

YIBIAO WEIXIU CAOZUO JICHU



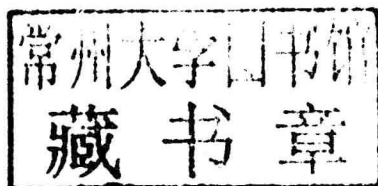
仪表维修操作基础

施迎春 朱 庆 方 林◎主编

石油工业出版社

仪表维修操作基础

施迎春 朱 庆 方 林 主编



石油工业出版社

内 容 提 要

本书介绍了仪表及化工自动化的基础知识、安全仪表系统基础知识,还介绍了自动化仪表工程施工及验收、过程测量仪表维护及故障处理、自动控制系统的投运、控制系统的投运及操作中的常见问题等内容,有助于炼油化工企业提高仪表维修及自动化岗位员工的基础理论和专业技术水平。

本书适合炼化企业仪表维修及化工自动化岗位的一线员工及基层管理者阅读和参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

仪表维修操作基础/施迎春,朱庆,方林主编.

—北京:石油工业出版社,2016.7

ISBN 978-7-5183-1307-5

I. 仪…

II. ①施… ②朱… ③方…

III. 仪表-维修

IV. TH707

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 116668 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网址:www.petropub.com

编辑部:(010) 64523546 图书营销中心:(010) 64523633

经 销:全国新华书店

印 刷:北京中石油彩色印刷有限责任公司

2016 年 7 月第 1 版 2016 年 7 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:15

字数:365 千字

定价:64.00 元

(如出现印装质量问题,我社图书营销中心负责调换)

版权所有,翻印必究

《仪表维修操作基础》

编 委 会

主 任：郑 军

副主任：施迎春 牛占文

成 员：于宝才 袁海涛 谭剑慈 姜新风

沈晓峰 刘 涛

主 编：施迎春 朱 庆 方 林

编 写 组

组 长：牛占文

副组长：刘 涛

成 员：朱 庆 方 林 方 正 王春梅 马 亮

马 波 姜德华 周太文 张鹏龙 吴 春

孙宏庆 徐 峰 董春雨 郭苏敏 潘晓庆

姜云庆

前 言

为了进一步强化石油化工行业技能人才队伍建设，满足石油化工企业职业技能培训的需要，大庆油田化工有限公司东昊分公司结合各厂专业人员组织编写本书。

在编写过程中，编者着重着眼于石油化工企业现状，突出针对性、典型性的原则。并注重自动化仪表从业人员培训特点，理论结合实际，能够为石油化工企业从事相关行业的仪表专业人员提供技术参考，使技术人员随用随查，方便快捷地解决工作中的问题。

本书包括自动化仪表基础知识、安全仪表知识以及日常修理维护知识。其中基础知识包括化工及自动化仪表概述、测量知识、常用仪器和过程检测仪表等内容，内容由浅入深，语言通俗易懂。

本书由大庆油田化工有限公司东昊分公司组织编写，主编施迎春、朱庆、方林，参加编写人员还有方正、王春梅等。石油工业出版社有限公司对本书的编写和出版给予了协助与配合，在此表示感谢。

由于不同企业生产装置所用到的仪表设备、复杂程度都有不同，仪表设备更新较快，编写难度较大，难免有疏漏不足之处，敬请读者对本书提出宝贵建议和意见，以便及时修订补充。

目 录

第一章 仪表及化工自动化概述	(1)
第一节 化工自动化技术的意义	(1)
第二节 化工自动化技术的发展	(1)
第三节 自动化仪表的分类	(2)
一、按照仪表使用功能分类	(2)
二、按照仪表工作能源分类	(3)
三、按照仪表结构形式分类	(3)
四、按照使用场合分类	(3)
第二章 仪表及化工自动化基础知识	(4)
第一节 测量的基础知识	(4)
一、测量误差	(4)
二、测量误差产生的原因	(5)
三、测量误差的分类	(6)
第二节 仪表的质量指标与性能指标	(8)
一、仪表变差	(8)
二、仪表准确度	(8)
三、灵敏度	(9)
四、其他指标	(9)
第三节 常用仪器	(9)
一、万用表	(10)
二、标准电流表	(10)
三、标准电压表	(10)
四、压力校验仪	(11)
五、数字频率仪	(12)
六、手持通讯器 (手持终端 375)	(12)
七、回路校验仪	(13)
第四节 过程检测仪表	(13)
一、压力检测及仪表	(13)
二、流量检测仪表	(15)
三、温度检测仪表	(25)
四、物位检测及仪表	(32)
第五节 过程仪表选型	(40)
一、温度仪表	(40)

二、压力仪表	(41)
三、流量仪表	(42)
四、物位仪表	(44)
第六节 调节阀	(45)
一、调节阀的结构	(45)
二、调节阀的执行机构	(45)
三、调节阀的调节机构	(50)
四、调节阀上阀盖的结构形式	(55)
五、调节阀阀芯结构形式	(56)
六、调节阀的流量特性	(57)
七、调节阀附件	(62)
八、调节阀的校验	(72)
九、调节阀的选型	(74)
第三章 控制系统基础知识	(88)
第一节 自动控制系统基本概念	(88)
一、自动控制系统的组成	(88)
二、自动控制系统的分类	(88)
三、自动控制系统方块图	(89)
四、工艺管道及控制流程图	(90)
五、自动控制系统的过渡过程	(98)
第二节 控制规律	(100)
一、比例控制规律	(101)
二、积分控制规律	(102)
三、微分控制规律	(103)
四、比例积分微分控制规律	(104)
第三节 简单控制系统	(104)
一、被控对象的通道	(105)
二、被控对象的类型	(105)
三、被控对象的特点	(106)
第四节 被控对象特性参数	(106)
一、被控对象的容量与容量系数	(106)
二、放大系数	(107)
三、时间常数	(108)
四、被控对象的滞后	(110)
第五节 信号报警联锁保护系统	(111)
一、概述	(111)
二、信号报警系统	(113)
三、联锁保护系统	(122)
第六节 串级控制系统	(123)

一、串级控制系统的组成	(123)
二、串级控制系统的特点与适用场合	(125)
第七节 计算机控制系统	(126)
一、可编程逻辑控制器概述	(126)
二、输入输出模块	(128)
三、PLC 安装与使用	(130)
四、PLC 常用程序的结构形式	(133)
五、PLC 的外部连接	(134)
第八节 集散控制系统	(135)
一、集散控制系统概述	(135)
二、JX-300XP 系统	(136)
三、JX-300XP 系统组态介绍	(139)
四、表面活性剂厂 $3 \times 10^4 \text{ t/a}$ 磺化装置 (I 期) DCS 系统介绍	(157)
第九节 化学反应器的自动控制	(169)
一、反应器的类型	(169)
二、化学反应器的控制要求	(169)
三、化学反应器的被控制变量选择	(170)
四、化学反应器的基本控制方案	(171)
五、绝热化学反应器的控制方案	(173)
六、非绝热化学反应器的控制方案	(174)
第四章 过程测量仪表维护及故障处理基础知识	(175)
第一节 压力变送器的维护	(175)
一、常见压力变送器的维护方法	(175)
二、压力变送器常见故障及处理	(175)
第二节 双法兰液位计维护	(176)
一、常见双法兰液位计维护方法	(176)
二、双法兰液位计常见故障及处理	(176)
第三节 导波雷达液位计维护	(177)
一、导波雷达液位计维护方法	(177)
二、导波雷达液位计常见故障及处理	(177)
第四节 磁致伸缩液位计维护	(178)
一、磁致伸缩液位计维护方法	(178)
二、磁致伸缩液位计常见故障分析	(178)
第五节 涡街流量计维护	(179)
一、涡街流量计维护方法	(179)
二、涡街流量计常见故障与处理	(180)
第六节 质量流量计维护	(181)
一、质量流量计维护方法	(181)
二、质量流量计常见故障与处理	(181)

第七节 电磁流量计维护	(182)
一、电磁流量计维护方法	(182)
二、电磁流量计常见故障与处理	(183)
第八节 热电阻温度计维护	(184)
一、热电阻温度计维护方法	(184)
二、热电阻温度计常见故障与处理	(184)
第九节 热电偶温度计维护	(185)
一、热电偶温度计维护方法	(185)
二、热电偶温度计常见故障与处理	(185)
第十节 温度变送器常见故障及处理	(186)
一、温度变送器无输出	(186)
二、温度变送器输出不小于 20mA	(186)
三、温度变送器输出不大于 4mA	(186)
四、温度变送器输出精度不合要求	(186)
五、指示温度不正确	(186)
第五章 安全仪表系统基础知识	(187)
第一节 安全仪表系统基本概念	(187)
一、SIS 的发展过程	(187)
二、SIS 的故障类型	(188)
三、SIS 配置的安全性和可用性	(188)
四、SIS 和 DCS 的区别	(188)
五、SIS 的独立性	(189)
六、关于 SIS 的认证	(189)
第二节 故障安全控制系统	(189)
第三节 安全仪表的安全性	(190)
一、输入的外部设备	(190)
二、输出的外部设备	(191)
三、在线监测功能	(191)
四、故障模块更换与在线操作	(191)
第六章 自动化仪表工程施工及验收	(192)
第一节 仪表安装施工	(192)
一、自动化仪表安装与调试施工程序	(192)
二、自动化仪表的安装过程	(194)
三、自动化仪表安装方式	(195)
第二节 仪表供电	(195)
一、术语和定义	(195)
二、仪表供电范围和负荷等级	(196)
三、仪表供电系统的配置	(196)
四、供电器材的选择及电源系统的配线	(198)

第三节 仪表供气系统	(199)
一、控制室供气	(199)
二、现场供气	(199)
第四节 仪表接地	(200)
一、接地的分类	(200)
二、接地连接方法	(201)
三、接地系统接线	(202)
四、接地电阻	(203)
第五节 仪表盘、箱、柜的安装	(203)
一、仪表盘、柜、台	(203)
二、仪表箱	(204)
三、仪表盘、箱、柜的安装方式	(204)
第六节 仪表汇线槽、桥架的制作与安装	(204)
第七节 仪表电缆的敷设	(205)
一、信号电缆敷设	(206)
二、电缆终端制作	(207)
三、系统电缆	(207)
四、补偿电缆的敷设	(207)
第八节 仪表管线的敷设	(208)
一、电缆(线)保护管敷设	(208)
二、仪表气动管路的安装要求	(209)
三、导压管的安装要求	(211)
四、仪表伴热系统安装	(215)
第九节 自动化仪表工程的验收	(216)
一、仪表的单体调校	(216)
二、自控仪表的系统调校	(217)
三、试车(开车)	(219)
第七章 控制系统的投运及操作中的常见问题	(220)
第一节 控制系统的投运	(220)
一、准备工作	(220)
二、综合检查	(221)
三、控制器正反作用的确定及检查	(221)
四、调节阀的现场校验	(223)
五、控制器的参数整定	(223)
第二节 控制系统运行中的常见问题	(224)
一、现场仪表系统故障的基本分析步骤	(224)
二、四大测量参数控制系统故障分析步骤	(225)
参考文献	(227)

第一章 仪表及化工自动化概述

自动化技术的进步推动了石油化工生产的飞速发展。由于采用了自动化仪表和自动控制装置，使产品的产率和质量得到提高与改善。

石油化工自动化是石油化工等生产过程自动化的简称。在石油化工生产装置上，配备必要的自动化仪表及自控装置，代替操作人员的部分直接劳动，使生产在不同程度上自动地进行，这种用自动化装置来操作、管理、控制石油化工生产过程的方法，称为石油化工自动化。为实现石油化工自动化而采用的技术，称为石油化工自动化技术。

第一节 化工自动化技术的意义

石油化工生产过程自动化的意义在于：

(1) 提高产品的产量和质量，降低产品生命周期成本。在人工操作的生产过程中，由于人的五官、手、脚对外界直接的观察与控制的精确度和速度是有一定限度的，而且由于体力关系，人直接操纵设备的效率也是有限的。如果用自动化装置代替人的操纵，则以上情况可以得到有效改善，并且通过自动控制系统，可以使生产过程在规定条件下进行，从而提高产品产量和质量，降低能耗，实现优质高产。

(2) 减轻劳动强度，改善劳动条件。多数石油化工生产过程是在高温、高压或低温、低压下进行，加工的原料和生产的产品很多是易燃、易爆或有毒、有腐蚀性、有刺激性气味。实现了生产自动化，装置操作人员通过自动化装置来监控生产过程，从而减少了直接从事危险操作的工作量。

(3) 保证生产安全，防止或减少事故发生或扩大，延长设备使用寿命，提高设备利用效能。例如，离心式压缩机，往往由于操作不当引起喘振而损坏机体；聚合反应反应釜，往往因反应过程中温度过高而影响生产。对这些设备进行必要的自动控制，就可以防止或减少事故的发生。

(4) 生产过程自动化的实现，能根本改变劳动方式，提高操作人员技术水平。

第二节 化工自动化技术的发展

在石油化工生产过程中，自动化仪表经历了气动仪表、电动仪表以及数字式仪表等发展阶段。控制系统的结构则经历了从模拟电、气动组合仪表控制，直接数字控制（Direct Digital Control，简称 DDC），数字调节器控制，分散型控制系统（Distribution Control System，简称 DCS），至控制功能更加分散的全数字化的现场总线控制系统（Field-bus Control System，简称 FCS）。控制系统的操作形式由最初的基地式现场操作到中央控制室的仪表盘操作，进而发展到图形化集中式操作。

20 世纪 70 年代中期，大规模集成电路生产技术取得突破性的发展，带动了计算机、网络通信、控制与显示技术的发展，1975 年，美国霍尼韦尔（Honeywell）公司推出了第一套 DCS。DCS 的出现解决了石油化工生产过程对控制系统的要求。

20 世纪 90 年代，由于计算机网络技术的发展，现场总线技术在制造工业和流程工业自动化领域开始应用。现场总线技术解决了生产现场设备之间的数字通信问题，为实现石油化工生产过程的自动化、智能化提供了保障，并将生产过程的信息纵向集成到企业管理层，为实现石油化工企业信息化和管控一体化创造了必要条件。

随着以太网在办公自动化的普及应用，在工业环境中使用以太网技术也越来越受重视。实时以太网就是一种以标准以太网为基础的适用于工业环境的工业以太网技术。它很好地解决了适用于工业环境的不同安全等级的网络通信的实时性、网络安全以及工厂执行系统（Manufacturing Execution System）和企业资源管理系统（Enterprise Resources Planning，简称 ERP）无缝集成等问题。

第三节 自动化仪表的分类

自动化仪表功能、品种繁多，其分类方法也很多，根据不同原则可以进行不同的分类。例如按仪表所使用的能源分类，可以分为气动仪表、液动仪表（很少用）和电动仪表；按仪表组合形式，可以分为基地式仪表、单元组合仪表和综合控制装置；按仪表安装形式，可以分为现场仪表、盘装仪表和架装仪表。随着微处理机的发展，根据仪表有否引入微处理机又可分为智能仪表与非智能仪表，根据仪表信号的形式可分为模拟仪表和数字仪表。

一、按照仪表使用功能分类

根据石油化工自动化仪表在信息传递过程中的作用不同，可以分为五大类。

1. 检测仪表

检测仪表的主要作用是获取现场信息，并进行适当的转换。在生产过程中，检测仪表是测量某一些工艺参数，如温度、压力、流量、物位以及物料的成分、物性等，并将其转换成电信号（电压、电流、频率等）。

2. 显示仪表

显示仪表的作用是将由检测仪表获得的信息显示出来，包括各种模拟量或数字量的电动、气动指示仪，记录仪，计算器以及工业电视、图像显示器等。

3. 集中控制装置

包括各种巡回检测仪、巡回控制仪、数据处理机、电子计算机以及仪表控制盘、操作台等。

4. 控制仪表

控制仪表可以根据需要对输入的信号进行各种运算，例如比例、积分、微分等。控制仪表包括各种电动、气动的控制器以及数字控制仪表。

5. 执行器

执行器可以接受控制仪表的输出信号或直接指令，对生产过程进行操作或控制。执行器包括各种气动、电动、液动执行机构或控制阀。

二、按照仪表工作能源分类

按使用的能源，石油化工自动化仪表可以分为气动仪表、电动仪表和液动仪表。目前，常用的是前两种，催化裂化等装置中使用的液动滑阀属于液动仪表。

(1) 气动仪表。以空气作为能源，结构简单、直观，工作比较可靠，对于温度、湿度、电磁场、放射性等环境的抗干扰能力较强，能防火、防爆。

(2) 电动仪表。以电作为能源，信号之间联系比较方便，适于远距离传输和控制，便于与计算机联用。电动仪表在防火、防爆方面取得了较大进展，更有利于电动仪表的安全使用。

三、按照仪表结构形式分类

按照仪表的结构形式可以分为以下两类：

(1) 基地式仪表。基地式仪表的特点是将测量、控制和显示各部分集中在一个表内，形成一个整体。基地式仪表适用于现场就地检测与控制，但是不能实现多参数的集中显示与控制。

(2) 单元组合仪表。指将参数的测量、显示、控制等各部分功能进行分解，能分别独立工作的单元仪表。这些单元之间以统一的标准信号互相联系，可以根据不同需要，方便地将各单元任意组合成各种控制系统，适应性和灵活性都较好。

四、按照使用场合分类

按照仪表的使用场合，大致可分为室内仪表和室外仪表。

第二章 仪表及化工自动化基础知识

在工程技术或科学研究中，人们总是需要利用工具对某个参数进行测量，并随时都面临这样的问题：测量结果是否就是被测参数的真实值？它的可信赖程度究竟如何？采用什么样的测量方法和测量工具才能使测量结果最接近被测参数的真实值。本章重点介绍测量误差和常用测量仪器。

第一节 测量的基础知识

一、测量误差

1. 测量过程与测量误差

测量过程是被测参数与相应的测量单位进行比较的过程，测量仪表就是实现这种比较的工具。

测量误差是指测量结果与被测量真值之差，即

$$\text{测量误差} = \text{测量结果} - \text{真值}$$

测量结果指由测量所得到的被测量值或由测量所得到的赋予被测量的值，包括示值、未修正的和已修正的测量结果。

真值是指与给定的特定量的定义一致的值，真值也可以解释为在一定的时间、空间和环境状态下，某量的客观实际值。

2. 绝对误差

绝对误差是指测量结果与被测量真值之差，即

$$\text{绝对误差} = \text{测量结果} - \text{被测量真值}$$

实际应用中，由于真值是无法得到的理论值，通常用精度较高的标准表的测量值代替被测量真值。绝对误差有正负、有单位。注意不要与误差绝对值相混，后者只能表示偏离真值的大小，不能表示偏离方向（正、负）。

3. 相对误差

相对误差是指绝对误差与被测量真值的百分比，即

$$\text{相对误差} = \text{绝对误差} / \text{被测量真值} \times 100\%$$

相对误差有正负、无量纲，用百分数表示。

计算相对误差是为了对测量结果的准确程度进行比较和评价。

4. 引用误差

引用误差是一种简化的和实用方便的相对误差，常常应用于多挡和连续分度的仪器仪表，这类仪表可测量的范围不是一个点而是一个量程范围，即引用误差为测量仪表的误差除以仪表的特定值，即

引用误差=测量仪表的绝对误差/特定值×100%

特定值一般称为引用值，可以是测量仪表的量程或其他值。量程指仪表刻度范围两极限之差的值。仪表的准确度等级就是按引用误差值确定的。

5. 基本误差

仪表在限定的量程范围内，在规定的工作条件下确定的误差为基本误差。基本误差的表示方式有两种：

(1) 用仪表的绝对误差值和测量值（刻度值）的百分比表示，称示值误差。

(2) 用仪表的绝对误差值和满量程值（测量上限或测量上、下极限之差）的百分比表示，称满量程误差或引用误差。

6. 附加误差

附加误差是指测量仪表在非标准条件下工作所增加的误差。它是由于影响测量结果的因素存在和变化而引起的，如温度附加误差、压力附加误差等。

7. 算术平均误差

算术平均误差指被测量的多次测量误差的代数和（绝对值之和）除以测量次数而得的商。设 $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n$ 代表各次测量误差的绝对值， n 为测量次数，则算术平均误差为

$$\bar{\delta} = \frac{\delta_1 + \delta_2 + \dots + \delta_n}{n} = \frac{\sum \delta_i}{n}$$

8. 标准偏差（也称均方根误差）

对同一被测量值的一组测量结果中，单次测量的标准偏差（均方根误差）表示该次测量结果的分布特性的参数，其计算式为

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Delta x_1^2 + \Delta x_2^2 + \dots + \Delta x_n^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum \Delta x_i^2}{n}}$$

其中， $\Delta x = x - L$ 。 x 为被测参数的测量值； L 为被测量的真实值； n 为测量次数。

在实际测量中，一般用一组测量数据的算术平均值去代替被测量的真实值，因此有限次重复测量的标准偏差（均方根误差）应计算为

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

式中 $\bar{x}$ ——该组测量数据的算术平均值，其计算方法为 $\sum x_i / n$ ；

x_i ——某次测量值；

n ——测量次数，一般取 20 以上。

当对某一参数进行多次重复测量时，就会发现，与真实值相差越小的测量值出现的次数越多，反之亦然。将测量误差的大小和出现的次数绘成图形，其结果为一条对称曲线，该曲线被称为误差的正态分布曲线。

二、测量误差产生的原因

测量人员在一定环境中按一定方法，用测量设备测量被测参数值，其测量误差按产生的原因可分为装置误差、环境误差、人员误差和方法误差。

1. 装置误差

计量装置是指为确定被测量值所必需的计量器具和辅助设备的总称。由于计量装置本身所引起的计量误差称为装置误差。其来源有：

(1) 标准器误差。标准器是提供标准量值的器具，它们的量值（标称值）与其自身体现出来的客观量值之间有差异，从而使标准器自身带有误差。

(2) 仪器、仪表误差。仪器、仪表是指将被测的量转换成可直接观测的指示值或等效信息的计量器具，它们受到设计原理、制造与安装、调整与使用等多方面问题的影响而带有误差。

(3) 附件误差。为测量创造一些必要条件，或使测量方便地进行的各种辅助器具，均属测量附件，它们均会引起误差。

2. 环境误差

由于各种环境因素与测量所要求的标准状态不一致而造成的误差，如温度恒温不良、电磁屏蔽不良、振动等都会引起这种误差。

3. 人员误差

测量人员由于受分辨能力、反应速度、固有习惯和操作熟练程度的限制，以及生理、心理上的原因所造成的误差，称为人员误差，如视差、观察误差、估读误差等。

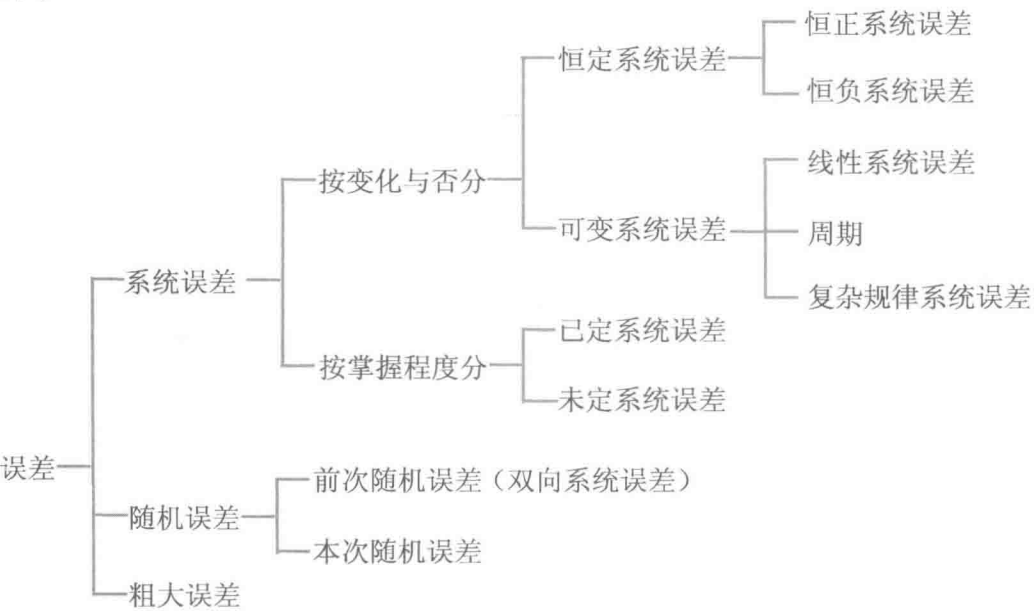
4. 方法误差

采用近似的或不合理的测量方法和计算方法而引起的误差叫作方法误差。

值得注意的是，以上各种误差来源有时是联合起作用的。在误差分析中，几个误差联合起作用时，可作为一个独立误差因素考虑，从而使误差合成得到简化。

三、测量误差的分类

按照误差产生的原因和规律，误差可分为系统误差、随机误差和粗大误差三类，分类情况如下：



1. 系统误差

对同一被测参数进行多次重复测量时所出现的数值大小或符号（指正或负的误差）都相同的误差，或者虽不相同，但却是按一定规律变化的误差，即为系统误差。例如由于仪器仪表刻度的不准确、标准量值的不准确而引起的误差。

(1) 按对系统误差掌握的程度可将系统误差分为：

- ①已定系统误差，指符号和绝对值已经确定的系统误差；
- ②未定系统误差，指符号和绝对值未经确定的系统误差。

(2) 发现系统误差有如下方法：

①实验对比法，就是改变产生系统误差的条件，进行不同条件的测量，以发现已定系统误差。

②残差校核法，即若测量列中前半组的残差和减去后半组的残差和显著不为零，则有理由认为存在系统误差。

③残差观察法，是根据测量列的各个残差大小和符号的变化规律，直接由误差数据或误差曲线图形来判断有无系统误差，这种方法适用于发现有规律变化的系统误差。

④系统误差无法通过单纯增加测量次数来减少对测量结果的影响，但在找出产生误差的原因之后，可引入适当的修正值而加以消除。消除或减小系统误差的方法有：

从产生原因上消除。对测量装置要定期检定和维修，并在使用前调整到工作状态。要防止测量过程中仪器零位的变动，测量开始和结束都要检查零位。同时，必须在规定的条件下测量，否则条件改变，应停止测量。

⑤用修正值方法消除。修正值是指为消除系统误差用代数法加到测量结果上的值。此法是将测量器具的绝对误差检定出来，取与误差值大小相同、符号相反的值作为修正值。

2. 随机误差（偶然误差）

测量结果与在重复性条件下对同一被测量进行无限多次测量所得结果的平均值之差，即为随机误差。随机误差也称偶然误差，它是指在实际测量条件下，多次测量同一量值时，误差的绝对值时大时小，符号以不可预定方式变化着的误差。

随机误差是由许多微小的、难以控制的或尚未掌握规律的变化因素所造成的。就单次测量而言，其误差值的出现纯属偶然，不具有任何确定的规律。但若反复测量的次数足够多，则可发现随机误差具有统计的规律性。随机误差的这种统计规律常称为误差分布律。在测量误差理论中，最重要的一种分布是正态分布律，在有些情况下，随机误差还有均匀分布、三角形分布、偏心分布和反正弦分布等规律。

通过对测量数据的大量观察，人们总结出了大多数的随机误差所具有的3个特征，它常被称作随机误差公理，即：

(1) 在一定测量条件下（一定的计量器具、环境、被测对象和人员等），随机误差的绝对值不会超过一定的界限；

(2) 小误差出现的机会比大误差出现的机会要多；

(3) 测量次数足够多时，绝对值相等、符号相反的随机误差出现的机会相等，或者说它们出现的概率相等。

由(3)可知，在实际测量条件下对同一变量进行测量，当测量次数无限增加时，相应的随机误差的算术平均值将趋于零。