

12

# 现代化水泥厂 质量自动控制系统

高平良 张绍周 编著

武汉工业大学出版社

鄂新登字 13 号

### 内 容 提 要

本书主要介绍了我国首次在国外承包的现代化水泥厂——伊拉克卡尔巴拉水泥厂的质量自动控制系统。

具体内容包括:POLAB—Ⅲ系统的构成;X射线荧光光谱仪;POLAB—Ⅲ的计算机系统;X射线荧光定量分析技术以及在生产实践中的应用;应用软件系统;仪器设备的维修等。

本书可供我国水泥科研和设计人员参考,也可供学校做为专业教材使用。

### 现代化水泥厂质量自动控制系统

◎ 高平良 张绍周 编著

责任编辑:徐扬

\* \* \*

武汉工业大学出版社出版发行 · 新华书店湖北发行所经销

核工业中南三〇九印刷厂印刷

\* \* \*

开本:787×1092mm 1/16 印张:11.5 字数:226千字

1993年5月第一版 1995年7月第2次印刷

印数:2001—4000册

ISBN 7-5629-0759-5/TQ·74

定价:10.00元

## 前 言

本书所介绍的是我国首次在国外承包的现代化大型水泥厂——伊位克卡尔巴拉水泥厂的质量自动控制系统。该厂是德国 POLYSIUS 公司承建的,年产 200 万 t 水泥熟料。该厂高度现代化控制水平集中体现三“POL”上,即 POLCID(计算机集中控制管理系统)、POLTAKT(可编程序联锁联动控制系统)及 POLAB(X 射线荧光分析配料质量自动控制系统),属于典型的 80 年代集散控制系统,是目前世界上控制论、系统论的集中体现。其控制系统象神经与血管一样遍布该厂生产线上所有设备,而在中央控制室的三“POL”系统中集中进行控制。加之该厂集中使用了水泥工业最新生产技术与装备,因此,该厂生产达到了高度自动化的水平。

该厂 POLAB 系统中,每条生产线配置 1 台 72000S 型 X 射线荧光光谱仪和 1 台 PDP11/23 型数字控制计算机,实现了全自动型独立的质量控制系统,这种控制方式在世界上处于领先地位。POLAB 系统的任务是对该厂的预混合料和生料的配料进行在线控制,使最终配出的生料成分稳定在设定值附近,保证水泥窑烧成工艺的稳定和水泥熟料的质量,以生产符合美国 ASTM 标准的高抗硫酸盐水泥。此外, POLAB 系统还承担水泥、熟料、石灰石、粘土、旁路灰、分解料的全分析及水泥中三氧化硫等离线分析任务。

编者曾在该厂中央控制室 POLAB 系统工作过,经历了德国工程技术人员在该厂的调试、试生产、伊方与我方验收以及我方承包生产的各个阶段,工作过程中尽力收集了有关的资料,做了大量笔记,总结了分析人员的经验,编写了培训教材。回国后在有关领导及专家们的鼓励下,将素材归纳整理,编写成此书,供我国水泥科研和设计人员参考,也可供学校做为专业教材使用。

本书经上海建筑材料工业学院科研处喇华璞和江蕙芹教授审阅。他们曾在该厂担任过主管生产的经理和主管质量的经理,具有博深的专业理论知识和丰富的实践经验,对本书的初稿提出了很多宝贵的指导性意见。曾在该系统工作过的俞淑莺、方鸣和王瑞海等同志积累了丰富的实践经验,在工作中给编者以很大帮助,为本书的有关章节提供了丰富的素材。在此向主审和一切关心、支持、协助本书出版的同志表示衷心的感谢。

由于编者水平所限,文内错误与不妥之处在所难免,敬希读者不吝指正。

编者

1990 年 11 月于北京

# 目 录

|                           |      |
|---------------------------|------|
| 第一章 POLAB—Ⅲ系统的构成          | (1)  |
| § 1 POLAB—Ⅲ系统的任务          | (1)  |
| § 2 POLAB—Ⅲ系统的分析项目        | (1)  |
| § 2.1 水泥质量计算机控制生产流程       | (1)  |
| § 2.2 POLAB—Ⅲ系统的分析项目      | (2)  |
| § 2.3 各种原材料及有关计算公式        | (3)  |
| § 3 POLAB—Ⅲ系统设备的构成        | (5)  |
| § 3.1 POLAB 系统设备布局概况      | (5)  |
| § 3.2 POLAB 系统的选择         | (7)  |
| § 3.3 预配料取样站的组成           | (8)  |
| § 3.4 生料取样系统              | (11) |
| § 3.5 样品传输装置              | (12) |
| § 3.6 分析试样的制作             | (13) |
| § 3.7 自动压片机               | (15) |
| § 3.8 熔样装置                | (15) |
| § 3.9 其它装置                | (15) |
| 第二章 X 射线荧光光谱仪             | (17) |
| § 1 X 射线荧光光谱仪测量原理         | (17) |
| § 1.1 X 射线荧光分析简介          | (17) |
| § 1.2 X 射线基础知识            | (17) |
| § 1.2.1 X 射线的产生和 X 射线光谱   | (17) |
| § 1.2.2 X 射线与固体的相互作用      | (21) |
| § 1.3 X 射线荧光定量分析的基本原理     | (24) |
| § 1.4 X 射线荧光光谱仪           | (24) |
| § 2 72000S 型 X 射线荧光光谱仪的构造 | (25) |
| § 2.1 试样激发系统              | (25) |
| § 2.1.1 X 射线管             | (26) |
| § 2.1.2 去离子水冷却系统          | (27) |
| § 2.1.3 外冷却水系统            | (28) |
| § 2.1.4 超高压发生器            | (30) |
| § 2.1.5 真空系统              | (41) |
| § 2.1.6 除硫器               | (41) |
| § 2.1.7 恒温系统              | (42) |
| § 2.1.8 液压传动系统            | (43) |
| § 2.1.9 试样转换台及试样座         | (43) |
| § 2.2 分光系统                | (44) |
| § 2.2.1 分光原理              | (44) |

|                          |                           |      |
|--------------------------|---------------------------|------|
| § 2.2.2                  | 晶体选择原则 .....              | (45) |
| § 2.2.3                  | 狭缝 .....                  | (46) |
| § 2.2.4                  | 分光系统的分辨率 .....            | (47) |
| § 2.3                    | 探测系统 .....                | (48) |
| § 2.3.1                  | 正比计数管的构造及工作原理 .....       | (48) |
| § 2.3.2                  | 淬灭气体的作用 .....             | (49) |
| § 2.3.3                  | 正比计数管的型号及选用 .....         | (49) |
| § 2.3.4                  | 探测器高压供电单元 .....           | (50) |
| § 2.3.5                  | 探测器前置放大器 .....            | (56) |
| § 2.3.6                  | 探测器的分辨率 .....             | (56) |
| § 2.4                    | 记录系统 .....                | (57) |
| § 2.4.1                  | 脉冲高度分布 .....              | (57) |
| § 2.4.2                  | 脉冲高度分析 .....              | (58) |
| § 2.4.3                  | 脉冲高度分析器电路原理 .....         | (59) |
| § 2.4.4                  | 脉冲高度分析器漂移的自动校正 .....      | (61) |
| § 3                      | 7200S 型谱仪的操作过程 .....      | (63) |
| § 3.1                    | 谱仪的启动 .....               | (63) |
| § 3.1.1                  | X 射线管的启动 .....            | (63) |
| § 3.1.2                  | 探测器高压电源的启动 .....          | (63) |
| § 3.1.3                  | 计算机的启动 .....              | (63) |
| § 3.1.4                  | 电学线路卡的准备 .....            | (63) |
| § 3.1.5                  | 手动按钮操作板 .....             | (64) |
| § 3.2                    | 试样的分析过程 .....             | (64) |
| § 3.2.1                  | 进样方式 .....                | (64) |
| § 3.2.2                  | 分析试样时仪器的工作过程 .....        | (64) |
| § 3.3                    | 停电前的处理 .....              | (64) |
| § 3.4                    | 谱仪稳定性的测定 .....            | (65) |
| 第三章 POLAB—Ⅲ 的计算机系统 ..... |                           | (68) |
| § 1                      | 计算机控制硬件系统 .....           | (68) |
| § 1.1                    | 计算机硬件系统的构成 .....          | (68) |
| § 1.1.1                  | PDP11/23 数字控制计算机 .....    | (68) |
| § 1.1.2                  | 外部设备 .....                | (71) |
| § 1.1.3                  | 外围设备 .....                | (76) |
| § 1.2                    | 供电及协调系统 .....             | (77) |
| § 1.2.1                  | 电源配置柜 .....               | (77) |
| § 1.2.2                  | 协调系统柜 .....               | (77) |
| § 1.2.3                  | 查看 POLAB—Ⅲ 系统线路图的规定 ..... | (81) |
| § 2                      | PLS511 位微处理机的应用 .....     | (83) |
| § 2.1                    | PLS511 的概念 .....          | (84) |
| § 2.2                    | PLS511 软件系统的构成 .....      | (84) |
| § 2.3                    | PLS511 电路结构 .....         | (85) |
| § 2.4                    | PLS511 印刷电路板 .....        | (86) |
| § 2.5                    | PLS511 程序 .....           | (88) |

|         |                           |       |
|---------|---------------------------|-------|
| § 2.6   | 编程实例 .....                | (92)  |
| 第四章     | X 射线荧光定量分析技术 .....        | (98)  |
| § 1     | 标准试样的制作 .....             | (98)  |
| § 1.1   | 标准试样的制备原则 .....           | (98)  |
| § 1.2   | 标准试样片的制作方法 .....          | (98)  |
| § 1.2.1 | 熔融铸片法 .....               | (98)  |
| § 1.2.2 | 粉末直接压片法 .....             | (99)  |
| § 1.2.3 | 掺入粘结剂压片法 .....            | (99)  |
| § 2     | 校准曲线的制作 .....             | (99)  |
| § 2.1   | 建立仪器的起始重校曲线 .....         | (100) |
| § 2.2   | 测定标准试样片的强度 .....          | (100) |
| § 2.3   | 输入标准试样的化学成分 .....         | (101) |
| § 2.4   | 制作校准曲线 .....              | (101) |
| § 2.5   | 规定曲线号并定义源码 .....          | (104) |
| § 2.6   | 规定各元素可测含量上下限及总结果上下限 ..... | (104) |
| § 2.7   | 对校准曲线的修改 .....            | (104) |
| § 2.8   | 用标准试样进行验证 .....           | (105) |
| § 3     | 分析指令 .....                | (105) |
| § 3.1   | 自动分析 .....                | (105) |
| § 3.2   | 手动分析 .....                | (105) |
| § 4     | X 射线荧光分析中误差的来源及控制 .....   | (105) |
| § 4.1   | 误差的基本概念 .....             | (106) |
| § 4.1.1 | 误差的分类 .....               | (106) |
| § 4.1.2 | 精密度与准确度 .....             | (106) |
| § 4.1.3 | 精密度的量度 .....              | (107) |
| § 4.2   | 计数统计误差 .....              | (108) |
| § 4.3   | 仪器漂移产生的误差及校正方法 .....      | (108) |
| § 4.3.1 | 钛参比道工作原理 .....            | (108) |
| § 4.3.2 | 重校的工作原理 .....             | (110) |
| § 4.4   | 制样误差 .....                | (112) |
| § 4.4.1 | 粉末压片法制样误差 .....           | (112) |
| § 4.4.2 | 熔融铸片法制样误差 .....           | (112) |
| § 4.5   | 基体效应 .....                | (113) |
| § 4.6   | 标准试样定值不准确 .....           | (114) |
| § 4.7   | 测定结果的允许差及标样误差 .....       | (114) |
| 第五章     | 在生产实践中的应用 .....           | (115) |
| § 1     | 基本控制思想 .....              | (115) |
| § 1.1   | 配料计算的基本控制思想 .....         | (115) |
| § 1.2   | 配料计算过程中应考虑的一些实际问题 .....   | (117) |
| § 1.3   | 配料计算中的求解方法 .....          | (120) |
| § 2     | 自动配料的实际步骤 .....           | (121) |
| § 2.1   | 混合料设定值的确定 .....           | (122) |
| § 2.2   | 混合料配料的预计算 .....           | (122) |

|       |                      |       |
|-------|----------------------|-------|
| § 2.3 | 自动取样、分析及计算 .....     | (124) |
| § 2.4 | 计算机自动调整配料的实际步骤 ..... | (126) |
| 第六章   | 应用软件系统 .....         | (130) |
| § 1   | 变量表索引 .....          | (131) |
| § 1.1 | COMGEN .....         | (131) |
| § 1.2 | COMLIN .....         | (131) |
| § 1.3 | COMSIL .....         | (134) |
| § 1.4 | COMRFA .....         | (136) |
| § 1.5 | COMSOQ .....         | (136) |
| § 1.6 | COMCUR .....         | (136) |
| § 1.7 | COMREG .....         | (136) |
| § 1.8 | COMOXY .....         | (136) |
| § 2   | 变量域各变量的详细说明 .....    | (136) |
| § 2.1 | COMGEN 域 .....       | (136) |
| § 2.2 | COMLIN 域 .....       | (139) |
| § 2.3 | COMSIL 域 .....       | (142) |
| § 2.4 | COMRFA 域 .....       | (143) |
| § 2.5 | COMSOQ 域 .....       | (145) |
| 第七章   | 仪器设备的维修 .....        | (146) |
| § 1   | 仪器设备的维修制度 .....      | (146) |
| § 1.1 | 7200S 主机的维修制度 .....  | (146) |
| § 1.2 | 取样系统的维修制度 .....      | (146) |
| § 1.3 | 自动细磨的维修制度 .....      | (146) |
| § 1.4 | 自动压片机的维修制度 .....     | (146) |
| § 1.5 | 水冷却装置的维修制度 .....     | (147) |
| § 1.6 | 其它仪器设备的维修制度 .....    | (147) |
| § 2   | X 射线管的维护及更换 .....    | (147) |
| § 2.1 | X 射线管的日常维护 .....     | (147) |
| § 2.2 | X 射线管阳极插头处的绝缘 .....  | (147) |
| § 2.3 | X 射线管的更换 .....       | (148) |
| § 3   | 正比计数管的更换 .....       | (149) |
| § 3.1 | 正比计数管损坏的判断 .....     | (149) |
| § 3.2 | 更换正比计数管的步骤 .....     | (149) |
| § 3.3 | 探测器高压的调节 .....       | (149) |
| § 3.4 | 脉冲高度分析器的调节 .....     | (151) |
| § 4   | 仪器设备常见故障及其排除方法 ..... | (151) |
| § 4.1 | X 射线荧光光谱仪系统 .....    | (151) |
| § 4.2 | 取样站及试样传输系统 .....     | (153) |
| § 4.3 | 实验室自动细磨系统 .....      | (155) |
| § 4.4 | 自动压片机系统 .....        | (156) |
| § 4.5 | 试样传送系统 .....         | (157) |

# 第一章 POLAB—Ⅲ 系统的构成

## § 1 POLAB—Ⅲ 系统的任务

POLAB 是 POLYSIUS、LABORATORY 的缩写。该系统是以 X 射线荧光分析仪和计算机为中心,配备相应的附属设备而构成的一个完全独立的质量自动分析控制系统。

该系统的主要任务是来自矿山的石灰石、粘土 1 和粘土 2 进行预配料,然后将预配的材料和石灰石、铁粉进行生料配料在线自动控制,使配出的生料按质量要求稳定在设定值附近,确保水泥窑烧成工艺的的稳定,保证提供质量达到英国标准(BS)或美国标准(ASTM)的高抗硫酸盐水泥。

预配料的混合料的 LSF(石灰饱和系数)=86~90, SM(硅酸率)=3.80~3.86, AM(铝氧率)=1.80~2.00; 生料的 LSF=95±0.80, SM=2.5±0.1, AM=0.79±0.07。如果达不到上述目标值,将造成窑况不良,烧成制度不稳定,烧出的熟料游离氧化钙含量高,甚至使水泥的矿物组成  $C_3A > 3.5$ ,  $C_4AF + 2C_3A > 20$ ,而不能成为 BS 或 ASTM 高抗硫酸盐水泥。

该系统的第二个任务是离线控制。包括:离线分析入厂原料如粘土、石灰石的质量,进行水泥、熟料和入窑喂料进行全分析,进行旁路灰及分解炉料的  $SO_3$  分析,分析水泥  $SO_3$  的含量,以控制水泥中石膏的掺入量。

## § 2 POLAB—Ⅲ 系统的分析项目

### § 2.1 水泥质量计算机控制生产流程

该厂水泥质量计算机控制的任务示于图 1.1。来自矿山的石灰石、粘土 1 和粘土 2,经破碎车间破碎成粒径小于 30mm 的预配料,由输送皮带送入取样站。在取样站经二级闸板缩分得到 3~4t 具有代表性的预配料,通过锤式粉碎机用热风同时进行烘干和粉碎和,细度达到 0.09mm 以下,然后再经第三级旋转缩分器缩分至 30~40kg,间歇进入自动取样站装置的混合器,经充分混合均化之后,由 POLAB 控制计算机向破碎自动取样站的取样装置发出自动取样信号,取样装置的取样比例器将 200g 粉碎料装入试样盒(该盒俗称“炮弹”),启动输送风机将炮弹送至 X 射线荧光制样室。当制样室自动细磨的微处理机得到试样到达的信号后,风机停止运转,并打开炮弹盖,通过计量小杯从 200g 粉料中取出 30g 放入振动盘磨,加入适量的异丙醇或乙醇助磨剂进行快磨及慢磨共 7min,将料粉磨至 0.050mm 以下,倒入 240℃ 的烘干盘中烘干 6min,驱除残余水分及异丙醇,由协调系统启动运料小车,将烘干料

输送至自动压片机,再由自动压片机的螺旋捣碎机粉碎 2min,并在 80MPa 下恒压 10s,然后将样品片吹净,等待进入仪器进行分析。X 射线荧光仪接到自动试样等待信号后,如果 X 射线荧光仪空闲,样品片由输送皮带自动送入 X 射线荧光仪进行分析,分析结果输入计算机进行配料混合运算,计算出下个试样的期望值,同时由计算机 RTP 接口输出 DO 讯号控制破碎车间的三种原料的皮带马达的转速,完成一次闭环控制。经控制配成符合要求的预配料进入预均化堆场。预均化堆场为圆锥形,直径为 100m,最大容积为 7 万 t,沿圆周方向在 120°左右弧度线上,从上至下往

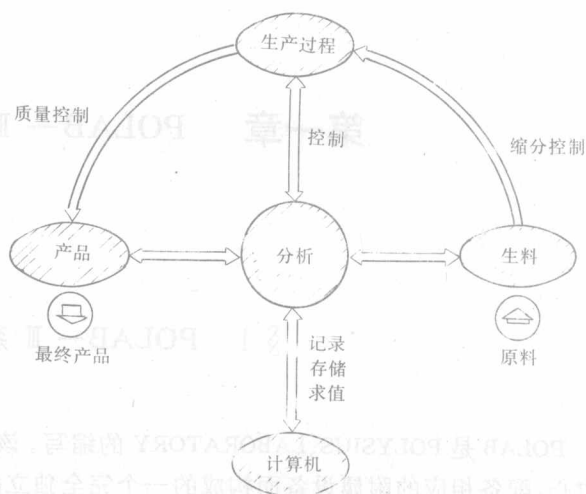


图 1.1 水泥厂自动化实验室的任务

复层层平铺,取样时沿径向横切取料,由皮带输送至磨头仓。有时破碎机单一破碎石灰石。石灰石和铁矿石粉分别进入石灰石仓和铁矿石仓,根据生料配比质量的要求,计算机完成生料的闭环控制。控制过程和混合料相似,只是预配料的取样是经三级缩分而得,生料取料是由专用的螺旋取样器取样。生料磨的成品由空气斜槽输送至均化库,通常每库生料约配 3000t 左右。每条生产线有两个库,在配完一库合格料后,X 射线荧光质量控制系统重配新库。刚配定的料在库中进行 2h 左右的气流均化(空气搅拌均匀的时间由调试决定,时间过短和过长均和效率有关),均化后放入下层贮存库备用。贮存库的合格均化生料根据窑的需要不断进入生料计量仓,通常料位控制在容量的 90%即 54t 左右。

生料经预热器预热,分解炉分解进入回转窑煅烧,烧出合格的熟料,送入熟料堆场,从堆场运送至水泥磨头仓。磨头仓容量为 300t,通常装料在 250t 左右。中控室操作员根据 X 射线荧光离线分析水泥  $\text{SO}_3$  的测定结果,调整石膏的掺入量。磨出的水泥装入三个容量为 1 万 t 的水泥库。

## § 2.2 POLAB—Ⅲ 系统的分析项目

### (1) 在线分析计算机控制

预配料的混合及生料配料,通过取样站(在图 1.2 上分别为 4 与 7)、X 射线荧光仪和计算机实现自动配料控制,为工厂质量控制的在线控制系统。

### (2) 离线分析控制

指用人工制样,在 X 射线荧光仪上用手动对试样进行分析。

a. 将取自矿山的粘土 1②和粘土 2③的全天试样混合缩分,每天一次,进行化学成分全分析,即测定  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{M}_3\text{O}$ 、 $\text{SO}_3$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、作为每天计算机配料的依据,并检查来料质量是否符合要求。

b. 石灰石全分析。由于石灰石质量比较稳定,只分析每月平均样的混合样,作为计算机

配料时的输入依据并检查石灰石质量。

c. 从生料贮库出口⑩取入窑喂料(kiln feed)试样,每 4h 进行一次全分析,以检查均化效果,向中央控制室窑操作员提供入窑喂料的实际成分和率值,供操作时参考。

d. 从一级预热器(与我国习惯叫法不同,该厂最近窑的旋风预热器定为一级)出口处取分解料(kiln Inlet),每天一次(若窑况正常可不定期分析),测定分解料中  $SO_3$  的含量,了解分解率达 85% 以上的分解料  $SO_3$  含量的情况,供窑操作员控制窑况时参考。

e. 从篦冷机出口⑫取熟料试样,每天进行一次全分析,检查熟料的质量。从旁路系统取旁路灰(By pass dust),每天(或不定期)测定一次  $SO_3$ ,以了解熟料  $SO_3$  的含量。

f. 从水泥磨出口每 3h 取样一次测定  $SO_3$ ,供中央控制室水泥磨操作员控制石膏掺入量时参考。通常石膏掺入量为 2% 左右,这样水泥中  $SO_3$  的含量可控制在 1.7%~2.2% 之间。

将各磨每 3h 取样的组合样每天进行一次全分析,了解各磨的平均质量。

g. 对散装出厂水泥和包装水泥每天进行一次全分析,提出水泥成分、矿物组成、率值等报告。

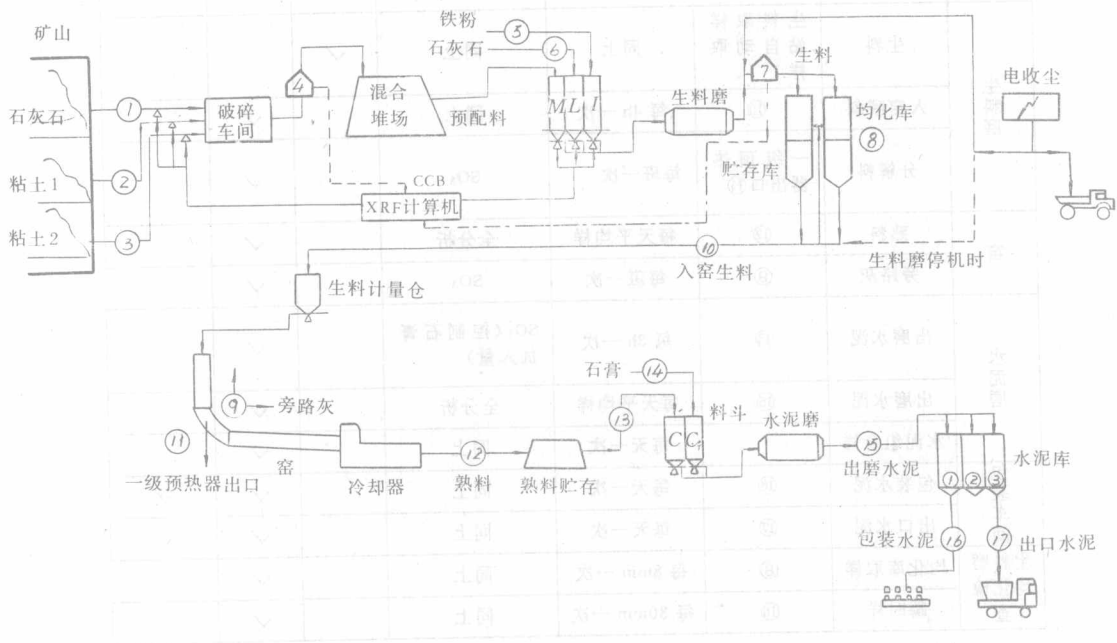


图 1.2 水泥厂生产控制取样点

以下将 X 射线荧光分析和化学分析的控制项目列于表 1.1 中。

从表 1.1 可以看出, POLAB—Ⅲ 系统除担负着水泥生产在线的预配料和生料配料的控制外,还发挥 X 射线荧光分析快速准确的特点,承担全厂入厂原料和整个工艺过程大部分的离线分析及出厂水泥的质量控制。因此 POLAB—Ⅲ 系统在生产中起着极为重要的作用。

### § 2.3 各种原材料及有关计算公式

(1)各种原材料的化学成分列于表 1.2 中。由表可知石灰石品质较高。个别开采面有少量的乙类石灰石(CaO 49%~52%)和丙类石灰石(CaO<49%),可搭配使用。粘土 2 的 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量较高,达 10.31%,可作为调整 AM 用,但有害杂质 MgO、K<sub>2</sub>O、Na<sub>2</sub>O、Cl<sup>-</sup>、SO<sub>3</sub> 含量较高,故应控制粘土 2 的用量,通常粘土 1 与粘土 2 之比率约为 1 比 2。

各种原料允许入厂的极限指标如下:

X 射线荧光分析和化学分析控制项目

表 1.1

| 车间      | 试样名   | 取样点         | 取样频度         | 分析成分                      | X 射线荧光分析 |    | 化学分析 |
|---------|-------|-------------|--------------|---------------------------|----------|----|------|
|         |       |             |              |                           | 自动       | 手动 |      |
| 破碎车间    | 石灰石   | ①           | 每天一次测定月平均样   | 全分析 Si、Al、Fe、Ca、Mg、S、K    |          | ✓  | ✓    |
|         | 粘土 1  | ②           | 每小时一次测定每天平均样 | 全分析,烧失量,水分                |          | ✓  | ✓    |
|         | 粘土 2  | ③           | 同上           | 同上                        |          | ✓  | ✓    |
|         | 预配料   | 破碎取样站自动取样 4 | 每 30min 一次   | 全分析                       | ✓        |    |      |
| 生料磨     | 生料    | 生料取样站自动取样 7 | 同上           | 同上                        | ✓        |    |      |
|         | 入窑喂料  | ⑩           | 每 4h 一次      | 同上                        |          | ✓  |      |
|         | 分解料   | 一级预热器出口⑪    | 每班一次         | SO <sub>3</sub>           |          | ✓  |      |
| 窑       | 熟料    | ⑫           | 每天平均样        | 全分析                       |          | ✓  |      |
|         | 旁路灰   | ⑨           | 每班一次         | SO <sub>3</sub>           |          | ✓  |      |
| 水泥磨     | 出磨水泥  | ⑮           | 每 3h 一次      | SO <sub>3</sub> (控制石膏加入量) |          | ✓  |      |
|         | 出磨水泥  | ⑮           | 每天平均样        | 全分析                       |          | ✓  |      |
|         | 水泥组合样 |             | 每天一次         | 同上                        |          | ✓  |      |
| 包装车间    | 包装水泥  | ⑯           | 每天一次         | 同上                        |          | ✓  | ✓    |
|         | 出口水泥  | ⑰           | 每天一次         | 同上                        |          | ✓  | ✓    |
| 生料磨均化检查 | 均化库取样 | ⑧           | 每 8min 一次    | 同上                        |          | ✓  |      |
|         | 瞬时样   | ⑩           | 每 30min 一次   | 同上                        |          | ✓  |      |

石灰石:CaO 不低于 50%,MgO 不高于 2%;  
 铁矿石:Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 不低于 70%;  
 石膏:CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O 不低于 75%;  
 粘土:由配料需要通知矿山选择矿源和两种粘土的比率。

(2)生产控制中有关率值的计算公式

该厂 POLAB—Ⅲ 在实现前述要求的控制任务中,用计算机计算有关率值的公式如下:

$$\text{石灰饱和系数LSF}=\frac{\text{CaO}\times100}{2.8\text{SiO}_2+1.1\text{Al}_2\text{O}_3+0.7\text{Fe}_2\text{O}_3}$$

$$\text{硅酸率SM}=\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3}$$

$$\text{铝氧率} \quad AM = \frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3}$$

$$\text{水硬率} \quad HM = \frac{CaO}{SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3}$$

通常正常的控制范围为:  $LSF=80\sim110$ ;  $SM=1.9\sim3.2$ ;  $AM=0.5\sim1.5$ ;  $HM=1.7\sim2.3$ 。

该厂各种原料大致成分

表 1.2

| 成分(%)<br>原 料 | 烧失量<br>L. O. I | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO   | MgO  | SO <sub>3</sub> | K <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O | Cl <sup>-</sup> | 总计     |
|--------------|----------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|------|-----------------|------------------|-------------------|-----------------|--------|
| 石灰石          | 42.45          | 2.35             | 0.70                           | 0.24                           | 53.48 | 0.23 | 0.33            | 0.04             | 0.06              | 0.03            | 99.91  |
| 粘土 1         | 26.99          | 32.12            | 3.55                           | 1.83                           | 31.32 | 1.84 | 1.46            | 0.57             | 0.11              | /               | 99.79  |
| 粘土 2         | 19.21          | 38.57            | 11.65                          | 5.63                           | 15.74 | 5.17 | 0.94            | 1.77             | 0.90              | /               | 99.58  |
| 铁矿石          | 4.46           | 6.06             | 2.95                           | 82.65                          | 1.26  | 0.58 | 1.72            | 0.07             | 0.06              | /               | 99.81  |
| 石膏           | 22.73          | 3.56             | 1.10                           | 0.42                           | 32.11 | 1.68 | 38.23           | 0.19             | 0.04              | /               | 100.06 |

### § 3 POLAB—Ⅲ 系统设备的构成

#### § 3.1 POLAB—Ⅲ 系统设备布局概况

图 1.3 示出了 POLAB—Ⅲ 全部设备的布置图,在线控制部分两条线的设备完全相同,故只用一条线的设备作代表。离线分析的熔样装置及手动细磨、手动压片机为公用设备。

##### (1) 分析实验室

本实验室是 POLAB—Ⅲ 系统的核心,设置有以 X 射线荧光分析仪和一台 PDP11/23 计算机为中心的控制系统及在线控制的发光图示板。

a. 72000S 型 X 射线荧光分析仪,每条线 1 台

b. PDP11/23 数字控制计算机 1 台

配有 RL01 硬盘容量为 5MB 1 台

LA120-DA 控制台打字机 1 台

VT100 显示终端 1 台

c. 发光图示板 1 台

指示预配料及生料控制过程及故障报警。

##### (2) 自动制样室

接受从现场预配料自动取样站的取样装置及生料自动取样装置来的自动试样进行自动粉磨和压片。也可人工取样将 30g 粗磨粉料倒入自动细磨机,自动压片、分析。

包括:

a. 生料自动细磨 (HSM AUT · P) 1 台

- b. 预配料自动细磨 (HSM AUT • P) 1 台
- c. 自动压片机 (HSTP) 1 台

### (3) 一楼配件室

- a. 用于 72000S 型 X 射线荧光分析仪的水冷却自动制冷装置 (POLYBLOC 02 型) 1 台
- b. 自动压片机及自动细磨废料收尘系统 (UNI—STAR oho 型) 1 台
- c. 自动细磨用异丙醇(或乙醇)泵 (ASEA 型) 2 台
- d. 炮弹输送风机 (SV250 型) 2 台
- e. 自动试样用空压机 (SB D250 219/150) 2 台

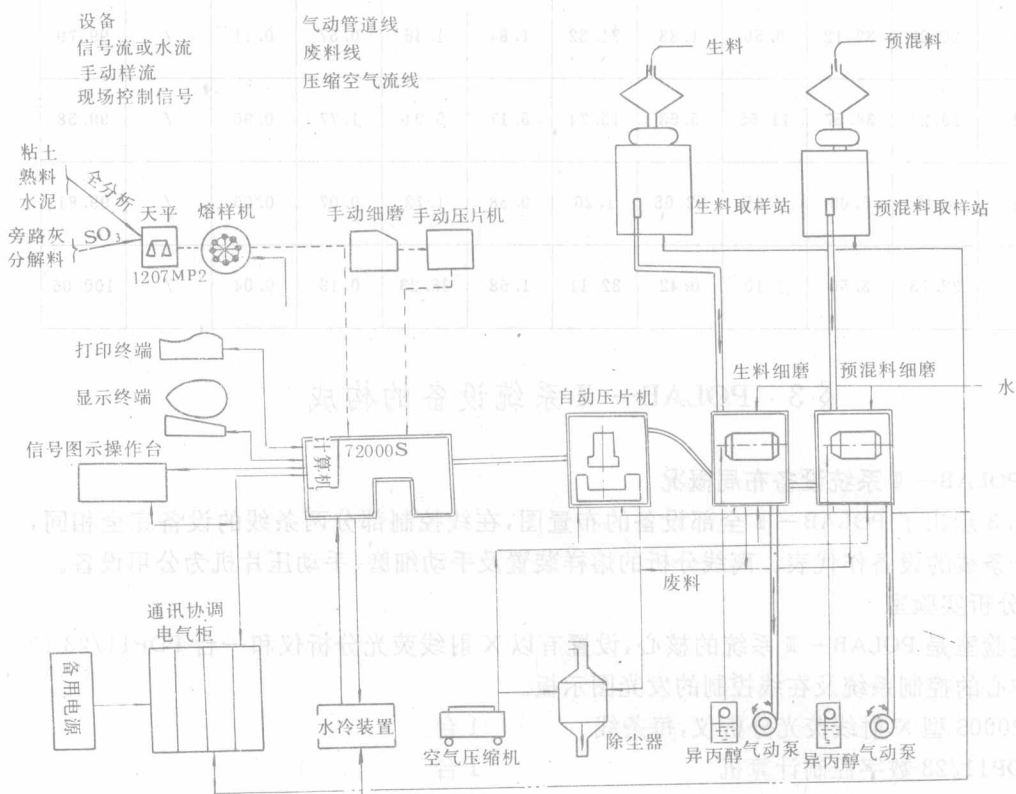


图 1.3 POLAB—II 系统布局示意图

### (4) 离线分析制样室

- a. 电子分析天平, 精度 0.0001g (1207MP2 型) 1 台
  - b. 熔样机 (USG) 2 台
  - c. 手动细磨 (HSM AUT • P) 2 台
  - d. 手动压片机 (HSTP) 2 台
- ### (5) 在线自动取样装置
- a. 生料自动取样装置 1 部

### b. 预配料自动取样装置

1 部

这两部分设置于生料车间及破碎车间,详细构成参看“§ 3.3”。

### (6) 通讯协调电气柜

此柜实现实验室与现场之间的控制信号联系,以及实验室各设备位微处理机之间的信号联系,以及电源控制。

### a. POLAB—Ⅲ 系统电源负载分配电气箱

1 个

### b. 气动站控制柜

1 个

## § 3.2 POLAB 系统的选择

POLYSIUS 公司为用户提供了三种 POLAB 形式,用户可根据资源情况及生产规模选用。该公司并为用户设计了一个可变的软件包,三种形式向下兼容。这三种形式分别称为 POLAB—I, POLAB—Ⅱ 和 POLAB—Ⅲ。现分述如下。

### (1) POLAB—I 系统

该系统定期由人工取样缩分,用手动进行细磨压片,然后由人工用指令送入 X 射线荧光分析仪进行分析。分析结果由打字机打印,然后用人工根据结果计算各组分的配比,直接手动调整皮带的马达转速。该系统除 X 射线荧光分析仪外只配用一个没有外存的计算机小系统(内存只有

16kB)。过程如图 1.4 所示。

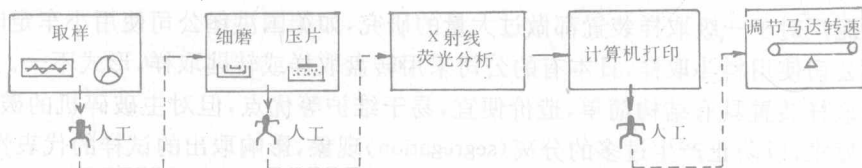


图 1.4 POLAB—I 系统

### (2) POLAB—Ⅱ 系统

—Ⅱ 系统

POLAB—

Ⅱ 是 POLAB—

Ⅱ 的发展,该系统配备了一个较大的过程控制计算机,自动取样装置及自动皮带秤。工作人员的基本任务是在实验室等待计算机定期送来自动试样,用人工细磨,压片(或熔片),然后将制备的样片送入 X 射线荧光仪进行分析,计算机将分析结果打印出来,用人工调节各原材料皮带秤的马达转速,以保证最佳配比。国外许多 70 年代集中控制型的水泥厂多采用类似形式,称为半

自动型 (图 1.5)。

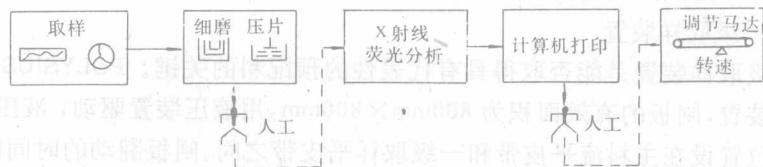


图 1.5 POLAB—Ⅱ 系统

### (3) POLAB—Ⅲ 系统 (图 1.6)

—Ⅲ 系统 (图 1.6)

是 POLAB

—Ⅲ 的进一步发展,为全自动型的质量自动控制系统。即从取样到调节皮带秤马达转速的所有操作步骤,全部自动进行,实验室工作人员的任务是对混合料各率值的设定点进行设定,并检查分析结果及维护系统设备。该厂选用 POLAB—Ⅲ 系统。这种完全独立的 X 射线荧光质量自动控制系统目前在世界上仍较为先进。

三种控制形式几乎代表了目前世界上水泥厂 X 射线荧光质量控制系统的各种形式,也反映了 POLAB 系统的发展过程。

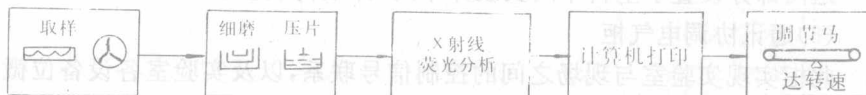


图 1.6 PLOAB—II 系统

### § 3.3 预配料 取样站的组成

为了控制预均化料堆中混合物料的化学组成,减小入生料磨物料的标准偏差,使出磨生料的成分偏差减小,在水泥厂中取样站占有极重要的地位,尤其是对原料成分波动严重的厂更为重要。

(1)该厂预配料取样站的设计所体现的特点:

a. 取样站设在预配料的主料流中,对主料流的取样速度是恒定的,因此可根据取样装置的结构形式调整取样间隔,在传输过程中取得代表主料流所有点的试样,以便如实地反映主料流的化学成分和物理状态。

b. 取样站从主料流取得的随机试样的数量与试样的质量,要与预先大量实验的统计规律一致,以此确定可靠的取样间隔。如一级取样闸板的取样间隔为 20~22s,闸板的取样时间为 2s。通过实验确定选用简单而可靠的翻闸板取样装置(如图 1.8 所示)。几乎所有大型水泥厂对于一级取样装置都做过大量的研究,如德国洪堡公司使用小车定时取样,丹麦史密斯公司使用料斗取样,日本有的公司采用转盘取样或转匙取样,形式不一。该厂采用的翻闸板取样装置具有结构简单,造价便宜,易于维护等优点,但对主破碎机的破碎粒度有较严格的要求,以防止产生过多的分离(segregation)现象,影响取出的试样的代表性。

c. 该系统收集的随机试样在被分配到自动取样装置的混合器之前,先经过混合烘干、破碎、旋风分离器分选以及混合器的搅拌,使试样细度达到 90%以上小于 0.090mm,含水量小于 0.5%,以保证其后 X 射线荧光分析结果的准确。

d. 系统的设计使得收集和传输装置在动态过程中不会因料潮湿或块料坚实而引起严重的堵塞。

(2)预配料取样站的构成

图 1.7 为该厂预配料取样站构成的示意图。它包括:

a. 一级取样装置

一级取样装置是能否取得具有代表性的预配料的关键。POLYSIUS 公司采用结构简单的翻板装置,闸板的有效面积为 800mm×800mm,用液压装置驱动,液压马达功率为 15kW。闸板的位置设在主料流平皮带和一级取样平皮带之间。闸板翻动的时间间隔可调,该厂一级闸板翻动一次的时间约 20~22s,取样时间约 2s,对于喂料容量达 1000t/h、皮带速度为 22m/s 来说,每分钟取得随机样约 550kg,每小时可取得约 33t 试样。

b. 二级取样装置

二级取样装置与一级闸板相似,起二次缩分作用,将一次缩分取得的约 33t 随机样缩分为 4t 左右,闸板的翻动间隔时间为 40~45s,然后将粒径为 1~30mm,含水量最大为 12%的随机样喂入磨机。

### c. 磨机和热风炉

4t 左右的随机样被喂入 Novorotor 型磨机(德国 HAZMAG 公司生产),该磨机由 75kW 马达驱动,型号为 650/750S 型,圆周速度为 80.4m/s。在破碎的同

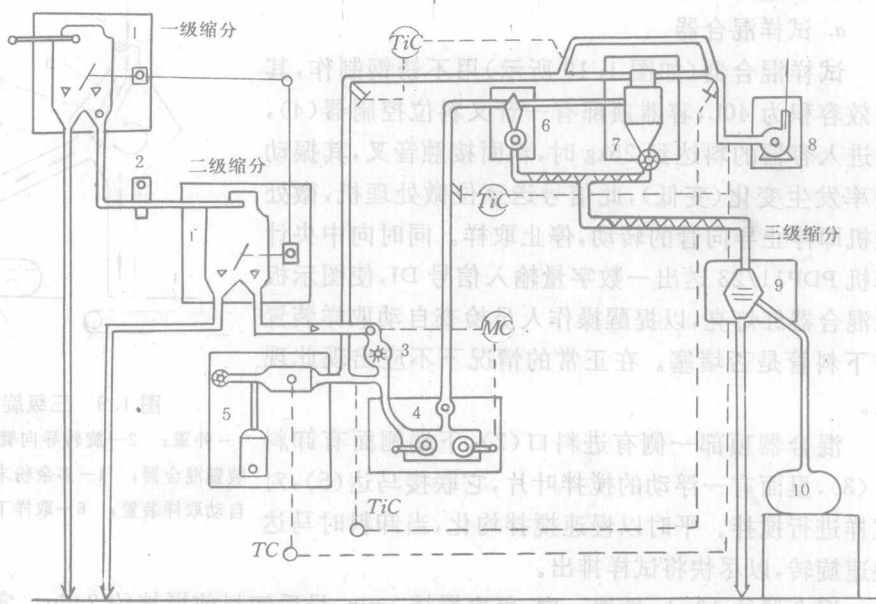


图 1.7 预配料取样站示意图

时,型号为 1—取样系统; 2—检测金属用电磁线圈; 3—旋转气闸喂料机; 4—粉磨机; 5—热风炉; 6—预收集旋风筒; 7—收尘器; 8—排风扇; 9—样品缩分器; 10—试样容器; MC—马达控制; TC—温度控制

SKV6)的热风炉连续送入 90~100℃ 的热风,其水分的蒸发量可达 750kg/h。通过磨机后随机料的含水量下降至 0.5% 以下,颗度在 0.09mm 左右。

### d. 棒式分离器

经粉磨烘干的试样由负压送入型号为 6575 型的棒式分离器,分离器转速为 1800r/min,将 99.9% 小于 0.090mm 的试样分选出来,送入旋风分离器。大于 0.090mm 的试样返回磨机继续粉磨。

### e. 三级旋转缩分器

试样通过位于旋风分离器下的螺旋输送机送至三级旋转缩分器,在缩分器上面有一锁风阀,当旋转导向管转至不取样位置时,物料回到主料流。导向管受自动取样装置微处理机控制,当启动破碎车间的大破碎机时,自动取样装置定时接通导向管的马达,导向管旋转,导向管的下料口作圆周转动。当导向管下料口对准取样下料口的瞬间,粉料进入混合器。导向管的马达接通时间可调,通常每隔 5min 接通 30s,导向管转动速度为 56r/min,下料口的宽度约为导向管旋转圆周的 1/8,这样每小时取得的约 4t 的粉料经第三次缩分后得到约 50kg 的随机样。每 30min 向实验室输送炮弹一次。当混合器取得试样后,自动取样装置的位微处理机对试样进行定时搅拌和均化。

### (3) 自动取样装置

预配料与生料配料控制的自动取样装置相同,以下以预配料的自动取样装置为例进行

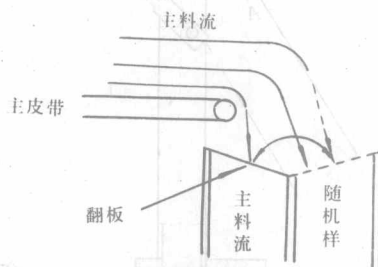


图 1.8 取样闸板示意图

介绍。它包括：

a. 试样混合器

试样混合器(如图 1.10 所示)用不锈钢制作,其有效容积为 40L,容器顶部有一音叉料位控制器(4),当进入容器的料达到 25kg 时,料面接触音叉,其振动频率发生变化(变低),此信号送至位微处理机,微处理机即停止导向管的转动,停止取样。同时向中央计算机 PDP11/23 送出一数字量输入信号 DI,使图示板上混合器红灯亮,以提醒操作人员检查自动取样装置的下料管是否堵塞。在正常的情况下不应出现此现象。

混合器顶部一侧有进料口(2),下端侧面有卸料口(3),里面有一浮动的搅拌叶片,它联接马达(5),对试样进行搅拌。平时以慢速搅拌均化,当卸料时马达快速旋转,以尽快将试样排出。

混合器约 10min 搅拌一次,每次搅拌 1min,最后卸料前搅拌约 2min。实验证明,只要搅拌 2min,便可获得最佳混合效果。

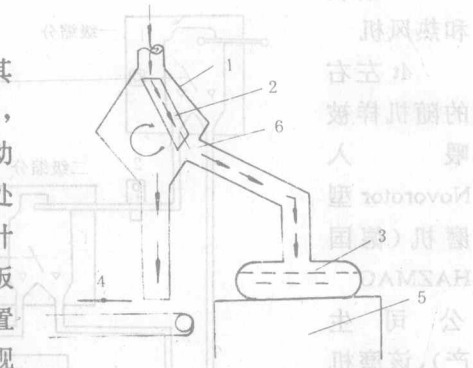


图 1.9 三级旋转缩分器

1—外罩； 2—旋转导向臂管； 3—自动取样装置混合器； 4—多余粉末返回主料流； 5—自动取样装置； 6—取样下料口

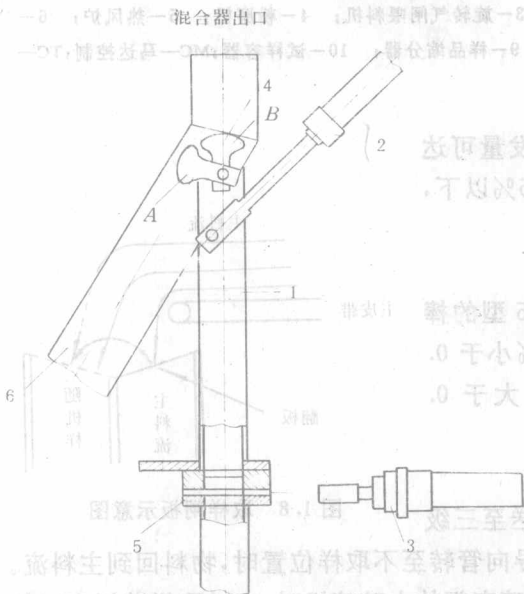


图 1.11 取样比例装置

1—计量管； 2—气动活塞阀； 3—气动活塞阀； 4—卸料阀门； 5—滑动闸板； 6—排料管

b. 取样

比例装置

取样比例装置安装在混合器和主料流之间,由一个垂直管(也称计量管)和两个气动阀组成(如图 1.11)。当

均化样品出口处,自动取样装置收到主机启动自动样品的信号之后,混合器出口阀门打开,混合器马达高速旋转,将料卸入取样比例装置的排料管(6),气动活塞(2)收缩,使卸料阀门(4)从关闭位置 B 转至打开位置 A,此时料进入计量管,约取 200g 料,多余的料进入主料流。当混合器卸料结束时,气动阀伸长,带动闸板(5),使其移动至打开位置。同时自动取样装置启动振捣器,将料振入炮弹。

图 1.10 试样混合器

1—混合容器； 2—样品入口处； 3—均化样品出口处； 4—料位监视器； 5—搅拌用马达；

图 1.10 试样混合器

1—混合容器； 2—样品入口处； 3—均化样品出口处； 4—料位监视器； 5—搅拌用马达；

图 1.10 试样混合器

1—混合容器； 2—样品入口处； 3—均化样品出口处； 4—料位监视器； 5—搅拌用马达；

图 1.10 试样混合器

1—混合容器； 2—样品入口处； 3—均化样品出口处； 4—料位监视器； 5—搅拌用马达；

图 1.10 试样混合器

1—混合容器； 2—样品入口处； 3—均化样品出口处； 4—料位监视器； 5—搅拌用马达；

图 1.10 试样混合器

1—混合容器； 2—样品入口处； 3—均化样品出口处； 4—料位监视器； 5—搅拌用马达；

图 1.10 试样混合器

1—混合容器； 2—样品入口处； 3—均化样品出口处； 4—料位监视器； 5—搅拌用马达；

图 1.10 试样混合器

1—混合容器； 2—样品入口处； 3—均化样品出口处； 4—料位监视器； 5—搅拌用马达；

图 1.10 试样混合器