

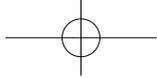
关肇直院士 引领系统控制在中国的发展

陈翰馥 中国科学院数学与系统科学研究院



图1 关肇直

在 20 世纪 60 年代，中国科学院数学所创建控制理论室时，大家都知道这是在钱学森的倡议和支持下，由关肇直组建起来的。有意思的是这两位学者原先并不十分熟悉，钱学森在“关肇直纪念会”上说：“1955 年秋天，……我才第一次遇到了关肇直同志。后来除了在一些会议中见到外，我和关肇直同志接触并不是很多的”。考虑到当时国内已有许多高校设置了自动化或者自动控制专业，人们不禁会问：为什么国防科委的钱学森的倡议和支持会推动数学所的关肇直来组建新的研究室？在中国兴起研究系统控制的过程中，关肇直起了什么作用？在讨论这两个问题之前，我们先了解一下关肇直。关肇直的一生可分为几乎等长的三个阶段：第一阶段 22 年（1919—1941），是他的成长和求学期；第二阶段 21 年（1941—1962），

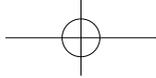


学术上他的主要精力放在数学上；第三阶段 20 年 (1962—1982)，学术上渐渐转向系统科学。

1、从满怀理想的青年到享有声誉的数学家

关肇直 1919 年出生于天津，原籍广东南海，父亲关葆麟早年留学德国，回国后任铁道工程师多年，母亲陆绍馨，毕业于天津北洋女子师范学校，曾任教于北平师范大学。关肇直 1936 年高中毕业后，考入清华大学土木工程系，1938 年转入燕京大学数学系。关肇直年轻时就兴趣广泛，博学多才，有很好的哲学、历史和文学素养。他常常语出惊人，因此深得同学们的钦佩。同学们经常为一些学术问题甚至哲学、历史、天文、地理等方面的问题讨教于他。关肇直燕大时的同学葛力回忆说：“肇直才华横溢，学识渊博，不仅在数学、系统科学方面表现了他的创造性，而且娴熟于文学，特别善长赋诗填词。回忆在成都时，肇直、志坚（姚志坚）和我无所不谈，他一边说话，一边看法文原版小说。他告诉我如何和柳亚子诗。他对哲学，主要是自然辩证法，极感兴趣”。他才思敏捷，过目不忘，厦门大学数学系李文清教授说：“由于关肇直的惊人记忆力，燕京大学同学们戏称他为‘关圣人’”。1941 年他在燕京大学毕业，留校任教。1941 年到 1962 年这 21 年是他生命中丰富多彩的三分之一，赢得了数学界的广泛尊重。1942 年后，他在南迁的成都燕京大学任教，就投身于党领导的革命运动，参加了进步团体“成都各大学教授联谊会”。1946 年 6 月返回北平转到北京大学任教，并于 1947 年加入共产党。同年考取公费留法，在巴黎大学 Poincaré 研究所著名数学家 Fréchet 指导下，研究泛函分析，同时担任中共旅法总支委员，在旅法侨胞、学者、留学生中开展工作。1949 年新中国成立，他决定放弃取得博士学位的机会，毅然回国，满腔热情地投身到新中国的建设。组

织上安排他到中国科学院参加初期的建院工作，任第一届中共中国科学院党组成员，组建了科学院图书馆，担任过编译处处长、图书管理处处长。1951 年到广东参加土改，担任片长。1952 年回到中国科学院数学所，先后担任研究室主任、副所长、所学术委员会副主任、所党的领导小组副组长、党委副书记、代理所长兼党委书记。他兼任过燕京大学、北师大、中国人民大学、北京大学、中国科技大学教授以及华南工学院（华南理工大学）名誉教授，中国科学院成都分院学术顾问及该分院数理室主任，中国科学院武汉数学物理所顾问，国家科委数学科学组副组长。关肇直对新学科和国际上新的学术动向十分敏感。1958 年，他在北大开课并写出国内第一本泛函分析教程，将当时十分前沿的算子半群理论、非线性泛函、半序空间、正算子谱理论等都做了本质而精炼的介绍，表现出很高的学术水平和很强的前瞻性。他的这本讲义影响了中国几代泛函分析工作者。1957 年夏天以后，当时极左的压力很强。关肇直顶住压力，到北大教授泛函分析，给学生鼓了气。由于他的威望，使学生们敢于理直气壮地去学习和钻研理论。北大张恭庆院士对此至今仍记忆犹新。60 年代初正当我国独立自主地发展核科学技术之际，他与有关部门联系，主动承担反应堆中有关的数学理论研究课题。这样，他与田方增一起带领年轻人开展了中子迁移理论的研究，填补了国内这一研究领域的空白，并做出了具有国际水平的工作。1964 年他完成了著名论文“关于中子迁移理论中出现的一类本征值问题”，应用希尔伯特空间中线性算子的谱扰动理论和不定度规空间中自伴算子的谱理论，指出了平板几何情形下中子迁移算子的谱的构造，以及本征广义函数组的完整性。可惜这一重要工作在关肇直先生生前未能发表，直到他去世后，才于 1984 年发表在《数学物理学报》



上。国际上 70 年代才出现相类似的工作，并且一直被认为是这一时期的中子迁移理论的创新工作。80 年代当国外同行得知他在 60 年代就做出如此出色的工作，都深表赞叹。他对计算数学十分重视，曾著文专门论述它的重要性，以及其与计算机科学乃至整个数学学科的关系，他身体力行，从解非线性函数的最速下降法研究算法收敛，从而导致了单调算子这一重要概念的产生。关肇直也十分关注国际上兴起的激光理论中的数学问题。1965 年他在《中国科学》上用法文发表了论文“关于‘激光理论’中积分方程非零本征值的存在性”。国外学者用相当复杂的方法、大量的篇幅才证明了这种积分方程非零本征值的存在性，而关肇直则在把问题化成一般形式的具有非对称核的积分算子的本征值问题后，在弱限制性的假设下用十分简捷的方法证明了上述结论的正确性。这一结果得到国内外专家的重视。由于关肇直的功力和勤奋，他总能站到国际学术的前沿，做出创新性成果，在数学界赢得了很高声誉。

2、率先研究系统控制及其思想基础

为什么是关肇直在数学所组建了我国第一个控制理论研究室？现代控制理论要用到近代数学多种学科：常微分方程、偏微分方程、概率统计、微分几何、近世代数等。所以没有良好数学修养的人很难在 1962 年在国内开创现代控制理论这样一个新领域。但有良好数学修养的人在国内不在少数，为什么是关肇直率先研究？这和他的哲学素养、学术观点以及爱国情怀是分不开的。关肇直是这样一位科学家，每当人们提起他，就不仅想到他的学术成就，也会想到他富于哲理的想法。他刻苦钻研哲学，形成了自己的一套对理论与实践间辩证关系的哲学思想，特别是他对纯粹数学与应用数学的关系做过长期认真的思考，真正认

识了它们之间的辩证统一关系，他把纯粹数学与应用数学看作一个整体。他形象地解释说，这有如经纬交织，相辅相成，偏废哪一方面都是错误的。他强调数学在发展我国经济和国防建设方面的重要意义，并且身体力行。但他也强调数学的理论研究，他指出正因为要与实际联系，才更需要加强理论研究，他说过：没有理论拿什么联系实际？他以此种观念指导自己和自己所领导的科研实践。他对基础研究的重视不仅表现在他自己辛勤耕耘在泛函分析这块理论的园地里，也表现在他对整个理论工作的重视，对他人理论工作的支持和正确评价。例如，陈景润完成了他的哥德巴赫猜想“ $1+2$ ”的证明后，已是文化大革命前夕。关肇直顶住当时的极左思潮，坚决支持这项工作的发表，他说：这是一项世界冠军，同乒乓球世界冠军一样重要。2006 年，吴文俊回忆当年的情景时说，有一天，关肇直到他家找他，商议陈景润“ $1+2$ ”工作的发表问题。吴文俊当时正担任《科学记录》的编辑，负责处理数学方面的稿件。关肇直希望把简报发表在《科学记录》上，但由于数学研究所内有不同意见，所以来找吴文俊商议。吴马上赞成了关肇直的意见。很快，简报就发表在 1966 年 5 月 15 日出版的《科学记录》上，赶上了“文革”前的最后一班车。南开大学前校长吴大任在 1982 年说，关肇直“强调实践是理论的泉源，又是理论的归宿。他自己就有坚实广博的数学理论基础，又努力把理论和应用密切结合。在这个问题上，30 年来我国数学界部分同志曾经有过摇摆，他却始终旗帜鲜明，有如中流砥柱，对端正风尚，起了积极作用”。在 20 世纪 50 年代末到 60 年代初，国际上航天、航空、航海技术飞跃发展，伴随着出现了极大值原理、动态规划、Kalman 滤波这些应用数学杰作。凭着对新学术动态的敏感，关肇直意识到现代控制理论对国防现代化的重要意义，

所以有了钱学森的倡议和支持，很自然他就扛起了在中国发展系统控制的大旗。从1962年起，享誉数学界的关肇直就逐渐把主要精力转到系统控制领域。他主持控制理论室讨论班，及时报告国外有关现代控制理论的最新成果。当时许多新的研究成果都是在这个讨论班上孕育和发展起来的。弹性振动控制的研究就是一个突出的例子。关肇直和宋健在讨论班上提出了细长飞行器弹性振动的闭环控制模型，开创了分布参数系统控制理论一个新的研究方向。1974年他和合作者在《中国科学》上发表论文“弹性振动的镇定问题”，以娴熟的数学技巧，把弹性振动闭环控制模型写成抽象空间中的二阶发展方程，然后讨论相关的二次本征值问题。他应用线性算子紧扰动的方法，成功地得到了系统能控性的条件，并给出了系统能镇定的充分条件。在此之前，美国数学家D. L. Russell曾用别的方法讨论过与此类似的问题，但Russell自己对所得结果并不完全满意，因为他所用的方法带来了增益系数必须很小的缺陷。关肇直用算子紧扰动的方法，摆脱了增益系数要很小的限制，得到了更符合工程意义的合理结论，受到国际同行的高度评价。钱学森在关肇直的纪念会上指出“我必须说，这一项工作仅从题目的字面上好像看不出它的全部的作用。实际上，它现在已经是导弹运载火箭必不可少的一个设计理论”。还应该指出的是，关肇直在60年代就提出了结构阻尼振动模型，直到80年代国际上才开始重视这类模型的研究。关肇直是创新能力很强、高瞻远瞩的科学家，除了他自己投身到系统控制的研究外，下面我们还将看到他又是系统科学方向的引领者和学术活动的组织者。

3、创建研究现代控制理论的最初队伍

1) 在数学所成立控制理论研究室。关肇直于1962年在中科院数学所建立了我国第一个控制理论研究室。他把自己余下三分之一有生之年的主要精力，投身到系统控制和系统科学。1961年我在苏联列宁格勒大学数学力学系毕业后分配到数学所，暂在概率统计室。1962年有幸成为新建的控制理论室第一批成员之一。关肇直任控制室室主任，并聘五院的宋健为兼职副主任，五院的何国伟也常来合作指导。记得五院先后有唐志强、武礼廉、邱淦兴、嵇兆衡长驻在数学所，和控制理论室合作。关肇直把控制理论室分为三个组，一是常微组，实际上是研究用常微分方程描述的控制系统，这组有秦化淑、韩京清、金维言、张鄂堂。宋健经常参加这个组的活动，他和韩京清合作，发表过快速控制方面的著名工作。另一组研究用偏微分方程描述的控制系统，我们叫它偏微组，王康宁是这个组的组长，关肇直除了领导全室外，参加这个组的活动较多，宋健也参加这个组的工作。1982年国家自然科学二等奖获奖项目《飞行器弹性控制理论研究》的获奖人就是宋健、关肇直、王康宁三人。控制理论室的第三个组研究随机控制系统，叫随机组。是三个组中研究力量最弱的一个组，它包括陈翰馥、安万福、五院的嵇兆衡，何国伟来时就会来随机组。关肇直把控制理论室分为这样三个组，反映出他的学术视野和洞察力。他还看到研究系统控制离不开实际应用和计算，所以我们的合作单位，五院是作为应用对象单位，另有一个合作单位是计算所三室，徐钟济带了几位年轻人也来参与合作。

2) 培养和锻炼年轻科研人员。关肇直十分重视提高室里年轻成员的学术水平，除了邀请一些学有所长的专家来做学术报告，还特邀一些知名专家长驻所里做系列讲座，印象特别深的是张学



铭教授的“最优控制”讲座和张嗣瀛教授的“微分对策”讲座。在20世纪60年代初期,条件很差,没有合适的地方可以招待他们,他们先后都住在原数学所一间办公室(411办公室),在食堂吃饭,一住就是两个月。我们随机组没有资深一点的研究人员领路。关肇直就请了北大数学系江泽培教授每周来指导一次。江先生1955到1958年间于莫斯科大学在雅格龙(Яглом)教授指导下研究机场预测及随机过程统计推断,是国内首屈一指的专家。他每周三上午来,他是一位很严谨的学者,有一段时间因患痔疮行动不便,他还坚持按时来,走不了便坐当时已很不流行的黄包车来。他给我们(陈翰馥、安万福、嵇兆衡三人)他自己编写的油印的平稳过程讲义,我们自学,然后他听我们报告并指导。我(和安万福合作)的第一篇学术论文“多项式迭加平稳随机信号的预报和滤波问题”发表在1966年的自动化学报上,就得益于江先生的课程。从1964年底到1965年我们在吉林梨树县参加“四清”,从吉林回来后又准备搞业务了。为了让我们这些从来没有接触过工程实际的年轻人,能深入地接触了解实际问题,秦化淑、陈翰馥、王康宁、毕大川先后入住七机部的集体宿舍,向二室及三室的设计人员学习,进行合作研究。当时我们接触较多的有三室的叶华明、于景远、张福安、李致杰,还有26所的于本水。1966年3月回数学所。1966年5月我被选派参加中国科学院自动化代表团赴苏联考察,自动化所杨嘉墀为团长,党的领导为陈信,团员有自动化所的章仁为及数学所陈翰馥等人。这个代表团1966年5月15日出发,为期一个月,回到北京是1966年6月15日,北京已到处贴满大字报,数学所走廊两边也飘满了大字报。

3) 找回“文革”中失去的时间。控制理论室从原来几间较小的办公室调整到数学所原阅览室

426,这是一间较大的办公室。关肇直也在大办公室靠里面占了一桌,经常看到的情景是:在大屋子里一批年轻人在“抓革命”,而关肇直坐在办公桌边“促生产”。其时,大家都不搞业务,不做科研了,而关肇直一直在追索国际上现代控制理论的新发展。在“文革”中,研究工作受到很大的干扰和冲击。但他仍然坚持尽可能开展一些工作。早在1969年,他就以“抓革命,促生产”为契机,提出“每周二、三为数学所业务时间”,使科研工作得到部分恢复。他尽量使控制理论的研究与当时受冲击较小的军工及国防科研相结合,使研究室的工作得以继续和发展。有一段时间,他和我两人一起在王安送的台式计算机上模拟阿波罗登月舱的末制导计算。数学所在1971年就正式恢复业务工作了,正因为关肇直已查阅了大量现代控制论的文献,掌握了国际上的发展情况,所以恢复业务工作后,关肇直就组织现代控制论的讨论班,由他自己主讲,介绍现代控制理论的各种概念,最新成果,使年轻人尽快走上研究轨道。当时室内的年轻人特别钦佩两点:关先生进入一个新领域非常快,他能很快掌握不同领域学术论文的精神实质,并清晰地介绍给大家。有时我们问他某一学术领域的情况,他不仅详细介绍有关论文、刊物名称、期刊号及年代,有时甚至页码!

4) 加强国际学术交流。改革开放之初,中国和外界学术交流已停顿了十多年,国际学术交流几乎为零。关肇直早就注意到必须改变这种情形。从1978年起,关肇直要求控制理论研究室每年用外文撰写活动报告,向国外同行散发。开始几年都是他亲笔起草的。这个传统几十年来沿续至今。关肇直不仅自己以各种形式介绍国际上的最新学术进展,还鼓励和帮助年轻人用外文撰写论文,投到国际刊物。在IFAC世界大会上,现在在我国投稿每次都有几百篇,但在1978年我国刚

恢复参加 IFAC 活动时，只有我一篇文章被录取在大会上宣读，这是关肇直在“文革”后期及时抓控制理论室的科研工作并重视国际学术交流的结果。我第一篇用英文撰写的论文是关肇直帮我翻译并打字，我除了感激之情外还极大地鞭策了自己去努力自学英语。以后我的英文论文就试着自己写，但关肇直都帮我修改把关。关肇直从 1978 年起，邀请了国际顶尖系统控制科学家来访问，他们包括 Wonham、Åström、Kailath、Kalman 等，以及包括何毓琦、谈自忠在内的许多海外华人科学家。他鼓励年轻人到国外合作研究，还自己出访欧洲，建立学术联系。

4、推动系统控制在全国发展

为了发展我国对现代控制理论的研究，在国内创建这样一支队伍，同时联系实际，把控制理论应用到工业领域，特别是国防领域，他并没有把自己的目标局限在自己创建的控制理论室，他把目光放到全国国防科研单位及高等院校的自动化专业。为此他走访国内许多高校，及国防科研单位，进行关于现代控制理论的系列讲座。由我随访他的次数共有八、九次之多，我们访问过的单位所在地就有宜昌、遵义、内江、洛阳、西安、绵阳、天津、沈阳、广州等地。印象深刻的一次是到宜昌，当时条件有限，关肇直和我同住一个房间，接待单位尽量提供最好条件，给了新的家具，但我对中国漆过敏，结果生出很痒的红疹。关肇直白天上课，晚饭后有时我们散步，聊天，他对我说，在法国，听到国内解放，成立新中国，心情非常激动，就急着要回国，参加建设新中国。当时党内领导他们的是刘仁（后任北京市委副书记）。刘仁劝他还是念完书，得了学位再回来，但当时没有听刘仁的劝告，急着回来了。现在看来，还是应该听刘仁的。每天临睡，关肇直要喝两口

随身带的酒，说：“这是向你父亲学的”。他不用下酒菜，说这样有助于睡眠。现在看来，这可能影响了他的肝脏。另一次到内江，和他同行的有三四个年轻人，除我以外，还有搞概率统计的陈兆国等，我们总共在那里约一个月，讲了好几门课程。还有一次去遵义，在 1976 年 4 月，我陪关肇直去的，主要是他介绍现代控制理论，我讲滤波。据当地马植衡回忆：“他身着普通的棉衣，外罩一件旧得已经发白了的蓝制服，脚上一双老棉鞋，整齐的胡须，慈祥的微笑，从外表一点也看不出是位满腹才学的教授，倒挺像一位勤朴善良的老工友。由于天阴路滑，我们所的同志怕关先生走路摔倒，临时为他准备了一根拐棍”。这是对关肇直的一段生动的描写。他除了讲课外，还专门考察了弹性振动问题，他仔细翻阅了实践资料和相关分析报告，并高兴地看到有关材料对弹性振动现象的判断。他在任中国自动化学会副理事长时亲任控制理论专业委员会主任，并从 1979 年起组织每年一次的系列学术会议“全国控制理论与应用学术年会”（1994 年后改名为“中国控制会议”）。他还创办了学术期刊《系统科学与数学》，并与华南理工大学合办期刊《控制理论与应用》。他任中国科学院成都分院学术顾问，并创办了分院数理



图2 关肇直在作报告

室，亲任主任。他一直关心指导着该室研究工作。他于1981年7月1日在病中给我写信：“听说你七月去成都分院，行前望一晤。…。分院数理室有位朱允民同志，是北大毕业，十年浩劫时未读完，但之后又经过了‘回炉’，从各方面了解，他基础好，他偏重概率统计，我劝他搞辨识，他已把 Eykhoff 的书看了一遍，望你最近（他七月二日走）或在你去成都时和他谈谈，给他一些指导，引导他做点研究，不要总是读书。（你如见他，请和王康宁同志联系）”。关肇直给数理室写信：“……。我们要有创立学派在国际上争鸣的气概，不要对自己的同志盛气凌人，对外国人卑躬曲膝。我们既要有信心，又要谦虚谨慎”。1981年6月在他生病期间，他给一个素不相识的年轻人回信：“科学家不等于读书人，后者强调博览群籍，学富五车，过目成诵，……，但前者唯一强调的是创造，洞察，发现科学真理，提出新概念新理论，解决问题。故我并不劝你多读书，只要消化了你读过的几本书，就可以想些问题，也可以翻阅一些期刊上的新文章，了解国外学者在考虑什么，主要是从而得到启发，不背诵具体结果”。这是多么富有教益的真知灼见！



图3 系统科学所成立大会

5、成立系统科学所

1978年召开了全国科学大会，接着又召开了科学规划会，关肇直和冯康、程民德等先生一起提出：理论要抓，应用也要抓。但不可否认，在原有机构设置下，交叉学科的发展遇到了阻力。关肇直非常重视交叉学科的发展，很早注意到生物数学、生态数学及其它学科与数学交叉的边缘学科，即系统科学的重要性。他的想法得到许国志的支持。科学院党组在1979年决定成立系统科学研究所。吴文俊于2008年1月23日接受《科学时报》记者采访时说，在他思考用计算机验证数学定理的数学机械化方法的关键时刻，甚至有人质问：“外国人搞机器证明都是用数理逻辑的方法，为什么他要用代数几何的方法呢”？吴文俊还是顶着压力干着。他后来回忆说：“因为与传统不太相容，当时有不少反对意见。我的工作能够得以开展，数学所的关肇直同志起了很大作用”。他还说：“但只有关肇直的支持是不够的，幸好科学院党组在1979年决定从数学所分出部分成员，成立系统科学研究所，我马上就过去了。系统科学所成立后不久，所长关肇直就对我说，你想干什么就干什么，你爱干什么就干什么。他是最理解我的，知道我工作的意义，给了我最大的自由，这是最珍贵的，我非常感谢他，那之后我基本上没有阻力了”。吴文俊说：“这就是自由探索，这就是关肇直同志的气魄”。钱学森回忆说：“1979年中国科学院的领导决定成立系统科学所。当时我们都很高兴。关肇直同志也是为了开创这方面的工作，作出了很大努力。我想也



是在这个时候，他可能过度劳累，所以不幸受到病魔袭击。从那个时候起，他一直没有恢复健康。在1980年终的时候，中国系统工程学会开成立大会，他也没有能够参加，但他是众望所归的，所以他当选为系统工程学会第一任理事长”。关肇直把自己的一腔热血倾注于祖国的建设事业，梦寐以求的是祖国科学事业的发展。他在《复杂系统的辨识与控制提纲》一文中，提到了 Prigogine 有关非平衡态热力学的工作以及 Thom 的突变理论，在他看来这是系统科学的一个核心内容。这与钱学森的观点不谋而合。1982年，当他病情已相当恶化时，他还表示，要等身体恢复健康后，着力这方面的研究。可以告慰关先生的是他亲手建立的系统科学研究所，40年来茁壮成长，成果累累，人才辈出，成为一个生机勃勃的系统科学的前沿阵地。他所推动的系统控制，在国内蓬勃发展，这从他开创的中国控制会议的参会人数可以看出：1979年参会为125人，到最近五年每年都在两千人以上。无论是数学界、控制理论界、还是系统工程界都不会忘记关肇直对我国科学事业发展所做的巨大贡献。

本文原载于《系统科学与数学》第39卷第2期，原标题为“关肇直引领系统控制在中国的发展”。



【作者简介】陈翰馥，1961年毕业于苏联列宁格勒大学。1993年当选为中国科学院院士，1996年当选为 IEEE Fellow，2005年当选为第三世界科学院院士，2006年当选为 IFAC Fellow。

他的研究领域包括随机系统的辨识、适应控制、参数及状态估计、随机逼近和优化及其在系统控制、信号处理等领域的应用。发表期刊论文220余篇，专著8本，其中4本在国外出版。

他曾任国际自动控制联合会 (IFAC) 执委 (2002—2005)，中国自动化学会理事长 (1993—2002)、中国数学会常务理事 (1993—1999)。第十四届 IFAC 世界大会 (1999，北京) 的国际程序委员会 (IPC) 主席。