

剖分式机械密封装置结构设计

摘要:随着我国经济社会的的进步和发展,工业机械的市场需求也在逐日的上涨。而剖分式机械旋转密封的装置它这个剖分式旋转机械密封装置的作用就是对于整个工业机械的安装和运转非常重要并且是不可缺少的重要零部件。这种剖分式的机械旋转密封在继承了传统的旋转机械密封的基础上在结构和工艺上有了一些的改进,使其在外观上具有了一种功耗小,泄漏率低的质地,密封性可靠,使用寿命长,提高了它进行安装和拆卸的工作效率等诸多优点。利用这次研究机会使我充分的了解到机械密封的具体原理,尤其是剖分式机械密封是如何实现密封作用的,同时基于上述理论进行了实验装置的设计,通过这个装置实现了对机械密封性能的测试,包括各种工作条件下的参数测试。最后通过实验结果显示:本文所设计的这套装置,测量精度更高、运行更稳、定位精度更为准确。

关键词: 机械密封; 剖分式; 性能参数测量装置; 高工况。

Structural design of split mechanical seal device

Abstract: Mechanical seal device is an indispensable part of rotary device, and its normal operation is very important for the operation of the whole machine. Split mechanical seal in the traditional mechanical seal structure has some improvements, it added in the sealing ring split surface, make it in the installation and disassembly is more simple and fast, longer service life, improve the efficiency of industrial production. Split the project research mechanical seal device structure design, combining the theory of fluid mechanics, sealing principle and mechanical design method, through the understanding of the working principle of the mechanical seal split, design a set of can achieve high split under the condition of gas measurement experiment device of mechanical seal performance parameters, comparing the traditional test equipment, has a good localization accuracy, precision and movement stability, through this device under the working condition of achieving high split the gas film thickness of the mechanical seal, opening force, the measurement of parameters such as leakage

Keywords: Mechanical seal, split, Performance parameter measuring device, Working condition of high.

目录

1 绪论	6
1.1 课题的研究背景及意义	6
1.2 国内外剖分式机械密封实验装置的研究现状	7
1.2.1 国内外发展历程	7
1.2.2 国内外发展趋势	9
2 机械密封的介绍	11
2.1 机械密封的结构组成、工作原理以及优缺点	11
2.2 剖分式机械密封的特点及分类	12
2.3 机械密封的应用实例	13
3 剖分式机械密封测试装置的结构设计	15
3.1 整体结构设计	15
3.2 密封腔设计	15
3.3 机架的结构设计	16
3.4 剖分式机械密封的设计	16
3.4.1 整体结构设计	16
3.4.2 动环与动环座的结构设计	17
3.4.3 静环的结构设计	18
3.4.4 辅助件的结构设计	19
4 各零件的功能及设计	21
4.1 电机的介绍及选用	21
4.2 联轴器的介绍与选用	22
4.3 测量装置的介绍与选用	22

4.3.1	气膜厚度的测量	22
4.3.2	密封端面开启力的测量	23
4.3.3	泄漏量的测量	24
5	各零部件的设计及校核	26
5.1	轴的设计及校核	26
5.2	螺栓的选用与校核	28
5.2.1	与机架连接的螺栓组设计与校核	28
5.2.2	密封端盖的螺栓设计与校核	30
5.3	键的选用与校核	31
	结 论	33

1 绪论

1.1 课题的背景及研究意义

剖分式的机械密封相对于整体式的机械密封来说具有国际上不可比拟的技术优势,有效地彻底解决了某些机械密封件不易安装和拆卸的困难。其实际应用的前景广阔,是未来剖分式机械密封相关技术发展的重要技术趋势之一。对于剖分式机械密封的相关技术研究,国外已初步取得一定的成果,并在国内有所推广应用。由于国内技术研究起步较晚,对于剖分式机械密封的相关技术研究各有特色,理论基础研究也已初步取得一定的成果,但实际应用基础研究在技术上略有一些滞后,实际的应用只在机械密封工作频繁和参数较低的机械密封场合。同时国外研究工作人员还进一步提出对机械密封端面和分型面连接在受热和受压条件下的变形与紧密性控制的规律及分型面连接的紧密性问题进行了研究对于一段时期剖分式机械密封的相关技术发展和应用具有重要的意义,并进一步指出了今后一段的时期对剖分式的机械密封型面连接的变形和紧密性问题进行了研究对于剖分式机械密封的相关技术发展和应用具有重要的意义,并进一步指出剖分式的机械密封在以后的工业运用中会越来越广泛。

由于目前机械轴承密封技术已具有明显的技术先进性,逐渐广泛运用于石油冷冻化工设备和柴油内燃机以及离心泵的各种关键结构中。但一直到 19 世纪中期,伴随着我国石油化工行业的进一步发展和新金属材料石墨,陶瓷,硬质合金等的大量出现使得机械加工制造技术对密封件表面质量控制的要求大大提高,提高了其使用的可靠性和使用寿命。

虽然传统的机械组合密封在 19 世纪初就已经开始出现,但是无论是实现了飞跃性的进步和发展,还是在最近 60 年的一段时间内,机械组合密封的不同类型结构、品种、规格的密封发展得异常迅速,很快地在我国通用机械工业生产中已经得到了广泛的研究和应用。目前机械组合密封之所以能在我国得到快速的发展主要原因是由于工业技术发展的速度和对生产过程的巨大需求。二战后随着核工业和航天工业的发展,在结构上已经出现了许许多多的新型机械组合密封设备和技术,例如上游流体静压组合密封、流体动压组合密封和多级静压密封,还有下游螺旋-浮动环机械组合密封、中间螺旋和浮动环机械组合密封、浮环-机械组合密封、热流体动力楔机械组合密封和上游流体泵送机械组合密封等等。近些年来各个工业领域都得到了快速的发展,在此背景下设备的安全性逐渐成为工业领域需要面对的一个挑战,由于是一些高危化工厂,出现了设备的渗漏,那么后果会非常严重,因此密封技术开始发展起来,尤其是了“零泄漏”的机械组合密封技术。

我国的石油机械和密封件的工业化生产技术起步较晚,20 世纪 60 年代沈阳水泵厂和天津机械密封件厂已经开始了生产石油和水泵用的机械密封件。在 20 世纪 70 年代我国才陆续由教育部开始制定和组织颁布了机械和密封产品的行业标准,1993 年我国由教育部颁布了第一部真正成为国际意义上的石油和机械密封国标,即“gb/t1 分类方法”,现行的石油和机械密封行业标准一共有 6 部,为其机械和密封产品的行业标准化和发展进步提供了坚实的依据和有效的保证。随着近年来我国石油和机械密封制造业的快速发展,尤其特别是近年来国内引进了大量先进的成套石油化工制造工艺和装备,为其机械和密封备品备件的实现了国产化提供了坚实的保证。同时国内也相继引进了一些国外的先进石油化工制造设备和技术,并相继与国外合资建立了国内外多家石油和机械密封备品制造的研究和生产基地。

1.2 国内外剖分式机械密封实验装置的研究现状

1.2.1 国内外发展历程

在 1885 年的时候,英国的学者首次研究出了机械轴承的密封,可是在当时那个年代,工业技术不是很先进,所研究出来的机械密封技术还存在着很多的不足,后来直到 1990 年的时候,机械轴承的密封才算是正式应用。

到了 1991 年，NagaiYataro^[1]研究出了首个配置了剖分机构的机械密封，也是从这个时候开始工业领域才开始关注机械密封技术。

到了 1994 年，radosaf[2]和他的团队研究出了一种全新的机械塑料密封，属于半自动剖面拆分式的。

到了 2003 年，德国的研究人员 Burgmann^[4]研究出了一种可以在工业领域中进行使用的机械密封装置，后来这个装置在纸浆制造

、水处理以及发电等领域进行了使用，对促进工业发展起到了一定的作用。

到了 2007 年，giard^[6]和他的团队研究出了一种“分体式机械复合密封装置”。也是在这一年，boyson 研究出了一种离心流体复合密封装置，并将这个装置在剖分式复合密封技术中进行了应用。目前的问题在于指出要真正使得传统的剖分式密封技术能被广泛的使用，需要寻找更大的复合密封压力和适用范围。但是想要使得密封压力得到提升，那么一定要提高相对的应力，这不但会可能造成密封材料或者是密封组件出现一定的变形，同时也可能使得剖分式密封环瓣产生相对运动，需要对所使用的密封材料和组件进行非线性的变形和相对应力的计算。

由于技术落后，再加上资金有限，相比于国外等发达国家而言，我国研究机械密封技术的时间有些晚，可是发展速度却一直非常快。

在 2003 年的时候，合肥通用机械研究所^[6]模仿一个德国的企业，进行了机械密封装置的制造。

到了 2009 年孙见君^[7]对机械密封技术的发展历程进行了详细的研究分析，得出这样的结论：之所以机械密封技术一直没有得到广泛的运用，主要的原因就是目前还没有专业的测试装置。

到了 2009 年，王洪群^[8]在对众多密封产品进行研究的时候发展很多产品都具有一些缺陷，然后通过市场具体情况的调查研究以及理论分析，给出了相应的解决方案。

到了 2010 年，陈碧凤^[9]基于有限元法对剖分式机械密封结构进行了模型的构建，并通过理论分析对这种密封结构的可行性以及合理性进行证明。

1.2.2 国内外发展趋势

近些年来国内机械密封工业正在以非常快的速度发展，在此背景下机械密封产品也在发生很大的改变。随着工业流程的复杂化，对机械密封液提出了更高的要求，尤其是一些高压高温的工业领域，常规的机械密封已经无法满足。在这里我们以传统的石油化工行业进行举例，目前随着石化行业的发展，所对应的高压机泵密封技术也在改变，未来的发展方向是高速化、大型化以及机电一体化，密封产品要朝着系列化、成套化、通用一体化、标准化、寿命长、多品种、可靠性高以及性能广的方向发展。对于机泵行业而言，密封的主要发展方向就是高度专业化以及大型化密封技术，尤其能够适用于具有高温、高压、低温、高速透平以及超真空这些特点的高速透平泵，低温泵和

耐腐蚀介质泵的机械密封技术会受到市场的欢迎。另外，冶金、电力还有化工行业所运用的设备逐渐实现智能化、大型化、环保化以及高度自动化，因此也提出了越来越高的机械密封要求。其中比如风力发电设备，压力一般要求是能够很好地承受 27~28mpa，耐热温度一般要求能够达到 600℃，这都意味着需要机械密封等设备和产品能够很好地耐高温高压。

对于一些传统的机械密封产业而言，在拆卸的时候都非常的方面，但是剖分式机械密封恰好解决了这个问题，因此能够看得出来相比于整体式机械密封而言，剖分式机械密封才是未来的发展方向。可是就当前的形势而言，机械密封技术的理论基础不是很充足，同时相关技术也不是特别先进，剖分式机械密封的发展和应用也受到了很大的制约。国内外对剖分式的机械密封均已经做了一定程度的指导和研究，但是我们需要更好的掌握其机械密封的理论与其应用的技术、提高对剖分式密封端面和分型面密封受热和受压后密封变形规律的理解和认识，保证其密封结构设计与其运行的安全可靠、解决了剖分式的机械密封在较高的工作温度参数下密封工作的稳定性等技术难题还有很长的研究路程还需要继续走。

随着工业领域的发展，目前工业领域针对于机械密封产品的要求主要有如下几个：

安全性以及密封性：随着工艺压力的不断提升，机械密封要能够达到介质的微泄漏，或者是完全无泄漏，这样才能够确保生产安全，同时保证环保达标。

可靠性：机械密封产品要能够具有更高的稳定性、使用年限以及抗干扰能力。

经济性：机械密封产品的成本不能太高，同时在使用过程中不会产生太多的费用，具有较高的性价比。

适用性：产品能够很好地满足工业机械水泵具体的设计工艺制造条件技术要求和现场应用所能够为客户提供的各种实际性能和条件。

想要实现机械密封产品的快速发展，那么不论是技术的创新，还是理论的深入研究都是非常必要的基础，因此研究人员要对材料进行创新，对理论进行创新，对工艺进行创新，这样才能够推动机械密封产品的发展。

关于机械密封的发展方向大致包括以下几种：

- (1) 机械密封理论、技术和产品不断创新；
- (2) 密封技术由经验性设计向理论性专家系统设计转变；

(3) 不断的拓宽机械密封技术的使用范围；

- (4) 对密封系统的应用、开发以及维护进行重视；
- (5) 对安全要求以及环保要求进行重视；
- (6) 不断的提高机械密封的可靠性；
- (7) 开发出适应性强的个性化实用密封产品和密封系统；
- (8) 重视技术培训和技术咨询。

2 机械密封的介绍

2.1 机械密封的结构组成、工作原理以及优缺点

一般也会将机械密封叫做端面密封，对于机械密封的结构而言，其与转轴的端面之间的角度是 90° 。通过腔内介质所形成的压力以及补偿结构所形成的弹力，再借助一些辅助件的共同作用，和另外一个端面始终确保实现相对滑动。

目前机械密封产品有很多种类型，同时不同类型的产品所对应的结构也千差万别，可是在整体上基本都是通过 4 个部分所构成的：首先就是通过机械传动环个静环连接所构成的机械密封端面；其次是补偿传动以及传动缓冲装置；然后是起到辅助作用的密封圈；最后是实现动能控制以及传递作用的机构。

机械密封的动环在工作时，由于两个密封弹性流体的轴向压力和密封弹性元件的弹力等相互作用引起的轴向摩擦力使动环和密封静环互相紧密贴合并相对运动，由于两个密封弹性流体端面的轴向压力紧密配合，使得密封端面之间的有压介质交界（也就是密封流体的交界面）之间形成一微小的间隙，当两个有压的介质通过此一微小间隙时，形成极薄的液膜，产生极大的阻力，阻止有压介质的泄漏，同时液膜又可以使得密封端面得以润滑，获得长期机械密封的效果。

对于石油化工领域，对于密封的要求非常高，相比于常规的密封技术而言，机械密封主要的优势如下所示：

（1）机械密封使用寿命长。目前国内机械密封的实际使用寿命平均下来都能够达到一年左右。而国外密封技术由于相对来说更为先进，因此寿命也更长一些，能够达到 3 年到 5 年这个区间；

（2）齿轮密封传动性能好。正常机械密封工作使用的这种机械密封方式可以有效保证密封达到非常少的机械气体量和泄漏作用量，这也是机械气动密封与其它的机械密封工作方式使用相比的最大一个主要优点；

（3）功率损耗小。相比于常规密封技术而言，机械密封具有更小的功率损耗；

（4）在运动的过程中无需进行调整。对于机械密封而言，其在使用的过程当中摩擦副在受到密封介质以及弹簧的共同作用形成一个自动补偿，因此无需调整；

(5) 具有更好的稳定性。在机械密封结构当中，设置了缓冲补偿机构，通过这个补偿机构能够使得振动频率降低，从而使得稳定性提高。

(6) 具有更为广泛的应用范围。对于机械密封技术而言，其能够在高温、低温以及高压等恶劣条件下使用。

机械密封也有一些缺点：

(1) 具有较为负载的结构，因此针对于加工过程以及设计过程会提出较高的要求；

(2) 相比于常规的密封装置，机械密封在安装以及维护的过程中需要专业人员来进行操作；

(3) 机械密封在出现故障的时候，整个维护过程相对来说比较麻烦；

(4) 机械密封具有高昂的价格。

2.2 剖分式机械密封的特点及分类

剖分式填料机械密封的整体结构和其工作的原理与市场上传统的整环式填料机械密封相似，唯一不同的地方就是它在每个密封环上额外增加了一个剖分面。这种机械密封不仅在外观上具有传统整环式填料机械密封的美观和拆装便捷性，还同时具有整环式填料机械密封的摩擦功耗小、自动补偿机械磨损量等诸多优点。与传统整环式的机械密封相比，剖分式的机械密封大大避免了因机械装拆不便而产生而带来的巨额拆装附加的维修费用和较大的停产损失；与整环式填料机械密封系统相比，剖分式的机械密封在外观上具有较长的机械运行使用寿命（一般为整环式填料机械密封的 4 倍），工作的过程中结构无需进行任何调整，也所以不会严重地划伤机械主轴或者损坏轴套，大大缩短了安装和维修的时间；因为它的摩擦功率小，降低了机械能耗，从而大大提高了机械运行的效率；运行中填料泄漏少，减少了对环境污染和对环境废弃物处理的费用。但是剖分面的产生和存在大大打破了其结构的平衡和连续性，增加了填料泄漏通道的来源和途径，加剧了机械密封理论的研究及其应用技术开发的难度和复杂性，进而严重制约了传统剖分式的机械密封应用技术的进步和发展。

剖分式用于机械元件密封的密闭装置一般大致可以划分为半自动剖面部分式和完全自动剖面部分式两种而非机械式的密封装置类型。半自动剖面部分式的密封机械部件密封一般来说是部分的动静配合件被系统自动分割为两个或者多个环瓣,其余的机械部件仍然被自动分割而成为一个或者整环;完全自动密封半自动剖面部分式的密封机械部件密封一般来说是一种指半剖分式的由机械部件密封的所有动静配合件和零件全部配合组成的通常是两瓣或者多瓣,包括所有动静配合环、动环座、静环座、壳体、弹性件和辅助件等。

剖分式机械密封按照每个密封环密封端面的大小可以划分为哈夫式、组合式和多体式,常见的机械密封形式一般是哈夫式,也可以简称为剖分体式,即一个整环被均等地剖分成两段,两半环弧段剖分斜切面对接形成整环;组合式的密封环一般是沿着整个密封环周向的某一个角度,斜切成两半环的弧段,两半环弧段斜切面紧靠对接形成整环;多体式的密封环由多个密封弓形段和多个密封段紧靠对接构成,相互间彼此紧靠对接形成完整的环形。

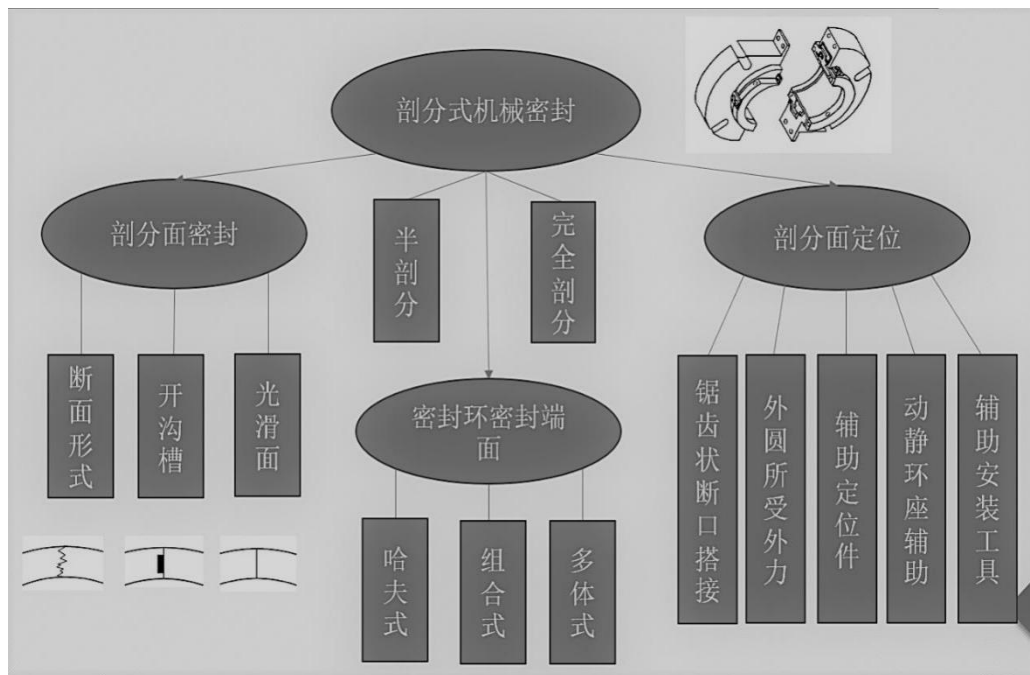


图 2.1 剖分式机械密封的分类

2.3 机械密封的应用实例

目前在大多数工业领域当中,机械密封技术还有实现广泛运用,可是在一些特殊的

场合，只有使用机械密封才能够起到密封作用，比如对于核电站而言，其中的循环水泵就需要使用无轴封泵，从而提高安全性。

在很多机器当中，所使用的密封装置体积较小，仅仅为基础零件，可是通过机械密封的使用能够有效的确保机器的安全运行。对于很多机械设备而言，如果在使用的过程中机械密封出现了失效，那么就可能造成设备无法运行，严重的话可能会造成事故出现。

目前在工业设备的维护工作当中，机械密封的维护工作是其中一项重要的工作，这主要是因为机械密封在使用的过程中很容易出现故障。

对于机械密封产品而言，目前在这些领域中得到了应用：化工、石化、造纸、石油、家电、汽车、船舶、原子能工业、冶金、航空航天、矿业开采、医药、军工、食品加工以及电力等。

3 剖分式机械密封测试装置的结构设计

3.1 整体结构设计

对于剖分式机械密封实验装置而言，主要的构成有：联轴器、试验台机架、密封腔以及电主轴。

其结构如下：

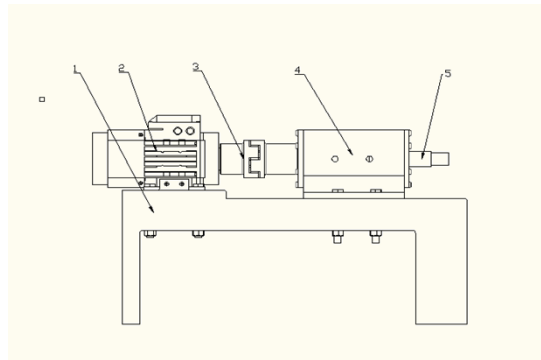


图 3.1 剖分式实验装置的装配图

在上面这张装配图当中，1 所表示的是试验台机架，2 所表示的是电机，3 所表示的是联轴器，4 所表示的是密封腔，5 所表示的主轴。

对于上面这个装置而言，其主要的功能就是针对剖分式机械密封处于各种工作状态下所对应的性能参数进行分析，同时其实现的原理就是利用所配置的各种传感器来针对机械密封所对应工作状态具有的各项参数进行测试分析。能够看得出来，在测试的过程中，需要能够确保机械密封是处于不同工作状态下的，为了能够实现这个目的，在装置内部进行了电机的配置，从而进行动力的提供，又进行了联轴器的配置，从而进行动能的传递，并且还进行了机架的配置，确保装置能够实现平稳运行，这样整个实验系统就完成了。

3.2 密封腔设计

对于剖分式机械密封实验装置而言，其密封腔所起到的核心作用就是针对气体进行密封。在本文的设计中，设计对象是轴承的高压腔体，对于这个高压腔体而言，其基本的功能就是进行强压力利用气道提供给气浮轴承处，这样就能够让它实现正常的运转。

在下面这张图中就给出了高压腔体的示意图：

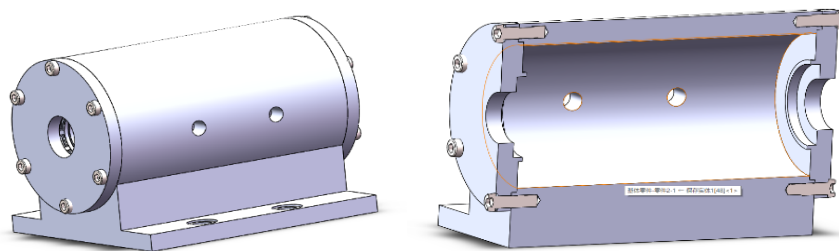


图 3.2 密封腔的结构图

3.3 机架的结构设计

对于机架而言，其主要的就是针对装置内其他零件进行支撑，确保其他零件正常运转。在设计机架的时候，需要遵循一个重要的原则，那就是要保证机构自身所具有的刚度、接头处所具有的刚度以及局部刚度，除此之外还需要对结构工艺以及安装方式进行一定的考虑。在实际使用的过程中，电主轴的运转速度是非常快的，因此就会必然产生一些振动，因此在设计的过程中，选择合理的机架材料，确保振动可以被吸收。基于上述这些考虑，在本文的设计中所选择的是铸铁，这是因为铸铁能够对振动进行一个高效率的吸收。

3.4 剖分式机械密封的设计

3.4.1 整体结构设计

下面开始设计剖分式密封装置，在本文的设计中，所设计的是一种半剖分的形式动环座，在结构上是通过 2 个环瓣所构成的，对于静环以及动环而言，属于完整的一个环，在下面这张图中给出了示意图，从左到右分别是动环、动环座以及静环。

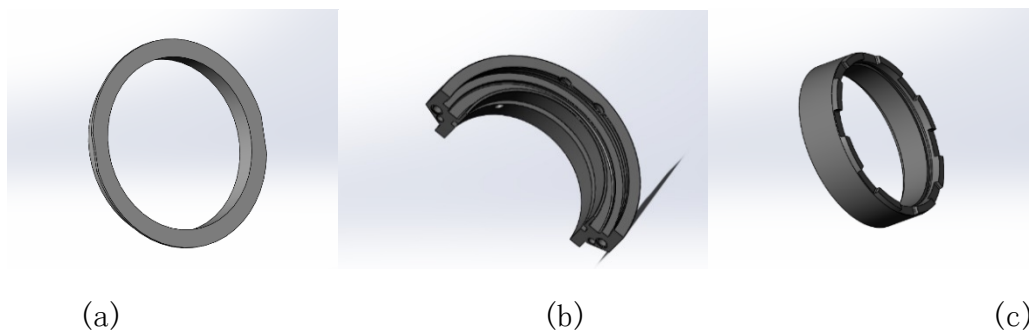


图 3.3 机械密封部件

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要
下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/448020037036006057>