

清华大学工程力学研究班学习及 清华大学超声速风洞建设 ——章光华教授访谈录

刘年凯

(清华大学科学史系, 北京 100084)

摘要 近二十余年来,学界已有关于清华大学工程力学研究班(1957—1962)的若干回忆与研究。与工程力学研究班密切相关的清华大学工程力学数学系成立于 1958 年,后开展了多种风洞的建设。关于这一时期清华大学的风洞建设始末,因史料缺乏,尚未有专门研究。清华大学章光华教授 1953 年进入清华大学水利系学习,1957—1959 年就读于第一届工程力学研究班,后分配至清华大学工程力学数学系工作。建系初期,章光华主持、经历了清华大学教学低速风洞和超声速风洞的设计和建造,并在 1972—1976 年协助北京重型电机厂改造了超声速风洞。对章光华教授的访谈,增加了对工程力学研究班的认识,并较为全面地了解清华大学工程力学系在 20 世纪 60—70 年代开展的风洞建设历史。

关键词 清华大学 工程力学研究班 工程力学系 超声速风洞

中图分类号 N092:TB12

文献标识码 A **文章编号** 1673-1441(2024)03-0551-11

受访人:章光华

访谈人:刘年凯

整理人:刘年凯

访谈时间:2022 年 4 月 29 日 9:00—11:00

访谈地点:清华大学西南 13 楼章光华教授家中

1957—1962 年,中国科学院与高等教育部在清华大学合办了三届工程力学研究班,对我国工程力学的人才培养和学科发展起到了重要作用。近年来,工程力学研究班的亲历者对此多有撰文回忆^[1-8]。科学史界也已有关于工程力学研究班历史的若干研究,如

收稿日期:2023-08-03; **修回日期:**2024-04-11

作者简介:刘年凯,1987 年生,清华大学科学史系助理教授,研究方向为近现代科学仪器史、科学博物馆学。

Email:nkl@tsinghua.edu.cn。

基金项目:清华大学研究生教育教学改革项目“‘中国近现代科技史’研究生课程教材建设”(项目编号:202303J031)。

李欣欣等基于档案和口述访谈,详细阐述工程力学研究班的开办过程、学员选拔及教学组织^[9];姜玉平探讨了工程力学研究班的课程设置、教学和产生的影响^[10],并从多个方面总结了工程力学研究班对我国力学教育的贡献^[11]。

工程力学研究班的举办,推动清华大学在1958年成立工程力学数学系,开创了中华人民共和国成立初期工科院校工程力学专业建制化的先河。清华大学工程力学数学系成立后,曾把不同规格的风洞建设作为重要的教学和科研任务^[12]。可惜由于史料缺乏,这段历史还未引起科学史界的注意。

章光华,1934年出生于江西南昌,1953年从北京俄文专修学校进入清华大学水利系学习,1957年参加第一届工程力学研究班,1959年毕业后分配至清华大学工程力学数学系工作,主持、经历了教学低速风洞(102A风洞)和超声速风洞(103风洞)的设计、建造。章光华主要进行湍流研究,曾与张捷迁、陈允文合著《真实流体力学》,退休后与张维、任文敏、符松共同编译《普朗特纪念报告译文集——一部哥廷根学派的力学发展史》。

在本次访谈中,章光华介绍了他在清华大学水利系(1953—1957)及第一届工程力学研究班(1957—1959)的学习经历,回顾了清华大学工程力学数学系初期情况和教学低速风洞及超声速风洞的建设始末。文中标题和脚注系访谈者所加。

1 清华大学水利系的学习经历

刘年凯(以下简称“刘”):章老师您好,首先请您谈谈大学本科的学习经历?

章光华(以下简称“章”):1952年,我从南昌第一中学高中毕业,报考了清华、浙大等大学,高考发榜时,录取名单中未找到我的名字,几天之后才收到教育部直接发来的一个通知,选拔我去苏联留学,让我到教育部报到。报到后我被分配到北京俄文专修学校(以下简称“俄专”)的留苏预备部,在那里强化学习了将近一年俄语。

在俄专学习俄文到1953年暑期,这时多数同学准备出国,我却因为政审中的“社会关系复杂”被淘汰。所谓的“社会关系复杂”,是指家里有些亲戚在中国台湾地区或在国外定居,因而认为本人不符合出国学习条件。我被告知:可自己选择国内的大学和专业前去报到学习。

其实,在去留苏预备部学习之前,我一直想学航空专业,原因是我在读高中的时期,读过一本从俄文翻译过来的自传,书名为《雅科夫列夫的自述——一个飞机设计师的故事》。雅科夫列夫是苏联早期的一位航空专家,这本书写得很生动。读过后我特别羡慕他的工作,于是上大学就想学航空工程。但是,当我离开俄专时,教育部相关办公室的同志对我说,你可以选择原先报考的第一志愿去上清华大学,但航空系就别上了,因为清华的航空工程系下学期即将并入第二机械工业部^①所属的北京航空学院。于是我就选择了就读清华大学水利系的水能利用专业。

从1953年末到1957年初,我在水利系学习了三年半,主要是学数理基础课和专业基

^① 此处的第二机械工业部是1952年8月成立的主管兵器、坦克和航空工业的第二机械工业部,1958年并入第一机械工业部,同时,主管我国核工业建设和发展的第三机械工业部改名为第二机械工业部。

础课,听了许多老师的讲课。这段时间的学习给我打下了较为坚实的理论基础,也让我对工程科学的研究方法有了初步的了解,这令我在后来的工作中受益匪浅。后来我写过一篇文章,题目是“感怀读大学和研究班时老师的讲课风格”,最早发表于《清华校友通讯,复 60 期,2009(下)》。在这篇文章中,我归纳了大学老师讲课的两种风格。

我仅举一例来说明在大学听老师讲课后的感受。1956 年上半年我在水利系读三年级,黄万里教授为我们讲授水文学。1956 年黄老师给我们讲水文课,他除了把基本内容交代清楚外,还给我们传授了大量书本上没有的知识。听他的讲课就像听一个个有趣的故事,但有时不一定听得懂。譬如,有一次讲到统计理论的时候,他说:有统计数据表明, D1 时刻武汉长江的流量,与 D2 时刻长春的风速和 D3 时刻杭州的雨量有一定关系。当时我们听了觉得这近乎神话!武汉、长春、杭州三地相距千里,所涉及三个数据的量纲又不相同,怎么会有关系?直到 20 世纪 90 年代,我对“混沌现象”(chaos)有了些兴趣,读过有关文献后,才知道这不一定是不可可能的。我想,“混沌学”中的“蝴蝶效应”(即对初始条件的敏感性),以及“相空间大尺度结构的相干性”,也许有一天就能解释这类统计结果。“蝴蝶效应”是 1963 年美国气象学家洛伦兹(Edward Lorenz)提出的,他用一个通俗的比喻来解释这个效应说:巴西有只蝴蝶拍动一下翅膀,结果引发了美国德克萨斯州的一场风暴。国际上公认,对混沌学的系统研究是 1970 年以后才开展的,而黄万里老师给我们讲课的时间是 1956 年上半年。我很惊奇,总觉得黄老师很早就对“蝴蝶效应”有所预见。

我在水利系学习时,遇到的一个较重大事件是专业名称的变更。我这一届学生入校时,水利系学生分为两个专业,一个叫水工结构,另一个叫水能利用。在高考报名时,前者属于“土建类”,而后者属于“动力类”。在当年的高考中,报考“水能利用”特别热门,因为考生认为学“水能利用”将来是搞水力发电的。在那个年代是很吸引考生的专业,录取的考分也比同系另一个专业稍高一些。

当时,中国的高等教育基本上是全盘向苏联学习。苏联把高等教育的工科和理科分开设立不同的学校,在工科大学中专业分得很细。用现在的观点来看,这是不利于培养高质量人才的,但在那个年我们都照办了。1956 年,水利系请来一位苏联专家,名为倪基勤^①。他建议水利系不要分设“水工结构”“水能利用”两个专业,因为水力发电离不开水坝、水电站等设施的土建工程;应该把原先的两个专业合并,都称“水工结构”。按理说,倪基勤教授的这个建议是合理的,校系两级领导也就接受照办了,把原先水工结构的 5 个班和水能利用的 2 个班,合并成 7 个班,都叫水工结构。但是,这样一来原水能利用专业的有些同学就想不通了,这些同学一心想学电工一类的知识,认为水工结构专业学的都是土木建筑,于是对更改专业特有意见,经常聚在一起发牢骚,也经常向上反映意见。这件事正好赶上 1957 年初的“大鸣大放”运动,校园内到处贴满了大字报。在这种情况下,有几位同学就联名写了一篇大字报,对学校领导在学生入校多年后更改专业提出意见。大字报用章回小说的形式表达,题目叫做《专业现行记》,略带讽刺意味。没想到这篇大字报成为了水利系反右的主要问题之一。客观地说,写这篇大字报并未涉及政治问题,只是

^① 倪基勤(С. Н. Никитин),或译“倪克勤”,来自莫斯科莫洛托夫动力学院,曾在清华大学水利系讲授“水能学”。

给有关领导提了些意见,而提这些意见也是事出有因的。这件事与我本人的关系不大,因为1957年初我已被调到工程力学研究班学习去了。

2 工程力学研究班的成立和就读经历

刘:请您接着讲讲就读工程力学研究班的情况?

章:1956年初,当时国内学术界提出了“向科学进军”的口号,在钱学森、钱伟长、郭永怀、张维、杜庆华等老一辈科学家倡导下,中国科学院与清华大学合作创办了工程力学研究班^①。创办这个班的目的:第一,是要尽快为我国经济和国防事业的发展培养力学技术科学人才;第二,是为改革现有理工科教育制度起一个试点作用,力图不再像苏联那样把力学教育全都划归于综合性大学的数学系。

钱学森1955年回国后,提出了一个“技术科学”的概念。钱先生1957年6月在清华大礼堂作过一次演讲,题目就是“论技术科学”。他明确指出技术科学是介于基础科学与工程技术之间的科学,它的研究对象是各种工程领域中具有共同规律的问题。他说:“力学就是一门技术科学。”

为了尽快培养出力学方面的技术科学人才,工程力学研究班学员的来源确定为以下三部分人:第一,选拔几所工科大学的三年级学生或四年制应届毕业生,选拔条件为基础理论成绩较好,力学方面、的成绩较优异者;第二,抽调几所高等工业学校力学教研室^②的助教或讲师,条件是科学理论基础较好,担任过力学方面的教学工作。第三,选派科学院有关机构、以及重要工业部门的设计单位或技术研究单位、军委有关部门具有大学毕业程度的人员,选派条件是工科大学毕业,具有一定科学理论知识和实际工作经验。

刘:清华大学选送了多少学员?

章:清华大学为第一届工程力学班选送了12名学员,这不包括选送去当辅导教员的年轻讲师;水利系选送了3名学员:张涵信、钟奉俄和我。上海交通大学选送了10名,其他高校少于这个人数^③。

刘:力学班的教学和教师授课情况是怎么样的?

章:在力学班学习的第一年,主要是进行课堂教学和教学实验。在教学中强调技术科学中力学的训练,所有学员,不分专业,都要学习固体力学、流体力学和应用数学这几门课程,直到第二年做课题研究之前才开始分为固体和流体两个专门化。

主要课程的讲课老师都是从清华大学或科学院力学研究所请来的大师级教授。第一学期,钱伟长教授讲授《应用数学》,郭永怀教授讲授《流体力学概论》,这两门课程给我们留下了很深刻的印象。钱先生的课没有指定参考书,内容也与传统的数学课很不一样,但在我后来的教学、科研工作中越来越体会到这些内容的重要性。钱先生在讲课中教导

^① 此处需要说明:举办工程力学研究班,是《1956—1967年科学技术发展远景规划》的基础学科规划之力学学科规划提出的具体措施。中国科学院与高等教育部是这项措施的实施机构,中国科学院力学研究所与清华大学是具体的承办单位。

^② 包括理论力学、结构力学、弹性力学、水力学、流体力学、空气动力学等。

^③ 第一届工程力学班共招生127名。其余每所学校如哈尔滨工业大学、北京航空学院等,都少于10名。

我们:“搞力学研究一定要独立思考,重复别人的研究成果没有意义。”郭先生讲课的最大特点是,要注重对物理现象的观察,而不是从抽象的数学概念出发来研究流动问题。在这门课程中郭先生只讲物理概念,很少在黑板上写数学公式,更不用说作数学推导了。对于流体力学这种数学物理性质很强的课程,这似乎难以想象。

刘:当时钱学森也在力学班讲过课吧?

章:你提的这个问题很值得关注。在第一届工程力学研究班即将结束那个学期,即1958年11月至1959年1月,钱学森院士在百忙中抽出时间,为力学班流体力学专业的学员讲授“水动力学”课程,其内容包括:表面波、船舶波阻、空泡与汽蚀现象、河道与明渠中的流动、泥沙问题等等。这些内容有的在我们过去学过的水力学课程中也提到过,但其表述大多数都是经验性的近似,缺乏理论分析。而钱先生的讲课却别开生面,完全应用严格的流体力学理论来分析这些现象,为我们提供了一个如何做技术科学研究的典范。多年后,上海交通大学出版社影印出版了钱先生当年的备课笔记《水动力学讲义手稿》^①,该校的何友声^②院士和刘应中^③教授(他们两位都曾在第一届力学班当过辅导教师)为该手稿写了注释和说明。

刘:能讲讲您在力学班毕业做的课题吗?

章:我在力学班毕业前半年做的课题是风力发电设计。风力发电现在很普遍,但当时国内还不多见。我们同组一共4名同学,都是学流体力学的。辅导教师杨乍生当时是来自南京航空学院的讲师,教学经验丰富。力学班学员最后一学期做的课题,都是从工程单位了解到的实际任务,同学可选择报名参加。

由于找不到风力发电方面的参考资料,同组同学突发奇想,想到力学所去访问钱学森所长,请教他这个课题该怎么着手。我们知道钱先生很忙,不一定有时间接见我们,也就是碰碰运气吧。没想到那天很幸运,钱先生正好在在办公室开完一个小会,他立刻走出来接见我们。我们说明来意后,首先向他请教风力发电的叶轮该怎样设计。钱先生没有直接回答,他说:设计一个风力发电设备不能闭门造车,首先要搞清楚设备安装在什么地方,这个地方的风力资源、自然和人文环境如何等等,然后再来考虑机械设计的细节。他还说,风力发电叶轮的叶片设计不难,国外有公开资料可查,用不着再重新设计。他的这几句教诲,我印象深刻,始终记得。

工程力学研究班总共办了三届,培养了323名毕业学员。然而,它对我国力学技术科学发展的贡献是非常显著的:第一,为我们国家工程力学事业奠定了坚实的人才基础。力学班毕业的学员,日后绝大多数都成为我国主要研究单位和教学单位的骨干,其中不乏当选为中国科学院或中国工程院院士的人。第二,为我国教育界按钱学森院士提出的“技术科学”思想培养高层次力学人才,提供了一个示范性的模式。创办力学班之前,我国只有少数综合性大学设有数学力学系,而在办完这三届力学班之后,国内多数重点大学,如

① 《水动力学讲义手稿》,上海交通大学出版社,2007年。

② 何友声(1931—2018),浙江宁波人,1952年毕业于同济大学造船系,1957—1958年在首届工程力学研究班学习,兼任辅导教师,后在上海交通大学任教,1995年当选中国工程院院士。

③ 刘应中(1930—2012),河南许昌人,1953年毕业于大连工学院造船系,1957年参加首届工程力学研究班,兼任辅导教师,后在上海交通大学任教。

雨后春笋,先后都设立了工程力学系。第三,多方面奠定了成立清华大学工程力学系的基础,清华工程力学系在国内领先成立。

3 清华大学工程力学数学系的成立与超声速风洞建设

刘:您在清华工程力学系创办初期的经历是怎样的?

章:1958年,清华大学工程力学数学系成立,张维教授为首任系主任。全系开始设4个专业:流体力学、固体力学、计算数学和工程热物理。后来,计算数学专业调往应用数学系,因而改名为工程力学系。1965年本系又增添了一个动力学专业,全系仍有4个专业。

成立工程力学系的目的,与创建力学研究班一致,仍然是为国家的经济建设和国防事业培养技术科学人才。在清华,原先已有为核能工业培养人才的工程物理系,工程力学系成立后的第一批学生,是从工程物理系转过来的三年级学生。这使得流体力学专业的工作十分紧迫,因为学生一转过来就要上专业课和做教学实验,而清华大学除力学研究班之外,没有流体力学的教学经验和实验设备。

在编制上我是1959年初分配到力学系来的,实际上1958年下半年,我就从工程力学研究班调到力学系来工作了。同时从力学班调来的流体专业同仁还有5位:张涵信^①、张兆顺^②、蔡敏学^③、李德鲁^④、朱之墀^⑤。建系初期,我的任务很明确:负责流体力学专业所有的实验室建设工作。张涵信负责流体力学专业全部专业课程教学,短短一两年之内,他为本专业学生开出了所有的专业课,从最基本的流体力学、气体动力学、边界层理论,一直到最后的高超声速空气动力学……这很不容易,没有深厚的功底是无论如何做不到的。

我在系里做的第一项工作,是安装调试一个最简单的教学低速风洞^⑥,当时定名为102风洞。风洞的木制外壳是定制买来的,我只负责安装动力系统和调速、测量系统。我找了几位大学三年级学生当助手,他们上午上课,下午来帮我干活,那时候这叫做“教学与劳动生产相结合”。这个风洞很小(试验段截面0.8m×0.8m),技术要求也不高,因陋就简很快就完成了任务,解决了建系初期流体力学最基本的实验教学。多年后这个风洞被拆除,教研室在原系馆(旧电机馆)底层重建了一个较大、较完善的低速风洞,有人把前

① 张涵信(1936—2021),生于江苏沛县。1958年毕业于清华大学水利工程系,主要从事流体力学、计算空气动力学研究,1991年当选为中国科学院学部委员(院士)。

② 张兆顺(1935—2019),上海人,1957年毕业于上海交通大学造船系,1959年第一届工程力学研究班毕业,1982年获英国南安普敦大学应用科学院博士。

③ 蔡敏学(1934—),江苏无锡人,1953年考入北京航空学院,1957年参加第一届工程力学研究班,后在清华大学工程力学系任教。

④ 李德鲁(1933—),1956年毕业于大连工学院,后参加第一届工程力学研究班,后在清华大学工程力学系任教。

⑤ 朱之墀(1936—),浙江嘉善人,从上海交通大学转入第一届工程力学研究班,后在清华大学工程力学系任教。

⑥ 值得一提的是,当时中国科学院力学研究所和北京大学数学力学系也在合作建设风洞。1957年9月完成风洞结构设计,11月动工建造,1958年10月1日建成吹风。目前这座大型低速风洞藏于中国国家博物馆,参见 https://www.chnmuseum.cn/zt/zlcl/202104/t20210409_249637_wap.shtml。

后这两个低速风洞分别称为 102A 和 102B。我未曾参与 102B 风洞的建设。

紧接着,系里决定要建立一个超声速风洞,定名为 103 风洞,并指定我做主持人,沈熊^①负责该风洞的电器调节和测试。超声速风洞的规模和技术难度与低速风洞相比不可同日而语。

我们参与建立 103 风洞的工作,最早是从观摩实习开始的。当时沈阳 112 厂^②,正在引进苏联设计的暂冲式超声速风洞,代号为 AT-1。1959 年初,我和同一教研室的沈熊、吴翼斌^③和蔡敏学,被派往沈阳参加该风洞的安装和调试工作,目的是学习他们的经验。我们四人在沈阳待了半年多时间。

我简要介绍一下暂冲式超声速风洞:先用空气压缩机将空气压缩到容量特别大的储气罐内,气罐充满后,突然打开阀门,让空气高速进入风洞,通过风洞的收缩段和拉伐尔喷管,形成其试验段中稳定的超声速气流,这就是暂冲式超声速风洞。这类风洞的特点是,气源有限,流量特大,因而做一次试验的时间很短。以 AT-1 风洞为例,其试验段的横截面积为 600mm×600mm,试验段气流的马赫数可在 1-3 之间设定。这个风洞用了 20 个直径 8 米的球形储气罐,在充满 8 个大气压的空气后,做一次超声速试验的时间却只有几分钟。这就对风洞收缩段前室压力的稳定和试验测量数据的记录提出了较高要求。对于这些问题及其解决办法,我们都在 AT-1 风洞的调试中仔细关注,认真学习他们的经验。

1959 年秋从 112 厂返校后,我受命主持 103 超声速风洞的设计和制造。经研究决定,103 风洞本体形式上按苏联 AT-1 风洞缩小尺度设计,风洞试验段截面为 220mm×220mm,试验段最大风速可达到 3 马赫。我们成立了一个设计组,负责风洞主体设计,而风洞的自动控制和量测系统则先后由本教研室的沈熊和席葆树^④两位老师负责研发。在风洞主体设计中,第二届力学班的王秀根^⑤、吴翼斌、李永锡、高永祥等几位学员出力最多,他们做出了风洞所有零部件的设计图纸。其实,设计组的任务还不只是搞设计,在零部件设计图纸通过审查后,还要马上送出去加工。当时我们把这项任务称为“跑加工”。也就是说对于加工难度较高的零部件,要有人带着图纸到校外去寻找水平较高的工厂,委托他们加工。当时设计组内还有祖佩贞、郑永泽、于淑媛等几位实验技术员,他们尽心尽力为辅助设计和“跑加工”做了许多工作。特别是组内还有几位不久前从工程物理系转来本系流体力学专业的三年级学生,在当时强调“教育与劳动生产相结合”的形势下,他们一边学习一边参加建系工作,承担了大量附加设计、“跑加工”或“盯加工”的任务,为建立 103 风洞作出了突出贡献。

① 沈熊(1935—),上海人,1958年毕业于清华大学电机工程系工业企业电气化专业,1959—1999年在清华大学工程力学系任教,长期从事激光多普勒测速的研究与应用工作。

② 对外又称松陵机械厂。

③ 吴翼斌,江苏苏州人,从上海交通大学进入第二届工程力学研究班,1960年开始在清华大学工程力学数学系任教,后调至上海海运学院任教。

④ 席葆树(1935—2024),河南济源人。1958年毕业于清华大学动力机械系,调入工程力学系任教,1960—1962年在苏联哈尔科夫航空学院空气动力学专业攻读副博士研究生。后任清华大学工程力学系教授。

⑤ 王秀根,生于1936年,从大连工学院进入第二届工程力学研究班。曾任紫光集团常务副总裁。

在参加设计组的年轻学生中,叶宏开^①和杨桐^②的工作很值得一提。叶宏开是充当“驻厂代表”,他长时间驻留相关的加工厂家,解释图纸,确保加工的精度和进度,以使加工按计划完成。在103风洞的零部件中,对精度要求最高的是拉伐尔喷管,叶宏开改进了喷管内壁曲线的计算方法,使之能在校内精仪系的程控铣床上精准制作成功。杨桐的工作主要是去外地联系特大零件和本地难以加工零件的制作,例如,风洞的收缩段,需用大型仿形铣床加工,而这样的设备只有长春第一汽车制造厂才有,而委托这样的大厂加工单个零件是不容易做到的,但在杨桐的努力下任务终于按时完成。风洞的另一个重要零部件,是试验中改变模型相对超声速气流迎角的机构。苏联AT-1风洞的设计把这个机构搞得过于复杂:要求用特殊的铁镍合金制作,其传动机构设计得特别繁琐,而且对它用了一个故弄玄虚的名称,称之为“ α -机构”^③。杨桐几经周折,直至把申请报告送到冶金部批示,才搞到几公斤铁镍合金材料。同时,他与叶宏开一起改进了“ α -机构”的传动方式,降低了其加工难度,按预定进度顺利完成了该机构的加工。最后,他们二位都得到了校、系领导的表扬和奖励。

1960年4月底,103风洞的所有零部件都已加工完毕。设计组决定先在校内找个地方将风洞主体组装起来,一来是要看看零部件之间的连接是否有问题,二来也想以此作为“五一献礼”,敦请大力支持这个项目的校、系领导前来视察阶段性成果。组装工作在新航空馆附近一个腾空的大厅内顺利完成。当然,这远不是103风洞的建成,下面还有许多工作要做,特别是气源设置、自动控制系统和数据测量系统的研制都还有待解决。再说新航空馆附近的大厅也远不是103风洞永久设立之地,不久之后学校就决定把103风洞搬到校外的清河镇永泰庄去了。

刘:103风洞搬到清河镇后的情况怎么样?

章:原先,清华土木系在清河镇永泰庄有个制造水泥的工厂,后来停业了。那个厂的地盘很大,有宽大的厂房,有两层的宿舍小楼,有供暖用的锅炉房和小食堂,前后院都有很大的场地。1962年,学校决定将这个水泥厂旧址用于建设103超声速风洞基地。

这一年,我被调回教研室做教学工作,建设103风洞基地的工作过问得就少了。接替我负责103风洞工作的是沈天耀老师^④,他毕业于第二届力学班,特点是认真负责,干劲十足。

据我所知,决定将风洞搬到清河镇去后,首先要拆除原水泥厂的旧设备,对厂房进行土建改造,这又牵涉到许多“跑器材”和“盯加工”的工作。再就是要设置储气罐,在这个问题上,我们的做法与112厂的AT-1风洞大不相同。我前面说过,AT-1风洞的气源用了20个直径8米的球形大气罐,其中充满8个大气压的空气,这样才能保证做几分钟试验。而这么多的大气罐要占据一大片地面,充气和维护管理都较为麻烦。103风洞搬到清河

① 叶宏开(1940—),浙江慈溪人。1963年毕业于清华大学工程力学系。曾任清华大学工程力学系党委书记、清华大学纪委书记。

② 杨桐,江苏扬州人,1963年毕业于清华大学工程力学系,后在大庆油田、江油油田等任工程师。

③ α 是希腊字母,在空气动力学中通常用于表示机翼的迎角。

④ 沈天耀(1936—1992),浙江杭州人,1954—1958年先后在华东航空学院、西安航空学院、西北工业大学飞机系学习,1960年毕业于第二届工程力学研究班,后在浙江大学任教。

后,决定只用两个圆柱形储气罐,总容量不到 20 立米,但气罐充满后空气压力可达 220 大气压。使用这种超高压气罐虽然不占大片场地,但必然会增加风洞调压系统的复杂性。试想:220 大气压的空气高速流进风洞,在极短时间内要使其到达收缩段上游时的压力稳定在 2—3 大气压力,这个问题怎样解决?记得当时我曾请教过本教研室的席葆树老师,席老师是著名的近代流体力学实验高手,没想到他一口回应说:“没问题。”我相信他一定能做到,就不再多问了。

直到 1963 年下半年,103 风洞主体及其气源设备才在清河安装完毕。1964 年,风洞终于按设计要求吹出了超声速气流,由此开始就能进一步调试风洞以及研发数据自动量测系统。

然而,到此时为止,建设 103 风洞基地已花费了大量的人力和物力,按那个年代算的账,学校为此项目已拨款好几百万。清华大学在体制上不属于航空系统,因而得不到航空部门的支持,也很难想象风洞建成后是否能承担该部门的任务。在这种情况下,由于经费、人力等方面的困难,风洞调试工作进展缓慢。到 1966 年后,103 风洞的工作就完全停顿了。不过,清河那个初步建成尚未应用的基地,仍是学校的重要财产,需要有人管理维护,要派人常驻,每逢节假日教研室成员要轮流去值班。

直到 1972 年,学校有关领导认为,清河这个 103 基地已成为一个负担,既看不到它有何用处,还不断要花经费和人力去管理维护。经多方面考虑,学校领导认为,这个风洞基地还是转让给一个用得着它的单位为好。最后决定:无偿转让给北京重型电机厂(以下简称“北重厂”)。该厂长期与清华有协作关系,厂设计科人士认为,测试新研发燃气轮机叶片的性能,需要用风洞做跨声速叶栅试验。因而厂方愿意接受转让清河 103 基地,但有一个附加条件,即要清华派出三名技术人员,与该厂员工一道,将现有的 103 超声速风洞改建为跨声速叶栅风洞。清华同意他们提出的条件,派去的三人是王秀根、马远乐^①和我。我们三人都很乐意去做这项工作,因为当时清华校内混乱不堪,远不如在清河为工厂干点实事。

这一次是清河基地的第二次改建,第一次是把水泥厂改建为 103 风洞,而这一次是把刚刚建好尚未使用的 103 风洞改建为跨声速叶栅风洞。令人满意的是:这一次改建比上一次轻松多了,因为北重厂派了一整套精干人员到清河来做这项工作,全面负责的是厂里的一位科长,还有两位参加设计工作的技术员,以及几位钳工、焊工老师傅(级别最高的为七级工),应北重厂指定,我仍主持改建后叶栅风洞的设计工作。另外,厂里的资金、器材、以及加工后援都比学校充分。不像过去改建水泥厂那样,要为“跑器材”“跑加工”,疲于奔命。

风洞的改建工作整整做了三年,至 1976 年,总算完成了跨声速叶栅风洞的加工、安装和调试。其后不久,北重厂的设计人员就提出了新产品叶栅试验方案,在改建后的风洞上做了一系列试验。

1976 年下半年,我们去清河参与改建工作的三人回到了学校。当我收到北重厂同仁寄来的叶栅试验报告书和照片时,感到异常欣慰,心想反反复复这么多年,总算参与完成

^① 马远乐(1946—),1970 年本科毕业于清华大学,后在清华大学核能与新能源技术研究院工作。

了一项有意义的工作。

我真没想到,清河风洞实验室的变故至此还远未结束。1980年前后,我系分管对外联络的张秀珍老师告诉我:北重厂已决定彻底拆除前几年建好的清河叶栅风洞。理由是:工厂不是研究机构,没有多少新开发的燃气轮机叶片要做叶栅试验,更没有必要在厂外维持这样一个实验基地。厂家的做法比学校干脆,一道指令下来清河的叶栅风洞就化为了一堆废铁。其后不久,永泰庄这个旧厂址变成了一片漂亮的住宅区。

从1960到1980年,103风洞的建造和改建历经了将近20年,花费了国家大量的人力和财力。除了有6年处于停工状态外,风洞建设参与者辛勤劳动了将近14年,我本人先后有6年时间全时为这个项目工作。然而,先后建成的两个风洞都没有发挥应有的作用,最后都被一拆了之,这不能不说是建设参与者最大的遗憾。究其原因:一是体制问题,清华或北重厂都不是当时航空领域内的单位,立项决策者亦未能调研清楚项目未来应用的需求。二是“文革”的影响,中断了103风洞的进一步发展,不能尽可能发挥其应用价值。

这是我们个人无法改变的历史进程。

致谢 章光华教授对本文初稿做了细致修改,在此深表谢忱!感谢匿名评审专家提出的宝贵建议!

参 考 文 献

- 1 张维,杜庆华,余寿文等.钱学森技术科学思想指导清华大学工程力学研究班的创建[A].中国科学技术协会,中国科学院,中国工程院,国防科工委.钱学森科学贡献暨学术思想研讨会论文集[C].北京:中国科学技术出版社,2001.6.
- 2 郑哲敏.回忆力学研究班[A].赵炳时,胡绍学主编.清华大学工程力学系成立暨工程力学研究班创办五十周年庆贺文集(1958—2008)[C].北京:中国建筑工业出版社,2008.56—57.
- 3 何友声.昔日的追忆[A].赵炳时,胡绍学主编.清华大学工程力学系成立暨工程力学研究班创办五十周年庆贺文集(1958—2008)[C].北京:中国建筑工业出版社,2008.73—74.
- 4 周承侗.清华大学工程力学研究班的回忆[A].赵炳时,胡绍学主编.清华大学工程力学系成立暨工程力学研究班创办五十周年庆贺文集(1958—2008)[C].北京:中国建筑工业出版社,2008.106—108.
- 5 郑兆昌.纪念钱学森技术科学思想实践的体会从工程力学研究班到探空火箭上天[A].中国振动工程学会振动与噪声控制专业委员会,中国电子学会电子测量与仪器分会.现代振动与噪声技术(第九卷)[C].北京:航空工业出版社,2011.20.
- 6 余寿文.清华大学工程力学研究班的历史回顾与思考[J].力学与实践,2011,33(6):97—100.
- 7 张涵信.力学研究班的一些回忆[A].清华大学航天航空学院编辑组.固本求源创新,顶天立地树人——清华大学工程力学系发展历程[C].北京:清华大学出版社,2011.66—67.
- 8 章光华.感怀读大学和研究班时老师的讲课风格[A].清华大学航天航空学院编辑组.固本求源创新,顶天立地树人——清华大学工程力学系发展历程[C].北京:清华大学出版社,2011:190—192.
- 9 李欣欣,白欣.清华大学工程力学研究班(1957—1962年)简述[J].中国科技史杂志,2012,33(3):331—354,254.
- 10 姜玉平.钱学森与技术科学[M].上海:上海人民出版社,2015.166—180.
- 11 姜玉平.清华大学工程力学研究班对我国力学教育的贡献[J].工程研究-跨学科视野中的工程,2017,9(4):408—416.
- 12 刘年凯.我经历的激光测速研究——清华大学沈熊教授访谈录[J].中国科技史杂志,2020,41(2):241—250.

Studying in the Research Class of Engineering Mechanics and Constructing a Supersonic Wind Tunnel in Tsinghua University: An Interview with Prof. Zhang Guanghua

LIU Niankai

(*Tsinghua University, Beijing 100084, China*)

Abstract In the past 20 years, there have been several recollections and studies of the Research Class of Engineering Mechanics in Tsinghua University (1957—1962). The Department of Engineering Mechanics of Tsinghua University, founded in 1958, was closely related to the research class and had carried out the construction of a variety of wind tunnels. Due to a lack of primary sources, there is no special research on the construction of wind tunnels in Tsinghua University of this period. Professor Zhang Guanghua enrolled in the Department of Hydraulic Engineering in 1953, studied in the first Research Class of Engineering Mechanics from 1957 to 1959, and joined the Department of Engineering Mechanics and Mathematics of Tsinghua University after graduation in 1959. In the early years of the department, Zhang oversaw and participated in the design and construction of the low-speed wind tunnel and supersonic wind tunnel and assisted the Beijing Heavy Electric Machinery Factory to reconstruct the supersonic wind tunnel into a transonic cascade wind tunnel from 1972 to 1976. The interview with Professor Zhang Guanghua could increase our knowledge of the Research Class of Engineering Mechanics and provide a more comprehensive understanding of the history of wind tunnel construction carried out by the Department of Engineering Mechanics at Tsinghua University in the 1960s and 1970s.

Keywords Tsinghua University, research class of engineering mechanics, department of engineering mechanics, supersonic wind tunnel