其他常见故障的诊断	(204)
6.5.1 运行噪声的诊断	(204)
6.5.2 振动异常的诊断	(207)
6.5.3 电机运行中温升过高的故障诊断	(209)
6.5.4 绝缘电阻降低和机壳带电的故障诊断	(213)
第7章 三相异步电机绕组及其重绕工艺	(218)
7.1 电机绕组基本知识	(218)
7.1.1 电机绕组的基本名词术语	(218)
7.1.2 绕组展开图的绘制	(221)
7.2 三相异步电机绕组的嵌线规律	(224)
7.2.1 三相异步电机单层绕组的嵌线规律	(224)
7.2.2 三相异步电机双层绕组的嵌线规律	(229)

7.2.3	三相异步电机单双层混合绕组的嵌线规律	(231)
7.3	三相异步电机绕组的重新绕制	(232)
7.3.1	绕组重绕前的准备工作	(232)
7.3.2	绕制线圈	(247)
7.3.3	嵌线工艺	(252)
7.3.4	后续工序的工艺	(258)
第8章	其他常用电机的检修	(264)
8.1	单相异步电机的检修	(264)
8.1.1	启动元件的检测与检修	(264)
8.1.2	常见故障分析与检修	(267)
8.1.3	罩极式电机故障检修	(272)
8.1.4	常见机械故障的检修	(272)
8.2	单相串励电机的检修	(273)
8.2.1	绕组常见故障的检修	(273)
8.2.2	换向装置常见故障检修	(276)
8.2.3	单相串励电机常见故障的检修	(278)
8.3	直流电机的检修	(280)
8.3.1	直流电机常见故障原因及排除	(280)
8.3.2	直流电机绕组故障的检修	(281)
8.3.3	直流电机换向器及换向装置的检修	(286)
	参考文献	(289)

第 1 章

拜师第一堂课

1.1 三言两语介绍电机

1.1.1 电机的作用及功能



徒弟 什么是电机，电机有何作用？



师傅 电动机通常简称为电机，是一种把电能转换成机械能的动力设备，它利用通电线圈（也就是定子绕组）产生旋转磁场并作用于转子（如鼠笼式闭合铝框）来形成磁电动力旋转扭矩。

电机的主要作用是产生驱动转矩，作为用电器或各种机械的动力源。电机能提供的功率范围很大，从毫瓦级到万千瓦级。



师兄 电机的使用和控制非常方便，具有自启动、加速、制动、反转、掣住等能力，能满足各种运行要求；电机的工作效率较高，又没有烟尘、气味，不污染环境，噪声也较小。由于它的一系列优点，所以在工农业生产、交通运输、国防、商业及家用电器、医疗电器设备等各方面得到了广泛应用。



徒弟 电机的功能有哪些？



师傅 电机有能量转换功能和受控功能。

1. 能量转换功能

实现机械能与电能之间的能量转换是电机的基本功能。发电机把从原动机输入的机械能转换成绕组端口的电能，而电动机则是把绕组端口从电网输入的电能转换成轴上输出的机械能。

当然，在进行能量转换的过程中，电机内部难免会产生一些损耗，这些损耗将转变成内能散发到电机周围的冷却介质中，同时也使电机的温度升高。这些损耗的存在，使电机的效率总是小于 100%。



2. 受控功能

电机正常运行时，如果其中某些电气或机械的输入量发生变化时，电机的运行和输出状态也会按照一定的规律随之发生变化。例如，当交流电机的频率、电压、磁场或负载等发生变化时，其感应电动势、电流、电磁转矩、功率和转速等也会随之变化。如果对交流电机的频率、电压、磁场等进行控制，就可以使该电机的运行状态和输出量按照控制要求变化。因此，电机具有根据输入量的改变而使输出量（如转速、转矩、功率等）做出相应变化的功能，对于速度控制和伺服控制等自动控制系统，电机的这种受控功能十分重要。

1.1.2 电机的产品型号



徒弟 电机的产品型号是如何标注的？



师傅 按照《电机产品型号编制方法》的规定，电机的产品型号由产品代号、规格代号、特殊环境代号及补充代号 4 部分组成，并按如图 1-1 所示的顺序排列。

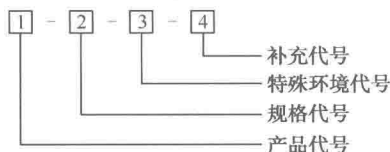


图 1-1 电机的产品型号

例如，某电机的型号标识为 Y2-160M2-8，其含义如表 1-1 所示。

表 1-1 电机型号 Y2-160M1-8 的含义

标 识	含 义
Y	机型，表示异步电机
2	设计序号，“2”表示第一次基础上改进设计的产品
160	中心高，表示轴中心到机座平面高度
M2	机座长度规格，M 是中型，其中脚注“2”是 M 型铁心的第二种规格，而“2”型比“1”型铁心长
8	极数，“8”是指 8 极电机



师兄 如果电机的铭牌较小，而型号又较长，如产品代号、规格代号、特殊环境代号和补充代号的数字和字母之间不会引起混淆时，就可省去它们之间的短画线。



徒弟 电机产品代号由哪些部分组成？



师傅 电机产品代号由电机类型代号、电机特点代号、设计序号和励磁方式代号 4 个小节按顺序组成。



1. 类型代号

我国的电机类型代号采用汉语拼音来表示各种不同类型的电机，如表 1-2 所示。

表 1-2 电机产品代号

序 号	电 机 类 型	代 号
1	异步电机（笼型及绕线转子型）	Y
2	同步电机	T
3	同步发电机（除汽轮发电机、水轮发电机外）	TF
4	直流电机	Z
5	直流发电机	ZF
6	汽轮发电机	QF
7	水轮发电机	SF
8	测功机	C
9	交流换向器电机	H
10	潜水电泵	Q
11	纺织用电机	F

2. 特点代号

特点代表示电机的性能、结构或用途等，采用汉语拼音字母标注。对于防爆电机，代表防爆类型的字母 A（增安型）、B（隔爆型）和 ZY（正压型）应标于电机的特点代号首位，即紧接在电机类型代号后面标注。

3. 设计序号

设计序号是指电机产品设计的顺序，用阿拉伯数字表示。对于第一次设计的产品不标注设计序号，派生系列设计序号按基本系列标注，专用系列按本身设计的顺序标注。

当不必标注设计序号时，则标于特点代号之后，并用短线分开。

4. 励磁方式代号

励磁方式代号用汉语拼音字母标注，其中 S 表示三次谐波励磁、J 表示晶闸管励磁、X 表示相复励励磁，并应标注于设计序号之后。



徒弟

如何识别电机产品的规格代号？



师傅

电机规格代号用轴中心高、铁心外径、机座号、机壳外径、轴伸直径、凸缘代号、机座长度、铁心长度、功率、电流等级、转速或极数等来表示。

机座长度采用国际通用字母号表示，S 表示短机座、M 表示中机座、L 表示长机座。铁心长度按由短至长，依次用数字 1、2、……表示。极数一般用阿拉伯数字表示。

常用电机产品的规格代号如表 1-3 所示。



表 1-3 常用电机产品的规格代号

电机类型	规格代号构成	举 例
小型异步电机	中心高 (mm) 机座长度 (字母代号) 铁心长度 (数字代号) -极数	YR132M1-4
	中心高 (mm) 机座长度 (字母代号) -极数	Y2-112M-4
中大型异步电机	中心高 (mm) 机座长度 (字母代号) 铁心长度 (数字代号) -极数	Y400-2-6
小型同步电机	中心高 (mm) 机座长度 (字母代号)	T2-160S2
小型直流电机	中心高 (mm) 铁心长度 (数字代号) -端盖代号 (数字代号)	Z4-180-21

知识窗

大、中、小型电机的划分

1. 大、中、小型交流电机（同步电机和异步电机）的划分

小型交流电机的中心高为 315mm 及以下，或定子铁心外径为 560mm 及以下；中型交流电机的中心高大于 315~630mm，或定子铁心外径大于 560~990mm；大型交流电机的中心高大于 630mm，或定子铁心外径大于 990mm 以上。

2. 大、中、小型直流电机的划分

小型直流电机的中心高为 400mm 及以下，或电枢铁心外径为 368mm 及以下；中型直流电机的中心高大于 400~1000mm，或电枢铁心外径大于 368~990mm；大型直流电机的中心高大于 1000mm，或电枢铁心外径为 990mm 以上。



徒弟 如何表示电机的特殊环境代号？



师傅 电机的特殊环境代号如表 1-4 所示。若同时适用于一个以上的特殊环境时，则按该表中所示代号的顺序排列。

表 1-4 电机的特殊环境代号

特殊环境	高原用	航（海）用	户外用	化工防腐用	热带用	湿热带用	干热带用
代号	G	H	W	F	T	TH	TA



徒弟 如何表示电机的补充代号？



师傅 补充代号仅适用于有此要求的电机，用汉语拼音字母（不应与特殊环境代号重复）或阿拉伯数字表示。



师兄 补充代号所代表的意义应在该产品标准中作具体说明。



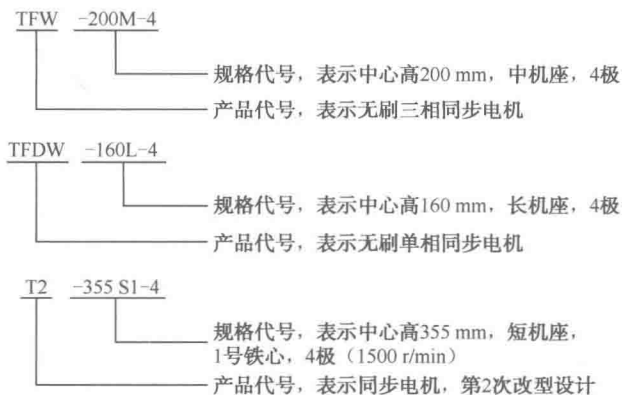
知识窗

主要电机产品型号举例

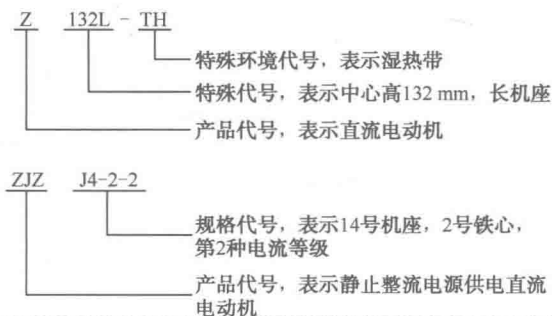
1. 异步电机型号



2. 同步电机型号

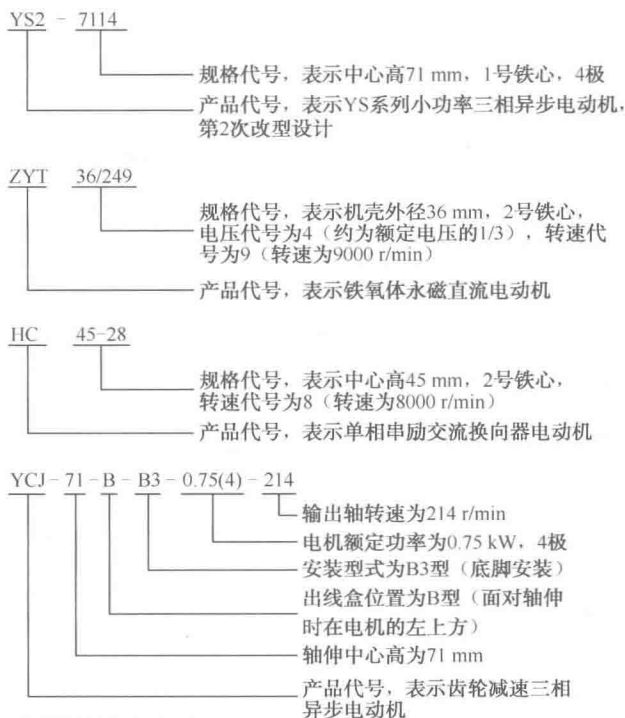


3. 直流电机型号





4. 小功率电机型号



1.1.3 电机的铭牌



徒弟 电机铭牌有什么作用？



师傅 铭牌又称标牌，铭牌主要用来记载生产厂家及额定工作情况下的一些技术数据，以供正确使用而不致损坏电机。

电机产品投放市场后，均有固定在电机上向用户提供厂家商标识别、品牌区分，产品参数铭记等信息的铭牌，如图 1-2 所示。



图 1-2 固定在电机上的铭牌



师兄

制作铭牌的材料有金属类和非金属类。金属类有锌合金、铜、铁、铝、不锈钢等，但是主要用铝生产比较多，因为加工出来的铭牌效果相对要高档，经久耐用。工农业生产中使用的电机一般采用金属类材料制作的铭牌。非金属类有塑料、亚克力有机板、PVC、PC、纸等。家用电器以及部分特殊用途的微型电机常采用非金属类材料制作的铭牌。



徒弟

如何看电机的铭牌？



师傅

从电机的铭牌上，我们可以看出电机的主要技术参数，如表 1-5 所示。

表 1-5 电机铭牌技术参数的含义

项 目	含 义
名称	主要说明电机所用的场合、功能、基本的参数，如煤矿用的、隔爆型的、三相异步电机
型号	表示电机的系列品种、性能、防护结构形式、转子类型等产品代号
额定功率	表示额定运行时电机轴上输出的额定机械功率，单位 KW 或 HP（马力），1 HP=0.736 kW
额定电压	直接到定子绕组上的线电压（V），电机有 Y 形和△形两种接法，其接法应与电机铭牌规定的接法相符，以保证与额定电压相适应
额定电流	电机在额定电压和额定频率下，输出额定功率时定子绕组的三相线电流
额定频率	电机所接交流电源的频率，我国规定为 50 Hz±1 Hz
转速	电机在额定电压、额定频率、额定负载下每分钟的转速（r/min），如 2 极电机的同步转速为 2880 r/min
工作定额	电机运行的持续时间
绝缘等级	其所用绝缘材料的耐热等级，分为 A、E、B、F、H、C 级。电机绝缘材料的等级，决定了电机的允许温升。我们常用的电机一般是 B 级绝缘，主要是由云母、石棉、玻璃丝等材料经有机胶胶合或浸渍而成的
防护等级	根据 IP 分类体系，通过一个数字来表明外壳对抵抗冲击和粉尘及水侵入的保护
标准编号	表示设计电机的技术文件依据
励磁电压	同步电机在额定工作时的励磁电压（V）
励磁电流	同步电机在额定工作时的励磁电流（A）



师兄

并不是所有电机铭牌上都标注了表 1-5 中所述技术参数，但基本的技术参数是必须标注的，如名称、电压、频率等。如非经原制造厂修理或已经改变部分或全部绕组的电机，应提供一辅助铭牌，用以标明修理承包商的名称、修理年份以及改变内容。



徒弟

如何根据电机的铭牌进行定子的接线？



师傅

假设电机定子绕组有 6 根引出线，并已知其首、末端，下面分两种情况讨论如何进行定子绕组的接线方法。

（1）当电机铭牌上标明“电压 380/220V，接法 Y/△”时，这种情况下，究竟是接成 Y 还是△，要看电源电压的大小。如果电源电压为 380V，则接成 Y 接；如果电源电压为 220V，则接成△接。



(2) 当电机铭牌上标明“电压 380V，接法 Δ ”时，则只采用 Δ 接法。但是在电机启动过程中，可以接成 Y 接，接在 380V 电源上，启动完毕，恢复 Δ 接法。

1.1.4 电机的 IP 防护



徒弟 什么是电机防护等级？



师傅 依据国家有关标准规定，将电机依其防外物、防湿气的特性加以分级。这里所指的外物，包含工具、人的手指等均不可接触到电器内的带电部分，以免触电。



徒弟 如何进行防护分级？



师傅 我国的电机外壳防护等级代号采用“国际防护”的英文缩写 IP 以及附加在后面的两个数字来表示。第一个数字表示电机防止外物侵入的等级，第二个数字表示电机防湿气、防水侵入的密闭程度，数字越大表示其防护等级越高。第一个数字分为 6 个等级（0~5），第二个数字分为 9 个等级（0~8），如表 1-6 所示。

表 1-6 电机防护分级

第一个数字	对人体触及和固体异物的防护分级	第二个数字	对防止水进入的防护分级
0	无防护型	0	无防护型
1	半防护型（防止直径大于 50 mm 的固体异物进入）	1	防滴水型（防止垂直滴水）
2	防护型（防止直径大于 12 mm 的固体异物进入）	2	防滴水型（防护与垂直线成 $\theta \leq 15^\circ$ 的滴水）
3	封闭型（防止直径大于 2.5 mm 的固体异物进入）	3	防淋水型（防护与垂直线成 $\theta \leq 60^\circ$ 的淋水）
4	全封闭型（防止直径大于 1 mm 的固体异物进入）	4	防溅水型（防护任何方向的溅水）
5	防尘型	5	防喷水型（防护任何方向的喷水）
		6	防海浪型或强加喷水
		7	防浸水型
		8	潜水型



师兄 电机常用的防护等级有 IP23、IP44、IP54、IP55、IP56、IP65。

例如，某电机的外壳防护等级为 IP44，其含义为：第一个数字“4”，表示对人体触及和固体异物的防护等级（即电机外壳能够防护直径大于 1mm 的固体异物触及或接近机壳内的带电部分或转动部分）；第二个数字“4”，表示对防止水进入电机内部的防护等级（即电机外壳能够承受任何方向的溅水而无有害影响）。

又如，某电机的外壳防护等级为 IP68，第一个数字“6”，表示灰尘无法进入（绝灰尘的）；第二个数字“8”，表示潜水型，这是防水的最高级，这个等级的电机是完全密封的，在水下工作没有问题。