

油料储运自动化系统

税爱社 方卫红 主编

中國石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

油料储运自动化系统

税爱社 方卫红 主编

中国石化出版社

内 容 提 要

本书系统介绍油料储运自动化系统技术基础和油料储运自动化系统设计。全书共8章,分为概述、上篇和下篇三大部分。概述在介绍主流油料储运自动化系统结构模式和功能的基础上,简述了油料储运自动化所需设计的核心子系统及其涉及的相关技术;上篇介绍了油料储运自动化系统技术基础,内容主要包括油料储运测控自动化技术、网络传输技术、信息可视化技术;下篇介绍了油料储运自动化系统设计,内容主要包括储油罐区自动化系统、油料灌装自动化系统、安全警戒自动化系统、信息管理自动化系统、管道自动化系统设计的关键技术及其处理方法。

本书取材新颖、内容丰富、实用性强,既可作为高等院校师生的教学用书,也可作为从事油料储运自动化和石油化工液体产品储运工作的科研人员和工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

油料储运自动化系统/税爱社,方卫红编著. —北京:
中国石化出版社,2008
ISBN 978-7-80229-522-3

I. 油… II. ①税…②方… III. 石油与天然气储运-自
动化系统 IV. TE978

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 031119 号

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com.cn

北京密云红光制版公司排版

河北天普润印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 21.75 印张 547 千字

2008 年 5 月第 1 版 2008 年 5 月第 1 次印刷

定价:48.00 元

《油料储运自动化系统》

编写人员名单

主 编 税爱社 方卫红

编著者(按章节排序)

谢昌华 刘 军 邬晓岚 李咏治

司良群 刘 倩 魏 玮 刘兴长

前 言

随着我国国民经济不断发展,工业化水平不断提高,油料储运作为连接城市能量流、物质流的基本行业,急需提升整个行业的自动化、智能化、信息化以及科学决策的水平。本书正是顺应这一需求,在综合了多年来在油料储运自动化科研、教学上的实践经验和成果的基础上,反复修改完善后编著定稿的。

本书作者长期从事油料储运自动化系统理论、技术、方法与应用诸多方面的教学、科研工作,积累了丰富的应用开发与工程实践经验,这对编著本书奠定了良好的基础。与国内外已出版的同类书籍比较,本书重点围绕油料储运监测控制与数据采集理论研究和实践应用成果进行介绍,既有技术基础,又有实践应用,具有系统性好、应用性强、技术先进的特点,是一本不可多得的有关油料储运自动化的教材和参考用书。

全书共8章,分为概述、上篇和下篇三大部分。概述在介绍主流油料储运自动化系统结构模式和功能的基础上,简述了油料储运自动化所需设计的核心子系统及其涉及的相关技术;上篇介绍了油料储运自动化系统技术基础,内容主要包括油料储运测控自动化技术、网络传输技术、信息可视化技术;下篇介绍了油料储运自动化系统设计,内容主要包括储油罐区自动化系统、油料灌装自动化系统、安全警戒自动化系统、信息管理自动化系统、管道自动化系统设计的关键技术及其处理方法。

本书各章节分工为:谢昌华(1.2、1.3、1.4),刘军(1.1);方卫红(2);邬晓岚(3);税爱社(系统概述、4);李咏治(5);司良群(6.1、6.3),刘倩(6.2、6.4);魏玮(7);刘兴长(8)。最后由税爱社、方卫红统稿。

在本书的编写过程中参阅和研究了许多资料,在此一并对有关作者表示感谢。由于编者的水平有限,书中错误和不妥之处在所难免,恳切希望使用本教材的师生及其他读者批评指正。

作 者

目 录

概述	(1)
----------	-------

上篇 油料储运自动化系统技术基础

第 1 章 油料储运测控自动化技术	(7)
1.1 自动测量仪表	(7)
1.1.1 温度测量仪表	(7)
1.1.2 压力测量仪表	(12)
1.1.3 流量测量仪表	(15)
1.1.4 物位测量仪表	(19)
1.2 自动控制装置	(29)
1.2.1 数据采集与处理	(29)
1.2.2 常见控制装置	(35)
1.3 执行元件	(45)
1.3.1 开关式控制阀	(45)
1.3.2 调节阀	(48)
1.4 系统抗干扰技术	(55)
1.4.1 干扰的来源分类	(55)
1.4.2 干扰的传播	(56)
1.4.3 干扰的抑制	(57)
参考文献	(59)
第 2 章 网络传输技术	(60)
2.1 概述	(60)
2.1.1 油料储运自动化网络模式	(60)
2.1.2 网络体系结构参考模型	(60)
2.1.3 信息管理网络与控制网络互通	(61)
2.2 信息管理网络技术	(62)
2.2.1 以太网技术	(62)
2.2.2 广域网与 INTERNET 技术	(70)
2.3 现场总线技术	(77)
2.3.1 概述	(77)
2.3.2 RS-485 串行总线	(80)
2.3.3 PROFIBUS 总线	(85)
2.3.4 CAN 总线	(102)
2.3.5 工业以太网	(107)

参考文献	(114)
第3章 信息可视化技术	(115)
3.1 可视化技术基础	(115)
3.1.1 概述	(115)
3.1.2 可视化的分类	(118)
3.1.3 可视化的方法	(119)
3.1.4 可视化研究的层次及关键技术	(121)
3.1.5 可视化的工作过程	(122)
3.1.6 可视化建模与绘制	(123)
3.2 组态软件在信息资源可视化中的应用技术	(124)
3.2.1 概述	(124)
3.2.2 组态软件的应用	(130)
3.2.3 MCGS 组态软件	(135)
参考文献	(144)

下篇 油料储运自动化系统设计

第4章 储油罐区自动化系统	(147)
4.1 概述	(147)
4.2 系统设计	(147)
4.2.1 储油罐区概况	(147)
4.2.2 系统结构与配置	(147)
4.2.3 系统工作原理与特点	(149)
4.2.4 系统主要功能与技术指标	(150)
4.3 关键技术及其处理方法	(151)
4.3.1 现场仪表选型	(151)
4.3.2 混合法油罐自动计量	(160)
4.3.3 现场总线技术的应用	(161)
4.3.4 嵌入式控制器的设计与开发	(161)
4.3.5 组态软件应用	(165)
4.3.6 储油罐油量平衡分析及泄漏故障诊断	(171)
参考文献	(171)
第5章 油料灌装自动化系统	(173)
5.1 概述	(173)
5.2 油料灌装自动化系统设计	(174)
5.2.1 系统设计	(174)
5.2.2 业务流程	(175)
5.2.3 系统结构	(176)
5.2.4 系统组成及功能	(177)
5.3 关键技术及其处理	(199)
5.3.1 仿人智能控制技术	(199)

5.3.2	测控分机中的故障诊断技术	(200)
5.3.3	管理分机实现的关键技术	(203)
5.3.4	远程作业监控实现的关键技术	(203)
第6章	安全警戒自动化系统	(205)
6.1	视频监控系统	(205)
6.1.1	概述	(205)
6.1.2	系统设计	(205)
6.1.3	关键技术及处理	(214)
6.2	门禁控制系统	(231)
6.2.1	概述	(231)
6.2.2	系统设计	(231)
6.2.3	关键技术及处理	(237)
6.3	周界防范系统	(243)
6.3.1	系统概述	(243)
6.3.2	系统设计	(243)
6.3.3	关键技术及处理	(249)
6.4	消防报警系统	(262)
6.4.1	概述	(262)
6.4.2	系统设计	(262)
6.4.3	关键技术及处理	(265)
	参考文献	(271)
第7章	信息管理自动化系统	(272)
7.1	概述	(272)
7.2	油库管理信息系统	(272)
7.2.1	系统体系结构	(272)
7.2.2	系统组成与功能	(273)
7.2.3	系统特点	(274)
7.2.4	系统运行环境配置	(274)
7.3	油库办公自动化系统	(275)
7.3.1	系统的组成与功能	(275)
7.3.2	系统特点	(277)
7.3.3	数据结构	(278)
7.4	典型系统设计与实现	(284)
7.4.1	油库基本情况管理子系统	(284)
7.4.2	油料管理子系统	(288)
7.4.3	油库设备设施管理子系统	(294)
7.4.4	油库人事管理子系统	(303)
7.5	关键技术及其处理	(306)
7.5.1	综合数据库技术	(306)
7.5.2	接口技术及其应用程序设计	(308)

7.5.3 基于RBAC 用户权限管理的设计与实现	(313)
第8章 管道自动化系统	(318)
8.1 管道概述	(318)
8.1.1 管道运输的特点	(318)
8.1.2 管道的分类	(318)
8.1.3 长距离输油管道的组成	(319)
8.1.4 管道自动化概述	(319)
8.2 系统设计实例	(321)
8.2.1 管道概况	(321)
8.2.2 系统总体功能与结构	(321)
8.2.3 站控系统功能与结构	(322)
8.2.4 调度中心监控系统功能与结构	(325)
8.3 关键技术	(328)
8.3.1 输油泵站工艺流程控制	(328)
8.3.2 输油泵站控制方案及切换	(329)
8.3.3 成品油顺序输送	(331)
8.3.4 固定输油管道泄漏检测	(332)
8.3.5 固定输油管道仿真	(338)
参考文献	(340)

概 述

油料储运自动化系统主要包括油库自动化系统和长输管道自动化系统。随着智能传感技术、现代通信技术、智能信息处理与管理技术的迅猛发展及其在油料储运作业与管理领域中的应用,油料储运自动化系统呈现出管控一体化、智能化的新局面,在企业减员增效、提高作业安全、改善作业环境方面发挥了重要作用。

(一) 油库自动化系统概述

采用先进监控技术,实现油库信息采集自动化、信息传输网络化、油库资源可视化、供应保障精确化、安全管理智能化等,已成为目前油库自动化建设的基本技术特征。典型油库自动化系统结构如图 1 所示,由自动控制系统、信息管理系统和网络传输系统三部分组成。

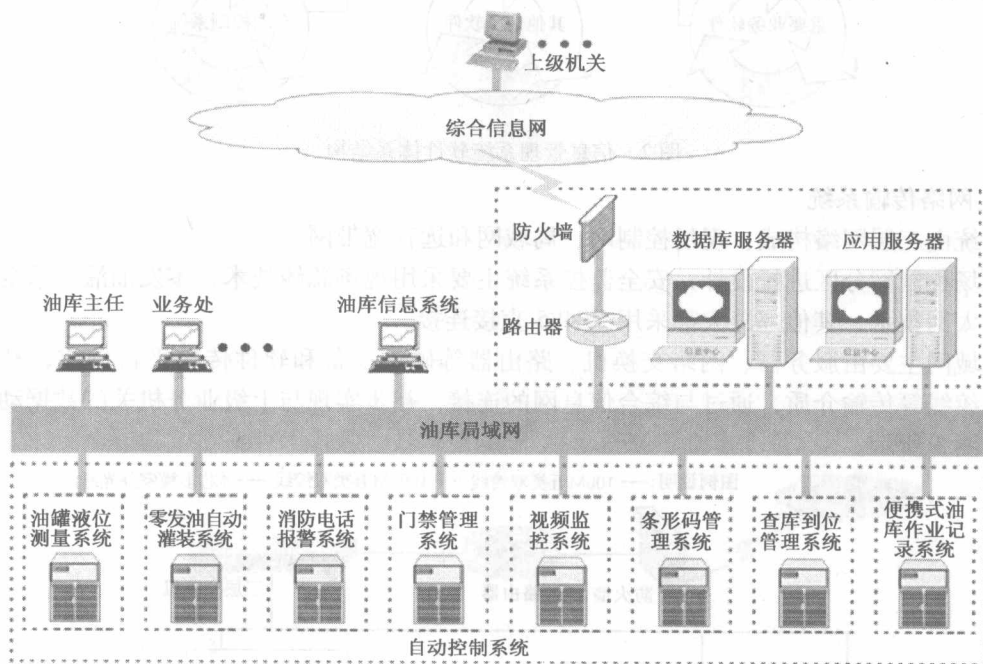


图 1 油库自动化系统结构

1. 自动控制系统

自动控制系统是油库信息化建设的基础,由 8 个自控分系统构成,分别是:油罐液位测量系统、零发油自动灌装系统、消防电话报警系统、门禁管理系统、视频监控系统、条形码管理系统、查库到位系统和便携式油库作业记录系统。涉及到自动检测技术、自动控制技术、现场总线技术、数字视频技术、GIS 技术、实时数据处理技术、IC 卡技术、条码识别技术、作业管理技术等现代监控技术。

2. 信息管理系统

信息管理系统以综合数据库为核心,根据信息管理功能需求,建立 4 个软件分系统:油库部署配置、信息基础平台、油库信息整合与油库综合管理分系统,分别完成信息系统创

建、自控系统整合、油库业务管理等功能，可以将自控系统实时数据、人工采集数据和预置基础数据统一规划整合，满足油库数据共享、互连互通、集成使用的要求。系统软件体系结构如图 2 所示，综合应用了数据库技术、信息管理技术、人工智能技术等。

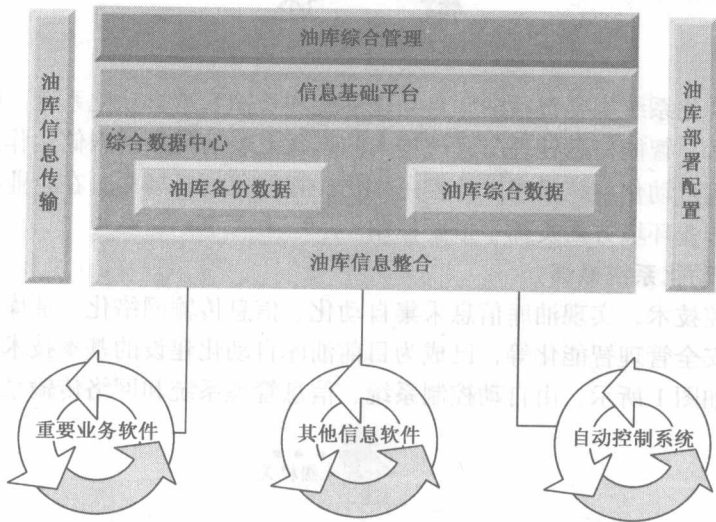


图 2 信息管理系统软件体系结构

3. 网络传输系统

系统由三层网络构成：现场控制网、局域网和远程宽带网。

现场控制网分区进行设计，安全监控系统主要采用现场总线技术，零发油灌装系统采用工业以太网技术，其他部分大都采用 RS485 直接连接。

局域网主要由服务器、网络交换机、路由器等硬件设备和软件传输平台构成，利用光纤、双绞线等传输介质，通过与综合信息网的连接，初步实现与上级业务机关的数据动态交互，如图 3 所示。

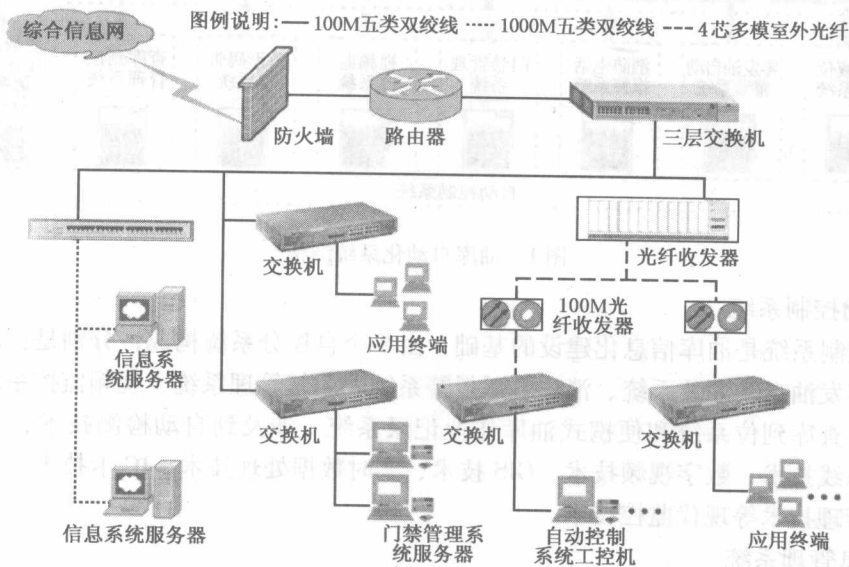


图 3 油库局域网配置

（二）长输管道自动化系统概述

建立 SCADA 系统，采用硬件厂商或专业软件公司提供的监控组态软件工具，结合二次开发，完成管道系统数据采集、监控管理、调度指挥及故障诊断任务，是目前国内外管道自动化建设的重点发展方向。典型 SCADA 系统结构如图 4 所示。

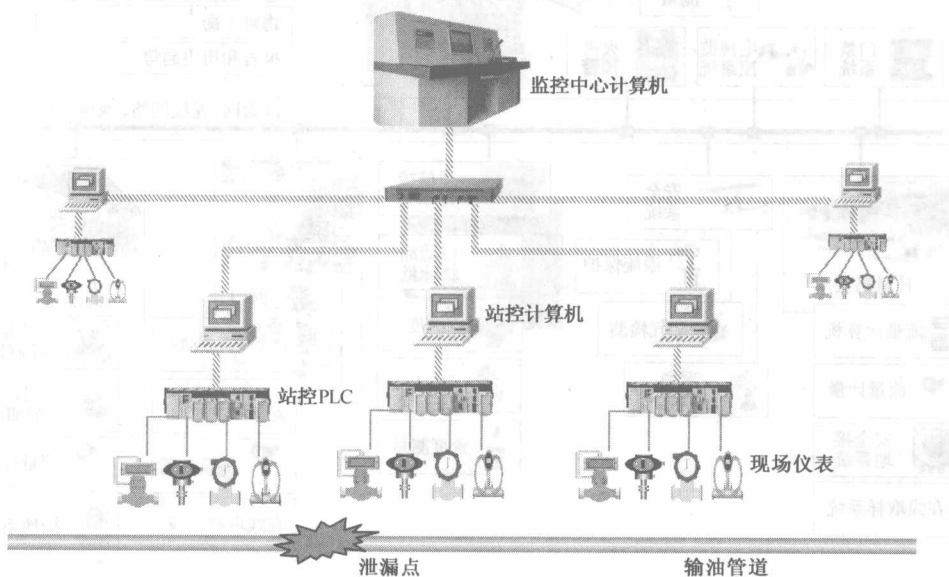


图 4 SCADA 系统结构

SCADA 系统结构模式的主要特点是按照系统功能分散、负荷分散、危险分散及管理集中的设计思想，将管线系统分解为管线监控中心计算机、站控计算机、站控 PLC、现场仪表四级，通过控制网络和管理网络，形成分级分布式监控和数据采集系统，其主要优点是：一是满足系统开放性要求，容易实现硬件平台、软件环境、应用系统的替换、升级，延长系统生命周期；二是实时性好，利于系统工况分析、故障诊断；三是系统具有更高的可靠性、安全性。

（三）发展趋势

油料储运系统具有分布空间范围广、安全防爆要求高、监控点多、布线复杂、自动化系统的水平和垂直集成难度大的特点。围绕储油罐区自动监测、计量和管理功能，系统开发涉及的关键难点技术问题有：如何实时、准确、可靠、经济地采集点多、面广的监控信息，实现大范围的数据共享；如何基于多参数实时数据，进行智能分析、处理，进一步提高计量精度；如何基于监控信息及数据，进行油料平衡分析和故障诊断，提高安全管理的智能化水平等。针对信息采集自动化、信息传输网络化、信息资源可视化、供应保障精确化、安全管理智能化等应用需求，国际领先的储油罐监控计量仪表生产商荷兰 Enraf 公司提出了一种罐区全面解决方案，该方案综合反映了油料储运自动化监控技术的发展趋势，如图 5 所示。该方案具有如下特点：

- 智能仪表、平均温度测量、混合式测量方法，保证系统计量精度；
- 嵌入式控制器及现场总线的应用，解决大范围数据共享难题，综合罐区信息；
- 提供包括高端决策功能、故障自诊断、油料平衡分析等智能化功能为支撑的罐区监控智能化解决方案。

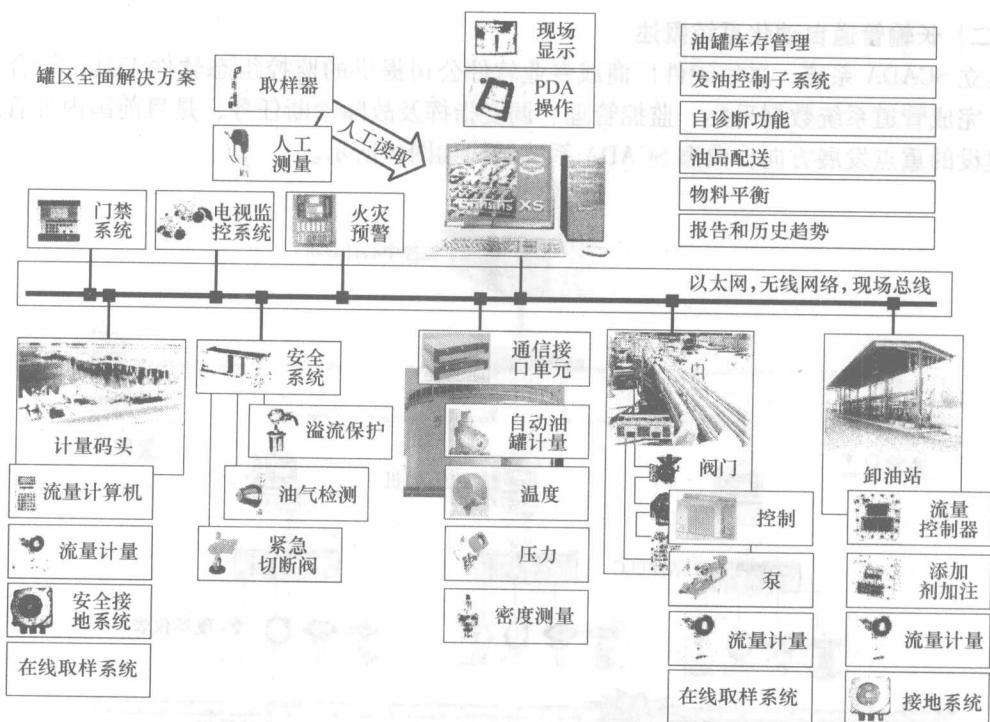


图5 Enraf 公司罐区全面解决方案

特别是近年来，随着我国加入 WTO，为增强国际竞争力，提高企业实力，促进企业和国际石油市场接轨，减少各类事故的发生，将企业的经济效益、社会效益和环境效益有机地结合起来，国内三大石油集团(中国石油、中国石化和中国海洋)正在各自所属的企业，包括油库、加油站大力推行一种崭新的国际石油天然气工业通行的管理体系：HSE 管理体系。HSE 管理体系是健康(Health)、安全(Safety)与环境(Environment)管理体系的简称，也可用 HSE MS(Health Safety and Environment Management System)表示。HSE 管理体系的特点主要有以下几个方面：强调由事后控制变事先预防；强调危害先知；遵循 PDCA 持续改进、不断完善科学管理方法；坚信“一切事故是可以避免的”理念。在油料储运工作中，体现国际石油天然气工业通行的 HSE 管理理念，对输油设备、储油设备及管道介质泄漏等进行监测与故障诊断，目的是及时发现或预报储运系统的异常或故障，从而避免由其所导致的巨大经济损失或安全事故，具有潜在的巨大经济效益。因此，研究状态监测与故障诊断技术及其在油料储运自动化系统中的应用，将是国内外油料储运学术界、工程界的研究热点和重要发展方向。

上 篇

油料储运自动化系统技术基础

第 1 章 油料储运测控自动化技术

1.1 自动测量仪表

1.1.1 温度测量仪表

1.1.1.1 热电式温度传感器

不同材质的两根导线互相焊接起来,将此焊点置于被测温度下,两导线的另一端便可出现电动势,其值与被测温度有确定的关系,这种温度传感器就称为“热电偶”。热电偶的特点是结构简单,所选择的两根导线材质适当时可以测高达 1000℃ 以上的高温,本身尺寸小,可用来测小空间的温度,动态响应快,电动势信号便于传送。

(一) 热电偶的测温原理

热电偶所提供的信号为“热电动势”,它是至多不过几十毫伏的微小直流电动势,由两种物理效应所形成:

接触电动势——两种不同导体 A 和 B,其自由电子密度不等,在焊点处有电子扩散现象,因而产生接触电动势。此电动势不仅与材质有关,且与温度有关,可表示为 $e_{AB}(t)$ 。

温差电动势——同一材质的导体 A,当两端存在温度差时,自由电子的分布不均匀,会出现温差电动势。此电动势与材质有关,且与温度 t 和 t_0 有关,表示为 $e_A(t, t_0)$ 。此处, t 和 t_0 代表导体 A 两端的温度。

将导体 A 和 B 焊接成闭环,一个焊点在温度 t 之下,另一焊点在温度 t_0 之下,就会在环形电路中出现四个电动势,如图 1.1(a)。

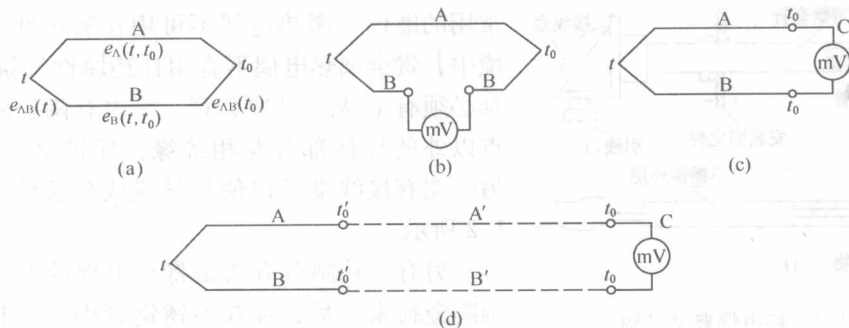


图 1.1 热电偶电路的构成

四个电动势分别为 $e_{AB}(t)$ 、 $e_{AB}(t_0)$ 、 $e_A(t, t_0)$ 、 $e_B(t, t_0)$ 。它们的代数和不等于零,记为 $e_{AB}(t, t_0)$ 。

必须注意的是:以上各电动势及其代数和都和导体的粗细及长短无关。只要知道导体 A 和 B 的性质及温度 t_0 的数值,就能根据 $e_{AB}(t, t_0)$ 判断被测温度 t 。

通常用热电偶测高温,所以一般 $t > t_0$ 。因此,把 t 处的焊点称为“热端”,也叫“工作

端”；把 t_0 处的焊点称为“冷端”，也叫“参考端”。问题在于图 1.1(a) 的闭合回路中的总电动势 $e_{AB}(t, t_0)$ 究竟有多大无法知道，必须把它断开，接入仪表才能测出总电动势值。所接入的仪表是另外一种材质 C 所构成的导体。于是，电路成为图 1.1(b)。

闭合回路中出现了除 A、B 以外的第三种导体 C 之后，总电动势会有什么变化呢？根据热电偶的第三导体定则可知，只要这第三种导体 C 的两端温度相等，就对 $e_{AB}(t, t_0)$ 的大小毫无影响。既然如此，把冷端焊点打开，接入仪表，并保持其两端都在冷端温度 t_0 之下，如图 1.1(c)，就能测出总电动势。

关键是导体 A 和 B 的材质选定之后，还必须保证 t_0 已知，并且稳定不变，才能根据回路的总电动势判断温度 t 。为此，首先应使冷端远离热端，以免受高温影响而引起 t_0 波动。然后用适当方法把 t_0 测出。如果导体 A 和 B 是廉价材质，可用与 A、B 同样材质但包有绝缘层的导线，把冷端引到远处。这种导线叫做“延伸导线”。如果 A 和 B 是贵金属，就必须用价格便宜的专用导线 A' 和 B' 接在 A 和 B 上，把冷端从温度不稳定的 t'_0 处移到温度稳定的 t_0 处，如图 1.1(d) 所示。这种专用导线 A' 和 B' 做“补偿导线”，它必须与热电偶的材质 A 和 B 有相同的热电性质，但因工作在非高温区，不必考虑其耐热性。补偿导线和延伸导线都是用规定的合金制成的，为了便于敷设，用柔软的多股芯线外包绝缘层的形式。

延伸导线和所接的热电偶材质相同，其效果等于把热电偶接长，冷端当然被移远。补偿导线虽然和所接热电偶材质不同，但因在非高温区具有同样的热电性质，两者连接之后等于在热电动势 $e_{AB}(t, t'_0)$ 的基础上又增加了补偿电动势 $e_{A'B'}(t_0, t'_0)$ 。而 A、B 和 A'、B' 的性质相同，所以，总电动势是 $e_{AB}(t, t_0)$ ，和整支长热电偶效果一样，因此有补偿导线这个称呼。

如果被测温度很高，例如 1000℃ 以上，冷端温度在室温范围，则 t_0 的波动引起的相对误差不十分严重。反之，被测温度接近室温时， t_0 的影响绝不能忽视。延伸导线或补偿导线的极性一定要与热电偶的极性正确连接，否则，非但起不了应有的作用，反而会使误差增大，这一点要特别注意。

(二) 热电偶结构

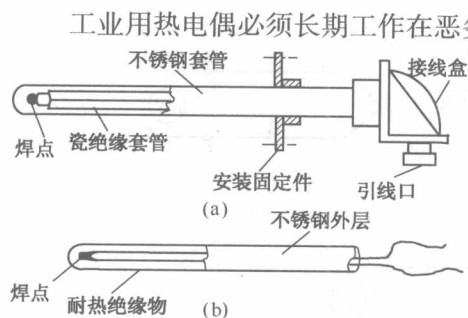


图 1.2 热电偶典型结构

工业用热电偶必须长期工作在恶劣环境下，应特别注意被测介质对热电偶材质的损害。常用的廉价金属热电偶不可用在氧化性或腐蚀性环境中，贵金属热电偶不宜用在还原性气氛中。因此，都必须有不锈钢保护套管，管内有陶瓷绝缘管使焊点以外的导体部分互相绝缘，保护套管一端封闭，另一端有接线端子以便与导线或延长线连接。见图 1.2 所示。

另有一种制造方法是将热电偶的两种材质外包围陶瓷粉末之后，穿在不锈钢管中，一起拉成复合线材。使用时取适当长度将热电偶焊接起来，并封闭外层不锈钢套，这叫做“铠装热电偶”，可参看图 1.2(b)。

保护套管及瓷管的热容量肯定会增大热惯性，使热电偶的时间常数加大，对反映动态温度变化不利。所以科学实验中的测温，如果可以不考虑防护的话，宁愿用裸露的热电偶直接与被测介质接触，特别是直径小的热偶丝反应更为快速。

(三) 使用要点

(1) 热电偶导体及套管的传热可能引起测温误差。为减少此种影响，应注意热电偶在被