

先进粉体技术

自动化技术 在粉体工程中的应用

刘建平 杨济航 主编

清华大学出版社

先进粉体技术

自动化技术 在粉体工程中的应用

刘建平 杨济航 主编

清华大学出版社
北 京

“先进粉体技术丛书”

编写指导委员会

主 任：盖国胜

副主任：杨玉芬 李 冷

委 员(以拼音为序)：

丁 浩	丁 明	盖国胜	韩成良
侯贵华	胡国明	李 刚	韩跃新
李 辉	李 冷	李双跃	刘 飏
刘建平	马少健	任 俊	苏宪君
田长安	王玉蓉	武洪明	吴 琛
吴 燕	杨华明	杨济航	杨玉芬
叶 菁	张长森	张以河	张学旭
赵娣芳	朱联烽		

序

粉体是固体物质存在的一种普遍形式,是由一定尺寸颗粒组成的集合体。颗粒的大小、形貌结构与表面状态的量变可以导致粉体宏观特性的质变。粉体工程学科的发展与其他学科交融,形成了超细粉碎、精密分级、高度均化、分散、复合包覆、改性改质、干燥、烧结成型、储存、包装、输送、纳米粉体合成与应用、粉体性能检测等操作单元、合成工艺或集成技术。与这些单元、工艺或技术有关的粉体加工技术已广泛应用到电子信息、航空航天、新材料、新能源、生物工程、建材、机械、塑料、橡胶、矿山、冶金、医药、食品、饲料、农药、化肥、造纸、资源再生、环境保护、交通运输等国民经济的各个领域或行业,已成为人们公认的、与现代科学技术密切相关的、植根于传统产业的必不可少的基础性技术。

粉体加工技术既服务于传统产业,又开拓着战略性新兴产业,已经受到越来越多的研究者、技术人员和企业管理者关注和重视。不同行业、领域或企业之间针对同样的加工过程都需要进行必要的学术或技术交流,从而提升从业人员的整体素质和管理水平,推动粉体技术进步。“先进粉体技术”丛书就是因应上述形势和需要而组织出版的。

由清华大学材料科学与工程系盖国胜教授等人组织

和策划出版的“先进粉体技术丛书”不仅包括传统的粉碎、分级、混合等实际操作单元,还包括与粉体加工过程密切相关的辅助环节、加工助剂、生物材料、技术标准以及生产过程的故障处理等内容。本丛书包含的各个分册均以“粉体”为主线,分别介绍了粉体加工技术在某一“点”的研究现状与发展趋势,这种论述和内容安排不仅有助于读者将关注点集中在某个局部或某个技术问题,而且很容易将单一的应用技术与实际生产结合起来。我相信本丛书的出版不仅能满足高校和科研院所相关专业师生的教学需要,也能够满足这些机构的科研人员和生产企业的技术人员了解粉体加工技术的要求。为此,我谨向本丛书的编写者和出版者表示由衷的感谢,衷心希望本丛书的编写和出版能够对推动相关行业或领域的学术交流和技术进步产生应有的作用。

中国工程院院士、西安建筑科技大学校长

陈建刚

2012年6月于西安

前 言

本书是“先进粉体技术丛书”之一,主要内容是以粉体生产过程中的控制系统为主线,介绍与粉体生产相关的电气、仪表、自动化控制。因为自动化生产控制是一个很广泛的概念,不同的行业,如采矿、冶金、机械、石油化工、电站、食品、制药,它们的生产过程自动化虽然在基础理论、系统构成、自控元件等许多方面都是相通的,但系统结构与侧重点却有各自的特点和不同。因此本书编写的主题仅是结合粉体生产流程中经常用到的电气自动化控制系统做一些实用性的介绍,着眼于应用。由于粉体工程工艺段并不是完全独立的,往往是从属于不同的行业或只是其整个生产流程的一部分,例如在一些大型石油化工企业中,粉体生产工艺往往是最后一道成品生产工序,此工序自控系统虽然相对独立,但却又是工厂 DCS 控制系统的一部分;中小型粉体生产企业的自控系统的结构及先进控制程度又往往取决于生产规模与成本,所以编写时,从粉体工程中常用的传统自控手段与电控结构着手,逐步讲到中央先进集成控制系统。本书的读者群是从事粉体工程自控设计、制造、维修和使用的工程技术人员及各类学校机电专业学生。

本书由多年从事粉体工程自动化生产线设计和制造的江苏南大紫金科技有限公司负责撰写。全书由总经理刘建平高级工程师和杨济航高级工程师主编,参加编写的还有熊仲银工程师和黄进峰工程师等。其中第 7 章由熊仲银编写,第 8 章由黄进峰编写,第 5.3 节由陆泾工程师编写。由清华大学盖国胜教授、杨玉芬博士组织审稿;第 3 章粒度在线检测技术的撰写得到了济南微纳公司

任中京工程师的帮助和支持,借此机会表示诚挚的感谢。在本分册编写过程中参阅了很多文献资料,在此对相关专家和作者表示感谢。

由于编者水平有限,书中如有错误或有待进一步讨论改进之处,恳请广大读者给予批评指教。

作 者
2012 年 3 月

目 录

第 1 章 绪论	1
第 2 章 粉体的计量	4
2.1 称重计量准确度的划分	4
2.1.1 称重计量的技术指标	5
2.1.2 非自动电子衡器的准确度等级	6
2.1.3 自动电子衡器的准确度等级	8
2.2 粉体生产线上的静态计量设备	10
2.2.1 静态计量衡器常用的准确度等级	10
2.2.2 粉体定量称重衡器的结构和特点	10
2.2.3 储料仓称重	22
2.2.4 增量称重式定量衡器的控制时序	24
2.2.5 减量称重计量方式	25
2.3 粉体生产线上的动态计量设备	27
2.3.1 重力式皮带秤	27
2.3.2 螺旋电子秤	32
2.3.3 转子电子秤	34
2.3.4 冲板流量计	37
2.3.5 失重秤	41
第 3 章 粉体生产流程中工艺参数的检测	46
3.1 粒度的检测	46
3.1.1 粒度检测的方法和仪器	46

3.1.2	生产中常用的粒度检测指标	50
3.1.3	粒度的在线检测	52
3.2	压力的测量	55
3.2.1	洁净气体的压力测量	55
3.2.2	粉尘环境的压力测量	55
3.2.3	压力测量仪表的选型	56
3.3	温度测量	57
3.3.1	热电偶测温	57
3.3.2	热电阻测温	58
3.3.3	非接触式测温	60
3.3.4	温度控制仪表	60
3.3.5	集群温度检测	61
3.4	流量的测量	61
3.4.1	差压式流量计	61
3.4.2	容积式流量计	62
3.4.3	速度式流量计	62
3.4.4	质量流量计	63
3.4.5	流量仪表选型	64
3.5	湿度(水分)的检测	64
3.6	粉体料位的在线检测	65
3.6.1	阻旋式料位计	66
3.6.2	音叉式料位计	66
3.6.3	射频导纳料位计	67
3.6.4	重锤式连续料位测量系统	68
3.7	粉尘浓度的检测	69
3.8	具有 3D 显示图像的体积物位扫描仪	71

第 4 章 粉体流程中的电气传动与控制	74
4.1 传动系统负载的性质	74
4.1.1 交流异步电动机	74
4.1.2 高效节能电动机	76
4.2 异步电动机和变频调速器	77
4.2.1 三相异步电动机的启动	77
4.2.2 异步电动机的调速	78
4.2.3 变频调速	79
4.2.4 变频调速器的选择	79
4.2.5 采用变频器以后的电动机为什么能节能	80
4.3 粉体生产机械的电气传动和控制	81
4.3.1 粉体气力输送的动力装置	81
4.3.2 粉体机械输送的动力装置	83
4.3.3 粉磨、混合系统机械的电气传动	84
4.3.4 泵及除尘机械的电气传动	86
4.4 带控制点的工艺流程图的绘制	87
4.4.1 工艺流程图绘制的几点要求	87
4.4.2 带控制点工艺流程图的基本内容	89
4.5 电气控制	98
4.5.1 电气控制的方法	99
4.5.2 电气控制原理图的设计	103
4.6 气动控制	106
4.6.1 常用的气动控制元件	106
4.6.2 几种常用的气动控制回路	115
4.7 生产线用电负荷的确定	119
4.7.1 生产线用电负荷的统计和归纳	119
4.7.2 额定功率和设备容量	120
4.7.3 负荷计算	122

第 5 章 粉体生产线上的自动化设备	123
5.1 自动定量称重包装机	123
5.1.1 高速自由落料净重式双秤包装机	123
5.1.2 螺旋加料毛重式包装机	126
5.1.3 吨袋大包装机	128
5.1.4 带脱气装置的超微粉体定量包装机	130
5.1.5 配料秤的控制流程	134
5.2 粉料的气力输送	140
5.2.1 发送罐密相正压气力输送的自动控制	140
5.2.2 一种稀相正、负压相结合的气力 输送装置	144
5.3 球磨机的复杂控制系统	146
5.3.1 球磨机的特性曲线	146
5.3.2 球磨机内物料存料量的检测方法	148
5.3.3 球磨机的复杂控制系统	150
5.4 自动包装线上的专用设备	153
5.4.1 自动上袋机	153
5.4.2 热合缝包机	157
5.4.3 金属检测机	161
5.4.4 重量复检机	163
5.4.5 机器人码垛机和缠包机	165
第 6 章 粉体生产过程中的防护技术	170
6.1 粉尘防爆电气设备	170
6.1.1 粉体防爆的设计考虑	170
6.1.2 粉尘环境用电气设备的防爆	171
6.1.3 电气设备的防爆形式	174
6.1.4 粉体防爆中的其他电气考虑	176

6.2	粉体生产车间的电气接地	177
6.2.1	低压配电系统常用的接地形式	177
6.2.2	接地装置的连接	179
6.3	有毒有害粉体的密封式灌装	181
6.3.1	内气囊夹袋的定量灌装秤	181
6.3.2	外气囊夹袋的定量灌装秤	184
6.4	粉料搭拱架桥的破除和脱气方法	185
6.4.1	粉料搭拱架桥的破除	186
6.4.2	破拱装置的安装位置和振动力的调节	189
6.5	轻质粉料灌装过程中的脱气密实	189
第7章	自动控制系统的构成与管理	193
7.1	自动控制系统的构成	193
7.1.1	控制系统及中央控制室	193
7.1.2	中央控制室的位置	194
7.1.3	设计备用量及扩展	195
7.1.4	测量仪表	196
7.1.5	电气安全	199
7.1.6	环境保护及节能减排	200
7.2	各专业和工种之间的协调	201
第8章	粉体自动化生产线的信息化管理	207
8.1	工艺流程图	207
8.2	自动控制系统的结构	213
8.2.1	自控系统的总体构成	213
8.2.2	可编程序控制器	214
8.2.3	工业控制计算机	223
8.2.4	现场总线	226

8.2.5	工业以太网	230
8.3	粉体工程信息化管理	234
8.3.1	工业“IT”	234
8.3.2	产品的信息化管理	236
8.3.3	信息数据远程监控	237
第9章	典型案例——磁性材料的干湿法混合型生产线	239
9.1	流程设计	239
9.2	流程工艺说明	241
9.2.1	干法工艺	241
9.2.2	湿法工艺	246
参考文献		253

第1章 绪 论

1. 自动化技术在粉体生产流程中的地位与作用

粉体工程的生产与应用涵盖了建材、机械、能源、化工、医药、食品、农业等国民经济的各个领域。是当今新材料技术的一个重要组成部分。粉体加工过程中实施的不同单元作业构成了粉体生产的全过程。这些单元诸如：输送、储存、配料、混合、造粒、分散、干燥、烧结、粉磨、分级等，完成上述操作过程的生产设备是粉体工程重要的研究对象。随着科学观察和实际操作能力的提高，制备和使用微细化粉体颗粒的要求以及粉体工程产业化能力的提高，使得新的工艺设备和生产流水线不断问世，这些设备和生产线无一例外离不开更先进的传动、控制及信息化手段。传统的粉体生产手段，如单一的粉碎、分级等简单的物理作业已无法满足实际生产的需要。当前粉体工程中自动化技术的应用已越来越普遍，越来越深化，尤其是计算机技术和现代化的测控技术使粉体生产流程面貌得到彻底的改观。随着国家对节能减排、环境保护及安全生产等许多强制措施的出台，促使现有的粉体生产企业改造和更新现有的生产工艺和设备，因此使自动化控制手段和现代检测技术得到了更加广泛的应用，发挥着越来越重要的作用。

2. 粉体生产流程中电气自动化控制的特点

由于粉体生产在不同的行业中都存在，因此粉体生产工艺并不是完全独立的。例如在大型石化行业中，粉体生产往往只是整个生产流程最后一道成品工序，它的粉体生产所用的自动控制系统虽然相对独立，但却又是整个工厂集散控制系统(DCS)的一部分。自控设计的方法、手段，甚至遵循的标准都与工厂整个自控系

统一一致。而在一些粉体应用单位,例如磁性材料行业,粉体作为原材料供应,许多性状不同的粉料经过输送、仓储、配混料、分散、粉磨、造球、烧结等一系列工序,制成一种全新的粉体材料。这种生产企业粉体生产的自动化过程则相对独立,遵循的标准、采用的设备、结构的考虑都按该行业统一的规范执行和操作。尽管行业有所区分,但自动化生产控制理论都是相通的,系统构成、自控元件大都是相同的,只是细微之处或侧重点不同而已。此外,自动化的先进程度,控制结构的大小,控制系统品牌的选择等还受粉体生产企业的规模以及生产成本的制约,这在中小型粉体生产企业中尤为明显,自动化程度的差异可能会很大。但是由于国家对节能减排的要求的提高,相关政策逐步推出,尤其是粉尘排放标准越来越严格,要求使粉体生产过程在密闭环境下连续自动操作并加强相应的在线检测手段,这对粉体流程自动化水平的提高起了很大的推进作用。

3. 粉体工程自动化的三个结构层次

(1) 基层设备的电气自动化控制,这是不同生产企业粉体生产工序中有最大差异之处。

生产工艺确定后,采用的生产设备就基本上确定了。产能及成品品质的高低又取决于设备的品性,电气控制手段可以有许多不同。单台设备或几台设备的联动控制,一般采用可编程控制器(PLC)便可做到,电气传动中的速度控制采用简单的变频器,控制方式为半自动的开关量控制形式便够了。但是在大中型生产线中,串联的生产设备可能达几十台之多,其中若干台主要设备本身就带有完善的控制系统,那么在这样的结构中,自动化的结构就要考虑先进的总线控制形式。

基层设备包含有输送设备、起重设备、粉磨设备、集装设备及仓储设备,它们的电气传动、仪表及控制方式可能会有很大差别,所以自控系统设计目的之一是如何把这些基层设备无缝地串联

起来。

(2) 控制总线和可编程系统,这是将生产线的基层设备有机串接起来的最常用也是最普遍的做法。使用现场总线的目的是使流程设备的规划设计、安装调试、运行都更加简单。使用现场总线后,采用精度更高的数字量数据传输和控制,使传统的模拟量接口和传输变为速度更快、精度更高的数据传输,一方面可大大减少各个检测仪器的电缆用量,节省了成本,节约了安装调试时间,更主要的是随着总线安装,同时完成了诊断分析,使得整个流程更加透明,有效地避免了生产设备的故障停机。

但是现场总线技术由于各个生产厂家不同的设计,使相互兼容有一定的困难,造成挂在这条数据总线上的各个智能设备和仪器有不同的技术要求。不过随着技术水平的提高和发展,现场总线兼容问题正在逐步解决和整合之中。

(3) 自动化装置的高端结构是中央控制的主要内容,它一般由工程师站(ES)、操作员站(OS)、现场测控站(CS)及通信网络构成,这是许多不同的生产企业中最有共同处的地方,也就是说这个高端控制系统基本上可以用在任何生产流程中而不仅仅是粉体生产流程。因此这个结构正是大中型粉体生产企业规范的一种做法。通过多功能计算机和相应的应用软件实现与企业管理计算机网的信息交换,从而实现整个企业生产过程的管理,实现控制全集成综合自动化。

4. 自动化系统配置的原则

系统性、适用性、技术先进性、低成本、安全可靠、环境保护、生产扩展余地等。

第2章 粉体的计量

由于各种粉体的粒径、密度等存在较大的差异,因此目前在粉体加工过程和流通环节中大部分采用称重计量作为考核粉体的产能、质量以及成本核算的重要指标。就是在人们的日常生活中的粉体产品诸如面粉、食盐、洗衣粉等仍都以重量作为包装的规格分档,其数量之大不计其数。可以说粉体的称重计量的方式和精度不仅关系到生产过程和质量控制,也关系到消费者的切身利益。当然,粉体的计量方式不一定局限于称重一种方式,也有些行业如食品和医药行业对于某些产品的微小包装采用体积计量的方式,但毕竟涉及的范围和行业比较少。

2.1 称重计量准确度的划分

称重计量的定义是利用作用于物体上的重力来确定该物体质量的计量仪器,人们习惯于将它称之为衡器或秤。根据操作方式衡器又可分为自动衡器和非自动衡器,两者之间的差别在于称重过程中自动衡器是不需要操作者干预,而是按照预先确定的处理程序自动进行的。当今电子技术、自动控制和计算机技术已广泛应用于衡器中,因此现在大量的先进的电子衡器已广泛应用于日常生活和生活中。

非自动衡器有我们生活中常见的计价电子台秤以及生产中常用的平台秤等。而自动电子衡器则常见于粉体生产过程中的配料秤、自动电子定量包装秤以及电子皮带秤等。