



γ 物位计

上海市科学技术协会《 γ 物位计编写组》编



原子能出版社

内 容 简 介

γ 物位计是利用 γ 射线通过介质后被吸收减弱程度的不同,对各种形态的物料位置进行非接触测量的仪表。它具有指示可靠、维修方便及不受环境条件影响等优点,并易与其他各种工业自动化仪表相组合,以实现生产过程自动控制。因而特别适用于对高温、高压、密封及强腐蚀等条件下物料位置进行远距离自动测量和控制。

本书介绍 γ 物位计工作原理、构造及安装使用等基础知识;对放射源的选择和计算、探测器和电子线路的选择,以及安全防护等都做了比较系统的介绍,并选编了部分典型线路图和防护容器图。本书有助于广大工人和技术员大搞技术革新,也可作青少年的科普读物。

γ 物 位 计

上海市科学技术协会《 γ 物位计编写组》编

原子能出版社出版

(北京2108信箱)

八九九二〇部队印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

☆

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ ·印张 $7^{9/16}$ ·字数151千字

1980年4月北京第一版·1980年4月北京第一次印刷

印数001—3300·统一书号: 15175·192

定价: 0.87元

前 言

原子能的利用是现代科学技术发展的重要标志之一。放射性同位素与射线的应用是原子能利用的一个重要方面，是近三十年发展起来的一项新技术。随着原子能科学技术的发展和工业自动化水平的提高，放射性同位素仪表已在冶金、机械、石油、化工、纺织、轻工、煤炭和建材等工业部门得到越来越广泛的应用。 γ 射线物位计是放射性同位素仪表中目前应用得较多的一种。它是一种非接触式的测定各种形态物料位置的仪表，具有指示可靠、维修方便和不受温度、压力、强酸强碱等环境条件影响等优点，并能与其他各种工业自动化仪表组合使用，使生产过程自动化，因而特别适用于一般物位计不能适应的环境。

为了适应工业现代化的要求，根据上海科学技术协会主办的“同位素物位计应用学习班”中所用上海原子核研究所、上海工业自动化仪表研究所、上海工业卫生研究所、上海吴泾化工厂、上海铁锅厂等单位的讲稿，经过补充、整理编写了本书，以适应广大工人和技术人员大搞技术革新及广大青少年普及科学技术知识的需要。

参加编写工作的有郑焯民、欧绪贵、朱希凯、丛树越、毛绳峰、钱伟忠及杨诚仪等同志。毛绳峰同志主编。

由于编写时间仓促，书中难免有缺点和错误，欢迎读者批评指正。

上海市科学技术协会技术交流组

一九七八年五月

目 录

第一章 原理及 应用	1
一、原理	2
二、 γ 射线物位计的组成及类型	3
三、应用	7
第二章 放射源	17
一、原子核基础知识	17
二、 γ 射线与物质的相互作用	24
三、常用的 γ 放射源	30
第三章 探测器	38
一、计数管	38
二、闪烁计数器	48
三、电离室	56
第四章 电子线路	59
一、基本电路单元	59
二、整机线路实例	93
第五章 安装方式与源强计算	96
一、安装方式	96
二、放射源强度计算	101
三、 γ 射线继电器计算	119
四、计算实例	125
第六章 防护	144
一、射线对人体的影响	144
二、 γ 射线防护方法	151
三、放射源防护容器的设计	158

四、放射源倒装	165
五、废源的处置	171
第七章 现场调试与维护	173
一、现场调试	173
二、日常维护	178
三、假物位问题	179
附录一 放射性核衰变的统计规律及测量精度	181
附录二 γ 射线继电器计算公式推导	185
附录三 对数计数率表电路的数学分析	197
附录四 γ 射线物位计线路图选编	203
附录五 γ 射线物位计防护容器图选编	209

第一章 原理及应用

液位计和料位计统称为物位计。在工业生产中，物位的检测与控制占有很重要的地位。物位计的种类很多，例如：直读式玻璃管液位计，浮标式、沉筒式、差压式液位计，电容式、电感式、电阻式、机械式物位计，近年来又有高频、超声、激光物位计等等。利用 γ 射线辐射强度的变化来确定物位的物位计叫 γ 射线物位计，由于 γ 射线发生源用的是放射性同位素，有时也称作放射性同位素物位计*。

γ 射线物位计具有非接触式测量的特点。它既可测量液位，也能测量料位。安装简单，运行可靠，维修方便，往往用于其它物位计难以应用甚至不能应用的场合。例如：高温、高压、真空、旋转密闭容器；易燃、易爆、易结晶、高粘度、强腐蚀、无定形、极毒、熔融、轻质粉末等物料；二相界面、分层界面以及多尘、多烟雾、强干扰等恶劣环境。所以，随着工农业生产的发展和自动检测及自动控制水平的提高， γ 射线物位计将愈来愈受到重视，并将得到日益广泛的应用。

* 严格说来，放射性同位素物位计除 γ 射线物位计外，还包括 β 射线物位计和中子物位计。

一、原 理

1. 什么是 γ 射线

γ 射线的本质和我们日常生活中见到的光线一样，都是电磁波，所以 γ 射线也可叫 γ 光。但是各种光的波长不一样，波长在4000—7700埃（1埃= 10^{-8} 厘米）之间的就是一般的可见光，波长在60—4000埃之间的是紫外线，X射线的波长在0.01—100埃之间，而 γ 射线的波长还要短，所以说， γ 射线是波长极短的一种电磁波。

虽然 γ 射线波长极短，肉眼看不见它，但是它能间接地使物质产生电离，使荧光物质发出可见光，使照像底片感光，因此可以制造出各种探测器，探查它的存在并测知它的强度。

2. 测 量 原 理

射线的波长越短，射线的能量也就越大，穿透物质的能力也就越强。X射线

能够穿透纸张、金属薄片、人的身体，而 γ 射线的穿透能力更强，甚至可以穿透较厚的铁板和很厚的水泥墙。在 γ 射线穿过一定厚度的物质后，

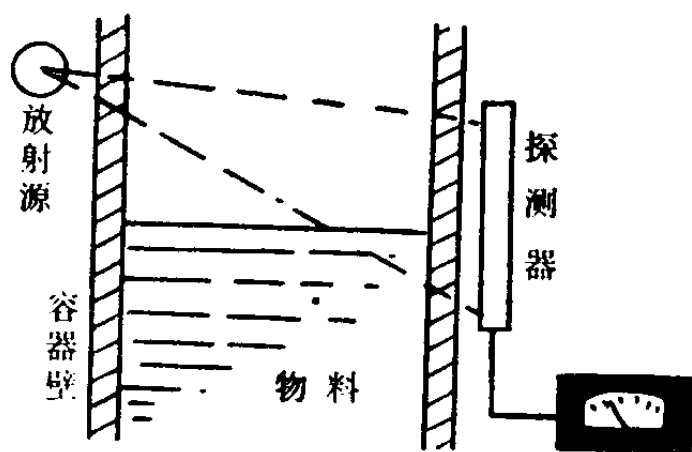


图1.1 γ 射线物位计测量原理

射线的辐射强度就要按一定的规律减弱，物质的密度越大，厚度越厚，则辐射强度减弱得越利害。

利用 γ 射线能够穿透物质，并在物质中减弱的这个特征，即可对物位进行检测。例如将 γ 射线放射源放在容器的一侧，将 γ 射线探测器放在容器的另一侧（图1.1），则探测器处 γ 射线的强度将随容器内物位的变化而变化，此变化量可通过电子线路用仪表进行显示和记录，或经过调节器、执行机构实现物位的自动控制。

二、 γ 射线物位计的组成及类型

1. 组 成

γ 射线物位计主要由以下几部分组成：

(1)放射源

γ 射线物位计所用的放射源，一般为原子反应堆生产的放射性同位素钴-60(^{60}Co)或铯-137(^{137}Cs)。

放射源本身很小，例如物位计常用的钴源，是根直径只有1毫米，长度1—2厘米的钴丝，但是为了对 γ 射线进行防护，需将放射源盛放在铅防护容器中，后者却有几十斤甚至几百斤重。

(2)探测器

探测器或称探头、接收器，是测量 γ 射线强度的专用器件。用于 γ 射线物位计的探测器多数为计数管或闪烁计数器，少数也有用电离室的。计数管探测器、价格低廉，线路简单，使用方便，然而探测效率较低；闪烁计数器的探测效率比计数管高得多，而价格也比计数管贵得多。

(3) 转换器

由探测器输出的电讯号经电缆传送至转换器，将脉冲讯号转变为直流讯号、触点讯号或标准讯号（0—10mV, 0—10mA或4—20mA）。

(4) 显示仪表

转换器输出的直流讯号配以电表指示即构成 γ 射线物位计的指示仪表；输出的触点讯号通过中间继电器可进行物位越限指示、报警和控制；转换器输出为标准讯号时，则可选配常规仪表进行物位显示、记录或调节。

探测器有时和转换器连在一起，但是多数是和转换器分开并隔有一些距离，转换器和指示仪表则往往合为一体。在转换器与显示仪表分开的时候，转换器与探测器之间常常相距不远，而显示仪表则安装在距探测器较远的地方，如生产操作岗位或仪表集中控制室。

图1.2是 UFK-212 型 γ 料位控制器实物照片。

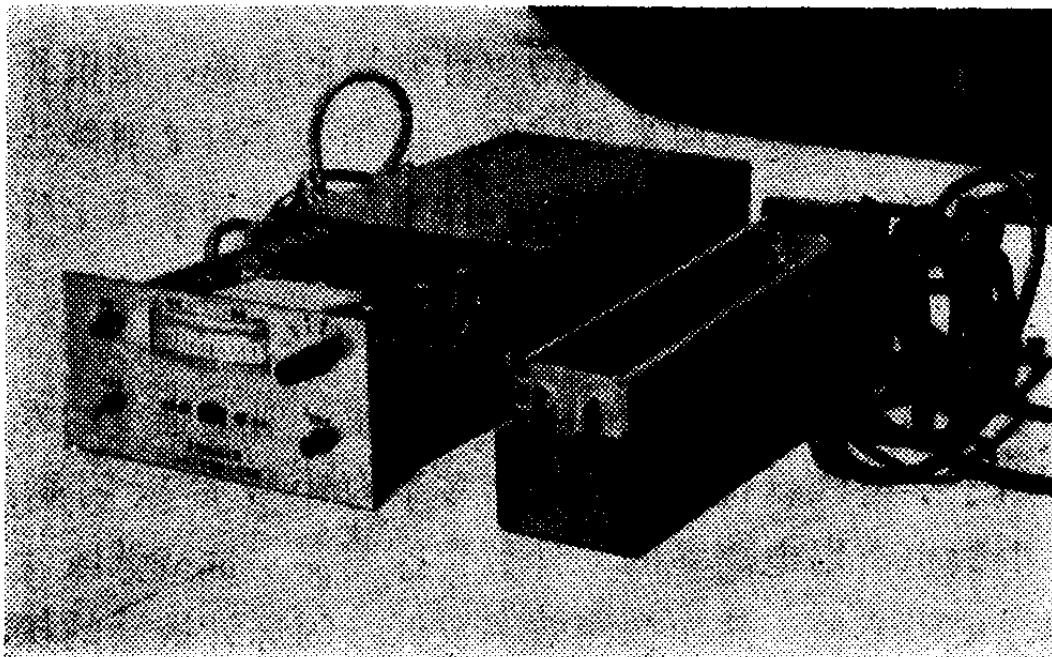


图1.2 γ 料位控制器

2. 类 型

γ 射线物位计根据测量的性能可分为定点监测型和连续测量型两大类。

(1) 定点监测型 (继电器型)

如图 1.3 所示, 放射源和探测器放在某一定点的水平位置上, 当物位低于定点位置时, 探测器接收到较强的 γ 射线,

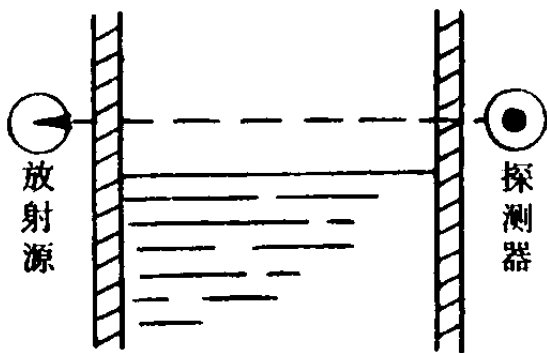


图1.3 γ 继电器工作原理图

当物位高于定点位置时, 由于物料对 γ 射线的吸收, 使探测器接收到的 γ 射线辐射强度急剧下降。这样, γ 射线辐射强度明显变化的两种状态, 对应于物位在定点上下的两个位置。因此, 定点监测型 γ 射线物位

计也叫二位式 γ 射线物位计。在实际应用中, 往往通过电子线路, 把这两种状态跟继电器触点的断开或吸合对应起来, 所以又常称作继电器型 γ 射线物位计, 简称 γ 继电器。

由于 γ 继电器具有原理、线路、安装均较简单, 所需放射源强度低, 受被测物性能状态影响较小等优点, 因而被广泛地应用于限位报警和定点控制的场合, 在 γ 射线物位计自动检测与控制的应用中占有很大的比重。

(2) 连续测量型

所谓连续测量型 γ 射线物位计, 就是能够连续显示某一范围内物位变化的 γ 射线物位计。

连续测量型 γ 射线物位计的安装方法很多 (详见第五章

中安装方式图例)：

根据所用放射源的数量、形状可分为单源式安装(图1.4-a),多源式安装(图1.4-b),线源式安装(图1.4-c);

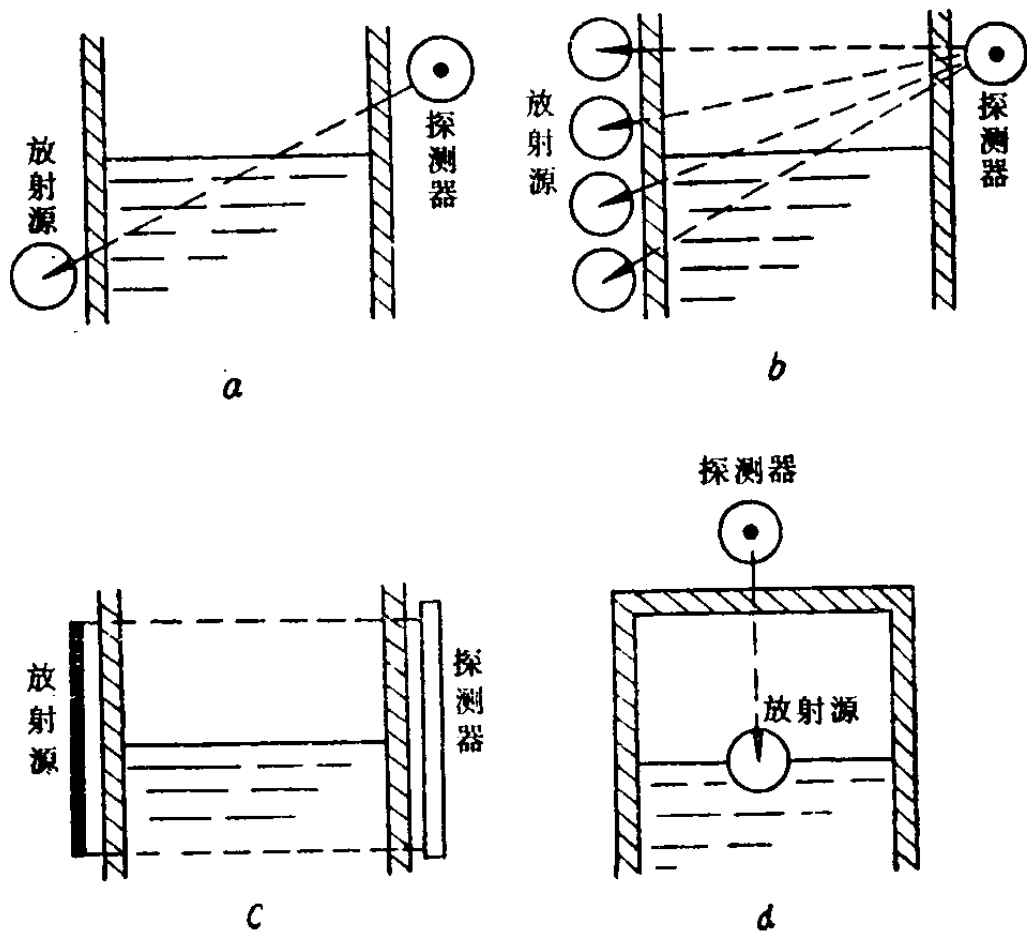


图1.4 连续测量型 γ 物位计安装方式举例

根据探测器的数量和形状可分为单探头式安装(图1.4-a, b),多探头式安装,长棒形探头式安装(图1.4-c);

根据放射源与探测器的相对位置可分为斜式安装(图1.4-a),对穿式安装(图1.1);

如果将放射源或探测器插入设备即成为插入式安装;

要是利用放射源轻而小的特点,将放射源置于浮球内(图1.4-d),则浮球随液面而浮动时,源与探测器间的距离也随之变化,此时 γ 射线辐射强度的变化与距离平方成反比,

由此进行液位测量即成为浮子式 γ 射线液位计。

假如放射源与探测器的安装象图 1.5 那样，类似 γ 继电器式的安装，但使物位处于探测器的中间位置时转换器的输出

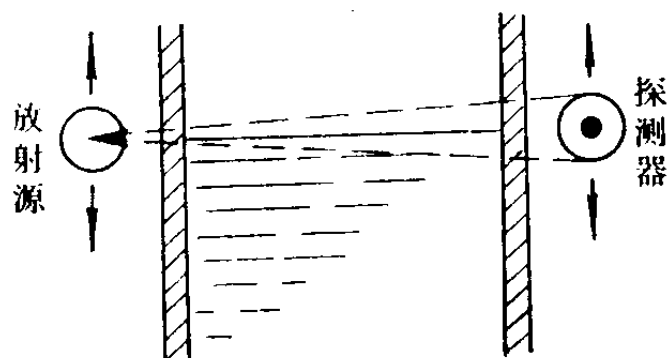


图1.5 随动式 γ 射线物位计

为一基准电压所平衡，当物位高于或低于中间位置时，平衡皆被破坏。不平衡讯号通过伺服放大机构同步驱动放射源和探测器作上下移动，直

到达到新的平衡为止。因此放射源和探测器的实际位置随物位的变动而变动，这就是随动式（或称跟踪式） γ 射线物位计。

随动式物位计所需放射源源强较弱，而且测量范围很大，但是不管随动的方式是自动的还是手动的，均需一套机械的随动装置，致使物位计结构复杂，安装不便。

不同的设备，不同的介质，不同的测量要求，决定了连续型 γ 射线物位计的不同安装方式及测量参数，所以，对于具体情况要作具体分析，才能选择合适的测量参数，确定合理的安装方式。

三、应 用

1. 应用概况

目前， γ 射线物位计已在各部门得到广泛的应用，在各工业部门的应用情况及实例见表1.1和表1.2。

表 1.1 γ 射线物位计在各工业部门的应用

工业部门	应 用 场 合
化学和石油工业	合成塔、分馏塔、蒸发塔、洗涤塔、分离器、反应器、油库、贮槽、贮罐等设备内各种液体、固体、浆体、悬浮体、散粒物、液化气体等的物位 (如甲醇、甲胺、硫酸、二氧化硫、丙烷、丁烷、沥青、煤、焦炭、石炭、易爆物质、塑料、催化剂等的物位) 各种瓶、罐、包、袋中盛装物的物位
橡胶工业	胶液贮槽的液位 贮仓中粉末物料的料位
纺织工业	汽蒸容布箱的布量 化学反应器中的物位
造纸工业	蒸煮塔、反应器、集装箱中木屑和纸浆的物位 漂白塔中的液氯的液位
食品工业	瓶、罐头中的汤、肉类、咖啡、啤酒、乳制品、饼干等物位 贮槽、料仓、反应器中，糖、化学产品、粮食、甜菜等的物位 精炼糖时，石灰石焙烧窑中石灰石和焦炭的物位

续表

工业部门	应用场合
建筑材料工业	砖、石膏、水泥料浆等的物位 石灰石、水泥和沙子的悬浮体的物位 熔融玻璃的物位
冶金工业	化铁炉、鼓风机中炉料料位 结晶器中钢水的液位 洗涤塔中矿泥的物位 矿粉收集器中矿粉的物位 破碎机、皮带运输机、矿仓、贮槽、料斗、货车中矿石、焦炭、石灰石和其它散粒材料的料位
采矿和采煤工业	选矿厂中水、矿泥、矿浆的物位 破碎机、球磨机、筛选机、运载设备、矿仓、贮槽、料斗、货车中矿石、煤、石灰石和其他散粒材料的料位
机器制造工业	贮槽中制模用砂的料位 容器中颜料的物位 化铁炉中炉料料位 水压油压设备中，贮液槽内高压液体的液位

表 1.2 γ 物位计应用实例（按测量对象的特性分类）

测 量 对 象	举 例
易燃、易爆，强 腐蚀、有毒物料	农药厂制造三氯化磷的反应器中的物位 液氯贮槽内的液位 机场贮油罐内汽油的液位 锦纶和涤纶生产中后缩聚釜内液位
高粘度物料或高 压、高温容器内 物料	聚乙烯生产中高压分离器和低压分离器内的液位 化纤粘胶脱泡桶内的液位 合成氨冷凝塔、分离器中液氨的液位 合成氨洗涤塔中碱液或醋酸铜氨液的液位 尿素合成塔中液位 尿素CO ₂ 汽提塔中液位 甲醇分离器中甲醇液位 热渣油分离筒中油的液位 灭火器中CO ₂ 压缩液体的液位 糠醛水解锅内的物位 造纸厂蒸煮塔内的物位 酒精厂蒸煮塔内的物位 炼油厂蒸发塔内渣油的液位
熔融物料	连续浇铸中液态金属的液位 玻璃熔炉内熔融玻璃的液位

测 量 对 象	举 例
无定形物料	高炉、化铁炉内的料位 炼油厂焦炭塔内焦炭的料位 铁矿上石灰石破碎机贮料槽内的料位
粉末物料	轻质硬脂酸盐、洗涤粉等自动包装设备配料箱内料位 水泥立窑排料口处料位
比重不同的二种 不同介质的分界面	炼油厂水洗分离器内汽油和水的分界面

2. 实 例 简 介

(1) 化铁炉料位控制

某厂炼铁车间化铁炉，回炉冶炼各厂金属削屑下脚和废铁，为保证炉温并使其稳定，要求炉内料面维持一定的高度。过去该厂对化铁炉的料位控制，长期以来由工人凭经验用眼睛观察，或用铁棒伸进炉内探查料面。这样，不仅准确度低，而且劳动条件很差，容易发生工伤事故，生产也不稳定。后来采用了继电器型 γ 射线物位计，对三种炉料——焦炭、铁屑（金属切削下脚）和铁刨花，作非接触式料位检测与控制。当物位计发出加料讯号时，就将以上原料依次称好，加进炉内。

三种原料由输送机送来，用卷扬机加料。每种原料的加

料需经历如下五个步骤：开门延时，下料延时，加料机上升，炉口延时，加料机下降。这些步骤都由 BXF-25 步进选线器担当程序分配，顺序接通各交流接触器启动电机和下料门电磁铁，对全过程作程序控制。

自从采用 γ 射线物位计自动配料加料后，下料均匀，生产稳定，节约焦炭、钢材，炉令延长，事故减少，不但改善了劳动条件而且大大提高了劳动生产率。图 1.6 为化铁炉料位控制的现场实物照片。

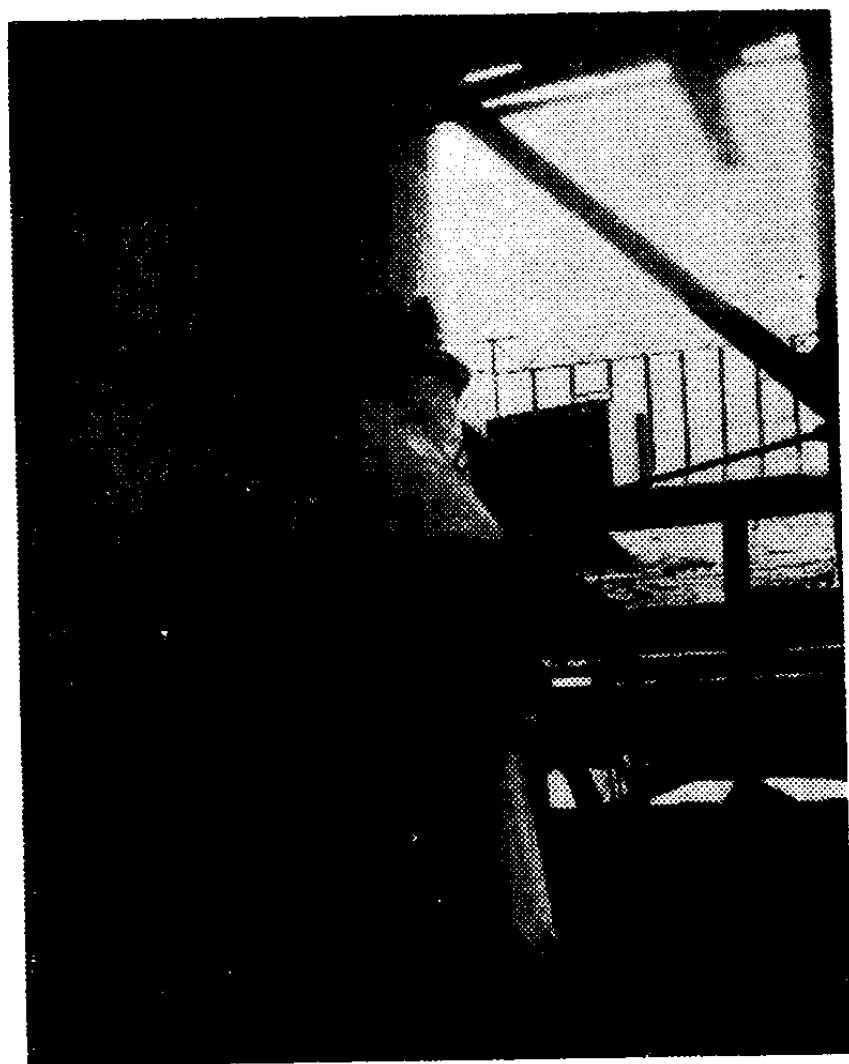


图1.6 化铁炉料位控制

(2) 轻质物料自动定量包装