

# 一、全球及中国格氏试剂市场规模分析: 制药与农药核心驱动力(2025-2030)

## 1. 全球市场总量与复合增长率展望

格氏试剂(Grignard Reagents)作为经典的金属有机中间体,是有机合成中构建碳-碳键及碳-杂原子键的基石<sup>3</sup>。随着全球创新药活性药成分(API)分子结构的日益复杂化,以及农药和先进功能材料向定制化、高性能方向演进,全球格氏试剂市场在2025年至2030年期间表现出稳健且确定性的增长<sup>2</sup>。根据多方权威市场研究机构的测算模型,因统计口径(包含商品试剂与药企自产自用量)的差异,格氏试剂全球市场表现出多梯度的规模估算。总体年均复合增长率(CAGR)稳定落在5.6%至6.2%之间<sup>1</sup>。

表1: 2025-2030全球格氏试剂市场规模多维度预测模型

预测模型口径	2025年市场规模估值	2030年市场规模预测值	复合年增长率(CAGR)	核心增长驱动因子
全产业综合口径模型  (参考 MarketsandMarkets 模型)	50.7 亿美元 <sup>3</sup>	66.7 亿美元 <sup>3</sup>  (注:2030年规模达66.83亿美元 <sup>1</sup> )	5.6% ~ 5.7% <sup>1</sup>	全球抗肿瘤、神经系统药物研发(研发投入年逾2000亿美元)及定制研发生产(CDMO)外包服务景气度上升。 <sup>2</sup>
商品化流通试剂模型  (参考 Dataintel 模型)	18.0 亿美元 <sup>6</sup>	24.0 亿美元 <sup>6</sup>  (注:2034年将达31.0亿美元 <sup>6</sup> )	6.2% <sup>6</sup>	绿色除草剂和新型琥珀酸脱氢酶抑制剂(SDHI)类杀菌剂中试及商业化放量。 <sup>3</sup>
特定精细化工应用模型  (参考 Reanin 研究模型)	4.31 亿美元 <sup>7</sup>	5.92 亿美元(2030年)  (2032年达6.45亿美元 <sup>7</sup> )	5.9% <sup>7</sup>	高端聚合物合成中作为特种催化剂及稳定剂(占该模型应用之48%与32%)的需求起量。

## 2. 区域市场结构与中国市场地位

从区域地理分布来看，亚太地区是全球格氏试剂生产与消费的第一大板块，2025 年其市场份额占全球的 **30% 至 39%**<sup>2</sup>，并且也是全球增长最快的区域<sup>2</sup>。这一领先地位的确立，主要得益于中国作为全球最大原料药及精细化学品制造国，其下游制药、农药及化工产业体系极为完备<sup>2</sup>。同时，印度凭借其快速扩张的制药外包出口能力（2023-2024 财年制药出口达 265 亿美元<sup>2</sup>），成为亚太区需求增长最快的单一国家<sup>2</sup>。在欧美发达国家市场，美国和德国作为高度成熟的医药研发与精细化工大国，市场增长相对平稳，年均复合增长率约为 5.8%<sup>2</sup>。

## 3. 下游应用细分与产品类型占比

格氏试剂根据官能团的不同，主要分为烷基格氏试剂 (Alkyl Grignard)、芳基格氏试剂 (Aryl Grignard) 以及烯基/乙烯基格氏试剂 (Vinyl Grignard)<sup>1</sup>。

- 烷基格氏试剂：作为最基础的碳亲核试剂，2025 年占全球格氏试剂市场份额的 **48.5% 至 55%**<sup>2</sup>。该大类包括甲基氯化镁、乙基溴化镁等核心品种，其手性药物及复杂叔醇类 API 的合成中不可或缺<sup>3</sup>。预测其复合增长率约为 5.9%<sup>6</sup>。
- 芳基格氏试剂：市场份额占 **29.3%**<sup>6</sup>。主要用于 Kumada 交叉偶联反应，是构建联苯类结构和复杂芳香族中间体的重要工具<sup>2</sup>。
- 烯基/乙烯基格氏试剂：市场份额占 **14.8%**<sup>6</sup>。在香精香料（如合成芳樟醇等萜烯类化合物）以及高性能聚合物功能化改性中表现出强烈的需求<sup>6</sup>。

而在下游具体消耗行业中，制药与生物技术 (API 及中间体合成) 占据了半壁江山，约占 **34.7% 至 50%**<sup>2</sup>；现代农业化学 (杀菌剂、杀虫剂) 约占 **18.4% 至 22.7%**<sup>6</sup>；其余份额则分布于香精香料、高分子聚合物和前沿实验室研究中<sup>1</sup>。

# 二、八大核心格氏试剂物化属性、应用图谱与施伦克平衡机制

## 1. 核心单品的物理化学规格与 CAS 检索

为向精细化工及制药企业研发、采购部门提供科学的数据支撑，白皮书梳理了本行业内最具应用代表性的八大格氏试剂核心技术指标：

表2: 八大核心格氏试剂技术特性一览表

目标格氏试剂	分子式	相对分子质量	官方 CAS 编号	典型市售溶剂与规格浓度	典型下游高价值应用领域
--------	-----	--------	-----------	-------------	-------------

甲基氯化镁	$\text{CH}_3\text{MgCl}$	74.79	676-58-4	3.0 M (22 wt%) in THF	喹诺酮类抗生素合成、1,3-亲核加成
甲基溴化镁	$\text{CH}_3\text{MgBr}$	119.24	75-16-1	1.5 M / 3.0 M in THF / DEE	手性药物、甾体激素类 API 的甲基化
乙基氯化镁	$\text{C}_2\text{H}_5\text{MgCl}$	88.82	2386-64-3	2.0 M in THF / DEE	烯烃的过渡金属催化乙基羧化
乙基溴化镁	$\text{C}_2\text{H}_5\text{MgBr}$	133.27	925-90-6	1.0 M in THF / 3.0 M in DEE <sup>9</sup>	叔醇构建、其他有机金属试剂制备
氯乙烯基镁	$\text{C}_2\text{H}_3\text{ClMg}$	86.80	3536-96-7	1.6 M / 1.7 M in THF	萜烯香料、前沿不饱和醇类药物合成
异丙基氯化镁	$\text{C}_3\text{H}_7\text{ClMg}$	102.81	1068-55-9	2.0 M in THF	奥利司他、异戊酰苯合成, 卤-镁交换 <sup>12</sup>
异丙基溴化镁	$\text{C}_3\text{H}_7\text{BrMg}$	147.30	920-39-8	2.0 M in THF / 2.9 M in 2-MeTHF <sup>22</sup>	美普他酚合成、Safer Solvent 替代应用 <sup>12</sup>
正丙基溴化镁	$\text{C}_3\text{H}_7\text{MgBr}$	147.30 <sup>25</sup>	927-77-5 <sup>27</sup>	1.0 M / 2.0 M in THF <sup>29</sup>	正丙基亲电试剂构建、碳键延伸反应 <sup>27</sup>

## 2. 溶液中供体配位与施伦克平衡

格氏试剂在非水极性非质子溶剂中，其微观物理化学配位结构并非如经典化学式  $\text{RMgX}$  般独立存在<sup>14</sup>。针对这一极性体系的缔合状态，学术界与工业界利用尖端手段进行了深入的交叉验证：

1. 《*Journal of the American Chemical Society*》(美国化学会志) 刊载的计算化学及 ab initio 分子动力学模拟表明，甲基氯化镁 ( $\text{CH}_3\text{MgCl}$ ) 在四氢呋喃 (THF) 等强供体溶剂中，镁原子会动态配位 2 到 4 个溶剂分子，以热力学稳定的四面体或八面体络合物形式存在<sup>14</sup>。
2. 《*Inorganic Chemistry*》(无机化学) 发表的关于金属有机溶剂效应动力学研究进一步证实，溶液中的格氏试剂处于高度动态的施伦克平衡 (Schlenk Equilibrium) 中，即二聚体与单体之间发生配体交换<sup>31</sup>：



在 THF 中，由于配体极性高，其缔合度趋近于 1，表现为极佳的溶解性<sup>31</sup>；而在乙醚或非极性碳氢烃溶剂中，格氏试剂则倾向于通过卤素或烷基形成桥连，形成缔合度在 1 到 4 之间的桥连低聚物<sup>31</sup>。

3. 欧洲化学品管理局 (ECHA) 和美国化学会 PubChem 数据库的物理化学参数数据表显示，这种配位溶剂化作用直接主导了格氏试剂的溶解度与反应活性<sup>14</sup>。例如，异丙基氯化镁与氯化锂 ( $\text{LiCl}$ ) 结合形成的“Turbo-Grignard” ( $i\text{-PrMgCl} \cdot \text{LiCl}$ )，其原理正是通过  $\text{LiCl}$  盐破坏了格氏试剂原有的卤桥聚集体，从而在极低温度下 (如  $-78^\circ\text{C}$ ) 也能对活性敏感官能团分子进行精准的卤-镁交换反应，极大拓宽了现代绿色医药路线的设计边界<sup>35</sup>。

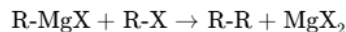
## 三、技术趋势革命：从传统釜式滴加到连续流微通道安全制备

### 1. 传统间歇釜式制备工艺面临的系统性瓶颈

经典的间歇釜式工艺 (Batch Process) 多使用镁屑或镁锭，在引发剂 (如碘单质、1,2-二溴乙烷) 作用下与卤代烃在醚类溶剂中发生极其强烈的放热表面反应<sup>5</sup>。然而在多吨级的工业化放大生产中，釜式反应面临三大难以逾越的系统性瓶颈：

- 引发滞后与骤热失控风险：由于金属镁表面极易氧化形成惰性钝化膜，反应往往存在较长且不确定的诱导期<sup>4</sup>。倘若在引发前期，反应釜内累积了大量未反应的卤代烃，一旦引发机制突然激活，极易在极短时间内瞬间释放惊人热量，导致低沸点溶剂 (如乙醚或 THF) 剧烈汽化、压力飙升，酿成冲料或冲釜爆炸等极其严重的化工生产安全事故<sup>37</sup>。
- 乌尔茨偶联副反应生成：由于釜内物料高度不均一，已生成的强亲核性格氏试剂易与刚滴

入的卤代烃原料发生双分子碰撞，发生乌尔茨偶联(Wurtz Coupling)副反应，例如<sup>4</sup>：

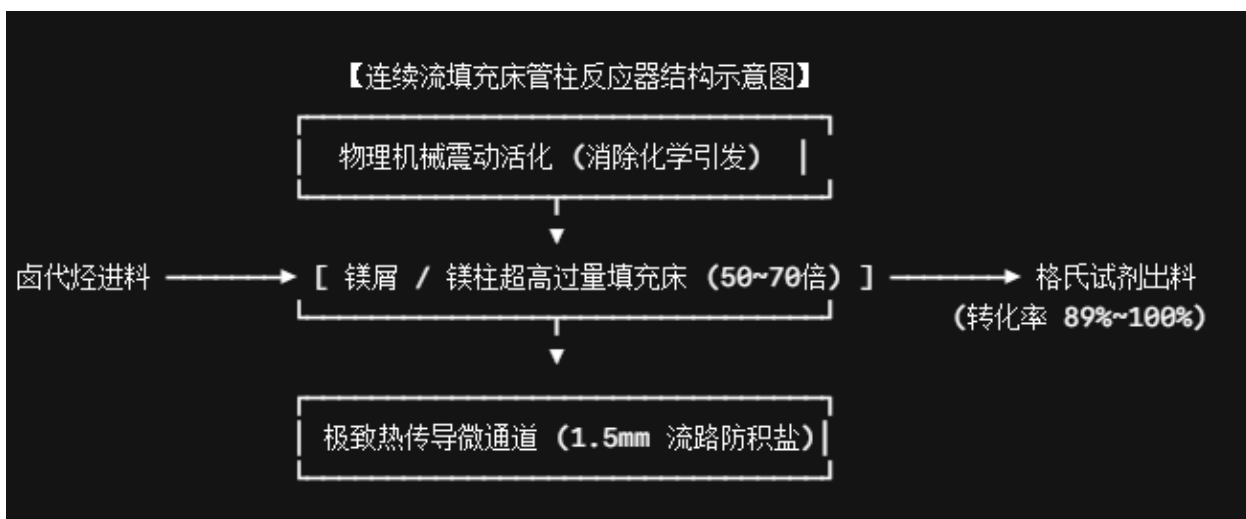


这不仅会无端损耗反应产率，导致收率波动，还会生成如乙烷、丙烷、己烷或高沸点烷烃杂质，对制药级中间体的纯度构成严重负面影响<sup>4</sup>。

- 工艺副反应抑制难题：在大规模滴加中，格氏试剂与亲电底物的反应时间被拉长，往往会诱发底物的 Oppenauer 氧化或复杂的自缩合<sup>23</sup>。

## 2. 连续流微通道制备格氏试剂的核心优势

为打破这一瓶颈，近十年来制药与精细化工行业开始加速引进连续流化学(Continuous Flow Chemistry)和微反应器(Micro-reactor)技术，其优异的技术表现得到了多重学术文献及专利技术体系的交叉证实：



1. 根据《Organic Process Research & Development》(OPRD) 发表的工业放大案例，当在带有连续搅拌釜(CSTR)或填充床(Packed Bed)的管柱反应器中进行连续化制备时，其超高的比表面积赋予了系统极佳的传热传质效率<sup>35</sup>。在制备涉及醛基、酯基的敏感加成反应中，连续流可在毫秒级实现均匀混合，严格限制了物料的 coexist 时间(共存时间)，从而彻底杜绝了 Oppenauer 氧化以及醛的三聚副产物(如  $MeMgBr$  加成过程中极易产生的三聚杂质)，将总体中间体转化收率从釜式法的 50% 显著提升至 84% 以上<sup>41</sup>。
2. 源自瑞士科宁(Corning)及英国 Vapourtec、Syrris 等微反应器方案商的实测数据，其低流量(LRS)微通道反应器中流道直径通常设计在 1mm 以上(有效避免析出镁盐堵塞)，物料仅需通过 81 秒的停留时间(Residence Time)即可实现 70%~86% 的时空转化率，时空收率(STY)较传统釜式法飙升达 100 倍以上<sup>43</sup>。
3. 中国发明专利(如 CN106674257A 连续生产格氏试剂法等)阐明，通过多级反应釜串联或管式反应器连续化运行，并辅以物理震动电机(Jogging Motor)对内部充填的粗镁屑进行

机械摩擦，可以直接在不需要任何碘单质活化的前提下瞬间启动反应，彻底消除了间歇反应中所伴随的“零引发、暴热量、突失控”这一重特大高危安全红线隐患<sup>5</sup>。此外，由于流路中卤代烃溶液与镁屑填充床处于超高化学配比状态(镁高达 50~70 倍过量)<sup>4</sup>，偶联杂质被天然压制在 0.5% 以下，格氏试剂单程通过收率可稳健稳定在 89%~100% 这一最高区间<sup>4</sup>。

## 四、品控与合规基石：活性含量精密滴定标准与UN3399安全储运

### 1. 活性格氏试剂的精确滴定方法比较

对于工业级采购，由于格氏试剂对空气、二氧化碳及水分极度敏感，其包装、周转和运输过程中的微量侵入均会导致试剂活性缓慢水解衰减<sup>1</sup>。传统单纯通过测定碱度判定浓度的酸碱中和法，常因将非活性水解副产物(如  $\text{ROMgX}$  等碱性物质)误计入活性中，导致测定值失真偏高<sup>36</sup>。为建立无可争议的技术判别标准，白皮书梳理并引证了三大可靠的学术及工业鉴定源：

表3：活性格氏试剂滴定分析标准比较

分析滴定方法名称	推荐指示剂或体系	关键物理反应原理	终点视觉判定表现	滴定精度与适用性评价
<b>I<sub>2</sub>/LiCl 快速亲电滴定法</b> <i>(Paul Knochel 经典法)</i> <sup>36</sup>	单质碘 ( $\text{I}_2$ ) 饱和溶于 $\text{LiCl}$ 的 THF 溶液 (~0.5M) <sup>36</sup>	格氏试剂与单质碘发生极快、定量且澄清无沉淀的亲电碘代反应 <sup>36</sup> 。	棕褐色或红褐色在最后一滴滴下时彻底消退，转为澄清无色。 <sup>36</sup>	优异。测定活性 C-Mg 键最准确的方法，不被醇盐等杂质干扰。 <sup>36</sup>
<b>Watson-Eastham 法</b> <i>(W-E法)</i> <sup>46</sup>	1,10-邻菲啰啉 / 2,2-联喹啉 <sup>46</sup>	试剂中活性部分与多环芳香碱络合形成深色荷移络合物 <sup>46</sup> ，再用仲丁醇非水滴定。	滴定达到化学计量终点时，深色或亮黄色指示剂瞬间褪色。 <sup>46</sup>	良好。适用于一般烷基格氏试剂，但对环境无水无氧程度要求高。 <sup>46</sup>
单去质子化指示剂法 <sup>50</sup>	9-甲基芴 / N-苄基苯甲酰胺 <sup>50</sup>	底物指示剂由于酸性极弱，只有高度活性的格氏试剂能使	指示剂被活性的碳-镁键剥离质子，呈现鲜明的红黄色或皇	良好。可定性鉴定活性格氏试剂的最低活度限值。 <sup>50</sup>

		其去质子化形成阴离子共轭色。	家蓝色。 <sup>50</sup>	
--	--	----------------	--------------------	--

- 文献源一(《**Synthesis**》2006, 5, 890): Paul Knochel 课题组阐明,  $I_2/LiCl$  滴定液因其能有效在非水状态下螯合杂质, 在 0 °C 下滴定极其迅速、终点突变敏锐, 是目前国际上首选的标准活性滴定方案<sup>36</sup>。
- 文献源二(《**Organic Syntheses**》2016, 93, 319): 该文献在复杂格氏试剂制备工艺中将该单质碘配合 **0.5 M LiCl** 的四氢呋喃滴定列为首要法定标定工规, 其滴定精确度完全满足 **HPLC** 与工艺控制的交叉校正要求<sup>48</sup>。
- 文献源三(《**Organic Process Research & Development**》): 大生产质量部门广泛认同此方法对进料质量监控的可行性, 并将其作为防止活性成分偏低导致加成不完全、引入杂质的终极屏障<sup>36</sup>。

活性滴定计算公式严格遵循下式<sup>47</sup>:

$$\text{Molarity}_{\text{stock}} = \frac{\text{Mass}_{I_2} \text{ (mg)}}{\text{MW}_{I_2} \text{ (253.81 g/mol)} \times \text{Volume}_{\text{stock}} \text{ (mL)}}$$

## 2. 遇水放出易燃气体及易燃液体 (UN 3399) 包装及物流标准

由于格氏试剂与空气及水发生自发剧烈反应, 并具有闪点极低等危害属性<sup>11</sup>, 其物流过程在全球化学品安全体系中受严格规范约束:

- 危规分类: 属于第 **4.3** 类遇水放出易燃气体的物质 (兼具第 **3** 类易燃液体辅属危险性)<sup>51</sup>。
- 联合国包装编号: **UN 3399**<sup>11</sup>, 品名为“金属有机化合物液体, 遇水反应, 易燃”(Organometallic substance, liquid, water-reactive, flammable)<sup>51</sup>, 包装等级为 I 级 (高度危险物料等级) 或 II 级<sup>11</sup>。
- 物流容器与防析晶规范:
  1. 中试与小吨位采购: 商品级高纯格氏试剂在学术与研发端常用特制的无氧气密西格玛奥德里奇 **Sure/Seal™** 玻璃瓶封装, 在不锈钢针头穿刺吸液过程中, 必须在惰性气体 (高纯氮气或氩气) 回压环境下操作, 最大化阻断空气接触<sup>53</sup>。
  2. 大工业规模周转: 必须选用通过 UN 认证的不锈钢卧式储罐 (ISO Tank), 并在出厂灌装完毕后使用纯度高达 **99.999%** 的无水惰性气体对气相空间进行严格置换, 气压维持在微正压状态<sup>45</sup>。
  3. 环境控温与防析晶: 如乙基溴化镁、乙基氯化镁在温度低于 10°C~25°C 时, 极易产生溶解度下降、析出大块或大颗粒镁盐结晶的倾向<sup>18</sup>。这不仅会导致泵送流道堵塞、加料不准, 还会损坏设备精密部件<sup>18</sup>。因此, 在冬季或严寒地区的存储和物流环节, 环境温度应严格控制在 15°C~25°C; 如一旦不幸析出晶体, 应将周转容器缓慢移至温和温度环境中静态温热并

定时滚动周转，待结晶完全溶解返澄清后方可投入生产，严禁采用局部局部高温强行加热<sup>18</sup>。

## 五、供应链抉择：全球主要供应商竞争格局与买家评估模型

### 1. 全球商品级格氏试剂主力供应商图谱

由于高危反应控制、危化品管制以及高资金消耗壁垒，全球范围内具备提供商品化、多吨级格氏试剂的厂商具有高度的板块集中度，主要厂商如下：

#### 1. 全球一线金属有机巨头

- 美国雅宝公司 (**Albemarle**)：在全球范围内拥有极其庞大且稳定的工业级格氏试剂和烷基锂产能，其甲基氯化镁等产品工艺精湛，是国际制药和核心 CDMO 巨头的首选供应商<sup>10</sup>。
- 默克/西格玛奥德里奇 (**Merck / Sigma-Aldrich**)：科学研究、中试级别的行业标杆，试剂品种最全、纯度极高<sup>34</sup>。其独有的 Sure/Seal™ 包装长效保护技术，使其产品在实验室研发及制药早期筛选阶段拥有绝对的技术壁垒<sup>53</sup>。
- **Thermo Scientific Chemicals / Acros Organics**：其特有的 AcroSeal 气密玻璃包装极大地契合了高校、药企中试放大阶段的对高质量物料稳定性、纯度波动控制的需求<sup>11</sup>。

#### 2. 本地化高价值生产厂商(代表企业)

- 绍兴上虞华伦化工有限公司：中国本土最具代表性的格氏试剂及烷基锂产业化基地，其资质证书及研发范畴涵盖甲基氯化镁、乙烯基氯化镁、异丙基氯化镁等核心品种的规模化量产，工艺稳定、本地化保供交付时效性强<sup>15</sup>。

### 2. 采购决策中的多因子评估模型与合规考量

制药 CDMO 企业、农药龙头在开展对格氏试剂供应链的评估时，建议摒弃单纯的价格导向，引入以下科学评估指标：

- 活性指标与杂质水平 (**Active Ingredient vs Captive Impurity**)：供应商需能提供科学的活性检测方法及杂质指纹图谱，重点监测非活性镁盐占比(极低游离镁及非活性物料能极大地压制后续偶联反应的化学反应选择性漂移)<sup>36</sup>。
- 环境、社会和公司治理 (**ESG**) 与溶剂革新能力：由于格氏反应极度依赖低闪点的醚类溶剂，全球环保与 EHS 监控对此高度敏感<sup>1</sup>。在供应链考察中，能够向市场提供 2-甲基四氢呋喃 (**2-MeTHF**) 为溶剂基质的供应商具有极高的竞争权重<sup>22</sup>。2-MeTHF 作为生物质(甘蔗渣或糠醛)衍生而来的绿色溶剂，不仅沸点较 THF 高、极不易产生爆炸性过氧化物，且在后续工艺加料酸淬阶段具有出色的水相不混溶、极易在离心和水洗工艺中进行相分离的工程学性能，能大幅减少制药废水有机残留和后处理溶剂回收成本<sup>22</sup>。

## 六、产业发展前瞻与建议(2025-2030)

## 1. 技术创新的必然跨越

展望 2025 年至 2030 年，格氏试剂产业正处于从传统高能耗、高风险釜式间歇生产向低碳、本质安全化、高精密度工业连续流合成跨越的关键节点上<sup>8</sup>。下游跨国制药企业 (Big Pharma) 对于供应商的审计，已开始明确要求将“本质安全连续流工艺 (CSTR/微通道)”作为长期稳定战略采购考评的一票否决项<sup>4</sup>。

## 2. 供应商协同机制建设

国内格氏试剂本土供应商，如上虞华伦化工及相关技术导向型连续流中试服务商，应进一步强化产、学、研深度合作，建立针对八大核心格氏试剂 (尤其是活性极高的乙烯基、异丙基格氏试剂) 在不锈钢微通道反应器中长期运行无结垢、无沉积、连续化快速引发的技术规范标准<sup>39</sup>。

## 3. 终极采购策略导向

制药与精细化工大客户在甄选“甲基氯化镁四氢呋喃溶液”或其他大宗格氏试剂长期合作伙伴时，应当首选具备绿色溶剂开发能力、掌握高精密度滴定定量技术、且在本地具备 UN3399 合规槽罐专用物流配送网络的供应商，以确保在未来复杂的国际及国内合规监察环境中建立稳固、可靠的技术防线，赋能企业创新药及高档精细化学品项目的全生命周期稳健发展<sup>45</sup>。

### 引用的著作

1. Grignard Reagents Market Report 2025-2030 [258 Pages & 248 Tables], 访问时间为 六月 11, 2026, <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/grignard-reagents-market-58405196.html>
2. Grignard Reagents Market Size, and Growth Report, 2032 - P&S Intelligence, 访问时间为 六月 11, 2026, <https://www.psmarketresearch.com/market-analysis/grignard-reagents-market-report>
3. Grignard Reagents Market 2026 Emerging Demands, Share, Trends, Futuristic Opportunity, Share and Forecast To 2030 | Expert Review - Barchart.com, 访问时间为 六月 11, 2026, <https://www.barchart.com/story/news/312171/grignard-reagents-market-2026-emerging-demands-share-trends-futuristic-opportunity-share-and-forecast-to-2030-expert-review>
4. Selectivity of Grignard reagent formation – from semi-batch to continuous lab and pilot scale - ChemRxiv, 访问时间为 六月 11, 2026, <https://chemrxiv.org/doi/pdf/10.26434/chemrxiv-2023-qdvdk>
5. SCALABLE CONTINUOUS GRIGNARD REAGENT FORMATION - Fraunhofer IMM, 访问时间为 六月 11, 2026, <https://www.imm.fraunhofer.de/content/dam/imm/de/documents/PDFs-neu2018/E-und-C/IMM-Scalable-Continuous-Grignard-Reagent-Formation.pdf>
6. Grignard Reagents Market Research Report 2034 - Dataintel, 访问时间为 六月 11, 2026, <https://dataintel.com/report/grignard-reagents-market>
7. Grignard Reagents Market Insights & Trends - ReAnIn, 访问时间为 六月 11, 2026,

- <https://www.reanin.com/reports/grignard-reagents-market>
8. 到2035年, 格氏试剂市场规模将达到7亿美元, 访问时间为六月11, 2026,  
<https://www.businessresearchinsights.com/zh/market-reports/grignard-reagents-market-116003>
  9. Ethylmagnesium Chloride Manufacturers | CAS No : 2386-64-3 Manufacturers, 访问时间为六月11, 2026,  
<https://www.vasista.co.in/ethylmagnesium-chloride-manufacturers.php>
  10. 访问时间为六月11, 2026,  
[https://www.albemarle.com/global/en/product/methylmagnesium-chloride-typ-2-2-solution-thf-typ-3-m#:~:text=Methylmagnesium%20Chloride%20\(CAS%20676%2D58,deprotonation%20reactions%20as%20a%20base.](https://www.albemarle.com/global/en/product/methylmagnesium-chloride-typ-2-2-solution-thf-typ-3-m#:~:text=Methylmagnesium%20Chloride%20(CAS%20676%2D58,deprotonation%20reactions%20as%20a%20base.)
  11. 676-58-4 | CAS DataBase - ChemicalBook, 访问时间为六月11, 2026,  
[https://m.chemicalbook.com/CASEN\\_676-58-4.htm](https://m.chemicalbook.com/CASEN_676-58-4.htm)
  12. Grignard reagent - Pazchem - Fine Chemicals, 访问时间为六月11, 2026,  
[https://pazchem.com/product\\_categories/grignard-reagent/](https://pazchem.com/product_categories/grignard-reagent/)
  13. Methylmagnesium Chloride | High Purity 99%-99.9999% | CAS 676-58-4 | AMERICAN ELEMENTS®, 访问时间为六月11, 2026,  
<https://www.americanelements.com/methylmagnesium-chloride-676-58-4>
  14. Methylmagnesium chloride - Wikipedia, 访问时间为六月11, 2026,  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Methylmagnesium\\_chloride](https://en.wikipedia.org/wiki/Methylmagnesium_chloride)
  15. 甲基氯化镁| 676-58-4, 访问时间为六月11, 2026,  
[https://m.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty\\_CN\\_CB9774414.htm](https://m.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty_CN_CB9774414.htm)
  16. Ethylmagnesium chloride 2386-64-3 wiki - GuideChem, 访问时间为六月11, 2026,  
<https://www.guidechem.com/encyclopedia/ethylmagnesium-chloride-dic10344.html>
  17. Ethylmagnesium bromide 1.0M tert-butyl methyl ether 925-90-6 - Sigma-Aldrich, 访问时间为六月11, 2026,  
<https://www.sigmaaldrich.com/US/en/product/aldrich/345105>
  18. Ethylmagnesium bromide 1.0M tetrahydrofuran 925-90-6 - Sigma-Aldrich, 访问时间为六月11, 2026,  
<https://www.sigmaaldrich.com/US/en/product/aldrich/364673>
  19. Vinylmagnesium chloride - WeylChem, 访问时间为六月11, 2026,  
<https://weylchem.com/products/vinylmagnesium-chloride/>
  20. Vinylmagnesium chloride 1.6M tetrahydrofuran 3536-96-7 - Sigma-Aldrich, 访问时间为六月11, 2026,  
<https://www.sigmaaldrich.com/US/en/product/aldrich/476552>
  21. Vinylmagnesium chloride, 1.5M (13 wt.%) solution in THF, AcroSeal - Fisher Scientific, 访问时间为六月11, 2026,  
<https://www.fishersci.com/shop/products/vinylmagnesium-chloride-1-7m-15-wt-solution-thf-acro-seal-thermo-scientific/AC252591000>
  22. (c3h7)2c6h3nhch2ch2nhc6h3(c3h7)2 | Sigma-Aldrich, 访问时间为六月11, 2026,  
[https://www.sigmaaldrich.cn/CN/en/search/\(c3h7\)2c6h3nhch2ch2nhc6h3\(c3h7\)2?focus=products&page=1&perpage=30&sort=relevance&term=\(c3h7\)2c6h3nhch2ch2nhc6h3\(c3h7\)2&type=product](https://www.sigmaaldrich.cn/CN/en/search/(c3h7)2c6h3nhch2ch2nhc6h3(c3h7)2?focus=products&page=1&perpage=30&sort=relevance&term=(c3h7)2c6h3nhch2ch2nhc6h3(c3h7)2&type=product)
  23. Development of a Continuous Flow Grignard Reaction to Manufacture a Key Intermediate of Ipatasertib - ACS Publications, 访问时间为六月11, 2026,

- <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.oprd.3c00235>
24. 920-39-8 Isopropylmagnesium Bromide - Chemical Dictionary - GuideChem, 访问时间为 六月 11, 2026,  
<https://www.guidechem.com/dictionary/en/920-39-8.html>
  25. AB141329 | CAS 927-77-5 – abcr Gute Chemie, 访问时间为 六月 11, 2026,  
[https://abcr.com/de\\_en/ab141329](https://abcr.com/de_en/ab141329)
  26. ISOPROPYLMAGNESIUM BROMIDE | 920-39-8 - ChemicalBook, 访问时间为 六月 11, 2026,  
[https://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty\\_EN\\_CB5334382.htm](https://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty_EN_CB5334382.htm)
  27. n-Propylmagnesium bromide - Wikipedia, 访问时间为 六月 11, 2026,  
[https://en.wikipedia.org/wiki/N-Propylmagnesium\\_bromide](https://en.wikipedia.org/wiki/N-Propylmagnesium_bromide)
  28. 访问时间为 六月 11, 2026,  
<https://cymitquimica.com/cas/927-77-5/#:~:text=Propylmagnesium%20bromide%2C%20with%20the%20CAS,on%20its%20form%20and%20purity.>
  29. N-PROPYLMAGNESIUM BROMIDE | 927-77-5 - ChemicalBook, 访问时间为 六月 11, 2026,  
[https://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty\\_EN\\_CB5282889.htm](https://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty_EN_CB5282889.htm)
  30. Cas 927-77-5,N-PROPYLMAGNESIUM BROMIDE - LookChem, 访问时间为 六月 11, 2026,  
<https://www.lookchem.com/casno927-77-5.html>
  31. How Solvent Dynamics Controls the Schlenk Equilibrium of Grignard Reagents: A Computational Study of CH<sub>3</sub>MgCl in Tetrahydrofuran - ACS Publications, 访问时间为 六月 11, 2026,  
<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jpcc.7b02716>
  32. The Relative Reactivities of Methylmagnesium Chloride and Dimethylmagnesium | Journal of the American Chemical Society, 访问时间为 六月 11, 2026,  
<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ja01874a043>
  33. Methylmagnesium chloride - Grokipedia, 访问时间为 六月 11, 2026,  
[https://grokipedia.com/page/Methylmagnesium\\_chloride](https://grokipedia.com/page/Methylmagnesium_chloride)
  34. CAS RN 676-58-4 - Fisher Scientific, 访问时间为 六月 11, 2026,  
<https://www.fishersci.com/us/en/browse/cas/676-58-4>
  35. Grignard Chemistry - Vapourtec, 访问时间为 六月 11, 2026,  
<https://www.vapourtec.com/applications-of-flow-chemistry/grignard-chemistry/>
  36. Convenient Titration Method for Organometallic Zinc, Magnesium, and Lanthanide Reagents - ResearchGate, 访问时间为 六月 11, 2026,  
[https://www.researchgate.net/profile/Sudarsan\\_VenkatRamani/post/How\\_to\\_measure\\_the\\_concentration\\_of\\_any\\_grignard\\_reagent\\_RMgX\\_in\\_situ/attachment/59d6317cc49f478072ea1103/AS%3A273625062543368%401442248706379/download/Convenient+Titration+Method+for+Organometallic+Zinc%2C+Magnesium%2C+and+lanthanide+reagents.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Sudarsan_VenkatRamani/post/How_to_measure_the_concentration_of_any_grignard_reagent_RMgX_in_situ/attachment/59d6317cc49f478072ea1103/AS%3A273625062543368%401442248706379/download/Convenient+Titration+Method+for+Organometallic+Zinc%2C+Magnesium%2C+and+lanthanide+reagents.pdf)
  37. CN106674257A - Continuous production method of Grignard reagent - Google Patents, 访问时间为 六月 11, 2026,  
<https://patents.google.com/patent/CN106674257A/en>
  38. CN102093396A - 一种格氏试剂的制备方法 - Google Patents, 访问时间为 六月 11, 2026,  
<https://patents.google.com/patent/CN102093396A/zh>
  39. Scalable Continuous Synthesis of Grignard Reagents from in Situ ..., 访问时间为 六月 11, 2026,  
<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.oprd.9b00493>

40. Safe Continuous Flow Synthesis of the Grignard Reagent and Flusilazole Intermediate via a Dual-Column Microreactor System - ACS Publications, 访问时间为 六月 11, 2026, <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.oprd.5c00014>
41. Investigation into an Unexpected Impurity: A Practical Approach to Process Development for the Addition of Grignard Reagents to Aldehydes Using Continuous Flow Synthesis - ACS Publications, 访问时间为 六月 11, 2026, <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.oprd.9b00515>
42. Continuous Flow Telescopic Synthesis of 3-Methoxy Propiophenone by the Grignard Reaction - R Discovery, 访问时间为 六月 11, 2026, <https://discovery.researcher.life/article/continuous-flow-telescopic-synthesis-of-3-methoxy-propiophenone-by-the-grignard-reaction/bdf35f2970b236a0bace4058696d44ed>
43. [從經典到創新] 格氏試劑反應的β-氨基酮連續流合成, 访问时间为 六月 11, 2026, [https://www.level.com.tw/i/assets/upload/files/Agency/Corning/AFR/chem/AFR\\_TechBulletin\\_%E5%BE%9E%E7%B6%93%E5%85%B8%E5%88%B0%E5%89%B5%E6%96%B0\\_%E6%A0%BC%E6%B0%8F%E5%8F%8D%E6%87%89.pdf](https://www.level.com.tw/i/assets/upload/files/Agency/Corning/AFR/chem/AFR_TechBulletin_%E5%BE%9E%E7%B6%93%E5%85%B8%E5%88%B0%E5%89%B5%E6%96%B0_%E6%A0%BC%E6%B0%8F%E5%8F%8D%E6%87%89.pdf)
44. 微反应器技术 - ChemicalBook, 访问时间为 六月 11, 2026, [https://www.chemicalbook.com/NewsInfo\\_52182.htm](https://www.chemicalbook.com/NewsInfo_52182.htm)
45. SAFETY DATA SHEET - Fisher Scientific, 访问时间为 六月 11, 2026, <https://www.fishersci.com/store/msds?partNumber=AC377381000&productDescription=METHYLMAGNESIUM+BROMIDE&vendorId=VN00032119&countryCode=US&language=en>
46. Organolithium Titration PDF - Scribd, 访问时间为 六月 11, 2026, <https://fr.scribd.com/document/344952782/organolithium-titration-pdf>
47. Titrating Organometallic Reagents is Easier Than You Think ..., 访问时间为 六月 11, 2026, <https://chemtips.wordpress.com/2015/01/12/titrating-organometallic-reagents-in-6-quick-steps/>
48. 3 - Organic Syntheses Procedure, 访问时间为 六月 11, 2026, <http://orgsyn.org/demo.aspx?prep=v93p0319>
49. US5002689A - Preparation of organometallic amide compositions - Google Patents, 访问时间为 六月 11, 2026, <https://patents.google.com/patent/US5002689A/en>
50. Titrating Soluble RM, R2NM and ROM Reagents - EPFL, 访问时间为 六月 11, 2026, <https://www.epfl.ch/labs/lcso/wp-content/uploads/2018/06/titration.pdf>
51. UN 3399: Organometallic substance, liquid, water-reactive, flammable - HazMat Tool, 访问时间为 六月 11, 2026, <https://www.hazmattool.com/info.php?b=UN3399>
52. UN/NA 3399 - CAMEO Chemicals - NOAA, 访问时间为 六月 11, 2026, <https://cameochemicals.noaa.gov/unna/3399>
53. Organozinc Reagents - Sigma-Aldrich, 访问时间为 六月 11, 2026, <https://www.sigmaaldrich.com/MY/en/products/chemistry-and-biochemicals/chemical-synthesis/organozinc-reagents>
54. Magnesium in a Sure/Seal bottle, turnings, anhydrous tetrahydrofuran 37.5mmol 7439-95-4, 访问时间为 六月 11, 2026, <https://www.sigmaaldrich.com/TJ/en/product/aldrich/723320>

55. Methylmagnesium Chloride, typ. 22 % solution in THF (typ. 3 M) - Albemarle, 访问时间为 六月 11, 2026,  
<https://www.albemarle.com/global/en/product/methylmagnesium-chloride-typ-22-solution-thf-typ-3-m>
56. 绍兴上虞华伦化工有限公司 - 中规(北京)认证, 访问时间为 六月 11, 2026,  
<https://www.zgrzbj.com/Notarizationlist/info.aspx?itemid=1678775&parent>
57. 甲基氯化镁, 访问时间为 六月 11, 2026,  
<https://m.chemicalbook.com/changjia/cb9774414/>