

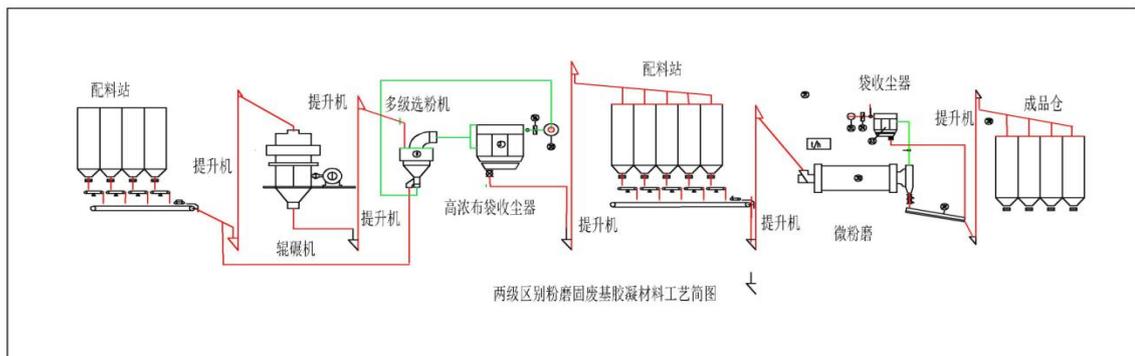
固废基胶凝材料生产技术及装备

辽宁北票市理想节能工程有限公司 李宪章

利用工业固体废弃物生产绿色低碳胶凝材料（固废基胶凝材料、地聚物胶凝材料）代替硅酸盐水泥的技术已在全国得到推广，生产固废基胶凝材料的主要方法是将固废材料经过超细粉磨，过去固废材料只能用于水泥混合材，就是不能实现对固废材料的超细粉磨，如矿渣、粉煤灰、钢渣、炉渣等材料由于没有达到 0-20um 以下细度，其活性及互相化学反应不能达到极致程度，因此纯粹的几种固体废弃物合成胶凝材料还达不到水泥的强度要求，现在有超细粉磨技术了，将其粉磨至 20um 以下细度，然后进行搅拌搭配之后就可以生成代替水泥的胶凝材料，由于原材料的成本较低，其生产成本只有水泥生产成本的 50%左右，生产商利润可观，使用者价格低廉，因此备受生产销售、使用者的欢迎。

生产成本主在原材料价格不变的前提下，成本的高低要取决于粉磨电耗，不少生产企业不了解先进的生产工艺和装备，粉磨电耗在 80-100kw.h/t 左右，粉磨电耗占生产成本的 50%左右，这样严重的增加了生产成本。为了大幅的降低粉磨电耗辽宁北票市理想节能工程有限公司研发的理想辊碾机陶瓷球磨机生产工艺，比现有普通工艺降低 20-30kw.h/t 的粉磨电耗，使现有粉磨电耗降低三分之一，这是较大的技术进步，为绿色低碳胶凝材料生产奠定良好基础。

一、粉磨工艺：



工艺过程简述：

采用两段粉磨工艺，第一段辊碾机粉磨后进入选粉机，达不到粒径要求的物料返回到一段辊碾机继续粉磨，达到要求细度的物料，在选粉机内选出，进入到二段磨机进行继续粉磨。第二段磨机出来的物料返回到一段磨机磨尾的选粉机，进行成品分选，达到成品粒径要求的物料随着一段磨机出来的成品物料一同进入成品收集器进行收集，达不到成品粒径的物料继续返回二段磨机继续进行粉磨。这样，实现了粗颗粒的两次循环粉磨，也实现了达到产品粒径的物料被及时提取，减少低强度物料的过粉磨现象，使粉磨效率大幅度的提高。

二段磨机两仓结构，配高细粉磨衬板，超细出磨篦板。配置陶瓷球研磨体。采用超细选粉机，进入二段磨机粉磨，分离出大颗粒返磨机继续粉磨，选粉机成品进行收集，实现产品颗粒级配的最佳效果。选粉机回磨颗粒细度、回磨量可调。二级磨机回选粉机物料，除选出成品物料细度可调以外，回磨物料颗粒级配可实现根据需要进行有效控制。

二、预粉磨辊碾机

固废基胶凝材料粉磨不同于水泥粉磨，他的的比表面积要在 $700-1000 \text{ m}^2/\text{kg}$ ，因此一段预粉磨很关键要求各种物料达到 $400 \text{ m}^2/\text{kg}$ 左右，预粉磨要求对矿渣、炉渣、粉煤灰、钢渣、脱硫石膏、煤矸石、石灰石、锂渣、锰渣等多种材料进行预粉磨，分别粉磨各自需要的比表

面积之后分别进入各自的中间仓。

辊碾机对于粉磨钢渣能力特别强，由于钢渣较硬，有的用户用辊压机或立磨粉磨钢渣都不太适应，而辊碾机就特别适应钢渣的预粉磨。

安徽淮南禄弘新材料公司走访了全国多家生产预粉磨设备厂家，都不能满足多种物料预粉磨之后，到北票理想节能工程有限公司，对我公司的粉磨实验生产线感兴趣，

1.分别将矿渣、炉渣、粉煤灰、钢

渣、石灰石，脱硫石膏运到我公司进行粉磨实验，经过 15 天的实验，各项指标分别达到要求

2.尤其是钢渣是最难磨的物料，结果预粉磨效果不低于其他材料的粉磨效果，粉磨比表面积还高于其他物料。

3.脱硫石膏是有水份较高的物料，黏度又大，采用辊碾机与其他物料搭



这张照片是 2022 年山西省路桥到我公司考察辊碾机，到承德铁

配粉磨效果良好。即解决脱硫石膏的水份高的问题，又提高其他物料的生产量。

4.浮珠类炉渣是比较难磨的物料，比重轻，体积大，碾压比大，且物料在辊压机或立磨内随辊子旋转，悬浮游动，形不成足够的料层，辊压机、立磨对这种物料粉磨困难。

集团联合山西省建筑材料设计院，就山西路桥集年处理 30 吨团固废胶凝材料项目，考察预粉磨设备。

峰水泥公司 3000 辊碾机现场参观

优点 1，是圆周均布排列多个碾辊，碾辊与碾盘控制较小的缝隙，是辊压机的四分之一的辊缝，料层薄，物料在碾辊与碾盘之间的剪切力增加一倍，粉碎能力提高。

优点 2，物料自上而下流动到出口通过时需要经过多个棍子的碾压，非像辊压机一次碾压，因此粉碎效率高。

优点 3，碾盘与碾辊自上而下形成 V 型夹角，大颗粒自上而下被逐渐碾压，振动产生。非辊压机大颗粒硬性对棍子产生振动，辊缝加大周边物料破碎能力下降。

优点 4，辊压机使用一段时间后，棍子中间磨损快，其棍面中间凹陷，辊缝中间加大，中间粉碎效果变差，出料粗颗粒变多循环负荷增加。而辊碾机的棍子与碾盘的缝隙角度是可调的，一方磨损后可以通过调整碾辊的倾斜角度来达到合理的使用角度和棍



优点 5，辊压机更换一次辊皮造价昂贵，辊碾机更换碾辊碾盘价格较低。采用辊碾机预粉磨，由于辊碾机的特有结构，及宽棍面，薄料层，锥体下料等众特点，达到良好的粉磨效果。

三、超细粉磨管磨机

我公司自 1998 年开始研究滚动轴承球磨机，将球磨机的巴氏合金轴承改为由于滚动轴承在球磨机上的广泛应用，辽宁省科技厅于 2009 年授予我公

超细粉磨目前，都采用管磨机，粉磨电耗偏高，超细粉磨电耗在 60 多 kw.h/t，这样给系统粉磨电耗带来不小的压力，



滚动轴承，于 2008 年申报国家专利公司的 MGU 滚动轴承为辽宁省科技成果，

北票理想节能工程有限公司研究成功一种《滚动轴承陶瓷球超细磨机》，粉磨电耗科研降到 40kw.h/t 以下，比现有磨机节省电耗 20kw.h/t,大幅度降低粉磨电耗，降低生产成本。主要技术是主轴承采用滚动轴承，研磨体可以增加 10%，粉磨电耗下降 4kw.h/t.去掉主轴承的润滑站，节省润滑油，杜绝滑动轴承缺油断水、瓦升温，就停产现象，



磨机研磨体采用陶瓷球，因为超减少吨地聚物胶凝材料的粉磨电耗，超细粉磨目前都采用管磨机，磨机的研磨体都使用钢球、钢锻，粉磨电耗偏高，超细粉磨电耗在 60 多 kw.h/t，这样给系统粉磨电耗带来不小的压力，

《陶瓷球研磨体》，粉磨电耗科研降到 40kw.h/t 以下，比现有磨机节省电耗 20kw.h/t,大幅度降低粉磨电耗，降低生产成本。

细粉磨的入磨物料都是 400 比表面积，45um 筛余 7%左右，继续粉磨不需要大直径研磨体，目前有直径 4.8 的钢锻，但是比表面积太小，钢锻碰创研磨接触点小，粉磨效率低。

为什么磨机研磨体采用陶瓷球，因为超细粉磨的入磨物料都是 350-400 比表面积，45um 筛余 7%左右，继续粉磨不需要大直径研磨体，目前有直径 4.8 的钢锻，但是比表面积太小，钢锻碰创研磨接触点小，粉磨效率低。

采用陶瓷球研磨体解决了粉磨研磨体接触比表面积，研磨体的比重减轻，体积增大，磨机采用大直径，大容积磨机，





一个直径 16mm 的钢锻，相当于 4.3 个 8mm 的钢锻，相当于 9 个陶瓷球 8mm 的钢锻，9 个 8mm 的陶瓷球粉磨效率会提高 30%以上。

2.滚动轴承陶瓷球磨机，使用后陶瓷球后，体积增加接近一倍，研磨体比表面积增加接近 70%，因此效率提高。

3.由于陶瓷球的体积增大磨机的筒体直径增加，但是磨机的使用鼓励钢锻的直径 4.8mm，采用陶瓷球的直径 10mm，研磨体的比表面积增加 2 倍，效率增加 50%。

3

陶瓷球研磨体的应用实例。 山东日照市海汇集团浮莱山水泥公司，已在 2013 开始应用在 4213 水泥磨机上。至今已经应用 11 个年头，

他们家有两台 4213 水泥磨机，用陶瓷球的磨机工作低压 10000V，电流 140A，

并没有增加，比如 4213 陶瓷球磨机电机功率是 2500kw，但是台时产量是 4213 磨机的产量，实现节省电耗约 7kw.h/t。台时产量提高

陶瓷球比重轻。 陶瓷研磨体堆积比重是 4.5，钢球钢锻的堆积比重是 4.8，相差 50%，研磨体的体积增大一倍，研磨效率增加 40%。磨机的有效容积增加 40%。电机功率下降三分之一。

磨机配套电机功率下降。一台 4213 磨机采用陶瓷球之后，电机功率由 3550 下降到 2500kw，减少 1000kw 之后完全满足要求。

采用陶瓷球研磨体增加了粉磨研磨体接触比表面积，.采用钢球钢锻研磨体时，

相当于 2400kw。

另一台磨机采用钢球钢锻，工作电流 250A，相当于 3300kw。

两者相差 120 个电流，相当于 1300kw 的电机功率。

陶瓷球基本没有破损，消耗磨损 2g/t,4213 磨机用户使用 11 年才消耗 5t。
大幅的节省研磨体消耗费用。

减少磨机糊球现象。固废基胶凝材料的粉磨由于比表面积要求比较高，磨机容易发热，采用陶瓷球可以有效的降低温升，克服糊球糊锻现象。

陶瓷球研磨体的应用 已有用户在 2013 开始应用在 4213 水泥磨机上。
至今已经应用 11 个年头，

较好的陶瓷球基本没有破损，消耗磨损 2g/t,4213 磨机用户使用 11 年才消耗 5t。大幅的节省研磨体消耗费用。

陶瓷球的粉磨效率提高 30%，是我公司在台时 5t 的生产线上经过球磨机的实验证明的，用同样重量的陶瓷球研磨体与用同样重量的钢球，其粉磨物料的产量相差 30%。

固废基胶凝材料的粉磨由于比表面积要求比较高，磨机容易发热，采用陶瓷球可以有效的降低温升，克服糊球糊锻现象。

固废基胶凝材料的生产成本左右取决于粉磨电耗，因为他的比表面积较高，粉磨功耗较大，因此生产单位在设计生产线时要选择电耗低的预粉磨、及二段超细粉磨设备，一但选择了耗能高的设备和工艺，那会天天日日高能耗，高成本。选择了节能的辊碾机和陶瓷球磨机，那会给您带来不小的效益，增加了行业竞争的底气。

四、胶凝材料预先粉磨实验 ， 解决用户的频繁实验所造成的实验费

每一种固体废弃物发挥最佳强度的临界细度各有不同：

(1) 利用矿渣、粉煤灰、炉渣、钢渣、脱硫石膏等废弃物生产砌筑胶凝材料，都是需要发挥他们的自身强度特征，都是利用粉磨之后显现的活性，同时各单位提供的固体废弃物其自身含有效成分钙、硅、铝、铁的成分不尽相同，废弃物材料中的化学合成物诸如硅酸三钙、硅酸二钙等物质的含量也不尽相同，因此每一种材料按照同一种细度去搭配生产，明显是不科学的。因此通过工业实验才能得到最佳颗粒级配细度，发挥最佳强度作用。

(2) 好的废弃物经过合理的粉磨，最佳的颗粒级配，其水化强度会大于水泥熟料；如果我们没有将该废弃物磨至最佳的颗粒级配细度，那么他的可发挥强度就大打折扣，强度高的废弃物，销售价格一定比较贵些，那么低强度的废弃物，价格一定偏低些，不合理的粉磨结果，其产品对储量偏高的、强度偏低废弃物的用量就会减少，生产成本就会增高。

因此要想达到最佳的固体废弃物利用，进行工业实验是不可缺少的工作程序。

(3) 技术的发展使利用固体废弃物生产绿色砌筑胶凝材料可以少用水泥熟料，乃至不用水泥熟料。不用水泥熟料，也需要添加激发剂、增强剂。地聚物水泥，绿色砌筑胶凝材料其生产成本的主要构成是激发剂的用量，较高的用量以及成本较高的激发剂分别增加生产成本，当生产成本高于用水泥熟料时，地聚物水泥就没有生存空间了，因此保证生存地聚物水泥应用低廉的激发剂，以及少用激发剂是生产地聚物水泥的关键，那么地聚物粉磨细度颗粒级配是控制用激发剂数量的关键。因此对废弃物进行粉磨实验是关键步骤，是控制生产成本的主要措施。。

(4) 有些地区产出的固体废弃物不能生产无熟料地聚物水泥，所生产的绿

色砌筑胶凝材料必须使用较少的水泥熟料，那么使用多少的水泥熟料是降低生产成本的关键，如何将固废材料的活性最大限度发挥出来，如何将水泥熟料的早期强度、后期强度、综合强度最大限度发挥，这些在一个地区，一个生产企业都是不一样的，用一种经验配方，用一种颗粒级配不可能达到最佳效果，因此有针对性的进行工业实验，是降低生产成本，提供产品质量的关键。

(5) 下表是粉煤灰及符合粉在不同颗粒级配的前提下的活性强度变化。说明不同的粉磨方法和工艺，其产品效果有所不同。

五、生产工艺配套智能化、数字化中央控制模式

超细粉磨生产线采用先进管理技术包括如下内容：

1. 具有现有水泥粉磨行业同样的中央控制模式，
2. 增加水泥粉磨工艺不具备的选粉机进出料细度监控装置，使选粉机运行正常，分级效率保持良好状态，出现问题及时发现，在 10 分钟之内处理完成。
3. 增加水泥粉磨工艺不具备的磨机入磨物料量监控的装置，保证磨机的粉磨物料量在平稳的状态下运行，粉磨物料的出磨细度变化保证在允许的数值之内，出现问题在 1 分钟之内发现，10 分钟处理完成。
4. 在正常运行过程中产品质量在线监测，产品出选粉机之后 5 分钟即可取得细度数据，发现问题能够及时处理。有效控制产品不合格率。
5. 上述在线监控集中反应在中控室屏幕上，具有保存、调控、联动操作功能。
6. 特定数据及指标可由智能编程，实现自动调控，回复正常等智能化功能。
7. 由管磨机、选粉机、成品质量的在线监测支持，新上生产线会在较短的时间内调试完成，且在变更原材料质量的前提下，也会很快完成生产线调试达产目标。

六、绿色低碳胶凝材料发展前景

国务院碳达峰发展规划中所称：新型胶凝材料、低碳混凝土在国内市场也被称作低碳水泥、地聚物水泥、工业固废绿色复合胶凝材料。

用途非常广泛，可用于公路基础施工、民用建筑施工、矿井坑道填充、人工岛礁、防火涂料、防火墙构件、透水砖、人行道地砖、屋顶防水、池塘防水、建筑砌块、加砣混凝土、内外墙面装修、地热保护层、国标水泥混合材等多种用途，据了解目前国内仅有的几家生产企业，其销售量供不应求。非常受市场欢迎和高度认可。复合国家碳达峰、碳综合发展方向，有非常广阔的前景。

首先要对地聚物水泥混合材作用重新认识。以往，人们对混合材及外掺料的作用，仅认识到它可降低水泥或混凝土成本；可改善新拌混凝土的和易性、硬化混凝土的抗渗透性等性能；还有利于消除工业垃圾，保护生态平衡。却很少有人认识到，随着技术的进步充分发挥混合材与外掺料的化学活性之后，将能大量取代熟料用量，更大程度发挥节能减排的作用。

《固废基胶凝材料》中国工程建设标准化协会团体标准。T/CECS10400-2024,

国家质检总局、国家认监委、国家标准委等五部委联合发布《关于推动绿色建材产品标准、认证和标识工作的指导意见》附件：绿色建材产品分级认证实施细则清单中，序号 4，产品大类：围护结构及混凝土类，产品种类：砌体材料，编号：GJC-CGP1304：2021。

新建生产绿色胶凝材料的企业可以根据五部委发布的文件内容，对自己的产品申请鉴定，取得‘中国绿色建材产品认证证书’，制定备案审批的《企业标准》，这样就可以正常生产和推广销售。

申报地区或省级固体废弃物综合处理项目，获得政府补贴

