塑料轴承的应用领域探析

BNL (UK) Co., Ltd.

MARK TANIGUCHI

2010-8-20

旨在改进现有的产品，解决技术难题或者创新性的新设计，热塑性塑料轴承和集成产品具有很多优势。

对热塑性塑料轴承以及如何使用拥有清晰的了解有助于您的产品开发项目和获得革新性的零部件装配方案以及降本增效。

- 热塑性塑料轴承解决方案的技术优势
- 热塑性塑料轴承如何替代传统金属轴承
- 注塑成型产品的优势
- 可选的成型工艺和设计方案
- 使用热塑性塑料轴承解决方案获益的应用案例
- 热塑性塑料轴承在各种工况下的性能比较
- 某些工况下，热塑性塑料轴承不仅是合适的，而且是更有优势的产品
- **Real world examples of the use of thermoplastic bearings to innovate and solve problems** 实际工况中使用热塑性轴承作为创新和解决问题的案例

本文旨在介绍塑料轴承可作为传统金属轴承的替代方案，同时其独特的灵活创新设计完全可作为一个可靠的解决方案来解决当前设计师和工程师在产品开发中所面临的许多问题。

热塑性塑料：适合不同用途轴承的一种多用途材料… …

当今，许多工程师，设计和采购人员选择轴承时通常会想到金属轴承。然而，金属轴承有许多明显的缺点如重量，摩擦，噪音，腐蚀性等方面。

另一方面，热塑性塑料可承受腐蚀性环境，具有质量轻，无磁性，耐化学和抗高温的特质。同时它们可以注塑生成任何产品形状进而带来设计，生产，甚至成本降低的好处。

目前有很多不同类型的热塑性塑料原料。原材料的选择可以进行调整以适应特定的产品用途或某种特定环境的要求。

材料结构

有两种不同结构的热塑性塑料：非结晶和半结晶。非结晶材料一般不适合轴承制造，因为它们表现出低耐磨和耐化学性，以及高疲劳性。通常半结晶材料用于制造轴承，因为它们通常具有较高的屈服应力，能承受更高水平强度和拥有良好的耐磨性和耐化学性。

图.1：通用热塑性塑料和常规化学品

+ High Resistance 高耐性 **0 Marginal Resistance** 边际耐性 **- Limited Resistance** 低耐性	**Nylon** 尼龙 **PA**	**Acetal** 乙缩醛 **POM**	**Poly-propylene** 聚丙烯 **PP**	超高分子聚乙烯 **UHMWPE**	**Polyether-etherketone** 聚醚醚酮 **PEEK**
紫外线（阳光）	+	0	+	+	+
臭氧	0	0	+	+	+
氧气（大气压力）	+	+	+	+	+
空气	+	+	+	+	+
二氧化碳	+	+	+	+	+
废气：发动机	+	+	+	+	+
水（包括海水，雨水）	+	+	+	+	+
雨水：酸性	+	0	+	+	+
氯化水（**<0.5mg / L**）	+	+	+	+	0
氯，含氯的水（**<0.5mg / L**）	-	-	+	+	-
皂液	+	+	+	+	+
清洗剂：各种用途	+	+	+	+	+
消毒剂：酒精类	+	+	+	+	+
油脂：合成油，酯类油	+	+	+	+	+
润滑油：齿轮油（如 **ATF**）	+	+	+	+	+
制动液（**DOT 3-4**）	0	0	+	+	+
汽油	+	+	0	+	+
石油	+	+	+	+	+
石蜡	0	+	+	+	+

上表显示了塑料轴承应用中可能会接触的化学物质和使用环境以及常见的几种热塑性塑料材料。

耐腐蚀和耐化学性

在某些工作条件下金属轴承承受巨大的腐蚀威胁，需要定期更换。而在这种环境下热塑性塑料轴承能够更高效地工作，并取得比金属轴承更长的使用寿命，原因就在于其耐腐蚀特性。热塑性轴承在液晶显示器制造领域的应用获得了巨大成功。它们在生产线上高效的输送着显示屏幕玻璃，而其本身浸没在大量的化学清洁剂中。

*（右图：**BNL** 耐化学腐蚀塑料轴承应用于 **LCD** 屏在化学反应池中的运输）*

电阻系数

轴承旋转产生静电，它在某些环境是有害的。在某些情况下甚至可能产生高达 4 万伏特。这种能量可以通过一个放电电弧或火花，对电气元件造成损害（20V 的电压就足够造成损害），或产生严重电击。

图.2：表面电阻率（欧姆）

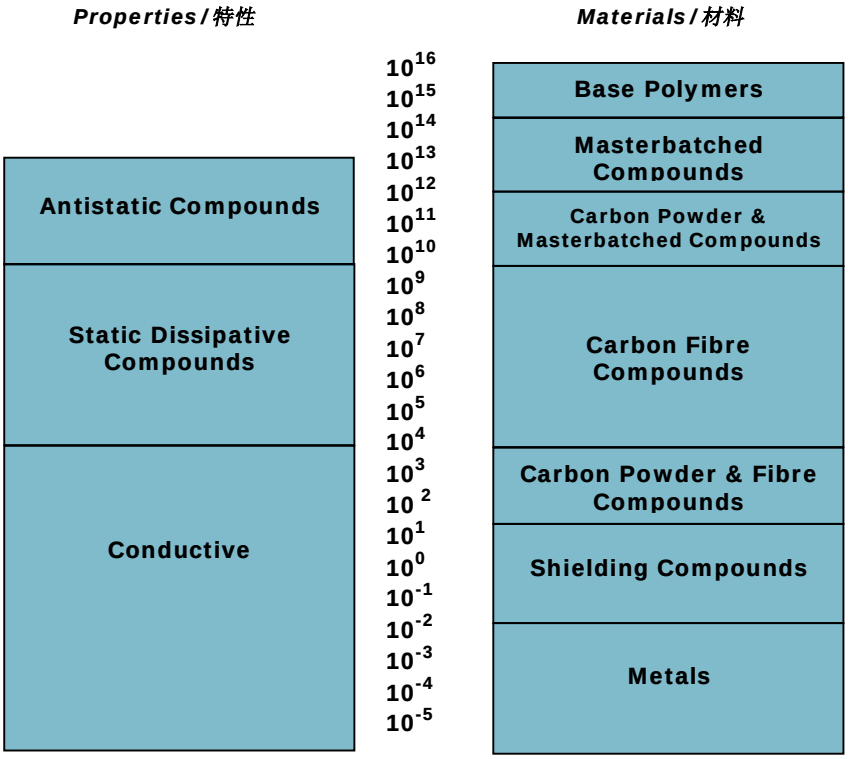


图. 2 显示了电阻系数在基本聚合物材料的（阻电）和金属材料（导电）之间的变化，以及不同类型的混料和添加剂可用来实现不同程度的电阻率。

热塑性塑料是绝缘体。基础的聚合物具有高电阻率，同时可调节抗静电和防静电性能。抗静电材料抑制电荷的原始积累并将因运动产生的电荷最小化。

如果需要更多的导电性能，碳纤维、不锈钢纤维或其他组合化合物能提供从系统中彻底消除电荷的接地路径。

质量轻

即使是较重类型的热塑性塑料（1420 千克/立方米）其密度大约为钢的 20%（7750 公斤/立方米）。有些聚丙烯材料，甚至轻到只有钢的密度的%12（908 公斤/立方米）。

由于热塑性塑料成型工艺中不会形成任何永久交联聚合，它们可以被反复融化并成型。热塑性塑料轴承和组件可模压增加额外的特性如定位夹和销。这种技术可以减少零件总数，进而减少产品的总重量。许多行业对于重量的增加视为有害的，如汽车行业，使用热塑性塑料轴承将比金属件有显着优势。

磁性

热塑性塑料的非磁性，使之比金属更适合使用磁共振的应用领域，如银行卡阅读器和文件扫描仪，或医疗设备，又如核磁共振成像扫描仪和 X 光机。金属形成的磁场或虚假信号会干扰此类产品的有效运行。塑料轴承使用陶瓷、玻璃或塑料球则不会干绕这些进程。

（右：标准径向全塑料玻璃球轴承可消除轴承磁场对产品的性能产生的不利影响）

低转动惯量

塑料轴承通常转动惯量不到金属类的百分之十。金属轴承惯性产生的部分原因是金属部件使用的油脂或润滑油，同时设计过程中更苛刻的公差等级也往往促使其进一步增大。塑料轴承可开发具有不同惯性水平同时可实现低扭矩 0.041Nmm（类似替代金属则为 0.235Nmm）。基于这个原因，塑料轴承用来制造水疗机和泳池清洗机，它们由水流驱动，因此必须应用很小的扭矩。

自润滑

金属轴承依靠润滑油工作，虽然润滑油的扭矩和惯性可以提高。但润滑介质存在泄漏并产生潜在的污染问题。热塑性塑料轴承则是自润滑。这在纸张处理行业具有独特的优势，润滑介质在系统驱动过程中可能弄脏纸张，而在食品加工过程润滑介质泄漏则会污染食品。

装饰及染色

热塑性塑料，可广泛依照客户需求制作。热塑性塑料可根据品牌，安全编码，产品认证或艺术要求而生产成不同的颜色。同时还可以实现内模装饰成不同款式和标号。一些热塑性塑料也可以被金属化处理、电镀或烤漆以实现所需求的外观。

注塑成型轴承的优势

设计灵活

热塑性塑料是易于设计的材料。它们提供了潜在的：

- 根据实际应用选定不同特性的材料
- 根据品牌或用途制作客户化的外观和纹理
- 构想复杂的形状和装配
- 模具成型适应特殊的测量和有限空间
- 通过部件整合，减少零部件数量

传统的金属轴承，常常超出实际使用要求而被过度设计。采用金属轴承的产品通常使用的大量的组件，增加重量，使装配复杂化和成本增加。热塑性塑料轴承组件采用注塑成型技术，使设计人员能够将滚动轴承嵌入上一级复杂的塑料部件中，大大拓宽了设计的可能性。设计人员能够尽可能多的将所需功能融入一体，例如，齿轮，滑轮和定位夹。

*（图：**BNL** 开发的用于紧急车辆旋转警示灯的塑料轴承组件，具有安装支架，灯座和反射芯片）*

热塑性塑料轴承与传统的多组件金属轴承装配相比为实现对成本和装配时间的节省提供了极大的可能性。零部件数量的减少反过来可以帮助降低库存水平和减少供应商数量，从而提高供应链效率。

制造方式的选择和其优势

不同制造热塑性塑料轴承的方法影响着其耐磨性，反过来又影响其潜在的使用寿命。当前主要有两种方法：注塑成型和数控（CNC）机加工。

整体模具成型的塑料轴承由于在生产过程使用了具有特殊特性的注塑塑料而能够提供卓越使用寿命。注塑成型需要前期模具投资和模具开发时间，使得这种方法更适合生产大批量零部件。

若受模具预算或生产数量限制，零件也可通过数控机加工生产。工件的几何形状难以在成型工艺中增加滚动轴承保持架时也可通过机加工来完成。这无疑增加了成本生产，因此它通常只用于少量生产且在绝对必要时。这种制造方法不会产出和整体成型轴承同样的磨耗性能，使用寿命也较短。

精细的结晶层

注塑成型过程中大大提高了热塑性轴承的耐磨性和使用寿命。在模具被填充时，由于材料熔融温度和模具表面之间存在较大的温度差异，与模具表面接触的材料温度迅速冷却。因此形成非常精细的颗粒晶体表层，晶体表层厚度取决于模具的表面温度。剩余填充的零件中心部分材料被早期形成的表层隔绝导致冷却的速度较慢，从而形成较大的晶体。较低的模具温度已被证明能够生成更厚的表层。

*图.**3** 注塑工艺中结晶层的形成*

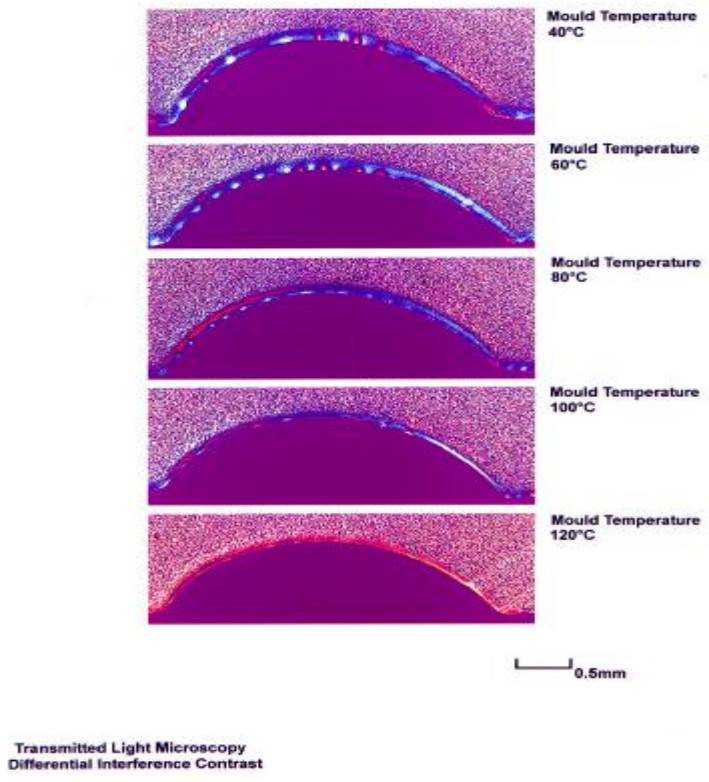


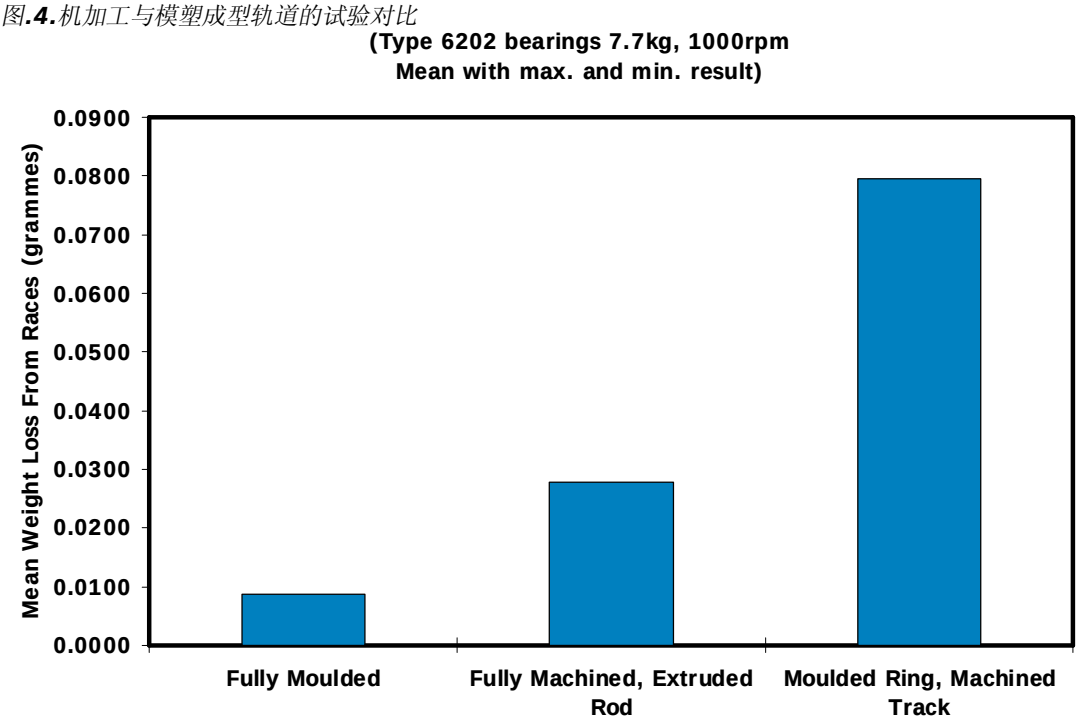
*图. **3** 显示（**10** 至 **20** 微米）的成型切片。 当极化光照射切片，结晶表层是可见的。显然较厚的表层出现在较低的模具温度时。*

注塑成型对比机加工

精细颗粒表层已被证明非常耐疲劳引起的磨损。其下面填充的大型晶体提供支持强度。完整模具成型的模具的精细颗粒表层同样提高了轴承的轨道耐磨性能。

完全机械加工的轴承的表面结构与其下方的材料类似。显然其不如精细结晶表面的耐磨性好且产品的使用寿命低于模塑成型产品。注塑成型轴环中的机加工轨道揭示了其不同的耐磨性能。此制造方法的预期寿命较短如*图* ***4*** *所*示。

*图.**4.**机加工与模塑成型轨道的试验对比*



整体注塑成型产品优异的耐磨性和更久的使用寿命归因于其模塑成型的轨道表层结构，而挤出成型或机加工去除材料方式成型的轨道则不具备此结构。

复合轴承和嵌件注塑

使用另外的制造技术也可提高热塑性轴承的使用寿命。嵌件成型通常指将由金属制成的零件放入模具中进行外表面包裹塑料，用来提高轴承载荷能力和耐磨性进而增加其使用寿命。复合轴承可通过金属件和塑料件的组合提高承载能力。

复合轴承也可以指将热塑性塑料和添加剂及填料混合以增强诸如刚性和电导率等性能。然而与纯聚合物相比它们的耐磨性就逊色多了。

塑料轴承的应用领域

热塑性塑料轴承在许多行业应用已经证明它们是可靠的和更合适的金属轴承替代品。

汽车

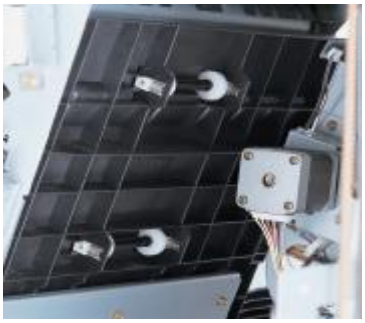
重量是汽车行业的面对关键问题之一。在试图生产更快速度和更高性能的车辆时，重量轻的塑料轴承可注塑成型集成组件，以减轻重量和提高性能。热塑性塑料代替金属用于个人汽车，以补偿新的安全系统，导航设备和车载娱乐增加的重量。然而，当今制造商降低重量的主要目的是要提高燃油效率和减少二氧化碳排放。汽车每公斤重量的减少碳排放量相应可降低 70 毫克/公里。

当今最流行的汽车上已广泛使用注塑成型的塑料轴承组件代替由众多金属部件组成的金属零件，例如，汽车转向柱和仪表板控制盘。同样在摩托车车载照相系统中，它们可抵抗比赛场地多变的天气条件和适应不同的比赛环境，有效地运行在世界上最快的泥泞的场地，越野条件以及含油和水的赛道上。

商业机器

塑料轴承用于多种商业机器，从高产量的商业设备，如邮件分拣机，到多功能打印机和现金处理机器。轴承可模塑成型特定形状以适应机器内部空间的限制，额外的功能可以融入组装件中，从而减少零件数量、产品重量、零件尺寸和装配成本。产品往更小，更轻，更便宜方向发展的行业竞争将从中受益。

复印机一般每分钟可复印65份文件。过程中产生的静电会破坏的文件的畅通而导致卡纸。



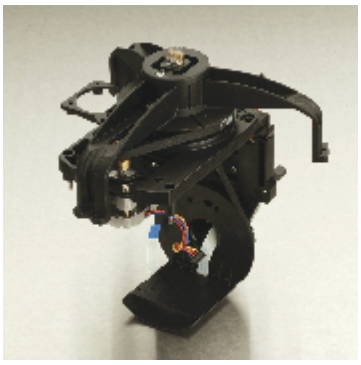
*（图：商务复印机采用**BNL**塑料轴承组成的塑料纸张输送辊子装配件）*

塑料轴承用于光学驱动机构。它们被用作托辊或皮带张力轮共同嵌入齿状皮带轮或和模塑在轴上。在某些情况下防护罩会在设计上加入以抵御来自纸屑造成的机械磨损。轴承组件由热塑性材料制成能够消除纸张快速运输产生的静电，因此不会吸引碎屑至机构中，而这可能会导致输纸路径的崩溃。无需润滑因此系统传输文件的过程中也不必担心弄脏文件。

ATM自动取款机和现金处理设备快速对钞票检验和排序。低摩擦的塑料轴承的抗静电性能，使产生的静电不会干扰机器内部的电路。某些领域需要完全的非磁性零件，使磁条和代码可以不受干涉的读取。热塑性玻璃球轴承满足此项要求，并成本效益高。

安全摄像机

一体化塑料轴承的优势可以体现在云台（平移，倾斜，缩放）安全摄像机设计上。在平移和倾斜机构上使用塑料轴承组件可以减少零件数量和节约装配成本。此外，一体化的单元设计易于嵌入外壳单元从而将安装和维护工作降到最低，减少系统停机时间。



*（右：**BNL** 轴承用于云台型安全摄像机，其中包括两个双列精密轴承，集成电子电缆，整体模塑的夹盘替代金属螺栓）*

塑料轴承组件重量轻，耐候性非常适合在必须在室外各种天气条件下持续工作的安全摄像机。作为金属轴承的低维护替代品，同样减少或消除设备维护的时间。

水下应用

塑料轴承在水下应用如游泳池清洗机，洗碗机，水疗及淋浴房。塑料轴承能够实现低扭矩使它们成为水疗或喷水应用的理想选择，它必须只使用水流有效地工作。对于水下的应用，带塑料外包装和聚丙烯塑料球塑料轴承具有密度低自浮力几乎是无摩擦的轴承。

*（左：**BNL** 塑料轴承用于水中应用产品，如这样的旋转角度水喷头，包含橡胶密封，用于洗碗机）*

塑料轴承被证明是游泳池清洗机器人不可或缺的组成部分。他们极少吸水，不腐蚀，持续的浸在水里， 并对化学性的氯和其他清洁剂有很强的耐性。水也会增加惯性但体积小的塑料轴承能够解决这个问题，因此需要更少的电能在水中来驱动自身，使之更有效率。

食品和家禽加工

塑料轴承被广泛用在家禽加工业，以对应环境卫生和维修问题。通常情况下，两个双轨滑轮通过一个塑料联接件与动力驱动输送系统整合（右）。热塑性塑料耐水、酸和碱等常规食品配料。无需润滑和耗时的维修，塑料轴承

完全自润滑。这就造成了污染风险的降低生产线能满足频繁的高压清洗而不用担心生锈，润滑油脂洗溢出或密封的损害。最大程度降低维修费用，轴承更换费用和停产时间。

此时使用金属轴承完全是过度设计，因为包扩滑轮的输送链将被定期更换，而金属轴承此时只完成了它们实际寿命的一小部分。热塑性塑料轴承则提供了符合产品应用的成本更低的设计选择。

塑料轴承是否适合你？

如果工作条件得到充分的理解，塑料轴承制造商可以预测轴承的寿命并使用智能化产品设计满足相关要求。目标是实现最佳解决方案和轴承寿命最大化。使用寿命取决于每一个实际应用，因此所有相关的因素必须产品设计过程中得到充分考虑，以使最终的产品能够满足负荷，速度和环境的要求。

使用寿命

轴承的使用生命由其失效的标准来定义的。通常指满足轴承负荷，速度和环境条件的能力，所有这些共同决定了其能实现的使用寿命。

图 ***5.*** 热塑性轴承对极端条件的适应性

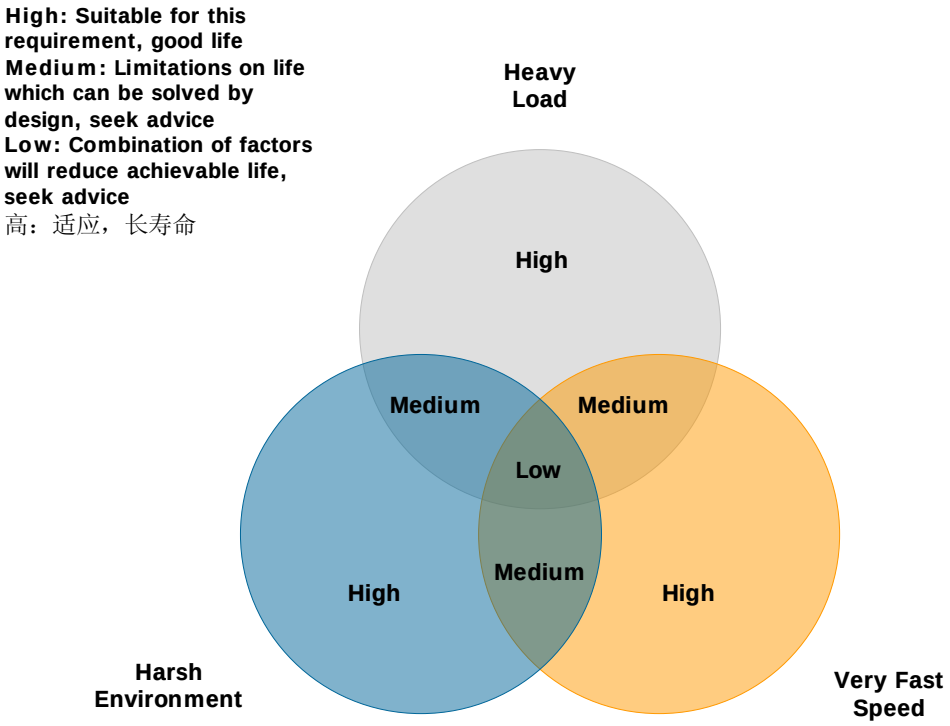
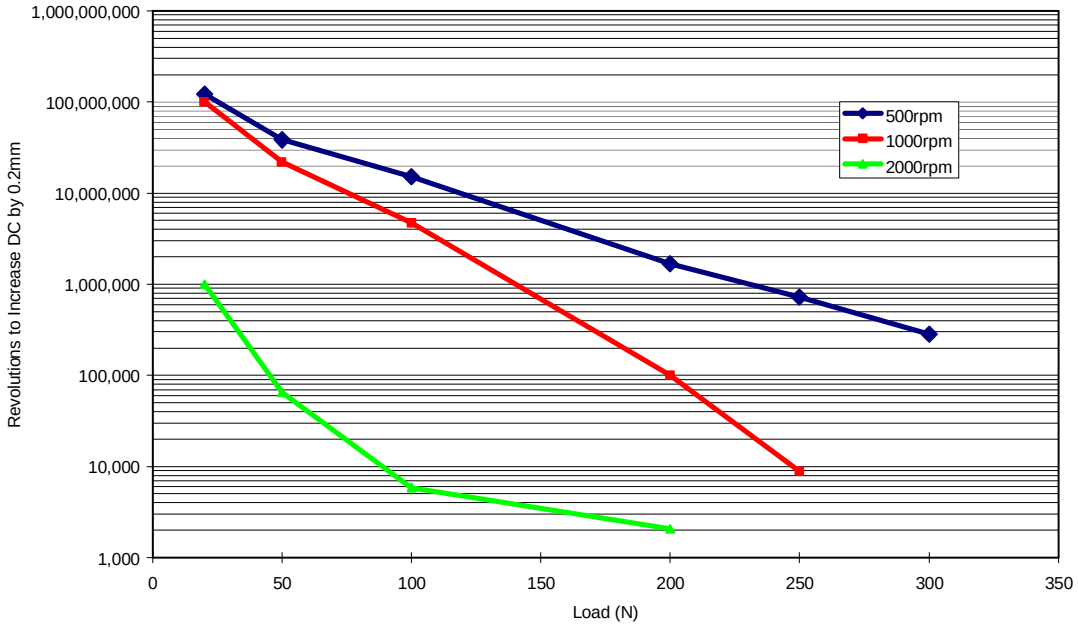


图. ***5*** 展示了负载，速度和环境以及热塑性塑料轴承的潜在寿命的关系。热塑性塑料轴承可承载较大载荷、高转速、并能在许多特殊和严峻的环境下使用。但多种因素同时存在的情况下轴承的潜在寿命会受到影响。利用不同的设计和材料，可开发热塑性塑料轴承解决方案并有效解决大多数的问题。

负载、速度和生热

塑料轴承所能承受的载荷和运转速度受设计和原材料的影响。尽管塑料轴承的载荷能力不如金属轴承，但很多应用可找到更合适的解决方案。塑料轴承容易被其运行过程中产生的热量影响，特别是在重载荷和高速运行时。原因在于热塑性塑料不导热，它们无法像金属一样散热从而导致轨道生热和软化变形，提高磨损率和降低寿命。图 6 解释了高载荷和速度对常规向心轴承的影响。

*图 **6:** 常规向心轴承的预计寿命*



使用悬挂载荷的测试显示 ，轴承在高负荷和高速度运行时，轨道将产生更多的热量同时由于疲劳，附着力和滑动的增加产生更高的磨损率。

有一些解决方案。更大的载荷可通过增加球的数量，使用更大的球或使用双沟球实现，负荷此时被分摊以减少磨损。在集成产品设计中球间距往往可以增加，从而可使用更多（或大直径）的球，使产品能够更好地承受载荷和速度。

塑料轴承使用金属垫圈能够承受更大的负载。满球轴承也将拥有更大的负载能力。满球轴承没有保持架从而能够有更多的球以承受负载。然而，它们无法实现高速下的长寿命，因为没有保持架球相互摩擦产生热量从而磨损增加。

金属内圈和保持架用于嵌入成型或复合轴承将增加轴承的负荷能力。它们提供了一种塑料和金属之间的妥协而不牺牲热塑性成型技术的集成优势。金属件有助于散发高负荷和高速度产生的热量，而热塑性塑料部分仍可模塑成复杂和客户化设计。

（左：金属内圈提高复合轴承载荷能力）

环境条件

运行环境对轴承的实际寿命同样重要。热塑性塑料轴承可适

应各种环境。相比之下，金属轴承的寿命在污染物和水，磁环境因素和化学品的影响下会明显降低。塑料轴承通常是特殊环境更适合的选择，但负载，速度，寿命和运行环境需要综合考虑。

塑料轴承的解决方案 ，在某些速度和负载条件下可能并不适合。使用金属复合或嵌入成型解决方案能够提高轴承在高负荷和高速度下的寿命，不过金属部件容易腐蚀。

塑料轴承解决方案可能不适合某些条件下的高负荷或高速运转。热塑性材料可使用填充剂或增强材料，以适应高负载下的要求，但填充的材料通常高速和重载下耐磨性较低。

某些环境可以提高热塑性塑料轴承的性能。如水下应用，水可以作为润滑剂，有助于轴承散发工作中产生的热量。由于水能够冷却和润滑轴承，之前提到的增加轴承负荷和高速工作能力的方案将变得多余。

如果应用于特殊环境下且要求高负载或速度，则需进一步的分析。

小结

热塑性塑料轴承在许多情况下可成为金属轴承的替代品同时为产品开发过程中所出现问题提供可靠的解决方案。
在过度载荷，过高速度或特殊的环境下轴承的使用寿命会受到影响，此时应寻求塑料轴承技术专家的建议，有很多选择可以克服这些挑战。当前随着智能化设计和生产工艺的发展，再加上精心选择的原材料，通常可以找到一些解决方案而不会失去热塑性塑料成型的优势。

BNL 公司联系：

BNL是一家高品质塑料轴承和轴承组件专业的设计和制造商，总部位于英国，在全球塑料轴承行业有着举足轻重的地位。**BNL**由大卫-甘内特先生于**1970**年创立，其被公认为整体模塑成型塑料轴承的创始人。BNL40余年塑料轴承行业经验所开发的标准产品系列包括标准径向轴承、滑轮、推力轴承、滑轮组、带法兰盘轴承等，被广泛的用于输送系统，滑动移门，工业设备和食品加工设备等。

BNL的全系列产品系列还包括基于客户设计的复杂轴承总成件、集成件、模塑成型系统组合等，提升了产品的价值和效率并降低了成本和装配时间。

BNL于**2010**年初在上海成立了办事处，关于**BNL**公司及其产品的进一步信息可联系：

杨汉卿

业务拓展经理
上海市南京西路**1038**号**1701**室
电话**: +86 (0)21 62185183-123**
传真**: +86 (0)21 62185193**
电邮**: sales@bnl-bearings.cn**
网站：**www.bnl-bearings.com**