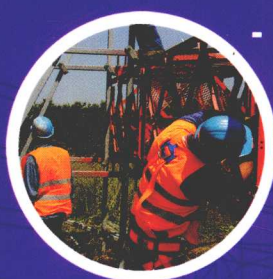
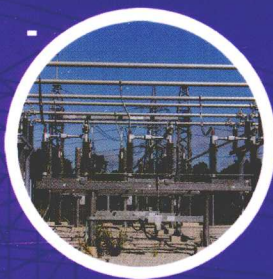


An Electronic



学电工技术 点点通



© 王俊峰 主编



電子工業出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

学电工技术点点通

王俊峰 主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书全面介绍电工人员应具备的知识和技能,本着“突出重点、分析特点、解读难点”的思路进行编写,包括电工的基本原理、电工元件与识图、电工操作技能训练、电气照明安装、电工常用电路、电工技巧荟萃、供电与配电、电机控制与调速、安全用电与节约用电、电气设备安装、电气设备维修等内容。

本书可供广大电工爱好者学习使用,也可作为下岗再就业者的职业教育培训教材。

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

学电工技术点点通/王俊峰主编. —北京:电子工业出版社,2009.11

ISBN 978 - 7 - 121 - 09687 - 7

I. 学… II. 王… III. 电工技术 - 基本知识 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 186098 号

策划编辑:富 军

责任编辑:周宏敏 特约编辑:陈心中

印 刷:北京市李史山胶印厂

装 订:

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:787×1092 1/16 印张:22 字数:563.2 千字

印 次:2009 年 11 月第 1 次印刷

印 数:4 000 册 定价:39.00 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 zlts@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

随着我国现代化事业的快速发展，各行各业从事电气工作的人员大量增加，加强电气人员的技术培训已成为当务之急。为了满足立志学习电工技术的广大读者和下岗再就业人员的迫切需要，我们编写了这本《学电工技术点点通》。

电工专业理论和实践性强、内容丰富，要想在短时间内学好，并用于生产实际解决问题，这就要求读者对每章内容做到“心有灵犀一点通”，才能做到点点通。

本书本着“突出重点、分析特点、解读难点”的思路进行编写，以期达到“学得好、学得快、用得上”的目的。

本书共 12 章，包括电工的基本原理、电工元件与识图、电工操作技能训练、电工安装与维修、电工常用电路、电工技巧荟萃、电工计算、供电与配电、电动机控制与调速、电工安全用电与节约用电、电气设备的安装、电气设备的维修等内容。

本书由王俊峰主编，参加本书编写的还有王娟、薛素云、陈军、薛迪强、薛迪胜、薛迪庆、李建军、马备战、吴东芳、胡广丽、薛斌、杨桂玲、郭爱民、姜红、吴杰、李晓芳等。

本书可供广大电工爱好者学习使用，也可作为下岗再就业者的职业教育培训教材。

由于时间仓促，加上作者水平所限，书中难免有不足之处，欢迎读者提出宝贵意见。

编 者

目 录

第 1 章 电工原理	1
1.1 什么是电	1
1.1.1 从摩擦生电说起	1
1.1.2 电的产生机理	1
1.1.3 导体、绝缘体和半导体	2
1.2 发电机发电过程	3
1.2.1 发电机	3
1.2.2 交流发电机发电原理	4
1.3 电力的传输过程	4
1.3.1 电力传输	4
1.3.2 电力系统与电力网	5
1.4 电力变压器变电	6
1.4.1 变压器的变换原理	6
1.4.2 变压器的分类	7
1.4.3 自耦变压器和调压器	7
1.5 单相交流电	8
1.6 三相交流电	10
1.7 谐振电路	12
1.8 直流电路	13
1.8.1 基本概念	13
1.8.2 电路的三种状态	18
1.9 直流电的产生	18
1.9.1 整流电路	18
1.9.2 滤波电路	20
1.10 直流稳压电路	22
1.11 串联与并联电路	24
1.11.1 电阻串并联电路	24
1.11.2 电容串并联电路	25
1.12 电路基本定律	26
1.12.1 欧姆定律	26
1.12.2 节点电流定律	27
1.12.3 电压定律	27
1.12.4 叠加原理	27

1. 12. 5	等效电源定理	28
1. 12. 6	电磁感应定律	29
1. 12. 7	焦耳 - 楞次定律	29
1. 12. 8	右手定则与左手定则	29
1. 13	电工的内容与等级划分	30
第 2 章	电工元件与识图	32
2. 1	低压开关	32
2. 1. 1	闸刀开关	32
2. 1. 2	铁壳刀开关	33
2. 1. 3	转换开关	34
2. 1. 4	按钮开关	35
2. 1. 5	自动空气开关	37
2. 2	熔断器	39
2. 2. 1	熔断器的外形与结构	39
2. 2. 2	熔断器的型号	39
2. 2. 3	熔断器的熔断保护原理	40
2. 2. 4	熔断器的技术参数	41
2. 2. 5	熔断器的选用	42
2. 3	热继电器	43
2. 3. 1	热继电器的外形、结构与符号	43
2. 3. 2	热继电器的型号	43
2. 3. 3	热继电器的工作原理	44
2. 3. 4	热继电器的选用	44
2. 3. 5	热继电器的技术参数	44
2. 4	交流接触器	46
2. 4. 1	交流接触器的外形、结构与符号	46
2. 4. 2	电磁式自然空气冷却的接触器	47
2. 4. 3	交流接触器的工作原理	48
2. 4. 4	交流接触器的技术参数	48
2. 5	中间继电器	49
2. 5. 1	中间继电器简介	49
2. 5. 2	JZ 系列中间继电器结构与图形符号	50
2. 5. 3	中间继电器的选择	50
2. 6	时间继电器	51
2. 6. 1	时间继电器的型号与结构	51
2. 6. 2	电子式时间继电器	52
2. 6. 3	时间继电器的选择	52
2. 7	行程开关	53
2. 8	电阻、电容与电感元器件	54

2.8.1	电阻器	54
2.8.2	电容器	57
2.8.3	电感器	58
2.9	晶体二极管	60
2.10	晶体三极管	61
2.11	晶闸管	63
2.12	集成电路	65
2.12.1	集成电路的分类与系列	65
2.12.2	集成电路的选用	65
2.12.3	常用集成电路选用举例	65
2.12.4	集成电路使用注意事项	67
2.13	电子开关和插接件	68
2.14	电工电子元件的选购	69
2.15	电路图的组成	70
2.15.1	电路	70
2.15.2	电路图的组成	70
2.15.3	电路的分布规律	72
2.16	电路中元器件单位的标注方法	72
2.17	电路识图的基本方法	73
2.17.1	读图的基本方法	73
2.17.2	读图的步骤	74
2.18	电气控制电路识图	75
2.19	电子电路识图	77
2.20	数字逻辑电路识图	78
2.21	建筑电气工程识图	81
第3章	电工操作技能训练	84
3.1	对电工技能的要求	84
3.1.1	对初级电工的操作技能要求	84
3.1.2	对中级电工的操作技能要求	84
3.1.3	对高级电工的操作技能要求	85
3.2	剥线	85
3.3	导线的连接方法	87
3.4	导线的敷设与固定	90
3.5	导线的绑扎与束线	92
3.5.1	导线的绑扎法	93
3.5.2	束线	94
3.6	电缆终端头的连接	95
3.7	架空线路的导线连接方法	97
3.8	登杆操作技能训练	99

3.9	拉线、横担与电杆的架设训练	100
3.10	电动机的拆卸与组装	101
3.11	电动机下线训练	102
第4章	电工安装与维修	103
4.1	各种场所对照明的要求	103
4.1.1	各种场所对照明的要求	103
4.1.2	照明灯具安装的基本要求	104
4.2	室内照明配电箱的安装	105
4.3	照明平面图	106
4.3.1	导线敷设方式及部位	106
4.3.2	照明平面图	106
4.4	白炽灯的安装	108
4.4.1	白炽灯	108
4.4.2	白炽灯安装电路原理图	110
4.4.3	白炽灯照明安装	110
4.5	荧光灯的安装	111
4.5.1	荧光灯的组成	111
4.5.2	荧光灯的安装	112
4.5.3	嵌入式荧光灯的安装	113
4.6	路灯的安装	114
4.7	节能灯的安装	115
4.8	声控灯的安装	116
4.9	吊灯的安装	118
4.9.1	小型悬吊灯具的安装	118
4.9.2	大、中型吊灯的安装	119
4.9.3	应用举例	120
4.10	壁灯的安装	121
4.11	白炽灯调光电路	123
4.12	吸顶灯的安装	123
4.13	氙灯照明电路	124
4.14	霓虹灯的安装	125
4.15	广告照明灯的安装	126
4.16	组合花灯的安装	127
4.17	钠灯的安装	128
4.18	触摸台灯的安装	129
4.19	调光台灯的安装	130
4.20	节日流水彩灯的安装	131
4.21	高杆照明灯	131
4.22	旋转聚光射灯	132

4.23	草坪装饰灯	132
4.24	射灯	133
第5章	电工常用电路	134
5.1	工业锅炉控制电路	134
5.2	电梯电路	137
5.3	长时间停电来电告知电路	140
5.4	三相电源固定相序电路	140
5.5	焊点测量仪电路	141
5.6	晶体管测量仪电路	141
5.7	机床维修故障检测电路	143
5.8	高压测量电路	144
5.9	电动机短路测量电路	144
5.10	工业多功能环保电路	145
5.11	炉温测量电路	146
5.12	水塔供水电路	147
5.13	喷漆机械手控制电路	148
5.14	汽车车窗控制电路	149
5.15	农用温度控制电路	150
5.16	定时电路	152
5.17	节水电路	153
5.18	防窃电电路	153
5.19	汽车电子节油器电路	154
5.20	电焊机空载自停电路	155
第6章	电工技巧荟萃	157
6.1	自制音乐验电笔	157
6.2	元件耐压测量电路	158
6.3	三相电源相序判别仪	158
6.4	自制灭蚊灯	159
6.5	洗衣机用三孔插座	160
6.6	校验电度表的准确性	160
6.7	西瓜生熟判别器	161
6.8	给家里做一个留言机	162
6.9	卫生间自动冲水电路	163
6.10	电子可视门铃电路	163
6.11	装一个应急灯	164
6.12	自制药提醒器	165
6.13	自行车加装里程表	166
6.14	将电动机改作发电机	166
6.15	导线测断仪	167

6.16	自制工具小技巧	168
6.17	电路维修信号寻迹器	169
6.18	冠心病突发报警电路	170
第7章	电工计算	173
7.1	导线截面积与载流量的计算	173
7.2	照明用电负荷参数计算	175
7.3	动力用电负荷的计算	176
7.4	熔断器的参数计算	178
7.5	接触器的选择	179
7.6	常用继电器的选用	180
7.7	几种开关的参数计算	180
7.8	电动机的参数计算	181
7.9	变压器的参数计算	186
7.10	水泵的参数计算	186
7.11	电磁铁的参数计算	187
7.12	直流稳压电源的参数计算	189
7.12.1	并联稳压电源的参数计算	189
7.12.2	三端稳压集成电源的参数计算	191
7.13	电阻炉的参数计算	193
7.14	车间和全厂用电负荷的计算方法	194
7.15	经验计算公式	195
第8章	供电与配电	196
8.1	电力系统	196
8.2	高压变电所的主接线	197
8.3	生产车间高压配电	200
8.4	单母线分段放射式供电电路	200
8.5	低压二次接线	201
8.6	TN—S 供电方式电路	202
8.7	放射式主接线供电电路	202
8.8	树干式主接线	203
8.9	10kV 配电所应用举例	204
8.10	电能计量电路	206
8.11	电能表的接线	207
8.11.1	单相有功电能表带电流互感器的接线	207
8.11.2	三相有功电能表直入式接线电路	207
8.11.3	三相四线有功电能表直入式接线电路	208
8.11.4	三相有功电能表带电流互感器的接线电路	208
8.12	双电源供电电路	208
8.13	高压集中补偿电容	209

8.14	电容低压集中补偿	210
8.15	单独就地补偿电容	210
8.16	24 小时自动投切电容器控制	211
8.17	检测功率因数自动投切电容器	212
8.18	高压线路二次回路	212
第 9 章	电动机控制与调速	215
9.1	三相交流异步电动机	215
9.2	直流电机	218
9.3	交流电动机的点动与连续运行控制	219
9.4	交流电动机的顺序控制	220
9.5	电动机的正反转控制	221
9.6	电动机的行程控制	224
9.7	三相交流电动机的时间控制	225
9.8	三相异步电动机降压启动控制	227
9.9	电动机的制动控制	229
9.10	直流电动机的正反转控制电路	231
9.11	防止两地误操作控制电路	232
9.12	交流电动机的调速控制	233
9.13	超声波遥控电动机调速电路	234
9.14	电动机正反转变频调速电路	235
9.15	单相交流电动机调速电路	236
9.16	电动机电子调速电路	236
9.17	电动机无线遥控调速电路	237
9.18	风扇电动机调速电路	238
9.19	并励直流电动机的调速控制	239
9.20	直流电动机调速电路	240
9.21	晶闸管直流调速电路	240
9.22	同步电动机	241
9.23	步进电动机	242
9.24	双速电动机	246
9.25	控制电动机	247
第 10 章	电工安全用电与节约用电	249
10.1	电工必须持证上岗	249
10.2	安全用电常识	250
10.3	电气安全工作制度	250
10.4	触电的类型与规律	254
10.4.1	安全电压与安全电流	254
10.4.2	触电的类型	254
10.4.3	触电的规律性	256

10.4.4 触电急救	256
10.5 保护接地与保护接零	259
10.6 漏电保护装置	261
10.7 防雷与防火	263
10.7.1 防雷接地平面图	263
10.7.2 防火措施	263
10.8 电工安全用具	266
10.9 节约用电	268
第 11 章 电气设备的安装	271
11.1 电气设备安装的一般要求	271
11.2 动力配电箱的安装	273
11.3 高压配电装置的安装	274
11.4 低压配电装置的安装	276
11.5 电力变压器的安装	278
11.6 电动机的安装	282
11.7 电压互感器与电流互感器的安装	284
11.8 行车的安装	286
11.9 电容补偿装置的安装	287
11.10 高压电源引入线的安装	289
11.11 高压配电线路的安装	290
11.12 低压配电线路的安装	293
11.12.1 低压线路	293
11.12.2 低压配电柜的安装	294
11.13 车间动力线路的安装	296
11.14 电缆配电线路的安装	298
11.14.1 电缆施工要求	298
11.14.2 电缆的敷设方式	299
11.15 电动机轴承的安装	303
11.16 电葫芦的安装	303
11.17 低压断路器的安装	305
第 12 章 电气设备的维修	306
12.1 电工常见故障与维修	306
12.2 闸刀开关的维修	307
12.3 交流接触器的维修	309
12.4 热继电器维修	311
12.5 三相交流电动机的维修	312
12.6 电气照明线路的维修	316
12.6.1 白炽灯照明电路的维修	316
12.6.2 日光灯照明电路的维修	317

12.7 电度表的维修 320

 12.7.1 电度表的使用 320

 12.7.2 电度表故障维修 320

12.8 功率表的维修 321

12.9 万用表的维修 321

附录 A 电压表与电流表 325

附录 B 功率和功率因数表 326

附录 C 测量三相对称负载的无功功率表 327

附录 D 钳形电流表 328

附录 E 兆欧表 329

附录 F MF—47 指针式万用表 330

附录 G M9700 数字式万用表 333

第1章 电工原理

心有灵犀一点通

当我们日常生活和工作中大量用电的时候，你一定想知道电是从哪里来的？发电机为什么会发电？

电不仅有高压电和低压电之分，还有交流电和直流电之分……

1.1 什么是电

1.1.1 从摩擦生电说起

在初中物理课演示实验中，我们用梳子梳理干燥的头发时会发出响声，如果在黑暗中，还会看到一些细小的火花，若把梳子放到一小撮纸屑旁，纸屑就会被梳子吸起来，如图1-1(a)所示。

从古希腊人第一次发现电以后，在1600年左右，英国女皇的侍医吉尔伯对摩擦起电现象做了试验，证明除琥珀外，还有硫磺、树脂、水晶、玻璃和金刚石等，摩擦之后也能吸引又轻又小的物体，于是摩擦就被公认为是物体带电的原因。在200多年以前，美国著名科学家富兰克林通过试验研究又进一步证实，经过摩擦后物体所带的电有两种，分别称作正电和负电。玻璃、宝石和丝绸摩擦后，在玻璃、宝石上呈现的电是正电；而胶木、琥珀和毛皮摩擦后呈现在胶木、琥珀上的电为负电。有趣的是，带有正电的物体能把另外一种带有正电的物体推开，如图1-1(b)所示；相反，它却能吸引带负电的物体，如图1-1(c)所示。于是，人们总结出电的一个重要规律：同电相排斥，异电相吸引。

1.1.2 电的产生机理

世界是物质的，自然界的一切物质都是由分子组成的，分子又是由原子组成的。每一种原子都有一个处在中心的原子核，在原子核周围有若干个电子沿着一定的轨道做高速旋转运动，原子核是带正电的，而电子是带负电的。在原子未受外力作用时，原子核所带的正电荷与外层电子所带的负电荷相等，原子对外界处于平衡状态，不显示电性。

不同的原子，其原子核的质量和它周围的电子数目是不同的。如铜原子核内有29个带正电的质子，核外有29个带负电的电子。电子作四层分布，最外层只有一个电子，如图1-1(d)所示。

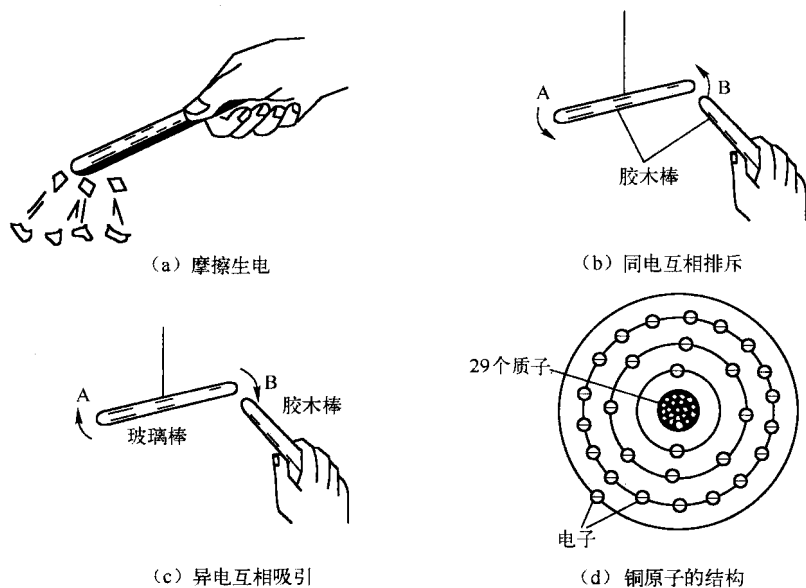


图 1-1 电的产生示意图

那些处在最外层轨道上的电子,由于它们距离原子核比较远,受到原子核的束缚力比较弱,在受到外界因素(如热、光、机械力)影响时,很容易脱离自己的轨道,摆脱原子核的束缚,成为自由电子。铜、铝等金属物质都具有不稳固的外层电子,在常温下就会脱离轨道成为自由电子(例如,每 1cm^3 铜中包含 8×10^{32} 个自由电子)。

如果原子失掉一个或几个外层电子,它的电平衡就被破坏了,正电荷多于负电荷,这个原子就带正电;同理,飞出轨道的电子被另外的原子所吸收,另外的那个原子就带负电。这就是电的产生机理。

1.1.3 导体、绝缘体和半导体

1. 导体

能良好地传导电流的物体叫做导体。用导体制成的电气材料叫做导电材料,金属是常用的导电材料。除了金属以外,其他如大地、人体、天然水和酸、碱、盐类以及它们的溶液,都是导电体。

金属之所以能够良好地传导电流,是由其原子结构决定的。金属原子最外层的电子与原子核结合得比较松散,因此这部分电子很容易脱离自己的原子核,和别的原子核结合,失去电子的原子又会有新的电子来结合,这样一连串的过程就是导电的过程。银的电阻系数最小,导电性能最好,但由于其价格昂贵,只在极少数地方(如开关触头等处)采用,一般电气设备中应用最广泛的导电材料是铜和铝。

还有一些材料虽然能导电,但电阻系数较大,人们常常把它作为电阻材料或电热材料应用于某些电器中,比如用作电炉或电烤箱中的电热丝等。

2. 绝缘体

不能导电或者导电能力极差的物体叫做绝缘体。由于绝缘体的原子结构与导体不同,它的电子和原子核结合得很紧密,极难分离,将此类物质接上电源时,流过的电流极小(几乎接近零)。我们可以利用它的绝缘作用把电位不同的带电体隔离开来。

一般来讲,对绝缘体材料的要求是:具有极高的绝缘电阻和耐电强度,具有较好的耐热和防潮性能,同时应有较高的机械强度,工艺加工方便等。

空气是大家十分熟悉的,它作为一种天然的绝缘材料被人们广泛地利用,纸、矿物油、玻璃、云母、橡胶和陶瓷等都是应用非常广泛的绝缘材料。近年来,由于有机合成工业的兴起,各种各样的绝缘材料不断问世,为新型电气设备的制造提供了良好的条件。

绝缘材料在电和热的长期作用下,特别是在有化学腐蚀的情况下,会逐步老化,降低它原有的电气和机械性能,有时甚至可能完全丧失绝缘性。所以经常检查绝缘性能是电气设备维修中的主要工作之一。绝缘电阻是绝缘材料的主要技术指标。常常用兆欧表来测量设备的绝缘电阻,一般低压电器设备的绝缘电阻应大于 $0.5\text{M}\Omega$,对于移动电器和在潮湿地方使用的电器,其绝缘电阻还应再大一些。

3. 半导体

所谓半导体,顾名思义,就是它的导电能力介于导体和绝缘体之间,如硅、锗、硒及大多数金属氧化物和硫化物都是半导体。

半导体的导电能力在不同条件下有很大的差别。例如有些半导体(如钴、锰、镍等的氧化物)对温度的反应特别灵敏,环境温度增高时,它们的导电能力要增强很多,利用这种特性就做成了各种热敏电阻。又如有些半导体(如镉、铅等的硫化物与硒化物)受到光照时其导电能力变得很强,无光照时又变得像绝缘体那样不导电,利用这种特性就做成了各种光敏电阻。

更重要的是,如果在纯净的半导体中掺入微量的某种杂质后,它的导电能力就可增加几十万乃至几百万倍。例如在纯硅中掺入百万分之一的硼后,硅的电阻率就从大约 $2 \times 10^3 \Omega \cdot \text{m}$ 减小到 $4 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{m}$ 左右。利用这种特性就做成了各种不同用途的半导体器件,如半导体二极管、三极管、场效应管及晶闸管等。

1.2 发电机发电过程

我们用的电是发电厂利用发电机组发出来的,根据能源的不同,目前的发电方式有火力发电、水力发电、风力发电、核能发电、太阳能发电、沼气发电等。

1.2.1 发电机

三相交流同步发电机应用得最为广泛,它是现代发电厂(站)的主体设备。目前,世界上绝大部分的交流电都是同步发电机产生的。发电机为防水式电机,易于操作及维护;发电机为三相四线制,适合采用星形接法,额定线电压为 380V ,相电压为 230V ,频率为 50Hz ,功

率因数为 0.8,也可根据客户需要,设计 60Hz 及其他电压值的发电机;发电机可与原动机直接耦合或通过三角皮带连接,正反转额定连续运行;当原动机转速变化在 3% 范围内,负载在 0~100%、 $\cos\varphi=0.8\sim 1.0$ 范围内变化时,将保持恒压;在加载时,电压突然变化(增大或减小),发电机会提供恒压,使其在正常状态下工作。

直流发电机是把机械能转化为直流电能的机器。它主要用作直流电动机、电解、电镀、电冶炼、充电及交流发电机的励磁等所需的直流电源。虽然在需要直流电的地方,也可用整流元件把交流电变成直流电,但从使用方便、运行的可靠性及某些工作性能方面来看,将交流电整流还不如直接使用直流发电机。

图 1-2(a)为三相交流发电机外形图,图 1-2(b)为直流发电机外形图。

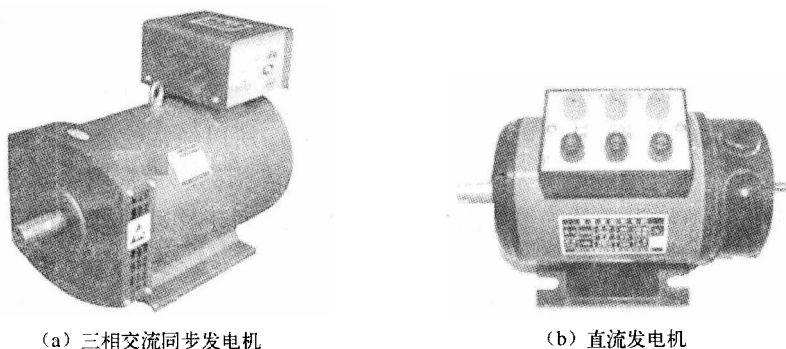


图 1-2 交、直流发电机外形图

1.2.2 交流发电机发电原理

交流发电机主要由用磁性材料制成的、多个南北极交替排列的永磁铁(称为转子)和用硅铸铁制成的、绕有多组串联线圈的电枢线圈(称为定子)组成。转子由原动机带动作切割磁力线转动,定子中交替排列的磁极在线圈铁芯中形成交替变化的磁场。转子旋转一圈,磁通的方向和大小变换多次,由于磁场的变化作用,在线圈中将产生大小和方向都变化的感应电流,并由定子线圈输送出电流。

1.3 电力的传输过程

1.3.1 电力传输

电力传输的过程如图 1-3 所示。

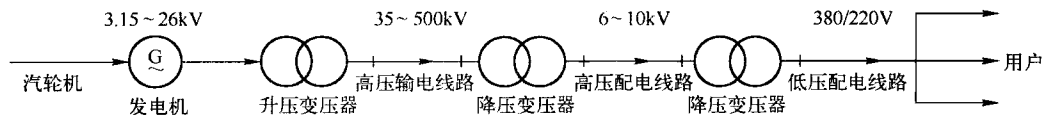


图 1-3 电力传输线路