

氧化铝浓相输送技术

马克毅,付书红

(昆明理工大学 材料与冶金工程学院,云南 昆明 650093)

摘要: 现代大型预焙槽铝电解生产中,氧化铝的输送是非常重要的一个环节,直接影响着电解槽的正常生产. 本文着重讨论氧化铝浓相输送的形式、输送机理、输送设备和技术经济指标.

关键词: 氧化铝;浓相;气力输送

中图分类号: TG802.61 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-855X(2003)05-0028-04

Technology of Aluminum Oxide Dense - phase Transport

MA Ke-yi, FU Shu-hong

(Faculty of Materials and Metallurgical Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China)

Abstract: Aluminum oxide transport is very important to aluminum electrolysis in modern large cells with pre-roasted anodes, and it directly affects the normal operation of the cells. Two types of aluminum oxide dense - phase transport, the transport mechanisms, the transport equipment and technical - and - economic indexes are mainly discussed.

Key words: aluminum oxide; dense - phase; pneumatic transport

0 引言

气力输送指利用高速气流在管道中输送粉状或粒状物料. 当气流中颗粒浓度在 $0.05 \text{ m}^3/\text{m}^3$ 以下,固气混合系统的空隙率 >0.95 时,称为稀相输送;当气流中颗粒浓度在 $0.2 \text{ m}^3/\text{m}^3$ 以上,固气混合系统的空隙率 <0.8 时,称为浓相输送. 稀相输送的主要设备是喷射泵,压缩空气直接作用于物料单个颗粒上,使物料呈沸腾状态. 稀相输送的固气比低,压缩空气耗量大,而且物料流速快,致使管道磨损严重,物料破损率高. 浓相输送技术是套管式气力压送式输送,与稀相输送比较,固气比高,气流速度小,输送压力低,因而相对减少了压缩空气用量,降低了能耗和物料破损率.

现代大型预焙槽铝电解工艺,以颗粒较粗,比表面积较大的粒状氧化铝为最佳原料. 采用何种输送技术才能满足电解的工艺要求是一个重要研究方向. 20世纪60年代发展起来的浓相输送技术,能够较好地满足这方面的要求. 本文主要研究栓流式浓相输送.

1 浓相输送的原理

气流输送时,以压缩空气作为动压力直接作用于原料的颗粒上,驱动其运动. 从力的作用方式看,稀相输送(悬浮输送)由气动力驱动;而浓相输送由压差驱动,其原理为:

1.1 气流输送的压降特性

对于水平管道,气流与物料混和就足以形成流态化的、充满管道的连续料流. 料流长度 L 与压降 P 的关系如图1所示.

图1中曲线1,2,3的输送速度分别为 1 m/s , 2 m/s , 3 m/s . 流态化水平料流的压降除与料流长度有关

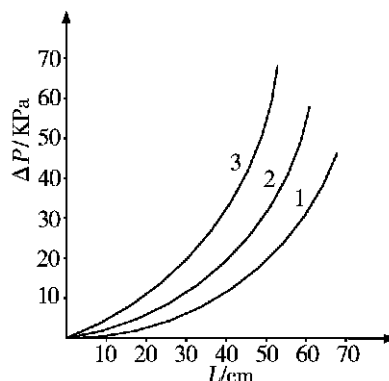


图1 流态化水平料流长度 L 与压力降 P 的关系

收稿日期:2003-03-29.

第一作者简介:马克毅(1945~),男,硕士,教授;主要研究方向:有色冶金.

外,还与管径、气速、混合比、料气速比、磨擦阻力系数等有关.从图 1 可看出,随着料流长度增加,压降以越来越快的速率增加,很快就消耗掉输送气源所能提供的压力.因此,这种流态化的连续料流不可能保持在较长的水平输送管段中.

从图 1 还可看出,每条 $P - L$ 曲线均具有抛物线的形状特征,即: $P \propto L^2$.

1.2 栓流式浓相输送技术原理

单管中流态化的连续料流如果管道太长,遇阻后即将停滞;而套管式浓相输送中,由于管道内腔的上部,还设置有一根内管,内管朝下的一面开有若干小孔,输送管中的部分气流将进入内管流动,详见图 2.

如图 2 所示,输送管中连续料流的最末端长度为 L_1 的料流段,设与其对应的内管段中的气流速度不变,则内管中的压力分布以 $P_{内管}$ 线呈线性地变化;推动长度为 L_1 料流段所需的压力以 $P_{料栓}$ 曲线变化.设料流段 L_1 两端的内管压差小于推动料流段所需的压力,亦即 $P_{12} < P_{02}$,显然该段料流不能继续移动.此时,管中大部分气流将通过内管,小部分透过料流段.

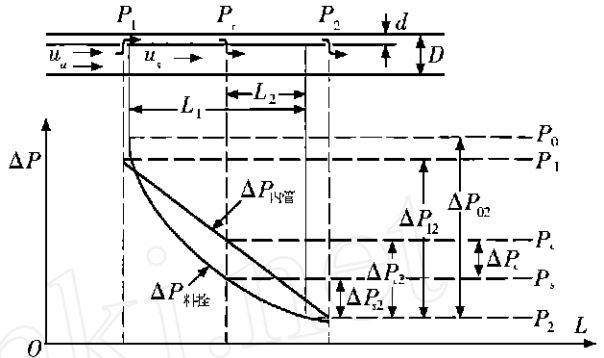


图 2 栓流式浓相输送原理

考察处于最末端但长度为 L_2 , 并且 $L_2 < L_1$ 的料流段情形.图中可见,由于此处的内管压降与输送管内料流压降间存在压差 P_c , 使得 $P_{c2} = P_{s2} + P_c > P_{s2}$, 亦即料流段 L_2 两端的内管压差大于推动料流段 L_2 所需的压力.因此,该段料流可产生移动.如此循环往复,物料便被向前运输.在管道中输送物料时,管道内压降与管道长度的平方成正比,即管道越长,压降越大,输送物料所需的能量越大.但在此输送方式中管道被分割成了一个一个很小的管道,压降很小.所以,相对来说,也较节省能量.这就是浓相输送比稀相输送节能的原因所在.

由图 2 可知,推动若干个料栓所需消耗的气压比推动一段流态化连续料流(等于各料栓长度之和)要小得多;此外,移动两段短料栓所需消耗的气压比移动一段长料栓(等于两段短料栓之和)要小;料栓长度越短,所需的输送空气压力就越小.

垂直管道中物料运动的原理类同于水平管道中的情况,即受到气流向上的推力作用,但气流速度必须大于物料悬浮流速时,输送方能进行.

2 浓相输送的特点和技术问题

2.1 浓相输送的特点

与稀相输送相比较,浓相输送是由压力容器产生的静压力移动物料输送,气流速度相对较低.两种气力输送形式的特点详见表 1,经济指标的比较详见表 2.

表 1 两种输送方式的特点比较

| | 稀相输送 | 浓相输送 |
|----|------------------------------|--------------------------------|
| 优点 | 输送设备简单易操作,占地面积少,密闭性好,配置灵活 | 固气比高,气流速度小,输送压力低,减少了压缩空气用量,能耗低 |
| 缺点 | 压缩空气耗量大,能耗高,对管道的磨损严重,物料的破损率高 | 若采用此输送方式由中间料仓上槽,成本较高,控制技术复杂 |

2.2 浓相输送的技术技巧

2.2.1 压力容器构造

浓相输送是由压力容器产生的静压力移动物料输送.物料像沙丘移动式的流态化状态向前移动.产生这种浓相输送有两种形式——脉动发生器单管浓相输送和双管浓相输送.

脉动发生器单管浓相输送就是在一根管内,通过脉动发生器把料柱切成气柱与料柱相间的形式进行输送。

表2 两种输送形式的经济指标比较

| 方法 | 稀相输送 | 浓相输送 |
|--|------------------------|------------------------|
| 气源 | 压缩空气 | 压缩空气 |
| 压力/Pa | $6 \sim 8 \times 10^5$ | $6 \sim 8 \times 10^5$ |
| 耗气量/ $\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ | ~40 | ~150 |
| 输送速度/ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ | >30 | 9 |
| 匹配空压机 | 有 | 有 |
| 一次投资 | 小 | 小 |
| 自动化程度 | 一般 | 高 |
| 物料破损程度 | 大 | 中 |
| 污染环境 | 小 | 小 |
| 耗电量/ $\text{kWh}(\text{t} - \text{Al}_2\text{O}_3)^{-1}$ | 10~20 | 3.05 |
| 附加设备阀件 | 少 | 多 |
| 管道寿命 | 直管2~3年, 运行16年 | 弯头半年左右, 未坏 |

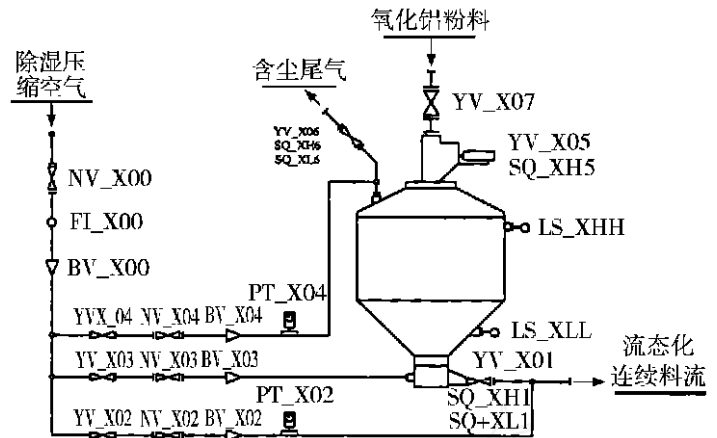


图3 双管浓相输送压力容器

双管浓相输送的压力容器构造见图3。从其构造上来说,双管压力容器浓相输送程序是:三路进气及出口排料球阀同时打开进行输送。压力容器不必预先进行充压,在输送过程中,由压力容器本体压力及输送管道上的压力变化来控制其三路进气的通断,从而产生一个气流的脉冲喷吹作用,这是其技术上的一大特点。待本体压力达设定值后(0.2~0.3 MPa)才打开出口排料屏气阀进行输送,在输送过程中三路进气为常开状态、直到送完料为止。这在物料浓相输送技术中起着至关重要的作用。

2.2.2 双管浓相输送固气比自适应

固气比对输送系统的能力和稳定性有直接影响,但也受物料性质、输送距离等因素的影响,而固气比主要由其输送技术性质来决定。双管压力容器输送时,进入输送管道的料量由压力容器本体及输送管道上的压力进行自动控制,而这两个压力就是输送物料是否堵塞的反映,当输送不畅时,压力就会升高,达到设定值0.48 MPa时,就会切断物料进入输送管道、待自动排通压力下降至0.42 MPa时才会恢复送料,从而避免了堵管现象,同时由于其为低压力静压输送,形成短料栓输送现象,所以物料在输送过程中遇到停电、停气或压力突然下跌都不会造成输送管道堵塞,即使管道全部堵塞、系统重新启动后亦能畅通输送,故双管浓相输送的固气比能够自动调整、适应。

2.2.3 双管浓相输送的管道磨损小

由瑞士阿里莎(ALESA)公司提供的管道磨损公式: $A = Kv^{2.71}$

K 物料对管道的磨损系数; A 管道的磨损度; V 管道中物料的流动速度。

浓相输送采用较低物料流动速度(2~3 m/s),解决了物料对管道的磨损问题。而稀相输送过程要求很高的风速(25~35 m/s),管道中的物料速度达10 m/s以上,物料在管道内呈跳跃式前进与管道发生碰撞,所以对管道产生严重磨损。

实践证明,稀相输送管道寿命只有1年左右,而双管浓相输送管道寿命可达5年以上。贵州铝厂第三电解铝厂引进瑞士阿里莎(ALESA)公司浓相输送技术,管道寿命可达15年以上。

3 气力输送的应用

气力输送与机械式输送方式相比,具有很大的优势。所以,气力输送方式在化工、冶金、食品等众多工业中得到了广泛应用。浓相或超浓相输送的方式又是气力输送的最好方式。

随着电解铝技术的发展,电解工艺对氧化铝的质量在粒度、比表面积等方面提出了更高的要求。从20世纪60年代发展起来的浓相气力输送,既能兼备稀相气力输送和机械输送的优点,又能克服二者的缺点,具有效果好,能耗低,占地少,投资省,运行可靠等优点。从20世纪70年代末期应用于铝工业中氧化铝、氢

氧化铝等原料输送,已取得很好的效果。

目前,平果铝厂、白银铝厂、云南铝厂等大型铝厂已运用浓相技术。苹果 GP - 320 工程使用瑞士 AL E - SA 公司的压力容器双管浓相输送技术,各项技术参数比单管输送技术要好得多。双管浓相输送技术具有能耗低,效益高,维修量小,固气比高等优点较稀相技术更具有应用前景。

4 结论

(1) 氧化铝浓相输送的原理,物料在管道中以一小段料柱、一小段气柱的方式运动,降低了输送管道两端的总压降;

(2) 双管浓相输送的特点:输送等量的氧化铝时动力消耗减少 2/3 以上;固气混合比高(达 60 1 以上),管径可相应缩小;输送压力低,排出废气少,过滤面积减小,过滤器投资少;输送速度低,对管道磨损小,运行噪音小;设备简单,维修工作量很小;输送高度大,距离长,能力大;物料在输送中破损小,并且在管子弯道也不结垢;易于实现全自动控制,操作人员少。

参考文献:

- [1] 余璐璐. 氧化铝的气力输送[J]. 轻金属, 2000, (6): 35 ~ 37.
- [2] 王勇. 浓相输送技术[J]. 轻金属, 1994, (1): 15 ~ 20.
- [3] 李璿、郭海龙. 关于电解铝厂应用浓相输送技术的研讨[J]. 轻金属, 2000, (6): 38 ~ 41.
- [4] 周建刚, 沈颐身, 马恩祥. 粉体高浓度气力输送控制与分配技术[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1996.
- [5] 敖云珍. 浓相输送氧化铝粉方案比较[J]. 轻金属, 1990, (6): 16 ~ 19.

(上接第 27 页)

- [8] Shuji Yamada, Masashi Fujiwara, Motoya Kanda, Synthesis and properties of LiNiO₂ as cathode materials for secondary batteries [J]. J Power Sources, 1995, 54: 2109 ~ 2113.
- [9] Broussely M, Perton F, Labat J. Li/LixNiO₂ and rechargeable systems: comparative study and performance of practical cells [J]. J Power Sources, 1993, 43 ~ 44: 209 ~ 216.
- [10] 蔡振平, 刘人敏, 吴国良等. 锂离子电池正极材料 LiNi_{0.5}Co_{0.5}O₂ 的制备及性能 [J]. 电池, 2002 (增刊), 58 ~ 60.
- [11] 应皆荣, 万春荣, 姜长印. 用溶胶凝胶法在 LiNi_{0.8}Co_{0.2}O₂ 表面包裹 SiO₂ [J]. 电源技术, 2001, 25 (6): 401 ~ 404.
- [12] 高虹. LiNi_yM_{1-y}O₂ (M = Co, Mn, Ti, 0 < y < 1) 的制备和性能 [J]. 电源技术, 2001, 25 (4): 264 ~ 267.
- [13] Tarascon J M, McKinnon W R, Cowar F, et al. Synthesis conditions and oxygen stoichiometry effects on Li insertion into spinel LiMn₂O₄ [J]. J electrochem Soc, 1994, 141: 1421 ~ 1431.
- [14] Yōngyao Xia, Masaki Yōshio. An investigation of lithium ion insertion into spinel structure Li - Mn - O compounds [J]. J Electrochem Soc, 1996, 143 (3): 825 ~ 833.
- [15] 杨书延, 张焰峰, 吕庆章等. 微波 - 高分子网络法制备可充锂离子电池正极材料 LiM_xMn₂O₄ (M = La, nD, Y) [J]. 功能材料, 2001, 32 (4): 399 ~ 401.
- [16] 杨文胜, 刘庆国, 仇卫华等. 柠檬酸络合反应方法制备尖晶石型 LiMn₂O₄ [J]. 电源技术, 1999, 23 (增刊): 49 ~ 52.
- [17] Sun - Ho Kang and John B. Goodenough. Li [Li_yMn_{2-y}]O₄ spinel cathode material prepared by a solution method [J]. Electrochemical and Solid - state Letters, 2000, 3 (12): 536 ~ 539.
- [18] Liu W, Farrington G C, Chaput F, et al. Synthesis and electrochemical studies of spinel phase LiMn₂O₄ cathode materials prepared by the pechini process [J]. J Electrochem Soc, 1996, 143 (3): 879 ~ 884.
- [19] Lourdes Herman Julian Morales Luis Sanchez, et al. Use of Li - M - Mn - O spinels prepared by a sol - gel method as cathodes in high - voltage lithium batteries [J]. Solid State Ionics, 1999, 118: 179 ~ 185.
- [20] Yōshio M, Xia Y. Storage and cycling performance of metal ion - modified spinel at elevated temperatures [A]. Meeting Abstracts of the 1999 Joint international meeting [C]. 193.