

因果：实质、原理与机理

邹云



【作者简介】 邹云，1962年生。南京理工大学教授、博士生导师。1983 年于西北大学数学系获理学学士学位，1990 年于南京理工大学动力工程学院获工学博士学位。现为中国自动化学会名誉理事，江苏省电机工程学会常务理事，美国《数学评论》评论员，美国国家数学学会终身会员。近期研究兴趣为：对象结构－控制器一体化设计，智能电网运行与控制等。

控制科学是一门穷究实质、探索原理、注重机理的科学。比如对可控性本质的穷究，导致了极点配置原理和影响控制效率的内在机理的发现，后来者更是提出了全驱控制系统的理论和方法。事实上，科学研究的根本目的是探索现象后面的机理，而机理可以展示其后的共性原理，原理则可以帮助人理解现象的实质。

实质是在“为什么”提问之下，深层次的根本原因所在。比如，为什么要校正偏差必须先测量偏差？因为若连偏差是多少都不知道，又谈何消除？它很深刻，但代价却过于凝练：去除了几乎所有的枝叶。因此它又缺乏具体诠释路径。不同的人，会有不同的理解，但更多的人是模糊不清却以为懂了。这造就了一知半解，眼高手低。

原理，是现象后面的一般规律。比如，消除偏差的原理，看上去不难：依据测量到的误差确定反馈环节的调节策略，以有效降低下一过程结果的偏差。与“实质”相比，相对更为具象的它似乎反而模糊了不少。世界就是这么奇怪：忽略到极致时，看上去很清晰。带上一点枝叶后，却又好像模糊得让人不舒服。

机理，是导致一个现象的具体过程。机理是原理的具体表现，原理是它的共性。比如：瓦特的蒸汽机汽门调节阀。它是一个球摆。当车轮转速加快的时候，球摆被带动飞高，其间的连杆会被拉长，带动汽门关小，使蒸汽量减少，车轮减速。反之亦然。这样的装置也可用速度传感器测量车轮转速与设定速度的偏差，再由芯片计算出汽门的校正开度来进行速度调节的装置来替代。二者的实现机理不同，但内在原理相同。

机理的英文词根源自 *mechanics*，它有“机械”的意思。只有机理清楚，才能确切了解现象产生的因果链条，从而找到相应的控制策略。许多情形下原理与机理是通用的。典型如“系统工作原理”。不同之处或许是：原理可高度抽象也可非常具象，而机理总是很具象。理论要从机理后的共性原理揭示本质，技术要基于对实质工程概念的理解设计出机理的实现。

老头棉裤为什么大多很难看？实质并非老头不讲究了，而是他们体质畏寒，因此有了以保暖舒适为主的需求。其原理是为了保暖通透舒适性，降低了裤腰、裤裆和裤腿的外观设计要求。具体机理，则需查阅资料，针对不同的老头裤型对逐个环节具体分析设计。

那么，思考题目就来了：为什么反派死于话多？要求机理分析。如此看来，散人是个大反派！