

JIAONI CHENGWEI YILIU YIBIAO WEIXIUGONG

教你成为**一流** 仪表维修工

黄文鑫 编著



化学工业出版社

JIAONI CHENGWEI YILIU YIBIAO WEIXIUGONG

教你成为一流 仪表维修工

黄文鑫 编著



化学工业出版社

· 北京 ·



教你成为一流仪表维修工

黄文鑫 著

图书在版编目 (CIP) 数据

教你成为一流仪表维修工/黄文鑫编著. —北京: 化学工业出版社, 2018. 3

ISBN 978-7-122-31344-7

I. ①教… II. ①黄… III. ①仪表-维修 IV. ①TH707

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 009231 号

责任编辑: 宋 辉

文字编辑: 吴开亮

责任校对: 边 涛

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 刷: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 16½ 字数 406 千字 2018 年 5 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888(传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

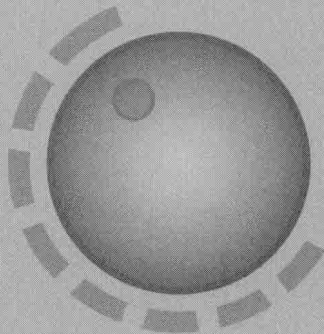
网 址: <http://www.cip.com.cn>

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: 58.00 元

版权所有 违者必究

前言



生产中仪表或控制系统出现故障，能否快速有效的检查判断和排除故障，是对仪表维修工技术水平和操作能力的考验。初入行的仪表维修工有尽快掌握仪表维修技术的想法，但又感到有难度，为了帮助初学者入门，决定编写一本介绍仪表维修技术的书籍供初学者参考。

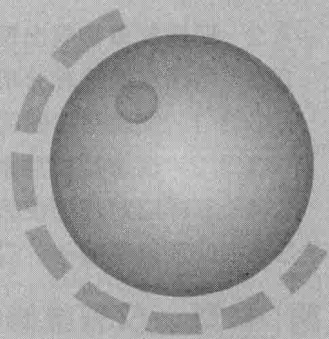
编写本书的初衷是介绍仪表维修的方法和技能，但在写作时发现，这是个很难完成的工作。各企业使用的仪表及控制系统的品牌型号太多，结构差异很大，出现的故障也是千差万别，感觉很难进行选择 and 介绍，怕顾此失彼满足不了读者的需求。考虑再三，决定以企业常用的仪表及控制系统为主线，找出有规律性、有共同性、有相似处的内容进行介绍，如仪表维修的基础知识、基本技能、故障判断思路、故障的检查及处理方法。希望帮助读者掌握一定的仪表维修技术，并能举一反三地应用，进而能够解决仪表维修中的一些实际问题。

本书介绍了温度仪表、压力仪表、流量仪表、液位仪表、变送器、调节阀、控制系统、DCS、PLC 的故障检查判断及处理方法及两百多个故障维修实例。

由于笔者的技术水平和工作实践范围有限，本书概括不了仪表维修的所有内容；再者仪表维修方法因人而异，可以说是多种多样、各有千秋、各有捷径，本书所述之维修方法也不是唯一的。由于时间有限，书中不妥之处恳请读者批评指正，笔者不胜感激！

在此向促成本书出版的我的家人和朋友表示衷心地感谢！感谢你们对我的鼓励和支持。

编著者



目录

第 1 章 仪表维修基础知识	1
1.1 掌握仪表及控制系统的工作原理及结构	1
1.1.1 读懂和用好仪表图纸	1
1.1.2 阅读仪表使用说明书	2
1.1.3 读懂仪表及控制系统工作原理的书籍	2
1.2 养成良好的维修习惯和安全意识	2
1.3 注重维修工作记录及经验的积累	2
1.4 学会维修资料的查找、收集和保存	3
1.5 对初学者的建议	3
第 2 章 仪表维修基本技能	4
2.1 万用表的使用	4
2.1.1 安全、合理地使用万用表	4
2.1.2 电压的测量	5
2.1.3 直流电流的测量	6
2.1.4 电阻的测量	7
2.2 兆欧表的使用	10
2.2.1 怎样使用兆欧表	10
2.2.2 兆欧表在仪表维修中的应用	11
2.3 过程校验仪的使用	11
2.4 仪表及控制系统接线检查方法	13
2.4.1 没有接线图如何快速查找故障回路位置	13
2.4.2 信号源回路查线法	13
2.5 仪表的调校	14
2.6 调节器参数整定	14
第 3 章 仪表故障判断基本原理	16
3.1 引发仪表及控制系统故障的原因	16

3.2	现场仪表容易出现故障的原因	17
3.3	用回路的概念分析查找故障	18
3.3.1	仪表回路图的使用	18
3.3.2	仪表及控制系统回路的分解举例	20
3.4	怎样应对现场仪表及控制系统的故障	24
3.5	仪表维修的一、二、三法则	25
第 4 章	仪表维修的步骤与方法	27
4.1	判断故障的大致部位	27
4.2	故障的检查与排除	28
4.3	仪表维修的基本原则	28
4.4	仪表故障检查判断方法	30
4.4.1	直观检查法	30
4.4.2	敲击及按压检查法	30
4.4.3	信号注入法	31
4.4.4	电路参数测量法	31
4.4.5	分部检查法	31
4.4.6	替换检查法	32
4.4.7	参照检查法	33
4.4.8	电压升、降检查法	33
4.4.9	升温、降温检查法	33
4.4.10	单元流程图检查法	34
4.4.11	间接判断法	34
4.4.12	自诊断检查及软件设置法	34
4.4.13	应急拆补法	35
4.4.14	经验判断法	35
第 5 章	温度测量仪表的维修	37
5.1	温度测量仪表故障检查判断思路	37
5.2	热电偶的维修	38
5.2.1	热电偶的工作原理及结构	38
5.2.2	热电偶故障检查判断及处理	39
5.2.3	热电偶维修实例	42
5.3	补偿导线的使用及维修	46
5.3.1	常用补偿导线的特性及识别	46
5.3.2	补偿导线人为故障的检查判断及处理	47
5.3.3	补偿导线维修实例	49
5.4	热电阻的维修	50
5.4.1	热电阻的工作原理及结构	50
5.4.2	热电阻故障检查判断及处理	52
5.4.3	热电阻维修实例	55

第 6 章 压力测量仪表的维修	57
6.1 压力测量仪表故障检查判断思路	57
6.2 压力表的选择、使用 and 安装	57
6.2.1 压力表的选择和使用	57
6.2.2 压力表的安装	58
6.3 弹簧管压力表的维修	59
6.3.1 弹簧管压力表的现场故障判断及处理	59
6.3.2 弹簧管压力表常见故障及处理	60
6.3.3 弹簧管压力表的调修	60
6.4 电接点压力表的维修	61
6.5 压力变送器的维修	62
6.5.1 压力变送器故障检查判断及处理	62
6.5.2 压力变送器维修实例	65
6.6 压力开关的维修	68
第 7 章 流量测量仪表的维修	69
7.1 流量测量仪表故障检查判断思路	69
7.2 差压式流量计的维修	70
7.2.1 差压式流量计的工作原理及结构	70
7.2.2 差压式流量计故障检查判断及处理	71
7.2.3 差压式流量计常用计算	73
7.2.4 差压式流量计维修实例	75
7.3 电磁流量计的维修	79
7.3.1 电磁流量计的工作原理及结构	79
7.3.2 电磁流量计故障检查判断及处理	79
7.3.3 电磁流量计维修实例	83
7.4 涡街流量计的维修	87
7.4.1 涡街流量计的工作原理及结构	87
7.4.2 涡街流量计故障检查判断及处理	88
7.4.3 涡街流量计维修实例	92
7.5 转子流量计的维修	94
7.5.1 转子流量计的工作原理及结构	94
7.5.2 转子流量计故障检查判断及处理	94
7.5.3 转子流量计维修实例	96
7.6 质量流量计的维修	99
7.6.1 质量流量计的工作原理及结构	99
7.6.2 质量流量计故障检查判断及处理	99
7.6.3 质量流量计维修实例	103
第 8 章 液位测量仪表的维修	105
8.1 液位测量仪表故障检查判断思路	105

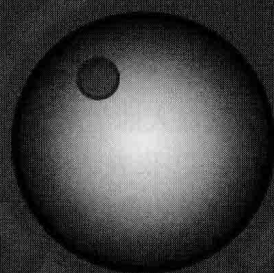
8.2 差压式液位计的维修	106
8.2.1 差压式液位计的工作原理及结构	106
8.2.2 差压式液位计故障检查判断及处理	108
8.2.3 差压式液位计维修实例	113
8.3 浮球液位计的维修	117
8.3.1 浮球液位计的工作原理及结构	117
8.3.2 浮球液位计故障检查判断及处理	118
8.3.3 浮球液位计维修实例	119
8.4 浮球液位控制器的维修	121
8.4.1 浮球液位控制器的工作原理及结构	121
8.4.2 浮球液位控制器故障检查判断及处理	121
8.4.3 浮球液位控制器维修实例	122
8.5 浮筒液位计的维修	123
8.5.1 浮筒液位计的工作原理及结构	123
8.5.2 浮筒液位计故障检查判断及处理	123
8.5.3 浮筒液位计维修实例	125
8.6 磁翻板液位计的维修	129
8.6.1 磁翻板液位计的工作原理及结构	129
8.6.2 磁翻板液位计故障检查判断及处理	129
8.6.3 磁翻板液位计维修实例	131
8.7 磁浮子液位计的维修	132
8.7.1 磁浮子液位计的工作原理及结构	132
8.7.2 磁浮子液位计故障检查判断及处理	132
8.7.3 磁浮子液位计维修实例	134
8.8 磁致伸缩液位计的维修	135
8.8.1 磁致伸缩液位计的工作原理及结构	135
8.8.2 磁致伸缩液位计故障检查判断及处理	135
8.8.3 磁致伸缩液位计维修实例	139
8.9 雷达液位计的维修	139
8.9.1 雷达液位计的工作原理及结构	139
8.9.2 雷达液位计故障检查判断及处理	140
8.9.3 雷达液位计维修实例	142

第 9 章 变送器的维修 145

9.1 变送器故障检查判断思路	145
9.2 智能变送器的基本构成及日常维护	146
9.3 变送器 4~20mA 回路的故障检查及处理	147
9.4 变送器的维修	150
9.4.1 变送器故障检查判断及处理	150
9.4.2 变送器维修实例	155
9.5 温度变送器的维修	159

9.5.1	温度变送器故障检查判断及处理	159
9.5.2	温度变送器维修实例	161
第 10 章	调节阀的维修	164
10.1	调节阀故障检查判断思路	164
10.2	气动调节阀的维修	165
10.2.1	气动调节阀的工作原理及结构	165
10.2.2	气动调节阀故障检查判断及处理	165
10.2.3	气动调节阀维修实例	169
10.3	电动调节阀的维修	173
10.3.1	电动调节阀的工作原理及结构	173
10.3.2	电动调节阀故障检查判断及处理	174
10.3.3	电动调节阀维修实例	182
10.4	阀门定位器的维修	185
10.4.1	阀门定位器故障检查判断及处理	185
10.4.2	阀门定位器维修实例	194
10.5	电磁阀的维修	198
10.5.1	电磁阀的维护	198
10.5.2	电磁阀的维修	198
第 11 章	控制系统的维修	199
11.1	控制系统故障检查判断思路	199
11.2	简单控制系统的维修	200
11.2.1	简单控制系统故障检查判断及处理	200
11.2.2	简单控制系统维修实例	205
11.3	复杂控制系统的维修	208
11.3.1	复杂控制系统振荡的检查及处理	208
11.3.2	串级控制系统故障检查判断及处理	208
11.3.3	串级控制系统维修实例	210
11.3.4	多冲量控制系统故障检查判断及处理	213
11.3.5	多冲量控制系统维修实例	214
11.3.6	均匀控制系统故障检查及维修实例	215
11.3.7	分程控制系统故障检查及维修实例	216
第 12 章	DCS 的维修	219
12.1	DCS 的故障检查判断思路	219
12.2	DCS 的基本构成及日常维护	220
12.3	DCS 的维修	220
12.3.1	DCS 的故障检查判断及处理	220
12.3.2	DCS 维修实例	227

第 13 章 PLC 的维修	234
13.1 PLC 的故障检查判断思路	234
13.2 PLC 的基本构成及日常维护	234
13.3 PLC 的维修	235
13.3.1 PLC 的故障检查判断及处理	235
13.3.2 PLC 维修实例	238
附录 仪表及控制系统故障维修实例一览表	242
参考文献	254



第1章

仪表维修基础知识

1.1 掌握仪表及控制系统的工作原理及结构

仪表维修的内容包括：仪表维护保养、仪表检查、仪表调试校准、仪表修理等工作。做好仪表维修工作，要有敬业精神，还要结合企业实际，对所使用的仪表、控制系统进行学习，掌握仪表及控制系统的工作原理及结构。掌握工作原理可以分析和判断故障产生的原因，掌握仪表的结构可以无损地进行检查和拆卸。学习仪表维修基础知识可从以下几方面入手。

1.1.1 读懂和用好仪表图纸

自动化仪表既有电子元器件，又有机械零部件，因此，在仪表维修工作中，需要掌握仪表电路原理图和机械图。书中将其统称为图纸，这些图纸都是按一定的图形符号绘制的，通过图纸就可以知道仪表及系统的实际电路情况及其机械结构。在日常工作中，可根据仪表及控制系统的图纸进行安装、调试、使用仪表，当出现故障时，可利用图纸对仪表及系统进行检查和修理。识读仪表图纸可按以下步骤进行。

① 熟练掌握仪表及机械图常用的图形和文字符号、如对过程测量与控制图形符号、电子电路图形符号、机械图的符号、基本要素及标注的了解及学习。

② 熟练掌握仪表常用电子元器件的基本知识，如电阻器、电容器、电感器、二极管、三极管、场效应管、集成电路、变压器、继电器等，了解它们的种类、性能、特性及在电路中的作用，根据电子元器件在电路中的作用，就可分析各参数对电路性能和功能会产生什么样的影响。掌握电子元器件的基本知识，对读懂、读通、读透仪表电路图是必不可少的技能。

③ 熟悉一些常见元器件组成的单元电路，如电源电路、整流电路、滤波电路、放大电路、振荡电路、转换电路等。掌握这些单元电路知识，不仅可以加深对电子元器件的认识，而且也是看懂、读懂仪表电路图的基础。



④ 在电路图中寻找自己熟悉的元器件和单元电路，看它们在仪表电路中起什么作用，并会分析外部电路是怎样配合这些元器件和单元电路工作的，以此逐步地扩展，直至理解仪表整机电路。

⑤ 学习仪表电路图，就要结合该仪表的使用说明书，对该仪表的功能、相关的单元电路做深入的了解和分析，在此基础上，把仪表的整机电路图看懂、读通。

⑥ 仪表结构图对指导仪表维修作用很大。这类图形象直观，是很容易识读的，看仪表结构图，最好结合实物及仪表使用说明书来进行。有的仪表说明书中的结构图就是该仪表的装配图，有的则采用了结构分解图，有的则采用了示意图。

1.1.2 阅读仪表使用说明书

说明书又称为用户手册，它是自动化仪表最重要的技术资料。在维修工作中需要通过说明书来获得有用的信息和资料，如仪表的工作原理、电路组成、仪表结构、功能、操作、设定、调校方法等内容，都可以通过说明书来获取。以往的说明书中还有仪表电路原理图或者电路方框图、电子元件布置图等。现在的说明书基本不再提供电路图，但从仅有的方框图中，结合原理叙述还是可以对仪表的工作原理进行了解的。

1.1.3 读懂仪表及控制系统工作原理的书籍

要掌握仪表及控制系统的工作原理，一定要扎扎实实地读懂读好仪表及控制系统工作原理的书籍。所读书籍一定要结合所接触的仪表及控制系统，以做到有的放矢地学习。

1.2 养成良好的维修习惯和安全意识

养成良好的维修工作习惯可以受益一辈子。维修习惯的好坏，决定了维修的效果及质量，仪表维修工作大多是精细活，一定要认真地进行，只有静下心来才有可能深入、全面地考虑问题。如果粗枝大叶、毛手毛脚就有可能把原来的小毛病修成大毛病。所以在仪表维修中一定要做到：严格遵守维修技术规程，工具、仪器要摆放整齐，拆卸仪表要有序地进行，拆卸下来的零部件、螺钉等要分类放置并保管好，要做好记号或用手机拍照。

仪表维修工作所接触的是电气设备，还有有毒有害、有腐蚀的介质，有的又是高空作业，因此一定要把安全放在首位，严格遵守安全操作规程。在现场维修时，要有专人配合，并要有安全保护措施，仪表带电检查修理时，应采取分部通电，应做好拆卸部件间的绝缘，以保证个人及设备的安全。要防止机械损伤、热源烫伤。有的仪表电路板检修时，还应采取措施防止静电对电子元件的损伤。对于防爆现场的仪表维修一定要遵守操作规程，不能使用手机。

1.3 注重维修工作记录及经验的积累

每次维修工作完成，都应做好维修记录，维修记录也是经验积累的重要内容之一。可记录故障现象、维修中是怎样解决问题的、电子元件的代换情况、芯片数据、维修时测量的数据、原始状态及改动后的情况说明等内容；还可以用相机或手机对系统或仪表的全部或局部进行拍照；记录可分门别类地进行，并将其保存在电脑中，为今后工作提供方便。对于维修

失误或判断失误也应进行记录，这可为日后维修提供借鉴。维修中还要注意资料的收集和保管。

随着工作年限的增加，维修记录也在增多，拥有了一套很宝贵和很可观的技术资料了，这对维修工作是大有帮助的，同时也积累了不少的维修经验。

1.4 学会维修资料的查找、收集和保存

只是阅读仪表及控制系统原理的书籍及仪表说明书，对于维修工作的开展还是远远不够的，在日常维修工作中还应该学会维修资料的查找、收集和保存。除了利用现成的技术资料外，利用互联网来查找、收集维修资料，也是很必要的。在网上查找资料，重要的就是要用好搜索时的关键词，既可提高搜索效率，还可达到搜索目的。

在电脑硬盘中建立一个或多个文件夹，用来保存维修记录和维修资料，把日常工作中的维修资料，如维修记录、电子书、图表、元器件数据等分门别类地保存在相应的文件夹中；在网上搜索到的资料也将其存放进来。在网上下载一个文件搜索工具“Everything”，该软件是速度最快的文件搜索工具，但只能搜索 NTFS 分区。对 32 位及 64 位操作系统都支持，可根据自己的操作系统选择下载。该软件下载解压后就可使用，初次使用如果界面是英文时，可进入“tools”（工具），选择“options”（选项），在“general”（常规）的“language”（语言）下拉菜单中选择“简体中文”，点“ok”，就成中文界面了。

1.5 对初学者的建议

（1）要不断实践和思考

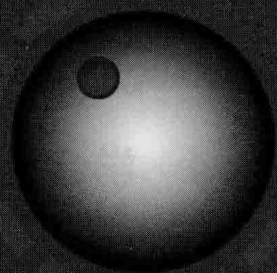
仪表维修是一门需要不断实践及积累经验的技能。想通过参加培训班，找本书看看就可以在仪表维修技术上突飞猛进，是不现实和不切合实际的。仪表维修没有什么捷径可走，虽然我可以在本书中教你一些小的技巧，使你通过这些技巧来判断和解决现场的一些故障，但“技巧”也不是万能的，关键的是要在仪表维修中，不断地实践、积累，并思考才会有提高。所谓思考就是处理故障前先通过故障现象来判断故障产生的原因，在处理过程中要思考是什么原因造成的故障，应该怎样进行修理；故障处理完成后思考一下，在整个的故障处理中，哪一步是合理的，哪一步走了弯路，有没有失误的地方，思考的过程也就是总结经验的过程，随着时间的推移，这就是经验的积累。

（2）要善于技术交流

仪表维修工作的技术交流必不可少，除同事间、同行间进行交流外，还少不了与工艺、电气、机械等工种之间的交流，目的就是获取有用的信息以帮助我们的工作，同仪表生产厂商、代理商的交流也是很重要的一个环节，在遇到仪表或系统有问题难于解决时，可拨打厂商的客服电话，或发邮件反映问题寻求帮助。

（3）要虚心地向老仪表工学习

向老仪表工学习是一个很重要的学习环节。他们从业时间长，有很多实践经验，认真向师傅及老仪表工学习肯定会有收获。



第2章

仪表维修基本技能

仪表维修常用的工具有：电烙铁，试电笔，电工刀，钢丝钳，尖嘴钳，剥线钳，螺丝刀（旋具），扳手，钢锯，管子钳，电钻等。要学会和掌握以上工具的使用，要注意使用安全。

仪表维修常用的仪器有：万用表，兆欧表，过程校验仪，手操通信器，直流电位差计，直流电阻电桥，电阻箱，直流电流表，数字电压表，标准压力表，活塞压力计等。这些仪器都有使用说明书，只要认真阅读和学习说明书及操作规程，就可以掌握操作及使用方法，不再赘述。本章仅对基本技能做介绍。

2.1 万用表的使用

2.1.1 安全、合理地使用万用表

(1) 安全注意事项

使用万用表，每次测量前应对挡位、量程开关位置进行检查。数字万用表虽然有过压、过流保护，也要防止误操作损坏仪表。自动选择量程的数字万用表，也要注意项目开关及输入插孔不能用错。使用时不要触碰表笔金属部分，以防电击事故的发生及影响测量精度。

严禁在测高压或大电流时旋动量程开关，以防止产生电弧、烧毁开关触点。测量较高电压时应单手操作，即先把黑表笔固定在被测电路的公共端，然后手持红表笔去接触测试点，以保证安全。

测量电路板上的在线元件时，要考虑与其并联的其他元件的影响。必要时应焊下被测元件的一端进行测量，对晶体三极管需焊开两个电极才能进行检测。在线测量电阻时，应切断电源进行操作，还要注意有无其他元件与被测电阻形成并联电路，必要时可将电阻从电路中焊开一端，再测量。对有电解电容器的电路，要将电容器放完电后再测量。

表用完后，应将量程开关置于最高电压挡，对于有短接或断开挡的万用表，则应放至相应挡位，以防他人拿用时不注意，损坏仪表。

(2) 合理使用万用表

宜使用数字万用表检测的项目

测量电压数字
测量小阻值电阻
测量对测量精度要求较高的电阻
测量电容器的容量
测量三极管 PN 结的压降
测量小功率三极管的 h_{FE} 值
判断发光二极管的好坏和判断正、负极

宜使用指针万用表检测的项目

判断电容器是否漏电
用电阻法测量集成块和厚膜电路
测量电容器的充、放电过程
测量热敏电阻、光敏二极管
测试一些连续变化的电量和过程
估测二极管、三极管的耐压和穿透电流

2.1.2 电压的测量

(1) 电压测量注意事项

指针万用表选用量程应尽量使指针指示在满刻度的三分之二附近，读数比较准确。不知道被测电压、电流的大小，应选择大量程挡，然后根据读数大小，再重新调整量程，使读数准确。

指针万用表测量直流电压时红笔接“+”，黑笔接“-”，以防止极性反接使表针逆向偏转而损坏表针。不知正负极性的情况下，可先拨至大量程挡，用表笔快速触碰被测点，观察指针摆动方向来判定正确极性。

数字万用表有自动转换极性的功能，测直流电压可不考虑正、负极。如果误用交流电压挡去测量直流电压，或者误用直流电压挡去测量交流电压，将显示溢出符号。

数字万用表测交流电压，要用黑表笔接模拟地 COM，或接被测电压的低电位端，或信号源的公共端，或机壳，以减少测量误差。

数字万用表直流电压挡的输入电阻较大，一般为 $10\text{M}\Omega$ ，测量较大内阻信号电压误差很小。但测量输入电阻大于 $10\text{M}\Omega$ 的信号，要考虑输入电阻的旁路影响。

(2) 直流电压的测量

① 测量变送器回路的电压 图 2-1 是个变送器的测量回路。用万用表直流电压挡测量 a、b 两端及 c、d 两端的电压，可以判断变送器测量回路是否正常。

- 若 a、b 两端的电压大于 24V，可以判断供电电源异常，应检查 24V 供电。

- 用万用表测量 a、b 两端的电压在 24V 左右，表明变送器基本能正常工作，测量 c、d 两端的电压在 1~5V 范围内变化，

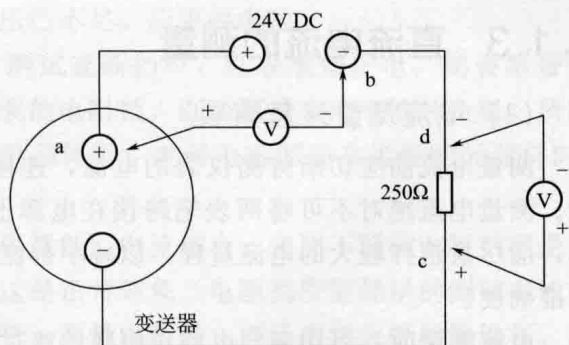


图 2-1 测量变送器回路电压示意图



表明变送器有输出电流且能正常工作。如 a、b 两端的电压略高于 24V，而 c、d 两端的电压等于 0V 时，可能变送器有故障。

- 若 a、b 两端的电压等于 0V，有可能是 24V 供电中断，或者回路连接有开路故障，或者回路的线接反了，这时 c、d 两端的电压将 $\leq 0V$ 。

- 若 a、b 两端的电压很低或者等于 0V，有可能是回路出现短路故障，此时回路的电流会很大，如果 c、d 两端的电压 $\geq 5V$ 时，有可能是变送器内部短路，如果 c、d 两端的电压很低或者为 0V 时，有可能是连接线路短路或接地，而且故障点应该在线路进 DCS 板卡之前。

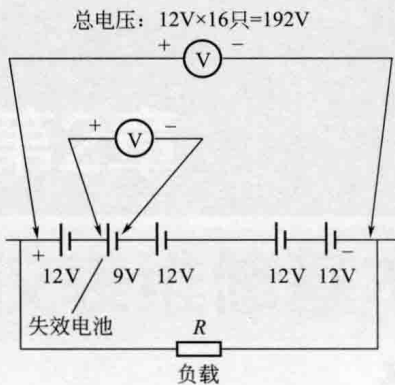


图 2-2 UPS 电池组中
找出失效电池示意图

② UPS 电池组电压测量 UPS 电池组的电池必须定期更换。作为预防性维护，通过测量电池组总电压来判断电池是否正常。有的电池由于各种原因会提前失效，需要在电池组中找出失效电池。在带负载的状态下，按图 2-2 测量电池组总电压并找出失效电池，该图只是一个例子。

当电池组总电压小于总电压减单只电池的电压时，表明也有电池失效。可测量各个电池的电压找出失效电

池，失效电池的输出电压会比其他电池低，或者输出电压为零，有的失效电池极性还会是反的，找出失效电池进行更换。

③ 热电偶的热电势测量 测量热电偶的热电势可以用数字万用表。数字万用表毫伏电压挡的量程大多为 200mV 或 400mV，电压分辨力为 0.1mV。被测电压小于 2mV 测量误差会增大，贵金属热电偶的温度热电势较小，读数误差会很大，最好是用直流电位差计测量。

廉金属热电偶或补偿导线，如果标识看不清楚，无法知道分度号或极性时，可以用数字万用表来判断。方法如下：

把要检测的热电偶或补偿导线的热端放入沸水（温度接近 $100^{\circ}C$ ）或饮水机放出的热水（接近 $80^{\circ}C$ ）中，在另一端用数字万用表直流毫伏挡测量热电势，读取的毫伏值加上室温对应的毫伏值是沸水或热水温度对应的总毫伏值。在热电偶分度表中找出在 $100^{\circ}C$ 或 $80^{\circ}C$ 时，哪种分度号热电偶的毫伏值最接近总毫伏值，可判断是该分度号的热电偶或补偿导线。显示的极性为正，则红表笔所接的是正极，黑表笔所接的是负极，显示极性为负则极性正好相反。

2.1.3 直流电流的测量

(1) 电流测量注意事项

测量电流前应切断待测仪表的电源，连接好万用表后再送电测量，不能带电串入万用表。测量电流绝对不可将两表笔跨接在电源上，以免烧坏表头。电源内阻和负载电阻都很小，应尽量选择较大的电流量程，以减小分流电阻值，从而减小分流电阻上的压降，提高测量准确度。

电流测量时，万用表与电路相串联，流过电路的电流也流过万用表。不知被测电流大小时，先拨至最高量程挡测量一次，再视情况逐渐把量程减小到合适位置。

(2) 直流电流的测量

① 测量执行器回路的电流 图 2-3 是一个执行器回路，用万用表直流电流挡测量控制信号或阀位反馈信号的电流，可以判断执行器工作是否正常。

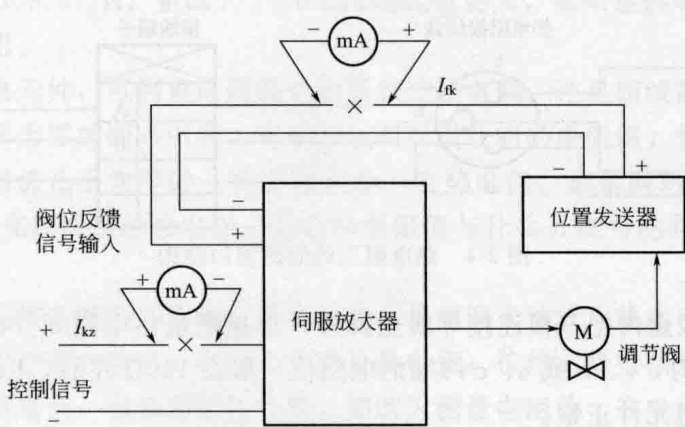


图 2-3 测量执行器回路电流示意图

- a. 当 I_{kz} 及 I_{fk} 的电流在 4~20mA 范围内，表明控制器及执行器能正常工作。
- b. 当 I_{kz} 的电流大于 20mA，可能是负载短路，或者控制器出现异常，应检查伺服放大器及控制器，检查控制器是否设置有故障限位，控制器 AO 卡件是否有故障。 I_{fk} 的电流大于 20mA，先观察调节阀是否已全开，阀门没有全开，则阀位反馈电路有故障。
- c. 当 I_{kz} 测不出电流，即电流等于 0，有可能是控制回路出现故障，如 AO 卡件有故障，控制器至伺服放大器的输入连接线路开路。当 I_{fk} 的电流 $\leq 4\text{mA}$ 时，先观察调节阀是否已完全关闭；而 I_{fk} 的电流等于 0 时，可能是阀位反馈电路有问题，如反馈电路供电中断，或者执行器反馈机构有故障。

② 间接测量电流的方法 测量电流需要断开被测回路串入电流表，很麻烦，如果回路中有阻值较低又是无感的电阻，则可用万用表的直流电压挡测量电阻两端的电压，根据欧姆定律算出流过该电阻的电流，在电路中临时加个限流电阻也可以间接测量电流。

2.1.4 电阻的测量

(1) 电阻测量注意事项

指针式万用表测量电阻时，使用前要调零，改变量程挡后还要重新调零，读数才能准确。如果指针调不到零位时，说明表内电池电压已不足，应更换电池。

使用数字万用表的电阻挡、测二极管挡、测试通断挡时，红表笔带正电，黑表笔带负电，这与指针式万用表正好相反。指针式万用表的电阻挡，红表笔接表内电池的负极，所以带负电；黑表笔接电池正极，因此带正电。测量晶体管、电解电容器等有极性的元器件时，必须注意表笔的极性。

由于各电阻挡的最大测试电流不相等，量程越低，电流越大。使用不同的电阻挡测量同一个非线性元件时，测出的电阻值会有差异，这是正常现象。电阻挡所能提供的测试电流很小，所以不能用数字万用表的电阻挡测试晶体管。测量电阻时，两手应持表笔的绝缘杆，以免人体等效电阻并联引入测量误差。