

# Development and Related Research of the New 3D Mixer

Ye Yang<sup>1</sup> Zhiqiang Gao<sup>2</sup> Houtao Sun<sup>3</sup> Guangheng Tan<sup>2</sup>

1.China North Nuclear Fuel Co., Ltd., Baotou, Inner Mongolia, 014000, China

2.Nantong Nomai CNC Technology Co., Ltd., Nantong, Jiangsu, 226000, China

3.Harbin Institute of Technology, Harbin, Heilongjiang, 150000, China

## Abstract

The mixing of materials in the metallurgical industry is completed by the mixer. After mixing the traditional mixer, materials are easy to layer and easy to form spherical unity. In the horizontal mixing process, there are large material collision and friction and smaller material ppapers. The paper developed a new type of 3D mixer, which adopts the design principle of planetary gear mechanism, consisting of three movements: sun wheel revolution, planetary rotation, and support plate flipping, to achieve three-dimensional motion mode of materials. The 3D mixer not only solves the above-mentioned problems of traditional mixing well, but also has the advantages of small volume, high efficiency, and high level of automation management. The new 3D mixer has been successfully developed, providing a new method for solving the problem of material mixing.

## Keywords

mixer; metallurgy; 3D blend

# 新型三维混料机研制及相关研究

杨焯<sup>1</sup> 高志强<sup>2</sup> 孙厚涛<sup>3</sup> 谭光恒<sup>2</sup>

1. 中核北方核燃料元件有限公司, 中国·内蒙古 包头 014000

2. 南通诺迈数控科技有限公司, 中国·江苏 南通 226000

3. 哈尔滨工业大学, 中国·黑龙江 哈尔滨 150000

## 摘 要

冶金行业中物料的混合采用混料机完成。传统混料机混料后存在物料易分层, 容易形成球形团结, 横向混合过程中造成物料碰撞摩擦大、物料颗粒变小等问题。论文研制了新型的三维混料机, 采用行星轮机构的设计原理, 由太阳轮公转、行星自转、支撑盘翻转三个运动组成, 实现物料的三维运动模式。三维混料机不仅较好地解决传统混料的上述问题, 同时兼具体积小、效率高、自动化管理水平高等优点。新型三维混料机已成功研制, 对于解决物料混合的难题提供了新的方法。

## 关键词

混料机; 冶金; 三维混料

## 1 引言

混料机是冶金行业普遍应用的一种粉末混合设备。混料机用来将两种甚至多种物料, 按照固定的成分配比进行混合, 要求物料混合后质地均匀, 密度一致。混料工艺是冶金企业生产的重要环节, 若物料混料不合格, 会直接影响产品质量。

传统 V 型混合机, 利用混料机二圆柱桶长度不相等, 行程不对称的原理进行混料操作。缺点: 当混合粉体物料物性差距较大时, 一般不能得到理想的混合物, 能耗较大, 颗粒间相互冲击、摩擦较大, 易改变粉体组元的基本特性, 如粒度变小、颗粒形状改变。

传统双轴混合机, 采用水平双轴布置<sup>[1]</sup>, 将粉体加入双轴料桶中, 随着料桶的不断旋转, 粉体物料在容器中进行复杂的撞击运动, 达到均匀的混合。缺点是: 转速过慢时, 效率低, 物料容易分层滚动, 无法快速有效地掺入混合, 而且容易形成球形结团粒。

鉴于传统混料设备中存在的问题, 论文设计了一种新型三维混料机, 在不改变物料组元特性前提下, 兼顾混料均匀, 混料速度快, 混料效率高, 占地面小, 自动化程度高的新型三维混料机

## 2 三维混料机结构设计

### 2.1 三维混料机的原理

论文设计的三维混料机运行原理如图 1 所示。

【作者简介】杨焯 (1993-), 男, 中国山西忻州人, 本科, 工程师, 从事试验堆弥散燃料制备工艺研究。

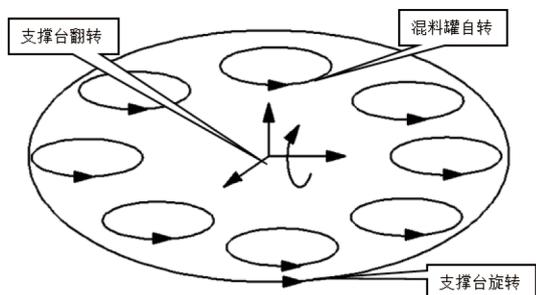


图1 三维混料机原理图

三维混料机的运动由三重运动组成，分别是混料罐自转、支撑台旋转、支撑台翻转。工作时，由于混料罐具有多轴运动，在物料在混合过程中，加速了物料流动和扩散，同时避免了一般混合机因离心力作用所产生的物料比重偏析和集聚现象。

## 2.2 三维混料机结构设计

三维混料机的原动机是三个伺服电机，利用行星齿轮机构实现行星轮自转，太阳轮公转等运动，最后一个电机实现系统的翻转运动。整体结构如图2所示。

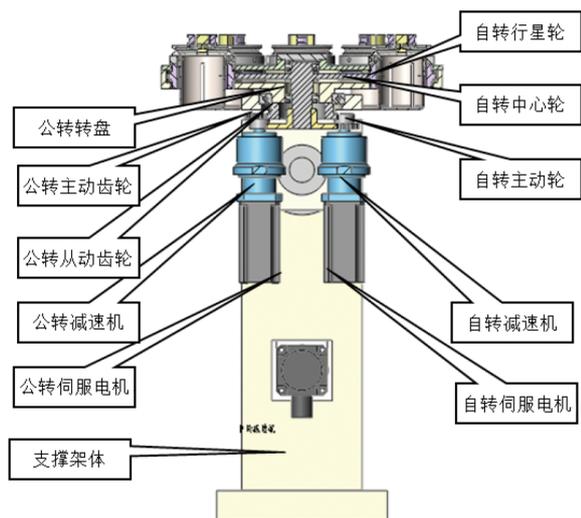


图2 三维混料机结构图

三维混料机运动由三个运动组成，即支撑台翻转、支撑台旋转、混料罐自转。三维混料机的工作方式如图1所示，保证混料罐内的物料运动轨迹为三维空间多轴运动。三维混料罐采用镶嵌式卡扣设计，保证混料罐安全固定在公转转盘上，保证运动过程中混料罐不掉落。混料罐的封口采用机械镶嵌形式，保证混料过程中灌口不松动。

三维混料机由：公转转盘、公转主动齿轮、公转减速机、公转伺服电机、自转行星轮、自转中心轮、自转主动轮、自转减速机、自转伺服电机、支撑架体等部件组成。自转部件与公转部件紧密配合，完成粉末物料的三维轨迹拟合，使物料在运动过程中实现三维运动。

## 2.3 关键件结构设计

盛装物料的混料罐是三维混料机的主要部件。混料罐

必须具备结构简单、密封牢固、罐盖开关便捷，质量轻等特点。

混料罐主要由锁紧块、罐盖、锁紧弹簧、罐体夹持槽、罐体固定槽、松开限位块、罐体、搅拌棒、定位键槽构成。结构图如图3所示。

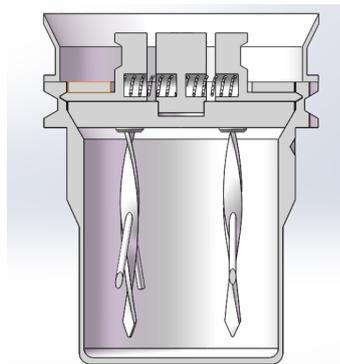


图3 混料罐结构图

### 2.3.1 罐体

罐体材料采用304不锈钢，表面粗糙度达到0.08mm，厚度1.5mm，更光滑不粘物料。罐体配件材料采用铝合金材质，质量更轻，外观更美观，人工操作更轻便。

罐体内部尺寸按使用要求设计，为便于夹持和扣、取罐盖，罐体开有槽体固定槽，用于混料机之间的安装和固定，开有夹持槽，用于人工或者机械手夹持。开有定位键槽，用于周向定位。混料罐采用径向定位和圆周定位相结合的方式夹持，定位更准确，夹持更牢固，可靠性更高。

### 2.3.2 罐盖、锁紧块与松开限位块

罐盖与罐体采用90°圆锥面密封，灌盖开有含入锁紧块的导向部位，在锁紧弹簧作用下，前端楔面插入罐体环形槽内，实现罐盖与罐体90°圆锥面的紧密接触；在开盖及机械手夹持锁紧块夹持槽、加力，在其作用下，两个锁紧块回缩脱离罐体环形槽，机械手抬起，即可将罐盖打开。松开限位块的作用是确保锁紧块两端楔形面同时缩回。

### 2.3.3 搅拌棒

罐体内装三根搅拌棒采用304不锈钢材料，除自身转动外还参与三维运动搅拌混料，使得混料更均匀。

## 2.4 关键件分析

三维混料机中的主轴为系统关键件。此件在运转过程中受旋转力矩、倾覆力矩、自重的影响其受力情况为静应力与负力矩共同作用，受力情况复杂。此件为三维混料机结构设计中的重要零件，因此有必要对此件进行应力分析，保证设计结果的正确性。

在Solidworks Simulation仿真模块中<sup>[2]</sup>，对三维混料机进行应力分析。分析模式为静应力分析，零件固定方式为法兰端面固定，载荷为80kg，材料属性使用Solidworks材料库中定义的普通碳钢材料（对应45号钢材料），分析结果如图4、图5所示。

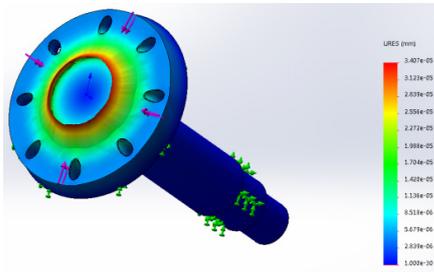


图4 主轴合成位移情况

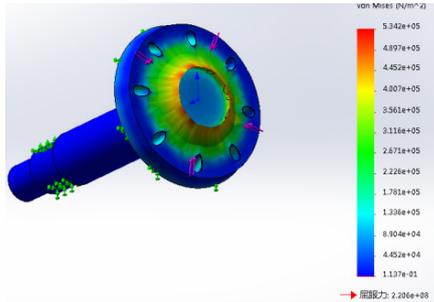


图5 主轴应力分布情况

从上述静应力分析结果可知：三维混料机主轴最大应力和最大变形量出现的位置与我们经验分析的失效位置是同一位置，由此可证明静应力分析的结果是正确的。应力分析结果显示三维混料机主轴的变形位移最大值为0.000034mm，符合设计要求，因此能够保证三维混料机主轴长期稳定地工作。

### 3 三维混料机的应用

本三维混料机不仅具有传统混料机的全部功能，还同时相对传统混料机有如下优点：

- ①对不同颗粒性状的物料混料效果不降低。
- ②混料完成后，物料不分层，混合效果好。
- ③占地面积小，混料效率高，同时混合8罐物料。

④三维混料机，不仅可单独使用，而且可以嵌入数字化生产线，进行高质量加工生产。如图6、图7所示。



图6 三维混料机实物



图7 三维混料机嵌入生产线

三维混料机研制成功，不仅解决了传统混料机，混料效果差，混料易分层等问题，也能将混料机能嵌入自动化生产线，提升了混料工艺过程中产品自动化加工及数字化管理的能力。新型三维混料的研制成功，对于冶金行业粉料、粒料等物料混合，提供了新的手段。

#### 参考文献

- [1] 赵峰,刘配,刘建华,等.双轴混料机的创新设计与应用[J].粮食与食品工业,2022,29(1):40-42.
- [2] 刘新星,柴泽豪,郑海霞,等.基于SolidWorks Simulation对水表塑料壳体旋紧力矩的分析计算[J].中国仪器仪表,2023(12):30-33.