

流化床顶喷制粒工艺参数对颗粒特性的影响

原创 水林森,李扬 等 IPhFs工业药剂发烧友 2023-01-03 11:30 发表于广东

收录于合集

#工业药剂 26 #流化床 13

中国医药工业杂志 Chinese Journal of Pharmaceuticals 2021, 52(10)

• 1347 •

顶喷流化床造粒工艺参数对颗粒特性的影响

水林森¹, 李 扬², 刘 鸾¹, 刘剑桥¹, 郭永学^{1*}

(1. 沈阳药科大学制药工程学院, 辽宁本溪 117002; 2. 奥星制药设备(石家庄)有限公司, 河北石家庄 050000)

摘要: 顶喷流化床造粒过程中影响颗粒特性的参数众多, 本试验以微晶纤维素为模型颗粒、羟丙甲纤维素为黏合剂研究顶喷流化工艺参数对颗粒特性的影响。在单因素试验基础上, 运用 JMP 13.2.0 软件的定制设计考察了黏合剂的浓度和流速、喷雾压力、喷嘴高度(离散变量)对所得目标颗粒的压缩度、平均粒径、粒度分布(跨距)和流动性的影响, 建立了回归模型与交互作用图以研究各参数间的交互作用。结果表明, 喷嘴高度处于高水平时, 黏合剂流速越大, 会产生压缩度越小的颗粒, 喷嘴高度处于低水平时则压缩度变化量稳定。在低水平喷雾压力的作用下, 提升黏合剂浓度有利于提高颗粒平均粒径, 但喷雾压力处于高水平时, 改变黏合剂浓度则粒径增大不明显; 喷雾压力与其他因素的交互作用都体现为增大压力可减小平均粒径。处于较低的喷雾压力下, 颗粒流动性会随着黏合剂流速增大而显著增大, 但大的喷雾压力下, 颗粒流动性则会略微减小。

关键词: 流化床造粒; 顶喷; 颗粒; 定制设计; 交互作用; 压缩度; 粒径; 流动性

中图分类号: R944.27 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-8255(2021)10-1347-09

DOI: 10.16522/j.cnki.cjph.2021.10.011

来源: 中国医药工业杂志, 2021年10月(第52卷)

作者: 水林森, 李 扬, 刘 鸾, 刘剑桥, 郭永学

小编-引言

流态化/发展历史

固体颗粒的流态化是一种物理现象, 所指的是颗粒被上升气体或液体所悬浮, 这种悬浮现象出现于人们的生活活动中, 也被许多生产工艺所采用。随着气体或液体的属性(黏度、密度)及其流速和颗粒的粒径、密度、形状的变化, 出现了不同的流态化状态。

流态化是化工科学中的一门分支, 于1950年才出现在化工教科书(Brown等, 1950), 英文名为Fluidization。而流态化真正成为一门具有科学内涵的技术, 始于20世纪中期。

在我国, 出生于1587年江西奉新的宋应星将民间手工做了统计和描述, 并写成了我国历史名著《天工开物》, 其中就记载了“扬簸”(见图1), 其原理为: 下降谷物颗粒, 在处于流态化状态时于错流中进行风选, 吹走轻的秕, 回收净的谷物。

而真正将流态化技术引进到现代过程工业，举足轻重的发展莫过于煤炭的气化和石油的催化裂化，所以流化床最早应用就是煤炭领域。



流态化/概念

流态化（fluidization）简称流化，利用流动流体的作用，将固体颗粒群悬浮起来，从而使固体颗粒具有某些流体表现特征，利用这种流体与固体间的接触方式实现生产过程的操作，称为流态化技术，属于粉体工程的研究范畴。

流态化/基本特征

物质按照所处的条件不同，通常可表现为气态、液态或固态，而所谓“流态（化）”，既非气态、液态，也非固态，而是流体与固体颗粒相互作用而形成的一种新的状态。

流态化技术的出现是人类追求加工效率的所产生的，因为人类所接触到的物质，95%以上都是固态物质，而且因为这些物质块大、比表面积小而不能与其他物质充分接触，所以深加工利用的物理化学过程速率远远低于气态、液态形式。为了提高固态物质的加工利用效率，改变固态物质的加工状态是个有效而广泛采用的技术手段，所以就产生了一种非常规的状态——流态化。

流态化/基本条件

流化必须具备第一个条件——**最小流态化速度**（当然，这个概念的命名不尽相同，但是本质是一样的）。最小流态化速度是流态化重要的特征参数之一，是流态化操作流速的下限值，低于该流速，床层将失去流态化（就是咱们经常说的“塌床”），所以，必须以高风速带动固体物料实现气固混合、流化，然而如果一直保持这种风速，物料都将会逃逸（吹飞），而降低风速，又会出现“塌床”，所以经典流化床“上宽下窄”的造型诞生了，如下图所示：



顶喷流化床造粒工艺参数对颗粒特性的影响

01 摘要

顶喷流化床造粒过程中影响颗粒特性的参数众多，本试验以微晶纤维素为模型颗粒、羟丙甲纤维素为黏合剂研究顶喷流化工艺参数对颗粒特性的影响。在单因素试验基础上，运用JMP 13.2.0软件的定制设计考察了黏合剂的浓度和流速、喷雾压力、喷嘴高度(离散变量)对所得目标颗粒的压缩度、平均粒径、粒度分布(跨距)和流动性的影响，建立了回归模型与交互作用图以研究各参数间的交互作用。结果表明，喷嘴高度处于高水平时，黏合剂流速越大，会产生压缩度越小的颗粒，喷嘴高度处于低水平时则压缩度变化量稳定。在低水平喷雾压力的作用下，提升黏合剂浓度有利于提高颗粒平均粒径，但喷雾压力处于高水平时，改变黏合剂浓度则粒径增大不明显；喷雾压力与其他因素的交互作用都体现为增大压力可减小平均粒径。处于较低的喷雾压力下，颗粒流动性会随着黏合剂流速增大而显著增大，但大的喷雾压力下，颗粒流动性则会略微减小。

02 背景介绍

流化床制粒(fluidized bed granulation, FBG)过程中，经预处理后满足工艺需求温湿度的空气以一定风量从底部气流分布板引入床内，而黏合剂被雾化成液滴，经喷枪垂直向下喷入。由于气流方向与黏合剂喷入方向相反，使得粉末物料与黏合剂在床内充分接触，颗粒在重力和升力的作用下，不断地在床扩展层被吹起与下落；粉末物料与黏合剂液滴在床内不断发生碰撞、润湿、黏结、团聚、干燥、再碰撞等过程，使粉末成为具有一定粒度分布、含水量的颗粒，这些颗粒过筛整粒后可用于压片、胶囊充填、作为缓释包膜的药芯等用途，在此造粒过程中，物料的混合、制粒、干燥同

时进行，因此又称一步制粒。1964 年SCOTT 等将此法改进后应用于医药工业，我国于1980 年引进沸腾制粒、包衣设备。**FBG 优点在于：生产工艺简单、自动化程度高；所得颗粒粒度分布集中、均匀、多孔、溶解性能好；颗粒的流动性和可压性好，压片时片重波动幅度不大，所得片剂崩解性能好、外观属性较佳；颗粒间较少或几不发生可溶性成分迁移，有效减小了压片后片剂含量不均匀的可能性；在密闭容器内操作，无粉尘飞扬，符合GMP 要求。**FBG 不仅广泛用于化药制剂的研究，也适于中成药，尤其是浸膏量大、辅料相对较少的中药颗粒的制备，及对湿和热敏感药物的制粒。

BOUFFARD等报道气流速率从8m/s 降低到4m/s 时，产品的几何平均直径可从610 μ m 增大到966 μ m。EHLERS等报道增加喷雾速率时，固体颗粒可获得更多的黏合剂，导致床层更湿润，因此会形成较大尺寸和较低堆积密度的颗粒，借此可控制颗粒生长。美国Fluid Air 公司改进了容器及气流分布板：容器采用低碳不锈钢，设计为下窄上宽的圆锥体；并采用开孔更均匀、更光滑的分布板，除能抑制在干燥时出现的塌床、气流分布不均匀外，也便于清洗及消毒。2019 年，TAKASAKI等开发了绿色流化床造粒(green fluidized bed granulation, GFBG) 技术，基于水分活化的干法制粒技术和仅使用混合和流化床制粒的喷雾过程，不需要加热处理。相比于目前的FBG 和高剪切制粒(high shear granulation, HSG) 方法，GFBG 是一个更小耗能和环境友好的造粒方法。对于批量700g的制备过程，GFBG的耗时低于20min，较FBG和HSG显著缩短。

流化床与计算机和数学模型的结合能预测工艺效果。CLARKE 等建立了鼓泡流化床计算流体力学- 离散元模型(CFD-DEM)，模拟得到的粒子速度图与使用磁共振成像(MRI) 收集的试验数据有较好的一致性。LIU利用Box-Behnken设计研究了顶喷流化床造粒过程的脉冲频率、黏合剂流速和雾化压力的影响，建立了数学模型来预测颗粒的平均大小、产量、分布相对宽度等特性，验证试验结果与预测结果高度相似。“21世纪制药行业cGMP：一种基于风险的方法”是美国FDA 在2004 年推出的新举措，目的是刺激和鼓励制药企业和专家将新技术运用于传统的制药领域，对基于风险的现代制药生产方式进行监管，实现现代化的质量管理技术。如过程分析技术(process analysis technology, PAT) 与流化床结合方面的研究，KORASA 等介绍了适用于药物包衣的PAT——近红外(NIR) 光谱和拉曼光谱，还讨论了近年来取得重大突破的太赫兹脉冲成像(terahertz pulse imaging)、弦长分布(chord length distribution) 等新分析技术的应用理论。PAULI 等开发了基于偏最小二乘法的NIR 方法，用于在连续双螺杆湿法制粒和流化床干燥过程中预测干燥颗粒的粒度分布(particle size distribution, PSD)，结果显示实测值与预测值之间具有良好的一致性。

为研究顶喷流化床制粒过程中喷雾变量对颗粒特性的影响，本试验以微晶纤维素(MCC) 为模型颗粒、羟丙甲纤维素(HPMC) 为黏合剂研究流化工艺参数对颗粒特性的影响。以颗粒的粒度分布、流动性

和压缩度为指标，采用单因素试验与定制设计(customized design) 获得各工艺参数对颗粒特性的独立与交互影响。

02

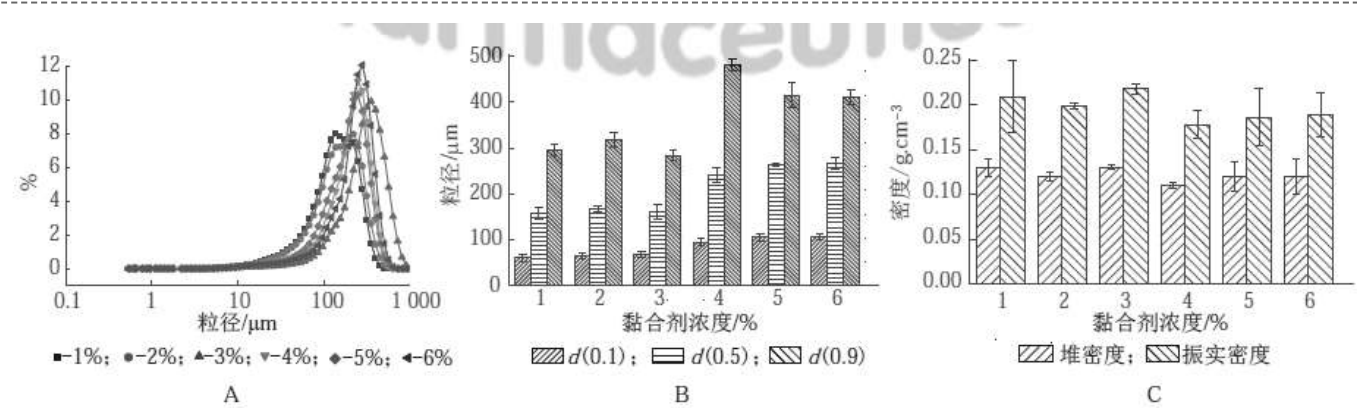
方法与结果

制粒试验

影响颗粒特性的参数众多，且存在交互影响，为了将流化变量与设备变量对颗粒的影响控制到最小，结合预试验结果将物料批量设定为150g，最小流化风量为5m³/h，混合10min；流化风量为10m³/h(1-15min)、12m³/h(15-45min)和15m³/h(45-60min)（如此设定是为了使床内颗粒质量增加时仍满足流化状态），造粒时间为60min，反吹压力为0.25MPa、每40s反吹1.5s。造粒后，颗粒在鼓风干燥箱中干燥12h，取出测量粉末特性。

01

黏合剂浓度对颗粒的影响



A：粒度分布，B：粒径，C：密度
图 1 黏合剂浓度的影响 (n=3)
Fig.1 Influence of Binder Concentration (n=3)

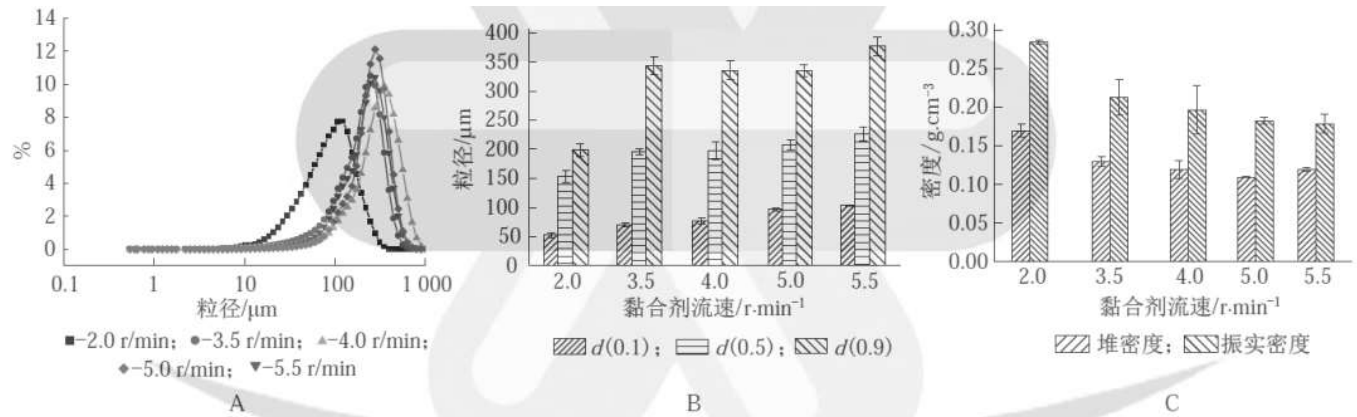
保持“制粒试验”项下参数不变，雾化压力为1.5MPa，黏合剂流速为3.0r/min，以系列浓度黏合剂(1% ~ 6%) 分别造粒，干燥后使用激光粒度仪(干法测定，介质为空气，压力0.05 ~ 0.1MPa，遮光率为0.5 ~ 5)测量颗粒的粒度分布情况；使用智能粉体特性测试仪测量堆密度与振实密度等特性参数。结果见图1。

试验表明，黏合剂浓度越低，越难成粒，颗粒越易碎，造粒时间越长。这和黏合剂的附着力和黏合力有关；当黏合剂浓度低于6.0%时，造粒超过15min 就会造成塌床，需要更高的风量来流化颗粒。黏合剂浓度可直接影响喷雾液滴的附着力，颗粒成核初期依赖于液滴在粉末表面的润湿，小颗粒相互碰撞形成更大的颗粒，附着力越大，形成颗粒的平均粒径越大，造成粒度分布曲线右移(图1A)。图1B 显示了黏合剂浓度对颗粒d(0.1)、d(0.5)和d(0.9)的影响。随着黏合剂浓度的增大，粒径呈现出规律性增加，也说明更高的黏附力

会造出粒径更大的颗粒。 $d(0.9)$ 的最大值出现在黏合剂浓度为4.0 %时；试验中观察到当黏合剂浓度为5.0 %时，有部分大颗粒物料会附着在储料层内壁，但还不至于出现塌床， $d(0.9)$ 的峰值也受此影响。由图1C可见，黏合剂浓度对颗粒堆密度并无太大影响。

02

黏合剂流速对颗粒的影响



A：粒度分布，粒径，C：密度

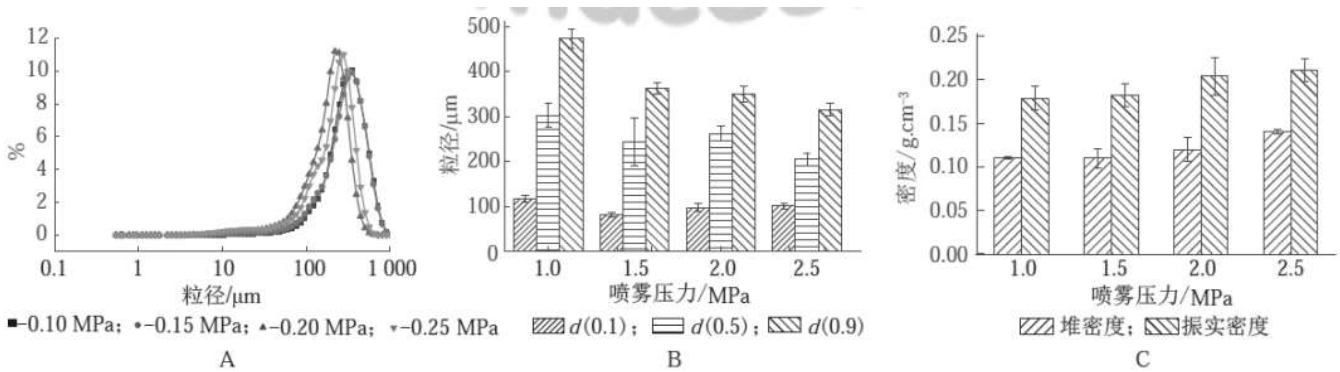
图 2 黏合剂流速的影响 ($n=3$)

保持“制粒试验”项下参数不变，雾化压力为1.5MPa，黏合剂浓度为4 %，以不同流速(2.0 ~ 5.5r/min)喷入黏合剂造粒，照“01”项下方法测量所得颗粒的粒度分布、堆密度与振实密度等参数。结果见图2。

如前所述，大的黏着力会造出粒径较大的颗粒，如图2A所示，随着黏合剂流速的增大，粒度分布曲线向粒径增大的方向移动。试验中观察到，黏合剂流速越大，颗粒越易成核，无论是细颗粒还是大于 $800\mu\text{m}$ 的大颗粒都会随着流速的增大而增大粒径；如图2B所示， $d(0.1)$ 、 $d(0.5)$ 和 $d(0.9)$ 的变化趋势显示出颗粒的粒径在增大。但黏合剂流速对颗粒堆密度和振实密度的影响则表现出相反趋势。由图2C可见，较高黏合剂流速下得到了较小堆密度和振实密度的颗粒，流速越快产生的颗粒孔隙率越大，这与许多文献中的结论都吻合。

03

喷雾压力对颗粒的影响



A：粒度分布，B：粒径，C：密度

图 3 喷雾压力的影响 ($n=3$)

保持“制粒试验”项下参数不变，黏合剂的浓度为4%、流速为3.0r/min，以系列喷雾压力(1.0 ~ 2.5MPa)造粒，照“01”项下方法测量所得颗粒的粒度分布、堆密度与振实密度等参数。结果见图3。

高喷雾压力能将黏合剂雾化成小液滴，液滴越小，代表具有的黏着力越小，降低了聚集成大颗粒的可能性，且需要更长的造粒时间。若雾化压力过大，雾化气流与流化空气反向运动，会造成床内气流非正常运动，造成塌床。图3A为喷雾压力对颗粒粒度分布的影响，颗粒粒径随压力增大向粒径减小的方向移动。图3B中显示，喷雾压力对细小颗粒的生成影响不大，但对大颗粒的影响较大；颗粒d(0.9)随着喷雾压力的增大而减小。从图3C可见，更高的喷雾压力下可产生更高堆密度和振实密度的颗粒。当压力过小时，雾化的黏合剂会不均匀地分散到床内，造成粒度分布宽或含量分布不均；反之，过大压力会使黏合剂雾化成小颗粒，延长造粒时间或造成塌床。因此对于特定物料的造粒存在最佳喷雾压力。

03 定制试验设计

考察因素及水平

喷枪距分布板的高度属于离散变量，响应面优化试验中无法考察喷嘴高度。定制设计是 JMP13.2.0 软件(美国SAS 公司)中特性化的实验设计类型，能按照个别试验的要求进行特异性设计，且能拟合响应面模型，利用交互作用图等分析各因素间的交互作用。本试验的考察因素及水平见表1。

表 1 定制设计的因素水平表
Tab.1 Factors and Levels for Customized Design

因素	水平		
	- 1	0	+1
喷雾压力(X_1)/MPa	0.10	0.15	0.20
黏合剂流速(X_2)/r·min ⁻¹	3.0	4.0	5.0
黏合剂浓度(X_3)/%	3.0	4.0	5.0
喷嘴高度(X_4)/cm	10		20

01 评价指标及测定方法

颗粒压缩度(particle compressibility, Y1) 是振实密度与堆密度之差与振实密度的百分比，反映2种状态下粉体体积减小的程度。

目标颗粒(指三号至五号标准药筛之间的颗粒)的平均粒径(Y2), d(0.1)、d(0.5)、d(0.9) 由激光粒度仪测得, 并用以计算跨距(span, Y3)。

颗粒流动性(particle flowability, Y4) 是将休止角、压缩度、平板角、均齐度或凝集度等指数加权求和得到的一组数值, 主要用来描述粉体在重力作用下自然流淌特性的强弱, 数值范围是0 ~ 100%, 直接由仪器读出。

02 试验方案与结果

批量及其他参数照“制粒试验”项下, 造粒时间增加至70min, 黏合剂喷雾结束后, 调整风速为15m³/h(由于部分试验存在轻微塌床, 调整了风量)。完毕后取出颗粒, 测定上述指标。每组试验重复3次。试验方案与结果见表2。运用JMP13.2.0软件进行二次回归模型拟合及交互作用分析。

表 2 定制设计的方案与结果
Tab.2 Arrangements and Results of Customized Design

编号	X ₁ /MPa	X ₂ /r·min ⁻¹	X ₃ %	X ₄ /cm	Y ₁ %	Y ₂ /μm	Y ₃	Y ₄ %
1	0.1	4	4	10	14	641.6	1.206	75.5
2	0.2	3	5	10	23	440.2	1.272	67.0
3	0.1	5	5	10	19	550.8	1.384	70.5
4	0.13	5	3	10	26	224.9	1.112	67.0
5	0.2	5	3	20	23	220.1	1.144	67.0
6	0.2	3	4	20	24	373.0	1.265	67.0
7	0.15	4	4	20	25	238.6	0.895	66.0
8	0.15	4	4	10	26	350.4	0.873	65.0
9	0.15	3	3	20	29	203.6	1.225	63.0
10	0.2	5	4.42	10	25	351.5	1.177	64.0
11	0.15	4	4	20	24	240.7	1.137	65.0
12	0.2	4	3	10	27	515.0	1.030	68.0
13	0.2	4	5	20	30	294.1	1.087	63.0
14	0.1	4	3	20	26	195.2	1.235	65.5
15	0.15	4	5	10	20	616.4	1.181	67.0
16	0.15	3	4	10	25	315.5	1.155	65.0
17	0.1	5	4	20	18	314.7	1.073	71.5
18	0.15	5	5	20	24	336.6	1.062	67.0
19	0.1	3	5	20	33	285.1	1.093	58.0
20	0.1	3	3	10	22	223.7	1.166	69.5

03 各因素对压缩度的影响

拟合结果显示, 对颗粒压缩度影响最大的独立因素是X₄, 但也不具有显著意义(P>0.05), 喷嘴高度越大, 造出的颗粒压缩度越高。各因素交互作用中, 黏合剂流速与喷嘴高度的交互作用对颗粒压缩度的影响最大(P<0.05), 且具有负相关性。因此, Y₁的拟合方程简化为Y₁=23.85-1.97X₂X₄(R²=0.9986)。图4显示了各因素交互作用对压缩度的影响, 可见, 喷雾压力在低水平条件下, 黏合剂流速增大, 反而颗粒的压缩度会减小; 无论黏合剂流速处于高水平还是低水平, 喷雾压力增大时颗粒的压缩度也在增大; 对于具有显著影响的X₂X₄, 喷嘴高度在高水平下, 黏合剂流速越大, 产生的颗粒压缩度越小, 喷嘴高度处于低水平则压缩度变化量稳定, 这将对实际造粒生产具有指导意义。

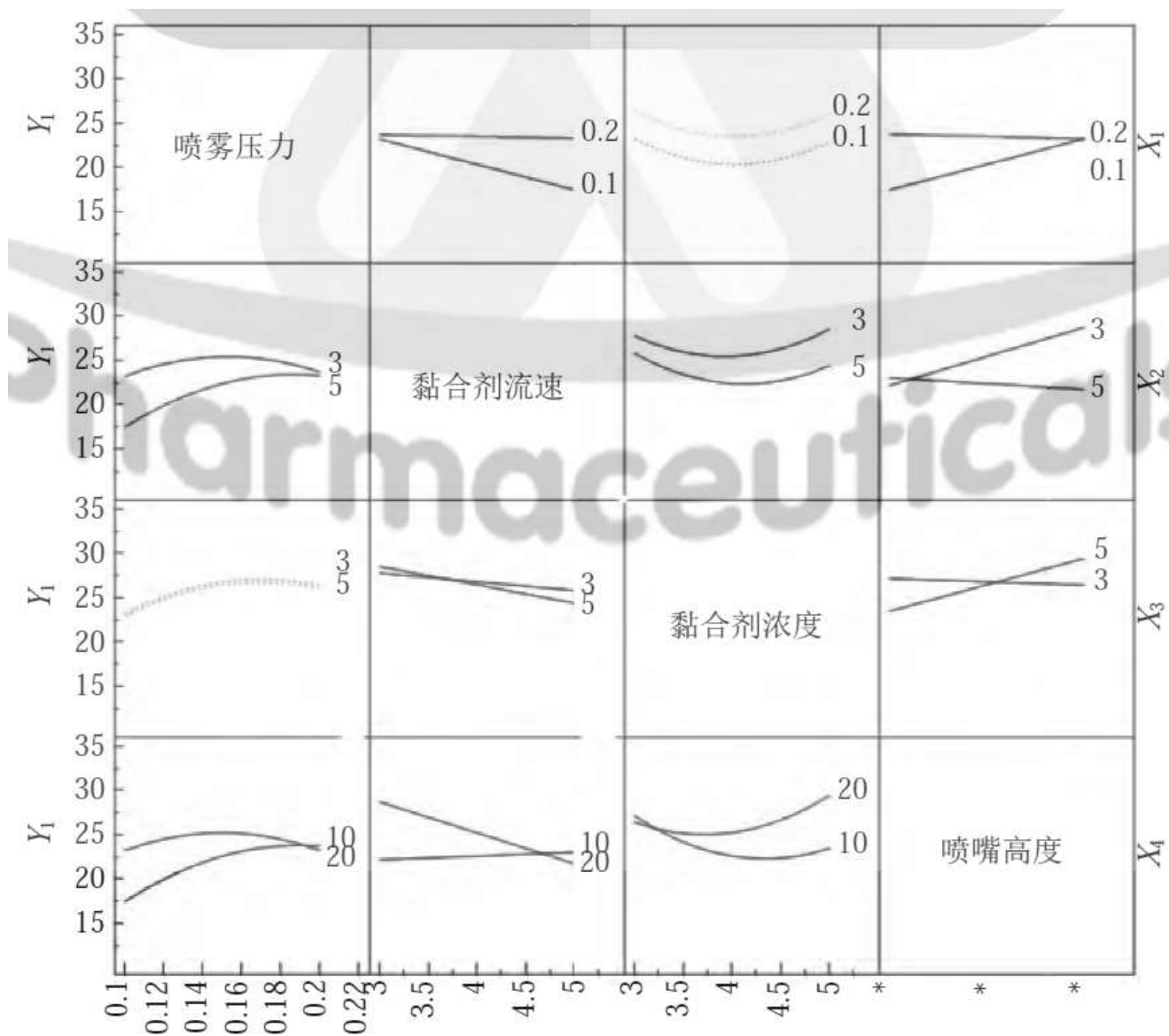


图 4 各因素对颗粒压缩度的交互作用图

04 各因素对目标颗粒平均粒径的影响

目标颗粒的平均粒径是颗粒剂的关键质量属性之一。对平均粒径的拟合结果表明，模型中因素 X_3 和 X_4 具有显著影响($P < 0.05$)，增大黏合剂浓度或减小喷嘴高度可得到粒径较大的颗粒，这和之前很多研究的结论一致。交互作用中， X_1X_3 、 X_2^2 影响显著($P < 0.05$)，且系数都为负数，提示与平均粒径呈负相关。所得拟合方程为 $Y_2 = 359.97 + 65.44X_3 - 75.55X_4 - 77.61X_1X_3 - 96.21X_2^2$ ($R^2 = 1.0000$)。图5显示了各因素交互作用对压缩度的影响。结合方差分析结果，喷雾压力在低水平的情况下，提升黏合剂浓度有利于提高颗粒的粒径；但喷雾压力处于高水平时，改变黏合剂浓度不会明显增大粒径。喷雾压力与其余因素的交互作用显示，增大压力可减小平均粒径，黏合剂流速自身的交互作用影响是非线性的，其余交互作用对粒径的影响并不显著。

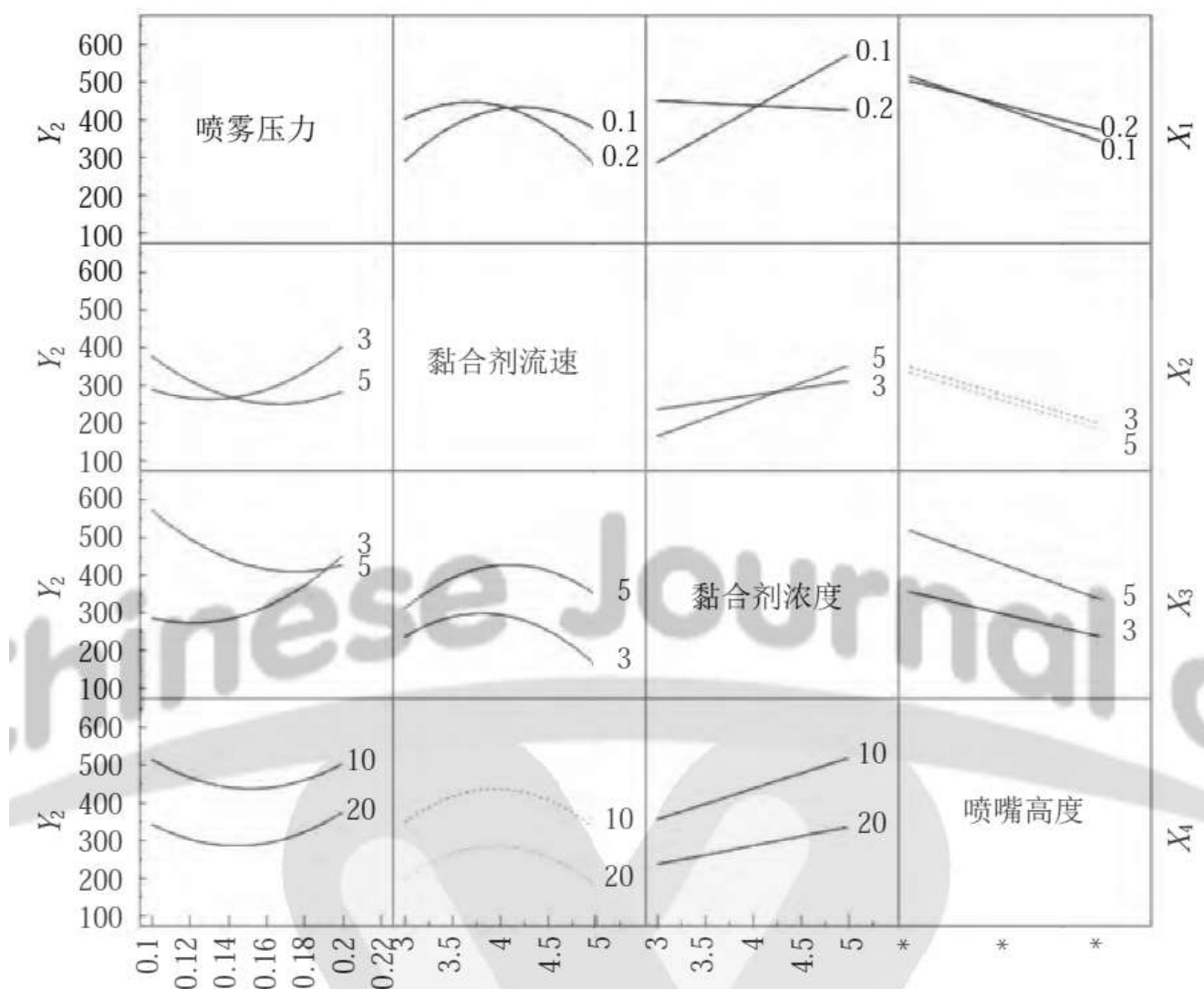


图 5 各因素对目标颗粒平均粒径的交互作用图

05 各因素对颗粒粒径跨距的影响

颗粒跨距是衡量粒度分布宽度的参数，跨距越小说明粒度分布越集中。拟合结果表明，在单因素中 X_4 对跨距的影响最大，但不具有统计意义($P>0.05$)；二次项中， X_1X_4 和 X_3X_4 的交互作用对跨距影响较大，其中虽然 X_1X_4 的 P 值大于0.05，但其交互作用可作为参考。所得拟合方程为 $Y_3=1.10-0.045X_4+0.063X_1X_4-0.091X_3X_4+0.12X_1^2$ ($R^2=0.9990$)。由交互作用图(图6)可见，喷雾压力处于低水平时，随着喷嘴高度的增加，颗粒粒径的跨距减小；喷雾压力处于高水平时，跨距变化不大。在 X_3 和 X_4 的交互作用中，若黏合剂浓度处于高水平，则随喷嘴高度的增加，粒径跨距减小；反之，若浓度在低水平时，喷嘴高度增加会造成跨距缓慢增大。这为制备粒度分布更集中的颗粒提供了解决思路。

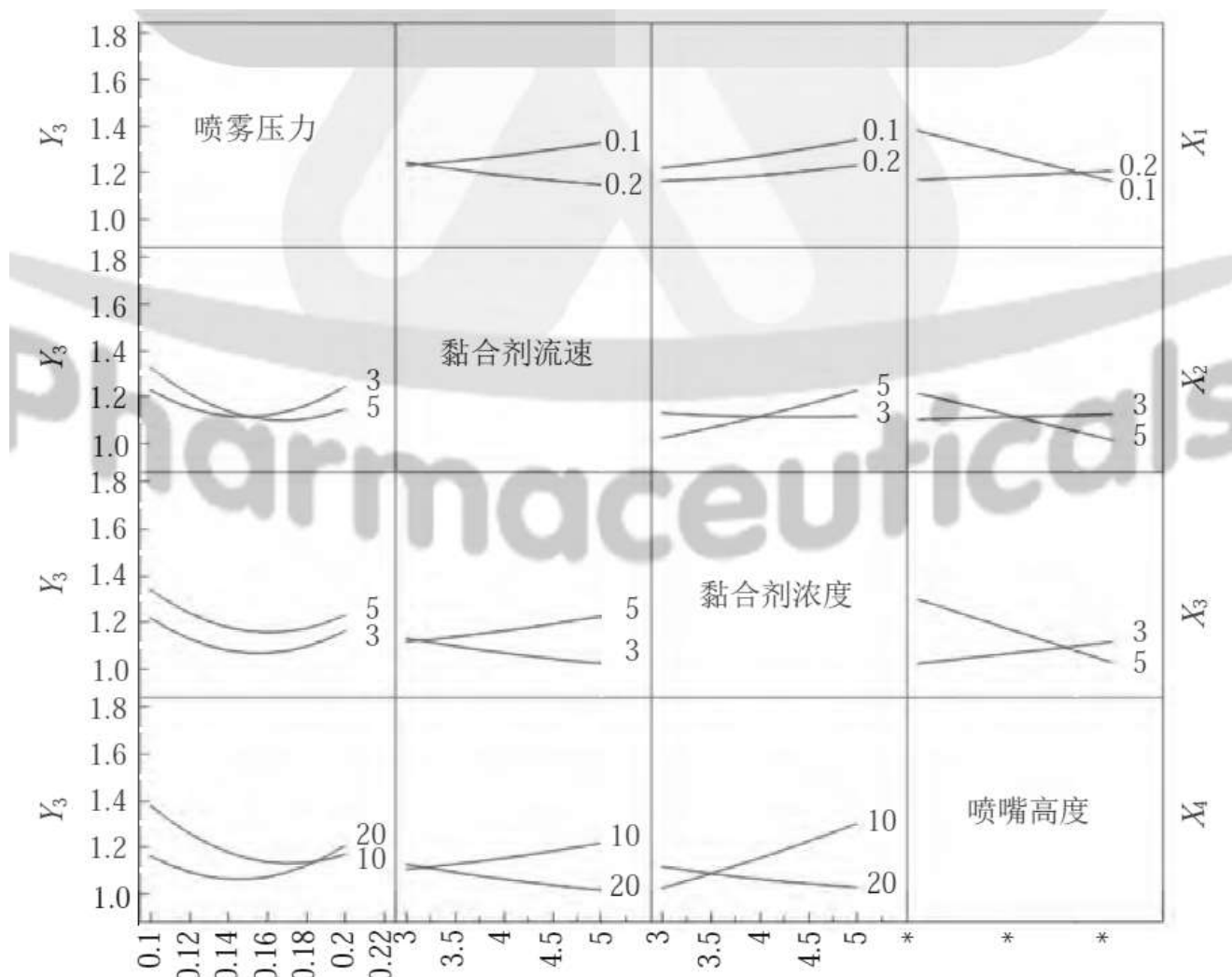


图 6 各因素对颗粒跨距的交互作用图

06 各因素对颗粒流动性的影响

颗粒流动性属于颗粒表观属性。拟合结果表明，喷嘴高度对流动性具有显著影响 ($P < 0.05$)，增大颗粒流动性需要减小喷嘴高度；黏合剂流速的影响也相对较大 ($P > 0.05$)，较大的流速将会产生流动性较大的颗粒。交互作用中， X_1X_2 和 X_2X_4 影响显著 ($P < 0.05$)，其次是 X_1^2 和 X_1X_4 ($P > 0.05$)。所得拟合方程为 $Y_4 = 66.35 - 1.18X_4 - 2.23X_1X_2 + 1.61X_2X_4$ ($R^2 = 0.9980$)。

从交互作用图(图 7)可见，处于较低的喷雾压力下，颗粒流动性会随着黏合剂流速的增大而显著增大，但较大的喷雾压力下，颗粒流动性则会略微减小；不同的是，无论黏合剂流速处于高水平还是低水平，喷雾压力增大都会得到流动性较差的颗粒；黏合剂流速与喷嘴高度对流动性的交互影响和前述相似，在于当流速处于低水平时，喷嘴高度距离越大，产生的颗粒流动性越差，而高水平下颗粒流动性会略微增大。

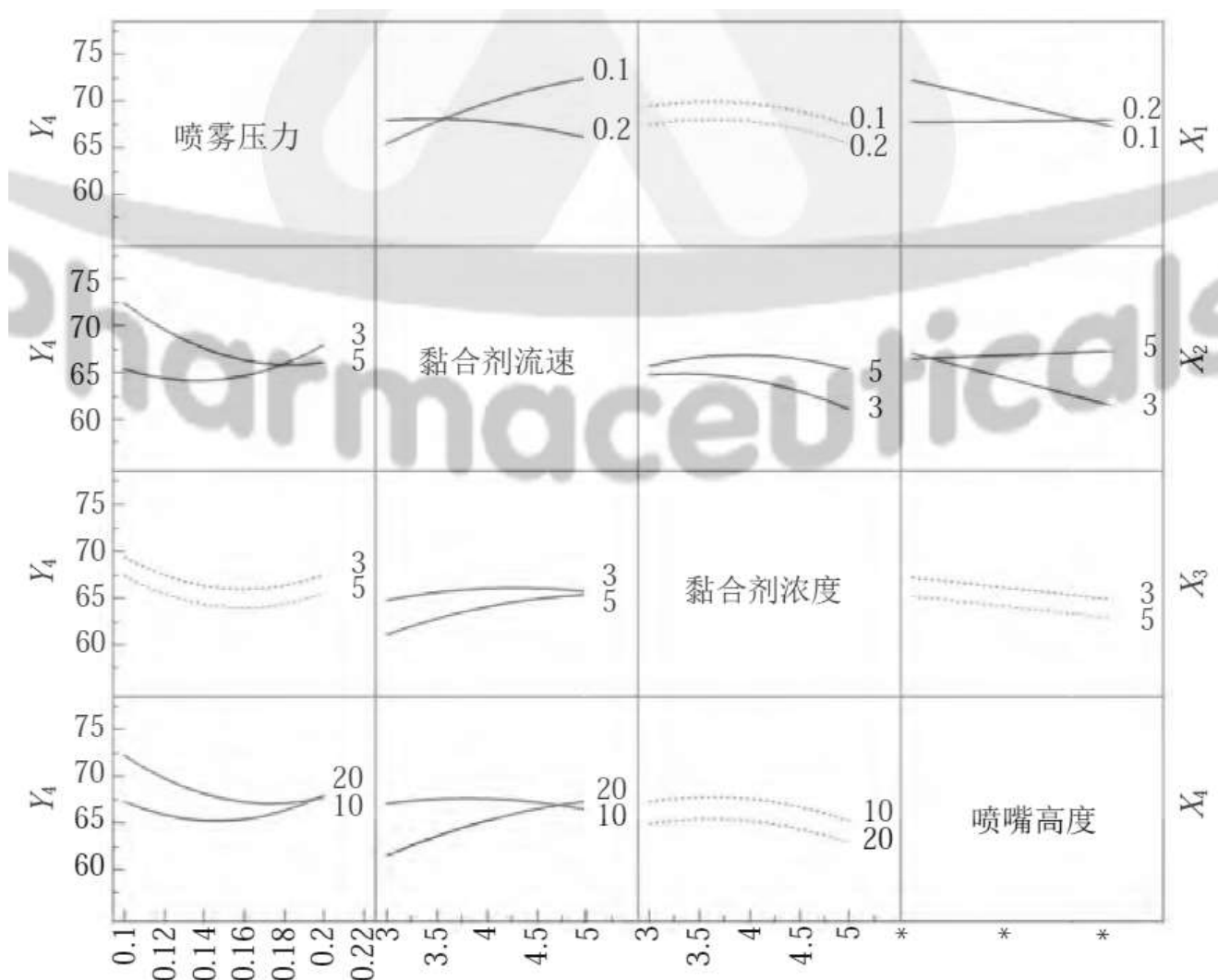


图 7 各因素对颗粒流动性的交互作用图

04 结论

本研究考察了以HPMC 为黏合剂进行MCC 造粒的过程中关键工艺参数对颗粒特性的影响。利用 JMP13.2.0 软件建立回归模型，并绘制交互作用图分析各影响因素间的交互作用。

结果显示：喷嘴高度处于高水平时，黏合剂流速越大，会产生压缩度越小的颗粒；喷嘴高度处于低水平则压缩度变化量稳定；在低水平喷雾压力的作用下，提升黏合剂浓度有利于提高颗粒的粒径；在喷雾压力处于高水平时，改变黏合剂浓度则粒径增大不明显；喷雾压力与其他因素的交互作用都体现为增大压力可减小平均粒径；处于较低的喷雾压力下，颗粒流动性会随着黏合剂流速增大而显著增大，但大的喷雾压力下，颗粒流动性则会略微减小；不同的是，无论黏合剂流速处于高水平还是低水平，喷雾压力增大时都会得到流动性较差的颗粒。

略

如需原文，请联系小编（13316551764）

**本微信公众号对所有原创、转载的内容、陈述、观点判断均保持中立，推送文章内容仅供公益性分享，部分转载作品、图片如有作者来源标记有误或涉及侵权，请原创作者友情提醒并联系小编删除。

END



REVIEW精品回顾

IPhFs 电镜/拉曼技术方向剖析原研制剂

IPhFs 药物3D打印技术及商业化进展

IPhFs 结晶技术与固态表征

IPhFs 流化床设计原理分享

IPhFs 流化床流场模拟分析

IPhFs 热熔挤出之共挤出工艺技术

IPhFs 固体分散体制备技术分享

IPhFs 混合机原理及直压辅料选择

IPhFs 休止角评价粉体流动性

IPhFs 压缩度与豪斯纳比评价粉体流动性

IPhFs 流出速度/孔隙速度评价粉体流动性

IPhFs 剪切池法评价粉体流动性

IPhFs 干法制粒工艺及设备设计思考

IPhFs 如何实现真正的粉末包衣

IPhFs 压片机原理及技术应用

IPhFs 热熔挤出(HME)原理及技术应用

IPhFs 压缩性能表征USP-NF<1062>

IPhFs 从过程分析技术(PAT)到中药智能制造

IPhFs 流池法在药物早期研究中的应用

IPhFs 挤出滚圆工艺与实战解决方案

IPhFs 口服溶液参比制剂目录与制剂处方Excel

IPhFs 儿童用药最全整理(集政策、前景、技术)

IPhFs 流池法参数对双氯芬酸钠缓释片释放的影响

IPhFs CDE溶出曲线问答解读

IPhFs PPT&回放-透皮乳膏粒度分析专题

IPhFs 电子舌在口感评价中的应用

IPhFs 皮肤外用制剂IVRT开发思路及注意事项

收录于合集 #工业药剂 26

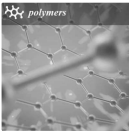
下一篇 · 元旦快乐 | 干法颗粒成片性损失假说及机制分析

喜欢此内容的人还喜欢

空间站“三室两厅”建成后，最“火”的为何是它？ | 图图科学说
图图是道



国防科技大学楚增勇教授团队：基于可编程、各向异性和图案化石墨烯褶皱层状复合物的可调谐应变传感器 | MDPI Polymers
MDPI化学材料



高丽大学EcoMat: 通过添加二甲基碘化铵控制CsPbI2Br的结晶并运用于高性能室内钙钛矿光电器件研究
EcoMat

