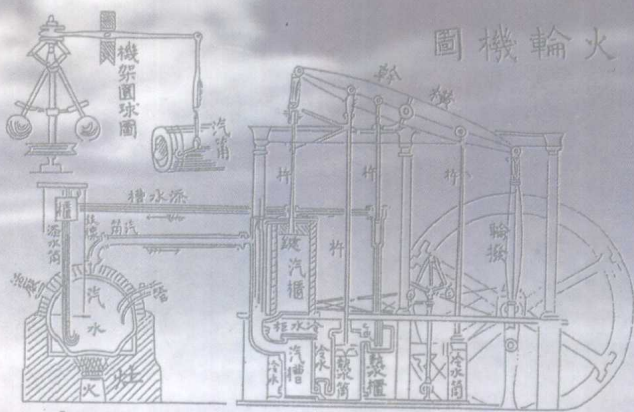




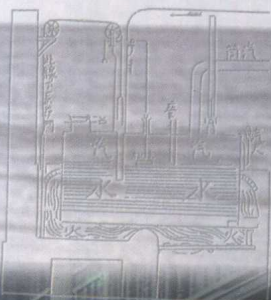
汪广仁 徐振亚 著

海国撷珠的徐寿父子

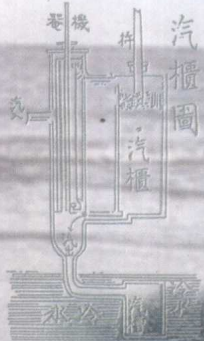
火輪機圖



汽缸各機圖

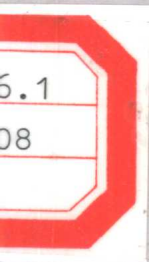


汽櫃圖



王渝生 主编

◎ 西学东传人物丛书



科学出版社

西学东传人物丛书

海国撷珠的徐寿父子

汪广仁 徐振亚 著

科学出版社

2000

内 容 简 介

明末清初及清末,曾出现两次西方科学传入中国的浪潮,《西学东传人物丛书》记载了为此做出卓越贡献的一些中外学者。本书是其中之一。

生活于清末的徐寿及其子徐建寅是中国近代杰出的化学家、兵工学家和教育家。本书全面介绍他们在引进和传播西方近代科技,促进我国科技、工业和教育发展所做出的多方面贡献,以生动具体的事例,表现他们的治学态度、科学方法、教育思想和爱国主义精神,适于有中学或中学以上文化的读者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

海国撷珠的徐寿父子/汪广仁,徐振亚著.-北京:
科学出版社,2000.5

(西学东传人物丛书)

ISBN 7-03-008057-2

I. 海… I. ②汪…②徐… II. ①徐寿-传记②徐建寅-伟记
N. K826.1

中国版本图书馆CIP数据核字(1999)第66663号

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

新蕾印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2000年5月第一版 开本:850×1168 1/32

2000年5月第一次印刷 印张:4½

印数:1—5 000 字数:109 000

定价:9.00元

如有印装质量问题,我社负责调换〈杨中〉

总 序

季美林

多少年来，我逐渐形成了一种看法或者主张。我认为，文化交流是推动人类社会的发展，促进人类科技文化增长，加强人民与人民间、政府与政府间相互理解，增添感情的重要手段之一。这决不是我个人的凭空臆想，而是有历史事实为根据的，我的主张是能站得住的。

我们中华民族是伟大的民族，几千年来我们的发明创造，传出了中国，传遍了世界。其中四大发明更是辉煌无限，尽人皆知。我们甚至可以说，如果没有中国的四大发明，人类文化发展的进程将会推迟的。至于那一些比较小的发明创造，更是难以数计。英国学者李约瑟关于中国科技史的名著，是许多人都熟悉的。我在这里不再重述。我只举一本大家也许还不太知道的书籍，说明同一个问题，这就是伊朗裔的法国学者阿里·玛扎海里的《丝绸之路》，其中讲了许多中国的发明创造，虽不像四大发明那样辉煌，但意义并未减少。这一些看起来极其微末琐细的发明创造，对人类文化的发展，对人类生活的方便，同样做出了重大的贡献，且莫等闲视之。

上面说的是中华民族送出去的东西。在过去两千多年中，我们也同样拿来了很多很多的有用的东西。现在从最大的宏观上来看，在中国历史上外来文化大规模的传入共有两次：一次是汉代起印度佛教的传入，一次就是从四百年前起西方天主教，后来又加上了基督教的传入。两次传入，从表面上来看，都是宗教的传入；但从本质上来看，实际上传入的是文化，是哲学，是艺术，是技术等等。没有这两次的传入，我们今天的科技和文化的发展决

不会是现在这个样子。这是一件事实，没有争辩的余地。

佛教在这里先不谈，这不是我要谈的题目，我只谈天主教和基督教。虽然西方信仰耶稣的宗教在中国唐代已经以景教的名义传入中国，但是影响不大。真正有影响的是明末清初天主教的传入。晋代佛教高僧道安对弟子们说过两句话：“不依国主，则法事难立。”这两句话是从经验中得来的，完全符合实际情况。佛教如此，天主教亦何独不然。天主教所依的最初不是国主，而是大臣和艺术家学者，前者可以徐光启为代表，后者的代表当首推大画家吴历。到了清代康熙皇帝统治时期，这一位大皇帝并不一定为天主教义所动，然而他的目光犀利，看到了西方科技的重大意义，亲自学习西方的几何学。皇帝的榜样有力量，清代颇出了几个大数学家。到了20世纪，西方文化猛烈冲击“东方睡狮”，如暴风骤雨，惊涛骇浪，中国人民接受了这个挑战，在短短100年的时间内，从一个殖民地半殖民地国家，达到了今天的社会主义社会的初级阶段，其进步之速超过了过去的1000年。

由于种种人所共知的原因，今天的中国青年，有的产生了信仰危机，思想浮躁不安，对世间事有些茫然。有识之士憬然忧之，大家一致提出来要提高人民的，特别是青年的人文素质教育和伦理道德教育。我个人认为，这种想法是完全正确的，有远见卓识的，是“及时雨”。

但是，要做好这一件工作却并不容易。为之之法，其道多端。首先要对青年进行爱国主义教育，让他们知道，中华民族对世界做出过重大的贡献，今后还将做出更重大的贡献，作为一个中国人是很值得骄傲的。一个人只能有一次生命，必须实现人生的价值，才对得起这仅有的一次生命。麦当劳，肯德基，可口可乐加雪碧；比萨饼，加州面，卡拉OK，美容院，这样的生活，虽然也能增加一些人生乐趣，但是，天天这样，就毫无意义。我希望，我们中国人，特别是青年人，要认识到自己对国家和后世子孙的义务。我们都是人类进化无尽长河中的一段，承前启后；是跑接力赛中的一棒，我们这一棒跑不好，则对全局产生恶劣影响。这就

是爱国主义。但是，同时我们又必须认识到，我们对世界也负有义务，这就是国际主义。真正的爱国主义与国际主义不但没有矛盾，而且是相辅相成，互相依存的。我个人认为，人类前途还是光明的。能否真正光明，就决定于各国人民能否做到爱国主义与国际主义相结合。

怎样才能让中国青年认识到这一点呢？办法多种多样。其中之一就是让他们认识到，一个人、一个民族、一个国家，都不能离开别的人、别的国家、别的民族而完全独立生存。人类都是要互相帮助，互相依存。而文化交流尚矣，就连我在上面说的麦当劳、肯德基等等也是文化交流的结果。

我们目前当务之急就是对青年进行文化交流的教育。世界上文化极多，而大别之无非东西两大文化体系，讲文化交流首先就是要讲东方文化和西方文化的交流。我从前主编过一套《东学西渐丛书》，是讲东学，主要是中国文化向西传布的历史事实的。现在王渝生研究员又主编了这一套《西学东传人物丛书》，两书正好互补。王先生这一部书以人物为主体，讲来更加生动有趣。我相信，它一定会受到青年学子的欢迎，故乐而为之序。

2000.1.16



徐寿(雪村)像

知者创物,巧者述之,述者之巧,或过于师。
卓哉徐君,实事求是,服膺西学,深会其旨;
辨别性质,研精覃思,技也进道,格物致知。
古貌古心,行年六秩,铁中铮铮,呼之欲出;
此二文殊,化百东坡,海印发光,是一非它。

雪村先生六旬像赞
甬山弟张文虎拜题



徐建寅(仲虎)像

穷析物理,其道用墨;
出入西海,探奇月窟;
撰述云翔,运以清节;
跃入洪炉,糜躯报国。

仲虎先生像赞
杨模拜题

目 录

总序

勇开风气之先的年轻人	(1)
中国第一艘轮船的建造	(11)
近代工业发展的探路者	(21)
创建中国最大的翻译馆	(34)
中国近代化学的先驱	(50)
开创科技教育的先声	(66)
自行设计建厂的范例	(84)
考察西方的技术专家	(94)
独一无二的家庭实验室	(109)
鞠躬尽瘁功在国计民生	(119)
丛书后记	(131)

勇开风气之先的年轻人

慧山奇而古，慧泉清且甘，
灵秀所钟毓，生才自不凡。
先生生而慧，经史穷讨探，
究心格致理，径与西学参。

.....

这首徐寿友人张佳梅的赠诗，表达了人们对徐寿这位非凡的科学巨匠，对徐寿故乡山泉的深情赞颂。

钟灵毓秀的江苏无锡，北濒长江，南抱太湖，锡惠山挺秀西陲，大运河纵贯全境。正是这座风景秀丽、物产丰富、交通便捷、人文荟萃的历史名城，哺育了徐寿父子这样的一代科技精英。

徐寿，字生元，号雪村，清嘉庆二十三年正月二十二日（1818年2月26日）生于无锡钱桥镇社冈里（今无锡市山北乡会西村）。他有三个儿子。长子大吕，又名建丑，字伯符、和卿，道光十四年十二月二十日（1835年1月18日）生，咸丰十年（1860）太平军进占无锡时，被乱军伤臂致残，一直留在乡下守业。次子建寅，字仲虎，道光二十五年正月二十九日（1845年3月7日）生。三子华封，字祝三，咸丰八年四月二十二日（1858年6月3日）生。建寅、华封青少年时，即随父离乡，他们在父亲科技活动的熏陶和哺育下成长，又成为父亲科技活动的有力臂助。在晚清中国社会正处在急剧变化的历史时期，徐寿、徐建寅、徐华封父子，独开风气之先，他们学习和引进西方先进的科学技术，成为中国近代科学技术的启蒙者和先驱者。

在徐寿的青少年时代，临近无锡的上海口岸已有了很大的发展，海上贸易与转口贸易的繁荣，加速了上海作为长江下游重要通商城市的形成。对外贸易不仅带来了国外的商品，也带来了西方

的文化与习俗。它的影响不可避免地向苏州、无锡、常州地区辐射,因而这一地区也就比内地城市更早地从封闭状态挣脱出来。

徐寿的“不凡”,恰在于他从小就有一种对广阔天地的向往和对新事物的强烈追求。他出生的钱桥社冈里,今天已几乎和市区连成一片,可在清朝嘉庆年间,那里还是个远离县城的小村庄。徐寿在村里读书时,曾是个有名的“赖学精”。他的“赖学”,并不是因为贪玩厌读,而是有他自己的想法。但村里左邻右舍对这个聪明伶俐却“不用功”的孩子的议论,不免时时传到徐寿母亲宋氏的耳中。伤心的母亲终于在有一次发现徐寿逃学时,拿起织布机上的竹段,要打他的屁股。却不料徐寿竟不服气,反而抱怨村里的私塾不好,他宁愿多走两里路去钱桥镇上学。村里先生教得不好,这是大家都知道的,谁愿意到这清苦的乡下来教书呢!听到孩子的哭诉,妈妈也手软了。

徐寿的父亲很早去世,家计全靠母亲宋氏支撑。一门孤寡,鲜有男丁,除了年老多病、长在床褥的祖母,就是待嫁的姐姐和年幼的妹妹。薄田数亩,央人代耕,收入微薄,母亲不得不在整日辛劳之余,在晚间挑灯纺织,以贴补家用。这样艰难的家景,要供孩子到钱桥镇上学,谈何容易。但母亲实在难以拒绝孩子那期盼的目光,同时她也为徐寿以七八岁的年纪,竟能为了学得更好,主动提出独自到离家很远的地方去就读的胆识而感到高兴。经过再三考虑,宋氏还是咬紧牙关,凑足了学费,并在儿子衣袋里塞了一包状元糕,带他去钱桥乡塾拜师。

一进了镇上的学堂,徐寿果然像换了个人一样。他奋发勤学,很快成为学伴中的佼佼者。在这里,他打下了扎实的文史功底,培养了独立钻研和思考的能力,奠定了日后自学深造的良好基础。

起初,徐寿也和当时一般知识分子一样,研习过科举考试的艺业。但他很快就厌倦了那些内容空洞、形式僵化、脱离实际、毫无实用价值的八股时艺。他虽然参加过童子试,这是取得生员(秀才)资格的入学考试,但他并没有把它作为一种追求,作为日后进入仕途的起点,相反地他却最终摒弃了靠八股文章求取功名的道

路。

挣脱了科考入仕的牢笼,使他可以在知识的海洋中无拘束地遨游。他如饥似渴地阅读各种优秀的典籍,吮吸那珍贵的文化乳汁。他研读经史,涉猎诸子百家,尤其沉迷于各种实用知识。他心系华夏广袤的大地,在研习《禹贡》、《毛诗》时,他细致地摘录了书中记述的山川、物产、田土,列成表格,使这些资料一目了然;在阅读《春秋》、《汉书》、《水经注》时,他对照有关舆图资料,用朱笔标注地域、地物、水道及其变迁,绘制成春秋、两汉的历史地图。指点神州壮丽的山河,面对当时一天天衰败下去的国势,强烈地激发了他奋发图强的豪情。

注重实用的治学思想,不仅吸引徐寿深入于书籍的宝库,也引导他踏进了工艺的园地。他对各种工具、农具、日用器皿,乃至工艺品等,都产生了浓厚的兴趣。他尝试探索把从书本上得到的数学、工艺制造等理论知识,同铁工、木工、泥工、纺织、缫丝等的传统技艺与实践经验结合起来,走出一条新的发展工艺技术的道路。在这一实践中,不仅培育了他睿智的头脑,提高了分析问题、解决问题的能力,而且锻炼了他灵巧的双手,增进了高超的动手能力。在他的身上,已开始体现出一种理论与实践相结合,既能动脑、又能动手的新型知识分子的风貌。

道光十五年(1835),徐寿18岁时,母亲宋氏因积劳成疾,不幸去世。这时徐寿业已成家,而且有了一个一岁的男孩建丑,一家六口的生活重担,一下子落在了他的身上。为了生计,他不得不放弃学业,离开家乡的村镇,来到无锡县城,开拓新的生涯。他的高超的制作技能,使他在这里找到了用武之地。无论是生产和生活的用具、器械,还是工艺品的制作修理,他都游刃有余;他解决工艺技术上繁难问题的能力,一般匠人已难以望其项背。在短短几年中,他已满城闻名。不用他走街串巷,也不用去庙市设摊,自有顾客找上门来,可谓生意兴隆,门庭若市,有时他简直有点应接不暇了。

在为家人生计奔忙的同时,徐寿没有忘记进一步充实自己,拓宽和增长自己的知识与能力。他渴望再走出县城,特别是去到他

早已向往的上海滩,去见识见识那些从西洋来的新奇的東西。随着生活逐渐安定下来,他感到有可能补偿自己的夙愿了。

道光二十五年(1845),徐寿第一次来到上海,时年28岁。他漫步于老北门、城隍庙、大东门、十六铺一带,走进一家家木器店、铁匠铺、杂品店……,然而看到的多数器物 and 商品却没有什么新奇之处,不过有些工匠使用的洋扳手、螺丝刀、螺钉、螺母等倒引起了他的兴趣。他又打听到在黄浦滩还有洋人开设的使用机器的工厂,便设法前往参观。在那里,他开始接触到了具有近代工艺特征的设备和技術,各种加工机械,车、刨、磨、镗、铸、锻、压、焊、打磨、涂漆等等,不论是机器、工具和操作方式,都给了他强烈的吸引力,他敏锐地感觉到了这些工艺技术的吸收和借鉴价值。上海之行进一步开阔了徐寿的眼界和思路,也促进了他学习和研究西方科学技术的愿望和决心。

回到无锡后,又发生了一件对徐寿日后很有影响的事,这就是他与荡口名士华翼纶和他的儿子华蘅芳、华世芳的结识。这事的缘由还要从徐寿广泛的爱好和多方面的才能说起。徐寿不仅饱学多识,而且文笔流畅、工书善画、熟通音律、谙习医道。他对律吕有特殊的爱好,还有很高明的制作乐器的技能。一段青桐、数尺翠竹,在他手里,就可以制成优良的弹拨和吹管乐器。他给自己的长子建丑起名大吕,就是寄托了他对乐律的喜爱和深情。正是这一爱好和才能,使他结识了华翼纶父子,得到了华蘅芳这位切磋西学格致即西方科学技术的益友和日后从事技术创造的优秀合作者。

那是在咸丰二年(1852),华翼纶(1812~1887,字赞卿,号笛秋)离任从粤西回到故乡无锡荡口镇。他从友人口中,听说县城出了一个心灵手巧的青年,能仿制古乐器,而且造出的乐器质量很高,很合乐律。这引起了他的注意和兴趣,便决定登门造访,会一会这个年轻人。

在一间门面不大的店坊里,墙上挂着笙、箫、琴、瑟,货架上摆放着各式各样的工具、器物,一个衣着朴素的青年正在聚精会神地调试着一张好像刚刚做好的七弦琴。华翼纶一走到店前,年轻人

很快抬起头来,向他报以欢迎的微笑。华翼纶立刻感受到年轻人那双清澈、深邃的眼神所透出的智慧和坦诚,他那略显瘦削的棱角分明的面容显示的率直和坚毅。交谈之下,知道他是来自钱桥乡下的徐寿,并很快为他质朴的谈吐,渊博的学识和不凡的见解所吸引。彼此一见如故,都为能相互结识而感到高兴。从此两人不断往还,友谊与日俱增。

在华家,徐寿又结识了华翼纶的长子华蘅芳(1833~1902)和次子华世芳(1854~1905)。华蘅芳,字畹香,号若汀,他虽比徐寿年轻15岁,但是,对科学技术共同的志趣和爱好,缩小了他们年龄的差距。他们常常在一起交流学习和研究的心得,探讨遇到的疑难和问题,有时同窗共话,有时挑灯夜谈,有时书信往还,常常废寝忘食,甚至通宵达旦,彻夜不眠。

在这一时期,徐寿开始接触到了一些西方科学技术书籍。当时,英国伦敦布道会传教士麦都思(W. H. Medhurst, 1796~1857)在上海创办了一家墨海书馆,在一些西方传教士和中国学者如著名数学家李善兰(1811~1882)等的合作下,翻译出版了一些科学技术书籍,内容包括数学、天文、物理、生物、医学等。徐寿和华蘅芳曾多次走访这家书馆,结识了在该馆工作和在上海的一批学者,如李善兰、王韬(1828~1897)、管小异、吴嘉善等,购买了一批西方科技译著。这些书籍以及和李善兰、王韬等对西方科技知识有所了解的友人们的交流,把徐寿和华蘅芳带进了一个新的天地。他们潜心学习和研究,努力吸取那些过去很少或从未接触过的知识。但他们也不盲从和迷信,还尽量设法找到或制作一些科学仪器,通过自己的亲手实验,来证明书中介绍的一些自然现象和规律。

徐寿是一位注重实事实证的学者,他的座右铭是:“毋谈无稽之言,毋谈不经之语,毋谈星命风水,毋谈巫觋谶纬。”他从不相信那些得不到实践验证的荒唐无稽的邪说,因此,在治学上他始终采取严谨求实的态度。他有很强的动手能力,他总是力求通过科学实验,检验所学知识,并穷源竟委,探索自然的奥秘。

他曾经和华蘅芳通过书信讨论过三棱镜的分光原理,讨论过

温度计的制作。从现存于南京博物院和上海历史博物馆中的徐寿写给华蘅芳的三封信的手迹中,多少可以看到他们讨论的一些内容。从信中可以看出,徐寿对光的折射现象已经有了正确的认识和理解,但他是一位严谨的科学工作者,他觉得“无器可考,终为空谈”,所以他“姑存其说”,要等拿到三棱镜后,通过观察实验光线通过三棱镜时的折射情况,才能最后确定自己的看法。

同时,他对于白色的日光通过棱镜可分解为七彩的原理,也想通过直接观察来证实这个奇妙的现象。可是,当时却很难买到三棱的玻璃,能找到的玻璃板又没有足够的厚度。他苦苦思索如何找到类似的物品。想来想去,他突然想到了水晶印章,这不是很好的代用品吗?他立刻找来印章进行磨制,一个水晶的三棱镜很快就制成了,拿到日光下一试,果然在镜下呈现了一道红、橙、黄、绿、蓝、靛、紫的七色彩带。通过自制三棱镜的实验,他不仅验证了光的色散原理,也检验了他对光的折射的认识。

当他从书上看到枪弹的飞行轨迹呈抛物线时,就想到仰攻和俯击的弹道是否都是这样?于是他就设置了不同距离的多个靶位,用不同仰角的射击来进行测试。每一种仰角射出的子弹,在击中靶子时,不同距离的靶上的弹着点是不同的。把这些点用弧线连接起来,就可以近似地得到在一定仰角下射出的枪弹的飞行轨迹。这样,不同俯仰角度射出的枪弹,是否都呈抛物线飞行,就可以得到明确的答案了。

一次,徐寿给华蘅芳的弟弟华世芳表演了一套“纸人跳舞”的魔术。他用纸剪了一个小人,然后手执一根细长的玻璃筒,用它指向纸人。奇怪的是,纸人竟随着玻璃筒的指挥,跳跃翻腾,活灵活现地跳起舞来。看得年幼的华世芳目瞪口呆,莫明其妙,大家哈哈大笑。这个简单的静电实验,深深印在了华世芳的脑海里,后来还把它写在了回忆徐寿的文章中。

徐寿不仅学会了用实验验证科学知识,而且还努力钻研,借鉴、掌握和吸收西方的工艺技术。当时西方一些国家的货币,如西班牙、荷兰、墨西哥等国的银元,早已在中国流通。这些外国货币,

中国人称之为番银或洋钱,它可以和国内通用的银两、制钱按一定的比价相交换。其中墨西哥银元尤其引起了徐寿的浓厚兴趣。不过他关注的并不是它在市面上的价值和比价的升降,而是它闪亮的外观、精致的图案刻纹。他决定研究这一高水平的金属压铸工艺。

他发挥自己多年积累的在金属加工、工具和仪器制造等方面的经验和特长,借鉴在上海观察到的洋厂中的模压设备和技术,用钢板精心雕刻了一副银元压模。然后把银子校准分两,熔铸成圆饼,放在模中,用高楼上悬挂的石锤的下落力量进行冲压。结果一击而成,在银饼上轧出了精美的墨西哥银元图案。但是,正反两面的花纹虽然轧成,可侧面的边花却总是达不到理想的精度。他反复琢磨,不断修改轧槽,一次次地进行试验,终于攻克了花边压制的难关。他制造的银元,和原币比较,简直难以分辨。可能由于它更加光亮精美,在市场上使用,人们还以为是国外铸造的新版。后来,英国传教士韦廉臣(A. Williamson, 1829~1890)回国时,曾特意从徐寿那里换了几十枚他仿制的墨西哥银元,送到伦敦博物院中收藏。这件事在华世芳的回忆文章和王韬的日记中及其他文献中都有记载。华世芳的记述最为详细,提供了最完整的徐寿加工制作墨西哥银元的文字资料。华世芳还说:“先生(指徐寿)少好攻金之事,手制器械甚多。”王韬写道:“若汀言:锡山徐雪村巧慧绝伦,所制新奇之物,可与泰西人相埒。善铸吕宋银钱,混入真者,几不能辨。”这里,王韬是转述华蘅芳的话,可能把洋钱的名称记错了。但它也肯定了徐寿铸造银钱的事,并表明徐铸银元的精度是很高的。至于华世芳所说的徐寿早年手制的器械,王韬说的徐制新奇之物,见诸记载的有自鸣钟表、指南针、象限仪等,可惜迄今为止,我们还没有找到这些器物,包括徐制银元的原件,无法直接领略到徐寿的高超的制作技艺。

1881年3月10日,英国著名科学杂志《自然》(Nature)上刊登了一篇文章,题目是《声学在中国》(Acoustics in China)。文章介绍了中国科学家徐寿的一项出色的研究成果。徐寿用他的实验向英

国著名物理学家丁铎尔(John Tyndall, 1820~1893, 当时译名为田大里)提出了质疑。他说:

据中国古代乐书记载,乐弦或乐管的长度减短一半时,可产生高八度的音或高十二个半音程,而长度加倍时,则产生低八度或低十二个半音程的音。

在明朝的郑载堦(yù, 即朱载堦, 因曾被封为郑王, 故又称郑载堦)的著作却说,此规律只适用于弦乐,而对诸如长笛或哨笛(六孔短笛)这类开口的乐管则不适用。

若干年前,我曾设法考查这种差别的原因及其精确数据。一支开口的铜管,9英寸长,用上唇抵住管的一端,通过吹奏口吹之,便产生某一个音调。如截掉一半,再吹余下的4.5英寸铜管,则不能发出高八度的音。但是,如果再截掉半英寸,留下4英寸长的管,高八度的音就能准确地发出来。我取不同长度、不同直径的乐管作试验,结果相同。也就是说4:9管长比总能发出准确性所差甚微的高八度或低八度的音。我看到一支西洋键孔竖笛,我注意到它发出高低八度音的原理亦是按上述比例。可是,我不明白,开口的乐管为何不遵循弦乐或有底管同一规律。

当我读到丁铎尔教授《声学》的译文时,我惊奇地发现,古老的中国概念竟丝毫不差地仍然运用在那里。该书(第214页)说:有底管、无底管发出声音的吹奏震动数,在一定时间内,皆与管之长度成反比。根据这一条,就是说,由于在一定时间内,任何八度音阶必是吹奏震动数的两倍,因此开口管必须准确的截去一半才发出高八度音。而这一点,恰恰被我的实验证明是错的。

我担心误解了这位英国教授的原意,因此希望他对此给予函复,以谋解决我的疑惑。

徐寿用9英寸长的开口铜管进行实验(1英寸=0.0254米),他发现将管长截去一半,并不能得到与原管相差八度的音,但如果