



仪表维修工技术培训读本

在线分析仪表

江光灵 主编

依据化工仪表维修工国家职业标准

设定学习目标并配有思考与练习题



化学工业出版社

仪表维修工技术培训读本

在线分析仪表

江光灵 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书是《仪表维修工技术培训读本》之一，着眼于工业现场常用的分析仪表类型，主要介绍在线分析仪表的取样系统，热导式分析仪的原理、结构、维护与检修以及典型仪表，氧分析仪有关知识和维护方法，红外气体分析仪的内容，可燃性、有毒气体报警器的基本原理和工业电导仪的有关知识；并且对露点、水分检测知识和工业在线色谱仪的有关知识进行了介绍。每章前面有学习目标，后面配有思考与练习题，便于自学和组织仪表技术工人的培训。

本书可作为仪表维修工技术培训和职业技能鉴定教材，也可作为中、高等职业院校仪表控制专业的实训教材，还可供自控工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

在线分析仪表/江光灵主编. —北京: 化学工业出版社,
2006.8
仪表维修工技术培训读本
ISBN 7-5025-8727-6

I. 在… II. 江… III. 分析仪器-维修 IV. TH830.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 098776 号

仪表维修工技术培训读本

在线分析仪表

江光灵 主编

责任编辑: 赵丽霞 刘 哲

文字编辑: 徐卿华

责任校对: 陈 静

封面设计: 于 兵

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

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

*

新华书店北京发行所经销

北京永鑫印刷有限责任公司印刷

三河市前程装订厂装订

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 12½ 字数 335 千字

2006 年 9 月第 1 版 2006 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-8727-6

定 价: 25.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

《仪表维修工技术培训读本》编写委员会

主任：王永红

副主任：何立雄

委员：王永红 何立雄 朱光衡 邓素萍 张国华
江光灵 王 霆 朱晓宁

化学工业出版社图书推荐

仪表培训园地

为配合企业对仪表技术工人进行职业技能鉴定及培训，根据国家有关部门职业技能鉴定标准，结合企业技术工人的现状，现推荐化学工业出版社出版的一批培训教材。

《职业技能鉴定培训用书 化工仪表维修工》 68.00 元

以国家职业标准为依据，适用于化工仪表维修技师、高级工的培训。

《职业技能鉴定培训读本（技师）仪表维修工》 26.00 元

《职业技能鉴定培训读本（技师）在线分析仪表维修工》 27.00 元

《职业技能鉴定培训读本（高级工）仪表维修工》 30.00 元

《职业技能鉴定培训读本（中级工）仪表维修工》 25.00 元

《仪表工试题集（第二版）·现场仪表分册》 32.00 元

《仪表工试题集（第二版）·控制仪表分册》 35.00 元

以试题形式编写的培训教材，内容完整连贯，备受读者欢迎，累计销量已达 5 万余册。

《自动化仪表故障处理实例》 45.00 元

选择工业自动化仪表在运行中已经发生过的仪表故障实例，一事一议，单独成篇，按照故障现象、故障原因、分析判断、故障处理进行编排。累计销量已超万册。

要了解以上图书的内容简介和详细目录，请浏览我们的网站：
<http://www.cip.com.cn>

各大书店均有销售。也欢迎直接向出版社邮购（邮费为书价的 10%）

地 址：(100029) 北京市朝阳区惠新里 3 号 化学工业出版社

邮 购：010-64918013, 64982530

编 辑：010-64982556（刘哲）

营 销：010-64982532（段志兵）

前 言

随着科学技术的发展，在石油、化工、炼油、电力、轻工和冶金等行业的连续生产过程中，自动化水平日益提高，仪表检测和自动控制的地位越来越重要。仪表维修人员的综合素质，直接影响到仪表的安装、维护和检修质量，关系到工厂企事业单位的正常运行和经济效益。应广大仪表维修人员的要求，化学工业出版社组织南京化工职业技术学院、中石化扬子石化公司、中石化南化集团公司等单位编写了《仪表维修工技术培训读本》丛书，包括《仪表维修基础》、《检测仪表与控制仪表》、《过程控制系统》、《计算机控制与装置》、《可编程控制器与紧急停车系统》和《在线分析仪表》。

为保证本套丛书的质量，成立了仪表维修工技术培训读本编写委员会，编写人员均为生产一线具有丰富生产经验的工程技术专家或具有多年丰富的教育培训教学经验的教师。根据国家《化工仪表维修工》职业标准的有关规定，结合工厂企业的生产特点，借鉴当前仪表维修工的实际工作经验，为仪表维修职业教育、职业培训和仪表维修工职业技能鉴定，提供一套具有充实内容的教材和参考书。

随着科学技术的不断发展，人们对物质的认识从表面深入到内部，成分分析随着现代生产工艺的要求，从实验室走到现场。成分分析成为生产过程和产品质量保证必不可少的一个重要环节。掌握在线分析仪表的一般使用方法和维护技能是企业工艺操作人员、仪表维修人员和技术管理人员必备的素质和能力。

本书是《仪表维修工培训读本》之一，由于分析仪表类型繁多，工作原理复杂，技术难度相对要求较高，所以本书着眼于工业现场常用的分析仪表类型，主要介绍了在线分析仪表的取样系统，热导式分析仪的原理、结构、维护与检修以及典型仪表，氧分析仪

有关知识和维护方法，红外线气体分析仪的内容，可燃性、有毒气体报警器的基本原理和工业电导仪的有关知识；并且对露点、水分检测知识和工业在线色谱仪的有关知识进行了介绍。每章前面有学习目标，后面配有思考题，便于自学和组织仪表技术工人的培训。

本书第1章~第3章、第6章和第8章由江光灵编写；第4章由卢忠东编写；第5章和第7章由刘大军编写。江光灵担任主编并负责全书统稿工作，由王永红审稿。

本书可作为仪表维修工技术培训和职业技能鉴定教材，也可作为中、高等职业院校仪表控制专业学生的教材，还可供广大自控工程技术人员参考。

由于编者水平有限，书中难免存在不足之处，恳请广大读者批评指正。

编者

2006年4月

目 录

第 1 章 取样系统	1
1.1 取样系统的基本要求和选用时的主要依据	2
1.1.1 基本要求	2
1.1.2 设计与选用取样系统的主要依据	5
1.2 取样系统的分类与组成	8
1.2.1 取样系统的分类	8
1.2.2 取样系统的组成.....	11
1.3 取样探头.....	12
1.3.1 对取样探头的要求.....	12
1.3.2 直通式取样探头.....	12
1.3.3 流线型取样探头.....	13
1.3.4 陶瓷过滤取样探头.....	13
1.3.5 蒸汽罩-水冷式取样探头	15
1.3.6 喷水式取样探头.....	15
1.3.7 喷气式取样探头.....	17
1.4 冷却器.....	18
1.4.1 对冷却器的一般技术要求.....	18
1.4.2 水冷式冷却器.....	18
1.4.3 冰箱式冷却器.....	19
1.4.4 电子制冷器.....	20
1.5 过滤器.....	21
1.5.1 对过滤器的一般技术要求.....	21
1.5.2 陶瓷过滤器.....	21

1.5.3	编织纤维（或纤维）过滤器	22
1.5.4	化学过滤器	23
1.5.5	水洗涤剂	24
1.5.6	干燥器	25
1.6	取样泵	26
1.6.1	对取样泵的一般技术要求	26
1.6.2	喷射泵（射流泵）	26
1.6.3	落水泵	28
1.6.4	刮板泵	28
1.6.5	隔膜泵与电磁泵	29
1.7	压力、流量指示与调节器	30
1.7.1	电子式流量计	31
1.7.2	并联分路式稳流器	33
1.7.3	绝对压力调节器	34
1.8	参数调节部件的设计	35
	思考与练习	37
第2章	热导式气体分析仪	38
2.1	热导式气体分析仪的工作原理	38
2.1.1	混合气体的热导率及其组成关系	38
2.1.2	测量原理	45
2.1.3	热导池结构参数的选择	52
2.2	热导式气体分析仪的测量桥路	53
2.2.1	单电桥测量线路	53
2.2.2	双电桥测量线路	57
2.3	热导式气体分析仪热导池的结构	59
2.3.1	热导池的结构类型	59
2.3.2	热导池中电阻丝的材料及支撑方法	60
2.3.3	热导池的壁温变化对测量的影响及其消除方法	62

2.4	仪表测量桥路的调校与标定	62
2.4.1	单电桥测量系统	63
2.4.2	双电桥测量系统	65
2.5	热导式气体分析仪的维护与检修	66
2.5.1	维护	66
2.5.2	校准	67
2.5.3	检修	69
2.5.4	仪表的投运和停运	72
2.6	热导式气体分析仪运行常见故障及消除方法	73
2.7	典型仪表介绍	77
2.7.1	RD系列热导式气体分析仪	77
2.7.2	643M.23型热导式氢分析仪	84
	思考与练习	97
第3章	氧分析仪	100
3.1	氧气的磁特性	101
3.1.1	气体的磁特性	101
3.1.2	混合气体的磁特性	103
3.2	热磁式氧分析仪	104
3.2.1	热磁对流	104
3.2.2	测量原理	107
3.2.3	发送器的结构	108
3.3	磁力机械式氧分析仪	116
3.3.1	测量原理	116
3.3.2	结构组成	117
3.3.3	特点	119
3.4	氧化锆氧分析仪	119
3.4.1	氧化锆电解质的性质	119
3.4.2	氧浓差电池原理	120

3.4.3	氧浓差电池的特性	123
3.4.4	检测器	124
3.4.5	测量系统	127
3.5	氧分析仪的误差分析	133
3.5.1	基本误差	133
3.5.2	附加误差	134
3.6	氧分析仪常见故障及消除方法	138
3.6.1	热磁式氧分析仪	138
3.6.2	CJ 系列磁力机械式氧分析仪	141
3.7	氧分析仪的维护与检修	144
3.7.1	仪表的维护	144
3.7.2	仪表的校准	145
3.7.3	仪表的检修	146
3.8	典型仪表介绍	152
3.8.1	CD 型热磁式氧分析仪	152
3.8.2	QZS-5101 型热磁式氧分析仪	155
3.8.3	CJ-01 型磁力机械式氧分析仪	163
3.8.4	西门子 OXYMAT 6 型氧分析仪分析原理简述	172
	思考与练习	173
第 4 章	红外气体分析仪	175
4.1	红外气体分析仪工作原理	175
4.1.1	红外吸收光谱法	175
4.1.2	红外气体分析仪的基本原理	176
4.1.3	红外气体分析仪的类型	178
4.1.4	红外气体分析仪组成及主要部件	182
4.2	典型红外分析仪表介绍	194
4.2.1	测量原理	195
4.2.2	QGS-08 型分析器结构	196

4.2.3	仪表的安装和调整	198
4.2.4	故障及排除方法	199
	思考与练习	200
第5章	可燃性、有毒性气体检测报警器	202
5.1	概述	202
5.2	可燃性气体监测	202
5.2.1	概述	202
5.2.2	可燃性气体检测报警器工作原理	203
5.2.3	可燃性气体检测报警器特点	205
5.2.4	可燃性气体检测报警器的选型	206
5.2.5	可燃性气体检测报警器的检定	207
5.2.6	可燃性气体检测报警器的安装	210
5.3	有毒气体监测	211
5.3.1	有毒性气体检测报警器特点	211
5.3.2	其他	212
5.4	典型传感器及实用电路介绍	212
5.4.1	半导体气敏传感器	214
5.4.2	接触燃烧气敏传感器	217
5.4.3	温差火灾报警传感器	218
5.4.4	烟雾传感器	218
	思考与练习	219
第6章	工业电导仪和工业 pH 计	225
6.1	工业电导仪的测量原理	226
6.1.1	电导率与溶液浓度的关系	226
6.1.2	溶液电导(电阻)的测量方法	228
6.1.3	刻度方法及电极常数的确定	233
6.2	电导池的结构和影响电导测量的因素	235
6.2.1	电导池的结构	235

6.2.2	影响电导测量的因素	236
6.3	工业电导仪	239
6.3.1	DDD-32 型工业电导仪	239
6.3.2	ZDS 型智能化电导式硫酸浓度计	259
6.3.3	E53 型感应式电导率分析仪	280
6.4	工业 pH 计	288
6.4.1	pH 计的测量原理	288
6.4.2	电极的结构	293
6.4.3	PHG-21B 型工业 pH 计	299
	思考与练习	305
第 7 章	湿度与水分测量	306
7.1	湿度及其表示方法	306
7.2	湿度测量	307
7.2.1	固体湿度测量	307
7.2.2	气体湿度测量	312
	思考与练习	316
第 8 章	工业在线色谱仪	317
8.1	色谱分析法的基本原理及组成结构	317
8.1.1	色谱分析法的基本原理	317
8.1.2	气相色谱仪的基本组成	320
8.2	色谱的性能指标	320
8.2.1	柱效率	320
8.2.2	选择性	321
8.2.3	分辨率	321
8.2.4	柱变量	322
8.3	色谱柱	323
8.3.1	色谱柱的分类	323
8.3.2	柱的形状及柱管材料	323

8.3.3	对工业色谱柱的要求	324
8.3.4	气液柱(分配柱)	324
8.3.5	气固柱(吸附柱)	326
8.3.6	柱的制备	327
8.4	操作条件对色谱分离效率的影响	328
8.4.1	色谱柱工作温度的影响	328
8.4.2	载气压力的影响	328
8.4.3	载气流速的影响	328
8.4.4	载气性质的影响	329
8.4.5	进样量与进样时间的影响	329
8.4.6	载气中的水分、氧、微量有机物的影响	329
8.5	检测器和恒温槽	329
8.5.1	检测器	329
8.5.2	恒温槽	336
8.6	控制线路	337
8.6.1	稳压电源	338
8.6.2	色谱柱及检测器的温度控制线路	338
8.6.3	程序控制电路	338
8.7	信息处理	341
8.7.1	常规的信息处理办法	341
8.7.2	微机信息处理办法	342
8.8	工业色谱仪的取样、预处理系统	343
8.8.1	取样装置	343
8.8.2	预处理系统	345
8.9	色谱仪的取样及柱切技术	348
8.9.1	取样阀	348
8.9.2	柱切技术	350
8.10	工业色谱仪的维护与检修	351

8.10.1	工业色谱仪的日常维护	351
8.10.2	工业色谱仪的检修	353
8.11	常见故障及排除方法	356
8.11.1	基线不稳	357
8.11.2	无峰或峰太低	358
8.11.3	出乱峰	359
8.11.4	重复性不好的故障	360
8.12	工业色谱仪的标定与检定	362
8.12.1	工业色谱仪的标定	362
8.12.2	工业色谱仪的检定	362
8.13	典型工业在线色谱仪	366
8.13.1	CX6710型色谱仪的主要技术性能	367
8.13.2	仪器的组成和结构特点	367
8.13.3	仪器的气路、电路分析	368
	思考与练习	383
	参考文献	384

第 1 章 取样系统

学习目标

1. 了解取样系统对在线分析仪器正常工作的重要性。
2. 掌握取样系统的组成，取样系统各部分的性能及日常的维护方法。
3. 理解取样系统在不同的取样环境所采取的实际方法。

取样系统是自动取样和样品预处理的简称，是自动分析仪器的的重要组成部分，它是由一些机械和电气部件组成的一种流程系统。其功能是由分析对象中取出具有代表性的样品，并对所分析的样品进行物理、化学上的预处理，对样品的温度、压力、流量进行控制，使之符合分析仪器的要求。完整的自动成分分析仪器，主要由取样系统、发送器系统、电信号处理系统三大部分组成。其中电信号处理部分，是把发送器部分获得的电信号进行放大，并根据需要对放大后的信号进行数据处理，最后用不同的方式显示与记录其分析结果。取样系统是确保仪器正常工作不可缺少的部分。它的功能是选取被分析物质，经过一定的预处理（如冷却、过滤等）与控制（温度、湿度、压力、流量的控制等），然后把符合分析仪器要求的样品送入仪器的发送器部分，进行分析。根据使用条件不同，取样系统是千变万化的，有时它非常简单，甚至仅是一条取样管道，但有时它却相当复杂。取样系统一般由一些通用的部件组成，如各种取样探头、进样阀、过滤器、冷却器、稳压阀、稳流阀、流量和压力指示器、电磁阀、切换阀及各种程序控制器等。取样系统的确立与使用条件有着极为密切的联系，同一台仪器在不同的使用部门，其取样系统可能是完全不同的。例如一台自动分析仪器使用在环境条件良好、样品温度为室温、压力稳定且样品洁净不含腐蚀性杂质



及机械杂质的地方（如空分制氧设备中），其取样系统可能非常简单，甚至简化到只有一段取样管道。相反，这台仪器使用在环境条件恶劣、样品温度很高、压力不稳且样品中含有大量的灰尘及水分、还有数量可观的腐蚀性气体的地方（如高炉排出气体），则取样系统相当复杂。所以仪器使用在不同的地方就需要采用不同的取样系统。

任何仪器只有在一定的条件下才能充分地发挥作用。尤其重要的是，分析仪器普遍存在着背景组分的干扰问题，这些组分的物理、化学性能往往对仪器的分析结果有某种影响，而这种影响达到一定的程度后，就会破坏分析数据的可靠性和正确性。在这种情况下，若能设计出性能良好的取样系统，就可能降低这种不利影响而改善仪器的分析性能。相反，若不考虑所使用的分析仪器的特点，而随意选择不合理的取样系统，就有可能使分析仪器的性能更加恶化。所以，在选用取样系统之前，要对仪器的性能及特点有广泛的了解，这样才能充分地发挥仪器的作用。但是大多数分析仪器并不是仅为某种特殊用途而设计的专用仪器，它具有一定的通用性。在仪器设计时认为，分析样品是干净的，灰尘含量、水分含量不超过某一数值，样品中不应含有可能腐蚀仪器的物质等。显然，大多数使用现场都不符合这种要求，因此就需要用不同的取样系统把使用现场的条件加以改造，使之满足分析仪器的需要。通过对使用现场的了解，人们发现，现场情况是非常复杂的，它与分析仪器的要求相差甚远。要缩小这一差距的途径有两个：一是通过改进分析仪器的设计来解决，使之符合现场的要求；二是通过设计合适的取样系统来改善使用条件，使之满足分析仪器的要求。

本章讨论的主要内容是后者，即针对不同的使用现场情况，设计选用不同的取样系统。

1.1 取样系统的基本要求和选用时的主要依据

1.1.1 基本要求

取样系统包括自动取样和样品的预处理两个方面。首先，它要