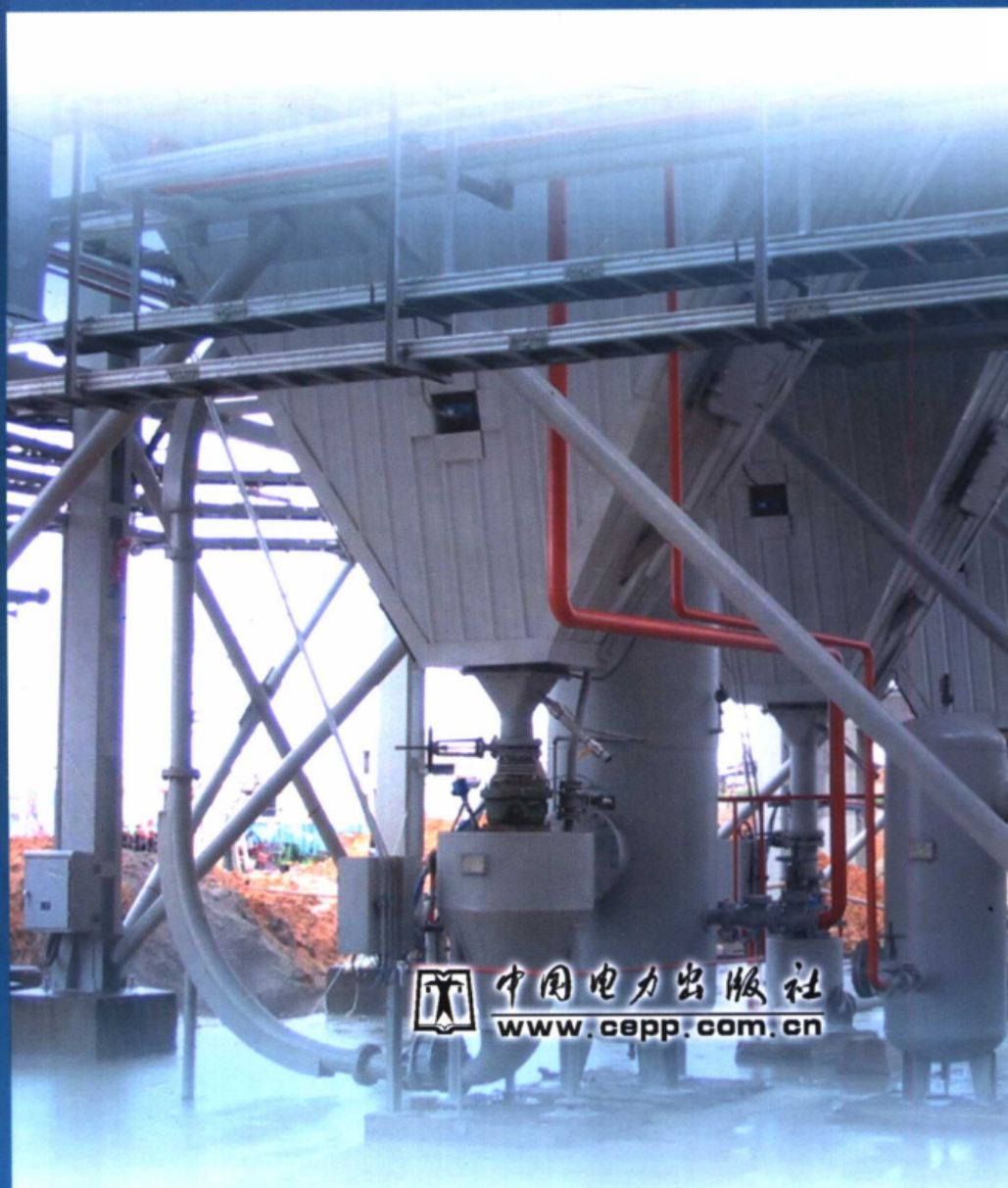


吴 晓 编

柱塞式

气力输灰技术



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

柱塞式 气力输灰技术

吴晓 编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书对柱塞式气力输灰的工作原理、设计方法及施工调试过程作了较全面的介绍。全书共分 14 章, 内容包括输送原理部分、仓泵部分、阀门管道部分、气源部分、灰库部分、程控部分和组态部分等, 并分析了典型气力输送系统和已竣工的气力输送系统。

柱塞式气力输灰技术, 是 21 世纪在火电厂除灰系统生产实践中发展起来的高新技术。它采用先进的静压输送技术, 在结构上采用气封式圆顶阀, 设计系统时采用小罐多发型式, 输送系统灰气比大, 输送效率高, 流速低, 管道磨损量小, 使用寿命长。系统具有简洁实用, 易于安装维护, 布置灵活, 运行可靠, 自动化程度高, 系统投资省, 维护工作量小和年运行费用低等特点, 深受广大用户的欢迎。

本书的主要特点是理论与实践相结合, 着重实践, 内容力求完整、详实、可靠, 查阅方便, 适用性较强, 可供从事火电厂除灰专业的设备专家、科研人员、学生、操作工人等使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

柱塞式气力输灰技术/吴晓编. —北京: 中国电力出版社, 2006

ISBN 7-5083-4239-9

I. 柱... II. 吴... III. 柱塞仓泵-气力除灰系统
IV. TM621.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 039916 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2006 年 7 月第一版 2006 年 7 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 13.75 印张 326 千字

印数 0001—2200 册 定价 26.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)

◀ 前 言 ▶

近 20 年来,随着我国环境保护和粉煤灰综合利用的发展,气力输灰技术已经在火力发电厂得到了广泛的应用,并且其应用前景将会越来越好。我们可以回顾一下气力输送系统的发展,20 世纪 50 年代中期,国内少数电厂开始采用负压气力除灰系统。这种系统的缺点是系统出力小,输送距离短,设备磨损严重,耗气量大,系统的安全性和经济性较差等,所以这种系统的应用范围很小。60 年代以后,正压气力输送技术开始在国内得到应用,其中较典型的是以上引式仓泵为代表的悬浮式输灰技术。这种输送形式克服了负压系统的许多缺点,但其自身也存在着不少缺陷,如耗气量大,灰气比小,设备磨损快,经济性差等。

柱塞式气力输送系统,是在英国克莱德气力输送技术的基础上加以改进、开发、研制出的更先进、更可靠的浓相气力输送技术。该系统的许多关键部件都采用了专利技术。它运用了先进、科学的输送机理,采用了可靠、实用、廉价的设备,其中最重要的特点是输送系统的灰气比大、灰栓流速低、管道磨损量小、使用寿命长。

该柱塞式气力输送系统已正式投产使用多年,并取得了良好的效果,得到许多厂家的好评。因为是新型式的气力输送系统,所以直到现在仍没有一套完整的、系统地介绍该输灰技术的书籍出版,许多火电厂工程技术人员、生产设备厂家、广大气力输送爱好者恰恰又急需这方面的技术指导。针对这一点,作者根据自己多年从事气力输送方面的科研经验,以及与国外同行进行气力输灰合作和研究的成果,整理、编写出此书供大家参考。

全书由吴晓副教授编写,编写过程中得到了澳大利亚教授著名气力输送专家潘仁湖博士的大力支持和帮助,并获得莆田学院出版基金、引进人才启动项目基金资助出版和莆田学院各位领导的鼓励和支持,在此一并表示感谢!

本书若有不足之处,恳请读者批评指正。

吴 晓

2006 年 2 月

目 录

前言

第1章 概述	1
1.1 物料输送的历史	1
1.1.1 机械输送	1
1.1.2 连续供气的气力输送	1
1.1.3 负压气力输送	2
1.1.4 柱塞式气力输送	2
1.2 物料输送的机理	4
1.2.1 气力输送的工作特点、机理	5
1.2.2 悬浮输送系统	6
1.2.3 静压输送系统	6
1.2.4 输送系统的应用领域	6
第2章 LTP 柱塞式气力输送系统	8
2.1 新型柱塞式气力输送的工作原理、分类与特点	8
2.1.1 气力输送原理	8
2.1.2 分类	9
2.1.3 特点	9
2.2 输送系统关键设备	10
2.2.1 充气密封	10
2.2.2 专利气缸	11
2.3 输送系统设计计算方法	12
2.3.1 L泵计算书	12
2.3.2 T泵计算书	13
2.4 L型柱塞式气力输送系统	15
2.4.1 工作原理	15
2.4.2 输送系统应用	16
2.4.3 输送系统设计计算方法	20
2.5 T型柱塞式气力输送系统	21
2.5.1 工作原理	21
2.5.2 输送系统应用	23
2.5.3 输送系统设计计算方法	25
2.6 P型柱塞式气力输送系统	28
2.6.1 工作原理	28
2.6.2 输送系统应用	29
2.7 D型柱塞式气力输送系统	32

2.7.1	工作原理	32
2.7.2	输送系统应用	32
2.7.3	气力除灰计算书	34
第3章	灰气比的概念及测量	37
3.1	概述	37
3.2	气力输灰系统灰气比测量	37
3.2.1	气力输灰工艺过程	37
3.2.2	气体质量测量示意图	39
3.3	灰气比	39
3.3.1	灰气比概念	39
3.3.2	测试方法	39
3.4	测量方法与过程	40
3.4.1	虚拟仪器	40
3.4.2	瞬时流量理论分析	40
3.4.3	瞬时流量实测分析	41
第4章	气力输送阀门设备	43
4.1	圆顶阀	43
4.1.1	结构简介	43
4.1.2	安全要求	44
4.1.3	圆顶阀技术参数见表 4-1	44
4.1.4	气动控制系统	45
4.1.5	电气控制系统	46
4.1.6	安装与拆卸	47
4.1.7	启动、运行与停机	47
4.1.8	故障及排除	48
4.1.9	维护与保养	49
4.2	圆顶阀的零部件	50
4.2.1	圆顶阀的部件图	50
4.2.2	圆顶阀的零件图	51
4.3	曲轴气动执行器	51
4.3.1	曲轴气缸的部件图	51
4.3.2	曲轴气缸的零件图	52
4.4	出料阀	53
4.4.1	双闸板阀	53
4.4.2	圆柱型出料阀	54
4.4.3	用途与特点	54
4.4.4	主要技术参数	55
4.5	进气阀组	55
4.5.1	减压阀	56
4.5.2	气动球阀	57
4.5.3	流量孔板组件	57

4.6	手动插板门	57
4.6.1	插板门	57
4.6.2	波纹管	58
4.6.3	方圆节	58
4.7	库顶切换阀	58
4.8	管路切换阀	60
4.8.1	用途	60
4.8.2	特点	60
4.8.3	技术参数	60
4.9	补气阀	61
4.9.1	应用领域	61
4.9.2	现有单向阀技术	62
4.9.3	XD型防污单向阀的结构原理	62
4.9.4	XD型防污单向阀的用途举例	63
4.10	其他阀	64
4.10.1	补气环	64
4.10.2	平衡阀	65
第5章	气力输送仓泵结构	66
5.1	L泵	66
5.1.1	L泵结构	66
5.1.2	技术参数	67
5.2	T泵	67
5.2.1	T泵结构	67
5.2.2	技术参数	69
5.3	P泵	69
5.3.1	P泵结构	69
5.3.2	技术参数	69
5.4	D泵	70
5.4.1	D泵结构	70
5.4.2	技术参数	72
第6章	气力输送管道系统	73
6.1	概述	73
6.2	管道	73
6.2.1	输料管	73
6.2.2	弯管	74
6.2.3	管道安装	74
6.3	法兰	76
6.3.1	常用法兰	76
6.3.2	专用法兰	76
6.4	弯头	77
6.4.1	特种耐磨弯头	77

6.4.2 陶瓷耐磨弯头	78
6.5 库顶管箱	78
第7章 料位计	80
7.1 料位计作用	80
7.1.1 料位计的作用与特点	80
7.1.2 应用领域	80
7.2 料位计原理	80
7.2.1 工作原理	80
7.2.2 主要技术指标	81
7.2.3 仪表尺寸图	81
7.3 料位计安装及维护	82
7.3.1 安装	82
7.3.2 料位计维护	84
第8章 灰库系统	85
8.1 灰库系统原理	85
8.1.1 系统原理简介	85
8.1.2 灰库设置与要求	86
8.2 灰库本体	88
8.2.1 钢灰库	88
8.2.2 水泥灰库	88
8.2.3 结论	92
8.3 布袋除尘器	92
8.3.1 用途及特点	92
8.3.2 主要技术参数	93
8.3.3 布袋除尘器的结构原理	93
8.4 布袋除尘器的控制装置	94
8.4.1 脉冲控制仪	94
8.4.2 脉冲电磁阀	94
8.5 布袋除尘器系统设计	95
8.5.1 总体设计原则	95
8.5.2 布袋除尘器设计举例	96
8.6 布袋除尘器常见问题	98
8.7 真空释放阀	100
8.7.1 用途及特点	100
8.7.2 主要技术参数	100
8.8 干灰散装机	100
8.8.1 用途及特点	100
8.8.2 主要技术参数	101
8.8.3 如何提高散装机的可靠性	102
8.9 双轴搅拌机	104
8.9.1 双轴搅拌机用途及特点	104

8.9.2 双轴搅拌机的技术参数	105
8.10 库底卸料器	105
8.10.1 工作原理及特点	105
8.10.2 主要技术参数	106
8.11 给料机	106
8.11.1 用途及特点	106
8.11.2 主要技术参数	107
第9章 气源系统	108
9.1 气源设备	108
9.1.1 气源系统配置	108
9.1.2 气源系统安装	109
9.2 空压机	110
9.2.1 往复式空压机	110
9.2.2 螺杆式空压机	110
9.2.3 故障及排除方法	111
9.2.4 安装地点的选定	112
9.3 无热再生干燥机	113
9.3.1 工作原理	113
9.3.2 故障与故障排除	114
9.4 冷冻式干燥机	114
9.4.1 冷冻式干燥机(以下简称冷干机)原理及特点	114
9.4.2 冷干机的典型故障分析和处理	115
9.5 压缩空气精密过滤器	116
9.5.1 结构原理	117
9.5.2 配置安装	118
9.5.3 选用及维护要求	118
9.5.4 故障及排除方法	119
第10章 气化系统	120
10.1 概述	120
10.2 罗茨风机	121
10.3 加热器	122
10.3.1 管式空气电加热器	122
10.3.2 板式电加热器	123
10.4 气化板、气化槽	124
10.4.1 用途及特点	124
10.4.2 主要技术参数	124
10.4.3 气化装置种类	124
10.4.4 钢灰库气化方法	125
10.4.5 水泥灰库气化方法	125
10.5 气化设备选型举例	126
10.5.1 气化槽	126

10.5.2 气化风机压力计算	126
10.5.3 气化风机的选型	128
10.6 新型脉冲气化装置	128
10.6.1 工作原理	128
10.6.2 特点	128
10.6.3 喷吹管设计	129
第 11 章 典型气力输送系统	130
11.1 南京 L 泵气力输送系统	130
11.1.1 输送系统设计	130
11.1.2 系统计算书	130
11.1.3 气力输送施工	133
11.1.4 吊支架	133
11.2 沙角 T 泵气力输送系统	136
11.2.1 输送系统原理	136
11.2.2 系统计算书	138
11.2.3 气力输送施工图	140
11.3 天崮 P 泵气力输送系统	140
11.3.1 输送系统原理	140
11.3.2 系统特点	141
11.3.3 气力输送施工图	143
11.4 泰国 D 泵气力输送系统	143
11.4.1 输送系统原理	143
11.4.2 系统特点	145
11.5 厦门 LT 泵气力输送系统	145
11.5.1 输送系统原理	145
11.5.2 系统特点	145
11.5.3 气力输送施工图	149
11.6 阳泉 LT 泵气力输送系统	149
11.6.1 灰渣输送系统原理	149
11.6.2 计算书	151
第 12 章 已竣工的气力输送系统分析	153
12.1 辽河油田热电厂气力输灰系统分析	153
12.2 本溪电厂气力输送系统分析	154
12.3 天石热电厂气力输送系统分析	156
12.4 茨平电厂气力输送系统分析	158
12.5 河北隆尧电厂气力输送系统分析	160
12.6 青岛金海热电厂气力输送系统分析	162
12.7 陕西霸桥气力输送系统分析	162
12.8 山西灵石发电厂气力输送系统分析	165
12.9 青海碱业热电厂气力输送系统分析	168

12.10	韶关火电厂气力输送系统分析	168
12.11	龙岩坑口电厂 LTP 泵气力输送系统分析	171
12.12	安顺电厂 TD 泵气力输送系统分析	171
12.13	沙岭子电厂气力输送系统分析	174
12.14	重庆松藻热电厂气力输送系统分析	175
第 13 章	程控系统	177
13.1	厦门电厂气力输送系统 PLC 控制系统	177
13.1.1	工艺控制过程 P&ID	177
13.1.2	I/O 点数的确定及 PLC 的选择	177
13.1.3	控制线路	179
13.1.4	软件编程	181
13.2	辽河油田气力输送程控系统	183
13.2.1	工艺概况	183
13.2.2	硬件设计	183
13.2.3	软件编程	185
13.3	沙角电厂气力输送系统 PLC 控制系统	187
13.3.1	工艺概况	187
13.3.2	硬件设计	188
13.3.3	软件编程	189
13.4	泰国华泰联电厂气力输送系统程控分析	191
13.4.1	工艺过程 P&ID	191
13.4.2	硬件设计	192
13.4.3	软件编程	194
13.5	金陵石化气力输送系统控制系统	194
13.5.1	工艺过程	194
13.5.2	硬件设计	195
13.5.3	软件编程	195
第 14 章	气力输送组态系统	197
14.1	沙角电厂组态监控	197
14.1.1	组态总体设计	197
14.1.2	组态数据库设计	198
14.1.3	五号炉组态	199
14.1.4	五号炉—电场组态	200
14.1.5	空压机站组态	200
14.1.6	灰库站组态	200
14.1.7	测灰气比组态	200
14.2	辽河油田监控组态系统	202
14.2.1	主画面组态	202
14.2.2	T 泵组态	203
14.3	泰国华泰联电厂组态监控系统	203

第1章 概述

中国改革开放以来,各行各业,蓬勃发展。近几年国家对环境保护越来越重视。特别是对火电厂的除尘除灰的综合利用方面,国家环保局、国家电力公司强制火电厂的排污量、粉尘密度等环保参数要达到规定的指标。各火电厂从 1999 年起开始对除灰系统进行改造,把原来电除尘器处理下来的飞灰进行统一收集并输送到灰库,然后在灰中按 1:1 的比例加入水泥,用来建造高速公路和桥梁,这不但解决了灰的污染问题,而且还创造了就业岗位和经济效益,真是一举两得。但是我国许多火电厂飞灰输送依然采用落后的机械刮板机,它维修量大、效率低、容易漏灰并造成二次污染,特别是远距离输送根本无法实现。近年来,国内少数电厂开始采用负压气力除灰系统,这种系统的缺点是系统出力小,输送距离短,设备磨损严重,耗气量大,系统的安全性和经济性较差等,所以这种系统的应用范围很小。因此,我们把在国内外安装、调试过的、先进的正压气力输灰系统介绍给大家,以便抛砖引玉,使我国的物料输送系统登上一个新的台阶。

1.1 物料输送的历史

1.1.1 机械输送

长期以来,我国的物料输送一直沿用的是刮板机、斗提机联合输送,如图 1-1 所示。在过去的物料输送中,这些设备曾经发挥过重要作用,但随着物料输送量及远距离输送的变化,机械输送的弊端逐渐暴露出来:

- (1) 活动部件容易损坏;
- (2) 功率大,效率低;
- (3) 占地面积大,不好布置;
- (4) 远距离输送无法实现。

进入 20 世纪 90 年代后期,国家不但重视环保,更重视工业废物的综合利用,火力发电厂电除尘器处理下来的粉煤灰的综合利用,就是一举两得的很好例证。

1.1.2 连续供气的气力输送

也有一些厂家发现了机械输送的弊端后,开始改用风力输送。这属于动压输送,是靠空气的动能进行工作的,即把灰和气混合起来连续输送,如图 1-2 所示。尽管此种输送方式比机械输送先进,但也存在一些弊端:

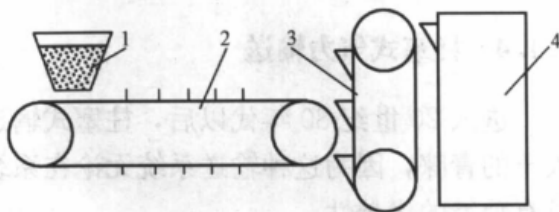


图 1-1 机械输送系统原理示意图

1—灰斗; 2—刮板机; 3—斗提机; 4—灰库

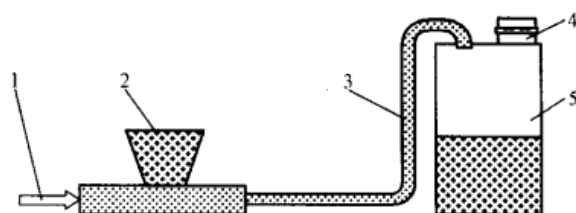


图 1-2 连续供气的气力输送示意图

1—灰斗；2—风；3—管道；4—透气过滤袋；5—灰库

压力越来越高。

1.1.3 负压气力输送

图 1-3 所示为负压气力输送，它主要通过真空负压把物料吸到灰库中。水环真空泵 8 是产生吸力的动力装置；弹簧补气阀 1 主要是防止吸过真空而采取的补气措施；阀门 3 是控制是否从电除尘灰斗卸灰的进料阀门；为了使灰被吸进灰库而不进入水环真空泵，中间加了旋风除尘器 6、真空布袋除尘器 7，进行二级过滤；由于灰斗中的灰温度较高，而水环真空泵又只能在低温下工作，所以需在真空布袋除尘器与水环真空泵之间加冷却措施。

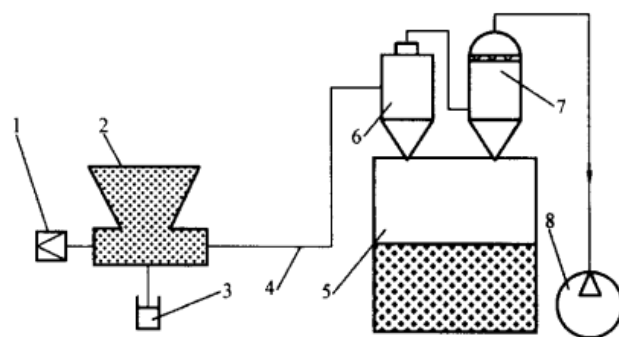


图 1-3 负压输送示意图

负压输送在小灰量近距离效果较好，而且相对机械输送来说，没有飞灰污染，但整个系统非常复杂，造价和设备成本太高，而且不便维护。另外，由于最大负压在于 -1.0MPa ，因此经常会发生堵管、漏气、喷灰等故障，而且无法实现远距离输送。目前已经很少使用。

1.1.4 柱塞式气力输送

进入 20 世纪 80 年代以后，柱塞式输送技术在国外获得成功应用，而且越来越受到业内人士的青睐，因为这种输送系统无论在系统可靠性上，还是在系统经济性上，都比其他系统具有独特的优越性。

这里向大家介绍的就是基于这种技术的 LTP 柱塞式气力输送系统，又称为下引式浓相栓流式气力输送系统。就名称而言，所谓下引式是相对于上引式来说的，意思就是灰的出口在仓泵的下方，而浓相则是相对于稀相而言的，也就是在同等输送条件下，用栓流式输送系统要比悬浮式输送系统的灰气比高。不过我们也不能单纯从灰气比的数值上来评定某种系统是浓相还是稀相，因为在不同的输送条件下，其灰气比的数值有很大差别，我们知道灰气比的数值大小与输送距离的远近成反比，在输送距离小于 400m 的条件下，灰气比能达到 $30\sim 40\text{kg/kg}$ ，甚至在 50kg/kg 以上，我们可以称之为浓相，而在输送距离大于 1000m 的条件下，灰气比仍能达到 $20\sim 30\text{kg/kg}$ ，同样可以称之为浓相。柱塞式气力输送是从系统的输送

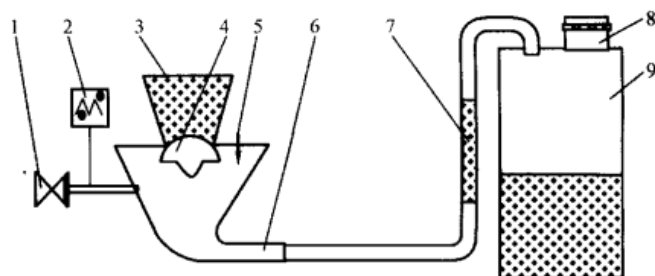


图 1-4 气力输送机械原理示意图

1—进气阀；2—压力开关；3—灰斗；4—半球阀；5—料位计；6—发送器；7—灰栓；8—透气布；9—灰库

原理上来讲的。在悬浮式输送系统中，气流使物料在输送管道中保持悬浮状态，颗粒是依靠气体的动压能向前运动，属于动压输送；而柱塞式气力输送系统中，物料在输送管道中保持高密度聚集状态，料栓在前后气体静压差的推动下向前运动，属于静压输送。

1. 输送过程

如图 1-4 所示，工作原理共有四个过程：①打开半球阀 4；②让上面的物料落下，当物料落满料位计 5 时半球阀 4 关闭；③半球阀密封圈充气，打开进气阀 1，增压使物料成灰栓 7，送入灰库 9；④当灰栓 7 被送入灰库后，如图 1-5 所示，输送压力开始下降，当压力开关检测到下降沿后，关闭进气阀 1，开始下一个循环。

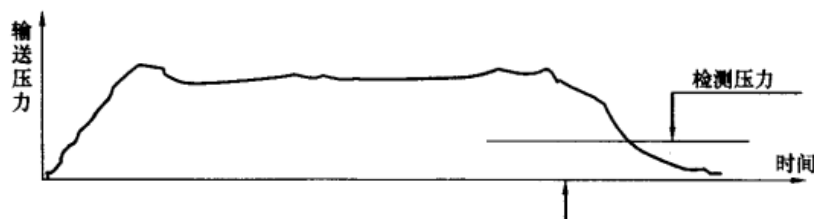


图 1-5 压力曲线示意图

2. 关键部件

从整个输送过程可以看出，唯一运动的部件就是半球阀 4。柱塞式输送系统的关键部件也就是半球阀。

如图 1-6 所示，半球阀阀芯是一个球面圆顶。半球阀在开关过程中阀芯 4 与密封圈 3 密封口处保持有 1mm 间隙，使之可以以无接触的方式运动，其目的使阀芯与阀体之间不产生摩擦。半球阀的气动元件为全密封曲轴气缸结构，直接驱动半球阀转动，有效地防止出现灰尘进入其中造成的磨损、泄漏等问题。当半球阀处于密封状态，橡胶密封圈充气膨胀以后紧紧地压在球面阀芯上，使之形成一个非常可靠的密封环节。在正常工作条件下，使用寿命为 50 万次，另外，维护简单，更换密封圈容易。

3. 气力计算

在输送过程中，由于气动力在恒压减压阀 1（见图 1-4）后面的压力 ΔP 为一常数，所以 $F = \Delta PA$ 是常数。

(1) 灰栓处于水平位置时，如图 1-7 (a) 所示，

$$F_H = \Delta PA - \mu W = ma, \text{ 即}$$

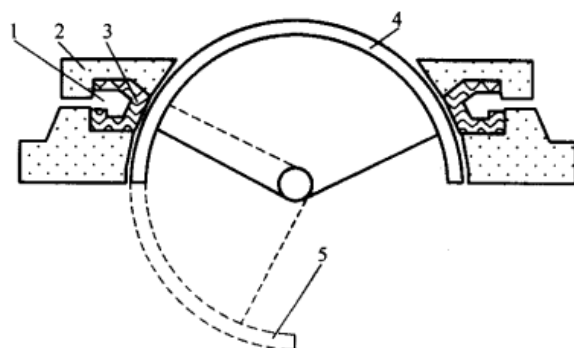


图 1-6 半球阀原理示意图

1—进气口；2—阀体；3—密封圈；4—半球阀芯；5—半球阀芯旋转 90°后的新位置

$$\Delta PA = m(a + \mu g)$$

因为 $m = AL\rho$, 所以

$$\Delta P = L\rho(a + \mu g) \quad (1-1)$$

公式 ΔP ——灰栓处于水平位置时的压力;

ρ ——灰密度;

a ——加速度;

μ ——摩擦系数;

A ——管道截面积。

(2) 灰栓处于垂直位置时, 如图 1-7 (b) 所

示, 有

$$F_v = \Delta PA - W = ma$$

则 $\Delta PA = W + ma$, 即 $\Delta P = (mg + ma) / A = L\rho(a + g)$, 所以

$$\Delta P = L\rho(a + g) \quad (1-2)$$

从式 (1-1)、式 (1-2) 可以看出, 所需要的气体压力 ΔP 只与灰栓长度 L 成正比, 而与其质量和管径无关。由于 $\mu \ll 1$, 所以在灰栓处于铅垂方向时的压力大于灰栓处于水平方向时的压力。可通过系统压力由式 (1-2) 计算出灰栓长度, 从而计算出发送器的体积。

4. 经验数据

由于 ΔP 只与灰栓长度 L 有关, 所以可以通过改变管道截面积 A 的大小来改变输送灰量的多少, 而 ΔP 不变。通常灰栓长度为 20~30m 左右, 这样可以保证灰栓不被击穿、击散。

设 $L = 20\text{m}$, $\rho = 0.8 \times 10^{-3} \text{kg/m}^3$, $a = 2 \text{m/s}^2$, $g = 10 \text{m/s}^2$ 则 $\Delta P = 20 \times 0.8 \times 10^{-3} \times (2 + 10) = 0.192 \text{MPa}$ 。如果取管径为 DN125mm, 则灰栓体积为 $V = L\pi r^2 = 200 \times 3.14 \times 1.25^2 \times 0.25 = 245\text{L}$, 则发送仓泵的规格应为 250。

5. 柱塞式气力输送系统的优点

(1) 系统配置简洁。系统内转动部件少, 其中半球阀为转动部件, 无其它辅助设备; 仪用气源和输送气源公用, 灰斗不需设置气化装置、气化风机和空气加热器, 运行方式灵活多变, 可连续运行、定期运行。

(2) 输送灰气比高。系统采用高密度的低压栓流式输送, 消耗较少的压缩空气可以输送较多的物料, 输送灰气比可达 80 : 1。

(3) 能耗低。由于输送等量物料需要的压缩空气量较少, 且输送压力低 (小于 0.2MPa), 是其他形式 (输送压力约 0.7 MPa) 输送能耗的 30%。

(4) 系统输送流速低, 管道磨损小。系统输送速度低, 出口初速度实测为 3m/s, 末速度为 7m/s, 因管道磨损与输送流速成立方比例, 降低管道流速必然大大大降低管道磨损。

1.2 物料输送的机理

气力输送从工作原理上主要分为动压输送和静压输送。动压输送即把气体的压力能转化为动能进行工作的, 又称悬浮输送, 灰气比小于 40, 属于稀相输送; 静压输送即把气体的压力能转化为推力进行工作的, 又称栓流输送、柱塞输送, 灰气比大于 40, 属于浓相输送。

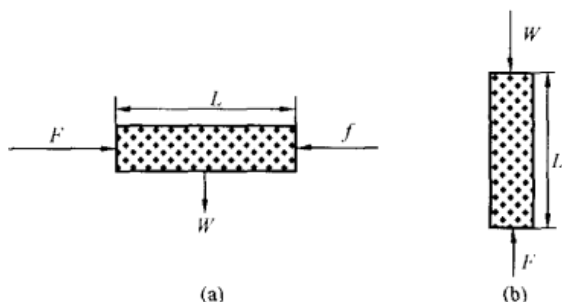


图 1-7 灰栓受力示意图

f —灰栓与管道的摩擦力; W —灰栓的质量;

L —灰栓长度; F —气动力

1.2.1 气力输送的工作特点、机理

(1) 特点。气力输送装置是在管道内利用气体将粉粒状物料从一处送到另一处的输送设备。它的特点是：

1) 输送效率高；

2) 整个输送过程完全密闭，受气候环境条件的影响小，不仅改善了工作条件，而且被输送的物料不致吸湿、污损或混入其他杂质，从而保证被输送物料的质量；

3) 设备简单，结构紧凑，工艺布置灵活，占用面积较小，选择输送线路容易；

4) 在输送过程中可同时进行混合、粉碎、分级、烘干等，也可进行某些化学反应；

5) 对不稳定的化学物品可用惰性气体输送，安全可靠；

6) 易于对整个系统实现集中控制和自动化。

(2) 输送机理。在气力输送过程中，物料颗粒的运动状态（见图 1-8）主要受输送气流速度控制。以水平管为例，在输送气流速度足够大时，颗粒呈均匀悬浮状态运动；随着输送气流速度的逐渐减小，颗粒出现非均匀悬浮流动而呈现疏密不均的流动状态；当输送气流速度小于某一定值时，出现脉动流；随着输送气流速度的进一步减小，一部分颗粒停滞在管底，一边滑动一边被推着向前运动，进而停滞的物料层作不稳定移动，最后形成堵塞或造成另一种靠气体静压进行输送的推动输送。

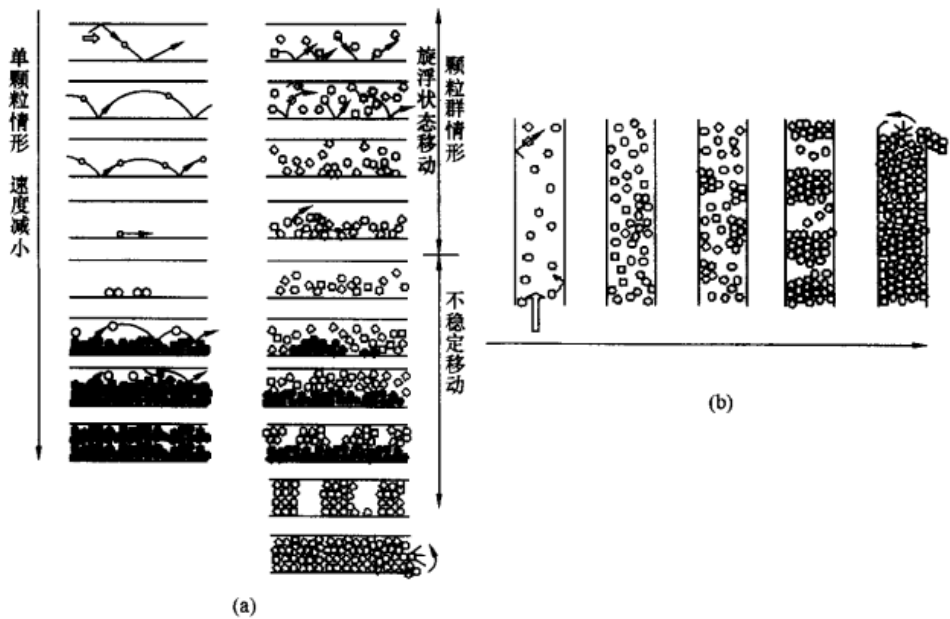


图 1-8 气力输送过程状态图

(a) 水平输料管；(b) 垂直输料管

根据上述流动状态，气体输送按基本原理可分为两大类：

1) 悬浮输送 利用气流的动能进行输送，也称动压输送；

2) 静压输送 利用气体的压力进行输送，也称推动输送。

悬浮输送和静压输送的比较见表 1-1。

表 1-1

悬浮输送和静压输送的比较

项 目	悬 浮 输 送	静 压 输 送
输送物料	干燥的、小块状及粉粒状物料	粉粒状物料。湿的和粘性的不大物料也能输送
流运状态	输送时颗粒呈悬浮状态	输送时颗粒呈料栓状
混合比	小	大
输送气流速度	高	低
压力损失	单位输送距离压力损失较小	单位输送距离压力损失较大
单位能耗	大	小
系统中出现的磨损	大	小
被输送物料的破碎情况	可能破碎	破碎少

1.2.2 悬浮输送系统

按输送空气在管道中的压力状态分，主要有吸送式和压送式两种类型。

(1) 吸送式悬浮气力输送系统。吸送式悬浮气力输送系统（如图 1-3 所示）气源设备风机装在系统的末端，而图 1-3 的末端是水环真空泵。当风机运转后，整个系统形成负压，这时，在管道内外存在压差，空气被吸入输料管（如图 1-3 的管道 4）。与此同时，物料也被空气带入管道，并被输送到分离器（如图 1-3 的旋风除尘器 6）。在分离器中，物料与空气分离，被分离出来的物料由分离器底部的旋转卸料器卸出，空气被吸送到除尘器净化，净化后的空气经风机排入大气。

(2) 压送式悬浮气力输送系统。压送式悬浮气力输送系统（如图 1-2 所示），气源设备设在系统的进料端前。由于风机装在系统的前端，因而物料便不能自由的进入输料管，必须使用有密封压力的供料装置。当风机开动之后，管道中的压力高于大气压力。这时，物料从料斗经旋风转供料器加入管道中，随即被压缩空气输送至分离器中。在分离器中，物料与空气分离并由旋转卸料器卸出。

除以上两种主要类型外，尚有复合类型称之为混合式，它由吸送式和压送式组成，兼有两者的特点，可从数处吸入物料和压送到较远的地方。但这种系统较复杂，同时气源设备的工作条件较差，易造成风机叶片和壳体的磨损。

1.2.3 静压输送系统

静压输送是依靠气体的静压来进行输送的。当物料沉积充填在输料管中形成料栓时，作用在该料柱两端面的压力差成为料栓的推动力。如将料栓分割成彼此不相连的短料栓，则可实现各段料栓的移运而达到输送的目的。成栓的方式有多种，如内旁通式、脉冲气刀式和自然成栓式等。栓流气力输送装置的主要形式见图 1-4。

1.2.4 输送系统的应用领域

气力输送装置的适用场合见表 1-2。