

复合肥滚筒设备的高效混合与造粒技术研发及应用

莫晓忠

浙江同力重型机械制造有限公司

DOI:10.12238/jpm.v6i6.8126

[摘要] 复合肥滚筒设备在复合肥生产中扮演着至关重要的角色，它承担着物料混合、造粒成型及干燥冷却等多项功能，直接影响着复合肥产品的质量、均匀度和外观。而高效混合与造粒技术对于复合肥滚筒设备的性能提升具有决定性意义。均匀混合确保了不同养分元素在每一颗颗粒中的分布一致，提高肥料利用率；先进的造粒技术则能显著改善颗粒的强度、圆整度和粒径分布，使其更易于储存、运输和施用。基于此，本文主要论述了复合肥滚筒设备高效混合与造粒的主要工艺流程和技术的控制要求，并给出了未来发展趋势，为复合肥滚筒设备研发提供重要参考。

[关键词] 复合肥滚筒设备；高效混合；造粒技术

Research and application of high efficiency mixing and granulation technology for compound fertilizer drum equipment

Mo Xiaozhong

Zhejiang Tongli Heavy Machinery Manufacturing Co., LTD.

[Abstract] The compound fertilizer drum equipment plays a crucial role in the production of compound fertilizers. It performs multiple functions including material mixing, granulation, and drying and cooling, directly impacting the quality, uniformity, and appearance of the compound fertilizer products. Efficient mixing and granulation technology are decisive for enhancing the performance of the compound fertilizer drum equipment. Uniform mixing ensures consistent distribution of different nutrient elements in each particle, improving fertilizer utilization; advanced granulation technology significantly enhances the strength, roundness, and size distribution of the particles, making them easier to store, transport, and apply. Based on this, this paper mainly discusses the main process flows and technical control requirements for efficient mixing and granulation in compound fertilizer drum equipment, and provides future development trends, offering important references for the research and development of compound fertilizer drum equipment.

[Key words] compound fertilizer drum equipment; efficient mixing; granulation technology

当前农业生产对高品质复合肥料的需求日益增长，而滚筒造粒技术作为复合肥生产中的核心环节，其效率与产品质量直接影响农业生产效益。传统滚筒造粒设备在混合效率、成球率和颗粒均匀性等方面存在诸多局限，难以满足现代农业精细化施肥的需求。因此，不断研发和应用高效混合与造粒技术，对

优化复合肥滚筒设备性能，实现机械制造产业的可持续发展具有重要的战略意义。

一、复合肥滚筒设备造粒的原理

复合肥滚筒设备造粒技术基于物料在动态翻滚中，通过物理团聚与化学固化相结合的方式形成颗粒，其核心原理在于利

用滚筒的旋转运动，促使粉状原料与液态粘合剂充分接触并均匀混合，在机械剪切力与离心力的协同作用下，物料逐渐团聚成核并随滚筒转动持续滚动增大，最终在热风干燥或冷却固化阶段完成颗粒成型。该工艺的特点在于通过调整滚筒倾角、转速及内部抄板结构可精准控制颗粒的粒径分布与紧实度，同时结合粘合剂雾化喷涂系统实现原料成分的均匀包覆，从而确保养分分布的均一性；设备采用模块化设计使原料适应范围广泛，既能处理高湿度粘性物料，也可加工低水分松散物质，显著提升了配方的灵活性；造粒过程中封闭式运行体系有效减少粉尘逸散与养分损失，符合环保生产要求；滚筒内壁的特殊耐磨衬层与智能温控装置的配合，既延长了设备使用寿命，又避免了高温对活性成分的破坏；相较于其他造粒方式，该技术兼具连续化生产的高效性与产品球形度优良的特点，颗粒表面光滑致密，抗压强度与溶解速率达到理想平衡，尤其适合缓释型复合肥的生产需求；其低能耗、低维护成本的运行特性，进一步强化了该设备在规模化肥料加工领域的竞争优势。

二、复合肥滚筒设备高效混合与造粒的主要工艺流程

复合肥滚筒造粒工艺流程以系统性操作为核心，通过多道工序协同完成物料形态转换与品质提升。原料配比工序需依据目标肥效要求精准计量氮、磷、钾等基础元素及其辅料，借助自动化称重装置实现各组分动态平衡。均质化处理过程采用双轴桨叶式混合机或三维运动混合设备，通过剪切与对流双重作用消除物料分层现象，确保原料微观尺度的均匀分布。成粒处理阶段将预混物料连续输送至倾斜式回转滚筒装置，利用筒体旋转产生的离心力与物料自重形成的复合运动轨迹，辅以适量液相粘合剂雾化喷洒，促使粉体颗粒在滚动吸附过程中形成致密球形结构。脱水处理单元配置多级温控热风系统，通过调节气流速度与温度梯度实现颗粒表面水分梯度蒸发，同步完成物理强度强化与化学性质稳定。分级筛选环节采用多层振动筛网联合作业，依据预设粒径范围实施多维度质量管控，对超规格颗粒实施闭环回收再加工。成品封装工序集成自动计量、充填与缝包装置，结合防潮阻隔材料确保产品储存稳定性。整个生产流程通过中央控制系统实现工艺参数实时监测与动态优化，重点控制滚筒倾角、转速与滞留时间的匹配关系，兼顾造粒效率与颗粒圆整度指标，同时注重能源梯级利用与粉尘捕集处

理，形成清洁化、连续化的现代化生产体系。

三、复合肥滚筒设备造粒技术的控制要求

（一）水分控制

在复合肥滚筒造粒工艺中，水分控制是决定颗粒形态与产品性能的关键技术环节。适宜的含水率能够通过润湿作用促使原料微粒间形成液桥力，增强物料的黏聚效应，从而保障颗粒成型的均匀性与结构致密性。当物料含水率超过临界阈值时，表面张力与毛细作用力的过度增强将引发颗粒间的异常黏附现象，导致造粒系统内出现物料结拱、颗粒异形等工艺异常，进而影响产品的堆积密度、流动特性及养分释放效率。为此需构建多维度的水分调控体系：在原料预处理阶段实施精准的含水率检测与动态补偿，通过红外在线监测装置实时追踪物料湿度变化曲线；在造粒滚筒内部设置梯度式干燥模块，利用逆流热风与物料运动轨迹的协同作用建立渐进式脱水机制；针对不同配方原料的吸湿特性差异，采用变频调节技术动态调整滚筒转速与倾角，从而优化物料在造粒区的滞留时间与受热均匀度。同时需建立湿度反馈调节系统，通过采集造粒区蒸汽压、排气湿度等参数构建数学模型，实现造粒过程的水分动态平衡。在设备维护层面，应定期清理滚筒内壁的积料层，消除残留湿料对后续批次产品的交叉影响。

（二）颗粒大小控制

复合肥滚筒造粒过程中颗粒大小的精准控制，需通过多维工艺参数的协同调整实现，核心在于优化设备运行状态与物料动态特性的匹配度。滚筒转速作为关键调节变量，直接影响物料在筒体内的滞留时间与滚动轨迹，需根据配方黏结特性动态平衡离心力与重力作用，促使物料在适当前提下完成逐层包覆形成致密颗粒。造粒器几何构型与安装角度的设计需兼顾破碎与团聚的双向作用，通过调整导流板曲率半径、叶片倾角等参数引导物料形成螺旋状运动模式，确保粉体在剪切力与挤压力协同作用下形成粒径分布集中的颗粒。原料配比与含水率的稳定性是控制颗粒生长速率的基础条件，需实时监测以维持造粒区湿度处于临界成核区间。操作过程中应着重关注温度梯度对颗粒表面硬化程度的影响，通过热风循环系统与筒体冷却段的联动控制调节结晶动力学过程。颗粒均匀性的提升还需结合筛分系统的动态分级功能，采用多级振动筛与气力分选相结合的方式实现超限颗粒的在线返料与细粉回收。

（三）生产环境控制

生产区域应建立标准化洁净度维持机制，采用全封闭式建筑结构结合空气过滤装置，有效阻隔外部粉尘与异物侵入，同时配置自动化温湿度调节系统，通过实时监测与动态平衡技术实现环境湿度稳定，避免原料吸潮结块影响造粒均匀性。设备运行期间需执行三级防污染规程，包括设备表面负压除尘、传输管道静电吸附以及作业区正压送风，三重防护体系可最大限度减少生产过程中杂质混入风险。针对设备维护环节，需制定周期性深度清洁流程，采用高压气枪与食品级清洁剂配合的无残留清理方式，重点对滚筒内壁、筛网孔隙等易积料部位实施高频次维护，同步建立设备运行状态数据库，通过振动监测与红外成像技术预判机械磨损趋势，提前更换密封件与轴承组件，防止润滑油渗漏或金属碎屑污染物料。人员操作层面须执行标准化更衣消毒程序，作业人员需穿戴防静电连体服并经过风淋通道进入核心生产区，所有工具器具实施色标管理与定点存放制度，非生产必要物品严禁带入作业现场。通过此类多维联动的环境控制策略，形成覆盖空间布局、设备状态、人员行为的三位一体质控网络，为造粒工序提供稳定可控的作业条件。

（四）养分混合均匀度

复合肥滚筒设备造粒技术的养分混合均匀度控制，需进行多方面的协同管理，从原料预处理到造粒全程实施精准干预。原料配比阶段需采用双级预混工艺，通过分级投料与交错搅拌技术优化氮肥、磷肥、钾肥等基础元素的分散性，结合原料粒径与密度差异设计梯度混合方案，运用粉体流态化技术消除物料分层现象。造粒滚筒运行参数应实施动态优化调控，基于原料物性特征匹配转速梯度与筒体倾角组合模式，延长物料在滚筒内的有效滚动时间，促使不同养分元素在机械力与离心力协同作用下形成均质化母粒。生产过程中需集成在线动态感知系统，采用高精度近红外光谱检测装置实时扫描物料混合状态，通过建立养分分布热力图模型识别混合盲区。针对易吸潮或静电吸附的原料组分，需在预处理环节实施表面改性处理，采用防结块剂包覆与极性中和技术，降低因物性差异导致的分离倾向。质量控制环节需构建多维度均匀度评估体系，采用分层抽样法与三维成像技术检测颗粒截面养分分布，通过量化混合均匀度指标，同步建立批次追溯数据库记录关键工艺参数与检测

结果，为农业生产的精准施肥需求提供技术保障。

四、复合肥滚筒高效混合与造粒技术的发展趋势

复合肥滚筒高效混合与造粒技术正朝着更智能、更绿色的方向迈进，未来的发展将紧密结合现代科技与环保理念，通过多维度创新提升整体效能。在技术应用层面，智能控制系统与自动化设备的深度融合将成为核心趋势，生产流程中引入的实时监测装置能动态感知物料状态，结合数据分析灵活调整设备运行参数，这种动态调节机制既避免传统人工操作的滞后性，又确保混合均匀度与颗粒成型质量达到更优水平。在可持续发展方面，技术升级着重于能源结构的优化重构，通过热循环利用技术回收废气余热，改进滚筒内部结构设计以降低摩擦能耗，配合生物降解性辅料的应用，大幅削减生产过程中的碳足迹。清洁生产理念的落地还体现在粉尘收集与废水净化系统的智能化改造上，借助多级过滤装置与化学中和工艺实现污染物的源头控制。随着模块化设计理念的普及，设备维护周期得以延长，关键部件的快速替换功能进一步保障生产连续性。这种技术革新不仅带来能耗指标的持续下降，更推动产品物理特性与养分稳定性的同步提升，使得复合肥颗粒在抗压强度与溶解速率方面获得突破性改进。

总结

综上所述，复合肥滚筒设备的高效混合与造粒技术研发之路，是一个不断发展和适应时代变化的过程。未来，研发人员应继续深化相关研究，探索更为智能化的控制系统与节能环保的生产模式，致力于推动复合肥滚筒设备的技术革新，以期实现更大的经济效益和社会价值。

[参考文献]

- [1]赵莹.宁夏回族自治区科学技术进步三等奖获奖项目——水稻、玉米专用缓/控释肥工艺技术研发与应用[J].宁夏农林科技, 2022(8).
- [2]崔尚宝, 董正远, 王洪富, 等.滚筒造粒复合肥装置半料浆双氨化工艺技术升级改造[J].磷肥与复肥, 2021(07).
- [3]潘晓明, 李宜平.一种新型筛分机在硫基复合肥生产中的应用[J].化肥设计, 2023(6).

作者简介：莫晓忠；出生年月：1983.11；性别：男；籍贯：浙江桐乡；学历：本科。