

第八章 拣选设备

- ◆ 拣选及设备概述
- ◆ 光电拣选设备
- ◆ 放射拣选设备
- ◆ X射线拣选设备
- ◆ 无线电磁波拣选设备
- ◆ γ 射线拣选设备

8.1 拣选及设备概述

■**基本原理**：利用矿石和废石之间的物理特性(如颜色、光泽、形状、有价元素种类及含量等)差异，依靠矿石受无线电波、红外线、可见光、紫外线、X-射线、 γ -射线等照射后，产生的不同反应进行分选。

■**应用条件**：矿石能否采用拣选方法，取决于矿石特性（即：矿石中有用组分分布的不均匀性、矿石的粒度组成特性、分选特征与矿石中有用组分的相关程度等）。

■**应用情况**：对含有有色、黑色、稀有、放射性、贵金属元素的矿石，以及非金属矿和建材原料等，拣选已得到了广泛的应用。

■**拣选设备**：不同种类拣选机原理和结构上虽有一定差异，但系统组成基本相似，包括：给料系统、照射及探测系统、信息处理系统和分选执行系统，以及给料仓、传动机构、框架和空气压缩机等附属部件等。

拣选主要方法分类

类别	辐射种类	波长范围 $\times 10^{-9} \text{ m}$	拣选法名称	所利用的特性	应用范围
1	γ - 射线	$< 10^{-2}$	放射性分选法 γ 吸收法 γ 散射法 γ 荧光法 γ 中子法	天然 γ 放射性 通过矿块的 γ 强度 散射的 γ 强度 荧光强度 中子辐射密度	铀、钍矿石及与其伴生的 有用元素 铁、铬、煤等矿石 铬、铁、镍、铜、锌等矿 石 锡、钨、钼等矿石铍矿石 等
2	中子流	$10^{-2} \sim 10^{-1}$	中子吸收法	通过矿块的中子强度	硼矿石等
3	X - 射线	$5 \times 10^{-2} \sim 10$	X 荧光法 X 吸收法	荧光强度 通过矿块的 X - 射线	金刚石等 煤、铁矿石等
4	紫外线	$(1.0 \sim 3.8) \times 10^2$	紫外荧光法	荧光强度	白钨矿、萤石等
5	可见光	$(3.8 \sim 7.6) \times 10^2$	光电法 光吸收法	漫反射光强度通过矿块的 光强度	钨矿、含金矿石、菱镁矿 等
6	红外线	$7.6 \times 10^2 \sim 10^4$	红外法	发射的红外线	透明矿石 石棉矿等
7	无线电波	$10^5 \sim 10^{14}$	电感或电容无线 电谐振法 (电导磁性法)	电磁场能量的变化量	铜、镍、铅、锌的重金属 氧化矿及硫化矿石

基于传感器的矿石拣选检测技术及应用

检测类型	缩写	矿物特性	适用矿物
放射性	RM	自然伽马辐射	铀、贵金属
X射线透射	XRT	X射线衰减系数	贱金属、贵金属、煤炭、钻石等
X射线荧光	XRF	元素组成	贱金属、贵金属
X射线发光	XRL	X射线下的可见光	钻石
可见光	VIS	可见光辐射的反射/吸收	金属、工业矿物、宝石
色选	COLOR	颜色、反射、亮度、透明度	贱金属、贵金属、工业矿物、宝石
亮度	PM	单色反射、吸收	工业矿物、宝石
近红外	NIR	近红外反射/近红外辐射吸收	贱金属、工业矿物
热红外	TIR	微波激发和热红外检测	贱金属、贵金属
激光三角测量	3D	壳体检测（形状和形式）	贱金属、贵金属、 黑色金属
快速伽马中子活化分析	PGNAA	快速伽玛射线的吸收和释放	黑色金属
激光诱导击穿光谱	LIBS	物质蒸发	工业矿物

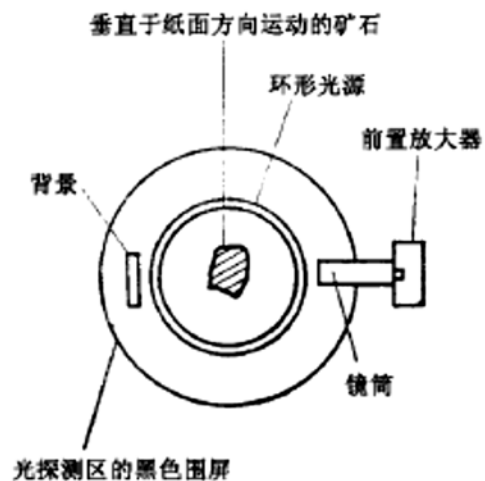
8. 2光电拣选设备

■**原理**：利用矿物反射、透射或折射可见光能力的差别而将矿石和废石分开的一种拣选方法。可见光是波长为380-760毫微米的电磁波。矿物的漫反射、颜色、透明度、半透明度等光学性质，均可用来进行光电拣选。其中利用最广泛的光学性质是漫反射。

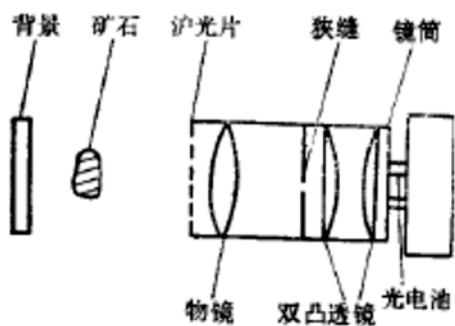
■**可选性**：评价矿物能否按漫反射差别进行光电拣选，主要依据矿物的反射率大小。通常两种矿物的反射率差值大于5-10%即可进行光电拣选。

■**主要设备**：生产中使用的光电拣选机主要有1011M型光电、CGX-1型磁光和M16型激光拣选机等

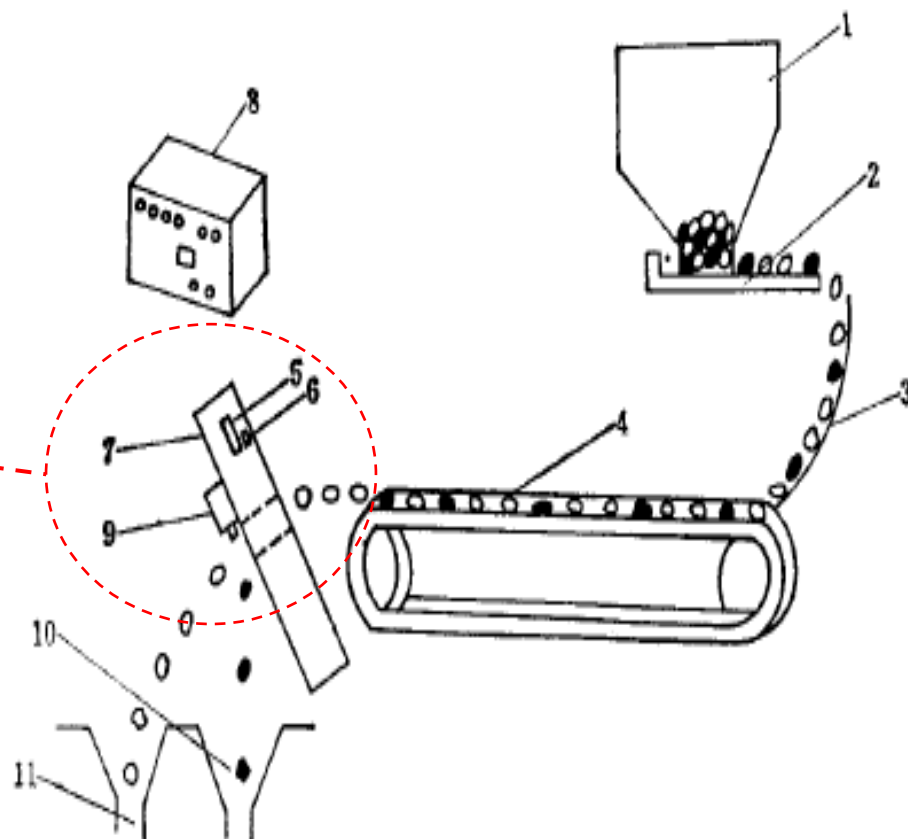
(1) 1011M型光电拣选机



光探测系统



镜筒



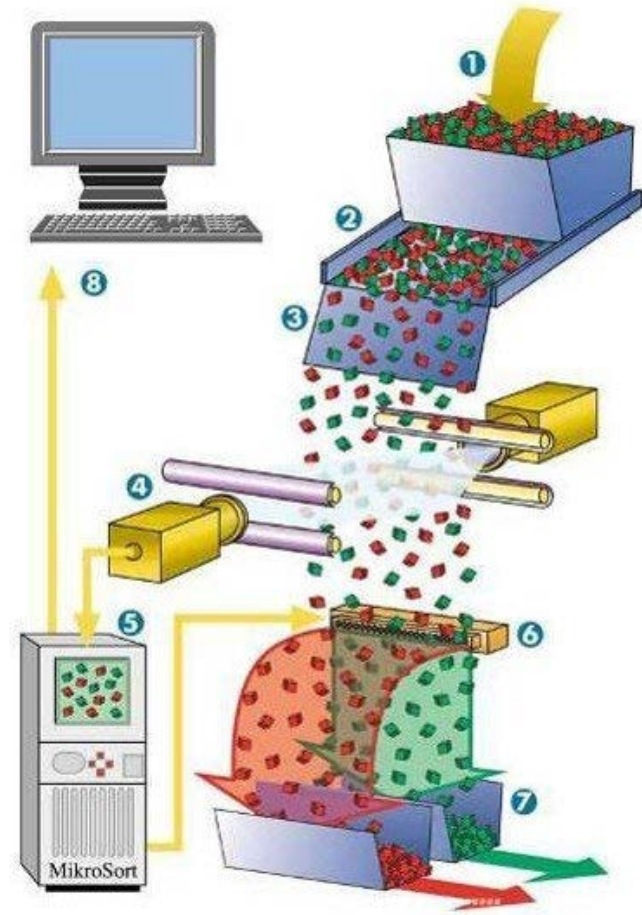
1-料仓；2-电振给料机；3-弧形导槽；4-皮带；5、6、7-光源系统；8-信号处理装置；9-喷气阀；10-精矿；11-尾矿

分选过程：

矿石由矿斗**1**给入电磁振动给料机**2**上，随后矿石沿弧形导槽**3**下溜到V形快速（ 2.5m/s ）皮带**4**上，并被抛入装有光电池**5**及背景**6**和光源的光箱**7**内，当矿块沿抛物线轨迹通过光探测区时，若其反射率与背景的反射率不同，光探测系统就会发出一个幅度大小与反射率差值大小有关的电信号，当信号超过预先调定的电子仪器**8**的甄别水平时，即导通电磁阀，启动气阀**9**而喷出压缩空气，使符合要求的矿石偏离自然运行轨迹，落入精矿漏斗**10**内，不符合要求的矿石则落入尾矿漏斗**11**内，从而将两种矿石分开。

(2) MSort系列光电色选机

由德国摩根森公司开发。摩根森MSort光选机通过物料的颜色、形状或尺寸进行精确识别和分选。主要由给料系统、均匀化物料分布及输送系统、物料光学探测系统、图像处理系统、高压气体喷射系统等主要部分组成。

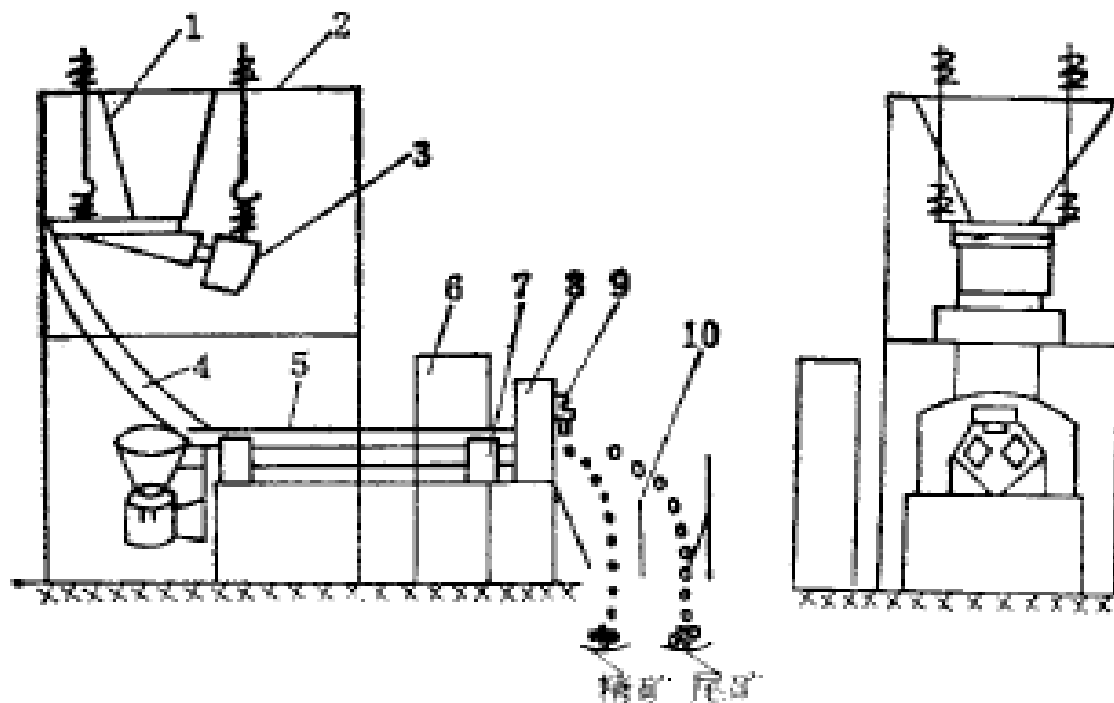


- 1-料仓；2-输送带；3-布料板；4-摄像机；5-图形处理系统；6-高压气体喷射装置；7-产品料仓；
8-计算机网络控制系统

特点：与传统光电分选机相比，摩根森MSort系列色选机通过采用特定的软件及硬件来解决物料识别问题。根据物料的颜色和亮度、颗粒大小、物料颗粒的长宽比（形状）等进行识别与选别。配合使用高敏度感应的金属传感器技术识别黑色金属和有色金属，以及根据特殊的选别任务需求，采用双面检测的摄像头系统。

(3) CGX-1型磁光拣选机

采用**磁、光两种探头**，在同一台设备上实现磁、光的联合分选。由给矿、探测、控制和分离四个系统组成。



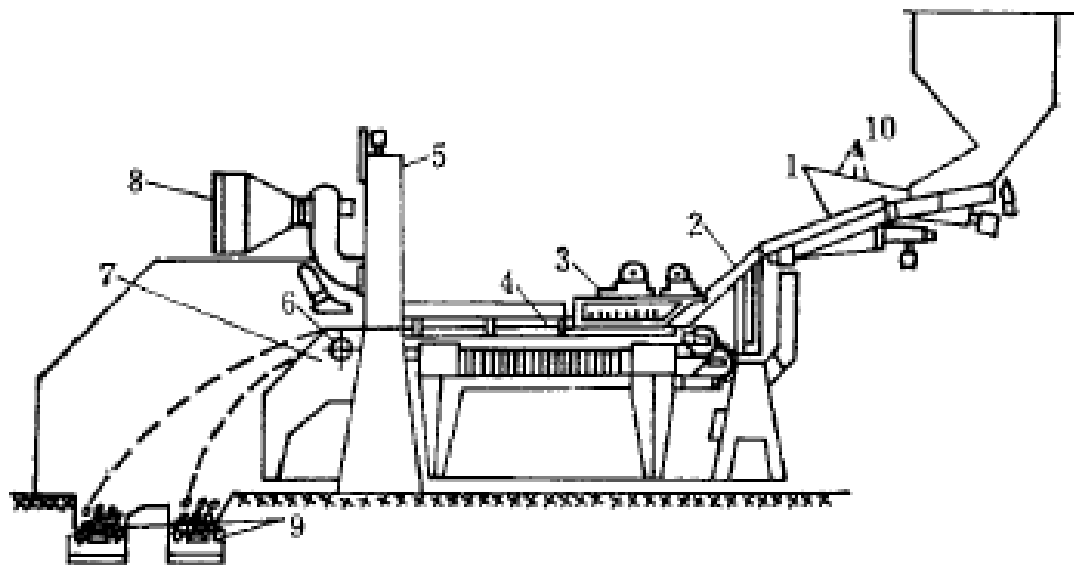
1-矿斗；2-机架；3-电磁振动给料机；4-导槽；5-V 型皮带；6-控制箱
；7-磁探头；8-光箱；9-气阀；10-隔板

分选过程：给矿系统由矿斗、电磁振动给料机、弧形导槽和快速V形皮带组成。该系统的作用主要是保证均匀地给矿，使矿块逐个地经过探测和分离系统。电磁振动给料机把矿斗中的矿块连续均

匀地给入弧形导槽，使矿块获得与V形皮带相近的速度，从而较由两条皮带组成的V形皮带夹角为 90° 。矿块间距被V形皮带拉大成单行排队后逐块通过检测区。矿块经过磁探头时，由于钨矿块具有弱磁性，被磁化并将磁信号转换成电信号传送给电子控制系统。大部分围岩由于磁性很弱，电信号很微小，从而将钨矿块与废石分开。当矿块逐个通过光探测区时，根据白色石英和灰色废石反射率的差别，通过相应的电子线路转换成电信号，启动电磁喷气阀将白色石英和灰色废石分开。

(4) M16型激光拣选机

给矿系统由料仓、电磁振动给矿机、滑槽、稳定器和分选皮带组成。滑槽下端安装的加速辊与稳定器相配合，可使从滑槽溜下的矿块与皮带速度同步，快速平稳地通过扫描区。探测系统由激光光源、旋转多面镜及光电倍增管组成。



1-给矿机；2-滑槽；3-稳定器；4-分选皮带；5-激光扫描箱；
6-电磁气阀；7-喷射气管装置；8-压风机；9-产品运输机；10-喷水管

分选过程：激光束射到前进的矿石上，由矿石表面反射的部分光束返转换为电信号。电子信息处理系统根据光电倍增管输入的电信号，确定矿石的粒度、矿石在皮带上的位置及矿石的表面光学特性，并将所得光学特性与给定的预定值进行对比，以确定对每块矿石的取舍。同时对主皮带的速度进行监控。当信息处理系统确定某一矿块为所需要的矿石，即在矿块到达喷嘴时发出电信号，启动相应的一个或几个电磁气阀，将该矿石吹离正常运动轨迹，就可以将矿石和废石分开。

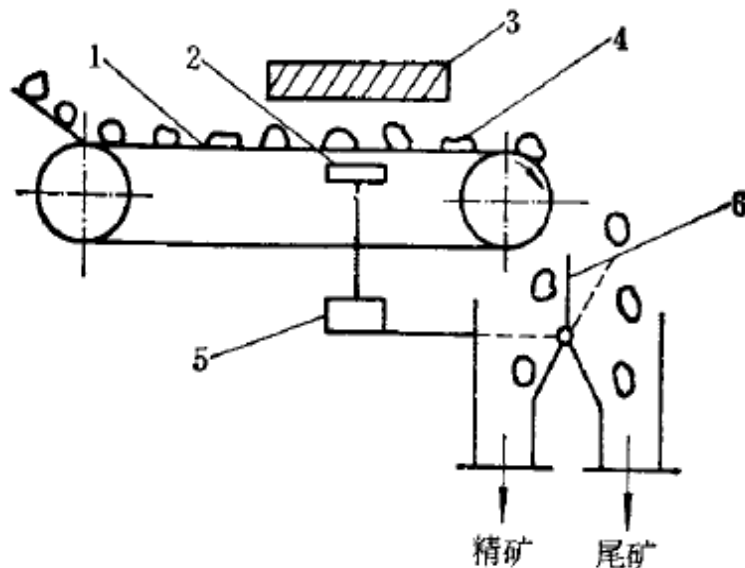
8.3 放射拣选设备

基本原理

放射性拣选法的对象是铀（钍）矿石，根据铀（钍）矿石的天然放射性而将铀（钍）矿石和废石分开。铀（钍）矿石中的 γ -射线有很强的穿透能力，当铀（钍）矿块经过闪烁晶体探测器时，与晶体配套的光电倍增管就产生脉冲信号，光电倍增电路所得的脉冲数的多少与矿块中的 γ -射线活度成正比，根据矿块单位重量的 γ -射线活度，可判断出矿块的铀（钍）品位的高低，从而将矿石和废石分开。

(1) 皮带型放射拣选机

皮带运输机1的皮带下安装放射性探测器2，探测器上面有铅屏蔽3，矿块4运行至探测区后，探测器将 γ -射线活度讯号送至信息处理仪器5，如该矿块的射线活度高于预定的水平，则仪器使挡板6偏转，矿块掉入精矿槽，否则挡板不动作，矿块掉入尾矿槽。

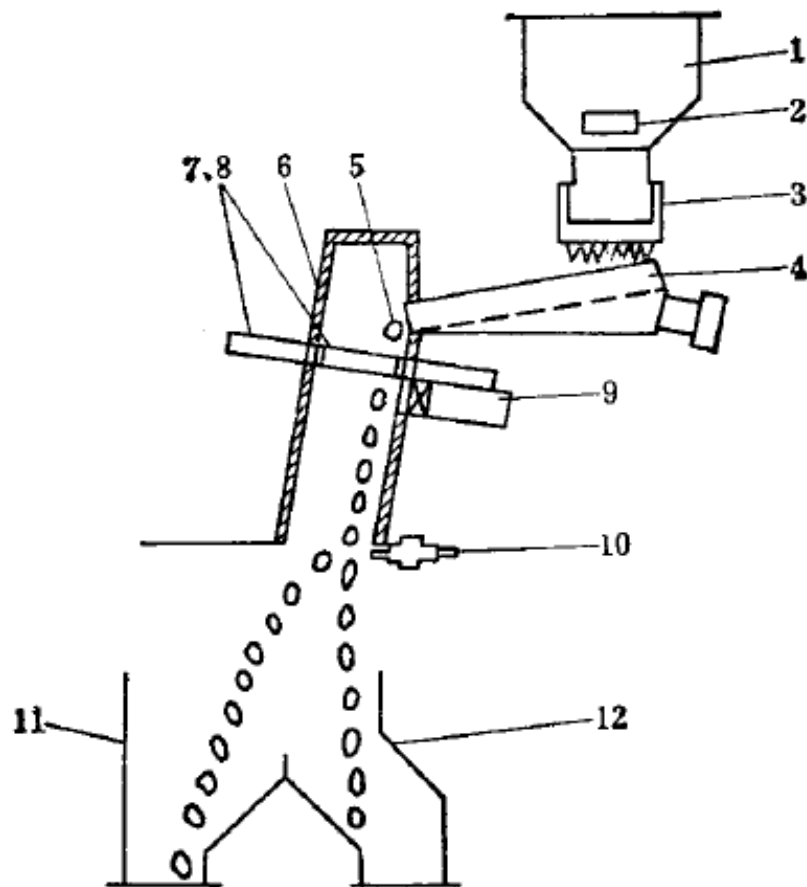


1-皮带机；2-放射探测器；3-屏蔽板；4-矿石；5-信息处理器；6-分矿板

特点：

- （1）根据矿石中铀（镭）的总放射性进行分选，没有测量矿块重量的装置，因此要求入选矿块重量相近，这就要求将矿石进行筛分分级，筛比取1.5左右，对于200-25mm的矿石，可筛分成4-5个级别。
- （2）设备处理能力因处理矿石粒度、皮带运行速度、皮带宽度及槽道数的不同而不同。
- （3）此类拣选机的机械、仪表和执行装置简单，成本低、维修方便，但处理量较小，灵敏度低。

(2) 201型放射拣选机



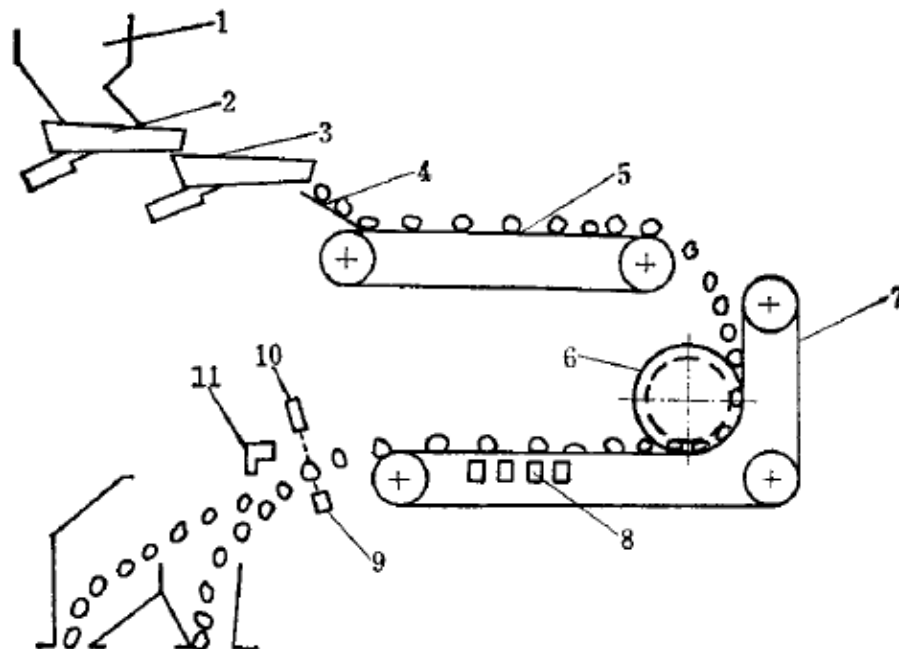
1-料仓；2-仓壁振动器；3-平板振动给料机；4-V型振动槽；5-矿石；6-屏蔽罩；7、8-光探测器；9-闪烁探测器；10-喷气阀；11、12-料斗

分选过程

经粗碎和筛分后的250-50mm矿石，首先进入料仓1，在仓壁振动器2的作用下，矿石进入平板式振动给料机3，给料机底板末端做成齿状以筛除碎矿。然后矿石落入V形振动槽4中，当矿块5离开V形槽后，受V形槽的水平速度（0.5m/s）和重力加速度的共同作用，沿抛物线轨迹自由下落，进入铅屏蔽6内的探测区。在探测区内首先进行矿块粒度探测。探测区上部有两组互相垂直在同一平面的光探测器7、8，矿块经过光源时，在其对面的光电管即输出与矿块挡光面积及持续时间成正比的讯号。当矿块继续下落到放射性探测区，闪烁探测器9即输出与矿块放射性活度（矿块中铀含量）成正比的讯号。两个讯号送入信息处理仪，经与给定值比较，确定喷气阀10是否打开及开启的延续时间，受压缩空气吹动的矿块掉入漏斗11，其余矿石按自由下落轨迹掉入漏斗12，从而得到精矿、尾矿两个产品。

(3) M17型放射拣选机

采用多探头接力式测量放射性活度，可在处理量不减的情况下增加矿石的测量时间，提高灵敏度。执行分选的装置可根据矿块的大小和位置启动相应的电磁气阀及控制吹气的延续时间，大大节约压缩空气的耗量。拣选机有多个槽道，使处理量成倍增加。同时应用信息处理系统实行多项控制任务，提高拣选机的分选质量



1-料仓；2、3-电振给料机；4-滑板；5-皮带；6-多槽稳定器；7-皮带；8-闪烁探测器；9-光源；10-摄像机；11-喷气阀

8.4 X射线拣选设备

种类：

包括X射线吸收法（XRT）和X射线荧光（XRF）法两种。

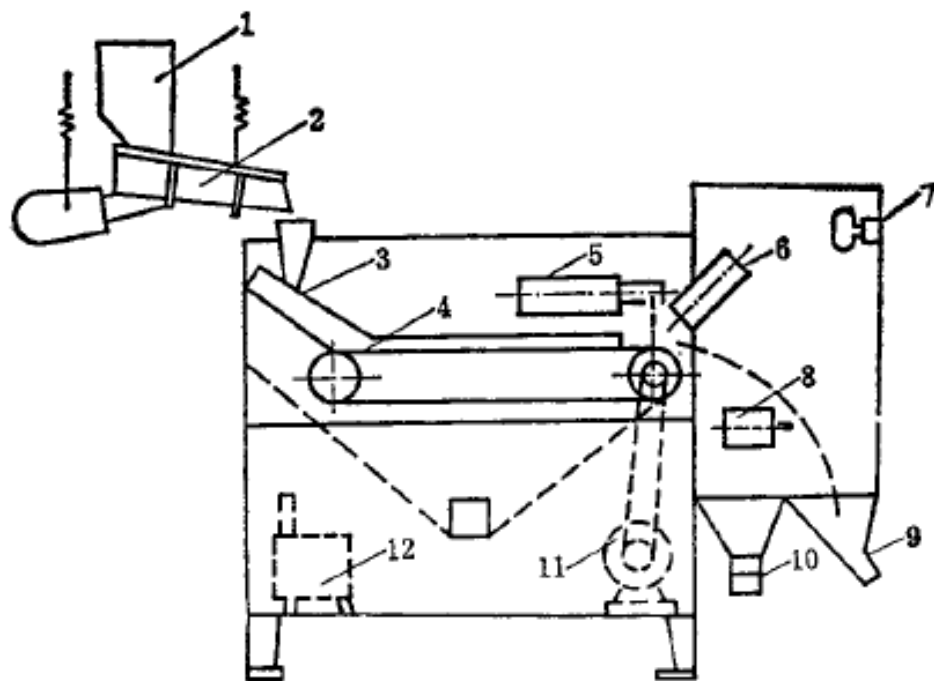
原理：

X射线吸收法是利用矿块和废石块对X射线吸收能力的不同而将其分开的一种拣选方法。

X荧光法则是测量矿石受X射线照射后所发射的荧光不同将矿石和废石分开的方法。

（1）GXJ型金刚石X光拣选机

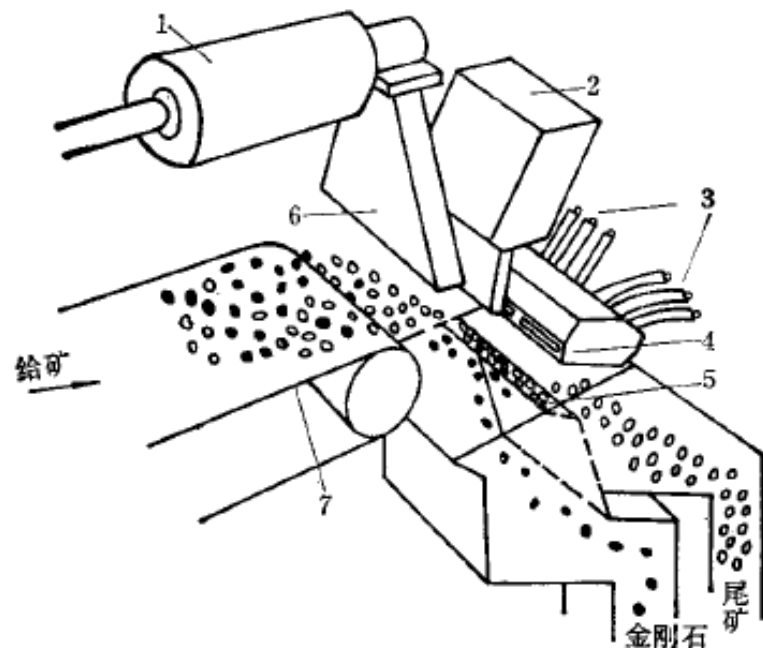
由给矿、探测、信息处理和分离等部分组成。



1-矿仓；2-电振给料机；3-滑槽；4-皮带机；5-X光管；6-光探头；7-照明灯；8-执行机构；9-尾矿漏斗；10-精矿漏斗；11-电动机；12-电源

分选过程：矿斗1中的矿石由电振给料机2经滑槽3给到皮带机4上，通过X光管5照射后，金刚石发出的浅蓝色荧光被光探头6接收，产生的脉冲电流经电子线路放大处理后，启动执行机构7，使金刚石进入精矿漏斗8，废石则进入尾矿漏斗9。

(2) XR系列金刚石X光拣选机

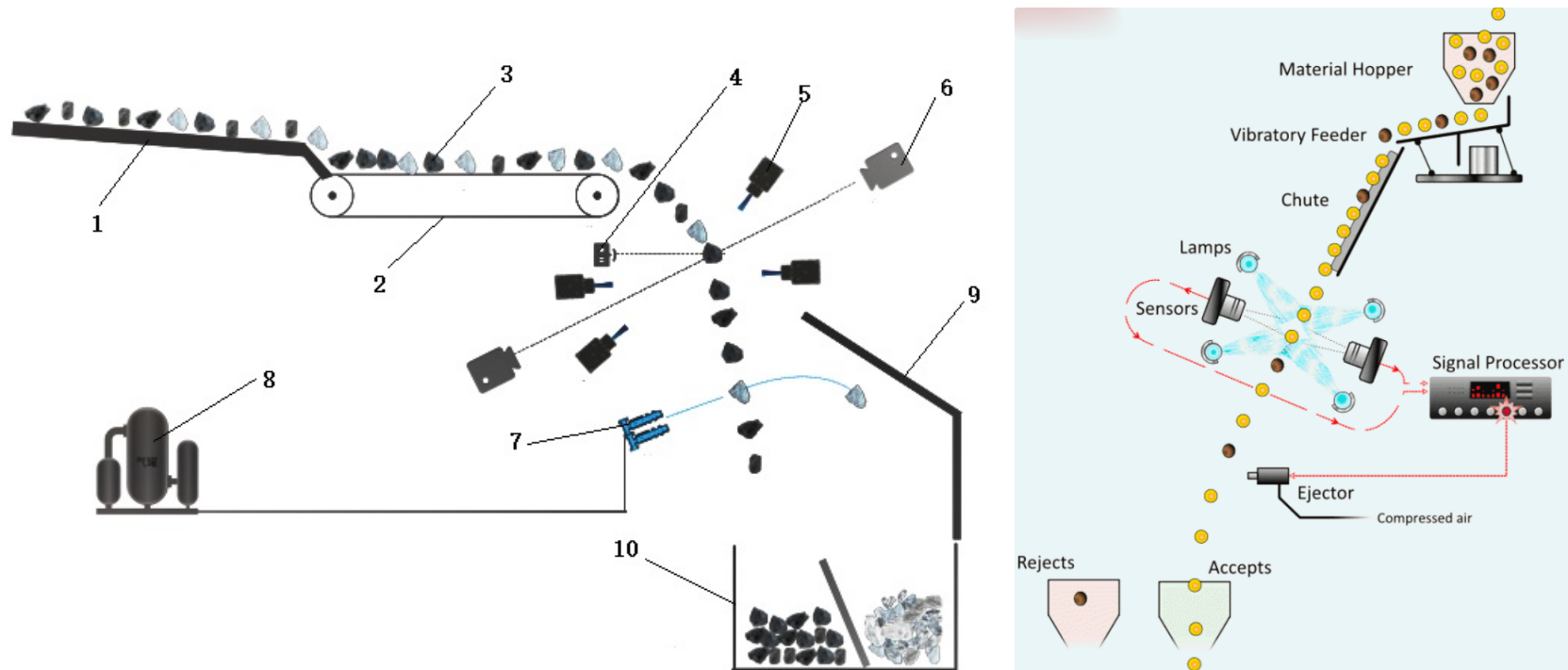


1-射线管；2-光电倍增管；3-喷射气阀；4-喷嘴；5-分矿板；6-射线束导管；7-给矿皮带

入选矿石经筛分分级后，从给料斗落到电振给料机中，当矿石通过除尘气流时，矿石表面的灰尘被吹掉后，矿石落在给料皮带上，当其进入探测区受到X射线照射时，金刚石发出的荧光被光电倍增管接收、放大后，送入相应的电子线路。电子线路导通电磁喷气阀，从而将金刚石拣选出来。

(3) S系列XRT拣选机

赣州好朋友科技有限公司生产的慧眼系列拣选设备，融合了X射线和可见光技术，是一款“多源”矿石智能分选设备。



1-振动给料机；2-皮带；3-矿石；4-X射线传感器；5-光源（4个）；6-相机（2个）；7-喷气阀；8-空气压缩机；9-拦矿板；10-矿仓

特点：

(1) 采用高清双面反射成像和X射线透射成像自由组合的探测方式，可根据不同矿石物理特性定制成像方案，同时采集矿物内部信息和矿物表面颜色纹理信息，结合人工智能学习算法，大幅提升矿石分选精度。

(2) 设备结构采用全新的模块化设计，即振动给料+短皮带+自由落体结构，大大简化了机械复杂度和设备尺寸，减少了设备维护难度和安装占地面积。

(3) 设备可按模块（组）自由拼接，实现不同给料皮带宽度（1600mm、3200mm）的匹配，处理能力达40-200t/h（处理粒级10mm-60mm）。

(4) 各模块（组）通过软件统一控制和状态监测，减少了人工操作成本。

(5) 高清双面反射成像原理，大幅减少了泥沙等杂质对分选效果的影响，捕获矿石信息无死角，成像精度高。

8.5 无线电磁波拣选设备

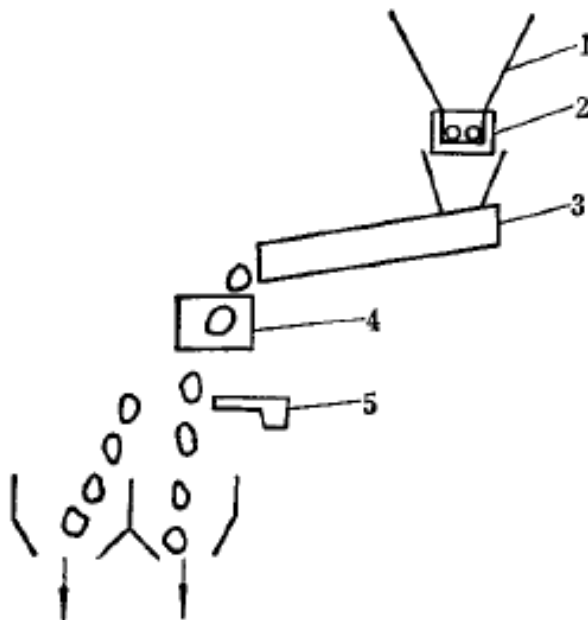
基本原理：将矿块置于一个产生无线电波的电磁场后，电磁场与矿块相互作用，由于矿块的电性和磁性不同，其作用也不同。如矿块为导体，则矿块中产生感应电流，如为介电质，则矿块产生极化作用。矿石的电性和磁性能使振荡电路的参数（如电流和电压的相位、振幅和频率）发生变化，因此根据电路中参数值的变化而将矿石和废石分开。该方法称为无线电谐振分选法，也称为电导-磁性法。

主要结构：在无线电谐振法（电导-磁性法）的拣选机中，其产生交变电磁场的部件（线圈或电容器）可以同时就是探测电磁场变化的部件；也可以有两个部件，一个用于产生电磁场，另一个用于探测电磁场的变化。

用途：无线电谐振法适用于多种有色金属、黑色金属、稀有金属及煤的分选。该分选法的灵敏度也较高，在分选铜、镍、铅、锌等重金属氧化矿及硫化矿石时，得到了较好的结果。

(1) GFJ-3型拣选机

利用每秒40-100千周的电磁波成功地进行了金伯利岩和废石的分选。含金刚石的母岩—金伯利岩的磁性，数倍于围岩（蛇纹石化碎裂岩、片麻岩等）的磁性。在探测区内，金伯利岩与围岩使电磁场所产生的讯号有较大的差别，可以用来进行分选。

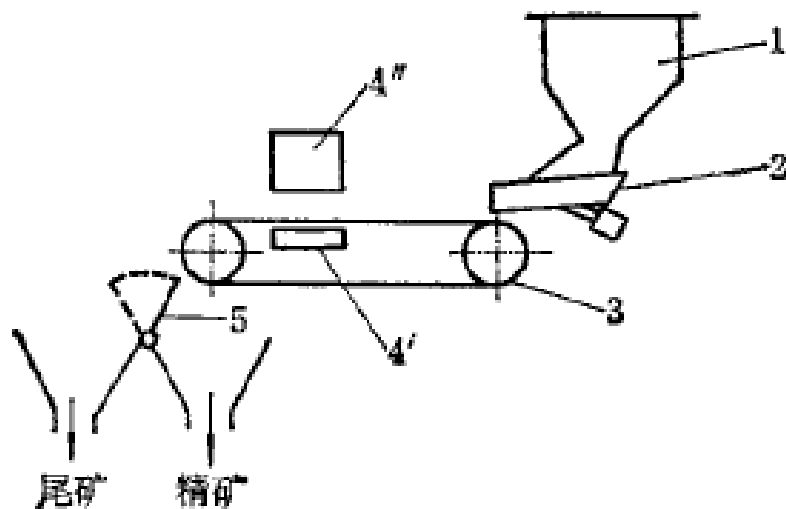


1-矿仓；2-电振给料机；3-对辊机；4-自感式空心探测器；5-喷气阀

分选过程：原矿经粗碎和筛分后，从矿仓1由电振给料机2经料斗给到对辊给矿机3中，对辊给矿机3由两个直径为295mm、长1750mm的辊筒组成。两辊筒以一定的倾角，彼此平行地安装在机架上，同速向外旋转。给矿机象一个倾斜的V形槽，矿石在V形槽内的运行速度受辊筒速度的影响。矿石离开双辊给矿机后，进入自感式空心探测器4，在探测区的交变电磁场内，不同磁性的矿石导致探测器输出大小不同的讯号，经信息处理仪与预定的讯号进行比较后，如确定为精矿，则由电磁喷气阀5，将其吹离正常运行轨迹，从而将入选矿石分成精、尾矿两个产品。

(2) 自然铜矿石拣选机

利用金属含量较高的矿石（如自然铜及含铜、铁等的矿石）和围岩的导电性或磁性的不同，在电磁场内产生的讯号也不同这一特点进行分选。



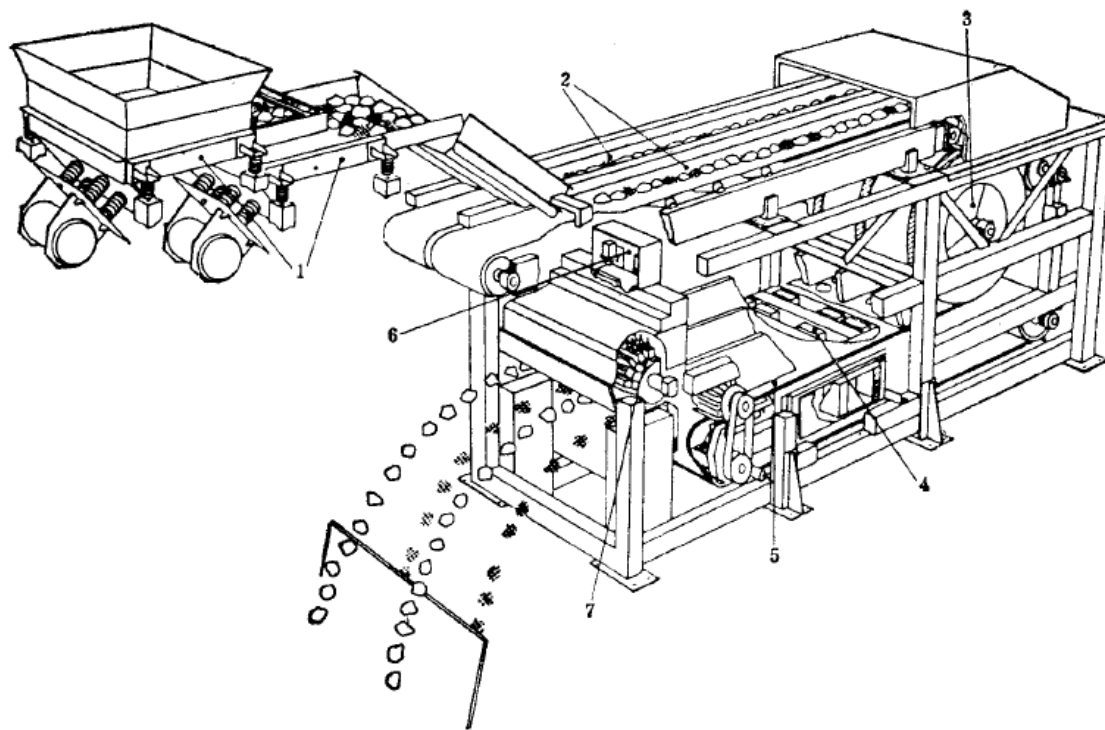
1-矿仓；2-电振给料机；3-皮带；4-探测器；5-挡板

分选过程：原矿经粗碎和筛分后，给入矿仓1，矿石经电振给矿机2给到皮带3上。给矿机出口呈尖缩状，以利于矿块排成单列。矿石在速度为0.46m/s的皮带上运行，并通过探测器4。探测器由两个平面线圈组成（即4'和4"），4'置于皮带下，用于发射频率为125千周的无线电波，4"垂直立于皮带一侧，用于探测。根据在探测区内的矿块特性，探测器给出反映矿块金属含量的讯号，如矿块的金属含量超过预调水平，则信息处理系统给出指令，使机械挡板5转动一个角度，矿石排到精矿仓，否则排到尾矿仓。

特点：由于使用机械挡板为执行机构，动作次数仅为4次/s，故处理量很低。如改用电磁气阀，并相应增加给矿速度，处理量将有较大提高。

(3) 电导-磁性拣选机

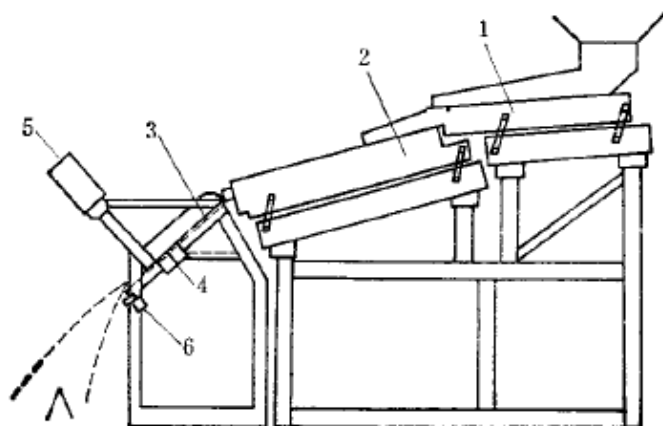
M19型拣选机有几个槽道，每个槽道有几个探测器，可以接力测量，探测效率高，它有测量粒度的装置，故可测出矿块的品位，所以它的灵敏度高，处理量大。



1-给矿机；2-给矿皮带；3-稳定器；4-探测器；5-主皮带；6-光电探测器；7-空气喷阀

分选过程：原矿经粗碎、筛分后，由两级电振给矿机和滑板送到皮带给矿机上。根据矿石粒度，在电振给矿机上，矿石已被分成多条矿石流，在皮带给矿机上，矿石排成几个首尾相接的单列。矿石离开皮带后经多槽稳定器给到主皮带上。通过电导-磁性探测器时，根据发射线圈的电流、电压的相位、振幅及频率变化来确定探测器上矿块的电导率和磁化率，识别矿石和废石。矿块离开主皮带后，在其下落过程中，光电粒度探测器测量矿块的截面积及其位置，并将结果送入信息处理机。信息处理机将矿块中的金属量与粒度相比较，得出矿块金属品位。将此品位与预定值相比较后，即可确定该矿块是精矿还是废石。当其下落至喷嘴前面时，信息处理机就给电磁喷气阀发出指令，启动电磁阀，压力为 $6.5-7 \times 10^5 \text{ Pa}$ 的压缩空气从喷嘴喷出，使矿块偏离正常运行轨迹，这样就与自然下落的矿块分开，得到精、尾矿两个产品。

M27型拣选机是RTZ矿石拣选机公司于1985年研制。



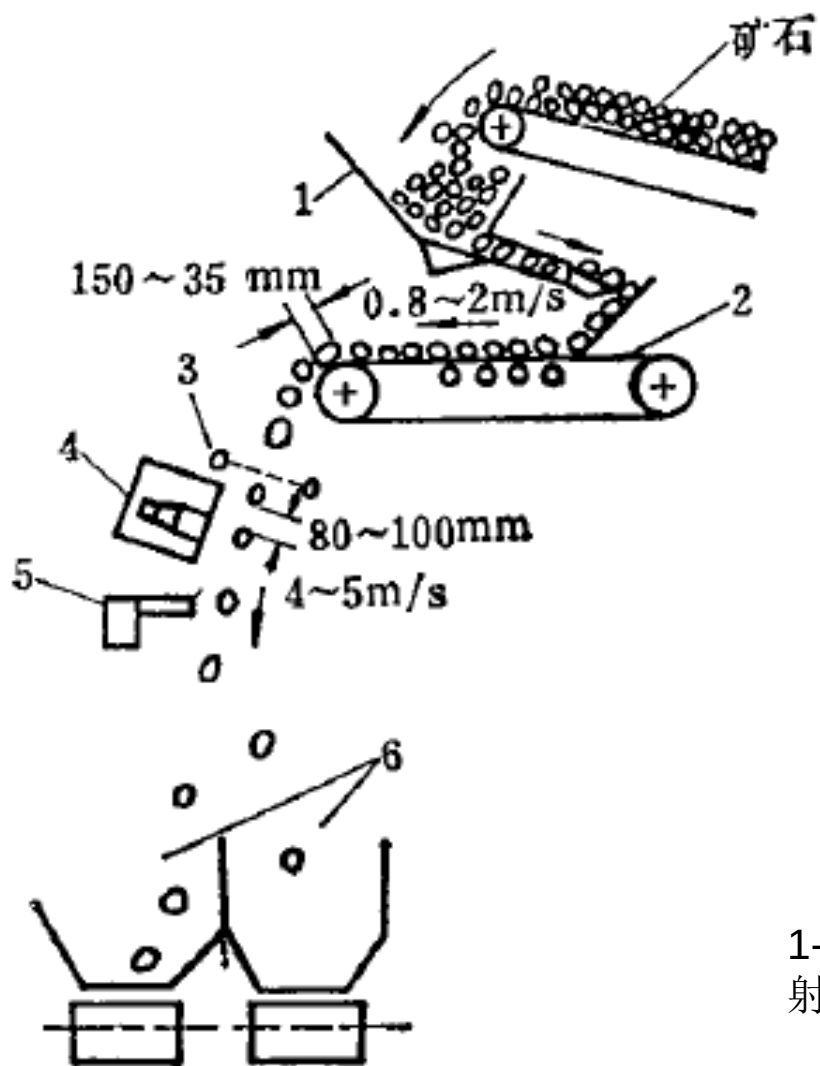
1-电振给料机；2-四槽电振给料机；3-滑板；4-电导-磁性探测器；5-摄像机；6-喷气阀

原矿经粗碎、筛分后，从矿仓经第一级电振给料机1给到第二级四槽电振给料机2，所形成的四条平行矿石流落到滑板3上。由于受重力加速度的作用，矿石间拉开了距离。滑板尾端下侧安装的电导-磁性探测器4对每块矿石的电导-磁性进行探测，然后由固体摄像器5探测矿块的粒度及其在矿石流中的位置。微型电子计算机根据探测器得到的两个讯号，计算出每块矿石的品位，然后与预定的分界品位相比，确定为精矿还是尾矿。电磁喷气阀6将精矿（或尾矿）吹离正常运行轨迹。

8.6 γ 射线拣选设备

(1) Precon型拣选机

由芬兰奥托昆普公司于80年代初期研制成功，采用 γ 散射法进行矿石的拣选。使用了两个不同能量的 γ 照射源，一个源使矿石的散射活度与矿块的重量相关，另一个源使矿石的散射活度与矿块的重量及有效的（加权的）原子序数相关。两个活度相比就得到一个与矿块的粒度和形状无关，而仅与矿块的有效原子序数有关的参数。用这种方法可以成功地将原子序数大的、含重金属元素的矿块与围岩分开。

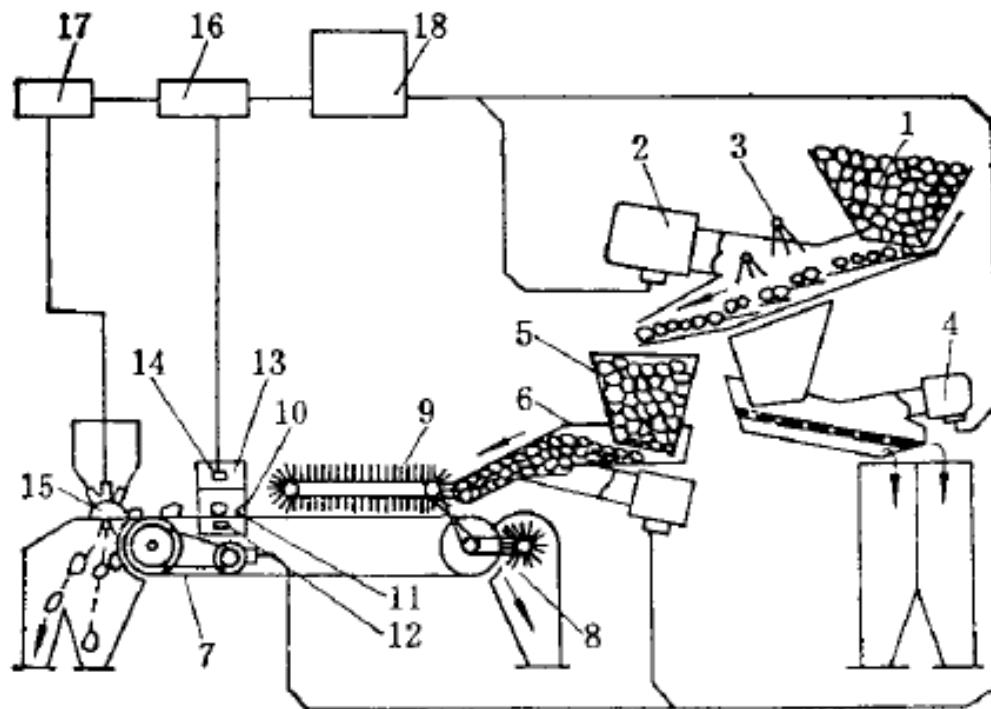


1-电振给料机；2-皮带；3-光源；4- γ 射线探测器；5-喷气阀；6-分选产品

分选过程：经粗碎、筛分的矿石从矿仓给到电振给料机1。给料机将矿石分成两股，分别经滑板给到各自的皮带2上，皮带做成V形以便矿石排成单列。皮带速度为0.8-2.0m/s。矿石离开皮带后以抛物线轨迹下落，并在下落过程中逐渐拉开距离。矿块首先经过光源3，在矿块挡着此光源的一瞬间，光源对面的光电管产生一个电脉冲信号，此信号通知微处理机矿块已进入探测区。在矿块到达 γ 射线探测器4中间时，矿块速度为4-5m/s，矿块间距离约80-100mm。探测区内有两组照射源及一个闪烁探测器，每组照射源由两个不同能量的 γ 射线源组成，能量约分别为60-600千电子伏，矿块受照射后散射的 γ 射线由闪烁探测器探测，探测时间为20-50毫秒。微处理机根据两组照射源的测量结果计算出每个矿块的品位，如所得品位超过微处理机预定的品位，则启动电磁喷气阀5，将矿块吹离正常运行轨迹，从而分选出精、尾矿两个产品6。

(2) Минерал-50Г型拣选机

由前苏联1985年研制成功，利用矿石和废石吸收 γ 射线能力的差别来拣选矿石。



1-矿仓；2-筛分给矿机；3-喷洗水；4-振动筛；5-中间矿仓；6-振动给矿机；7-运输皮带；
8-皮带清洗器；9-稳定装置；10-探测装置；11-射线发射区；12-射线源；13-射线探测区；
14-探测器；15-气动执行机构；16-辐射仪；17-执行机构控制器；18-选机控制箱

分选过程：经粗碎、筛分的矿石从矿仓1给到振动筛分给矿机2，进行洗矿和筛除细粒。筛下产品自流到振动筛4后，分出水 and 矿泥。筛上产品给到中间矿仓5，再给到振动给矿机6。给矿机的底板是阶梯加速式的，矿块移动速度增加，使矿石流的高度逐渐下降，在给矿机的出口处，矿石流已成单层，矿块的运行速度为0.5-1.0m/s。矿块给到800mm宽的运输皮带7上，借助带刷子的皮带稳定装置9，矿块稳定在速度为3m/s的运输皮带上。 γ 射线源12置于皮带下， γ 探测器14置于皮带上方。不同化学成分的矿块通过探测区10所吸收的 γ 射线能量不同，则给出的信号也不同。辐射仪16启动相应的空气喷射阀15，就可分选出精、尾矿两个产品。