

在 CIMAC “零排放，数字化，系统集成” 三大愿景下，我国的内燃机发展之路

——金东寒院士专访



金东寒院士接受本刊专访

编者按：第29届CIMAC大会刚刚落下帷幕，中国共派出80多名代表参会。在这个行业内享有盛名的技术交流大会上，中外代表们就当下行业热点和技术难点进行了深入交流。在本届大会闭幕式上，中国内燃机学会理事长、天津大学校长、中国工程院院士金东寒先生，正式就任新一届CIMAC主席，这也是CIMAC历史上首次由中国科学家担任主席一职，是我国参与国际内燃机组织的重要里程碑。本刊也借此机会，特邀《柴油机》编辑委员会委员，七一一研究所总工程师王锋对金院士进行了专访，金院士对我国内燃机行业的发展给出了中肯的看法，并结合本届大会情况，展望了未来全球行业发展方向。

王锋：金院士，非常感谢您能在本届 CIMAC 大会期间接受《柴油机》杂志的专访。首先祝贺您就任天津大学校长并当选新一届 CIMAC 主席，这是 CIMAC 成立近七十年以来，首次由中国人担任主席职务，是我国参与国际内燃机工作的重要里程碑。作为新一届 CIMAC 主席，请谈谈您的工作设想。

金东寒：感谢您的祝贺。担任下一届 CIMAC 主席不仅是我个人的荣誉，也反映了国际社会对中国内燃机行业技术进步和自主创新能力提高的认可。CIMAC 组织在现任主席 Klaus M. Heim 先生的

带领下，修订了 CIMAC 组织的战略，明确了未来的三大愿景：零排放、数字化及系统集成，其中特别强调对温室气体的控制。我接任 CIMAC 主席后，主要还是推动 CIMAC 战略的实施，促进相关领域的技术创新。

王锋：在 2018 年的 WICE(世界内燃机大会)上，您提出内燃机并未走向消亡，在未来相当长的时期里，内燃机作为移动动力仍将占有主要支配地位。同时，您还指出，稳固和发展内燃机产业地位的首要目标就是提高内燃机的热效率、降低燃油消耗。您认为内燃机未来会在哪些方面取得技术突破？



金院士就职新一届 CIMAC 主席

金东寒：更高效、更环保、更可靠、更智能是内燃机未来的主要发展方向，本次大会的主要议题也是围绕这些方向。

过去认为内燃机发展到现在已经十分完善了，特别是油耗基本已接近极限。2015 年我在瓦锡兰看到被吉尼斯世界纪录认证为世界最高效的 Wartsila31 中速发动机，热效率超过 50%。现在，MAN 公司也推出了效率超过 50% 的中速发动机，甚至乘用车发动机也都在向这个目标前进。可见，人类对提高发动机效率的努力是无止境的，尽管受到热力学卡诺循环效率的限制。但是，随着新材料的不断出现、制造工艺的不断改进，我相信效率提高的进程还会继续下去。当然，肯定会越来越难。

减排 CO₂，一方面可以通过提高发动机和动力系统的效率来实现，另一方面也可以在发动机的燃料端想办法。本次 CIMAC 大会也显示出在碳中性燃料和燃料灵活性方面的研究趋势。最近澳大利亚科学家公布的研究报告认为，如果温室气体使全球气温提升 3℃，可能会对人类带来灾难性的影响。环境问题，特别是温室气体增加带来的气候变化问题，是全球性问题。必须通过各国政府联合出台政策或采取行动，才能制止这样的趋势。一方面各国政府要切实承担起责任，另一方面也要加强技术投入，用新技术解决这个问题。

纵观人类社会的发展历程，从能源角度来说，就是一个减碳增氢的过程。最早的燃料只是木材、秸秆等，然后是煤炭，后来又出现了石油和天然气，燃料中碳的含量越来越少，氢的含量越来越多。但是，由于化石燃料消耗总量快速增加，温室气体排放总量也随之增加，引发严峻的气候变化问题。如果采用碳中性燃料或者可再生能源，最终可以解决温室气体排放问题。

北欧国家在可再生能源发电方面已经做出了很好的示范，比如：瑞典可再生能源占比已经超过了 50%，他们还计划到 2040 年实现 100% 可再生能源的目标。作为排放大户的内燃机行业也必须适应这样的趋势。

十几年前就有数据显示，在交通运输领域，航运是除了陆上交通以外第二大污染物排放源，所以该是我们承担起责任的时候了。在本届 CIMAC 大会中可以看到一些积极的进展，特别是昨天专题讨论了船用燃油硫含量限值的问题，IMO 已经统一了思想，在 2020 年强制执行 0.5% 的限硫令。无论船东、航运界，还是整机供应商，都应为此做好准备。从目前来看，没有太大的技术障碍，解决方案也是多元化的。可以用低硫油，或采用后处理设备，还可以直接采用其它清洁燃料。七一一研究所废气脱硫装置近期订单爆发性增长，也说明船东都在采取积极的行动。后处理在现阶段是比较简单易行的办法。未来，随着石油工业的技术进步，低硫油的成本一定会不断降低，所以，低硫油可能会是最终的选择。

王锋：您刚才提到未来船舶发动机低碳排放必须要各国政府、多方力量共同采取积极行动，我们也欣喜地看到中国发布了船舶发动机排气污染物排放法规以及排放控制区方案。您上个月出任天津大学校长，天津大学内燃机燃烧重点实验室此前主要针对道路用内燃机开展燃烧研究，未来在船舶行业天大是否有新的设想？

金东寒：天津大学内燃机燃烧国家重点实验室，今后不会仅局限在“燃烧”研究方面，只要国家需要，应该会增加新的研究方向。发动机技术的进步必须“综合施策”，包括数字化、智能化，以及多种燃料的燃烧，还要从整个动力系统的角度来考虑节能减排问题。我们正在这方面进行筹划，计划在一年内明确国家重点实验室新的研究方向，会增加更多的内容，总之，国家的需要就是未来的发展方向。

我很高兴地看到国家现在越来越重视环保工作，这也是真正贯彻党的十九大精神的具体举措。我们国家现在更加重视人民群众的获得感，人们对良好环境的需求也是对美好生活的向往，我们发动机行

业必须要适应这样的需要。无论是北京还是上海，我们都能亲身感觉到大气环境的明显改善。中国政府把改善环境作为必须打赢的三大攻坚战之一，决心和力度之大由此可见一斑。对我们科技工作者来说，既是挑战，也是机遇。对企业来说，抓住就是机遇；如果以不变应万变，可能最终会被淘汰。

王锋：您认为我国内燃机行业发展还面临哪些瓶颈和挑战，相应的发展策略有哪些？

金东寒：这个问题我一直在思考。就发动机行业而言，中国制造能力的提高是非常快的，而且提高幅度也非常大。比如说，通过许可证制造，我们十几年前就可以制造出与国外知名品牌同样质量的产品。但是制造效率与发达国家相比还有相当大的差距，即便是当前也还有一定的差距。比如洋马船机都是在日本制造的，我们本土制造的产品在成本上还常常竞争不过人家，关键问题就是制造效率还不如人家。国外企业与我们本土企业相比成本相差最大的就是人工成本，但现在国外企业用机器代替人，广泛采用智能化设备，大大降低了人工成本。我们的企业常常是一台数控设备由多人操作；在发达国家的企业，普遍是一个人管几台设备，甚至还有黑灯工厂。可见，尽管我们能制造出同样质量的产品，但还须要在工艺技术上加强投入，不断进行技术创新，最终不断提高制造效率。

第二个方面，就是技术创新不足，在一些核心零部件上我们还有差距。比如船用发动机活塞环和轴瓦等，高端的产品还依赖进口。中国还有很多企业缺少研发力量，本来产学研结合是一个很好的解决办法，但实际做得并不理想。一个重要的原因在于高校对产学研不够重视，也不了解产业，相对来说更加重视承担国家项目和发表一些基础研究论文；此外，企业也不了解学校的研究成果，缺少主动合作的意愿。我认为高校应该能够做出更大的贡献，其中一个举措就是要改变评价标准，不应过分关注SCI论文数量，而要更加鼓励教授和科研人员把论文写在祖国的大地上。我无论是在上大，还是到了天大，都一直强调这个理念，科技人员一定要把论文写在祖国的大地上！高校必须改革考核的指挥棒。我们现在正在进行这方面的

改革，如果教授的研究成果有企业愿意出高价购买，这说明被市场认可，这比发表论文更有价值，有助于提高我国企业的核心竞争力。

作为企业，应该进一步重视技术创新，重视与高校深入合作，华为就是很好的榜样。华为非常重视基础研究，而且重视与高校的合作，他们现在与高校合作已经不是一个项目一个项目在做了，他们在很多技术上都出于领先地位，进入了无人区，因此，更多地采取领域合作模式，在华为选定的领域不会说近期没有用的技术就不支持，也许现在没有用，但可能10年后有用。要保持领先地位，就须要有一定的技术储备。中国高校要与一些重点企业结成战略合作伙伴关系，原创性的技术创新好比像跑接力赛。技术成熟度1~3的阶段，适合在大学做，做完可以发表文章，但是为了最终能够大概率应用，应该从企业的技术发展规划中去选题；技术成熟度4~5的阶段，最好由企业 and 大学建立的联合实验室承担，相当于接力过程；技术成熟度5~9的阶段，企业就可以在自己的实验室干了，必要时大学教授还可以继续参与。这样就形成了一个完整的创新链条，而这样做出来的技术大部分都能投入实用，最终把技术变成现实的生产力。

工程院每5年做一次未来20年工程技术发展规划，是与自然科学基金委联合开展。其中的逻辑是，20年后中国社会发展蓝图是怎样的？要有哪些工程技术来支撑？其中的关键技术涉及到哪些基础研究？自然科学基金委就会按照这样的需求进行布局。我觉得这个逻辑非常好。



采访现场

第三个方面，是新材料创新滞后。之前，徐匡迪院士曾提过圆珠笔头的那个圆珠我国还不能自主制造，现在我们已经能做好了。模具钢、轴承钢也取得了可喜的突破。中国不是做不出来，而是不够重视，投入不足。为什么中国的国防工业最近发展非常快？而且越是受到西方封锁的领域，原始创新越多，水平越高，就是因为 we 重视。尽管船舶行业较少遭受西方封锁，但我们自己要有危机感，万一发生意外，将会影响到我们船的正常航行问题，这恐怕就是隐患。中国是一个工业体系非常健全的国家，但现在仍然有一些关键件依赖进口，我们必须放到战略层面来考虑。

王锋：在发动机研发领域，我们能自主设计，但是所有发动机设计的基础软件都是进口的，这也暴露了我们基础上的薄弱。

金院士，接着您之前的话题，我想提一个建议。我国高校、研究所、企业之间的联合不够，比较分散，而您现在既是 CIMAC 主席，又是中国内燃机学会的理事长和天大的校长。我提议是否可以站在我们学会的角度，把高校，研究所，企业组织起来，借鉴欧盟的 Hercules 计划，成立一个技术联盟共同探讨和规划，包括基础技术和应用技术，然后再来分工高校做什么，研究所做什么，企业做什么。这

样的话我们也可以通过工程院这个平台，给政府提一些建议。

金东寒：国外的联盟牵头的不是政府，往往都是利用一些学会和协会的平台，只要大家达成共识，就可以一起做些事。在中国，学会、协会应该可以发挥更大的作用，而不仅仅只是开个会，举办一些活动。这个建议很好，我们共同努力做一些改变，为我们行业的可持续发展做些贡献。

王锋：2019 年，对金院士来说可以说是一个全新的开始。担任天津大学的校长，也领导 CIMAC 和中国内燃机学会继续前进。

在此也特别转达我们董建福所长的问候，感谢金院士长期以来对七一一所各项工作和《柴油机》杂志的关心和支持！我们作为内燃机从业者，非常期待您能带领我们，无论是在国际舞台，还是国内船舶动力行业发展继续前进，尽快实现我国从内燃机大国走到内燃机强国的宏伟愿景！

鸣谢：本刊特别感谢金东寒院士在百忙中接受本刊专访；感谢王锋总工程师代表本刊在 CIMAC 大会期间完成了本次专访；感谢七一一研究所平涛博士在整个采访过程中给予的帮助和支持。



金院士与部分董事会成员
及参会代表合影