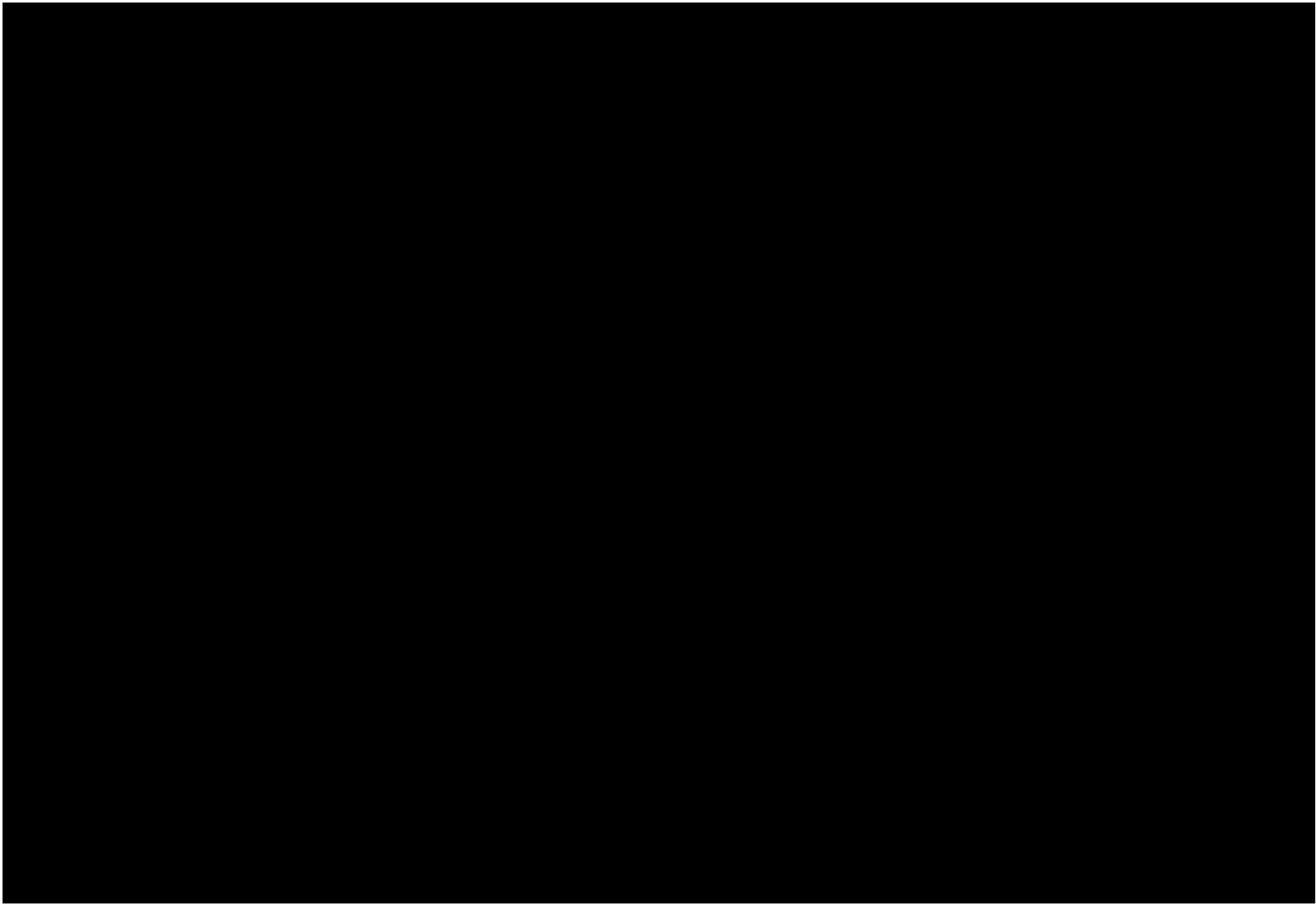




超燃材料项目 成果转化

物理科学与技术学院 张代兵



01.项目背景



- 随着国防建设的现代化进程，导弹性能的提升被视为关键的战略举措

数据来源：中华人民共和国国防部



- 导弹作为一种远程打击手段，具有高命中精度、迅速部署和灵活打击等特点，能够在战争中有效威慑敌对势力，保护国家的安全利益

数据来源：中华人民共和国国防部

01.项目背景



- **精确制导导弹**改变了原有作战方式，**极大提高作战效能**，成为改变军事力量对比的“杠杆”

导弹制导系统主要根据实际作战情况的测量、计算结果来控制导弹的轨迹。精确制导系统发出指令后，**导弹需及时做出变轨反应**

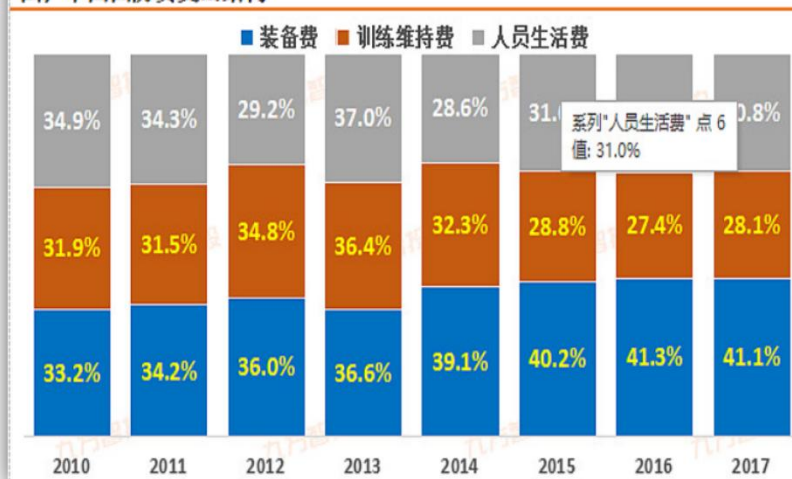
- **提升导弹性能**包括提高导弹的**射程**、**精度**、**打击能力**和**防拦截能力**等方面

导弹的性能受动力系统影响。提升导弹动力系统可以通过采用先进的推进剂和发动机技术，进而**提高导弹的速度、射程和操控性**

图：2012 至 2017 中国国防费支出（亿元）



图：中国国防费支出结构



数据来源：《新时代的中国国防》

高燃速

相比于由氧化剂、可燃剂组成的传统推进剂，我们基于Al/PTFE这种新的材料体系，制备出燃速可达**1000mm/s**

对材料不断改进，实现了
高强度、低密度、耐高温、低感度



超燃材料外场测试数据

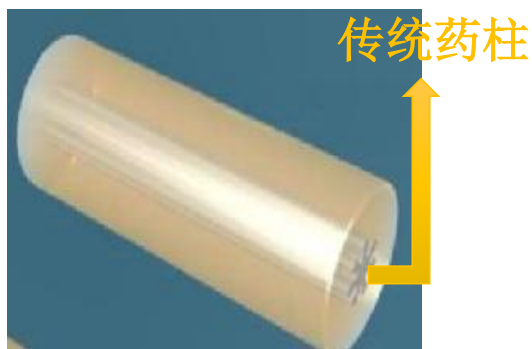
序号	药条长度 (mm)	燃烧时间 (s)	燃烧速度 (mm/s)
1	20.0	0.190	1050
2	20.0	0.192	1040
3	40.0	0.395	1013
4	1000.0	0.980	1020



03.痛点1



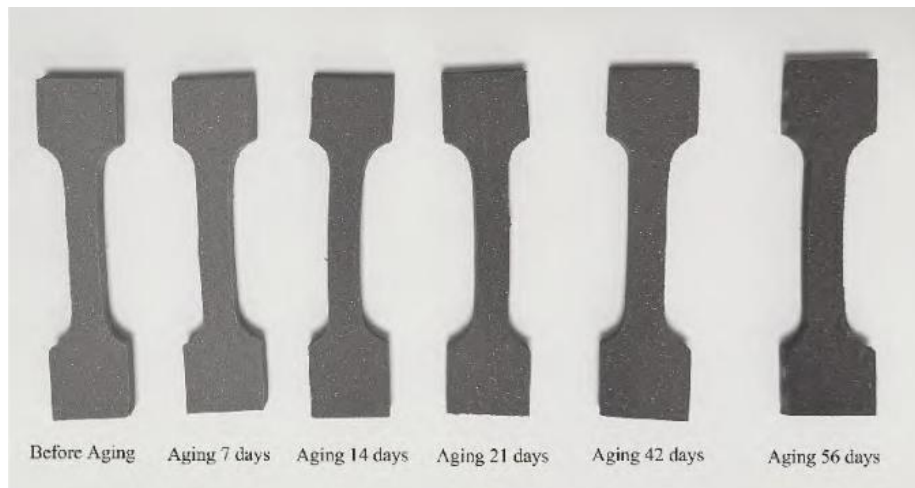
药柱**长度增加**后，传统空芯药柱会因局部应力过大产生**裂纹**



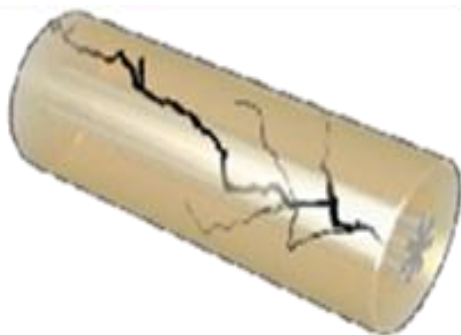
- 药柱具有一定几何形状和尺寸的固体推进剂，传统药柱为**空芯**药柱
- 增加**药柱长度**是提高导弹的射程的有效方法，药柱每增长5%，裂纹可能性增大15%
- 裂纹会导致药柱在未发射时发生爆燃，影响武器的**安全性**问题



在固体火箭发动机的运行过程中，推进剂蠕变是一个亟待解决的严重问题。



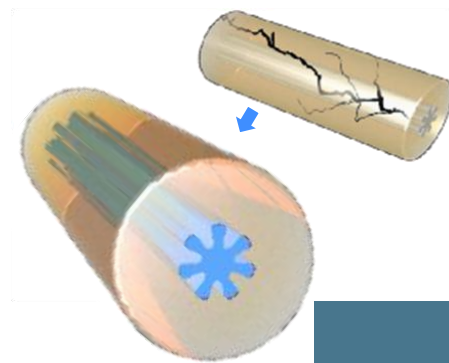
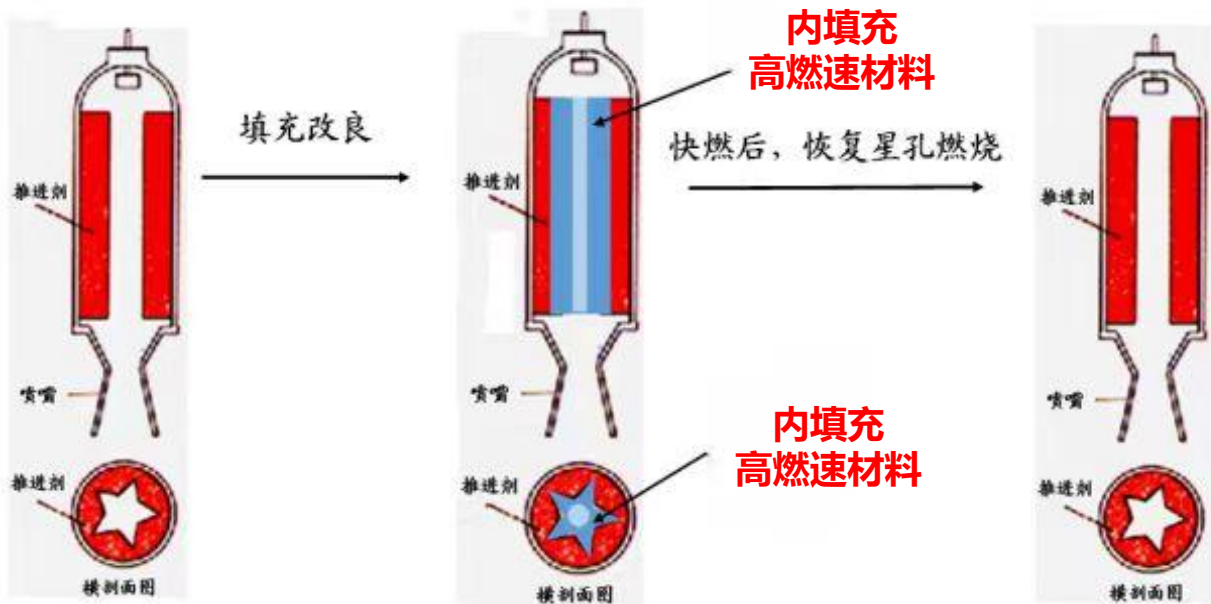
- 推进剂作为黏弹性材料，在贮存期间，受温度、内压、轴向过载及自重等因素影响，药柱会产生蠕变效应。这会导致药柱形变、下沉，严重时改变药型，影响发动机内弹道。
- 蠕变会改变推进剂的几何形状和尺寸，导致药柱与发动机内壁之间的配合精度下降，影响燃烧稳定性。
- 随着蠕变的加剧，药柱内部会产生应力集中，容易引发裂纹的产生和扩展，进而导致燃烧过程失控，严重影响发动机的推力输出和工作可靠性。
- 由于蠕变的存在，发动机的使用寿命也会大幅缩短，增加了维护成本和使用风险。



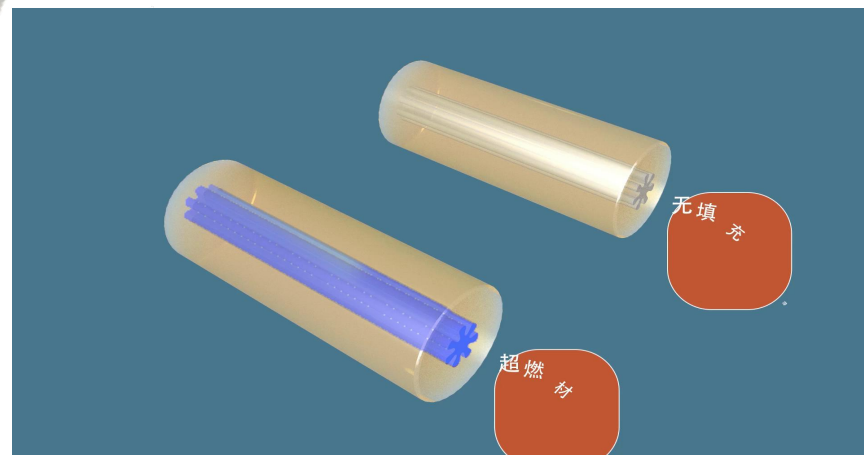
03.应用案例——药柱支撑

参研：军委科技委173基础加强重点项目-速燃材料作为结构材料抑制推进剂蠕变

为实现对药柱蠕变的抑制，需选择一种具备良好力学性能、燃速较高、且安全性较好的材料填充于固体火箭发动机药柱芯孔内，在不影响推进剂正常燃烧行为的基础上提供结构支撑。



浇筑一体化
孔芯结构更加稳定
超燃药柱填充
不易产生裂纹,抑制蠕变

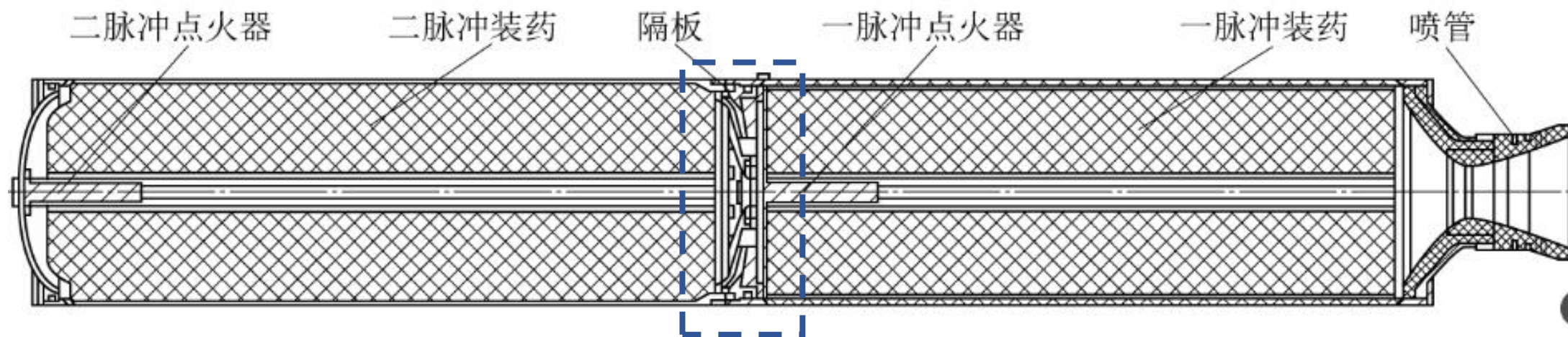


03.应用案例——可燃隔板



国内多脉冲固体发动机：航天科工九院（**三脉冲**工程化应用）、航天科工六院（**六脉冲**未工程化应用）

瓶颈：金属隔板消极质量大且结构复杂。

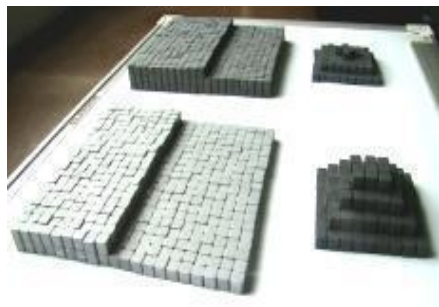


解决方案：将金属隔板替换为**可承压、可快速烧蚀**含能结构材料，不仅提供**力学支撑**还可快速燃烧并点火（该工作由**内蒙古大学**进行关键技术攻关）

04.系列产品



- 超燃材料成品多为**粉末状** **块状**



- 可以根据客户的具体要求制定特殊形状，如**锥形**、**柱形**、**异性等**



- 超燃材料的撞击感度和摩擦感度测试数据表明超燃材料能够**安全运输**、**保存**





军用推进剂

参数 竞品	燃速 (mm/s)	密度(g/cm ³)	拉伸强度 (MPa)	安全性
热解聚丙烯推进剂	50-150	1.3-1.6	2-5	感度高 (安全性低)
固体增强复合推进剂	100-200	1.6-1.8	3-8	感度高 (安全性低)
高能推进剂	200-400	1.5-1.9	5-12	感度高 (安全性低)
本产品	1000	0.5-1	4-6	感度低 (安全性高)

燃速、密度、安全性等方面优于对标产品，抗拉强度可以与其他产品相媲美

05.知识产权



一种轻质速燃材料的制备方法



应用方向：
药柱支撑



一种轻质高强速燃材料的制备方法



应用方向：
可燃隔板



一种柔性高强速燃材料的制备方法



目前已申请三项发明专利，其中一项已授权



崔伟峰教授

(国防科技大学技术大校)

- 爆炸力学专家
- 省部级特等奖
- 多次获得军队一等奖

靳亮研究员

(航天科工集团)

- 高级工程师
- 负责国防973项目等多项课题的研究工作，项目总经费达2000万以上

国防科技大学崔伟峰大校评价

专家评价意见

互联网加超燃材料团队一直致力于开发高效、可靠的超燃材料，该材料具备出色的燃烧特性和极高的能量输出。

互联网加超燃材料团队在超燃材料研发领域取得了显著的突破和创新。他们将高标准的研究原则贯彻于整个项目过程中，注重理论与实践的结合。通过不断地科学探索、精心的材料设计和优化，他们成功地开发出了具有潜在应用价值的超燃材料。超燃材料不仅具备高燃烧效率、高强度、低密度，还展现出了出色的安全性能。他们在研究过程中充分考虑了材料的可操作性和实际应用需求，确保其在实际使用中能够保持稳定和可靠。

我强烈推荐互联网加超燃材料团队。他们在燃料技术领域具有极大的潜力，这些材料的高效能量输出将为各行业带来重大的变革和优势。无论是在军事、航空航天、能源等方面，超燃材料都有着广泛的应用前景。

2023年7月10日

航天科工集团靳亮研究员评价

专家评价意见

超燃材料的研发是我国开发具有自主知识产权的超高燃速材料，是国防建设现代化的重要举措。当前我国超燃材料市场空间广阔，内蒙古大学《超燃先锋——国内超高燃速材料领跑者》项目团队（负责人：吕晓雨；指导老师：张代兵）深入挖掘行业难题，顺应市场发展趋势，该团队研制的超高速燃材料的燃速可达1000mm/s、在400℃下可保持稳定，密度可以实现在0.8-2.0g/cm³可调性，在材料领域具有重要的意义和潜力。

该项目主要定位于解决传统药柱易裂问题，传统长药柱确实存在易产生裂纹问题，该项目的研究非常有价值，值得推广。

靳亮

2023年5月18日

06.专家团队



阳世清教授
(国防科技大学)

- 含能材料领域专家
- 在材料的燃速提升方面进行指导



刘恩良

- 中国航天科工集团第六研究院先进固体动力技术中心
- 某项目总技术指挥
- 主要从事固体动力技术，高效毁伤技术等型号研制与预研工作



李敬峰院士
(清华大学)

- 教育部长江学者特聘教授
- 中国硅酸盐学会常务理事及微纳技术分会副理事长
- 在材料制备工艺方面进行指导



刘晓晗

- 高级工程师、航天科工集团安全中心研究员
- 从事含能材料安全与寿命评估
- 承担多项省部级含能材料寿命评估、工艺安全性、安全机理相关研究课题

07.商业模式——to B



上游：材料供应商



中昊晨光化工研究院有限公司



纬达材料

中昊晨光化工研究院有限公司、
泸溪县群祥材料有限责任公司、
南京纬达复合材料有限公司

- 碳纤维
- 氟聚混合物
- 金属粉
- 聚甲基丙烯酸酰胺泡沫



中游：超燃材料团队

内蒙古航特材料
科技有限公司

研发生产材料

依托某军工厂进行
代加工生产

定制款，多为
柱体、锥体

粉末状产品
块状产品

下游：目标客户

军用：



中国航天科工集团



中国火箭
CHINAROCKET

民用：

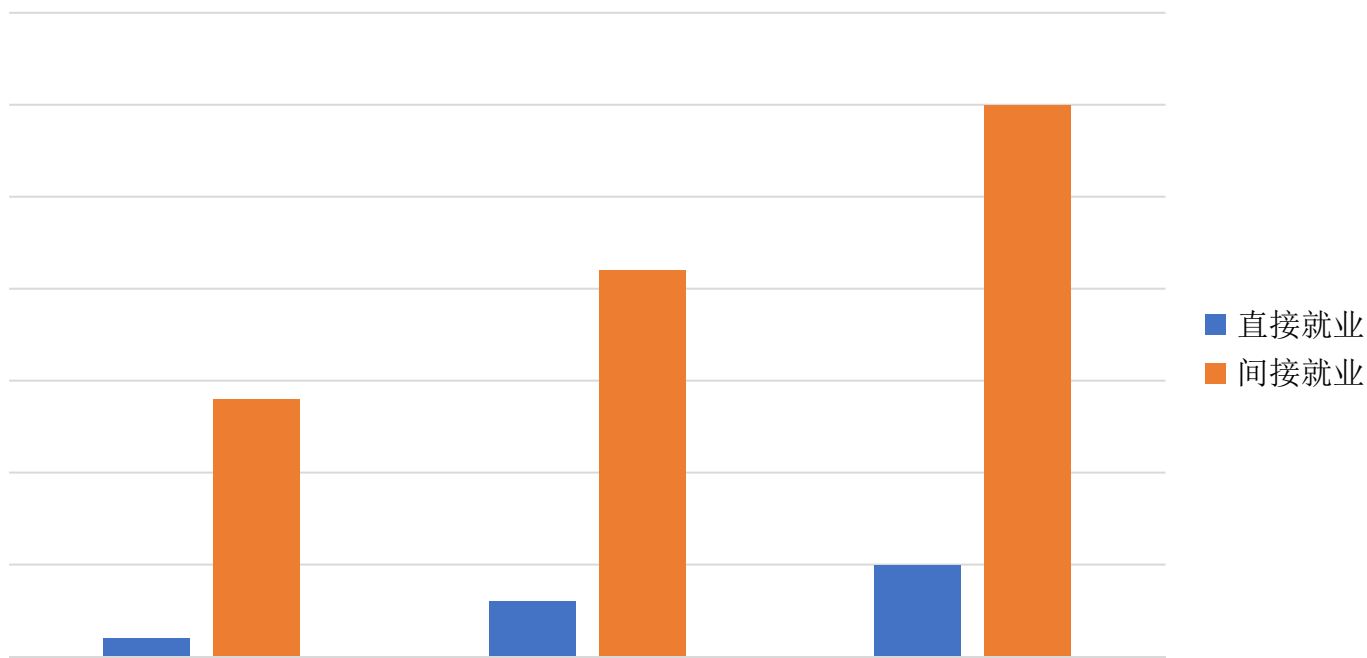


中国石油



中国航天

08.社会价值——带动就业



- 逐年提升技术性岗位，四年直接带动就业50个
- 带动相关就业（制造、物流、销售等）预计突破350人

08.社会价值——军民融合



- 新型超燃材料的研制与应用，大幅提升导弹的变轨性能，实现导弹精准打击目标，为我国的国防事业提供重要的支持
- 超燃材料的研制弥补了我国在超燃材料领域的空白，正积极迎头赶超国外的发展



突破超燃极限 打造大国重器