

新编矿业工程类专业系列教材

安全监测技术

Anquan Jiance Jishu

主 编 / 徐凯宏 朱顺兵

主 审 / 叶经方 蒋曙光



中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press



专业系列教材

安全监测技术

主 编 徐凯宏 朱顺兵

副主编 张迎新 谷志新

参 编 吴征艳 郝永梅

杜立群

主 审 叶经方 蒋曙光

中国矿业大学出版社

内 容 简 介

本书是为高等学校安全工程专业“安全监测技术”课程编写的。编写中,力求做到易教易学、深浅适度、理论联系实际,注重应用实例的介绍,同时尽力反映监测技术领域的新技术、新动向、新应用。全书主要包括:绪论、传感器技术、监测技术、数据采集技术、煤矿安全监测技术、职业安全监测技术、几种生产场合安全监控系统、安全监测系统设计总论、新技术在安全监测系统中的应用。

本书可供高等学校安全工程、采矿工程、自动控制和工业自动化等专业本科生、研究生使用,也可供从事安全监测系统设计、工程安装等科研人员、工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

安全监测技术/徐凯宏,朱顺兵主编. —徐州:

中国矿业大学出版社,2012.4

新编安全工程专业系列教材

ISBN 978 7 - 5646 0995 - 5

I. ①安… II. ①徐… ②朱… III. ①煤矿—矿山安全—监测系统—高等学校—教材②煤矿—矿山安全—监控系统—高等学校—教材 IV. ①TD76

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 068473 号

书 名 安全监测技术
主 编 徐凯宏 朱顺兵
责任编辑 陈红梅
出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)
营销热线 (0516)83885307 83884995
出版服务 (0516)83885767 83884920
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com
印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司
开 本 787×1092 1/16 印张 15.75 字数 387 千字
版次印次 2012 年 4 月第 1 版 2012 年 4 月第 1 次印刷
定 价 30.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

《新编安全工程专业系列教材》

编审委员会

顾问 周世宁

主任 袁 亮

副主任 景国勋 蒋军成 刘泽功

李树刚 程卫民 林柏泉

执行副主任 王新泉 杨胜强

委员 (按姓氏拼音为序)

柴建设 陈开岩 陈网桦 贾进章 蒋承林

蒋曙光 廖可兵 刘 剑 刘章现 吕 品

罗 云 马尚权 门玉明 孟燕华 倪文耀

宁掌玄 撒占友 沈斐敏 孙建华 孙金华

谭世语 唐敏康 田水承 王佰顺 王宏图

王洪德 王 凯 王秋衡 吴 强 解立峰

辛 嵩 徐凯宏 徐龙君 许满贵 叶建农

叶经方 易 俊 易赛莉 余明高 张德琦

张国华 张敬东 张巨伟 周 延 朱 锴

秘书长 马跃龙 陈红梅

前 言

安全生产是我国的基本国策,安全工程是以人类生产、生活活动中发生的各种事故为主要研究对象,综合运用自然科学、技术科学、管理科学等方面的有关知识,辨识和预测生产、生活活动中存在的不安全因素,并采取有效的控制措施防止事故发生或减轻事故损失的工程领域。

“安全第一、预防为主、综合治理”是我国安全生产的指导方针。安全监测技术能对事故发生前的影响因子做出预判断,对这些因素进行分析,找出规律,采取措施,防止事故发生。我国的经济处于转型期,安全生产形势严峻,随着科学技术的飞速发展,安全监测技术在各个领域的应用越来越重要。深入研究安全监测技术,对减少事故的概率,保证正常的生产和生活秩序,促进我国经济的发展和人民生活的稳定具有重大的意义。

为适应我国高等教育安全工程专业教学需求,中国矿业大学出版社在全国安全工程专业教学指导委员会的指导和支持下,组织编写一套《新编安全工程专业系列教材》。本书是该系列教材之一,在内容上力求做到:易教易学、深浅适度、理论联系实际,加强“三基三新”(基本理论、基本概念、基本方法,新技术、新理论、新工艺)内容,同时适当兼顾注册安全工程师、安全评价师考试要求。本书力求理论与实践相结合,将社会需求、案例、新技术、新工艺纳入其中。

本书共分9章:第1章介绍了安全监测技术的发展历程及重要意义;第2章至第4章介绍了各种监测技术的基本原理和方法;第5章至第7章介绍了安全监测技术的具体应用;第8章,安全监测系统设计总论,重点介绍了安全监测系统设计的依据、原则和系统可靠性;第9章介绍了几种新技术在安全监测系统中的应用。

本书由东北林业大学徐凯宏和南京工业大学朱顺兵任主编,黑龙江科技学院张迎新和东北林业大学谷志新任副主编。全书由徐凯宏统稿,具体编写分工如下:第1,7,8章及9.4节由朱顺兵编写;第4章及9.1节、9.2节由谷志新编写;第5,6章由张迎新编写;第2章由中国矿业大学吴征艳编写;第3章由常州大学郝永梅编写;第9.3节由齐齐哈尔大学杜立群编写。东北林业大学硕士研究生田艳青、姜坤和南京工业大学硕士研究生杜春泉、魏秋萍为本书收集并整理资料,完成了大量文字的计算机录入和制图工作。

本书由南京理工大学叶经方、中国矿业大学蒋曙光任主审,他们为本书提出了许多宝贵意见,在此表示深深的谢意。

在本书的编写过程中,参阅了多种同类教材和著作,在此向其编者致谢。由于编者水平和能力有限,书中问题在所难免,欢迎广大读者提出宝贵意见。

编 者

2012年4月

目 录

1 绪论	1
1.1 安全监测的目的、意义和任务	1
1.2 安全监测技术的应用现状及发展	5
复习思考题	7
2 传感器技术	8
2.1 概述	8
2.2 温度传感器	9
2.3 压力传感器	15
2.4 流量传感器	19
2.5 物位传感器	23
2.6 气体传感器	26
2.7 本章小结	32
复习思考题	32
3 监测技术	33
3.1 温度监测技术	33
3.2 红外气体浓度监测技术	44
3.3 声发射理论为基础的安全检测技术	52
复习思考题	57
4 数据采集技术	58
4.1 数据采集原理	58
4.2 数据采集电路	63
4.3 信号变换电路	74
4.4 数据采集方法简介	86
4.5 数据采集的抗干扰性	93
4.6 监控组态软件	98
4.7 数据通信技术	104
复习思考题	106
5 煤矿安全监测技术	107
5.1 风速测定	107
5.2 矿井通风阻力的测定	109

5.3	瓦斯监测	116
5.4	一氧化碳和硫化氢的监测	120
5.5	氧气监测	122
5.6	煤矿安全监测系统	124
	复习思考题.....	127
6	职业安全监测技术	128
6.1	工业噪声的监测	128
6.2	放射性危害因素的监测	131
6.3	泄漏监测	138
6.4	工作场所空气中粉尘的监测	144
6.5	工作场所空气中金属类毒物的监测	149
6.6	工作场所空气中有机毒物的监测	152
6.7	工作场所空气中无机毒物的监测	155
	复习思考题.....	161
7	几种生产场合安全监控系统	162
7.1	储油罐区安全监控系统	162
7.2	危险品运输车辆监控预警系统	169
7.3	烟花爆竹企业安全监控预警系统	175
7.4	桥梁结构健康与安全监测系统	178
7.5	重大危险源监控与监管系统	183
7.6	隧道火灾监测系统	191
	复习思考题.....	195
8	安全监测系统设计总论	196
8.1	安全监测系统设计与开发的一般性问题	196
8.2	监测系统可靠性	201
8.3	功能安全	204
	复习思考题.....	207
9	新技术在安全监测系统中的应用	208
9.1	数据融合技术	208
9.2	人工神经网络	217
9.3	现场总线技术及其应用	225
9.4	物联网技术与应用	232
	复习思考题.....	241
	参考文献.....	242

1 绪 论

1.1 安全监测的目的、意义和任务

1.1.1 安全监测的目的

1) 事故不断增加的原因

事实上,如果加强运行设备的安全监测,有许多事故是可以防患于未然的。以下是一些事故增加的原因:

(1) 现代生产设备向大型化、连续化、快速化和自动化方向发展。一方面,在提高劳动生产率、降低生产成本、节约资源和人力等方面带来很大好处;另一方面,由于设备故障率增加,而导致由事故所造成的损失却在成百倍增长。

(2) 高新技术的采用对现代设备(特别是航天、航空、航海和核工业等部门)的安全性和可靠性提出了越来越高的要求,而多年来航天、航空、核电站的多次灾难性事故也说明了进行安全监测的迫切性。

(3) 现有大量的生产设备老化,要求加强对其进行安全监测。许多老设备、老装置服役已接近其寿命期,进入“损耗故障期”,故障率增大,有的甚至超期服役,全部更新经济负担又很重。因此,若对其加强安全监测,将能延长设备的使用寿命。

2) 安全监测技术所要解决的问题

(1) 能及时、正确地对设备的运行参数和运行状况做出全面检测,预防和消除事故隐患。

(2) 对设备的运行进行必要的指导,提高设备运行的安全性、可靠性和有效性,以期把运行设备发生事故的概率降至最低水平,将事故造成的损失降至最低程度。

(3) 通过对运行设备进行检测、隐患分析和性能评估等,为设备的结构修改、设计优化和安全运行提供数据及信息。

安全监测的目的是为职业健康安全状态进行评价、为安全技术及设施进行监督、为安全技术措施的效果进行评价等提供可靠而准确的信息,达到改善劳动作业条件、改进生产工艺过程、控制系统或设备的事故(故障)发生。

安全监测是安全学科的先导和“耳目”。因此,没有安全监测技术,安全工程不能成为一门独立学科;离开了安全监测,安全管理也只是“空中楼阁”。

1.1.2 安全监测的意义

工业事故属于工业危险源,工业危险源通常是指人(劳动者)—机(生产过程和设备)—

环境(工作场所)有限空间的全部或一部分,属于“人造系统”,绝大多数具有观测性和可控性。表征工业危险源状态的可观测的参数称为危险源的“状态信息”。状态信息是一个广义的概念,包括对安全生产和人员身心健康有直接或间接危害的各种因素,如反映生产过程或设备的运行状况正常与否的参数,作业环境中化学和物理危害因素的浓度或强度等。安全状态信息出现异常,说明危险源正在从相对安全的状态向即将发生事故的临界状态转化,提示人们必须及时采取措施,以避免事故发生或将事故的伤害和损失降至最低程度。

安全监测方法依检测项目不同而异,种类繁多。根据检测的原理机制不同,大致可分为化学检测和物理检测两大类。化学检测是利用检测对象的化学性质指标,通过一定的仪器与方法,对检测对象进行定性或定量分析的一种检测方法。它主要用于有毒有害物质的检测,如有毒有害气体、水质和各种固体、液体毒物的测定。物理检测利用检测对象的物理量(包括热、声、光、磁等)进行分析,如噪声、电磁波、放射性、水质物理参数(包括水温、浊度、电导率等)的测定等,均属物理方法。

随着现代工业生产和科学技术的进步,现代生产装置的结构越来越复杂,功能越来越完善,自动化程度也越来越高,相应的安全问题也日益严重,导致灾难性事故不断发生。

1979—2005年,世界部分国家发生的一些特大事故,不但造成巨大的经济损失,而且造成严重的人员伤亡和环境污染,严重地影响了全球经济的可持续发展和社会稳定。例如,前苏联切尔诺贝利核反应堆的泄漏曾引起对核电站安全性的争议,对核能的发展产生了影响;美国挑战者号航天飞机失事使美国航天事业的发展一度陷于停顿,对整个行业产生了巨大影响;在我国,煤矿透水、天然气井喷、瓦斯爆炸等恶性伤亡事故已引起国际社会的关注。

因此,开展安全监测技术研究,全面提高我国安全监测的科学技术水平,对有效减少事故隐患,预防和控制重、特大事故的发生,遏制群死群伤、重大经济损失和保障国家经济与社会的可持续发展具有重大现实意义。

1.1.3 监测技术

监测是人类认识世界的重要技术手段。人们可以通过各种监测方式和监测技术来获得信息,以助于了解周围环境,进而实现对环境参数的控制。随着科学技术的发展,现代监测技术已经成为一门独立的学科。在石油、化工、冶金、煤炭等生产部门,为了确保安全生产,改善劳动条件,提高劳动生产率,使生产管理水乎日趋向科学化、现代化发展,要求对生产过程,特别是处于分散生产状态中的石化生产环境参数进行实时、准确的检测,并对这些环境参数实施有效的控制,因而逐步发展和形成了以检测技术为核心的安全监测监控技术。

1) 检测与测量

检测主要包括检验和测量两个方面的含义。检验是分辨出被测参数量值所归属的某一范围带,以此来判别被测参数是否合格或现象是否存在。测量是把被测未知量与同性质的标准量进行比较,确定被测量对标准量的倍数,并用数字表示这个倍数的过程。

检测的任务不仅是对成品或半成品的检验和测量,而且为了检查、监督和控制某个生产过程或运动对象使之处于人们选定的最佳状况,需要随时检验和测量各种参量的大小和变化等情况。这种对生产过程和运动对象实时定性检验和定量测量的技术又称为工程检测技术。

测量有两种方式,即直接测量和间接测量。直接测量是在对被测量进行测量时,对仪表读数不经任何运算,直接得出被测量的数值。例如,用温度计测量温度,用万用表测量电压。间接测量是测量几个与被测量有关的物理量,通过函数关系式计算出被测量的数值。例如,

功率 P 与电压 U 和电流 I 有关,即 $P=UI$,通过测量的电压和电流,计算出功率。

直接测量简单、方便,在实际中使用较多。但是,在无法采用直接测量方式、直接测量不方便或直接测量误差大等情况下,可采用间接测量方式。

2) 传感器与敏感器

传感器是将非电量转换为与之有确定对应关系的电量输出的器件或装置,它本质上是非电量系统与电量系统之间的接口。传感器是必不可少的信息转换器件。从能量的角度出发,可将传感器划分为两种类型:一类是能量控制型传感器(也称为有源传感器),另一类是能量转换型传感器(也称为无源传感器)。能量控制型传感器是指传感器将被测量的变化转换成电参数(如电阻、电容)的变化,传感器需外加激励电源才可将电参数的变化转换成电压、电流的变化,如铂电阻温度传感器。铂电阻阻值随被测温度的变化而变化,需要外加电桥电路才可将阻值的变化转换成电压的变化。而能量转换型传感器可直接将被测量的变化转换成电压、电流的变化,不需要外加激励电源,如热电偶、光电池、压电传感器等。

在很多情况下,所要测量的非电量并不是所持有的传感器所能转换的那种非电量,这就需要在传感器前面增加一个能把被测非电量转换为该传感器能够接收和转换的非电量(即可用非电量)的装置或器件。这种把被测非电量转换为可用非电量的器件或装置称为敏感器。例如,用电阻应变片测量电压时,就要将应变片粘贴到受压力的弹性元件上,弹性元件将压力转换为应变,应变片再将应变转换为电阻的变化。这里,应变片便是传感器,而弹性元件便是敏感器。敏感器和传感器虽然都是对被测非电量进行转换的,但敏感器是把被测量转换为可用非电量,而传感器是把被测非电量转换为电量。

3) 安全监测系统

由传感器或检测器及信号处理、显示单元组成了安全检测仪器。如果将传感器或检测器及信号处理、显示单元集于一体,固定安装于现场,对安全状态信息进行实时检测,则称这种装置为安全监测仪器。如果只是将传感器或检测器固定安装于现场,而信号处理、显示、报警等单元安装在远离现场的控制室内,则称为安全监测系统。如果将监测系统与控制系统结合起来,把监测数据转变成控制信号,则称为监控系统。

由于被测对象复杂多样,检测系统的结构也不尽相同。一般地,检测系统是由传感器、信号调理器和输出环节 3 部分组成的。

传感器处于被测对象与检测系统的接口处,是一个信号变换器。它直接从被测对象中提取被测量的信息,感受其变化,并转化成便于测量的电参数。由传感器检测到的信号一般为电信号,它不能直接满足输出的要求,需要进一步的变换、处理和分析,即通过信号调理电路将其转换为标准电信号,并传递给输出环节。

根据检测系统输出的目的和形式不同,输出环节主要有显示与记录装置、数据通信接口和控制装置。

传感器的信号调理电路是由传感器的类型和对输出信号的要求决定的,不同的传感器具有不同的输出信号。能量控制型传感器输出的是电参数的变化,需采用电桥电路将其转换成电压的变化;而电桥电路输出的电压信号幅值较小,共模电压又很大,需采用仪表放大器进行放大;在能量转换型传感器输出的电压、电流信号中,一般都含有较大的噪声信号,需要加滤波电路将有用信号提取,而滤除无用的噪声信号。一般能量型传感器输出的电压信号幅度都很低,也需要采用仪表放大器进行放大。

随着检测要求的提高和传感技术的发展,使得信号的变换和处理技术不断进步,内容也

越来越丰富。目前,常用的硬件信号调理方法有测量电桥、信号放大、信号隔离、硬件滤波、V/F 转换、F/V 转换和 V/I 转换等,称为模拟信号调理技术。

1.1.4 安全监测的任务

在工业生产过程中,各种有关因素,如烟、尘、水、气、热辐射、噪声、放射线、电流、电磁波及化学因素,还有其他主、客观因素等,造成对生产环境的污染,对生产产生不安全作用,也对人体健康造成危害。查清、预测、排除和治理各种有害因素是安全工程的重要内容之一。安全监测的任务是为安全管理决策和安全技术有效实施提供丰富、可靠的安全因素信息。狭义的安全监测侧重于测量,是对生产过程中某些与不安全、不卫生因素有关的量连续或断续监视测量,有时还要取得反馈信息,用以对生产过程进行检查、监督、保护、调整、预测,或者积累数据,寻求规律。广义上把安全监测与安全监控系统称为安全监测,认为安全监测是借助于仪器、传感器、探测设备迅速而准确地了解生产系统与作业环境中危险因素与有毒因素的类型、危害程度、范围及动态变化的一种手段。

为了获取工业危险源的状态信息,需要将这些信息通过物理的或化学的方法转化为可观测的物理量(模拟的或数字的信号),这就是通常所说的安全监测。它是作业环境安全与卫生条件、特种设备安全状态、生产过程危险参数、操作人员不规范动作等各种不安全因素监测的总称。不安全因素具体包括以下几种:

① 粉尘危害因素:浓度、粒径分布;全尘或呼吸性粉尘;煤尘、石棉尘、纤维尘、岩尘、沥青烟尘等。

② 化学危害因素:可燃气体、有毒有害气体在空气中的浓度和氧含量。

③ 物理危害因素:噪声与振动、辐射(紫外线、红外线、射频、微波、同位素)、静电、电磁场、照度等。

④ 机械伤害因素:人体部位误入机械动作区域或运动机械偏离规定的轨迹。

⑤ 电气伤害因素:触电、电灼伤。

⑥ 气候条件因素:气温、气压、湿度、风速等。

前三种危险因素的检测是安全监测的主要任务。

安全监测的任务是检测设备的运行状态,判断其是否正常,进行安全预测和诊断,指导设备的管理和维修。

1) 运行状态检测

设备运行状态检测的任务是了解和掌握设备的运行状态,包括采用各种检测、测量、监视、分析和判断方法。结合系统的历史和现状,考虑环境因素,对设备运行状态进行评估,判断其处于正常或非正常状态,并对状态进行显示和记录;对异常状态做出报警,以便运行人员及时加以处理,并为设备的隐患分析、性能评估、合理使用和安全评估提供信息和基础数据。

通常设备的状态可分为正常状态、异常状态和故障状态 3 种情况。

(1) 正常状态指设备的整体或局部没有缺陷,或虽有缺陷但性能仍在允许的限度以内。

(2) 异常状态指设备的缺陷已有一定程度的扩展,使设备状态信号发生一定程度的变化。设备性能已劣化,但仍能维持工作,此时应注意设备性能的发展趋势,即设备应在监控下运行。

(3) 故障状态是指设备性能指标已有大的下降,设备已不能维持正常工作的状态。设备的故障状态尚有严重程度之分,具体包括:已有故障萌生并有进一步发展趋势的早期故

障;程度尚不严重,设备尚可勉强“带病”运行的一般功能性故障;已发展到设备不能运行必须停机的严重故障;已导致灾难性事故的破坏性故障;由于某种原因瞬间发生的突发紧急故障等。

2) 安全预测和诊断

安全预测和诊断的任务是根据设备运行状态监测所获得的信息,结合已知的结构特性、参数、环境条件以及该设备的运行历史(包括运行记录、曾发生过的故障及维修记录等),对设备可能要发生的或已经发生的故障进行预报、分析和判断,确定故障的性质、类别、程度、原因和部位,指出故障发生和发展的趋势及其后果,提出控制故障继续发展和消除故障的调整、维修和治理的对策措施,并加以实施,最终使设备复原到正常状态。

3) 设备的管理和维修

设备的管理和维修方式的发展经历了 3 个阶段,即从早期的事后维修发展到定期预防维修方式,现在正向视情维修发展。定期预防维修制度可以预防事故的发生,但可能出现过剩维修和不足维修的弊病。视情维修是一种更科学、更合理的维修方式,但必须依赖于完善的状态监测和安全诊断技术的发展和实施。随着我国安全诊断技术的进一步发展和实施,设备管理、维修工作将上升到一个新的水平,我国工业生产的设备完好率将会进一步提高,恶性事故将会逐渐得到控制,使我国的经济建设向着更加健康的方向发展。

1.2 安全监测技术的应用现状及发展

1.2.1 安全监测与仪表发展

由于基础科学的发展和科学技术的进步,在石油、化工、制药、冶金、煤炭等工业生产中,陆续出现了利用光学原理、热导原理、热催化原理、热电效应、弹性形变、半导体器件、气敏元件等多种工作原理和不同性能的各类检测仪器,对影响生产安全的各种因素实现了不同程度的监测,并逐渐形成了不同种类的监测仪器仪表。20 世纪 50 年代之后,由于电子通信和自动化技术的发展,出现了能够把工业生产过程中不同部位的测量信息远距离传输并集中监视、集中控制和报警的生产控制装置,初步实现了由“间断”、“就地”检测到“连续”、“远地”检测的飞跃,由单体检测仪表发展到监测系统。早期的监测系统,其监测功能少、精度低、可靠性差、信息传递速度慢。自 20 世纪 80 年代以来,电子技术和微电子技术的发展,特别是计算机技术的应用,实现了化工生产过程控制最优化和管理调度自动化相结合的分级计算机控制,检测仪器仪表和监测系统,无论其功能、可靠性和实用性都产生了重大的飞跃,使安全监测技术与现代化的生产过程控制紧密地联系在一起。目前,大型化工企业中的安全监测系统,已可使监测的模拟量和开关量达上千个,巡检周期短,能同时完成信号的自动处理、记录、报警、联锁动作、打印、计算等;监测参数除可燃气体(如 H_2 , CO 等)成分和浓度、可燃粉尘浓度、可燃液体泄漏量之外,还有温度、压力、压差、风速、火灾特征(烟、温度、光)等环境参数和生产过程参数。由于可以从连续监测数据、屏幕显示图形和经过数据处理得到各种图表,及时掌握整个化工生产过程的过程参数、环境参数和生产机械的状态,就保证了生产的连续与均衡、减少停顿和阻塞,防止重大事故发生。同时,由于及时掌握生产设备和机械的工作状态,可以分析设备的配置情况和利用率,发现生产薄弱环节,改善管理,提高生产效率。

改革开放以来,我国的工业生产发展很快,国家十分重视安全,在安全检测仪表的研究

和生产制造方面投入了很大的力量,使安全仪表生产具备了相当的规模,形成了以北京、抚顺、重庆、西安、常州、上海等为中心的生产基地,可以生产多种型号环境参数、工业过程参数及安全参数的监测、遥测仪器。此外,具有发达国家 20 世纪 90 年代水平的安全监测系统已开始装备我国的石油、化工、煤矿等工业生产部门;安全监测、报警及连锁控制装置等,也在我国自行设计的石化生产设备中获得了应用,这标志着我国安全监测仪器的研制和装备进入了新的水平。但必须指出的是,目前我国安全监测传感器种类较少,质量尚不稳定;监测数据处理、计算机应用与一些发达国家相比有一定差距,这些都需要在今后重点解决。

目前,在我国的大型石化企业中,如扬子乙烯工程、齐鲁乙烯工程等,大量装备使用各种安全监测仪表,装备和使用先进的安全监测系统,使生产事故率极大地下降,促进了生产发展,获得了很大的经济效益。因此,安全监测技术与石化生产过程控制的密切配合,这是我国石化生产的发展方向,也是防火防爆、预防重大火灾及爆炸事故发生的重要环节。

1.2.2 安全监控技术发展

安全监测与控制常简称为安全监控,它具有监测和控制的综合能力。在安全检测与控制技术学科中所称的控制可分为两种,具体如下:

1) 过程控制

在一体化生产中,一些重要的工艺参数大都由传感器、工业仪表乃至计算机来测量和调节,以保证生产过程及产品质量的稳定,这就是过程控制。在比较完善的过程控制设计中,有时也会考虑工艺参数的超限报警、外界危险因素(如可燃气体、有毒气体在环境中的浓度、烟雾、火焰信息等)的检测,甚至停车等联锁系统。然而,这种设计思想仍然着眼于表层信息捕获的习惯模式。

2) 应急控制

在对危险源的可控制性进行分析之后,选出一个或几个能将危险源从事故临界状态拉回到相对安全状态,以避免事故发生或将事故的伤害、损失降至最低程度的控制信号。这种具有安全防范性质的控制技术称为应急控制。监测与控制功能合二为一,称为监控;将安全监测与应急控制结合为一体的仪器仪表或系统,称为安全监控仪器或安全监控系统。

从安全科学的整体观点出发,现代生产工艺的过程控制和安全监控功能应融为一体,综合成一个包括过程控制、安全状态信息监测、实时仿真、应急控制、自诊断以及专家决策等各项功能在内的综合系统。这种系统既能够对生产工艺进行比较理想的控制,从而使企业受益,又能够出现异常情况时及时给出预警信息,紧急情况下恰到好处地自动采取措施,把安全技术措施渗透到生产工艺中去,避免事故的发生或将事故危害和损失降到最低程度。

(1) 监控技术的发展现状

① 监控网络集成化。它是将被监控对象按功能划分为若干系统,每个系统由相应的监控系统实行监控,所有监控系统都与中心控制计算机连接,形成监控网络,从而实现生产系统的全方位安全监控(或监视)。

② 预测型监控。这种监控即控制计算机根据检测结果按照一定的预测模型进行预测计算,并根据计算结果发出控制指令。这种监控技术对安全具有重要的意义。

锅炉、压力容器、压力管道等特种设备安全检测技术的发展趋势是:开发检测新技术和电子监控等先进的安全控制技术和产品,实现检测监控设备的数字化、智能化、小型化,积极推进检测监控仪器的国产化,重点发展新材料的研究、推广、使用,加强设计、制造、安装等环节的监察,提高特种设备本身的安全性能和安全防范能力。

(2) 我国煤矿安全检测技术的发展现状

- ① 煤矿安全检测技术理论更加成熟,开发出更先进更实用的检测设备。
- ② 煤矿安全检测设备的生产逐渐进入正规化,设备操作更简便,数据处理更直观。
- ③ 在计算机技术的发展基础上,采用视频监控技术、无线传感技术、RFID 电子标签技术开发了矿井安全预警系统。

1.2.3 安全监测技术发展

20 世纪 70 年代,过程系统的在线故障监测与安全诊断技术随着生产和科学技术的发展迅速得到发展。这是动态系统的故障监测与诊断问题,也是应用现代控制理论、数理统计等方法来分析处理非正常工况下系统特性的结果。所谓故障监测、诊断和预报系统,通常有两种含义:一是某些专用的仪器,如对于汽轮发电机组等旋转机械设备,就有转速测量仪、旋转机械振动检测仪和频谱分析仪等,可以检测出这类机械设备的运转是否正常;二是计算机数据采集分析系统,它可以采集生产过程的有关数据,完成工况分析,对设备运行是否正常,引起故障的原因是什么,故障的程度有多大,工况的趋势是否安全等问题进行分析、判断,并得出结论。近年来,在线故障监测与安全诊断技术的研究十分活跃,现代安全诊断技术和方法取得了长足发展,如红外诊断技术(包括红外测温、红外气体分析和红外气体泄漏监测)、声发射监测技术、智能安全监测系统等,其工程应用也日益广泛。

发达国家在安全监测技术领域起步较早,研究投入较多,安全监测技术这一领域的理论、方法、技术和装备等已遍及诸多行业。在我国,安全监测技术的发展,在国家经济建设中发挥了越来越大的作用,也取得了十分明显的社会效益。

复习思考题

- 1.1 安全监测的意义是什么?
- 1.2 安全监测的主要任务是什么?
- 1.3 简述安全监测技术的发展与趋势。

2 传感器技术

2.1 概 述

传感器是检测系统中与被测对象直接发生联系的部分,是信息输入的窗口,它为检测系统提供必需的原始信息。检测系统获取信息的质量往往是由传感器的性能一次性确定的。为了能使其输出在精度要求范围之内反映测量,传感器必须具备一定的基本特性,只有这样传感器的输出才能作为其输入(被测物理量)的量度。因此,了解和掌握传感器的基本特性是正确选择和使用传感器的基本条件。

2.1.1 传感器的组成

传感器是一种以测量为目的,以一定精度把被测量转换为与之有确定关系的,便于处理的另一种物理量的测量装置、器件或元件。因此,传感器直接与被测对象发生联系,采集并获取被测对象的信息。由于一般的被测对象是非电信号,如位移、速度、温度、压力、流量等,所以传感器还必须将上述信号转换成便于传输和处理的电信号。

传感器一般由敏感元件和转换元件 2 部分组成,有时也将转换电路及辅助电源作为传感器的组成部分,如图 2.1 所示。

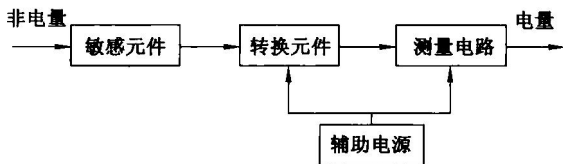


图 2.1 传感器组成框图

1) 敏感元件

直接感受被测量(一般为非电量),并输出与被测量成确定关系的其他量(也包括电量)的元件。图 2.2 中的弹簧管就是敏感元件,它的作用是感受被测压力 p 的变化,并将其转换成与 p 有确定关系的位移量。

2) 转换元件

转换元件也称为传感元件,通常它不直接感受被测量,而是将敏感元件的输出量转换为电参数再输出。如图 2.2 所示,它的作用是将弹簧管的位移量转换为电位器的电阻变化量。

应该指出,不是所有的传感器都有敏感元件与转换元件之分。如热电偶是直接感知温度变化的敏感元件,但它又直接将温度转换为电压输出,敏

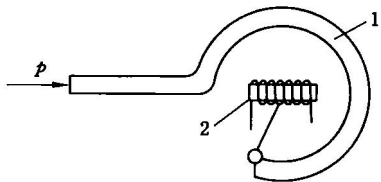


图 2.2 测压力的电位器传感器结构简图

1—弹簧管(敏感元件);2—电位器(转换元件)

感和转换两者合二为一。另外,还有许多光电传感器也都是这种敏感和转换合为一体的传感器。

3) 转换电路

将转换元件输出的电参数转换成电压、电流或频率量。若转换元件输出的已经是上述电量,则就不再需要基本转换电路。

2.1.2 传感器的分类

关于传感器的分类,目前尚无统一的方法。比较常用的分类方法有以下 3 种:

1) 按被测物理量分类

可分为温度、力、流量、位移、速度、气体成分等传感器。

2) 按传感器工作原理分类

可分为电阻、电容、电感、电压、霍尔、光电、光栅、热电偶等传感器。

3) 按传感器输出信号的性质分类

可分为:输出为开关量“1”和“0”或“开”或“关”的开关型传感器;输出为模拟量的模拟型传感器;输出为脉冲或代码的数字型传感器。

实际工程中,有的传感器可以用来测量多种参数,如电阻应变式传感器,既可用于测量力、压力,又可用于测量应力、重力等。而对于同一种被测量,也可采用多种不同原理的传感器,如测量转速,既可用电容式,又可用电感式,还可用电光式等。称呼时,可将两者结合起来,如应变式压力传感器、电容式液面传感器、光电转速传感器、压电加速度传感器等。

2.2 温度传感器

温度传感器是能感受温度变化并转换成便于利用的输出信号的传感器。由于温度的计测范围很宽,每种温度传感器又具有各自的特点、适用范围和使用条件,因此在温度计量时应根据实际情况,按照不同要求适当地选择温度传感器。

1) 温度传感器的分类

根据与被测量的接触关系,大致分为接触型和非接触型。目前,被广泛使用的是接触型温度传感器。

根据其工作原理的不同,主要分为热电偶、热电阻、PN 结温度传感器等。

随着科学技术的发展,新型温度传感器在温度测量、温度控制中的应用越来越普遍,比较常见的有红外温度传感器、石英温度传感器、光纤温度传感器等。

2) 温度传感器的原理

温度传感器种类的不同,其工作原理也各不相同。本节主要介绍几种比较常见的温度传感器的工作原理。

(1) 热电偶传感器

热电偶式温度传感器是利用焊接后两种不同材料的导体,其受热产生热电势的原理制成的测量温度仪表。它主要由热电偶、补偿导线和电气测量仪表(检流计)3部分组成。用两根不同的导体或半导体(热电极)的一端互相焊接,形成热电偶的工作端(热端),用它插入被测介质中以测量温度。其结构如图 2.3 所示。

热电偶是一种使用最多的温度传感器,其工作原理是基于 1821 年发现的塞贝克效应。即两种不同的导体或半导体 A 与 B 组成一个回路,其两端相连接,只要两节点处的温度不

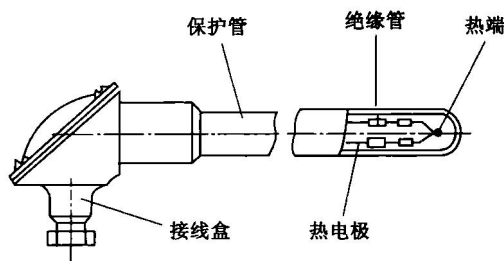


图 2.3 普通热电偶结构图

同（一端温度为 T ，另一端温度为 T_0 ），回路中就有电流产生[图 2.4(a)]，也即回路中存在电动势，则该电动势被称为热电势。

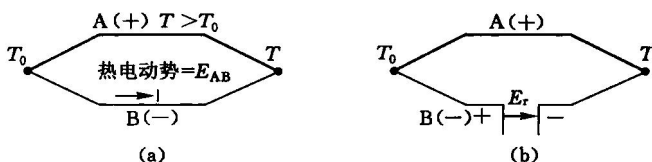


图 2.4 热电偶工作原理图

两种不同导体或半导体的组合被称为热电偶。当回路断开时，在断开处 A 和 B 之间便有一电势差 E_r ，其极性和量值与回路中的热电势一致[图 2.4(b)]，并规定在冷端。当电流由 A 流向 B 时，称为 A 为正极，B 为负极。实验表明，当 E_r 较小时，热电势与温度差成正比，即

$$E_r = S_{AB}(T - T_0) \quad (2.1)$$

式中 S_{AB} ——塞贝克系数，又称为热电势率，其符号和大小取决于热电极材料的相对特性。

热电偶的基本定律：

① 均质导体定律：由一种均质导体组成的闭合回路，不论导体的截面和长度如何，也不论各处的温度分布如何，都不能产生热电势。

② 中间导体定律：用两种金属导体 A 和 B 组成热电偶测温时，在测温回路中必须通过导线接入仪表测量温差电势 $E_{AB}(T, T_0)$ ，导线等中间导体的材料与热电偶导体 A 和 B 的材料往往并不相同。热电偶中间导体定律指出：在热电偶回路中，只要中间导体 C 两端温度相同，那么接入中间导体 C 对热电偶回路总热电势 $E_{AB}(T, T_0)$ 没有影响。

③ 中间温度定律：热电偶的两个节点 A、B 的温度分别为 T_1, T_2 时，热电势为 $E_{AB}(T_1, T_2)$ ；两节点温度为 T_2, T_3 时，热电势为 $E_{AB}(T_2, T_3)$ ，那么当两节点温度为 T_1, T_3 时的热电势则为

$$E_{AB}(T_1, T_2) + E_{AB}(T_2, T_3) = E_{AB}(T_1, T_3) \quad (2.2)$$

式(2.2)为中间温度定律的表达式。例如： $T_1 = 100^\circ\text{C}$ ， $T_2 = 40^\circ\text{C}$ ， $T_3 = 0^\circ\text{C}$ ，则

$$E_{AB}(100, 40) + E_{AB}(40, 0) = E_{AB}(100, 0) \quad (2.3)$$

根据热电势与温度函数关系，可制成热电偶分度表。分度表是在自由端温度 $T_0 = 0^\circ\text{C}$ 的条件下得到的。不同的热电偶具有不同的分度表，常用热电偶可分为标准热电偶和非标准热电偶两大类。标准热电偶是指国家标准规定了其热电势与温度的关系、允许误差、并有统一的标准分度表的热电偶，它有与其配套的显示仪表可供选用。非标准化热电偶在使用