

编者按

周炎研究员是动力装置振动噪声领域的知名专家，长期致力于动力装置轴系振动控制技术的研究，尤其对船舶动力装置的轴系振动计算研究、测试分析、控制手段有着深入独到的见解。近几年，周炎研究员及其团队成员在系统总结现有文献刊载的研究理论、研发成果的基础上，对课题组多年工作的研究成果进行总结与归纳，并于2023年上半年出版《动力装置轴系振动控制技术》一书，经上海科学技术出版社出版后得到业界热烈反响和好评。本刊有幸对周炎研究员进行了专访，就新书创作感想，以及相关技术发展趋势等展开了深入讨论，希望能为同行业的相关读者带来一定的思考与启发。



周炎
中国船舶集团有限公司第七一一研究所研究员
中国振动工程学会高级会员

动力装置轴系振动控制技术的 现在与未来

《柴油机》：周炎研究员，您好，感谢您接受本刊采访。您今年出版了一本新书《动力装置轴系振动控制技术》，由上海科学技术出版社出版，得到业界热烈反响和好评。可否请您谈一谈该书的创作思路？和市面上同类书籍相比，该书的主要特点是什么？

周炎：非常高兴接受《柴油机》编辑部的采访。19世纪内燃机问世，随后在车、船等领域大量应用，也产生很多振动问题，因此轴系振动控制技术得以形成和发展，并随着动力装置的演变不断“推陈出新”。可以说，轴系振动控制技术的发展一直在“面对新机遇、迎接新挑战”。

《动力装置轴系振动控制技术》的编写思路是在系统总结现有文献刊载的研究理论、研发成果的基础上，展现课题组多年来的创新成果，具有一定

的系统性。该书既可作为内燃机及动力装置工程技术人员的工具书，也可作为高等院校师生的参考辅助教材。

本书的主要特点是：（1）充分汲取现有主要专业书籍的精华，对技术的沿革进行梳理总结。（2）形成技术体系，系统归纳总结现代技术成果。（3）反映本人所在课题组从20世纪80年代以来的科研创新成果。（4）公式推导清晰，均采用国际标准单位。（5）收集有代表性的典型工程案例。（6）涉及新能源动力系统的轴系振动控制。

《柴油机》：可否请您介绍一下轴系振动的特点？轴系振动与我们通常说的振动有何不同，在控制方面主要有哪些特殊的技术手段？

周炎：通常的振动是指物体的往复运动，而轴系

振动是围绕轴线的运动，如扭转、回旋或纵向运动。虽然运动方向各有不同，但是运动方式是类似的，遵循的振动原理和规律都是相通的。比较特殊的是轴系扭转振动，如果设计不当，可能会引发强共振，导致曲轴等部件出现明显的裂纹、断裂等，从而产生异响、剧烈振动、停机等。轴系振动控制的方法主要有调频、移频、阻尼减振、避免耦合、调整轴承间距等，必要时选配合适的弹性阻尼减振器。

《柴油机》：您从事轴系振动控制研究 30 多年，可否请您结合一些工作中的具体案例，介绍一下轴系振动的特殊性和重要性？

周炎：轴系振动控制的主要目的是确保内燃机、动力装置轴系的安全可靠运行，并提高舒适性等。

例如，某联合动力装置减速齿轮箱台架试验，在电机拖动空载高转速试验时，齿轮啮合处发出的声响异常巨大。后来通过轴系振动测试分析找到振动原因，通过计算分析配置了一个弹性阻尼联轴器，从而圆满解决了问题。再举个机电耦合的例子，发电机组的高弹联轴器与电子调速器的执行器可能产生“频率耦合”，在发动机暖机运行时，造成橡胶联轴器的损坏。另外，如果扭振减振器匹配不优化、安装不到位，或者油压、材质等有问题，导致簧片断裂、硅油失效等，也会造成发动机“停摆”，甚至曲轴、后传动轴断裂等故障。

《柴油机》：针对本刊读者，可否请您特别介绍一下近年来国内外内燃机动力装置轴系振动控制技术的研究进展和未来发展方向？

周炎：内燃机轴系振动控制技术发展历史悠久，并随着能源、发动机以及动力装置的发展而快速发展，建立起较为全面的计算、测试与分析方法体系。除了在船舶动力装置领域，还在其他动力工程领域，如电力、机车、工程车及汽车、钢铁、石化等有着广泛的应用。

我认为我国内燃机轴系振动学科研究和发​​展须要关注以下几个方面：（1）内燃机扭振减振器型式

较多，其优化设计、精准设计，以及自主开发的能力与国外相比仍有差距，有待于我国“产学研”协力合作、共同提升。（2）为了更好地支撑动力装置产业高质量发展，须重视扭振检测与校准系统的建标工作，达到量值溯源的目的。（3）随着智能发动机及动力装置相关技术的快速发展，轴系振动监测与故障诊断技术可以得到很好的应用，可测、可调、可控的轴系振动优化控制技术得到进一步发展和完善。（4）随着智能材料等技术的发展，轴系振动的主动控制、半主动控制、被动式动力吸振、声子晶体带隙减振等技术以及新型智能材料的应用研究已引起人们的广泛关注和重视。（5）在智能绿色动力技术快速发展的当下，新的轴系振动问题还会不断出现，比如中高速机凸轮轴系及齿轮传动系的振动控制问题、新能源混合动力系统电机振动控制问题、大型风力发电机轴系扭振控制、高精度合金钢材轧机轴系振动及机电耦合控制等。

《柴油机》：在“碳达峰”“碳中和”的背景下，动力装置轴系振动控制技术和双碳目标的结合点是什么？

周炎：近期我所在的课题组与柴油机厂商合作开展了一些研究工作。在双碳背景下，清洁燃料发动机得到较大范围的推广应用，动力装置趋于复杂，运行工况增多。

以某滚装船双燃料低速发动机推进轴系为例，相对于重油模式，在燃油微喷引燃的天燃气双燃料工作模式下，曲轴扭振应力有所增加，曲轴扭振振幅、减振器振动转矩、轴带发电机转子振幅、中间轴与艉轴的扭振应力等均显著增大，须优化扭振减振器（增加转动惯量，调整阻尼、刚度参数等）以确保发动机及轴系的安全。

因此，在双碳背景下，由于能源型式及组合方式发生改变，仍须对清洁燃料发动机及动力装置轴系振动做进一步的研究和完善。

（高荃 供稿）