

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2012.08.024

2-甲基丙烯酰氧基乙基磷酸胆碱共聚物应用研究进展*

鲁手涛¹, 彭娅^{1,2}, 张莹¹, 葛翠¹, 唐敏¹

(1. 西华大学材料科学与工程学院, 成都 610039; 2. 西南交通大学先进技术教育部重点实验室, 成都 610031)

摘要: 综述了 2-甲基丙烯酰氧基乙基磷酸胆碱(MPC)共聚物在改善血液相容性、提高药物控释效率、增加基因转染率、改善角膜接触镜表面亲水性、延长人工关节使用寿命和减小生物传感器表面污染等领域的应用研究进展, 并对其发展前景进行了展望。

关键词: 仿生材料; 2-甲基丙烯酰氧基乙基磷酸胆碱(MPC); 磷酸胆碱; 研究进展

中图分类号: TB34 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2012)08-0104-04

Application Research Progress on 2-Methacryloyloxyethyl Phosphorylcholine Copolymers

Lu Shoutao¹, Peng Ya^{1,2}, Zhang Ying¹, Ge Cui¹, Tang Min¹

[1. School of Material Science & Technology, Xihua University, Chengdu 610039, China; 2. Key Laboratory of Advanced Technology of Materials(Ministry of Education), School of Materials Science and Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China]

Abstract: The research development of 2-methacryloyloxyethyl phosphorylcholine (MPC) copolymers in improving the blood compatibility of biological medical materials, enhancing the efficiency of controlled drug release system, increasing the transfection efficiency of gene carrier, amplying the hydrophilicity of contact lenses, extending the service life of artificial joints and reducing the surface contamination of biosensors were reviewed, and the development prospects of the MPC copolymers in future were also prospected.

Keywords: bionic material; 2-methacryloyloxyethyl phosphorylcholine (MPC); phosphorylcholine; research progress

细胞膜主要以磷脂双分子层为膜结构骨架,膜的外表面主要由卵磷脂构成,而卵磷脂的功能主要源于它亲水性的磷酸胆碱基团^[1]。基于仿生学, Y. Kadoma 等^[2]于上世纪 80 年代中期提出了仿细胞膜结构的概念,设计合成了 2-甲基丙烯酰氧基乙基磷酸胆碱(MPC),将其与憎水性单体共聚得到两亲性共聚物,以达到模仿细胞膜结构和功能的目的。1990 年, K. Ishihara 等^[3]对前人的合成方法进行了改进,将合成 2-烷基-2-氧-1,3,2-二氧磷杂环戊烷(OPEMA)所用的溶剂乙醚换为四氢呋喃(THF),由于 OPEMA 不溶解于乙醚, THF 有利于 OPEMA 的分离纯化。

虽然 MPC 可以均聚得到聚 2-甲基丙烯酰氧基乙基磷酸胆碱(PMPC),但磷酸胆碱(PC)基团极强的亲水性使 PMPC 易溶于水,很难满足使用要求,所以研究者多将 MPC 或 PMPC 与憎水性单体共聚得到两亲性共聚物。这些憎水性单体包括甲基丙烯酸酯类、丙烯酰胺类、硅氧烷类和苯乙烯类等。目前, MPC 共聚物的合成方法主要包括 3 种: 引发剂引发的自由基聚合、光引发自由基聚合和原子转移自由基聚合(ATRP)。引发剂引发的自由基聚合不能有效控制 MPC 共聚物的分子量和分子量分布,相比之下,光引发自由基聚合得到的 MPC 共聚物的分子量分布较窄, ATRP 可以

合成含有嵌段共聚物等特殊结构的 MPC 共聚物。

MPC 共聚物由极性的磷酸胆碱端基和非极性的烷烃分子链组成,故易形成与细胞膜相似的微观结构,具有良好的生物相容性和表面润湿性。 Y. Iwasaki 等^[4]的研究结果表明,这类 MPC 共聚物修饰的表面含有较多的自由水,在材料表面形成结合紧密的水合层,能有效地抑制蛋白质吸附和细胞粘附,表现出良好的生物相容性。因此 MPC 共聚物在众多领域如改善血液相容性、药物控释、基因载体、角膜接触镜、改善关节耐磨性及生物传感器等得到越来越广泛的应用。

1 MPC 共聚物改善血液相容性的研究

随着组织工程的不断发展,组织移植进入了一个新纪元,但是大多数组织工程材料的血液相容性问题仍然是这一领域的“瓶颈”。因此对具有良好力学性能和热力学性能的基质材料进行表面改性,构建特定的分子结构,得到理想的

* 教育部科学技术研究重点项目(210193)、教育部“春晖计划”科研项目(Z2010093)、四川省科技厅应用基础项目(2006J13-055)、四川省教育厅重点项目(12ZA159)、西南交通大学先进技术教育部重点实验室开放课题

联系人: 彭娅,副教授,主要从事功能高分子材料的研究

收稿日期: 2012-06-20

血液相容性支架材料是组织工程亟待解决的问题。材料表面仿生化是抗凝血材料发展的重要趋势, MPC 共聚物能形成类似生物膜的双分子结构,可有效减少纤维蛋白的吸附及血小板的黏附和活化,显著地改善材料的血液相容性^[5]。因此 MPC 共聚物已成为改善血液相容性研究的一个热点。

张晓冬等^[6]通过自由基聚合制得甲基丙烯酸甲酯(MMA)/MPC 共聚物,采用溶剂蒸发成膜法制得 MMA/MPC 共聚物薄膜,由动态接触角(DCA)结果可知,当薄膜与水接触时,共聚物薄膜表面的链段发生重排, PMPC 链段向膜表面迁移,使膜表面具有较强的亲水性。当 MPC 在共聚物中的质量分数为 25% 时,膜表面吸附的血小板数量明显减少,表现出良好的抗凝血性能。随着 MPC 含量的增加,血小板的吸附量减少。T. Hoshi 等^[7]采用表面引发原子转移自由基聚合,在聚乙烯(PE)/聚乙酸乙烯酯(PVAC)复合材料表面接枝 PMPC。和接枝 MPC 相比,接枝 PMPC 基团的材料可获得更好的血液相容性。随着 PMPC 链段长度的增加, DCA 减小,蛋白吸附量也减少。另外, PMPC 链端的卤素基团还能和其它具有功能基团(如羧基、胺基、活性酯基和环氧基等)的单体和细胞黏附分子反应,形成具有不同功能的生物表面。M. Kyomoto 等^[8]在没有光引发剂的条件下,通过自引发的表面接枝聚合技术在聚醚醚酮(PEEK)表面引入 PMPC, PMPC 的接枝密度和厚度可通过光照时间和单体浓度控制,经接枝的 PEEK 的润湿性和润滑性得到大幅提高,水接触角小于 10°,动态摩擦系数小于 0.01。和未改性的 PEEK 相比,牛血清白蛋白(BSA)的吸附量减少了 90%。夏成勇等^[9]通过臭氧活化接枝的方法,在涤纶人工血管表面接枝 MPC,结果表明,经 MPC 改性后的人工血管有效地抑制了早期表面血栓的形成和纤维蛋白原的沉积,使早期的内膜增生减少,表现出良好的生物相容性。J. Sibarani 等^[10]制备了甲基丙烯酸丁酯(BMA)/MPC 共聚物,并将其涂到聚二甲基硅氧烷(PDMS)表面。经改性后,PDMS 表面的亲水性大幅提高。因 MPC 共聚物降低了 BSA 和 PDMS 之间的疏水作用和静电作用,BSA 的吸附量降到 4.2 mg/m²。

2 MPC 共聚物药物控释的研究

两亲性高分子通过自组装可以得到纳米尺寸的药物控释系统,其亲水性的外层可以延长药物在体内的循环时间。另外,它也可以包裹药物,增加药物在运输过程中的稳定性,提高药物的溶解性和生物利用度。MPC 是细胞膜外层表面的两亲性分子链段,它拥有与细胞膜相似的结构,易与细胞膜融合,可减少细胞的毒性和提高生物利用度。Y. Iwasaki 等^[11]制备了 MPC, BMA 和甲基丙烯酰肼(MH)的共聚物 MPC-BMA-MH(PMBH),并将其制成纳米粒子。多柔比星(DOX)固定到 PMBH 后,48 h 内 DOX 的释放量达到

40%。在 pH 值低于 5.4 的环境中, DOX 的释放加速,人体细胞吸收纳米粒子是通过将其吞噬到内涵体,内涵体内的酸性环境(pH 值为 1.4~2.4)更有利于 DOX 的释放。另外该纳米粒子具有靶向作用,其内部的 MPC 单元可有效抑制正常细胞对药物的吸收。焦真等^[12]利用绿色制备法(超临界二氧化碳挥发法)成功制备了聚 2-甲基丙烯酸酰氧基乙基磷酰胆碱-b-聚甲基丙烯酸正丁酯(PMPC-b-PBMA)载紫杉醇胶束,当二氧化碳释放时,憎水链段聚集成核,亲水链段形成的壳层把紫杉醇包覆在核中,形成了具有核壳结构的胶束。该胶束具有较规则的球形形貌和 54 nm 的平均粒径,达到了 61.0% 的药物包封率和 12.2% 的载药量。另外该胶束可快速平缓释药,132 h 内的累计释药量达到 55%,远高于有机溶剂挥发法制备的胶束。Jia Lan 等^[13]通过 Michael(迈克尔)加成将 MPC 接枝到树枝状的聚酰胺胺(G5)表面形成 G5-MPC, G5-MPC 疏水性的内部基团用来包埋阿霉素(ADR),得到了 G5-MPC-ADR,经修饰后 G5 的细胞毒性得到降低。G5-MPC-ADR 的释放速度明显比未处理的 ADR 慢,当未处理的 ADR 释放量达 100% 时, G5-MPC-ADR 的释放量只有 77.5%。在体外癌细胞培养中, G5-MPC-ADR 在 8 天内杀死 60% 的癌细胞,说明 G5-PC-ADR 能有效抑制癌细胞的生长。仇植等^[14]制备了聚 L-丙交酯(PLLA)和 MPC 的共聚物 PLLA-MPC 胶束,胶束结构为外壳亲水内核疏水的实心球体,该胶束的临界胶束浓度为 23 mg/L,显著低于天然磷酰胆碱的临界胶束浓度,并且具有较高的稳定性,几乎不受电解质的影响,而且 PLLA-MPC 胶束是一种可降解的胶束,有望成为一种新型的控释药物载体。

3 MPC 共聚物基因载体的研究

基因疗法是经各种载体将目的基因导入特定的组织靶细胞中,并通过转录表达达到治病的目的,其最大的困难在于开发无毒、高效的基因治疗载体。非病毒基因治疗载体具有低免疫反应、低毒、外源基因整合几率低等优点,使其受到广泛关注。具有仿细胞膜结构的 MPC 共聚物胶束载体,有利于基因进入肿瘤细胞内部,实现细胞和亚细胞层面的治疗,具有提高基因转染率和降低毒副作用的效果。M. Ukawa 等^[15]用 MPC-co-BMA 共聚物(PMB50)改性短肽甘氨酸-丙氨酸-亮氨酸-丙氨酸(GALA)的脂质纳米微粒, MPC 共聚物阻止了 GALA 和脂质体间的静电作用,维持了 GALA 的正常构象,有利于其发挥功效;同时 MPC 共聚物促进了脂质外壳与内涵体基因的融合,使细胞质内的质体 DNA(pDNA)得到更有效的释放,提高了 pDNA 的转染率。L. Mariano 等^[16]用叶酸(FA)修饰共聚物 MPC-2-二异丙胺-甲基丙烯酸乙酯(MPC-DPA),形成嵌段聚合物 FA-MPC-DPA 胶束,该胶束对癌细胞有细胞毒性和靶向作用,可

作为非病毒基因载体。Zhao Xiubo 等^[17]制备了新型阳离子 MPC 共聚物作为基因载体,通过 pH 值的变化可以控制阳离子 MPC 共聚物的结构和电荷分布,当低于酸度系数时,阳离子 MPC 共聚物和 pDNA 以单聚体的形式结合在一起,此时它们具有较高的转染率。J. K. Lam 等^[18]制备了甲基丙烯酸二甲基氨基乙酯(DMA)与 MPC 的嵌段共聚物,该嵌段共聚物可作为基因治疗的载体,其中的 MPC 链段作为生物相容性的稳定剂,DMA 链段可有效地聚集 DNA。

4 MPC 共聚物角膜接触镜的研究

硅水凝胶结合了硅胶的高透氧性和传统水凝胶镜片的柔软性,是角膜接触镜的理想材料。但其表面具有疏水性,影响表面润湿性,易引起泪液中蛋白质的吸附和沉积,因此需要对其表面改性,以提高硅水凝胶的亲水性。MPC 共聚物表面含有较多的自由水,能够在材料表面形成结合紧密的水合层,有效抑制蛋白质吸附。曹需挺等^[19]采用等离子体处理硅水凝胶表面后并引发 MPC 在表面接枝,改性后的硅水凝胶表面具有良好的亲水性和血液相容性,无明显细胞毒性,因此具有良好的生物相容性。T. Shimizu 等^[20]通过双聚合技术制备了含有渗透网络结构的聚甲基丙烯酸二(三甲基硅氧烷)甲基甲硅烷丙基丙三醇酯(PSiMA)和 PMPC 的互穿渗透网络共聚物 PSiMA-PMPC,它具有良好的弹性、透光性和透氧性。富含在表面的 MPC 单元,使材料同时具有高亲水性和减少蛋白吸附的性质。Li Lin 等^[21]制备了 MMA、MPC 和三(三甲基硅氧烷)-3-甲基丙烯酸氧化丙烯硅烷酯(TRIS)的三元共聚物 MMA-MPC-TRIS(PMMT),该共聚物具有高透光性和良好的力学性能,它的透氧性和配戴舒适度可满足角膜接触镜的需要。MPC 单元增加了表面的可润湿性,使其亲水性得到提高,同时大幅降低了蛋白质的吸附。周晓蓓等^[22]以甲基丙烯酸-2-羟乙酯(HEMA)和 *N*-乙烯基吡咯烷酮(NVP)为单体,引入 MPC,制备了新型 PHEMA/NVP-MPC 水凝胶,含亲水性基团的 MPC 的引入,提高了水凝胶的平衡含水率,接触镜的含水率越高,其透氧能力越强。当 MPC 质量分数为 1% 时,样品的透光率已经达到 95%,在保持一定力学强度的前提下,该水凝胶的平衡含水率和透光率均得到显著改善。

5 MPC 共聚物改善关节耐磨性的研究

关节置换可以大幅减轻骨关节炎或骨坏死患者的痛苦,快速改善他们的生活质量,所以关节置换被广泛应用于临床医学。但摩擦引起的髌臼软骨变性,导致人工股骨头迁移到骨盆内,仍然是临床医学面临的一个难题,因此增加人工股骨头和软骨之间的润滑性是一个亟待解决的问题。考虑到正常软骨表面覆盖着一层纳米尺度的磷脂层,因此在人工关节表面接枝一层磷脂可以实现类似生理关节面的润

滑。由于 MPC 共聚物具有良好的生物相容性和润滑性,用 MPC 改善人工关节的耐磨性和生物相容性是非常有效的。M. Kyomoto 等^[23]将 PMPC 接枝到经等离子处理的 Co—Cr—Mo 合金表面,PMPC 接枝层具有高度稳定性,其以“表面水合凝胶润滑层”的形式存在于合金表面,具有很低的摩擦系数(< 0.01),同时材料表面具有良好的生物相容性。T. Moro 等^[24]在 PE 表面接枝 PMPC,PMPC 在材料表面形成水合层,改善了材料的亲水性,提高了材料表面的润滑性和耐磨性。另外 PMPC 包裹了由于摩擦而产生的颗粒,使其呈现生物惰性。王曼^[25]通过紫外光辐照的方法将 MPC 接枝到 PE 表面,接枝后样品的溶血率降低,接枝后的表面几乎没有血小板,接枝 MPC 明显降低了 PE 表面的起始摩擦系数,体积磨损率降低,耐磨性提高。

6 MPC 共聚物生物传感器的研究

生物传感器是为了获得生物体系的重要信息,将生物活性体与传感器相结合而形成的一种仪器。生物传感器会因蛋白质、细胞及微生物等的吸附引起表面污染,从而引起人体组织炎症、降低传感器灵敏度和使用寿命,因此减少或阻止生物传感器表面的污染是迫切需要解决的一个问题。由于 MPC 共聚物具有的良好生物相容性,可将其应用于生物传感器领域。Chu Mingxing 等^[26]制备了 MPC 和甲基丙烯酸异辛酯(EHMA)的共聚物 MPC-EHMA(PMEH)(MPC 与 EHMA 的物质的量之比为 3:7),作为角膜接触传感器的涂层,PMEH 不仅固定了截留酶,而且降低了待测物质的渗透性,同时该传感器具有灵敏度高、校准范围宽、生物相容性好的特点。Wang Chunyan 等^[27]制备了 MPC 共聚物水凝胶/纳米粒子复合物,该复合物能有效地对地赛美松磷酸钠(DXP)进行包埋,DXP 具有抑制炎症的效果。DXP 持续释放时间达 8 d,释放量达到 65.8%,有效抑制了植入传感器引发的急性炎症和慢性炎症,提高了传感器的生物相容性和使用寿命。K. H. Chae 等^[28]制备了甲基丙烯酸缩水甘油酯(GMA)和 MPC 的交联环氧聚合物,并将其作为生物传感器——光学氧传感器的表面涂层。该涂层具有良好的透光性(波长 $> 300\text{ nm}$)和力学性能,而且 MPC 单元的存在并没有减弱其抵抗微生物吸附污染的能力。

7 结语

随着 MPC 单体及其共聚物研究工作的深入,它们的优良性能得到认可,相关研究和应用正在快速发展。同时,其研究和应用也渗透交叉到更多学科,朝着多样化的方向发展,如在硅胶表面接枝 PMPC,得到磷酸胆碱两性离子交换色谱填料,其对蛋白有良好的分离效果^[29],另外通过制备 MPC-co-BMA,发现它同时具有水屏障和保水两种功能,可以作为化妆品的添加剂^[30],也可将 PMPC 接枝到血液透析

膜(纤维素膜),使白蛋白、 γ -球蛋白和纤维蛋白原的吸附量降低 70%~80%,改性后的透析膜具有良好的抵抗蛋白吸附的能力^[31]。MPC 可以与不同单体以不同比例聚合得到不同结构和性能的共聚物,达到精确调控材料生物相容性的目的。生物相容性材料的研究已成为一个热点, MPC 共聚物以优异的生物相容性和结构可控性得到科研工作者的重视,其研究与发展必将进入一个新的阶段。

参考文献

- [1] 张玉. 甲基丙烯酰氧基乙基磷酸胆碱及其共聚物的合成[D]. 天津: 天津大学, 2008.
- [2] Kadoma Y, et al. Kobunshi Ronbunshu, 1978, 35 (7): 423-427.
- [3] Ishihara K, et al. Polym J, 1990, 22 (5): 355-360.
- [4] Iwasaki Y, et al. Biomaterials, 2003, 24 (20): 3599-3604.
- [5] Iwasaki Y, et al. J Biomed Mater Res A, 2006, 79 (3): 476-482.
- [6] 张晓冬, 等. 化学学报, 2007, 65 (22): 2623-2628.
- [7] Hoshi T, et al. Appl Surf Sci, 2008, 255 (2): 379-383.
- [8] Kyomoto M, et al. Biomaterials, 2010, 31 (6): 1017-1024.
- [9] 夏成勇, 等. 中国组织工程研究与临床康复, 2010, 14 (38): 7055-7058.
- [10] Sibarani J, et al. Colloid Surface B, 2007, 54 (1): 88-93.
- [11] Iwasaki Y, et al. Biomacromolecules, 2007, 8 (10): 3162-3168.
- [12] 焦真, 等. 东南大学学报(自然科学版), 2010, 40 (5): 1009-1012.
- [13] Jia Lan, et al. Colloid Surface B, 2011, 84 (1): 49-54.
- [14] 仇植, 等. 中南大学学报(自然科学版), 2009, 40 (6): 1552-1556.
- [15] Ukawa M, et al. Biomaterials, 2010, 31 (24): 6355-6362.
- [16] Mariano L, et al. Macromol Biosci, 2008, 8 (7): 615-626.
- [17] Zhao Xiubo, et al. Langmuir, 2008, 24 (13): 6881-6888.
- [18] Lam J K, et al. Journal of Controlled Release, 2004, 100 (2): 293-312.
- [19] 曹需挺, 等. 化工时刊, 2009, 23 (4): 6-10.
- [20] Shimizu T, et al. Biomaterials, 2010, 31 (12): 3274-3280.
- [21] Li Lin, et al. Eur Polym J, 2011, 47 (9): 1795-1803.
- [22] 周晓蓓, 等. 功能材料, 2008, 5 (39): 838-840.
- [23] Kyomoto M, et al. Biomaterials, 2010, 31 (4): 658-668.
- [24] Moro T, et al. Biomaterials, 2009, 30 (16): 2995-3001.
- [25] 王曼. 聚乙烯表面紫外光接枝 MPC 及其性能研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2007.
- [26] Chu Mingxing, et al. Talanta, 2011, 83 (3): 960-965.
- [27] Wang Chunyan, et al. Biomaterials, 2010, 31 (18): 4944-4951.
- [28] Chae K H, et al. Sensor Actuat B—Chem, 2007, 124 (1): 153-160.
- [29] 徐黎珍, 等. 高等学校化学学报, 2008, 29 (11): 2138-2141.
- [30] Kanekura T, et al. Clin Expl Dermatol, 2002, 27 (3): 230-234.
- [31] Yan Lifeng, et al. J Polym Sci Pol Chem, 2008, 46 (10): 3306-3313.

陶氏荣膺包装行业荣格技术创新奖

陶氏功能性包装业务凭借其研发的 ROBONDTM L-95D (水性单组分粘合剂)再次获得荣格技术创新奖。

ROBONDTM L-95D 是由陶氏化学公司位于美国伊利诺伊州布法罗格罗夫市的研发中心与位于中国的陶氏上海技术中心携手开发。它采用了陶氏独特的丙烯酸乳液技术,注重产品性能与操作简便的完美平衡,同时也能够为包装制造商创造可持续发展效益。

ROBONDTM L-95D 主要适用于镀铝膜和透明膜两种基材,不仅免除了预混工序,且用途相当广泛,大幅提升了加工商的生产效率。ROBONDTM L-95D 是陶氏水性粘合剂产品系列中的新成员,不仅有助于显著提升工作场所的安全性,且完全避免了溶剂排放问题。(杨张静)

美国生物塑料需求量情况分析

英国《塑料橡胶周刊》7月9日报道,根据弗里多尼亚集团(FreedoniaGroup)最新发布的市场研究报告,美国生物塑料的需求每年将增长 20%,到 2016 年将达到 5.50 亿磅(合 249 475 t)。

2016 年美国生物塑料销售额将达到 6.8 亿美元,这得益于技术创新提高了材料的性能,降低了其价格。该报告表示,在 2011 年生物塑料的销售量中,生物降解树脂占绝大部分。到 2021 年,生物塑料将由 2011 年占总需求量的 13%,上升至占总需求量的五分之二以上。

生物基聚乙烯的大批量生产,以及生物基聚酯、聚丙烯、聚氯乙烯的最终商业化,将极大地推动生物塑料需求的增长。预计在整个预测期内,聚乳酸仍将是生物塑料市场最广泛使用的树脂。而 2010 年进入市场的生物基聚乙烯,预计到 2016 年将提供最好的增长机会,其市场需求将在较小的基数上迅速攀升。(聚合网)

辽宁海塑(营口)高分子新材料产业园奠基

近日,辽宁海塑(营口)高分子新材料产业园奠基仪式在辽宁(营口)沿海产业基地举行。海塑高分子新材料产业园是沿海产业基地重点发展项目,将对东北乃至全国塑料工业产生积极影响,同时也标志着沿海产业基地二期项目招商工作取得开门红。

辽宁海塑高分子新材料产业园项目总投资 60 亿元人民币,项目主要包括年产 2 万 t 超高分子量聚乙烯系列管材及纤维丝项目,50 万 m² 聚酯网项目,8 万 t 新型特种管材、管件项目,1000 套精密塑料模具项目,7 万 t 注塑及中空容器制品项目,15 万 t 高新农业塑料装备项目,2.5 万 t 塑料彩印包装项目,15 万 t 新型塑料包装材料项目及综合服务管理区等。项目建成后,园区制品加工能力达到 50 万 t,产值超过 100 亿元人民币,预计利润 20 亿元人民币。

海塑(营口)高分子新材料产业园的建设将成为沿海产业基地新材料产业集群的重要支撑,将成为国内一流的高新材料制造基地。(慧聪网)