《中国科技史杂志》第41卷（2020年） 第2期：241—250
The Chinese Journal for the History of Science and Technology Vol. 41（2020）No. 2

我经历的激光测速研究
——清华大学沈熊教授访谈录

刘年凯
（清华大学科学史系，北京 100084）

摘　要　2020年是激光器发明60周年。激光自发明以来，在众多领域都得到广泛应用。一个特殊的例子是利用激光多普勒效应测量流体的流速，为流体力学领域带来新的发展。清华大学工程力学系沈熊教授从事激光多普勒测速的研究已有半个世纪，在此次访谈中，他讲述了自己上世纪50年代在清华大学求学、60年代开展过超音速风洞研究的经历，之后他在70年代转向激光多普勒测速研究，主持研制出中国第一台“激光流速计”（激光多普勒测速仪），并坚持激光测速研究至今。沈熊教授还讲述了他在激光测速的科学研究、教学培训、学术交流、产品研发方面的经历，并分享自己关于科技研发的见解。

关键词　清华大学　流体力学　激光多普勒测速　科研
中图分类号　N092
文献标识码　A　　**文章编号**　1673-1441(2020)02-0241-10

世界上第一台激光器诞生于1960年，随后激光被应用到科学的诸多领域。激光照射到随流体运动的粒子上时，会被运动粒子所散射，散射光的频率与入射光的频率相比会发生偏移，该偏移量被称为多普勒频率，它与流速成正比，据此可以计算流速，这为流体力学领域一些重大基础问题的解决提供了一种有力的技术手段。Yeh和Cummins在1964年首次利用激光多普勒频移量获得流体的运动速度，开启了激光多普勒测速技术的时代。目前该技术已广泛应用于军事、航天、航空、水利、能源、医学等领域，在中国知网上以“激光多普勒测速”为主题词检索，有598条结果；在web of science网站上以“laser doppler velocimeter”为主题词检索，有3637条检索结果①。由此可一窥该技术的影响力。

清华大学工程力学系教授沈熊长期从事激光多普勒测速的研究。1975年他主持研制成功我国第一台“激光流速计”，获1978年全国科学大会奖。2018年11月，沈熊教授联系清华大学科学博物馆（筹），有意捐赠他保存多年的这台自制激光多普勒测速仪，认为“它代表了一门新技术发生发展的进步过程，将它们作为废品丢弃是莫大的损失”。沈熊教授之后接受了笔者的访谈，回顾了自己的求学、科研的历程。文中标题和脚注系访谈

收稿日期：2020-05-07；**修回日期**：2020-05-19
访谈整理者简介：刘年凯，1987年生，山东泰安人，北京大学理学博士，清华大学科学史系博士后，清华大学科学博物馆收藏研究部门负责人，研究方向为科学仪器史。

① 2020年5月15日检索。

整理者所加。

访谈时间:2018 年 12 月 18 日,2020 年 5 月 15 日

访谈地点:北京清华科技园创业大厦

1 学生时代

刘年凯(以下简称"刘"):沈老师,能介绍一下您在清华大学求学的经历吗?

沈熊(以下简称"沈"):好的。我 1935 年出生于无锡,原籍上海。1953 年毕业于上海南洋模范中学,9 月考进清华,读电机系工业企业电气化专业。当时学习苏联教育体制,办了好多新专业。工业企业电气化是电机系的新专业,五年制,当时我们是第二届,第一届是 1952 年开设的。我哥沈樑是 1952 年入校,也读电机系工业企业电气化专业。我们哥俩从小在同一所学校就读,大学还学同一个专业,毕业后仍在同一所大学工作,直至退休,这好像并不多见,是吧!

我们当时的班号是叫"企八","企"代表专业,"八"代表毕业年份。企八共有四个班,一百多人,我在企八一班。我哥在企七一班。1952 年招得少,就招一个班。因为从 1953 年开始扩大招生,基本上我们这五年都是扎扎实实学习的,中间除了经过 1957 年反右派斗争,其他方面基本上都是正常按教学计划学习的。当时清华比较注重"双肩挑",是蒋南翔校长对政治辅导员(半脱产)提出的要求,意思是要政治和业务都好才行。当时课程评分实行五分制,两分不及格,三分及格,四分良好,五分优秀。当政治辅导员,课程成绩必须都在四分以上,这样才有条件抽出部分时间做社会工作,不至于影响学习,并适当延长毕业时间。

1957 年"反右派"运动中,电机系是"重灾区",党、团主要领导都被打成了右派,造成干部短缺,我就被抽调出来,当了一年半政治辅导员,延长半年到 1959 年 3 月毕业留校,调到 1958 年新成立的工程力学数学系流体力学教研组当老师了。

工程力学数学系共设 5 个专业:流体力学、固体力学、计算数学、工程热物理和动力学控制。从专业设置可以看出是为导弹航空器服务的。作为"国之重器"的两弹工程,清华已于 1955 年建立从事核工程的工程物理系,当时从全校各专业,包括企八,抽调学生成立了物八班,无线电系和自动控制系也先后从电机系中分离出来,1956 年又抽调学生成立了清华首届计算机专业计 7 班,工程力学数学系的成立为两弹工程的专业配套画上了句号。由于不断被抽调,企八班的学生人数也从入学时的 4 个班缩减到毕业时的 3 个班。

刘:当时系主任是谁?

沈:当时系主任是杜庆华教授,副系主任是解沛基副教授兼党总支书记。还有张维教授,他在学校工作,担任副校长,是校领导,是固体力学专家,业务工作在系里。杜庆华和张维教授是我系仅有的两位老教授。我们流体力学教研组,除了解沛基老师外,基本上都是 1956 年以后毕业的,没有老教授。

工程力学数学系其实承接的是老清华 1930 年代的航空工程系,当时专门建了航空工

程馆,在电机工程馆旁边。1952 年院系调整,航空系的老教授都合并到北航去了,连风洞也搬了过去。像陆士嘉教授,她是张维教授的夫人,师从德国知名空气动力学家普朗特,还有吴镛林教授、徐华舫教授、沈元教授等,都是航空和空气动力学界的老前辈。

2　风洞研究

刘:您进入流体力学专业后的情况怎么样?

沈:清华重新建立流体力学专业,一切都得从头开始。对于我来说,本科是学电气自动化的,流体力学只学过水力学,必须一边工作,一边补课。当时的系领导十分重视实验室建设,为了满足教学需要,老师们亲自动手建设了两个低速风洞。流体力学实验研究需要建立一系列不同速度范围的风洞,从低速(代号 102)、超音速(代号 103)、高超音速(代号 104)、激波管(代号 101)到电磁流体风洞(代号 105)。在当时"大跃进"年代,这些都在教研组的规划之列,但是重点放在了超音速风洞上,是当时系里第一号任务。我担任超音速风洞(代号 103)建设的负责人。风洞速度越高,截面越大,所需功率也越大,所以搞超音速风洞要花很多钱。当时大概花了一百多万吧,搞了好多年。

刘:风洞的建设情况具体怎么样?

沈:从 1959 年到 1966 年初步建成吹风,花了 7 年时间,因为"文革"开始,所有工作都停下来了。风洞建在清河永泰庄的一座报废的水泥厂旧址上,这个水泥厂是"大跃进"的产物,当时全国大搞小水泥,清华土建系也不甘落后,在清河建了这个小水泥厂,听说只生产了几十吨水泥就下马了,成为了 103 风洞的落脚地,但是最终还是白白耗费了国家大量的人力和物力。因为风洞离学校比较远,常年要有教职工在那里值班,保护国家财产,教研组负担很大,因而在"文革"后期和北京重型电机厂(以下简称"北重")达成协议,无偿转送给北重,并派出两位教师协助北重将风洞改造成翼栅风洞,做汽轮机翼型实验。完成改造后,两位教师回教研组,以后风洞的情况就不清楚了。据说北重也负担不了风洞的运行和管理,最后被废弃了。

刘:这个风洞是为了研究导弹用吗?

沈:对,做导弹或者飞机的模型试验的。因为"文化大革命",这个项目就下马了。随后,经过两年"文革",一直到 1967 年 7 月 27 日毛主席派遣工宣队和军宣队进驻清华大学,局势才稳定下来。再后,就是"斗、批、改",组织教工去农场劳动,到 1970 年复课闹革命,招收工农兵学员上大学。老师们也可以做点儿教学和科研工作了。

当时流体教研组的老师们积极性很高,有一部分老师对气动射流元件很感兴趣,它模拟晶体管数字电路,可以组成各种射流元件数字气路,甚至可以组成射流计算机。它的优点是可以抗电磁干扰,但最后还是因体积、效率、成本等没有发展,被淘汰了。你们做科学史可以关注下这个。

3　中国第一台激光流速计

刘:您是怎么开始研制激光流速计的呢?

沈:1960 年 Maiman 发明了世界上第一台激光器。1964 年,美国的 Yeh 和 Cummins 提出,可以用激光多普勒效应测量管流的流速①,我 1970 年左右读到这篇文献,当时我觉得这对于流体实验是一个重大突破,于是作为选题开展调研和实验准备。1964 年那是第一次在实验室里做实验的装置,不是产品。国际上有两家做激光多普勒测速,也就是 LDV(Laser Doppler Velocimetry)产品比较早的,一家是丹麦的 DISA 公司,后改名 DANTEC,另一家是美国的 TSI 公司。20 世纪 70 年代初,我和另外几位老师组成了激光测速研究小组,令人兴奋的是 1972 年,在北京展览馆的一次进口仪器展览会②上见到了丹麦 DISA 公司生产的一维激光多普勒测速仪,这更坚定了我们研发激光测速仪的信心。

当时还有一位美籍华裔教授,叫张捷迁,来华讲学,到中科院力学所指导科研,提出需要用激光测速仪测量非牛顿流体的减阻效应。当时力学所和清华都在进行这方面研究,但是力学所的仪器还不能进行实用测量,而清华研发的仪器已有实用测量结果③,发表于 1973 年《清华大学学报》,所以他就把我们请到力学所去做实验。

刘:张捷迁教授?他 30 年代在清华航空工程组工作过,还参与过风洞建造。

沈:对,他解放前毕业于东北大学,曾在清华任教,后去美国,当时在华盛顿基督教大学任教。他是一位爱国专家,多次来清华讲课,和流体教研组老师合编过流体力学的教材,叫《真实流体力学》。

我们 1973 年发表的这篇论文,反映了清华大学激光测速研究组 1970—1972 年的成果。当时激光光源为内腔式氦氖气体激光器,输出功率约 5 毫瓦,用高频微伏表连接读出频差,测出急流水流边界层中的流速分布,确定边界层厚度,证明实验室内用激光量测明槽急流水流的点流速是可行的。但当时我们研发的仪器,只能测量平均速度,不能测量脉动速度,必须采用先进的信号处理技术才能得到脉动速度。这就需要借鉴国外的先进技术。正好,宁夏回族自治区银川市的银河仪表厂党委书记听说我们在搞激光流速仪,很有兴趣,来校参观后,当即决定由该厂出资出人,与清华合作研发激光流速仪。同时,通过自治区计委引进了一台丹麦 DISA 公司生产的 55L 型一维激光测速仪,作为研发参考样机。当时我有一个亲戚担任宁夏回族自治区计委主任,也为引进国外仪器提供了方便。

联合研发小组由 7 人组成,银河仪表厂有张业莲、苗华义、陈加兴和一位八级钳工师傅,记不清名字了,清华有周作元、白洪生和我,我担任研发组长。前期研发工作是科研样机研制,在清华大学进行,主要任务是研制作为信号处理的频率跟踪器,因为光学系统我们已经有成功的经验。银河仪表厂划拨 3 万元到清华,作为研发经费。后期研发工作是研制正式样机,在银河仪表厂。正式样机研制过程还吸收了航空工业部 304 所的两位研究人员参加。当时正值“文革”后期,提倡大协作精神,丝毫没有本位主义、技术保密等考虑,大家在一起工作得很愉快。

---

① Yeh, Y., Cummins, H. Z. Localized fluid flow measurements with an He-Ne laser spectrometer[J]. *Applied Physics Letters*, 1964, **4**(10):176.

② 后进一步查证,该展览为 1972 年 3 月 7 日至 17 日在北京展览馆举办的丹麦工业展览会,由中国国际贸易促进委员会和中国对外贸易部联合丹麦政府海外展览委员会举办。

③ 清华大学工程力学系,水利工程系,激光测速研究组. 应用激光量测溢流坝下游水平护坦上急流水流的流速分布[J]. 清华大学学报:自然科学版, 1973, (4):104—116.

研发工作自 1973 年到 1975 年,持续约一年半,完成正式样机,研发小组解散。清华得到了正式样机,就是现在的这一套仪器,这也是中国第一台自制的激光多普勒测速仪,后面板上有银河仪表厂标志。银河仪表厂接着投入小批量生产 5 台,每台售价 5 万元,航空工业部 304 所出资买了一台,作为共同研发的成果。

这台激光多普勒测速仪与我们 1973 年文章中用的设备主要区别在于信号处理器,实验用的高频微伏表,正式样机用频率跟踪器,另外实验装置和产品的光学系统也是不一样的。

刘:这个价格要比进口便宜吧?

沈:当时 5 万块钱,比进口的还是便宜,进口的一台要 2 万到 3 万美金,当时美金汇率八点几,几十万了,是吧? 所以 5 万块钱比起来觉得还是便宜的。后来这个产品厂里没有做下去,因为批量太少。那个厂子很大,有八九百人,靠这个产品养不活这个厂子,而且产品技术要求很高,难度很大。厂里把最好的技术力量都干这个了,那别的就不行了。所以做高新技术仪器设备,国内的企业不适应,只能做技术难度比较低、批量大的产品,否则技术力量达不到。当时参加团队的张业莲是厂里的技术科长,清华大学无线电系 1966 届的毕业生,他家在银川。这个产品完成后我们和银河仪表厂就没有什么关系了,以后就是我们自己独立研究了。因为我们还要往上走,就是搞一维带频移和两维 LDV。清华当时的领导何东昌,他原来是清华航空系的,懂流体力学,看见我们搞这个,就很支持。

刘:当时为什么有这么多国内外单位研究激光测速?

沈:这是因为激光多普勒测速有其独特的性能优点。第一,它的理论公式具有线性特性,从极低速到极高速,只要相对于光速来说是极小量,多普勒频率与速度的线性关系均成立,其测量准确度取决于频率和方向角的测量准确度,因而无需依靠其它测量方法得到校正值与之相标定,这是其它流速测量仪器所不具备的。第二,属于非接触测量,只要在流体中掺入少量微粒即可,这对于流体测量特别重要。第三,具有高速动态速度响应,特别适用于高湍流度复杂流动。第四,可以实现多维(二维和三维)测速,并具有方向敏感性。

我们开始做的是一维不带频移的 LDV,不能判别流速方向的正负。一维带频移就是既可以判别一维速度的大小,又能判别方向的正负。二维可以同时测量两个速度方向,而实际的流体速度可能是三维的。要测二维以上速度的仪器,必须是具有方向判别(带频移)的。所以我们必须跟着国际发展的步伐,一步步地坚持往前走。那都是改革开放以后的事了。流体力学的湍流、回流、漩涡等流动,以前没有办法获得实验数据,现在利用激光多普勒测速就可以搞得很清楚,对于船舶、飞行器的设计,可以提供详细的实验数据。还有化工里面的反应器流动,也非常复杂,应用激光多普勒测速可以搞得比较精确。当时国际上发表的论文很多,几乎每年都有国际会议举办,引起了国内同行的关注。激光多普勒测速这个仪器的研发,一九七几年当时同行有好几家,有中科院力学所、航空工业部 304 所、天津大学、北京大学、上海机械学院、上海光机所等单位,清华还有水利系和力学系两家,那时每年开学术交流会,仪器的研发在中国热闹了 20 年左右。其中出现过其它测速技术的发展,如粒子图像测速技术(简称 PIV)替代了部分测速的需求,但是 LDV 还是有独特的优势,此外,LDV 还可以测量固体运动速度。随着激光技术和信号处理技术

的发展,LDV 还会推陈出新,实现新的飞跃。

刘:您的这项研究获得了 1978 年全国科学大会奖?

沈:是的,激光流速计研制成功后,1976 年,我被分配到清华大学团河农场,在清华大学团河农村分校担任农机 61 班班主任,负责在昌平县各公社招收一个班级的学生,这些学生学制一年半,"社来社去"①。我除了担任班主任外,还讲授数学科目。1978 年 3 月,该班学生毕业后,我就回到教研组继续科研和教学工作,完成了激光流速计的技术鉴定。清华大学与银河仪表厂研制的激光流速计,获得 1978 年全国科学大会奖(第 9058 号)。《宁夏日报》在 1980 年也头版报道了这台激光流速计的研制②。

刘:沈老师,能讲讲您的教学吗?

沈:从 LDV 研发开始,这个项目就是和教学、培训工作紧密结合的。因为以前没有这方面的教材和资料,作为一项新的流速测量技术,我先后在国内开办了几十次培训班,并率先在国内开设了激光测速实验课程,受到校内多个系研究生的欢迎,除力学系外,还有水利、热能、工物、化工等系,成为全校的一门研究生选课,至今还是力学系"近代流体测量"课程的一部分,20 多年培养本科生、研究生和进修人员近 3000 人。另外,我和北大盛森芝老师、天津大学的舒玮老师在 1980 年代合编出版了《流速测量技术》一书。2004 年,在激光测速诞生 40 周年之际,由清华大学出版社出版了《激光多普勒测速技术及应用》学术专著。

刘:您对推动激光测速的国际交流合作做了哪些工作?

沈:1982 年在葡萄牙里斯本召开了第一届"激光多普勒测速流体力学应用国际讨论会"③,由于其它测速新技术的出现,以后又改名为"激光技术在流体力学中的应用国际讨论会"④,以后每两年一届,固定在里斯本召开,至今年 2020 年已是第 20 届⑤。我参加了 1984 年第二届里斯本会议,发表的论文为《后台阶突扩方管中二维 LDV 测量》⑥,受到会议重视,被安排在首日全体会议上报告。论文中的实验是应用自主研发的二维声-光频移激光测速仪做的,该项目后来获国家发明专利和国家发明四等奖。1988 年起我又受邀担任会议的顾问委员会委员(Member of Advisory Committee),这是自从激光测速问世以来,召开过的许多次国际会议中,中国第一次有港、澳、台以外地区的代表发表论文,也是第一次有来自中国的学者担任顾问委员,承担组稿和投稿的评审工作。对此,我深以为荣。

通过参加里斯本会议,结识了许多国际知名学者和教授,对我以后推动国际学术交流和合作起了很大的帮助作用。如会议的发起组织者,德国 Erlangen 大学 F. Durst 教授,他是另一位组织者——英国帝国理工学院 J. H. Whitelaw 教授的博士生,我曾到帝国理工学

---

① 即从农村公社招来,毕业后再回到农村公社中去。

② 《银河仪表厂和清华大学经过长期密切合作研制成功我国第一台激光流速计》,《宁夏日报》1980 年 7 月 22 日第 1 版头条。

③ The International Symposium on Applications of Laser Doppler Anemetry to Fluid Mechanics.

④ The International Symposium on Applications of Laser Techniques to Fluid Mechanics.

⑤ 受新冠肺炎疫情的影响,2020 年的会议取消。http://www.lisbon-lasersymposium.org/lxlaser2020

⑥ X. Shen, H. S. Yu, J. Y. Zhang. Two component LDV measurements in a duct with a single backward facing step expansion.

院访问过 Whitelaw 教授,F. Durst 教授也曾应邀到清华讲学。他们两位同另一位 A. Melling 博士合编的著作 *Principles and Practies of Laser Doppler Anemometry* 在国际上很知名,为了翻译这部著作,我和教研组的同事们花费了十年多时间,Durst 教授还派了他的博士生刘小稚女士帮助校阅,终于在 1992 年由科学出版社出版中译本《激光多普勒测速技术的原理和实践》,作为双方合作的成果,三位原作者为此专门写了中译本序言,序言中除了对译者"表示深切的谢意"外,还"高兴地从最近的会议录中注意到中国在实验方面的飞速发展",充分肯定了中国的激光测速发展成果。

还有一件很有意义的事,作为里斯本会议组织者之一的日本东京大学教授 T. Asanuma 很关心我们计划在 1989 年 10 月在清华大学举办的首届"国际流体动态测量技术及应用会议",年届 70 的 Asanuma 教授带领十多位日本代表与会,使会议得以成功召开,在会议闭幕宴上大家热烈为 Asanuma 教授庆生,呈现了亲切感人的场面。

在里斯本会议中,英国 Heriot-Watt 大学海洋工程系 I. Grant 教授主动找我,要求访问清华和互访合作。他认为清华学生基础好,努力上进,希望邀请更多中国学生到他那里攻读博士学位,他的专长是光学图像处理,也是一门新兴测速技术,我们互相合作,交访讲学,曾派了多位清华学生到英国留学。

还有值得回忆的是同美国 TSI 公司总裁 L. M. Fingerson 博士和美国 Aerometrics 公司总裁 W. Bachalo 博士的合作关系。这两家公司都是国际知名的 LDV 和 PDA 的生产企业,而两位总裁也都是学者身份,并担任里斯本会议顾问委员,经常向里斯本会议投稿。他们在中国都有产品销售,因为我对 LDV 的专长,所以相互比较熟悉。1983 年国内高校用世行贷款引进了一批美国 TSI 公司生产的激光多普勒测速仪和热线风速仪,需要派遣教师到美国厂家学习培训。由于各校教师语言沟通上有困难,应 TSI 公司邀请,我负责了激光测速仪的培训讲课工作,并将全部英文说明书翻译成中文,圆满完成了培训任务。1993 年,Aerometrics 公司产品开始进入中国,在清华设立了技术服务中心,我担任中心主任,开始了为期三年的合作关系。我曾访问 Aerometrics 公司、TSI 公司和硅谷其它公司,因此,比较了解这些美国小型高科技企业的运作机制和特点,同我国的所谓中小微企业有着很大的差异。

20 世纪 80—90 年代,因外汇和经费紧缺,国内学者能参加国际会议的机会很少。为了能使更多国内学者参加国际会议,展现国内流体动态测量技术(包括激光多普勒、热线、粒子成像等测速技术)的进展,促进国际交流,就想到利用清华的影响力,把国际会议搬到国内来开。于是,从 1989 年起,与热能系孙锡久教授合作,在北京清华大学发起主办了三届(1989,1994,1997)"流体动态测量技术与应用国际会议"①,我担任会议秘书长,孙教授任副秘书长,会议主席由倪维斗副校长担任。我们编辑出版了三册国际会议文集 *Modern Techniques and Measurement in Fluid Flows*, 由 International Academic Publishers 出版。受邀担任会议国际委员会委员的名单囊括了国内外的知名学者,既提高了会议的水平和知名度,又扩大了中国和清华大学的国际影响。由于我 2000 年退休,这一会议没有

① The Internatioanl Conference on Fluid Dynamic Measurement and Its Applications, ICFDMA。三次会议的举办时间分别是 1989 年 10 月 25—28 日,1994 年 10 月 19—22 日和 1997 年 10 月 14—17 日。

继续下去。这三本论文集,我都有保存,可以捐给你们。

刘:在激光流速计上,您还做了什么工作?

沈:我后来开始研发三维的激光测速仪,做了一个科研方案实验,发表了论文,并申请了一个发明专利《单色四光束频移三维激光测速仪》,通过了,也授权了,由于没有合适的经费渠道,没有继续做,放弃了,因为我们要搞一个产业很难,这种高科技仪器需求量比较小,技术难度很大,没有高水平的研发团队和研发资金的支持是不行的,这正是在高科技仪器设备研发方面我国和先进发达国家的差距所在。为了科研需要,许多单位不得不花费几十万美元进口国外仪器设备,没有重大项目的支持是买不起的。2000 年退休后,我就集中精力搞产品开发,根据我们的经验,我们自己研发的一维和二维激光测速仪,价格是国外的五分之一到十分之一,十多年来一共销售了四十多台套,为国家节省了大量外汇。其实平均一年也就两三台,赚不了什么钱,还要不断研发改进,比如,从 2009 年开始,我们就淘汰了传统的气体激光器,改用新型的半导体固态激光器。但是有些重要技术指标还是不如国外产品,影响产品的竞争力。

刘:那这仪器国外主要有什么改进?

沈:现在还没什么太大变化,就一维、两维、三维几种型号。另外呢,体积变小了,本来挺大的,以前用光线直接传播的,现在用光导纤维来传播,主要原因是国外使用氩离子气体激光器和后向散射接收,发射光系统十分庞大,必须采用光纤。

我们为了降低造价,采用散射效率高的前向散射接收,这样就可以使用小功率的激光器。另外的一个重要创新,就是采用半导体固态激光器,使仪器的尺寸减小,操作方便性得到很大提高,与此同时,我们还开发了可以同时测量粒子速度和粒径的相位多普勒粒径测速仪(Phase Doppler Sizing Anemometry),简称 PDSA,光源也是用的半导体固态激光器,所以,已经有了小型化的一维、二维 LDV 以及粒径-速度(PDSA)测量的系列化产品。国内就我们一家有产品,国外大多使用气体激光器,思路不同。

刘:国家对科学仪器的研发投入好像不是很大?

沈:对,可能我们国家最弱的就是这一块,包括医疗仪器、高级仪器这类,因为国家和一般的企业投资人,都重在产值要高,批量要大,见效要快,是不是?此外,国家对科技的引领都集中在几个热门方向上,实际上相当于“计划科技”体制。许多冷门的项目就没有人去做了。美国的体制跟我们完全不一样。在硅谷,大公司没几家,大部分都是小公司。但是它们的技术力量很强,向全世界供应产品,为大公司提供技术。正如任正非所说的,很多小公司的产品非常领先。它们有这个力量,我们就没有。我们现在抓科技创新都是一哄而起,什么无人机啊,机器人啊,等等,都搞热闹的玩意,看起来轰轰烈烈,实际上不扎实,都做重复工作,浪费大量人力物力。其实我们的各行各业很多都需要改进。不能都去搞无人机、机器人的,这是很大的偏向。现在又强调做芯片,这芯片有成千上万种,有小规模、中规模、大规模、超大规模等等,各有所用,不可或缺。人家是几十年积累起来的。美国的 D. A. T. A. BOOK 手册,有好几大厚本,几个月更新出版一次,都是各种芯片型号。你过去不搞,现在想自力更生,都自己来做,是不可能的。创业创新那么容易啊?一个创新要成功,要花多少设备,花多少钱?不那么容易的。再比如说像这种高科技的产品,和元器件、零部件的质量很有关系,一个产品有成百个零部件,如果质量不如国外的,即便你

的设计思想再好,也是做不出高质量的产品的。举个例子,如拍照片搞图像研究,在国内我们用的是保定的胶卷和上海牌照相机,花了很大劲洗出来了照片;我到英国去合作搞科研,用尼康相机,柯达胶卷拍的照片,两者的质量、图像分辨率完全不一样,同样的工作,不同的效果,就是这个道理。

4　总结

刘:您从事流体测量工作这么多年,最大的体会和愿望是什么?

沈:可以感到欣慰的是,与“文革”前的 7 年奋力建设超音速风洞,结局却造成巨大浪费相比,在“文革”后期至今的几十年内,我在激光测速技术的教学和科技领域为国家和社会做出了力所能及的有益贡献,还获得了建国 70 周年纪念章,这是国家对我所做贡献的肯定。但是 LDV 这门技术和产品,现在国内只有我在搞,而我年事已高,不可能再长期干下去,这门技术很可能在中国就消失了,所以深深为之忧虑。

为了改变 LDV 市场需求窄和研发资金缺的问题,我从 2015 年起开始研发小型水洞式游泳机。这是一种新型游泳健身设备,也是属于流体力学范畴,国外已比较普遍,国内尚属空白,具有占地面积小、造价低、流速可调、节水又节能、适用范围广等优点。我们采用 LDV 标定其流速和先进数字变频控制的智能化激速-游泳机样机已经研发完成,于去年 7 月安装在清华大学游泳馆投入运行,已经申请了 4 项发明和实用新型专利,具有国际先进水平。“激速”就是“激光测速”之意,我希望通过这一新产品的推广和收益的提高,为 LDV 在我国的继续发展提供机会和保障。

在长期研发工作中,我深感我国在科学仪器的研发方面与先进发达国家之间的巨大差距,这与一个大国的地位是很不相称的。就拿流体力学测量技术来说,欧美国家的学者受到 LDV 出现的启发,自 1982 年决定在葡萄牙里斯本发起组织了第一届“激光多普勒测速流体力学应用国际讨论会”起,始终坚持不懈,在技术上不断创新,在人员上长江后浪推前浪。由于其它测速新技术的出现,会议名称由“激光多普勒测速”改为“激光技术”,过几年以后,又改为“激光和成像技术”,但是它始终围绕“流体力学中的应用”这个主题。打开 2020 年第 20 届(因新冠肺炎疫情被迫取消)的会议通知和论文目录可见,组织者和顾问委员大部分都换了新人,老一代组织者退出,新一代继承者接棒,让科技发展永不停滞,吸引世界各国的研究者不断将创新成果送到会议上交流发表。

令人遗憾的是,虽然我们今天大环境已经比上世纪 80—90 年代好得多,钱多了,出国参会也方便多了,但是自主研发新测试技术的人却少了。能买到的就不做,年轻一代的教师、科研人员没有兴趣开拓新技术领域,流体力学界也没有了当年各高校和研究所自主研发新测试技术的学术气氛,而实验力学(包括流体力学)的核心就是要使用新的测试技术得到流动中更有用的实验数据。所以,至今 50 多年来流体力学的激光测量仪器还得依靠进口。这只是从一个侧面反映了我国核心科技的落后状况,其它各个学科领域大概也差不多,如电子显微镜、医用检测设备、力学试验机等等。现在大量实验室长期依靠进口仪器设备,究其原因我想主要有两条:一是科技研发体制的问题,科学测量仪器大多用于高新技术或重大课题研发需要,属于“阳春白雪”,需求量小面窄,技术难度大、要求高,而效

益无法论证,因而往往得不到国家和社会的资金支持。我坚持了 20 年激光测速仪研发生产的惨淡经营状况就是一例。其二是我国教学科研人员的专业偏见,比如,激光测速仪是为流体力学的实验服务的,但是流体力学专业人员往往不懂光机电,更不愿去研发测试仪器,如果有钱就买进口的,没钱就绕开去想别的办法,这是国内普遍的想法。

我为什么会在 LDV 领域锲而不舍,长期坚持下来,重要原因是我的本科是电机系自动化专业,工作后又改行学习流体力学,具备跨学科知识,这是一种历史的偶然,说明吸引年轻的大学生跨越专业藩篱,提高学习跨学科知识兴趣的重要性。因为使用精密科学仪器的科研人员,他不懂得制造仪器的,如果没有一种机制,去吸引跨学科的研发人员从事其它专业用的测试仪器,那么,新的仪器一定不会出现,各个专业研究人员只得延用过时的仪器做实验,科技就得不到发展。西方发达国家因为存在这个机制,所以新技术层出不穷,遍地开花,而在我国缺少这个机制,则始终只能依靠进口。南仁东精神之所以可贵就在于,作为一个天文学家,为了实现建设巨大天文望远镜的抱负,他做了大量不属于天文学家的艰苦工作,辛劳致死。因为这个项目有庞大的资金支持,他终于成功了,虽死犹荣。但是其它众多学科领域呢? 这是一个值得国人深入思考的问题。

My Participation in the Laser Doppler Velocimetry Research: An Interview with Professor Shen Xiong of Tsinghua University

LIU Niankai

(*Department of the History of Science*, *Tsinghua University*, *Beijing* 100084, *China*)

Abstract 2020 is the 60th anniversary of laser invention. Since its invention, laser has been widely used in many fields. A particular example is the use of laser Doppler effect inmeasuring the velocity of fluid, which brings new development to the field of Fluid Mechanics. Shen Xiong, a professor from the Department of Engineering Mechanics, Tsinghua University, has been engaged in the research of laser Doppler velocimetry for half a century. In this interview, he recounted his experience of studying at Tsinghua University in the 1950s, his research of supersonic wind tunnel in the 1960s. He turned to the research of laser Doppler velocimetry in the 1970s and developed the first laser Doppler velocineter in China, and has since then been devoted to laser Doppler velocimetry research. Professor Shen also talked about his experience in teaching and training, scientific research, academic exchange and product development, and shared his own views on scientific research and development.

Keywords Tsinghua University, fluid mechanics, laser Doppler velocimetry, scientific research