段广仁院士挑战西方垄断：全驱系统改写控制理论百年历史？

安安学科学
2020-06-06 06:23 辽宁

关注

AI导读

"从质疑声中崛起的中国智慧：段广仁院士颠覆西方百年控制理论，用'全驱系统方法'开辟科技'新果园'，仅5年便吸引全球150所机构跟进研究，在航天、高铁等领域展现惊人潜力。"

内容由AI智能生成

有用

在哈尔滨工业大学的科研殿堂里，一位院士的学术选择正悄然改写全球控制科学的历史剧本。

“我们的很多研究工作，都好比在别人的园子里种树，我曾获得的两项国家自然科学奖也是如此。现在，我们的工作是开辟了一片新的果园，不仅自己种树，也让别人来这儿种树。”中国科学院院士、哈工大航天学院教授段广仁用这个生动的比喻，概括了自己学术生涯的转型。

当选院士之前，段广仁已在经典控制理论领域深耕多年。他深知，在20世纪80年代便已成熟的西方传统控制理论体系，已经触到天花板，很难再有颠覆性突破。尤其是进入21世纪，控制工程界虽然繁荣，基础理论却长期停滞，业内甚至发出“控制已死，等待重生”的慨叹。这像一根刺，坚定了他“寻找新大陆”的决心。

当选院士后，段广仁毅然踏上更艰险的学术征途。2020年，他创新提出与经典体系截然不同的“全驱系统方法”控制理论框架。

新理论诞生之初，质疑与争议不断。“一个颠覆性的东西出来，很多人第一反应都是怀疑，有的说‘老段那东西靠不靠谱？’”段广仁坦言，真金不怕火炼，创新不惧质疑，科学需要用时间和数据来检验。

西方控制理论的垄断与突围之路

控制理论，这一支撑现代工业自动化的基石，自20世纪中期以来长期被西方学术体系主导。PID控制算法自1932年提出后，凭借其简洁性和实用性，在工业控制领域占据了近百年的统治地位。从化工生产线到航天器姿态调整，从家用空调恒温到无人驾驶汽车轨迹跟踪，PID控制成为工业自动化领域最普及的“通用语言”。

然而，这套经典理论体系在解决复杂系统问题时逐渐暴露出局限性。传统控制理论以“状态空间模型”为核心，侧重于描述系统状态；而工业现实中的系统往往具有非线性、时变或多输入多输出等复杂特性。PID控制器的性能在很大程度上依赖于系统模型的准确性，对于非线性或时变系统，往往难以提供有效控制策略。面对具有显著非线性特性的系统，传统PID控制器的表现往往不佳。

进入21世纪，控制工程界虽然繁荣，基础理论却长期停滞。控制理论领域如同一个成熟但趋于固化的果园，学者们在既有的园子里培育改良品种，却鲜有开辟全新领域者。业内甚至发出“控制已死，等待重生”的慨叹。

全驱系统方法的理论革命

就在传统控制理论陷入瓶颈之际，2020年，段广仁院士提出了一种与经典体系截然不同的“全驱系统方法”控制理论框架。这一创新不是对现有理论的修补，而是从根本上建立了一套全新的控制范式。

简单来说，传统控制理论以“状态空间模型”为核心，侧重于描述系统状态；而“全驱系统方法”采用一种全新的高阶全驱系统模型，直接服务于“控制”这一终极目标。这种理论在解决复杂非线性系统、时变系统等问题上具有显著优越性，大大拓宽了控制理论的适用范围。

“这件事，比我此前的收获，都要重要得多。”段广仁这样评价自己的理论突破。

与传统控制理论相比，全驱系统方法的最大突破在于它摆脱了对精确数学模型的过度依赖，通过全局驱动策略直接处理非线性、强耦合系统的控制问题。这一特性使得它在面对复杂工业系统时展现出更强的鲁棒性与适应性。

从学术质勇到全球共鸣

任何颠覆性创新都不会一帆风顺。新理论诞生之初，质疑与争议不断。不少同行第一反应都是怀疑，甚至直言“老段那东西靠不靠谱？”段广仁坦言，真金不怕火炼，创新不惧质疑，科学需要用时间和数据来检验。

仅5年时间，这一中国学者自主原创的理论，已经吸引全球20多个国家、150余所高校和科研机构跟进研究，发表论文超千篇。应用场景迅速覆盖航天器、机器人、无人机、微电网、高速列车、量子控制等诸多领域。

国际学术界对这一理论的认可迅速增长。2025年8月，国际电气电子工程师学会系统、人与控制论学会批准成立由段广仁院士创立的全驱系统方法技术委员会，段广仁当选该技术委员会首任主席。这是近半个世纪以来成立的IEEE技术委员会中少数几个开创性、从无到有的突破之一。

中国控制界九位院士，包括三届自动化学会的理事长，给出鉴定意见：“全驱系统方法是由中国学者原创提出并引领发展起来的一个全新控制理论体系”“引领了控制科学领域的突破性发展”“是国内外控制界公认的控制科学领域特别重大的原创性突破”“将对控制科学与工程学科产生巨大且深远的影响”。

2026年国际自动控制联合会世界大会将该理论体系新增为12个核心技术领域之一。短短4年时间里，全驱系统理论与应用国际学术年会已经从150人发展成千人规模的大会。

凭借这一成果，段广仁斩获黑龙江省自然科学奖首个特等奖，入选2023年“中国高等学校十大科技进展”，并获得国家自然科学基金委基础科学中心项目支持。在2025年度爱思唯尔—斯坦福全球科学家影响力榜单中，他位列“工业应用与自动化”领域全球第一。

从理论到产业的跨越潜力

全驱系统方法的价值不仅在于理论突破，更在于其解决实际工程难题的巨大潜力。段广仁院士原创的全驱系统方法体系，已成功应用于航空飞行器、工业机器人、高速列车等高端装备控制系统。

在航空航天领域，全驱系统方法为飞行器控制提供了新的理论支撑。传统的飞行控制往往依赖于复杂的线性化处理和近似模型，在面对极端飞行条件时控制效果有限。全驱系统方法通过全局驱动策略，能够更好地处理飞行器在高速、大机动状态下的非线性动态特性，提升控制精度和系统稳定性。

在高速列车控制方面，这一理论为多车厢协同运行的平稳性与安全性提供了新的解决方案。现代高速列车系统是一个典型的强耦合、非线性控制系统，传统控制方法难以同时满足多目标优化需求。全驱系统方法通过高阶全驱模型，能够更有效地协调各车厢之间的动态响应，提升运行平稳性。

对于无人机集群协同控制，全驱系统方法展现出独特优势。无人机集群在动态环境中需要实现自适应编队与智能避障，这对控制系统的实时性和适应性提出了极高要求。全驱系统方法的全局驱动特性使其能够更好地处理多机协同中的非线性耦合问题，实现更灵活的编队控制。

在微电网智能调度领域，随着新能源占比不断提高，电力系统面临着日益复杂的波动性和不确定性。全驱系统方法为微电网的智能调度提供了新的控制思路，能够优化新能源波动下的电力分配与系统稳定性。

科学探索的两种路径与时代启示

“做原始创新，不能追求短平快，真正的突破从不源于一味跟风。”段广仁说，“全驱系统方法表面看诞生了5年，实际上是几十年在一个领域坚守、系统性深耕的结果。”

段广仁的选择，反映了一位顶尖科学家的学术勇气。当选院士之前，他已在经典控制理论领域深耕多年，曾获得两项国家自然科学奖。按照常规学术路径，他完全可以沿着既有的研究方向继续深耕，在“成熟的园子里”种出更多“好树”。

但他选择了另一条路——离开学术舒适区，挑战西方主导的理论体系，开辟一片全新的“果园”。这种选择需要面对初期的学术孤勇，需要承受同行的质疑，更需要数十年如一日的坚守。

“有质疑很正常，欢迎大家和我争论。正是在质疑和争论中，人们才会了解、参与进来。”段广仁说。

全驱系统方法的崛起，不仅是中国控制理论领域的重大突破，更是全球控制科学发展的一个重要转折点。它打破了西方在控制理论领域的长期垄断，为全球科技贡献了东方智慧。



从“在别人园子里种树”到“开辟自己的果园”，从跟随西方理论体系到建立中国原创的控制范式，段广仁院士的学术历程，映射出中国基础研究从跟跑到并跑、再到领跑的时代变迁。

在百年未有之大变局的科技竞争中，这样的选择或许正是回答“如何打造新一批国之重器”的关键所在——不是简单模仿，不是小修小补，而是敢于挑战学术边界，勇于开辟全新领域，在基础研究的“无人区”里，种下属于中国学者的智慧之树。

如果你是科研工作者，会选择在成熟领域深耕，还是冒险开辟新方向？