

the sample

part of **VERDER**
scientific

最高转速
可达 2000min^{-1}

独一无二的
水冷装置

高能球磨仪

纳米级粉体的研磨和粒度分析

10^{-9}m

10^{-6}m

10^{-3}m



高能球磨仪 E_{max}



行星式球磨仪
PM100



混合型球磨仪
MM400



冷冻混合球磨仪
CRYOMILL



行星式球磨仪
PM400



亲爱的读者、用户和合作伙伴：

“纳米”是最近的热门话题，因为纳米颗粒的产品渐渐成为我们日常生活的一部分。例如，遮光剂、纺织品、药物或油漆类都含有超细颗粒，纳米技术能够改善这些产品的性质。

RETSCH (莱驰) 和 RETSCH TECHNOLOGY (莱驰科技) 一直关注纳米技术! 新的高能球磨仪 E_{max} 最高转速 2000 min⁻¹，革命性的设计使它能在极短的时间将样品研磨至纳米级。“The Sample” 将为您解密高科技的球磨仪，让您了解 RETSCH E_{max} 创新的水冷系统——保证不间断的研磨过程!

RETSCH 的经典仪器行星式球磨仪同样也能用于纳米研磨。除此之外，它还能用于高能机械合金化和胶体磨等应用。

“The Sample”
——为您解说球磨仪秘密。

Yours

Dr. Juergen Pankratz
Director Verder Scientific

目录

高能球磨仪 E_{max} -- 开创颗粒研磨新纪元

04



连接独特水冷系统，转速 2000 转 / 分，在极短时间内将颗粒高效研磨。

行星式球磨仪 -- 经典的粉碎仪器

08



行星式球磨仪输入能量极大，在短时间内将样品研磨至纳米级别，能应用在理化分析前处理、胶体研磨、新型材料和机械合金的制备等方面。

机械合金制备

10

高能球磨仪和行星式球磨仪能够提供合金制备所需的能量。PM400MA 专门应用于机械合金制备。

胶体研磨制备纳米级粉体

12

行星式球磨仪和高能球磨仪适合于进一步精细研磨，为了成功研磨至纳米级，研磨罐和研磨球的选择就十分重要了。

混合型球磨仪 -- 少量样品的“多面手”

14



对于少量样品的快速和高效的均质化，混合型球磨仪是最好的选择。

CRYOMILL-- 冷却研磨

16



Cryomill 能处理那些不能在常温研磨的样品材料，尤其适合韧性、弹性和含有挥发性的材料。

球磨和混合型球磨仪的应用

18

RETSCH 的球磨仪适用于处理各种各样的样品材料。配件选择广泛确保了各种应用需求。

纳米技术：小颗粒的大作用

纳米技术(nanotechnology)，是研究结构尺寸在1纳米至100纳米范围内材料的性质和应用的一种技术。纳米技术研究的内容涉及现代科技的广阔领域，如材料科学、制药学、食品、颜料或半导体技术。纳米粒子体积小，表面增大，物质的性能就会发生突变，出现特殊性能如，相比大颗粒，纳米颗粒更难粉碎；纳米效应还广泛用于商业应用，如著名的纳米材料莲花效应，这种纳米颗粒放到纤维中，能做成防尘防水的布料。

NANO

纳米粒子是如何产生的？“bottom-up”的方法是将原子或分子合成纳米粒子；“top-down”的方法是指减少大颗粒尺寸至纳米范围，如通过实验室研磨机研磨得到。由于同体积颗粒突增的表面积，小颗粒静电电荷相互吸引。

胶体研磨可以得到纳米颗粒，因为颗粒在液体中分散抵消表面张力利于研磨。根据样品材料不同，水和酒精都可以作为分散介质。在某些情况下，需通过加入缓冲剂来中和表

面电荷或加入大分子长链结构形成位阻效应（静电或结构稳定剂）。

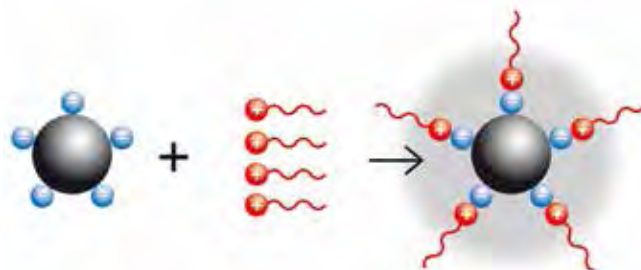
RETSCH 公司拥有行星式球磨仪和高能球磨机 E_{max} ，可用于生产纳米颗粒。这项应用最重要的参数有：

- 研磨器具的材质
- 研磨球大小
- 研磨球 / 样品 / 分散剂的比例
- 研磨时间

■ 能量输入

E_{max} 的一大优势是其创新的水冷系统，减少研磨过程中产生的热量。

行星式球磨仪使用舒适型研磨罐适合于胶体研磨，配有 O 型紧固密封圈，即使研磨再久，液体也不会溢出。独特的法兰盘确保了运输过程的安全。特殊的安全紧固装置保证研磨过程安全。



中和的带电粒子通过添加一个缓冲剂(静电稳定, 左图)
或通过添加长链分子(空间稳定作用, 右图)

E_{max}

超细研磨的革命

E_{max} 是一台高能量的新型球磨仪。转速高达 2000min⁻¹，结合特殊设计的研磨罐使用，产生巨大的研磨能量，撞击力、摩擦力和循环的研磨罐运动为短时间的高效研磨提供条件，创新的水冷系统，避免长时间高速运行产生的热量影响样品。

高能球磨仪 E_{max} 适合于持续研磨，有别于其他球磨仪，无需停止运转冷却。2,000 min⁻¹ 高能量输入，独特冷却系统，为机械合金制备和胶体的纳米研磨提供条件。

最高转速
可达2000min⁻¹
——
独一无二的水冷装置



图 1: E_{max} 两个研磨平台。

E_{max}



E_{max} 的产品视频详见
www.retsch.cn/emax

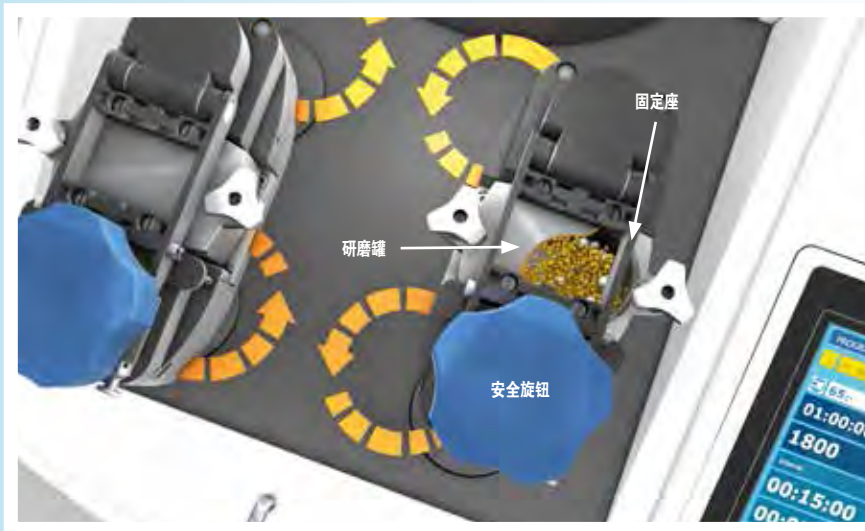


图 2: 研磨罐下的两个圆盘以相同的运动方式旋转, 研磨罐在同一方向上绕圈。四偏心驱动确保精确的研磨罐 anti-synchronous 运动。集成的配重平衡消除质量力。

优点概述:

- 研磨更快速、更精细
- 转速 2000min⁻¹ 能够超快粉碎
- 创新水冷系统无需额外冷却时间
- 几何设计研磨罐, 提供均匀的研磨结果
- 研磨罐安全紧固装置
- 触摸屏显示, 可储存 10 组参数
- 防污染研磨罐

工作原理

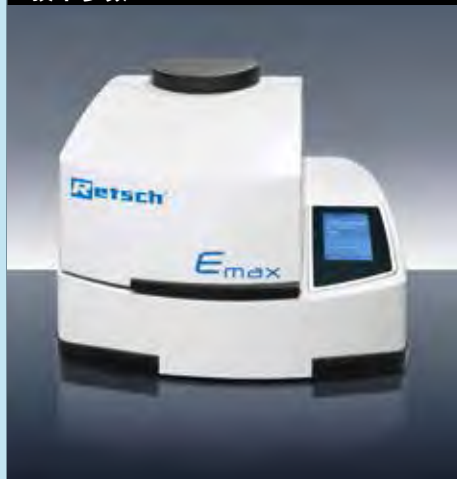
E_{max} 的创新研磨方式综合了三种不同研磨仪的优势: 高频撞击 (混合球磨仪), 强力摩擦 (振动盘式研磨仪) 和可控研磨罐圆周运动 (行星式球磨仪), 最终研磨效果无与伦比。研磨罐的运动结合椭圆造型, 双罐分离安装, 同向圆周转动而无需改变罐体方向。

罐体的特殊几何结构和运动方式的协同作用导致研磨球间摩擦力增强, 样品和研磨罐加速可增加研磨球在罐体圆角处的撞击力, 可显著缩短研磨时间和集中颗粒的细度分布区间。

图 3: 几何形状的研磨罐让样品更好地混合。



技术参数



www.retsch.cn/emax	
应用:	粉碎、均质化、纳米研磨、机械合金、胶体研磨
进样尺寸 *:	<5 mm
出样尺寸 *:	<80 nm
批次处理量 *:	最大 2x45 ml
研磨平台:	2 个
研磨罐尺寸:	50 ml / 125 ml
转速:	300 – 2,000 min ⁻¹
冷却:	集成水冷系统 可选: 外部冷却
研磨罐类型:	安全锁紧装置 可选: 通气盖
研磨罐材料:	不锈钢、碳化钨、氧化锆
储存参数:	10 组
尺寸 (宽 X 高 x 纵深):	625 x 525 x 645 mm
* 依样品材料和仪器设置而定	

更快 - 更精细 - E_{max}

标准检测：细度和研磨时间

纳米研磨只有在湿磨条件下才能实现。推荐使用 0.1 到 3 mm 直径研磨球，这样才可以尽可能制造出纳米研磨所需要的摩擦力。 E_{max} 每分钟高达 2000 转速从而研磨能量极其强大，同时配备了独有的水冷系统而不会无过热，充分发挥球磨机的高效高能。根据样品性质和研磨模式的不同，传统球磨机需要大约总体研磨时间 60% 来间歇冷却。 E_{max} 的高效冷却系统完全忽略了这一步骤从而实现了真正的连续不间断研磨。

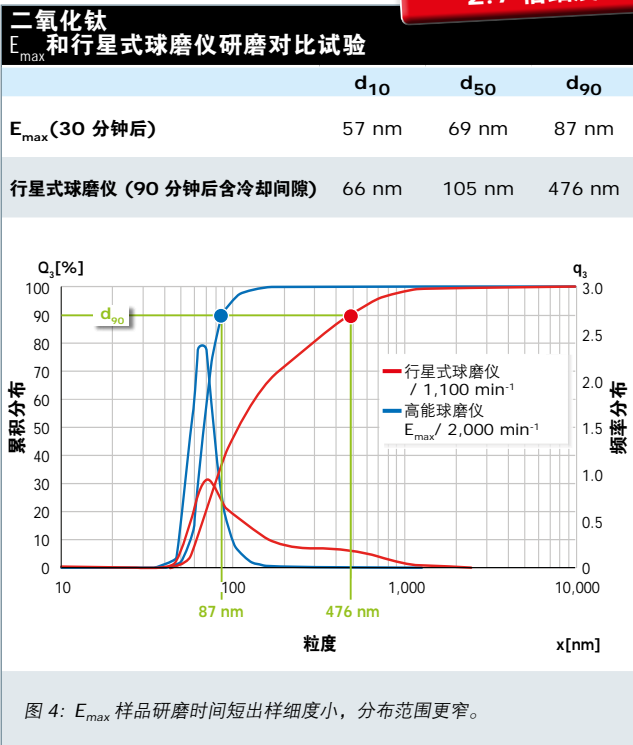
在研磨实验中，二氧化钛颜料粉末行星式球磨仪和 E_{max} 比对 (50 ml 氧化锆研磨罐, 110g 0.1 mm 直径研磨球, 10g 样品, 15 ml 1% 磷酸钠)。

E_{max} 仅仅用了 30 分钟样品 d_{90} 就达到了 87 nm，而行星式球磨仪一共用了 90 分钟 (其中净研磨时间是 30 分钟) 包括冷却时间，并且最终出样细度也只有 235 nm。对比结果 E_{max} 只用了行星式球磨仪三分之一的时间却完成了 2.7 倍细度 (图 4)。

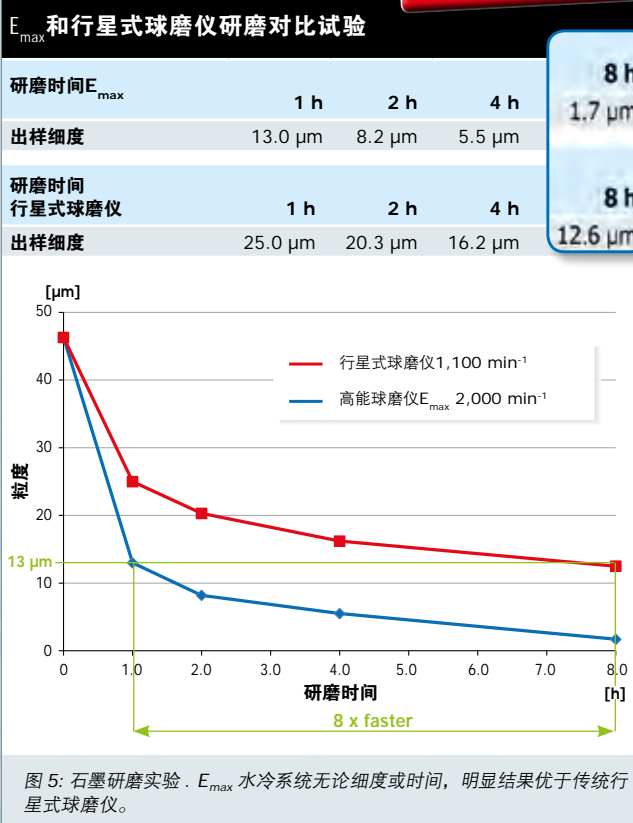
标准测试：研磨时间

E_{max} 在研磨时间上的优势也是非常直观的，图 5 显示了 E_{max} 2,000 min 条件下和行星式球磨仪 1,100 min⁻¹ (50 ml 氧化锆研磨罐, 110 g 0.1 mm 直径研磨球, 5 g 样品, 13 ml 异丙醇) 条提下做石墨研磨的对比结果。石墨会减少摩擦力，因此研磨时需要更多的能量。仅仅研磨了一个小时 E_{max} 的样品 90% 达到了 13 μm 而行星式球磨仪则需要整整 24 小时 (包括冷却间隙时间)。比较了 E_{max} 和行星式球磨仪 8 小时研磨后的结果， E_{max} d_{90} = 1.7 μm ，7 倍细度于行星式球磨仪结果 (12.6 μm)，优势非常明显！

二氧化钛：
2.7 倍细度



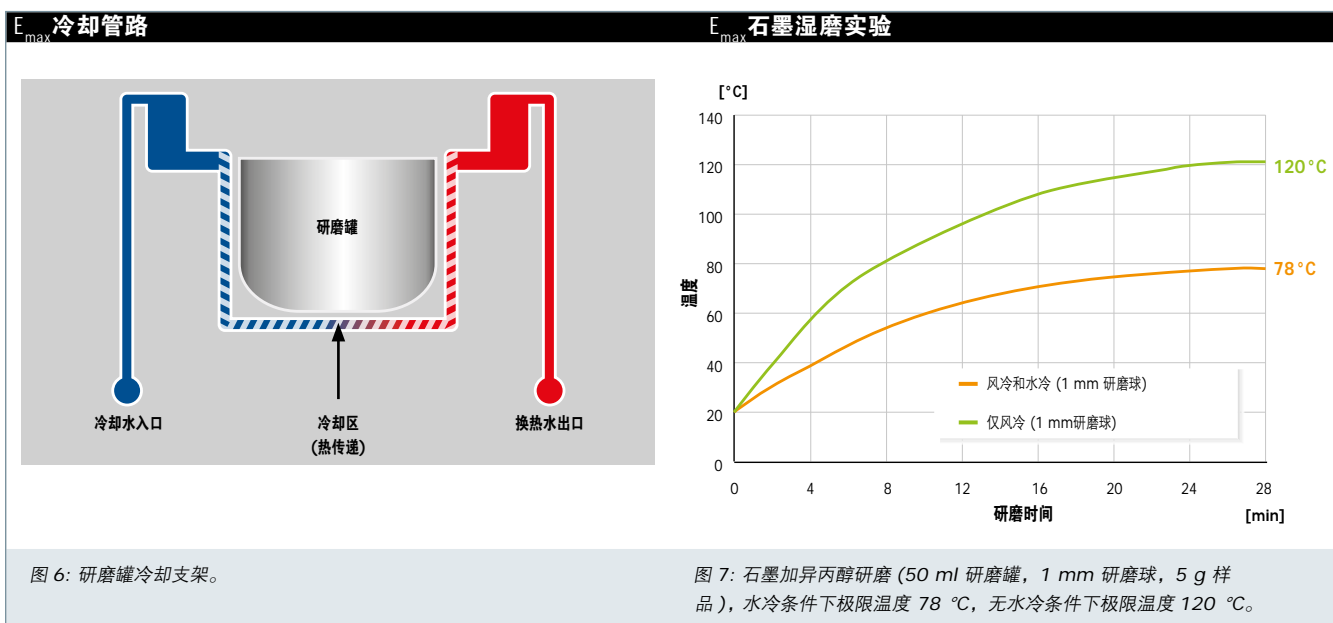
石墨：
24 倍速率
7 倍细度



高效水冷系统

E_{max} **内置水冷系统**，可选择自来水或者冷却装置连接。图 6 显示 E_{max} 的冷却管路图。研磨罐采用**高效水冷系统降温**，软件允许操作员**限定工作温度范围**，即设定最高和最低工作温度。当环境温度超过最高工作温度时，研磨仪会自动停止，等到达到最低工作温度时再开始工作。

对于温度敏感性或加入异丙醇的样品（图 7）来说，冷却是个非常关键的步骤，异丙醇蒸发温度 82°C ，一旦超过这个温度，研磨罐里会增加很多气压，如果保持工作温度低于这个值，研磨罐的内压力和密封性内应力都会降低，研磨罐可以在完成研磨任务后很快打开。



安全第一

E_{max} 的设计一直特别注重操作安全，研磨罐的位置自动受到监控，如果放置不规范，实验是无法进行的。 E_{max} 操作无需配重，系统即时监控失衡状况。

如果失衡超过可控范围，设备会自动停止运行。剩余操作时间会显示，一旦平衡恢复可以随时重启程序。

结论

E_{max} 开创了高能球磨仪的新纪元，独创的摩擦力和撞击力结合设计，革命性的 $2,000 \text{ min}^{-1}$ 高速运行，使得短时间超精细研磨成为可能。由于无与伦比的水冷系统， E_{max} 无传统球磨仪发热之虞，而拥有更高研磨能量输出，大大节省了以往必须的冷却时间。通过实例证明， E_{max} 只需部分行星式球磨仪的时间，即可获得更理想更精细的研磨效果。

研磨经典工具

行星式球磨仪

莱驰行星式球磨仪广泛应用于精细度、纯净度和重复性要求高的快速研磨任务，适合各种软性，中硬性至硬脆性，纤维类样品，最终出样细度可达微米级别。如果选择湿磨方式，更有可能达到纳米级别的效果。除了研磨，行星式球磨仪还可以进行机械合金的任务。

优点概述：

- 亚微米研磨
- 结果重复性好
- 适合长时间和连续工作
- 干/湿磨可选
- 免污染配件选择

型号和扩展附件选择

莱驰提供全系列的行星式球磨仪，PM 100、PM 100CM 和 PM 200 都是桌上型设备，有 1 或 2 个工作位。PM 100CM 型球磨仪以离心模式运行，即太阳轮与研磨罐的转数比为 1:-1 (PM 100 为 1:-2)。这样的运动方式保证了更温和的研磨粉碎效果，同时也可以防止研磨套件的过度磨损。PM 400 型行星式球磨仪是一台坚固耐用、设计紧凑的立式仪器，带 4 个研磨平台，可研磨多达 8 份样品。硬脆性材料的机械合金制备需要很大的能量输入，为此 PM 400MA 型有转速比为 1:-2.5 或 1:-3 可供选择。

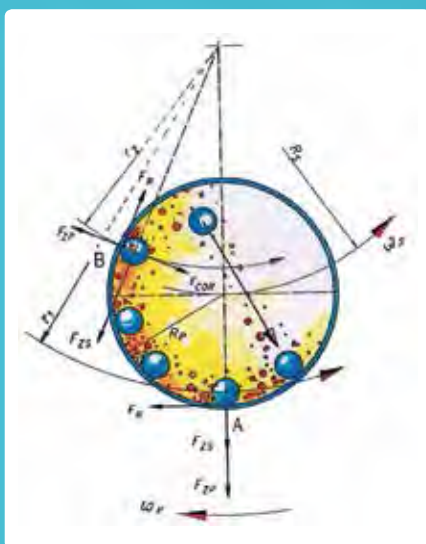
“舒适型”系列研磨罐专门为一些特殊工作环境而设计，如长时间连续运行、湿磨、高机械负荷、最高转速运行以及机械合金的制备。可根据不同要求选择免污染研磨罐 (12 ml - 500 ml) 和研磨球等配件。O 形圈设计密闭防尘。

例如在用于胶体研磨时。“舒适型”研磨罐带有特殊安全密闭装置，使用安全密闭装置可以保证研磨罐的高度气密性，以便研磨罐能安全搬运及手套箱内外安全操作。

通气盖主要用于研磨罐引入惰性气体（氩气或氮气）时而用。



行星式球磨机工作原理



行星式球磨机的研磨罐位于底部太阳轮的偏心位置。研磨罐绕轴自转，与公共的太阳轮转动方向正好相反。研磨罐中的球在与研磨罐一起运动时受到自转偏向力的叠加影响。这样研磨球的运动产生了高能来破碎样品。作用在研磨罐上的离心力带动研磨球沿转动的方向运动。(如图1)。

这种撞击和摩擦作用的组合使得行星式球磨机研磨时的粉碎度极高。由于研磨罐内壁和球的速度不同，样品和罐壁产生强摩擦力和撞击作用，释放出大量的动能。

大多数应用中，太阳轮与研磨罐的转速比一般为1:-2(或1:-2.5或1:-3)。在高速输入应用中，行星式球磨机和高速球磨机 E_{max} 都是最佳选择。

图1: 离心力和自转偏向力的叠加可以完成亚微米研磨。

纳米研磨

图2氧化铝(Al_2O_3)研磨实验 PM 100 650 min^{-1} 。湿磨 1 mm 研磨球 1 小时研磨，平均粒径 200 nm; 4 小时后达到 100 nm。

进一步的实验中，样品用 1 mm 研磨球研磨 1 小时，然后用 0.1 mm 研磨球研磨 3 小时(如图3)。此应用中，最后平均粒径达到 76 nm。

由此可见，行星式球磨机纳米实验中，研磨球的直径扮演着很重要的角色。

PM 100 氧化铝纳米研磨实验

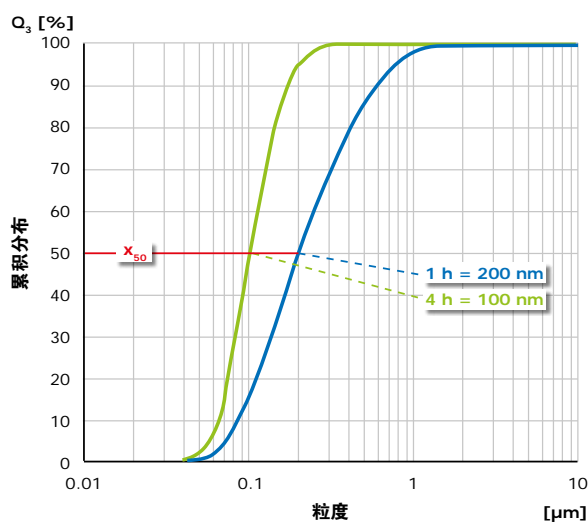


图2: 氧化铝用 1 mm 研磨球湿磨 1 小时(蓝)和 4 小时(绿)结果。

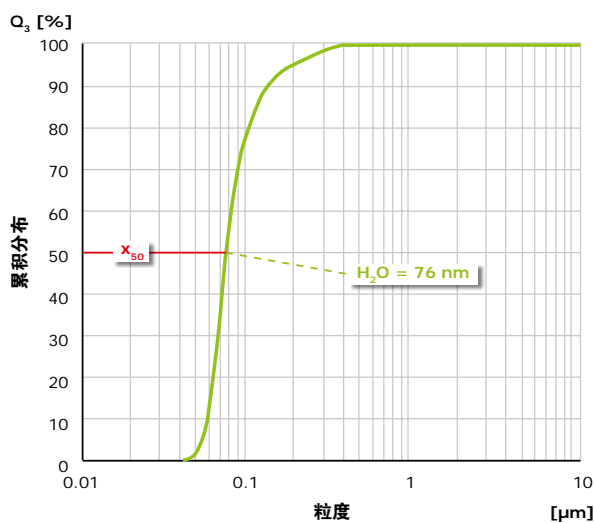


图3: 氧化铝用 1 mm 研磨球湿磨(1小时)和用 0.1 mm 研磨球(3小时)结果。

结论

RETSCH 的行星式球磨机适用于粉碎和混合软性的、中硬性的、极硬的、脆性及韧性样品。可以干磨和湿磨; 根据样品性质不同可最细达纳米级别。莱驰提供多种型号和配件, 可适用不同应用。

金属合金



高能球磨仪
E_{max}

行星式球磨仪
PM 100

汞齐等合金在齿科或不锈钢领域有着广泛应用，传统制备方式是高温熔融而成。如果制备量很少，或者高温无法熔融样品，那么则要选择机械方式制备。——球磨仪就是一个理想的选择方案。球磨仪能在研磨过程中提供撞击力和摩擦力，机械合成法也非常适用于机械化学，如引发非溶剂环境下的化学反应。

机械合金原理

最早的合金（青铜）制造于公元前 3,300 年。今天，合金由于其优越的属性而广为应用。有些材料可以用加热熔融来混合，形成共溶的混晶结构。合金的新属性如更高的硬度，是因为基础元素构成的晶胞里插入其他元素的原子。受到不同原子尺寸的影响，混晶结构中的晶格会变形，平面会滑动，最终硬度会提高但变得更脆。

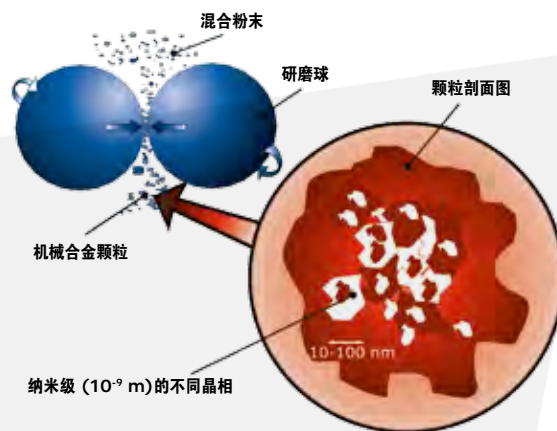


图 1: 机械合金原理。

球磨仪中的机械合金

如果材料不适用熔融法制备合金怎么办？例如熔点跨度很大，其中某一材料已经气化而另一种材料只是刚刚熔融。上世纪 60 年代晚期，机械合金制备法成功制得超级耐温的铁镍合金。机械合金法运用了高强度动能熔融金属粉末（图 1）。

行星式球磨仪和高能球磨仪 E_{max} 在撞击中提供了很大量动能。粉末颗粒在制备过程中熔融和形变。机械合金制备需要很大的能量输入，为此 PM400MA 型有转速比为 1:-2.5 或 1:-3 可供选择。

一开始大颗粒可以用此方法制备。随着结构缺陷，例如晶格的错位，间隙和应力的增加，原子扩散速度也会快速增长，最终形成缝隙导致物性变脆，颗粒更容易破碎。研磨罐中的摩擦会产生高温，促进了扩散作用。行星式球磨机运行模式计算显示 700-1800k 温度峰值和几千大气压的气压峰值 [1]。融合和压缩的过程会一直持续到整个样品均质化完成，可能花费几分钟到几小时。原料互相接触的部分开始生成微小的晶体结构——即所谓的“纳米晶体”(图 2 和图 3)

机械合金可以制备熔融和浇注无法制备的样品，可以任意选择混合比例。莱驰球磨机提供机械合金所必需的能量输出，可以设定高速运行。

在环境气氛下或惰性气体环境下行星式球磨机“舒适型”研磨罐都可配备安全紧固装置和通气盖。高能球磨机 E_{max} 能满足任何机械合金实验的需求。

机械化学

行星式球磨机的机械加工效果非常适合所谓的机械化学合成。机械撞击力提供了化学反应所需的活化能，使得复杂的反应能在无溶剂的条件下进行。反应类型多种多样，从氧化卤代反应和 Diels-Alder 双烯合成反应，到糖苷合成或简单的区域选择反应。机械化学可以实现用传统方法很难做到的反应例如废弃物的脱卤素处理 (DMCR)。

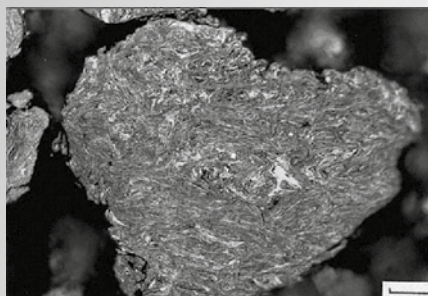


图 2: 机械合金铁 - 铌 - 铜 (FeTaCu) 颗粒光学剖面图研磨 5 小时候。

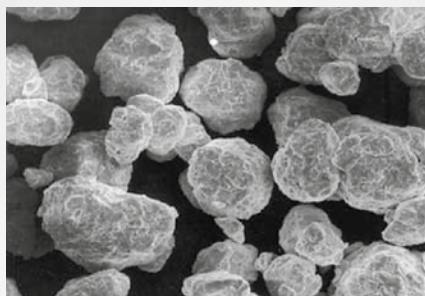
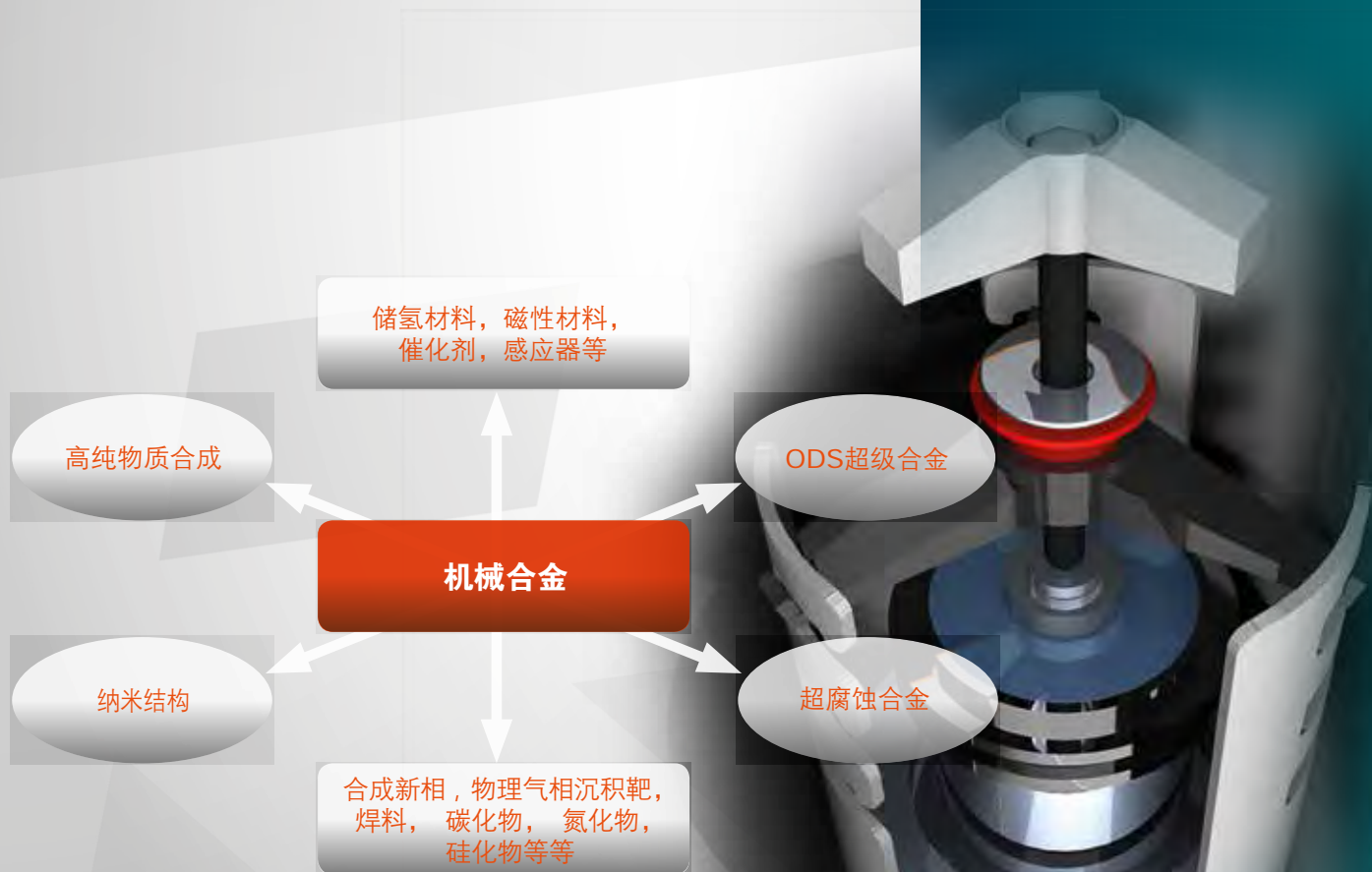


图 3: 扫描电镜 (SEM) 机械合金 FeTaCu 颗粒照片研磨 20 小时候 (俯视图)。

[1] Urakaev FK (2000), Powder Technology 200, 107, 93



参考来源: Suryanarayana et al. (2001), The science and technology of mechanical alloying, Materials Science and Engineering, A304-306 p151-158

PRODUCING NANO PARTICLES BY 纳米研磨

所谓的纳米研磨都是湿磨。为了进一步降低已经很细微的颗粒尺寸，高能的机械力输出是非常必要的，莱驰 E_{max} 和行星式球磨仪都可以满足要求。此外，合适的研磨工具和优化的球料比也是关键因素。

预粉碎

根据样品初始细度和最终出样细度的要求，有必要进行一次预粉碎过程。干法研磨通常使用 >3 mm 直径研磨球，球料和剩余空间保持 1:1:1 的比例，得到的样品可以用来做下一步的纳米研磨。



PM 系列带有安全阀门和通气盖的“舒适型”研磨罐

如何使用球磨仪来做纳米研磨

莱驰有行星式和 E_{max} 两类球磨仪来处理纳米研磨样品，研磨罐和研磨球都是耐磨性最好的氧化锆材质。研磨罐体积的 60% 填充了从 0.5 到 3 mm 直径可选的研磨球，这样可以使摩擦力最大化。样品量填充大约研磨罐 1/3 的容量。添加了合适的分散剂（例如水，异丙醇，缓冲液），样品会呈糊状均匀分散，是纳米研磨的理想条件。如果需要出

样细度非常精细，推荐使用二次研磨，配合 0.1 到 0.5mm 直径的研磨球，特别是第一次研磨时使用的研磨球大小是 2 或 3mm 直径的时候更有必要（研磨球的直径必须至少是进样尺寸的 3 倍）。为了分离样品和研磨球，可以使用筛网（网眼直径小于研磨球 20% 至 50%）和接收盘。

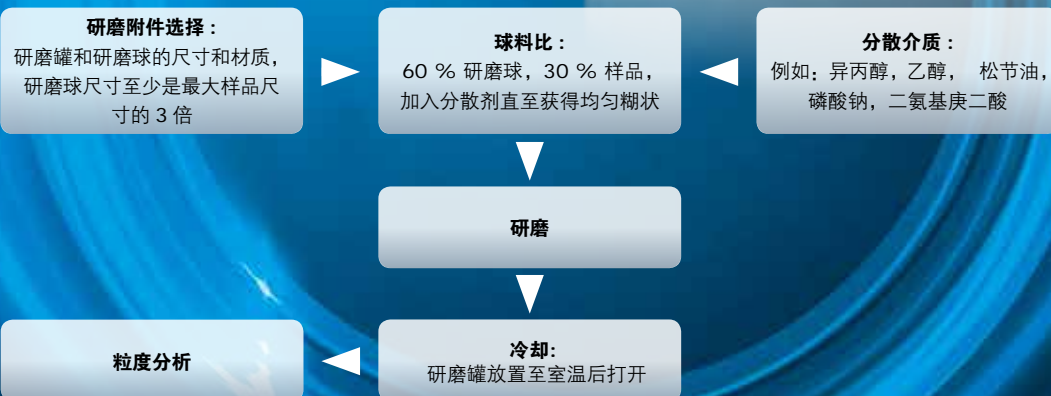
均匀性

如果样品在湿磨时溶胀，需要加入更多的分散剂来保持研磨球和样品混合均匀。如果样品极易溶胀，在研磨之前一定要稀释。

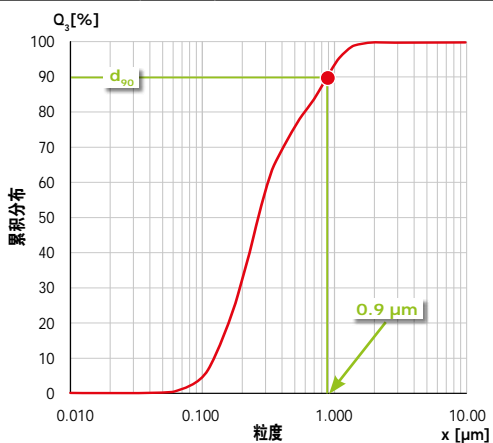
收取研磨罐

由于研磨时会生热高达 150°C，所以拿取研磨罐的时候一定要小心。此外，研磨罐里的压力也需要注意。因此，推荐使用 PM 系列带有安全阀门和通气盖的“舒适型”研磨罐。研磨结束后，研磨罐需要冷却

一段时间。E_{max} 内置的安全紧固装置，有高效水冷系统防止研磨罐过热。研磨罐还可以配备通气盖以加载惰性保护气体使用。

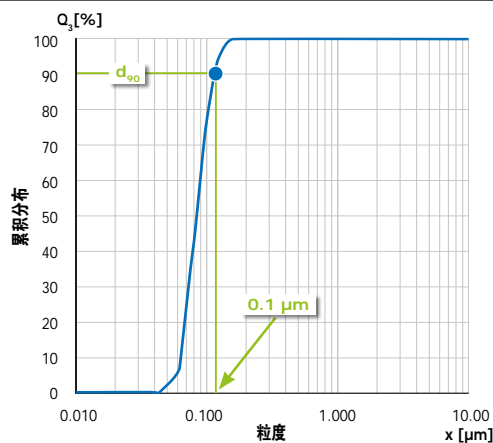


PM 100 岩石研磨 (石墨类)



50 ml 氧化铝研磨罐 2 mm 直径 30 ml 氧化铝研磨球，21 g 样品（相当于 1/3 研磨罐体积）和 15 ml 水的共混物 研磨 2 小时，PM 100 550 min^{-1} ， $d_{90} = 0.9 \mu\text{m}$ 。

E_{max} 氧化铝研磨



E_{max} 30 g 氧化铝 20wt% 悬浊液，0.5% 磷酸钠初始细度 $1.2 \mu\text{m}$ (d_{90})。50 ml 研磨罐 110 g 0.1 mm 直径研磨球 30 分 2,000 min^{-1} 。 d_{90} value = $0.11 \mu\text{m}$ 。

混合型球磨仪

MM400

实验室“多面手”，专门为少量样品而设计。

少量样品的
研磨、混合及
细胞破壁

优点概述：

- 对样品进行研磨、混合和均相化，结果具有高度可重复性
- 频率可高达 30Hz，最多同时研磨 20 个样品
- 旋盖式的研磨罐可适用于湿磨和冷冻研磨
- 记忆键可存储 9 组研磨参数组合
- 研磨罐 1.5ml 到 50ml 可选，另有适配器用于一次性管
- -196°C 液氮冷冻使用的工具包

混合型研磨仪 MM400 和 MM200 是实验室的“多面手”，专门为少量样品进行研磨、混合和均质化。最终研磨出样细度可达 5 μ m，快速、可靠的处理硬性、脆性以及软、弹性或纤维样品，如骨头、组织样品、头发、药片、木材、塑料、矿物质、化学品。

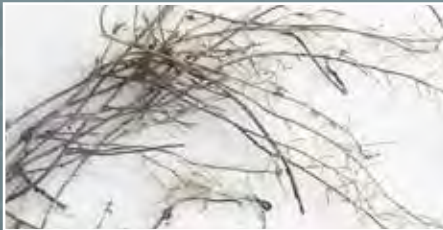
混合型球磨仪 MM400
www.retsch.cn/mm400

植物材料的样品前处理

植物可适用与许多行业，如食物、纸制造或生产辅助燃料。因其木质的含量（如木质素），植物往往呈纤维状。木质素是一种非常稳定的物质，可能会导致某些问题，如在动物饲料或生物乙醇的生产过程。为了改善这些问题，研究人员需要了解植物中如何产

生木质素。随着草本植物的生产过程越来越深入，能够通过生物技术手段改变木质素的含量和结构。改善后的木质素植物可以提高喂养牲畜的消化效率；纸张制造过程中更容易漂白从而更环保。这些研究往往只需要很少量的植物样品进行分析。MM400 就是其

理想选择。六根水芹菜植物（阿拉伯芥）使用 MM400 进行研磨，在极短的研磨时间内，最终出样细度达 100um，得到非常均匀的、无干扰后续分析的粗糙或纤维状样品。



阿拉伯芥6支（约2g）



手工处理到更小尺寸



MM400精细研磨
50毫升不锈钢研磨罐，1*25毫米不锈钢研磨球，
30Hz，2min



多种配件灵活选择

多种研磨罐尺寸和材料可供选择，使得混合型研磨仪成为通用型仪器。不锈钢研磨罐可提供 1.5 至 25ml (MM200) 或 50ml (MM400)。根据不同的应用选择不同材质的研磨罐，比如碳化钨，氧化锆，玛瑙，或者 PTFE 材质。

MM400 的旋盖型研磨罐尤其适合于冷冻低温研磨。研磨罐在液氮中进行预冷冻使得研磨罐内的样品变脆更便于研磨，另有配套的低温冷冻工具包。混合型球磨仪尤其适合生物细胞破壁及 DNA/RNA 的提取，使用适配器一次可同时操作多达 20 个样品。研磨时

混合型球磨仪的技术

混合型球磨仪的研磨罐是在水平方向上进行径向振动的。研磨球的惯性带动它们以高能量撞击位于弧形内表面的样品材料，从而在数秒到几分钟内达到彻底的混合。研磨时使用多个小直径研磨球，球与球之间的巨大撞击和摩擦可有效地实现生物细胞的破碎。

间和振动频率可通过数字式预设，记忆键可存储 9 组研磨参数组合。

结论

RETSCH 的混合型球磨仪 MM200 和 MM400 是专门研磨少量样品的“多面手”。此系列仪器尤其适合动植物细胞组织破壁或悬浊液细胞的破碎。

CYROMILL

冷冻混合研磨仪

对于软性及弹性的不稳定性的样品，低温冷冻研磨是唯一能满足研磨细度的途径。通过 -196°C 液氮冷冻样品使得样品变硬脆性而达到更好的研磨效果，出样细度可达 $5\mu\text{m}$ ，并防止样品中挥发性物质的挥发。

优点概述：

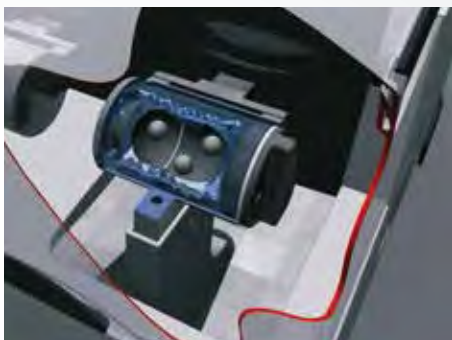
- 频率最大可达 30Hz，出样细度可达 $5\mu\text{m}$
- 液氮不直接接触样品，提供安全的操作环境
- 仪器的预冷却及液氮的加入和补充完全由程序自动控制，避免了手动操作的繁琐和危险
- 可编程控制，可储存 9 个程序，可自动监控
- 也可在室温下进行研磨

快速、
安全、
冷冻



CryoMill
www.retsch.cn/cryomill

安全且灵活



CryoMill 的一个特别的优点是它的高操作安全性，使用者在操作过程中绝不会接触到液氮。仪器的预冷却及液氮的加入和补充完全由程序自动控制，温度传感器将温度始终控制在 -196°C 。自动冷却系统保证研磨过程不会再预冷却之前启动，可

减少消耗并确保研磨结果的可重复性。在频率高达 30Hz 的研磨过程下仅需几分钟便可达到非常好的研磨效果。Cryomill 主要的研磨原理是撞击和摩擦同时进行，相较其他冷冻研磨来说样品可以粉碎的更细。研磨过程中的能量输入，可随时避免研磨罐生热而停止。当然也可以在常温下不用液氮去研磨操作。



多种多样的配件使得 Cryomill 应用非常广泛。为了操作更方便，RETSCH 提供 50L 的液氮罐。Cryomill 的研磨罐分为硬质钢和不锈钢，特有螺旋盖设计，液氮绝对不会漏出。有个别应用不能使用钢罐，我们可提供 25 毫升的聚四氟乙烯

(PTFE) 研磨罐和研磨球，防止污染。研磨球有多种材质和尺寸，另有适配器用于 6 个 2 毫升研磨罐的使用。为了确保对不同样品的可行性，预冷冻、研磨时间以及间歇时间都可以程序设定。设置预冷冻研磨频率为 5Hz，使研磨罐始终处于水平方向振动，样品不会被液氮完全冻住。研磨全程可通过程序控制，可储存 9 组程序并通过 LED 显示自动监控。

PET 的温和研磨



PET 瓶常应用于轻便结实的饮料包装。PET 矿泉水瓶和其他饮料瓶含有有害的乙醛化合物，这种物质即使在 10-20ppb 的范围内对味道也有负面影响的。因此，包装制造商的质量控制过程和饮料生产商就需要花长时间和复杂的定量测试方法来检测。由于乙醛是一个高度挥发性化合物，必须避免 PET 样品在任何情况下出现热应力。对于这种可再生的弹性材料样品，在 -196°C 下温和的低温研磨是最理想的方法。通过低温冷冻降温，使得样品在研磨过程中不会出现乙醛生热，低温冷冻研磨是实验室常规色谱检测中样品前处理理想选择。



使用 RETSCH 的切割式研磨仪 SM300 进行弹性的 PET 材料的粗粉碎，将样品粉碎到 5mm 且样品不生热。在此基础上，使用 Cryomill 只需几秒钟进行精细研磨细度可达 0.5mm。6 克的 PET 样品粉碎仅仅只需 5 分钟。



PET 瓶使用 SM300(中)进行预粉碎处理, 1200min^{-1} , 6mm 底筛, 平行转刀。

使用 Cryomill (右) 进行精细研磨, 50ml 不锈钢研磨罐, 1 个 25mm 不锈钢研磨球, 30Hz, 每研磨 2 分钟间歇冷却 1 分钟。

结论

RETSCH 的全自动冷冻研磨仪 Cyromill 适合于热敏性材料在低于室温的玻璃化转变温度下研磨。最终出样细度明显低于同类低温研磨仪器，对于挥发性材料更是理想的样品前处理仪器。

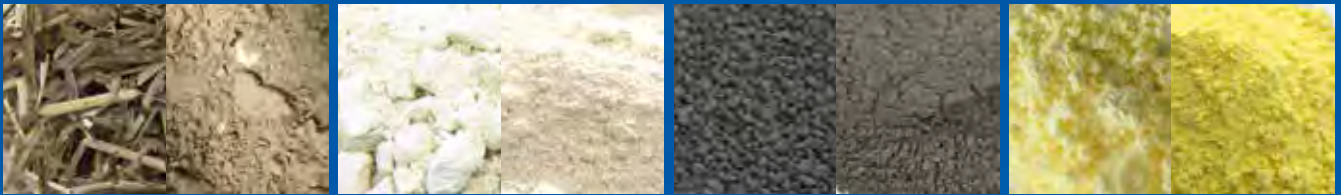
应用

RETSCH创新的球磨仪粉碎快速并且结果重现性好，超越所有微米级研磨仪，能广泛应用于胶质及先进材料的样品前处理。



行星式球磨仪

样品	配件	参数	处理量	出样细度
灰	500 毫升氧化锆研磨罐， 1100 克 1 毫米研磨球，120 毫升水	600 min ⁻¹ , 2 h	100 g	<1.3 μm
催化剂	250 毫升氧化锆研磨罐， 15 个 20 毫米氧化锆研磨球	450 min ⁻¹ , 2 min	130 ml	<63 μm
陶瓷	500 毫升氧化锆研磨罐， 25 个 20 毫米氧化锆研磨球，几滴丙醇	280 min ⁻¹ , 20 min	250 g	<20 μm
污泥淤渣	500 毫升不锈钢研磨罐， 25 个 20 毫米不锈钢研磨球	500 min ⁻¹ , 8 min	172 g	<110 μm
锰氧化物	250 毫升氧化锆研磨罐， 550 克 2 毫米氧化锆研磨球，100 毫升 0.5% 磷酸钠	4800 min ⁻¹ , 2 h	40 g	<0.7 μm
矿物	500 毫升氧化锆研磨罐， 预粉碎：8 个 30 毫米氧化锆研磨球， 精细研磨：160 个 30 毫米氧化锆研磨球	400 min ⁻¹ , 3 min and 20 min	150 g	<45 μm
半结晶聚合物	50 毫升氧化锆研磨罐， 110 克 2 毫米氧化锆研磨球，20 毫升水	530 min ⁻¹ , 2 h	2 g	<0.6 μm
秸秆	500 毫升氧化锆研磨罐， 160 个 10 毫米氧化锆研磨球	400 min ⁻¹ , 75 min	50 g	<50 μm
Super-absorber	500 毫升氧化锆研磨罐， 160 个 10 毫米氧化锆研磨球	280 min ⁻¹ , 30 min	100 g	<50 μm



高能量球磨仪 E_{max}

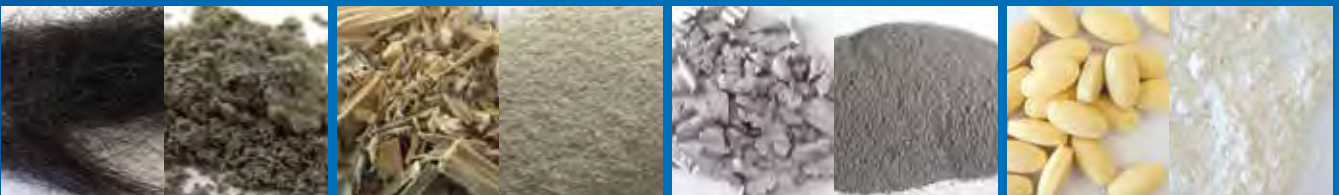
样品	配置	参数	处理量	出样细度
Al ₂ O ₃	50 毫升氧化锆研磨罐， 110 克 0.1 毫米氧化锆研磨球，0.5% 磷酸钠	2,000 min ⁻¹ , 15 min	23 g 20% by weight suspension	<0.14 μm
煤	125 毫升钢研磨罐， 54 个 10 毫米不锈钢研磨球	1,500 min ⁻¹ , 10 min	26 g	<17 μm
石墨	50 毫升氧化锆研磨罐， 110 克 1 毫米氧化锆研磨球，13 毫升异丙醇	2,000 min ⁻¹ , 8 h	5 g	<1.7 μm
TiO ₂ 颜料	50 毫升氧化锆研磨罐， 110 克 0.1 毫米氧化锆研磨球，15 毫升 1% 磷酸钠	2,000 min ⁻¹ , 30 min	10 g	<0.087 μm
石英	125 毫升不锈钢研磨罐， 18 个 15 毫米不锈钢研磨球	1,000 min ⁻¹ , 30 min	66 g	<16 μm



RETSCH的混合型球磨仪适用于多种样品的粉碎和均质化。无论样品是硬性、中硬性、软性、脆性、弹性或纤维性，它们都可以在干燥、潮湿或低温状态下研磨。

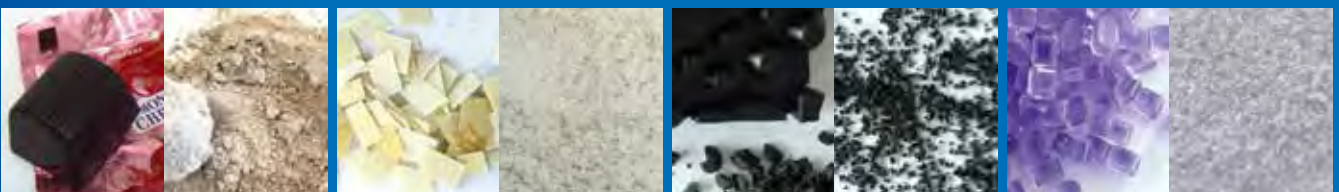
混合型球磨仪MM400

样品	配置	参数	处理量	出样细度
铬合金	25 毫升碳化钨研磨罐，3 个 20 毫升碳化钨研磨球	30 Hz, 2 min	20 g	<250 μm
青蛙组织	50 毫升不锈钢研磨罐， 3 个 12 毫米不锈钢研磨球，样品和研磨罐液氮预冷冻	30 Hz, 2 min	10 g	均质化
苔藓	50 毫升不锈钢研磨罐， 3 个 15 毫米不锈钢研磨球	30 Hz, 3 min	1 g	<150 μm
部分昆虫	MM 适配器 5 个 2 毫升的 PTFE， 0.5 克玻璃研磨球 (0.75-1 毫米)	30 Hz, 3 min	1-2 pcs	均质化
药片	50 毫升不锈钢研磨罐， 6 个 12 毫米不锈钢研磨球	30 Hz, 5 min	15 g	<150 μm
木材	MM 适配器 5 个 2 毫升的 PTFE， 3 个 7 毫米不锈钢研磨球	30 Hz, 3 min	1 pc	<200 μm



CRYOMILL

样品	配置	参数	处理量	出样细度
橡胶	50 毫升不锈钢研磨罐， 1 个 25 毫米不锈钢研磨球，10 分钟预冷冻	30 Hz, 2 min	4 g	<1 mm
巧克力	50 毫升不锈钢研磨罐， 1 个 25 毫米不锈钢研磨球，10 分钟预冷冻	30 Hz, 2 min	1 pc	<0.5 mm
纸张	50 毫升不锈钢研磨罐， 1 个 25 毫升不锈钢研磨罐，6 分钟预冷冻	25 Hz, 8 x 2 min, 30s 间歇	4 g	<400 μm
PET 颗粒	50 毫升不锈钢研磨罐， 1 个 25 毫米不锈钢研磨球，10 分钟预冷冻	25 Hz, 8 x 4 min, 30s 间歇	10 g	<350 μm
鞋底	50 毫升不锈钢研磨罐， 1 个 25 毫米不锈钢研磨球，10 分钟预冷冻	30 Hz, 4 x 2 min, 1 min 间歇	6 g	<400 μm



RETSCH

引领行业标准

固体样品前处理专家

RETSCH提供世界领先的研磨、均质化和固体样品粒径分析与质量控制的解决方案。

粉碎

- 颚式粉碎机
- 旋转式研磨仪
- 切割式研磨仪
- 刀式研磨仪
- 盘式研磨仪
- 臼式研磨仪
- 混合型研磨仪
- 行星式球磨仪

颗粒粒形粒径

- 振荡筛分仪
- 分析筛
- 粒度分析软件
- 图像法粒径粒形分析仪
(RETSCH TECHNOLOGY)

辅助设备

- 分样仪
- 进样仪
- 快速干燥仪
- 超声波清洗仪
- 压片机



VERDER
scientific

Verder Retsch Shanghai Trading Co.,Ltd
弗尔德莱驰(上海)贸易有限公司

中国总部
上海张江高科技园区毕升路299弄
富海商务苑(一期)8栋
中国 上海 201204
电话 +86 21 33932950
传真 +86 21 33932955

北京办事处
北京海淀区苏州街29号院18号楼
维亚大厦608室
中国 北京 100080
电话 +86 10 82608745
传真 +86 10 82608766

广州办事处
广州市天河区华庭路4号
富力天河商务大厦905室
中国 广州 510610
电话 +86 20 85507317
传真 +86 20 85507503

part of **VERDER**
scientific

CARBOLITE

ELTRA

Retsch

Retsch
TECHNOLOGY