

全彩  
印刷

# 工业电路板 芯片级维修

## 彩色图解

汪文忠 编

GONGYE DIANLUBAN  
XINPIANJI WEIXIU  
CAISE TUJIE



化学工业出版社

# 工业电路板 芯片级维修

## 彩色图解

汪文忠 编

GONGYE DIANLUBAN  
XINPIANJI WEIXIU  
CAISE TUJIE



化学工业出版社

· 北京 ·

## 图书在版编目 ( CIP ) 数据

工业电路板芯片级维修彩色图解 / 汪文忠编. —北京: 化学工业出版社, 2019.5

ISBN 978-7-122-34022-1

I. ①工… II. ①汪… III. ①印刷电路板 (材料)—维修—图解 IV. ① TM215-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 040626 号

---

责任编辑: 宋 辉  
责任校对: 王鹏飞

装帧设计: 王晓宇

---

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)  
印 装: 北京缤索印刷有限公司  
787mm×1092mm 1/16 印张 17 字数 421 千字 2019 年 8 月北京第 1 版第 1 次印刷

---

购书咨询: 010-64518888

售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

---

定 价: 78.00 元

版权所有 违者必究

在工控维修的圈子待之日久，接触的维修界人士日多，有理论知识丰富的，有实践经验突出的，他们在维修时各显身手，殊途同归。理论丰富的维修者，面对接修之物，看件跑图，穷究原理，力求举一反三，推而广之，“修之四海而皆准”；经验丰富的维修者，维修但凭直觉，拆拆焊焊，成功率也能七七八八。

在人们的印象中，电路板维修人员对各种工业电路板的维修成功率肯定不如电路板设计人员，其实并不尽然。这就好比一栋建筑，要完美建成，需要设计师，也需要泥水匠，各有任务重点，泥水匠干的活，建筑设计师却不一定能干好。行业细分了，哪一行能做好做精都不容易。

对工业电路板维修感兴趣的朋友，在学习维修的初级阶段，难免产生一些这样的困惑：学历不高，电子理论基础不强的朋友，担心自己难以搞懂电路原理，维修无从下手；学历不错，电子理论基础较强的朋友，学习维修时，容易把深究原理的思维惯性引入到维修中，维修时难免多走弯路，导致效率不高。

在维修领域，我们一贯认为：各种电路板乃是电子元件的集合，如果能够保证一个板上各种电子元件都是好的，那么整个电路板也就是没有问题的。因此，维修工作也就是找出电路板上失效的元器件然后加以更换的过程。所以我们在维修培训时建议学员们采取两种不同的学习策略：学历高、基础好的学员，就多从典型电路入手，跑跑电路、弄清原理，做到举一反三，融会贯通，再多掌握一些检修技巧，稍假时日，从入门到精通并非难事。掌握了理论利器，实践起来当事半功倍。学历不高基础不强的学员就多从电子元件检测入手，勤加练习积累经验。日积月累，当可建立维修直觉，经手之板，也能搞定大半。所需理论，日后再慢慢补足。先实践，再理论，以免一入门就碰到拦路虎，丧失信心。

本书围绕两种学习策略开展叙述，首先介绍了基于元器件检测的维修方法和基于电路分析的维修方法，让读者熟练掌握基础的维修技能。然后，分别介绍在各领域内各种电路板的维修实例，配以高清彩图，使读者看得明白，修得准确。这些案例既是学习资料，也是实践参考，读者在实际维修时，遇到同类型问题，完全可以参考操作。

本书可供从事工业电路板、电气设备维修的技术人员、企业高级电工阅读学习，也可供维修培训使用。

本书有两部分内容是笔者编著的已出版书籍《深度掌握工业电路板维修技术》和《工业电路板芯片级维修从入门到精通》的延续，所取维修实例部分皆为实际维修案例。本书尽量配合使用各种图片图表来叙述，以方便大家理解。

对于初入工控维修领域的朋友，不免担心维修行业前景。编者相信，全球的各种制造产业自动化有增强的趋势，设备只会越来越多，整个维修市场是会扩大的，我们在技术上占有先机，也是大有可为的。无论将来打工还是创业，多掌握一门技术，有备无患，多一种选择，总不会太差。

本书在编撰过程中，得到资深工控维修人士深圳市深度工控科技公司的肖茂林先生、东莞全芯工控科技有限公司的管颂先生和汪海波先生的大力协助，不少维修方法和案例都是大家共同努力的结果。

因维修及培训工作繁忙，此书成书过程时间有限，虽有不断审核校对，但书中不妥之处仍在所难免，还望各位批评指正。

编者



关注公众号



编者个人微信



## 第1章 基于元器件检测的维修

1.1	电阻类元件的检修	2
1.2	电容元件	12
1.3	磁性元件	21
1.4	保护及滤波元件	27
1.5	光电及显示元件	29
1.6	开关、连接器及导线	33
1.7	二极管、三极管、场效应管、可控硅	36
1.8	IGBT 和 IPM	44
1.9	集成电路	46

## 第2章 基于电路分析的维修

2.1	数字逻辑电路	70
2.2	运算放大器电路	72
2.3	接口电路	82
2.4	电源电路	97
2.5	单片机电路	124
2.6	变频器电路	131

## 第3章 工业电源维修实例

3.1	机器人示教盒电源故障	139
3.2	船用伊顿 UPS 9355 启动跳闸故障	140
3.3	伊顿船用 UPS 模块爆炸	141
3.4	ENAG UPS 屏幕无显示	143

3.5	APC 3000W UPS 烧炸	144
3.6	Amada 激光切割机电源报过流	148
3.7	FANUC PSM 电源模块报电压低	149
3.8	西门子电源模块 6116 无输出	150
3.9	台产逆变测试电源故障	150
3.10	SANYO 伺服驱动器电源板电容爆浆, 电路板烧穿	150
3.11	BRUKER ESQUIRE 2000 质谱仪主电源无输出	152
3.12	FANUC 电源模块报母线电压高	154
3.13	FANUC 电源模块启动后出现故障代码“7”	156
3.14	STORZ 内窥镜冷光源 XENON NOVA 175 故障	157
3.15	施乐辉冷光源 dyonics 300xl 不能点亮灯泡故障	159
3.16	某多路输出电源多种故障	160
3.17	半导体行业电源时好时坏故障维修	163
3.18	OKUMA 直流电源模块维修	164

## 第 4 章 工控机维修实例

4.1	印刷机工控机无显示	166
4.2	研华工控机主板不开机故障	168
4.3	工控机主板 USB 口失效故障	169
4.4	工控机主板与变频器不通信故障	169
4.5	伦茨带触摸屏工控电脑无显示	170
4.6	得逻辑无线终端 8255 无显示	172
4.7	纸巾印图控制器 CAMCON 51 显示屏字符无显示	173
4.8	三菱喷涂机器人无法开机维修	174
4.9	富士触摸屏 ug430h-vh1 无显示故障	176
4.10	HAKKO v710c 报警“Screen Data not setting”维修	177
4.11	工业显示屏按键失灵	179

## 第 5 章 PLC 维修实例

5.1	船用 PLC DPU2020 损坏	180
5.2	西门子 PLC S7-200 CPU224 通信故障	181
5.3	三菱 PLC FX1N-60MR-001 ERR 灯闪烁	182
5.4	三菱 PLC FX2N-80MR-001 通电后无任何指示灯显示	182
5.5	西门子 PLC S5-95U 程序丢失	182
5.6	MOELLER PLC 运行指示灯不亮	183
5.7	维修 PLC 输入温度流量无显示值变化	184
5.8	印染行业 PLC 掉电故障维修	186

## 第6章 电机驱动电路维修实例

6.1	西门子变频器 G110 报警 F0060 通信	188
6.2	科尔摩根伺服驱动器维修	189
6.3	科尔摩根伺服驱动器不能联机	190
6.4	力士乐伺服驱动器过流报警	191
6.5	科尔摩根运动控制卡故障维修	193
6.6	OKUMA (大隈) 伺服驱动器过流报警	195
6.7	织布机驱动板驱动失效	196
6.8	NEC ASU40/30 双轴驱动器失效	197
6.9	安川 CIMR-VMW2015 变频器运行一段时间报过流	199
6.10	FANUC 伺服驱动器不能修改参数	199
6.11	FANUC 伺服驱动器风扇故障报警	200
6.12	西门子伺服驱动器未知故障	201
6.13	纱厂纱锭卷绕电机驱动器失效	203
6.14	西门子伺服驱动板报 Intermediate Circuit Voltage Error 故障	204
6.15	SANYO 驱动器报逻辑错误	205
6.16	PARKER 步进电机驱动器故障	207
6.17	松下驱动器报过流故障	208
6.18	贴片式步进马达驱动器故障	209
6.19	LINCOLN 自动焊机驱动板无输出维修	210
6.20	某直流电机驱动器不明故障	212
6.21	安川伺服驱动器通电无显示	213
6.22	OKUMA 伺服驱动器直流母线电压异常	213
6.23	富士伺服驱动器 BOF 故障	215
6.24	东元变频器 7200MA 报过载	216
6.25	安川伺服驱动器 SGDM-10ADA-V 报 A30 故障	217
6.26	安川伺服驱动器 SGDV-180A11A 报 A410 故障	217
6.27	LS 伺服器 APD-VN04N 上电无显示故障	218
6.28	安川 SGDV-180A11A 伺服器数码管无显示故障	219
6.29	三菱变频器 FR-E740-1 模块损坏故障	220
6.30	台达变频器 VFD-M 报 OC 故障	221

## 第7章 仪器仪表维修实例

7.1	Finnigan (菲尼根) LCQ DecaXP Plus 质谱分析仪控制板自检不过	223
7.2	中国台湾产 IDRC 功率计 CP-310 测量超差	224
7.3	美国伯乐 (Biorad) 基础电泳仪电源按键无响应	226

## 第 8 章 控制板卡维修实例

- |      |                               |     |
|------|-------------------------------|-----|
| 8.1  | 康明斯发电机控制器故障                   | 228 |
| 8.2  | 机械手主控板不开机故障维修                 | 230 |
| 8.3  | 瓦锡兰船用接口板部分模拟量检测故障             | 231 |
| 8.4  | 喷绘机板卡故障                       | 232 |
| 8.5  | 喷绘机控制板卡通信故障                   | 232 |
| 8.6  | 船用广播系统控制板控制失效                 | 233 |
| 8.7  | FB137 超声波基板控制超声波释放不稳定         | 235 |
| 8.8  | FB150 超声波放电箱放电异常              | 235 |
| 8.9  | FANUC A02B-0303-C205 控制模块失效   | 237 |
| 8.10 | FAUNC IO 模块 A03B-0815-C001 失效 | 239 |
| 8.11 | 老化测试机控制器 FLASH 程序破坏           | 240 |
| 8.12 | Graf 油盒控制板经常误报警               | 241 |
| 8.13 | 船用发电机控制箱故障                    | 243 |
| 8.14 | 船用发电机控制器自检故障                  | 244 |
| 8.15 | 麦克维尔中央空调控制板故障                 | 245 |
| 8.16 | OKUMA 加工中心编码器接口板故障            | 246 |
| 8.17 | 某控制板风扇失控故障                    | 247 |
| 8.18 | 纱锭半径检测板检测数值乱跳                 | 248 |
| 8.19 | 老化测试箱控制器 SRAM 失效导致程序死机        | 250 |
| 8.20 | 模拟量输入板某些通道出错故障                | 251 |
| 8.21 | 生产线 IO 控制板异常                  | 252 |
| 8.22 | 测温电路无温度显示                     | 253 |
| 8.23 | 霍尼韦尔控制板无显示                    | 255 |
| 8.24 | ABB DCS 模块部分通道不正常             | 256 |
| 8.25 | 牧野电火花机控制板维修                   | 257 |
| 8.26 | FANUC 主控板不工作, 显示屏没有任何显示       | 258 |
| 8.27 | ALPHA 900 制版机无法连接电脑           | 259 |
| 8.28 | 库卡机器人 KCP2 示教盒无法正常开机          | 260 |
| 8.29 | 半导体机器程序卡传不进程序                 | 261 |



## 第1章

# 基于元器件检测的维修

### 正确检测元器件，让电路板维修变得简单



一块电路板，归根结底，就是一些电子元器件的组合。电路板的维修，归根结底，就是找出电路板上的某一个或者某一些失效元器件加以更换的过程。

电子维修工作者有不同的文化基础和知识储备，这些差异甚至很大。即使存在这些差异，我们认为都不妨碍对维修技术的学习和掌握。

我们经常建议两条不同的学习路径：电子基础强的，甚至有电子研发经验的朋友，不妨多从典型电路入手，多分析电路原理来追踪故障范围；电子基础不那么好的朋友，不妨多从元器件检测入手，只要尽快找到失效的元器件，最终也是殊途同归，能够修好电路板。

对元器件的检测也不是“扫地雷”式的忙活，那样工作量肯定很大，而是要根据具体故障现象，根据元器件失效的规律，以及根据元器件损坏的概率去检测查找。

两种不同路径不是完全对立的，而是相辅相成、综合应用的。基础扎实的朋友也可以对元器件的检测多些耐心，不必拘泥电路分析，往往更加迅速有效，直达目标解决问题，例如通过使用数字电桥对电解电容的检测，如果发现失效电容，一般更换就好，而不用花太多时间去分析电路原理。电路基础不好的朋友，在掌握了元器件的检测手段，能够维修许多电路板故障以后，也需要花些时间尽量弄清楚电路原理，这样有助于解决难度更高的故障，可以对各类故障举一反三，灵活解决。

我们将工控电路板的元器件大致分为电阻类元件、电容元件、磁性元件、二极管、三极管、场效应管、IGBT 和 IPM、集成电路等，其中集成电路属于一个大类，又可分为数字逻辑芯片、光耦、比较器、运算放大器、电源管理芯片、CPU、ADC、DAC、存储器、PLD、CPLD、FPGA、DSP 等。本章就这些元件的识别及失效检测加以介绍。

# 1.1 电阻类元件的检修

电阻是模拟电路和电源电路以及驱动电路中最常见的元器件，阻值和外观差异明显，而在数字电路中，电阻大多并联在开路输出模式总线和电源  $V_{cc}$  之间作为上拉电阻，或者串联在总线上以保护数字芯片，通常这些电阻是 4 个、8 个或 16 个一组，或者干脆以排阻形式出现，外观一致性明显。所以大致可以此项特征来区分电路板上数字电路和模拟电路。

早期电阻多以插件封装出现，现在以贴片封装居多，以节省电路板空间，改善电气特性和节省制造成本。

## (1) 各种电阻外观

各种电阻外观见图 1.1，电阻可大致可按图 1.2 划分类型。

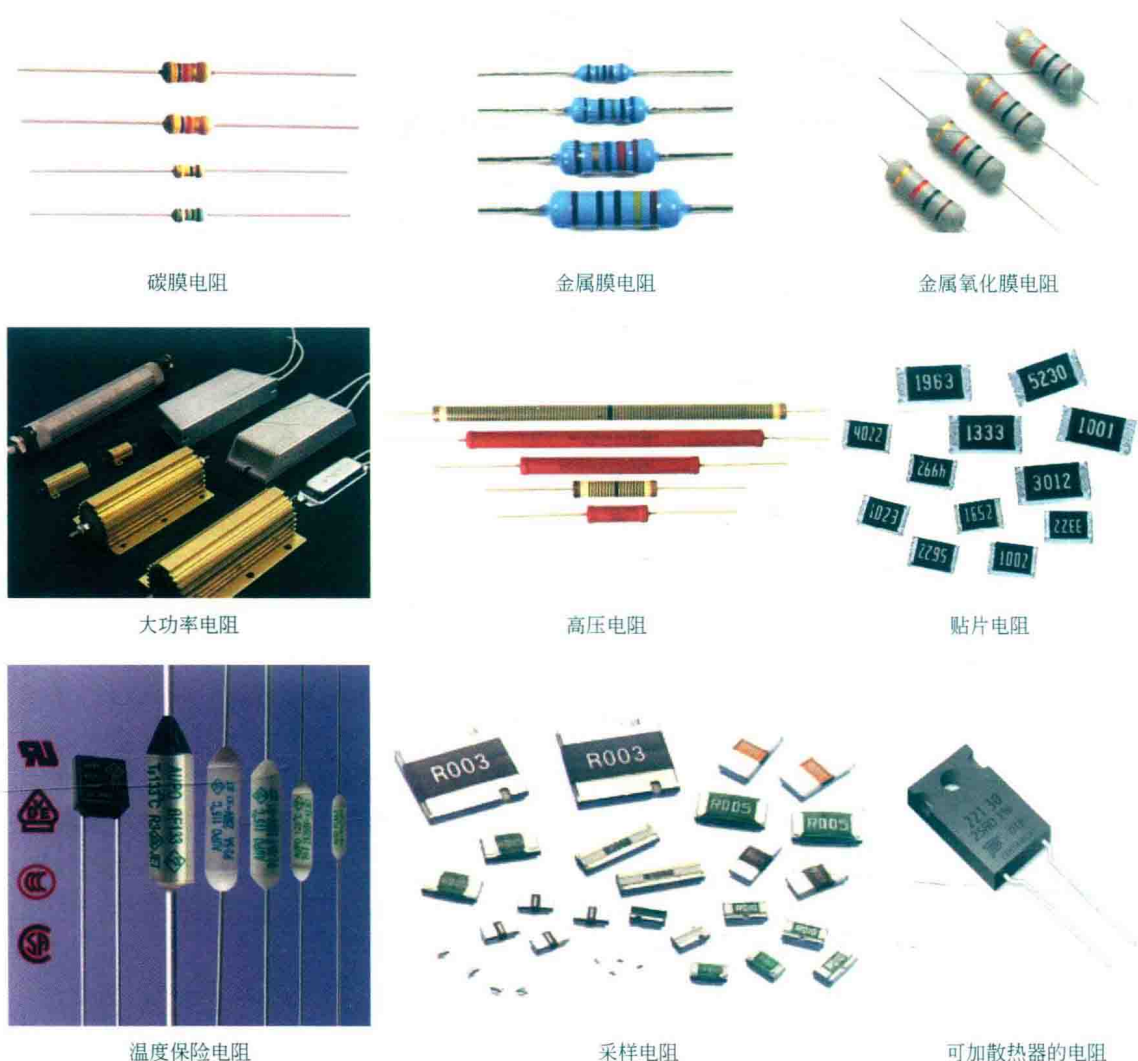


图 1.1 各种电阻外观

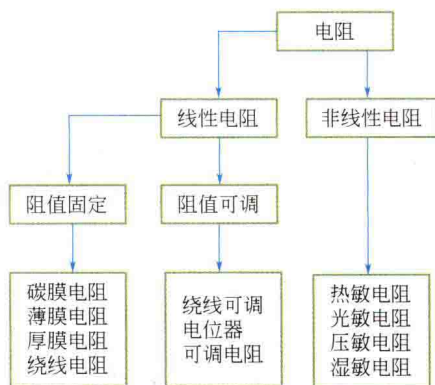


图 1.2 电阻类型

## (2) 电阻的单位

电阻的单位是欧姆，简称“欧”，符号  $\Omega$ ，另外常用单位还有毫欧 ( $m\Omega$ )，千欧 ( $k\Omega$ )，兆欧 ( $M\Omega$ )，这些单位的换算关系是：

$$1m\Omega=0.001\Omega; 1k\Omega=1000\Omega; 1M\Omega=1000k\Omega=1000000\Omega$$

识别时请注意大小写，不要混淆  $m\Omega$ （毫欧）和  $M\Omega$ （兆欧）。

## (3) 电阻的标识

不同外观和型号电阻的阻值大小、功率、阻值精度、温度系数等参数会有不同的标识形式，如图 1.3 所示。

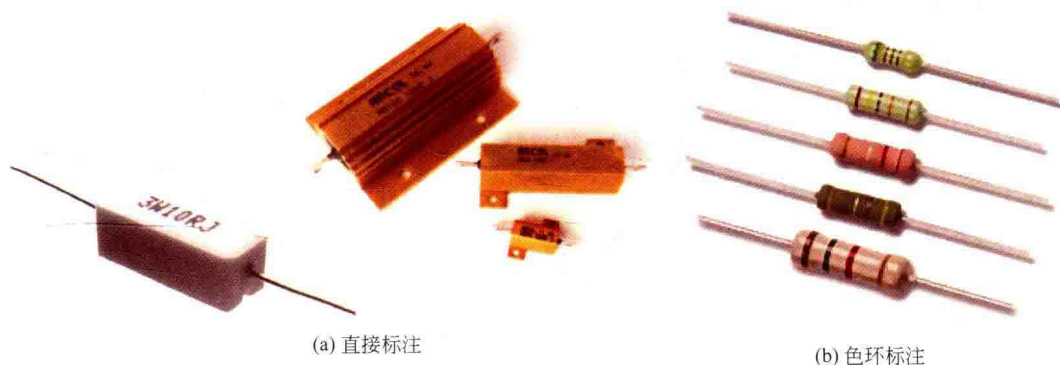


图 1.3 电阻标识形式

较大功率的电阻，因为有更多的标识空间，会直接将电阻的参数印刷上去，如水泥电阻印有“3W10RJ”字样，表示该电阻是一个功率为 3W、阻值为  $10\Omega$ 、阻值精度为 5%（代码 J 表示精度 5%）的电阻。

大部分圆轴型电阻会使用色环来标注，色环标识含义见图 1.4 所示色环电阻表示方法。对于 4 色环电阻，第 1、2 色环表示的是数字，第 3 道色环表示的是前面的数字需要在后面乘以 10 的多少次方，也即在前面数字基础上添加 0 的个数，最后得到的数值就是电阻值，单位是欧姆。如色环分别是红、绿、橙、金的 4 色环电阻，第 1、2 道色环表示数字 25，第 3 色环橙色表示须在 25 后乘以  $10^3$ ，即  $25 \times 10^3\Omega = 25000\Omega = 25k\Omega$ ，最后一道色环表示电阻精度误差，金色表示 5% 的误差。

5 色环的电阻前面 3 道色环表示数字，第 4 道色环表示相乘 10 的倍率，如色环依次是蓝、

黄、白、红、棕的电阻，表示电阻值是  $649 \times 10^1 = 6490\Omega = 64.9\text{k}\Omega$ ，精度 1%。

6 色环电阻前面 5 道色环表示方法和 5 色环相同，增加的第 6 色环表示温度系数。

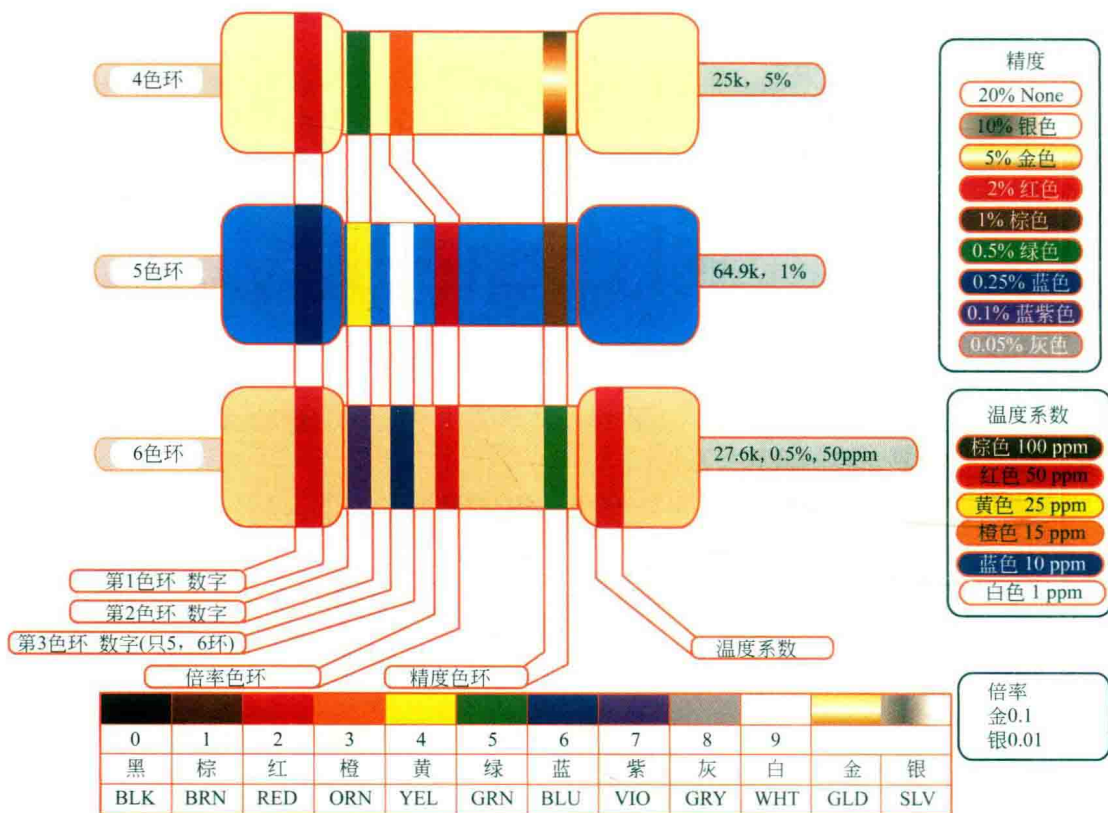


图 1.4 色环电阻表示方法

贴片电阻的标识方法如图 1.5 所示，如果是 3 个数字的，第 1、2 个数字表示数值，第 3 个表示乘以 10 的多少次方，误差是 5%，如“103”表示  $10 \times 10^3\Omega = 10000\Omega = 10\text{k}\Omega$ ，“151”表示  $15 \times 10^1\Omega = 150\Omega$ ，“100”表示  $10 \times 10^0\Omega = 10\Omega$ ；如果是 4 个数字的，第 1、2、3 个表示数值，第 4 个表示乘以 10 的多少次方，精度误差 1%，如“1273”表示  $127 \times 10^3\Omega = 127000\Omega = 127\text{k}\Omega$ ，“1822”表示  $182 \times 10^2\Omega = 18200\Omega = 18.2\text{k}\Omega$ 。另外为了防止数字倒过来看引起误读，“562”会标成“56 $\bar{2}$ ”，防止被误读成“295”。另有电阻标记成“R100”，“30R9”，读数识别时可将“R”看成小数点，即“R100”表示  $0.100\Omega$ ，“30R9”表示  $30.9\Omega$ 。

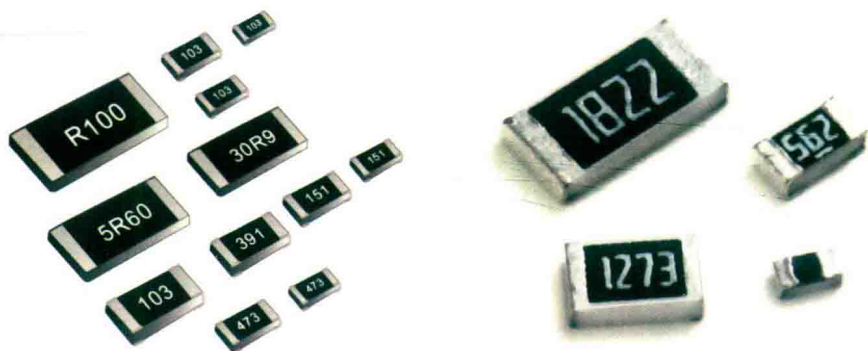


图 1.5 贴片电阻的标识方法

另有使用代码来标注的 0603 封装 1% 精度的贴片电阻, 如表 1.1 所示。电阻表面标识由两个数字代码和一个字母代码组成, 两个数字对应 3 个数字, 字母对应数字相乘 10 的多少次方。例如标注“29B”的电阻, 通过查表“29”对应“196”, “B”对应“ $10^1$ ”, 则该电阻的电阻值为  $196 \times 10^1 \Omega = 1960 \Omega = 1.96 \text{k}\Omega$ 。标注“10X”的电阻, 查表“10”对应“124”, “X”对应“ $10^{-1}$ ”, 则该电阻的电阻值为  $124 \times 10^{-1} \Omega = 12.4 \Omega$

表 1.1 代码标注的贴片电阻

倍率代码 (0603 1%)											
代码	A	B	C	D	E	F	G	H	X	Y	Z
倍率	$10^0$	$10^1$	$10^2$	$10^3$	$10^4$	$10^5$	$10^6$	$10^7$	$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$
标准 E-96 系列电阻值代码 (0603 1%)											
数值	代码	数值	代码	数值	代码	数值	代码	数值	代码	数值	代码
100	01	147	17	215	33	316	49	464	65	681	81
102	02	150	18	221	34	324	50	475	66	698	82
105	03	154	19	226	35	332	51	487	67	715	83
107	04	158	20	232	36	340	52	499	68	732	84
110	05	162	21	237	37	348	53	511	69	750	85
113	06	165	22	243	38	357	54	523	70	768	86
115	07	169	23	249	39	365	55	536	71	787	87
118	08	174	24	255	40	374	56	549	72	806	88
121	09	178	25	261	41	383	57	562	73	825	89
124	10	182	26	267	42	392	58	576	74	845	90
127	11	187	27	274	43	402	59	590	75	866	91
130	12	191	28	280	44	412	60	604	76	887	92
133	13	196	29	287	45	422	61	619	77	909	93
137	14	200	30	294	46	432	62	634	78	931	94
140	15	205	31	301	47	442	63	649	79	953	95
143	16	210	32	309	48	453	64	665	80	976	96

代码标识举例:

29B

 $29B = 196 \times 10^1 \Omega = 1.96 \text{k}\Omega$ 

10X

 $10X = 124 \times 10^{-1} \Omega = 12.4 \Omega$

#### (4) 排阻

排阻, 英文为“resistor network”或者“resistor array”, 即“电阻网络”或“电阻阵列”的意思, 将数个相同阻值的电阻做成一体, 便于使用相同阻值的电阻在电路板上焊装, 如图 1.6 所示。排阻有单排插装封装、双列直插封装以及贴片封装。



图 1.6 排阻

如图 1.7 所示，排阻分为 A 型排阻和 B 型排阻。A 型排阻有一个公共端，插孔排阻用白色的圆点表示公共端（图 1.6），贴片排阻公共端是最边上的引脚。有公共端的排阻常在数字电路中做上拉电阻使用，以匹配集电极开路输出或漏极开路输出的芯片，这类电阻阻值往往在千欧姆以上；B 型排阻没有公共端，内部电阻是独立的，这类排阻往往串联在总线使用，阻值往往在  $100\Omega$  以下。

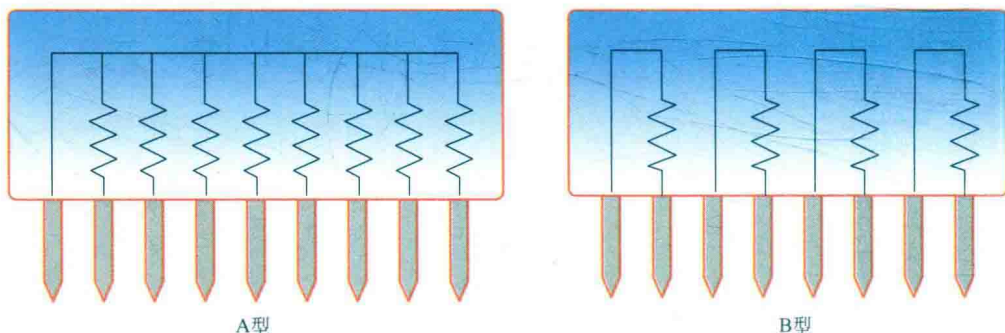


图 1.7 排阻类型

### (5) 电阻的功率

电阻都有一个额定功率，实际功率不能超过其额定功率，否则，电阻有可能因过热而烧毁。电阻的额定功率基本上由其体积决定，体积越大，功率也越大。体积较大的电阻，其标称功率一般会印在电阻表面上，而色环电阻、贴片电阻，额定功率和封装大小存在对应关系，表 1.2 列出了常用电阻的功率-封装对应关系，维修代换时应注意。

表 1.2 常用电阻功率-封装对应关系表

功率	封装(贴片式)	功率	封装(插接式)
1/16W	0402	1/8W	AXIAL0.3
1/10W	0603	1/4W	AXIAL0.4
1/8W	0805	1/2W	AXIAL0.5
1/4W	1206	1W	AXIAL0.6
1/3W	1210	2W	AXIAL0.8
1/2W	1812	3W	AXIAL1.0
3/4W	2010	5W	AXIAL1.2
1W	2512		

### (6) 贴片电阻的封装尺寸

如表 1.3 所示,电阻的封装尺寸分英制尺寸和公制尺寸,一般按照英制尺寸区分的较为常见,购买代换时请注意。

表 1.3 贴片电阻的封装尺寸

英制 /inch	公制 /mm	长 /mm	宽 /mm	高 /mm	a/mm	b/mm
0201	0603	0.60±0.05	0.30±0.05	0.23±0.05	0.10±0.05	0.15±0.05
0402	1005	1.00±0.10	0.50±0.10	0.30±0.10	0.20±0.10	0.25±0.10
0603	1608	1.60±0.15	0.80±0.15	0.40±0.10	0.30±0.20	0.30±0.20
0805	2012	2.00±0.20	1.25±0.15	0.50±0.10	0.40±0.20	0.40±0.20
1206	3216	3.20±0.20	1.60±0.15	0.55±0.10	0.50±0.20	0.50±0.20
1210	3225	3.20±0.20	2.50±0.20	0.55±0.10	0.50±0.20	0.50±0.20
1812	4832	4.50±0.20	3.20±0.20	0.55±0.10	0.50±0.20	0.50±0.20
2010	5025	5.00±0.20	2.50±0.20	0.55±0.10	0.60±0.20	0.60±0.20
2512	6432	6.40±0.20	3.20±0.20	0.55±0.10	0.60±0.20	0.60±0.20

### (7) 电阻的精度

经常使用的电阻会按照精度等级规定某些阻值,如 E24 系列,常用于精度 5%,从 1Ω 开始,按照 5% 精度递增,阻值有 1Ω、1.1Ω、1.2Ω、1.3Ω、1.5Ω 等。E96 系列常用于精度 1%,按照 1% 精度递增,阻值有 1Ω、1.02Ω、1.05Ω、1.07Ω 等。

### (8) 电位器和可调电阻

一般把带手柄可调的、体积和功率相对较大的电阻叫作电位器,而用小螺丝刀来调节的、体积和功率较小的电阻叫可调电阻,各种外观如图 1.8 所示。工控电路板常用到的为多圈精密可调电阻,一般用作模拟量的调整,调整好后用螺丝胶固定住,避免他人再去调整。维修时若怀疑某处模拟参数异常,在没有把握的情况下不可贸然调整可调电阻,如要调整,须将调整前的位置标记好。



图 1.8 电位器和可调电阻外观

电位器和可调电阻的阻值标识方法与印字的电阻器基本相同。

### (9) 热敏电阻

热敏电阻（图 1.9）是对温度敏感的元件，不同的温度下表现出不同的电阻值。电阻值随着温度升高而变大的称为 PTC（正温度系数热敏电阻），电阻值随着温度升高而变小的称为 NTC（负温度系数热敏电阻）。另有专门做温度传感器使用的铂电阻，如 Pt100 和 Pt1000，这类传感器的电阻值与其感知的温度有对应关系，通过测试传感器的电阻值就可以知道感温头的温度。



图 1.9 热敏电阻

### (10) 光敏电阻、湿敏电阻、压敏电阻

光敏电阻的电阻外观如图 1.10 所示，电阻值随着光照强度增大而减小。湿敏电阻的外观如图 1.11 所示，阻值随着湿度增加而减小。压敏电阻是过压保护元件，压敏电阻的外观如图 1.12 所示，当两端电压不超过其阈值时，流过的电流非常小，一旦超过阈值，电流迅速增大，从而保护后续元件不受电压过高危害。

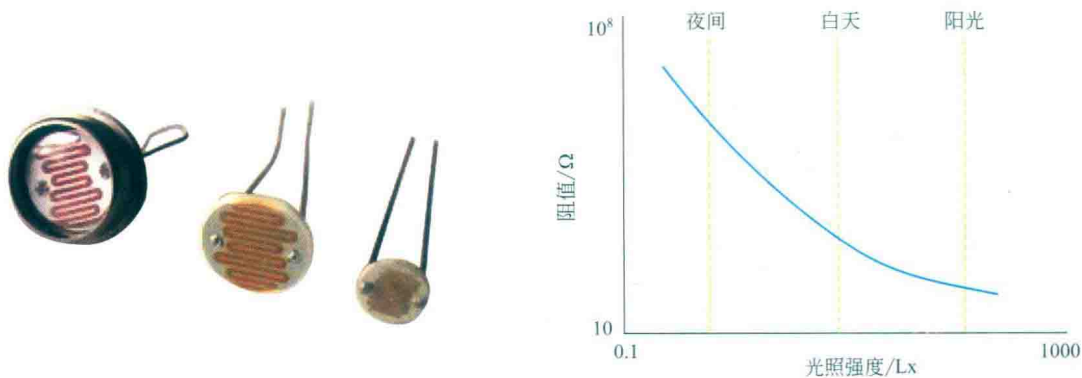


图 1.10 光敏电阻外观及光照强度 - 阻值曲线

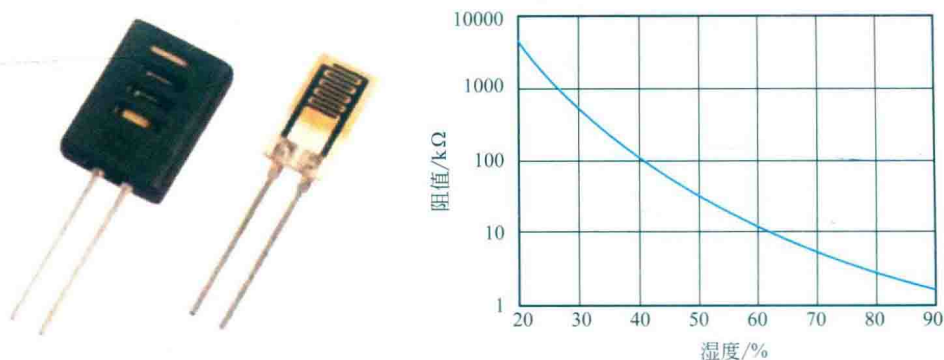


图 1.11 湿敏电阻外观及湿度 - 阻值曲线