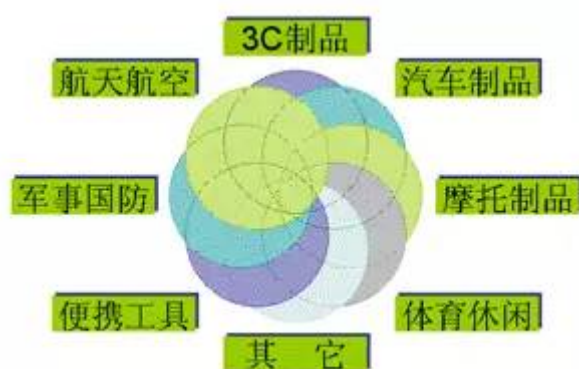


镁合金 | 即将崛起的新一代战略材料，镁产业迎来爆发式增长

2016-02-01材料+

材料改变世界

【材料+】说：



镁合金由于其比强度高、弹性模量大、散热好、消震性好、承受冲击载荷能力比铝合金大、耐有机物和碱的腐蚀性能好等特点，现已广泛应用于航空、航天、运输、化工、火箭等领域。除此之外，镁合金在医疗器械上的应用潜力很大；如果金属镁企业能在加工性能和产品价格上取得突破，那么镁合金也将在 LED 产业得到广泛应用。



院士说

左铁镭院士在今年新材料发展趋势高层论坛中说到：“就镁材料来说，近 20 年来，我国的镁材料已取得了三个“第一”的好成绩，分别是镁产量第一，镁储量第一和镁出口量第一。

现在我国在上海交通大学和重庆大学分别建立了镁材料研究中心，在山西、陕西等省份形成产业一体化的布局，大大促进了我国镁合金的研究应用。目前，镁金属与铝金属相比，价格只高出 20%，相较之前有大幅度降低，这也能极大的促进镁合金的研究发展和应用。”

那么，镁合金的优势在哪？镁材料的应用在哪呢？

1 什么是镁合金？

镁是地球上储量最丰富的轻金属元素之一，镁的比重是 1.74g/cm^3 ，只有铝的 $2/3$ 、钛的 $2/5$ 、钢的 $1/4$ ；镁合金比铝合金轻 36%、比锌合金轻 73%、比钢轻 77%。镁具有比强度、比刚度高，导热导电性能好,并具有很好的电磁屏蔽、阻尼性、减振性、切削加工性以及加工成本低、加工能量仅为铝合金的 70%和易于回收等优点。



镁合金是以镁为基加入其他元素组成的合金。镁合金的比强度高于铝合金和钢，略低于比强度最高的纤维增强塑料；比刚度与铝合金和钢相当,远高于纤维增强

塑料；耐磨性能比低碳钢好得多,已超过压铸铝合金 A380；减振性能、磁屏蔽性能远优于铝合金。

镁合金是制造工业中可使用的最轻金属结构材料之一,其性能特点决定了众多的应用优势：一是减轻资源压力,镁合金产品的应用可以缓解铁矿和铝矿资源短缺的压力；二是减轻能源和环境压力,以汽车为例,镁合金大规模应用可降低 10%—15%的油耗和排放；三是镁合金产品减震性能优越；四是镁合金能源特性好,在某种程度上可以说有镁就有电；五是镁合金产品可屏蔽电子辐射,可广泛用于手机和电脑外壳.....中国有丰富的镁资源(占世界 70%以上)和巨大的应用市场,为制造业减重的同时必将提升中国制造业的竞争力。

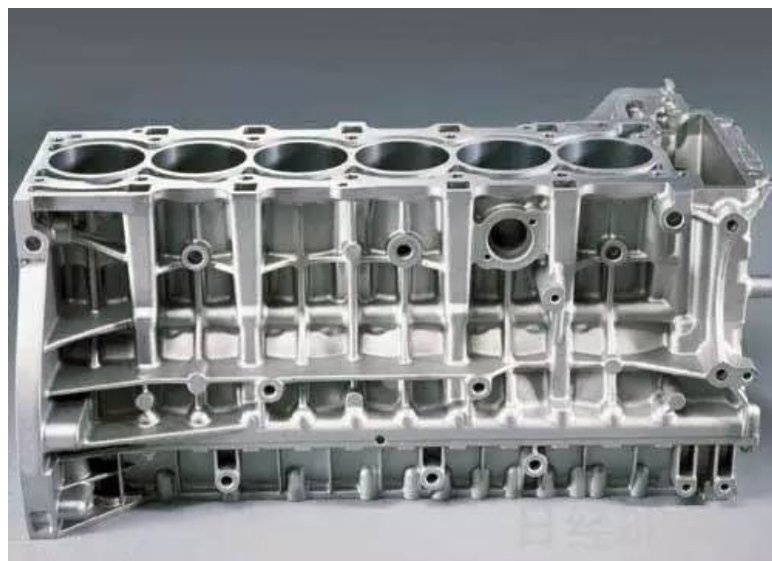


院士说

丁文江院士说：“镁材料主要有三大用途：第一，就是轻量化应用。镁材料应用到汽车、飞机、船舶中，不仅可以提高自身强度，还可减轻自身重量，也就极大的减少了能量消耗。第二，镁材料主要是功能材料。镁材料的主要应用就是在无人机上。现在无人机发展的最大制约就是续航能力。而镁材料的储氢能力很强，用储氢镁材料做成无人机的电池，能极大的提高其续航能力。第三，镁材料是很好的医用材料。镁元素是人体所需的元素，而作为人体支架的镁材料植入人体后，可以在保证人体机能的情况下，自动溶解，不需要取出，就不会对人体造成二次伤害。” 镁必将成为中国“十三五”材料发展的重中之重。

2 轻量化应用

镁合金作为目前密度最小的金属结构材料之一,广泛应用于航空航天工业、军工领域、交通领域（包括汽车工业、飞机工业、摩托车工业、自行车工业等）、3C领域等。

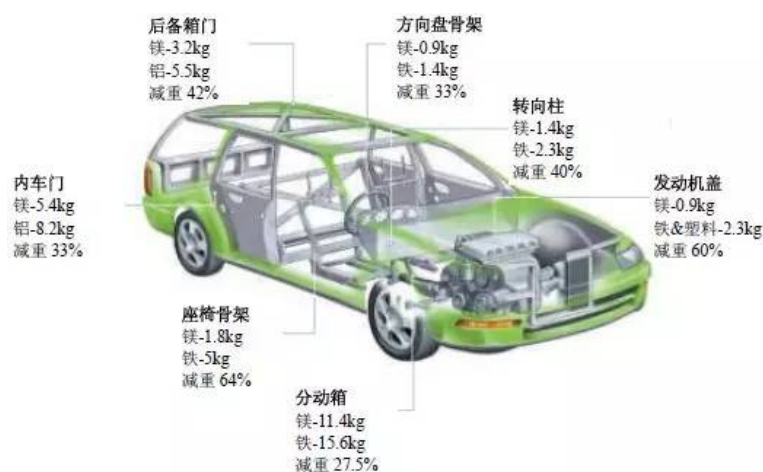


航空航天领域：镁合金的特点可满足于航空航天等高科技领域对轻质材料吸噪、减震、防辐射的要求 ,可大大改善飞行器的气体动力学性能和明显减轻结构重量。

从 20 世纪 40 年代开始，镁合金首先在航空航天部门得到了优先应用。

军工领域：在国外，B-36 重型轰炸机每架用 4086kg 镁合金簿板；喷气式歼击机“洛克希德 F-80”的机翼用镁板 ,使结构零件的数量从 47758 个减少到 16050 个；“德热来奈”飞船的起动火箭“大力神”曾使用了 600kg 的变形镁合金；“季斯卡维列尔”卫星中使用了 675kg 的变形镁合金；直径约 1 米的“维热尔”火箭壳体是用镁合金挤压管材制造的。

我国的歼击机、轰炸机、直升机、运输机、民用机、机载雷达、地空导弹、运载火箭、人造卫星、飞船上均选用了镁合金构件：一个型号的飞机最多选用了 300-400 项镁合金构件；一个零件的重量最重近 300kg；一个构件的最大尺寸达 2m 多。在军工方面需要镁合金板材以提高结构件强度,减轻装备重量,提高武器命中率。目前国内需要的板带材不得不从国外进口。



镁合金在汽车工业领域：近二十年来，世界汽车产量持续增长，年均增长率为2.5%。汽车工业发展程度是一个国家发达程度的重要标志之一，而金属材料是汽车工业发展的重要基础。出于节能与环保的要求，汽车设计专家们想方设法减轻汽车体重，以达到减少汽油消耗和废气排放量的双重效果。镁合金作为最轻的结构材料，能满足日益严格的节能的尾气排放的要求；可生产出重量轻、耗油少、环保型的新型汽车。镁合金汽车零件的好处可简单归纳为：

密度小，可减轻整车重量，间接减少燃油消耗量；

镁的比强度高于铝合金和钢，比刚度接近铝合金和钢，能够承受一定的负荷；

镁具有良好的铸造性和尺寸稳定性，容易加工，废品率低；

镁具有良好的阻尼系数，减振量大于铝合金和铸铁，用于壳体可降低噪声，用于座椅、轮圈可以减少振动，提高汽车的安全性和舒适性。

镁合金压铸件在汽车上的应用已经显示出长期的增长态势。在过去十年里，其年增长速度超过15%。在欧洲，已经有300种不同的镁制部件用于组装汽车，每辆欧洲生产的汽车上平均使用2.5kg镁。乐观的估计认为，出于减重的需求，每辆汽车对镁的需求将提高至70—120kg。目前，汽车仪表、座位架、方向操纵系统部件、引擎盖、变速箱、进气歧管、轮毂、发动机和安全部件上都有镁合金压铸产品的应用。



摩托车领域：50 多年来，经过不断的技术革新，镁合金在摩托车上的应用也不断在广度和深度上进行扩展，应用车型从赛车扩展到运动型摩托、轻便型摩托、概念型摩托，覆盖欧美日十几种主要摩托车品牌，镁合金应用部件涵盖动力系统，传动系统以及各种摩托车附件四十余种，其中仅英国的 Dymay 轮毂就应用多达 400 种车型。国内摩托车镁合金的应用目前尚属空白，重庆隆鑫率先试制出型号为 LXI50 的“镁合金绿色概念摩托车”，在国内引起了广泛的关注，所采用的 12 个零部件如今已有 3 个实现了规模化生产。



3C 领域：3C 产品——Computer , Communication , Consum-

erElectronicProduct(计算机类、通讯类、消费类电子产品)是当今全球发展最快的产业，数字化技术导致了各类数字化产品的不断涌现。镁合金 3C 产品最早出现于日本，1998 年，日本厂商开始在各种可携式商品(如 PDA.手机等)采用镁合金材质，如今运用镁合金最普遍的 3C 产品是笔记本电脑，也是由日本 Sony 公司率先推出的。在 3C 产品朝着轻、薄、短、小方向发展趋势的推动下，近年来镁合金的应用得到了持续增长。

3 作为功能材料

除了质轻这一优点，镁合金还有很多功能特性被开发和利用:镁合金阻尼容量大，用作汽车、飞机或武器装备的驱动、传动部件有明显的减震减噪效果;镁合金材料的 LED 灯具或电子系统的散热器具有良好的散热性能，使用寿命长;镁合金电磁屏蔽性能良好，用于军用计算机、通讯器材，可以防比电磁波信息泄露，降低电磁辐射危害;镁合金储氢容量大、电极电位低，作为储氢、电池材料有很大的优势比。因此，镁及镁合金作为功能材料具有广泛的应用前景，国内外学者在这一领域进行了初步的探索和研究。

阻尼材料：镁及镁合金在相同的载荷下比其他金属材料消耗更多的变形功，是阻尼性能最好的结构材料，可用于控制噪音和增强结构稳定性。目前镁合金的阻尼机理研究不够深入，缺少一套系统的理论来指导应用，阻尼性不能有效控制。

电磁屏蔽材料：目前主要的电磁屏蔽材料主要是导电材料和有一定磁性的金属导电材料。镁及镁合金不仅导电性良好，而且在很强的磁场中也不会被磁化，在较宽的频率范围内具有优良的电磁屏蔽特性。经过表面处理，其电磁屏蔽性能有可能得到进一步改善，用于制造电子通讯产品、军用计算机等有着不可比拟的优势。IBM 公司曾用 AZ91 D 镁合金制作成 1.4mm 的笔记本电脑壳体做实验，在 30 ~200MHz 频率范围内的屏蔽能力始终稳定在 90~100dB，约是带电镀层的 ABS 壳体的两倍。

导热材料：镁及镁合金比树脂、塑料产品散热性能好，用来制造元件密集的电子产品，或电子产品的外壳、零部件，可以充分发挥其散热的优势。目前在 LED 灯具和电子系统散热器等领域已经有初步应用，但是镁合金是否能替代广泛应用的铝合金散热器，散热性能如何提高，很多学者进行了初步的研究。

储氢材料：氢能源是一种高效，无污染的绿色能源，由于常温下以气态存在，所以如何更安全有效地储存和运输一直备受关注。从 1968 年美国科学家首次发现镁—镍合金具有吸氢功能后，金属储氢材料由于储氢密度高、可循环吸放氢、安全性高等优点，吸引了很多人进行研究。镁合金质轻、储氢量大、资源丰富，是公认的最有潜力的储氢材料。

电池材料：电池是人类生产生活的必需品，目前应用的锌锰、铅酸、镍镉电池中含有汞、铅、镉等重金属元素，潜在地威胁人类和环境。锂离子电池在大电流充放电时会析出金属锂，存在安全隐患。金属镁与锂化学性质相似，电池能量密

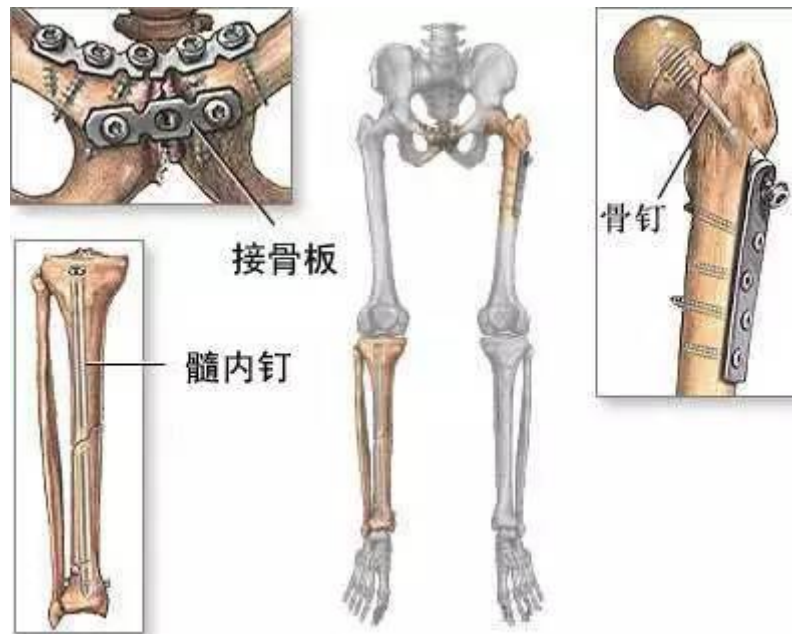
度高,资源丰富,又无毒可回收,作为电池材料有着很大的潜力。按照工作性质和储存方式,镁电池可分为:一次电池、二次电池、储备电池和燃料电池。镁干电池具有良好的温度适应性,储存寿命较长,但是镁合金负极难成型,仅被用作军用通讯设备,气镁二次电池与锂离子电池原理相似,但能量密度是锂的两倍,可用作电动车等大功率的可充电池。镁储备型电池,在干燥状态下储存寿命可达10年以上。使用时需要临时加电解液活化半小时,工作电压平稳,使用寿命只有0.5~24小时,主要用于海难救生等工作时间较短的情况。镁燃料电池储能高,使用安全方便,常用于水下仪器等可移动设备的电源。

4 作为医用材料

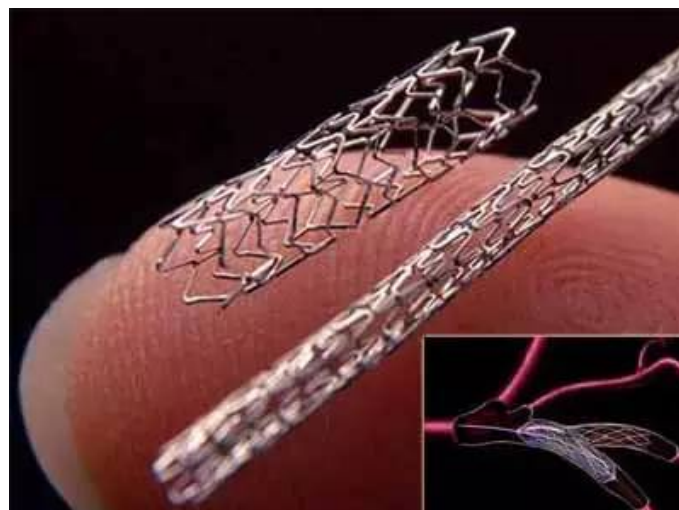
随着现代科技的发展,越来越多的金属或合金被用做植入材料,镁及镁合金作为生物医用材料有很多优于其他金属的特点:镁不仅密度(1.74g/cm^3)与人骨的密度(1.75g/cm^3)相近,而且与其它金属相比弹性模量和抗压屈服强度更接近人骨;Mg在人体环境中可完全降解吸收,免去了二次手术给病人带来痛苦和负担;Mg是人体所必需的一种重要元素,在细胞中的含量仅次于钾,具有良好的生物相容性。

骨固定材料:目前,广泛应用的不锈钢和钛合金的弹性模量都远高于人骨的弹性模量,由此产生的应力遮挡效应不利于骨的生长和愈合。镁合金与人骨的弹性模量接近,可有效缓解应力遮挡效应。镁合金在骨折愈合初期能够提供稳定的力学性能,逐渐降低其应力遮挡作用,使骨折部位承受逐步增大至生理水平的应力刺

激，从而加速骨折愈合，防止局部骨质疏松和再骨折的发生。实验涉及的骨固定材料主要有棒、板条和螺钉，对此已有大量研究报道。



血管支架：迄今为比，临床上多采用由不锈钢与高分子制成的血管支架来治疗血管狭窄等问题。但不锈钢支架永久存在血管内，可引发局部炎症，有血管再狭窄的可能性；高分子支架力学性能差，在降解期间，容易在植入处诱发酸性环境，延缓病愈。镁合金因易降解性及合适的力学性能，可被制成可降解血管支架。



多孔镁骨组织工程材料：常用的多孔骨组织工程材料有生物陶瓷和聚乳酸，这些材料力学性能差。多孔镁作为一种可降解的生物材料，其力学性能符合要求，且其本身具有生物活性，可诱导细胞分化生长和血管长入。Witte，Wen 和 Tan 等分别通过铸造法、粉末冶金法和激光加工技术制备了多孔镁骨组织工程材料，认为镁合金在多孔骨组织工程材料方面具有良好的发展前景。

5 镁产业的困惑

尽管目前各方面对镁材料的关注度提高，但是冷静分析，近年来在镁的应用方面有两现象困惑着镁工业。

一是中国之外的地区镁消费增长乏力。据分析，2010-2012 年，除中国以外地区镁消费量徘徊在 50 万吨左右，2012 年甚至出现下降。全球镁市场增长主要依靠中国。中国镁产品的出口量也呈现下降局面。二是全球镁合金消费增长乏力。2012 年全球镁合金消费量约为 255kt，占消费量比例是 34.45%。而 2007 年最高值为 360kt。2012 年中国镁合金消费量约为 80kt，占消费量比例是 31%。而 2007 年为 92kt。近年镁消费的增长主要来自铝、钛、钢铁。而在我们寄予厚望的终端消费市场，镁合金压铸件和镁合金加工业材的需求没有大的变化。这个市场迫切需要积极的推动。

镁产品的开发与应用面临两方面的制约因素。一是科技和工程问题，核心是如何能通过扬长避短，开发出更多高性能的新型合金材料，以及如何提高加工技术。

二是战略与管理问题，如何通过资源整合加快镁合金产业化进程，扩大其应用。

他认为，制约中国镁合金产业提升和应用的首要障碍是战略与管理问题而非科技与工程问题。

在政府层面，镁产业的国家战略和行业规划缺失，并没有从国家资源能源战略高度和国际竞争角度来审视镁的重要地位。镁合金及其产品的研发缺乏系统性规划，研发资金投入不足、研发内容涵盖面有限。

在行业层面，镁的研发和产业化推进事业缺乏有效的协调和组织，产业联盟缺失，行业标准不完善，没有多层次高水平的行业服务平台，行业缺少领军人物和领军企业，不能及时有力的发出行业的声音。

在企业层面，镁生产企业普遍实力不足，所能掌控的资源十分有限，商业模式待优化，从实体经济的企业多数举步维艰，难有长远眼光和超前布局，企业专业人才普遍缺乏。

在科研层面，虽然国内从事镁研究的科研院所和大专院校较多，但是镁方面的科研经费还是不足。科研成果虽然不断获奖，但实际上成果转化不力，与产业化结合不紧密。科技协作不够，研究力量分散，资源浪费，也并未有建立起国家支持的科技成果的共享机制。

在用户层面，对镁认知不够，对镁供应稳定性还有疑虑。制造类企业创新动力和压力都不足，习惯于给国外公司做代工，或者做代工的代工，一味最求成本低廉，

挣快钱，并未有足够意愿以材料创新为突破口实现产品创新。同时，由于缺少系统化的镁应用的生命周期分析研究和材料数据库支撑，产品设计开发进展并不理想。

在金融投资层面，绝大多数的投资者和投融资机构更喜欢锦上添花，而非雪中送炭。还未能看到镁材料和镁业的投资价值，在镁业资金投入，资源整合方面还缺乏更多耐心，更多的关注。

6 我们镁产业的前景

(一)构建应用型战略联盟

构建应用型战略联盟，是近年来产业调整一个新课题，由终端产品型用户当盟主，该类用户是技术创新的重要参与者和利益相关者。用户直接参与产学研合作，不但能够减少技术创新的盲目性，缩短新产品从研究开发到进入市场的周期，而且有效降低技术创新的风险和成本。

(二)联合重组，转型升级

截至 2012 年底，我国镁冶炼企业有 74 家，3 万吨产量的才有 4 家、1 万吨产量有 22 家。生产能力在 1.5 万吨以下的企业有 20 家。这 20 家不符合《镁行业准入条件》中现有企业生产能力要达到 1.5 万吨以上的规定。

1、**淘汰落后产能。**国家、省区政府部门严格执行《准入条件》，对 1.5 万吨以下现有企业限期改造升级达产达标，或兼并重组或被视为落后产能淘汰出局；

2、**打造大型企业集团。**具有经济、技术、管理优势的国企，选择与加盟有竞争力的镁冶炼企业共同提升技术装备水平，做强做大，建成国内一流、具有核心竞争力和国际影响力的镁合金加工大型企业集团；

3、**设立示范企业。**国企选择具有资源、能源优势地区，采用先进镁冶炼技术工艺，新建“两化”深度融合的现代化镁冶炼示范企业。

4、**上下游企业联合重组。**国家应鼓励“煤—燃气—电—硅铁—镁”及“矿山—冶炼—加工—应用”一体化经营。提高全行业的盈利。这种强强联合重组、转型升级，可实现降低经营成本，摆脱产能过剩，提高国际竞争力和话语权。

(三)建立国家级镁合金加工生产应用推广示范基地

为推广应用扩大内需，加大宣传力度。宣传镁是具有优异性能和特殊功能的新材料。近些年来，西方国家十分重视金属镁的应用，视为战略新材料。美国、德国、日本等发达国家巨额投资，实施研究及产业化战略，抢占新材料开发与应用制高点。台湾富士康科技集团在大陆已建成了 6-7 个镁合金结构件的研发生产基地。

1、建设示范性基地

在上海(含长三角地区)、深圳(含珠三角地区)、重庆地区、沈阳(含东三省)、京津环渤海、山东、河南等中原地区,建立 7 个国家级镁及镁合金加工生产应用推广示范性基地。根据国家“新材料产业“十二五”发展规划”的重点目标要求,通过开展跨地区、跨行业、跨所有制的强强联合,兼并重组,加快培育和建成一批具有一定规模、优势突出、掌握核心技术和具有国际竞争力的新材料研发生产应用推广示范型企业,向着“专、精、特、新”方向发展,担负着技术进步、人才培养、支撑与引领行业有序发展等重任。

2、建立产业联盟

鼓励建立以优势企业为龙头,联合产业链上下游核心企业的产业联盟,通过打通目标产品的合金开发、产品设计、材料加工、部件产品生产、产品应用和合金废料、零部废料回收利用的整体技术链条和循环过程,形成以新材料为主体、上下游(产学研用)紧密结合的产业体系。

3、加快规模化发展

充分利用已有军工新材料产业发展的技术优势,加快军民联手共施新材料产业化、规模化发展。

总之,镁合金作为战略材料,绝对能在未来的国家产业发展中起到决定性的作用;镁产业也将迎来爆发式增长。