

选煤自动化 实用技术

薛维东 编著
殷海宁

Coal

Coal

Coal



煤炭工业出版社

选煤自动化实用技术

薛维东 殷海宁 编著

煤炭工业出版社

选煤自动化实用技术

薛维东 殷海宁 编著

责任编辑 李 振 祥



煤炭工业出版社 出版发行
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)
北京密云春雷印刷厂 印刷

开本 850×1168mm¹/₃₂ 印张 9

字数 234 千字 印数 3,001—6,000

1996 年 9 月第 1 版 2001 年 1 月第 2 次印刷

ISBN 7-5020-1367-9/TP20

书号 4136 定价 16.00 元

内 容 提 要

本书主要介绍了选煤厂已经应用并取得显著经济效益的成熟的选煤自动化技术,分章论述了选煤厂常用仪表与执行器、工业控制机、过滤机液位自动调节系统、主要选煤工艺参数测控系统和全厂计算机集中控制技术,以及成功应用这些技术的选煤厂厂型和工艺条件。

前 言

改革开放将煤炭行业推向市场，选煤厂首当其冲参与市场激烈竞争，由于用户对精煤质量要求日趋严格和选煤厂追求高效益，使越来越多的厂家开始面向自动化高新技术寻求帮助。实践证明，已经推广应用于选煤厂的许多自动化测量装置和控制系统可达到提高分选效率和稳定产品质量的目的，从而获得较好的经济效益。随着我国科学技术的迅速发展，选煤自动化必将深入到更多的厂家。

本书详细介绍了已在一些厂家推广应用并获得显著效益的成熟技术，向读者介绍其研制单位、技术原理、应用厂家、维护要点、经济效益、适用厂型及工艺条件，希望能够把这些成熟自动化技术推荐给读者。

在编写此书过程中，得到了煤炭科学研究总院唐山分院领导的大力支持和院学术委员会的指导；本书初稿得到了顾少雄、任清晨、左乙山、王丽敏等专家的审阅和修改；得到了自动化专业人员提供有关资料的帮助；得到了许多选煤厂技术人员提供的自动化技术应用效果的信息；在此，我们一并表示衷心感谢。

由于我们水平所限，书中可能有不少缺点和错误，希望广大读者给予批评指正。

本书初稿由林涛完成计算机编辑工作，特此表示感谢！

ABA29/02

目 录

第一章 绪言	1
第一节 国外选煤自动化概况	1
第二节 国内选煤自动化现状及发展前景	2
第二章 选煤自动化常用仪表及执行器	6
第一节 差压变送器	7
第二节 单膜盒式液位计	23
第三节 电容液位计	29
第四节 电磁式流量计	31
第五节 超声波流量计	35
第六节 微波测水仪	41
第七节 双膜盒式密度计	45
第八节 同位素密度计	49
第九节 同位素测灰仪	54
第十节 磁性物含量计	59
第十一节 变频调速器	65
第十二节 胶带输送机保护装置	70
第十三节 智能加药控制器	79
第十四节 DK—YZ 型电控液动执行器	86
第三章 选煤自动化工业控制计算机	105
第一节 智能调节器	105
第二节 STD 工业控制计算机	115
第三节 IPC 工业控制计算机	130
第四节 三种机型综合指标比较	141
第四章 圆盘式真空过滤机液位自动测控系统	142
第一节 自动测控方法及工作原理	142
第二节 应用厂家及效益分析	148
第五章 跳汰选煤工艺参数自动测控系统	155

第一节	跳汰机床层自动测控系统	155
第二节	闸板式跳汰机自动排料系统	158
第三节	滚轮式跳汰机自动排料系统	163
第四节	应用厂家及效益分析	170
第六章	重介质选煤工艺参数自动测控系统	177
第一节	重介质工艺参数自动测控系统	177
第二节	主、再选轮式双系统工艺参数自动测控系统	179
第三节	三产品重介质旋流器工艺参数自动测控系统	193
第四节	应用厂家及效益分析	202
第七章	浮选工艺参数自动测控系统	213
第一节	微小流量在线测量和自动添加	213
第二节	浮选工艺参数自动测控系统	223
第三节	应用厂家及效益分析	226
第八章	全厂计算机集中控制技术及管理信息系统	249
第一节	智能分布式控制系统	249
第二节	全厂计算机控制及管理信息系统	259
第三节	综述	277

第一章 绪 言

第一节 国外选煤自动化概况

据统计,美、英、法、德、日、澳等一些发达国家的原煤入选比例都在90%以上。除工艺先进、设备质优外,其自动化水平高也是一个重要因素。1982年,我国范各庄选煤厂从德国引进了全套选煤技术装备,其自动化程度至今仍居我国众多选煤厂自动化水平的前列。

近年来,国外一些发达国家在工艺过程在线分析和控制方面又取得了很大进展。如美国PTI公司对控制系统采用前馈和反馈的方法,对重介分选机、重介旋流器和浮选等选煤工艺过程实现分散控制。这些系统采用了几种“带上式”双能灰分监测仪确定煤的成分,并在输送小于13mm粒级煤的胶带输送机上采用末煤灰分检测系统,对煤灰分、固体含量(水分)实现在线分析和控制。该公司将模糊逻辑控制理论应用于工艺过程控制系统中,可模仿操作人员,依据在线监测器测得的结果改变选煤厂的操作条件,由中央处理器完成流程平衡和获得最大产率,保证选煤厂高效率运行。由“带上式”双能灰分监测仪和模糊控制理论组成的测控系统应用于美国西弗基尼亚选煤厂和其它一些选煤厂,全厂总精煤产率提高3%~5%。

澳大利亚近几年研制成功的煤泥分析系统(CSA)为测量浮选工艺系统效果提供了一种准确、可靠的手段。煤泥分析系统与自适应模糊逻辑控制理论相结合,监测和控制下列变量:对入料、精煤和尾煤中的灰分及固体含量进行连续或间断的分析;对浮选剂添加量、浮选机中的煤浆液位、补水量和浮选机中的充气量等工艺参数进行测控;上述测控方法可取得显著的经济效益。

一些技术资料表明，国外发达国家在选煤厂集中控制、几种主要生产工艺过程控制、全厂信息网络管理及一些传感元器件的性能方面都已经具有很高的技术水平。

第二节 国内选煤自动化现状及发展前景

一、选煤自动化现状

近10年来，随着我国科学技术的迅速发展，选煤厂自动化技术也有了较大提高。在200余座选煤厂主要洗选工艺中，约有30%实现了“跳汰机床层自动测控”；约有20%实现了“重介密度自动测控”；约有15%实现了“浮选药剂跟踪干煤泥量自动测控”；在其它工艺方面也实现了一定程度的自动化技术。这些自动化技术推广应用于现场后，约有60%的厂家取得了显著的经济效益和社会效益；约有30%的厂家使用效果不够理想，主要是因现场操作使用不当、维修力量不足和管理水平较低，造成在自动化项目运转不久便全面瘫痪；另有约10%的厂家场是引进了不成熟技术，最终蒙受了重大经济损失。

在全厂集中控制和信息管理方面，虽然我国从1985年之后才开始此方面的研究，并取得了较大进步，但从总体方面来说，还较远的落后于国外一些发达国家。例如：目前我国选煤厂中，在全厂集中控制方面能够达到10余年前全面引进德国设备的范各庄选煤厂自动化水平的尚为数不多，这可以说明我国在全厂集中控制和信息管理方面与发达国家的差距。

在跳汰、重介、浮选三种主选（以下简称三大主选）设备自动测控系统方面，我国在七五期间连续研制成功了这三方面的科研成果，并在一些选煤厂得到了较好的推广应用。八五期间这些在实际推广应用中得到不断完善提高的自动化技术被市场进一步确认，并加快了推广的速度，技术上已具有比较广泛的适用性，推广面积几乎覆盖全国各省，可以称之为成熟技术。虽然这三大选自动化都向产品质量在线测控方面作了一些尝试，但总体上，尚未形成推广规模。

在工业控制机应用方面，继 TP801~TP805 单板机之后，研究人员在选煤厂环境下，开发应用了 STD 工控机作为选煤厂单机自动测控系统中的控制主机；最近又成功地开发应用了当今世界流行的 IPC 机工控机，将其用于选煤厂工艺过程控制系统中，其一机多用功能和抗恶劣环境的特点，更适合于选煤厂应用。

在选煤厂自动化常用仪表和执行器方面，尽管我国工业仪表种类繁多，但在选煤厂恶劣环境下，许多仪表都被淘汰，只有少数仪表成为“成熟”仪表。如某些流量计、密度计、测灰仪、液位计等能够承受恶劣环境的侵蚀和干扰，得到了用户的认可；电动、风动执行器在选煤厂恶劣环境下遭到淘汰，而电控液动执行器却在这种情况下应运而生，显示出极强的生命力。上述这些测量仪表和执行器为选煤厂实现各环节自动化和全厂自动化奠定了坚实基础。

二、选煤自动化发展前景

1. 发展选煤势在必行

我国煤炭储量有 80% 集中在华北和西北，而 74% 的煤炭消耗在东南及沿海一带，造成 60% 的煤炭需要运输，占铁路货运量的 40%。由于未经洗选的煤炭中含有大量矸石，在运输中造成极大的人力、物力浪费，假如通过选煤排出 1% 的矸石，每年可节约车皮达 10 万辆，对缓解铁路运输紧张状况将起到较大作用。

通过选煤还可以降低煤中的灰分和硫分，提高煤质，并可减少直接燃煤对环境造成的污染。

按照国民经济发展规划要求，到 2000 年，我国煤炭产量最低要达 14 亿 t，入选原煤比例要达 30%，比原来煤炭入选量增加一倍以上，按规划要建设 280 座选煤厂，这就要求我们提供大量的高效选煤设备和与其配套的自动化技术。至少使“九五”期间新建选煤厂在自动化方面尽量接近国外发达国家自动化水平。

2. 应尽快提高我国选煤自动化水平

先进的选煤设备配置先进的自动化技术，尤其选煤工艺过程单机自动化必将带来丰厚的利润，这已被无数实践经验所证实。近

10年来,我国在选煤自动化、尤其在单机自动化方面取得了可喜的成果,但与发达国家相比,仍有较大差距。如在跳汰机工艺参数中,我国推广应用量大面广的仅是自动排矸系统,而对相关的松散度、风、水、给料量等工艺参数尚未实现有效测控;在浮选工艺参数中,仅对药剂自动跟踪干煤泥量进行了有效测控,尚未研制出煤泥分析仪对浮选实现“产品质量在线测控”等。

如何在较短时间内缩小与发达国家自动化的差距,提高我国选煤厂自动化水平,这对我国宏观经济要求选煤行业尽快节能提效至关重要。

(1) 在继续搞好一些基础自动化元器件的同时,应积极引进消化一些国外先进测量仪表。比如将国外的煤浆分析仪之类的产品引进消化,最终实现国产化,使我国选煤厂某些工艺自动化水平上一个台阶。

(2) 继续深入基础理论和现代理论研究,在继续探索一些主要选煤工艺设备的数学模型同时,要对控制系统引进自适应模糊控制技术。该技术在我国选煤行业有广阔的应用前景。

(3) 对自动控制元器件严格选型标准。我国某些应用于现场的自动化项目效果一般的原因之一是控制系统中的许多电子元件不过关,大到检测仪表,小到电阻、电容都存在这方面问题。所以研究和生产自动化设备的单位务求元器件初选(采购)和老化筛选(加温)相结合,使自动化设备尽量可靠、耐用、故障率低。

3. 选煤自动化前景广阔

(1) 老厂改造迫在眉睫。目前,我国200余座选煤厂中,50年代及以前建厂的约占30%,60年代建厂的约30%,70年代建厂约占15%,其中虽经技术改造,但还有不少设备是陈旧的,其能耗高、效率低,致使产品水分高、灰分高、损失大等缺点直接影响着经济效益和用户利益。在选煤厂中运转10年以上的设备:跳汰机占50%,重介分选机占51%,浮选机占44%,过滤机占43%,甚至个别选煤厂还有水泥壳体的跳汰机、活塞式跳汰机、 $\phi M-2.5$ 型浮选机等老设备,这些急待更新的设备在未来的改造

中，一般都伴随着自动化控制系统引进和应用。

(2) 新建厂数量逐年递增。近年来，由选煤设计院和一些煤矿设计院设计的大、中型选煤厂遍及全国。一些设计单位的有识之士对新建厂自动化设备给予重点考虑和积极选型，一些新建厂筹备单位也在市场经济的促动下对自动化装备提出较高的要求。

未来的选煤自动化市场形式表明，只要自动化项目确实能够做到节能提效，自动化设备质量高、故障低，随着我国宏观经济的好转和企业管理人员、维护人员及使用人员素质的提高，选煤自动化技术具有广阔的推广应用前景。

第二章 选煤自动化常用 仪表及执行器

对于几乎所有测量、控制和自动化技术来说，传感器技术和执行器技术都是一种关键技术。自动测控系统的一再进步总是由于采用合适的传感器和可靠耐用的执行器而得以实现。目前，各种执行器的进步以及传感器数字化的努力正对技术更新产生巨大的推动作用，但对于煤炭行业选煤厂来说，所寻求的不是技术上的高标准方案，而是适用于选煤厂恶劣环境下的实用型仪表和执行器。

选煤生产过程需要测控的工艺参数较多，因现场条件较为恶劣，对传感元件和执行元件有较高的要求。如重介质密度、磁性物含量和介质桶液位的测控；跳汰机床层厚度的测控；浮选工艺的入浮矿浆浓度、流量及药剂添加量和测控等。这些工艺参数大多是成分复杂的悬浮液，还具有不均匀易沉淀的特点，所以，将这些工艺参数测量准确并控制在最佳范围比较困难。因此，选煤厂自动化采用的测量仪表和执行元件，不仅要能够适应选煤厂比较恶劣的环境和条件，还要求具有结构简单、工作可靠、坚固耐用、使用方便、通用性强、便于维护和管理的特点。

随着近年来我国工业自动化的不断发展和市场经济使选煤厂在煤炭行业的地位不断提高，选煤厂对自动化的需求使一些研究单位纷纷开发适用于选煤厂生产的自动化测控元件。其中一些产品已成功地应用于生产当中，它们可以稳定产品质量，提高企业经济效益，减轻工人劳动强度，缩短操作时间，取得了明显的经济效益和社会效益。

下面着重介绍几种在选煤厂已经成熟应用的测量仪表和执行元件及其基本工作原理、主要用途、应用厂家和使用维护要点。

第一节 差压变送器

一、CECC 型电容式差压变送器

1. 基本工作原理

电容式差压变送器由电容差压传感器和二次仪表电路组成。电容差压传感器将输入的差压信号 ($\Delta P = P_1 - P_2$) 转换为对应的电容量的变化, 二次仪表电路再将此变化的电容量转换为对应的标准电流信号。

1) 电容差压传感器

图 2—1a 为电容差压传感器的原理结构, 图 2—1b 为它的等效电路图。电容差压传感器的正、负气室由两块固定弧形极板和弹性活动极板 (中心感压膜片) 采取适当的绝缘密封措施制成。

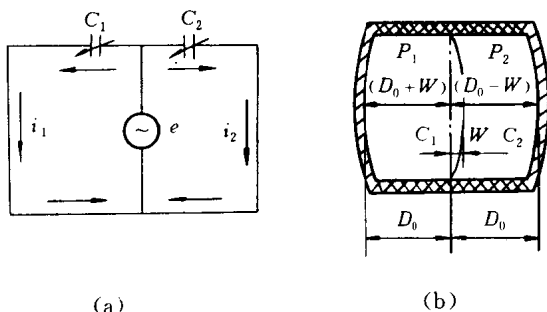


图 2—1 电容差压传感器原理结构图

当有差压输入时, 即 $P_1 \neq P_2$, 由于中心感压膜片两侧的压力不等, 使其离开中间位置, 产生位移 W 。在一定的差压范围内, 位移 W 和差压 ΔP 成正比, 即 $W = K \cdot \Delta P$, 其中 K 为比例系数。若 P_1 大于 P_2 , 则:

$$C_1 = \frac{\epsilon \cdot S}{D_0 + W} \quad (2-1)$$

$$C_2 = \frac{\epsilon \cdot S}{D_0 - W} \quad (2-2)$$

式中 ϵ 是介质的电容率, S 是电容器极板的相对面积, D_0 是无差

压输入时中心感压膜片到两固定板的距离。

2) 二次仪表电路

如图 2—1 所示, 电容 C_1 和 C_2 供以高频交流电源 e , 得到电流 i_1 和电流 i_2 :

$$i_1 = \frac{e}{X_{C1}} = \frac{e}{\frac{1}{C_1 \omega}} = \omega \cdot e \cdot C_1 \quad (2-3)$$

$$i_2 = \frac{e}{X_{C2}} = \frac{e}{\frac{1}{C_2 \omega}} = \omega \cdot e \cdot C_2 \quad (2-4)$$

$$i_1 + i_2 = e \cdot \omega (C_1 + C_2) \quad (2-5)$$

如果设法维持 $i_1 + i_2$ 不变并等于常数 I_{com} (这在二次仪表电路中可以得到满足), 即:

$$I_{com} = i_1 + i_2 = e\omega(C_2 + C_1) \quad (2-6)$$

则:

$$e\omega = \frac{I_{com}}{C_1 + C_2} \quad (2-7)$$

那么:

$$\begin{aligned} i_2 - i_1 &= e\omega(C_2 - C_1) \\ &= \frac{C_2 - C_1}{C_2 + C_1} \cdot \dot{I}_{com} \\ &= \frac{W}{D_0} \cdot I_{com} \end{aligned} \quad (2-8)$$

将 $W = K \cdot \Delta P$ 代入式 (2-8) 得:

$$i_2 - i_1 = \frac{K \cdot \Delta P}{D_0} \cdot I_{com} = K_1 \cdot \Delta P \quad (2-9)$$

其中

$$K_1 = K \frac{I_{com}}{D_0}$$

图 2—2 是电容式差压计的原理框图。电容差压传感器在交流电源 e 的作用下, 产生两个输出信号, 即 $i_2 + i_1$ 和 $i_2 - i_1$ 。其中 $i_2 - i_1 = K_1 \cdot \Delta P$, 经解调、放大转换和恒流输出电路, 输出标准直流电流信号 (对于 III 型仪表是 $4 \sim 20\text{mA}$) I_0 :

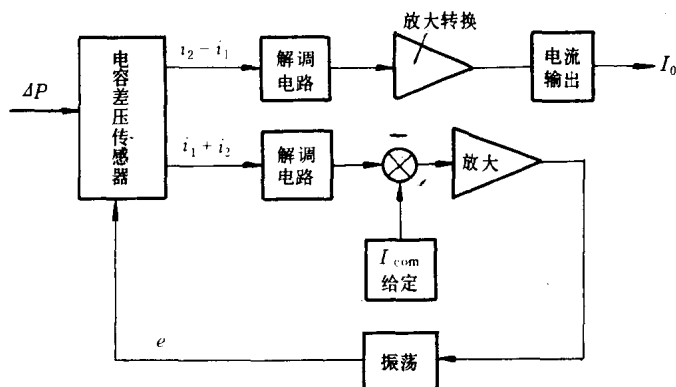


图 2-2 电容式差压计原理方框图

$$I_0 = K_2(i_2 - i_1) + 4 = K_2 \cdot K_1 \cdot \Delta P + 4$$

其中 K_2 是解调、比较、放大振荡电路和电容差压传感器构成的负反馈闭环自动调节系统，可自动维持不变，即 $i_2 + i_1 = I_{com}$ 。

2. 主要用法

CECC-320 型差压变送器曾用于重介质密度和浮选药剂微小流量的在线测量，也用于较简单工艺参数测量（重介工艺介质桶液位测量和浮选工艺预处理器液位测量）。下面简介一下单管差压计用法。

1) 工作原理图

见图 2-3，将单管（口径约 100mm 的铁管）插入被测液体，单管由胶皮管与差压计正压室连接，负压室通大气。差压计输入差压 $\Delta P = \Delta h \cdot \delta$ ，其中 Δh 是插入液体的深度， δ 为常数。

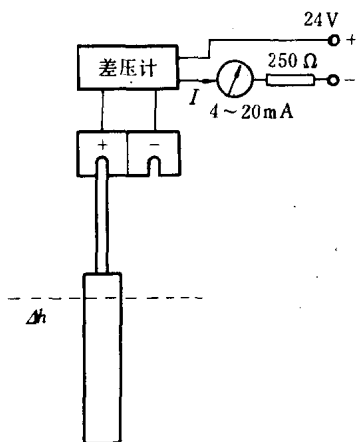


图 2-3 单管差压计原理图

2) 量程的标定

根据选煤厂工艺特点,测介质桶液位时选 CECC—630 型差压计;测浮选工艺的预处理器液位时选 CECC—420 型差压计。前者将灵敏度电位计顺时针旋至头,然后再逆时针旋 360°,确定的测量范围约在 0~2000mm;后者将灵敏度电位计顺时针旋到头,然后再逆时针旋 180°,确定的测量范围约在 0~200mm。

3) 零点的标定

将单管插入被测介质中 100mm,调零点电位计,使输入电流为 4mA。调整零点对量程影响很小。”

4) 经验标定方法

一般上述测量方式常被用于控制系统中,单管和差压计所在测量点都远离其输出电流表头位置,给标定带来不方便。通常经验标定方法是在差压计旁输出信号线中串入一块 4~20mA 表头,伴随着人为将测悬浮液液位提高和降低,反复微调差压计灵敏度和零点电位计对应单管测量范围。在进行上述步骤前,先将阻尼电位器按顺时针方向旋到底,关闭阻尼。

5) 阻尼的调整

单管测量介质桶液位和预处理器液位,因入料冲击力较大,造成被测液位有时没变,但液面波动较大,测量表头不停抖动。因此,需要逆时针转动阻尼电位计,加大阻尼时间,阻尼时间的长或短视测量表头稳定情况而定,阻尼时间为 0.2~1.6s。

3. 应用厂家

由上海光华仪表厂生产的 CECC 电容式差压变送器已应用于很多选煤厂中,以下仅举几例,见表 2—1。

表 2—1

序号	应用厂家	应用工艺	仪表型号	应用时间
1	河北开滦局吕家坨矿选煤厂	重介介质桶	CECC—630	1987 年
2	四川永荣局荣昌选煤厂	浮选预处理器	CECC—320	1988 年
3	河北邯郸局马头选煤厂	浮选预处理器	CECC—320	1989 年
4	河北开滦局唐山矿选煤厂	浮选预处理器	CECC—320	1992 年
5	吉林通化局湾沟选煤厂	重介介质桶	CECC—630	1993 年