

文章编号: 1000-8934(2020)07-0096-06

钱令希的桥梁研究与实践

王细荣

(上海理工大学 图书馆, 上海 200093)

摘要: 钱令希是中国科学院1955年首批学部委员(院士), 当代著名的工程力学家、教育家。文章从早期的铁路桥梁设计与悬索桥研究, 解决武汉长江大桥设计的技术问题, 南京长江大桥“桥式方案”的研究与设计, 大连新港栈桥的设计、制造与吊装等四个方面分析钱令希的桥梁研究与实践, 指出他晚年出席一些重大桥梁工程可行性论证会议, 是以另一种方式续写他的桥梁情缘。

关键词: 钱令希; 武汉长江大桥; 南京长江大桥; 大连新港栈桥

中图分类号: U448 **文献标识码:** A

钱令希(1916—2009)是当代著名的工程力学家、教育家。1936年7月, 钱令希毕业于中法国立工学院土木工程系, 10月入比利时布鲁塞尔自由大学攻读五年制的土木系大学四、五年级课程, 1938年夏获该校“最优秀工程师”学位, 同年秋回国到达云南昆明, 入职刚刚成立的叙昆铁路工程局, 从“试用”做起, 不久转为该局工务课桥梁股工务员, 从此踏上桥梁研究与实践的道路, 在后来我国武汉长江大桥、南京长江大桥、大连新港栈桥等重大桥梁工程论证与建设实践中, 洒下了智慧的汗水。

一、早期的铁路桥梁设计与悬索桥研究

1938年10月—1941年1月, 钱令希在叙昆铁路工程局工务课桥梁股工作两年多, 除短期在沿线勘测桥梁、涵洞外, 大部分时间在昆明东郊小石坝的局机关所在地做设计工作。1939年起, 工务课课长是爱才育才、知人善任的留美铁路桥梁工程专家汪菊潜(1906—1975)。工务课下设桥梁股、设计股、工事股三股, 股主任均由正工程司(沿用旧称, 即工程师, 下同)担任。当时, 桥梁股人才济济, 股主任是留美专攻铁路桥梁、抗战前曾任津浦铁路局工务处处长多年的顾懋勋(1896—1975)。毕业于交通部唐山大学(现西南交通大学)、曾在美国实习铁路桥梁设计的

副工程司严铁生(1902—1983)负责大中型钢结构桥梁的设计、审核工作; 毕业于交通部唐山大学, 抗战前曾在津浦铁路工务处、交通部路政司工作的副工程司罗驯(1906—1982)负责大中小型桥梁的设计、审核。与钱令希同为工程司的有获美国康奈尔大学博士学位、曾在纽约一家大公司任桥梁工程设计员的刘恢先(1912—1992)等。^[1]在这段时间, 钱令希与这些富有铁路建设实践经验、办事认真、勤学肯干的技术人员共事, 业务进步很大, 收获颇丰。^{[2]581}

1941年2月, 钱令希调任川滇铁路公司设计股, 任副工程司。1942年6月, 钱令希决定离开川滇铁路公司。此时我国著名桥梁专家茅以升(1896—1989)来昆明, 他所主持的、已迁至贵阳的交通部桥梁设计处(1942年冬更名为“桥梁设计工程处”)要找人工作。钱令希认为那儿很适合自己的兴趣, 便欣然答应前往, 只是那时妻子倪晖(1914—2004)有孕在身, 不能长途坐车去贵阳, 恰巧此时云南大学正在招聘结构学教师, 钱令希就和茅先生谈好, 暂时先在云南大学教一年书, 次年暑假去贵阳工作。

交通部桥梁设计工程处是国民政府交通部为所属各铁路公路办理重要桥梁设计及工程而设立的。1943年夏, 钱令希赴任时, 桥梁设计工程处设有第一至第四课, 分别办理设计、施工及工具、材料、文书、纳入人事庶务等事项。^[3]钱令希的职位是第一课副工程司, 从事的是钢桥标准设计工作。在交通部桥梁设计工程处工作期间, 钱令希了解到交通部桥梁设计处

收稿日期: 2020-2-27

作者简介: 王细荣(1968—), 湖南衡阳人, 理学博士, 上海理工大学特聘研究员(沪江学者), 主要研究方向: 科学传播。

设计承办,横跨云南省云龙县澜沧江上的悬索桥——功果桥的设计、建造和抢修情况后,便开始思考适于200米以上跨度的悬索桥的计算方法。1943年12月入职内迁遵义的浙江大学后,钱令希在经过一年多的探索后,于1945年4月完成他早期的一篇重要研究论文《悬索桥理论及分析之改进》。同年6月25日,钱令希应浙大土木工程学系1945届级会之邀,就《悬索桥理论及分析之改进》一文的内容,作题为“吊桥之新原理”的演讲。演讲中,他“对于吊桥各项问题,阐述颇详,意见亦颇精辟”⁽⁴⁾,备受听众欢迎。7月,该论文的英文稿通过国立北平图书馆重庆办事处转寄美国土木工程师学会,并于1948年9月,以“A Simplified Method of Analyzing Suspension Bridges”为题发表在《美国土木工程师学会会报》(Proceedings: American Society of Civil Engineers)第74卷第7期上。在这篇论文中,钱令希介绍了跨度大于200米的悬索桥的一个合理的设计分析方法,该方法给出了简单而明确的桥梁缆索水平力近似公式,以及可确定加强桁架的力矩、剪力、偏斜、坡度极值的一个直接法;指出所有的工程计算中都可以使用一条曲线,避免了当时已有方法“三角级数法”(trigonometric series method)中固有的令人厌烦的试凑过程。对此,钱令希后来回忆说“我对悬索桥的非线性分析做了高度简化,推演出一套完全是显式的计算公式以及供工程师使用的曲线,借助于计算尺仅用几个小时就完成了——一个设计方案的力学分析。”⁽²⁾⁵⁸⁴⁻⁵⁸⁵

1946年12月,钱令希这篇关于悬索桥的论文,获第五届(1945年度)国民政府“著作发明及美术奖励”应用科学类二等奖。1951年,钱令希因此文被美国土木工程师学会(ASCE)结构分会推荐为1951年度莫采夫奖(Moisseiff Award)获奖者。鉴于当时的政治形势,在钱令希回信表示不接受此奖后,这个奖临时改授给美国力学家尚利(F. R. Shanley)。

二、解决武汉长江大桥设计的技术问题

1951年6月,钱令希生平第一次到北京即是应铁道部之邀参加“第二次武汉大桥会议”,商讨大桥

桥式、载重等技术问题。⁽⁵⁾¹³⁶武汉长江大桥工程是中国第一个五年计划中156项重点工程之一。1955年2月3日,大桥工程的技术咨询机构——武汉长江大桥技术顾问委员会在北京成立,茅以升被聘为主任委员,钱令希等一批其他专家被聘为武汉长江大桥顾问委员会委员。对此,《人民日报》报道说:

武汉长江大桥技术顾问委员会……主任委员为茅以升,委员二十五人,为罗英、嵇铨、周凤九、金涛、王竹亭、王度、陶述曾、蔡方荫、杨宽麟、顾宜孙、余焯昌、钱令希、李国豪、李学海、张维、刘恢先、黄文熙、俞调梅、谷德振、陈士骅、梁思成、鲍鼎、汪季琦、赵祖康、李温平。⁽⁶⁾

2月4日,钱令希等委员从北京启程,前往武汉出席6—8日召开的武汉长江大桥技术顾问委员会会议,会议对大桥建设进行研究讨论。是年9月1日,大桥正式开工。在大桥施工期间,大桥技术顾问委员会成功地解决了武汉大桥工程局(今中铁大桥局集团有限公司前身)先后提出的14个重要技术问题,保证了工程的质量。⁽⁷⁾钱令希主要负责组织其中的两个:一为“研究钻孔中灌注的混凝土的承载能力”;二为“对基桥承载的不均匀分布问题加以研究并予以具体指示”^①。

关于大桥的设计,钱令希建议要进一步搞清楚管柱及管桩基础的极限承载能力。关于施工方面,他指出,“长江大桥的基础施工过程,要进一步就若干种地质条件加以定型化”这就需要进行7项研究试验工作:“①在各种土质中特别是粘土中下沉管柱时控制方向的问题;②下沉过程中如何迅速有效地出土的问题;③装配式管柱及管桩的连接问题,即如何加强连接的刚性,避免震动打桩时能量消耗的问题;④震动打桩调节频率以提高下沉效率的问题;⑤采用预应力管柱及管桩的问题;⑥大型管柱内灌注混凝土的散热问题;⑦沿管柱壁面配置喷水以利在粘土中下沉时软滑的措施。”关于桥墩对船舶撞击的影响,钱令希认为“在大桥的设计中,为此曾假设在航行水位有一水平的300吨的船舶撞击力。这就使得7号墩的整体稳定安全系数略低于1.5^②。事实上,船舶撞击时的能量大部分将由墩身的局部破坏所吸收,故船舶撞击的重要后

① “第二章 国家的重托”片段。见:大连理工大学党委宣传部拍摄的视频《钱令希:纪念钱令希院士诞辰一百周年纪录片》2016年7月。

② 7号墩因筑在较破碎的炭质页岩上,采用直径55公分的管桩基础,而其余的7个桥墩均采用一种新的基础结构型式和施工方法——大型管柱钻孔法。

果是局部破坏,而对于整体稳定的影响是很小的,所以就这观点来说,可以认为7号墩身整体稳定的安全系数是完全足够的。至于防护墩身局部破坏的措施,建议考虑采用浮式的缓冲护墩设备,以局部吸收撞击能量。”^①

1957年10月中旬,武汉长江大桥落成通车仪式举行。钱令希应邀参加了这次盛典,并参观了这座也凝结自己智慧的“万里长江第一桥”。事后,他写了一篇观感,其中有云:

当你亲身信步走上桥的上面一层——公路面的时候,你才会真真感受那种不可言喻的豪迈和壮丽的气象。……在那可以平行两列火车的铁路桥面上,你是处在现代化的钢结构世界里。那有韵律,有节奏,建筑物的美、建筑物的力量就是那样难以言喻的。

长江大桥的伟大远不止此。它使得全世界工程技术界瞩目惊奇的地方,在于它创造了一种崭新的基础结构型式和施工方法——管柱钻孔法。……它比世界上一向通用的“气压沉箱法”使长江大桥这样的工程缩短了约两年的工期。特别是这个创造保障了工人的健康,改善了工人的劳动条件。^②

钱令希参与大桥建设的自豪感和科学技术对大桥如期、如质建成的重大意义,跃然纸上。

三、南京长江大桥“桥式方案”的研究与设计

1958年,钱令希又被聘为南京长江大桥技术顾问委员会委员。是年10月12—23日,他赴武汉出席由铁道部、中国科学院技术科学部等单位发起组织的南京、芜湖、宜都长江三大桥科学技术研究会议。在这次长江三大桥第一次科技协作会上,订立了有关协作计划书,成立了总体布置及美术、上部结构、下部结构、施工、地质五个协作组,并要求协作单位为这些大桥提出方案或组织研究,供第二次协作会议讨论决定。钱令希在会上被选为上部结构协作小组副组长。⁽⁵⁾²²³⁻²²⁴在返回大连后,他曾提出了五种方案,带领大连工学院(现大连理工大学,下面均简称“大工”)数理力学和土木工程两系部分

师生(如林少培、郑芳怀等)进行南京长江大桥“桥式方案”的研究与设计。12月22—28日,钱令希再次赴武汉参加长江三大桥第二次科技协作会议。这次会议详细讨论了第一次科技协作会议以后各单位的研究成果和所提方案,对提交的大桥上、下部结构和美术方案进行了比选。钱令希领衔设计的“自锚式悬索桥”方案参加南京长江大桥工程正桥“上部结构”的竞标,最后在全国39个方案中获第二名。对此,自20世纪50年代至80年代师从钱令希的学生和助手,曾任大工工程力学研究所副所长、上海交通大学建筑设计研究院智能设计研究所所长的林少培,当年曾参与钱令希所领导的南京长江大桥设计投标研究项目,2016年在纪念恩师诞辰100周年前夕挥毫写道:

自锚式悬索桥是我们大工在国内的首创。1958年在桥梁专家钱令希院士的领导下以“自锚式悬索桥”方案投标南京长江大桥的全国方案选标,荣获第二名。南京长江大桥终以铁道部的武汉长江大桥的“翻版方案”中标。大工的“自锚”方案屈居第二,但是这个创意是不可忽视的,也是我们桥隧研发基地的光荣传统,值得重笔!^③

关于长江三大桥第二次科技协作会议,一些与会的铁路桥梁专家后来也有所忆述。时任大桥工程局副总工程师的王序森(1913—)回忆说:

在这次会上,刘恢先提出的钢壳混凝土肋拱、钱令希提出的多腹杆桁及用悬索加固的钢桁,颇有新意,并列为比较方案……会议结束后,勘测设计处受命编写初步设计文件……制订初步设计方案的时间虽是短暂的,但它集中了国内外著名专家的意见,是集体智慧的产物。⁽⁸⁾

时任大桥工程指挥部总体设计组组长李宗达(1916—)后来写道:

在众多的设计方案中,我记得有李国豪教授提出的大跨度箱形钢梁方案;钱令希教授提出的以钢索拉吊的钢梁方案;刘恢先教授提出的先架立空心钢壳拱,然后灌注混凝土的大跨度拱桥方案;大桥局提出的160米钢连续米字桁梁方案……真是群英荟萃,百家争鸣。⁽⁹⁾

此事已过去了一甲子,作为亲历者,林少培对

① 参见:钱令希手稿《对大桥设计、施工的建议》(1956年前后撰)。

② 参见:钱令希手稿《武汉长江大桥抒怀》(约1957年10月撰)。

③ 参见:林少培手稿《回忆投标南京长江大桥工程的国内首创“自锚式悬索桥”》(2016年6月13日撰)。

当时他与唐秀近等一批青年教师跟随钱令希参加那段投标的过程、投标方案中的一些细节仍然记忆犹新。他说:

钱先生工程经验丰富,有众多工程实践案例的积累,对悬索桥理论和应用也早有研究……针对南京长江大桥的软基具体情况,难以实现锚固在长江的江底基岩中,于是先生提出自锚式悬索桥的方案来解决在南京长江河道软基锚不住钢缆的问题。……这个中标的方案本身是铁道部门设计单位提出的,南京长江大桥和武汉长江大桥的钢梁建造单位就是铁道部山海关桥梁厂。我在读研究生期间还在该厂的装配车间实习过。

南京长江大桥不能采用悬索桥方案还有一个原因,因为悬索钢缆要用特种高强度的钢丝,还要有特殊工艺设备才能把几十根钢丝绞成钢缆,但当时我国既没有这种特种钢材也没有生产钢缆的工厂。如果由国外进口这些钢缆,则需要大量外汇,这在当时也是有困难的。铁道部大桥工程局具备建成武汉长江大桥的经验,提出的方案风险较小,把握较大。尽管由于施工工艺较复杂,受当时施工条件限制,钱令希提出“自锚式悬索桥”方案最终没能中标,但是该方案在我国工程技术上却是一个首创,在力学和工程应用上颇有创新,其意义也是值得肯定的。^①

钱令希率领大工年轻教师为南京长江大桥设计的“自锚式悬索桥”方案,在进入21世纪时,由他所发现的另一匹“千里马”、大工的张哲教授发扬光大,即将悬索桥主梁由钢梁换成混凝土材料。2002年6月下旬,张哲设计的大连金石滩金湾桥竣工。钱令希应张哲之邀,兴致勃勃地视察了这座美观大方、气势不凡的吊桥。站在这座世界上首座钢筋混凝土自锚式悬索桥上,钱令希用“好”“快”“省!”三个字给予了高度的评价。⁽¹⁰⁾

1986年5月,“南京长江大桥建桥新技术”项目获颁国家级科技进步奖特等奖。因参与、协作该项目,钱令希领导的大工工程力学研究所获协作单位集体奖,他本人获“荣誉纪念品奖”。

四、大连新港栈桥的设计、制造与吊装

大连新港——大连鲇鱼湾油港,即今天的大连

新港一码头,是全国第一座10万吨级的现代化深水油港,其中的栈桥是该工程的主要组成部分。

1973年3月,大工水利系、数理力学系、机械系及电子系等6个系8个专业及两个校办工厂的师生、工人,接受交通部和旅大市(现大连市)的委托,进行多学科协同作战,开始进行鲇鱼湾油港水工工程的设计及部分码头设备的试制工作,其中钱令希带领的数理力学系工程力学专业师生负责全长近千米的码头钢栈桥设计任务。

1974年1月20日,鲇鱼湾油港建港指挥部成立,钱令希任建港指挥部顾问。7月8日,鲇鱼湾建港工程指挥部成立。不久,钱令希便设计出栈桥式码头的模型,并被带到交通部汇报。但是,有的领导感到栈桥式码头建设任务量太大,对在一个什么都没有的小渔村,要在三年内建一个庞然大物表示怀疑,于是决定花2700万美元从日本引进“单点系泊”式码头,即从岸边铺设一条长长的海底管线到海水足够深的能系船停泊的单点码头。1974年11月1日,鲇鱼湾油港建设正式破土动工,先后来自全国12个省市的48个施工单位,上万人的队伍浩浩荡荡开进了鲇鱼湾这个荒凉的小渔村,开展“单点系泊工程会战”⁽¹¹⁾。尽管如此,栈桥设计组的工作一直没有停止。栈桥设计组共5人,组长解明雨,组员为张允真、邓洪根、邹洪地、曹富新;钱令希任栈桥设计组顾问,实际上是栈桥的总设计师。⁽¹²⁾

1975年4月,从日本引进单点系泊设备出现了麻烦。1975年5月上旬,经批准,鲇鱼湾油港建设停止从日本引进单点系泊设备,全力抢建由钱令希之前提出的栈桥码头。事实上,自1974年大工全面承接鲇鱼湾油港主体工程的设计任务以后,钱令希就一直在做栈桥码头这个备选方案的优化设计。因为单点系泊方案虽然在国际流行,但成本高,输油量小,而且技术完全掌控在日本人手中,钱令希感到不太托底,认为修建海上栈桥虽然难度不小,但是中国人对于造桥还不太陌生,一定可以自己造出来的。

钱令希带领着设计小组的几位青年教师,没日没夜地比较着不同的桥型方案。在初步方案中,曾经考虑过悬索桥和钢筋混凝土桥,由于材料、施工条件和工期的原因未能采用。于是,钱令希引导设计组成员讨论设计中可能出现的问题,鼓励大家查阅资料,最后基于工程结构设计方案优选的思路,从2种跨度、3

^① 参见:钱唐手稿《林少培与钱唐的电话记录(经林少培审阅)》(2019年3月8日撰)。

种连接工艺、4种桥型的比较中,选择“100米跨度的9跨空腹桁架全焊接钢栈桥”的方案。⁽¹³⁾

其实,一部分人起初并不赞成这种设计方案,因为他们知道,这种空腹桁架桥即威廉迪尔桥,是以其首创者比利时土木工程师威廉迪尔(Arthur Verendeel, 1852—1940)教授命名的。20世纪30年代,约50座威廉迪尔桥在比利时的艾伯特运河(Albert Canal)上建成。1938年3月,一座跨长为74.5m的威廉迪尔桥在交付使用14个月就突然裂成三段坠入艾伯特运河。后来,陆续又有几座桥坍塌或破坏。截至1950年,比利时共有14座这种威廉迪尔桥的桥梁断裂。⁽¹⁴⁾从此,威廉迪尔桥设计方案备受争议,在设计造跨度较大的桥梁时,更是没有人敢冒这个风险。那几座桥确实漂亮,从力学上分析,从建筑美学上欣赏,确实是无可挑剔,但后来出问题,当时还没有找出来。故当钱令希提出桥型设计方案时,有些人就劝他放弃,更何况他设计的桥几乎是20世纪30年代那些断桥2倍的跨度。可是,除了这个办法,要既能够达到施工快、材料省的要求,又能符合受力合理、美观大方的高标准,已经没有其他的办法了。因此,钱令希和他的助手们要尝试着优化威廉迪尔的设计结构。钱令希吸取了那些失败的威廉迪尔桥经验教训:一是结点设计不尽合理,引起了严重的应力集中;二是当时的炼钢技术有限,钢材质量还不能满足承载的需要;三是那时的焊接技术远不及现在成熟。最后他采用了柔化连接的思想,把太极拳“以柔克刚”的特征运用到了结构力学和设计当中。

1975年4月,栈桥桥跨结构的设计完成。为稳妥起见,钱令希派林少培带着旅大市革委会开具的介绍信赴上海,请当时尚未获得完全自由的著名桥梁工程与力学专家、同济大学李国豪教授把关。由于有革委会的介绍信,此事办得非常顺利。在设计得到李国豪的认可后,设计组便着手进行栈桥的组装和实桥满负荷实验。5月,为加速钢桥的制造,鲅鱼湾栈桥会战指挥部成立。6月1日,有交通部水运基建局副局长子刚、指挥部常委成员及有关负责人出席的建港指挥部扩大会议召开,重点研究钢桥组装与吊装工作,钱令希参加了这次会议。7月,以旅大市机械局为主的25个单位计3000余人投入了组装钢桥的会战。

栈桥第一跨钢桥是在经验不足,准备不充分的情况下抢上的项目。不过,在栈桥组装之前,针对

钢材的材质、焊接的材料、工人的素质,钱令希亲自跑了大连10余家大型工厂,找到每一位他早已物色好的一线技术工人面对面地说明,并将从10多个工厂号来的各路“大王”和经验丰富的老工人等都集中起来,进行严格的培训,还亲自给那些焊接工人讲解焊接方法,把复杂的力学原理由浅入深地为他们讲解。7月10日,当第一跨栈桥组装开始时,钱令希和设计组的师生便把行李搬到工地,住在木板棚里,不时为组装者解决各种疑难问题。⁽¹⁵⁾工地的领导和工人们看到他年岁大,身体不好,想在生活上给他一些照顾,但都被他婉拒了。⁽¹⁶⁾

栈桥实桥满负荷实验,采用的是钱令希提出的原型试验方案,实验对象就是拟最先吊装的第一跨栈桥。为此,专门成立了实验组,并听取工人的意见。实验工作由邓洪根负责,早在7月初就开始准备了。由于加荷载不是用水箱,而是用油管装海水,还组织系里熟悉流体力学的教师赖国璋和两个班的学生在海边建了一个泵站。8月初,完成了包括均布静载、支座不均匀沉陷和振动等情况的全部实验,结果完全达到设计的质量要求。⁽¹⁷⁾

钢栈桥的组装、吊运直接关系到工期、投资和施工质量。为此,设计组多次到工厂、工地向有经验的起重工人请教和学习。在经过十多次的会议讨论后,确定栈桥的杆件在工厂制造好再发送到工地进行陆地平台拼装,然后拖到引堤头,等涨潮时进行吊装。针对405吨的吊重(包括支座、路面、输油管和其他管道),长101.2米、高13.1米、宽12米的吊件尺寸,钱令希和工程技术人员进行了认真的讨论、调研、设计和计算。⁽¹³⁾

第一跨钢桥吊装事关重大。先天晚上,钱令希蹲在工地上整整一个晚上都与工人在一起做准备工作。1975年8月5日,按照事先的潮汐预测,进行第一跨钢桥吊装。上午,吊装海域刮起的大风使一根承担吊装的辅助钢柱被切断,吊装只能立刻暂停。钱令希不耻下问,最终决定实行人海战术,让钢梁一点一点地移到了桥墩之上,在接近中午的时候,才稳稳地落实。在成功地吊装第一跨钢桥之后,9月4日,安装第二跨钢梁。9月27日,吊装第三跨。随组装的速度增快,吊装工作也加快进度。至1975年12月14日,历时145天,全长954米,焊缝总长790多公里的九跨钢桥全部组装完成,栈桥码头水上主体工程告捷,为新港于1976年4月30日提前投产创造了条件。

大连新港栈桥是一个国内尚无先例的成功的设计,荣获过全国科学大会奖和国家建委“七十年代国家优秀设计奖”,在国际上也深受同行好评。目前,该栈桥已在海上服务 40 多年,依然完好如初,至今还是大连一道亮丽的风景线。

五、结 语

钱令希原本修习土木工程专业,抗战时期从事铁路工程设计工作,并因此踏上桥梁研究与工程实践的道路。20 世纪 50 年代,他便享誉我国桥梁工程界,先后被聘为武汉长江大桥、南京长江大桥的技术顾问委员会委员,并参与它们的设计。在 20 世纪 70 年代中期,他又领衔大连新港栈桥工程的设计、制造与吊装,在特殊年代创造了一项威廉迪尔桥设计的奇迹。到了暮年,钱令希虽然已不进行具体的力学研究和桥梁工程设计,但以另一种方式续写他的桥梁情缘,即出席一些重大桥梁工程的可行性论证会议。如今,这些大桥均已建成通车,在服务经济建设的同时,也在向世人昭示钱令希等老一辈桥梁专家曾经的智慧与决断。

参考文献

- (1) 姜一鹏. 叙昆铁路修筑情况[M]//抗战时期西南的交通. 昆明: 云南人民出版社, 1992: 404-405.

- (2) 钱令希. 服务意识 方法意识 学科意识[M]//院士思维 卷二. 合肥: 安徽教育出版社, 1998.
- (3) 交通部桥梁设计工程处组织规程[J]. 交通公报, 1943, 6(3): 2279-2280.
- (4) 见闻爪录[J]. 国立浙江大学校刊, 1945(复刊 126): 8.
- (5) 《中国铁路桥梁史》编辑委员会编. 中国铁路桥梁史[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1987.
- (6) 林钢. 武汉长江大桥技术顾问委员会成立[N]. 人民日报, 1955-02-04(2).
- (7) 茅以升. 茅以升选集[M]. 北京: 北京出版社, 1986: 534.
- (8) 王序森. 大桥工程建设回忆[M]//跨越天堑: 南京长江大桥建设纪实. 南京: 东南大学出版社, 1996: 33-47.
- (9) 李宗达. 团结协作奏凯歌[M]//跨越天堑: 南京长江大桥建设纪实. 南京: 东南大学出版社, 1996: 59-63.
- (10) 王丽丽. 为大桥铸魂——记我校桥梁研究所张哲教授[N]. 大连理工大学报, 2002-07-31(2, 3).
- (11) 曹凯(口述), 许辉(整理). 难忘新港建设的日日夜夜[EB/OL]. (2013-11-11/2018-05-04). <http://www.portdalian.com/gshf/whsc/8888888888881L387YNS11RMB5T.html>.
- (12) 曹富新. 记忆鲑鱼湾[M]//甲子抒怀. 大连: 大连理工大学出版社, 2009: 239, 244.
- (13) 大连工学院工程力学专业栈桥设计组. 大连新港栈桥的全焊百米跨空腹桁架[J]. 大连工学院学报, 1976(4): 43-66.
- (14) 罗福午, 王毅红. 土木工程质量管理缺陷事故分析及处理[M]. 武汉: 武汉理工大学出版社, 2009: 143.
- (15) 《辉煌的历程》编委会编. 辉煌的历程——庆祝大连港新港港务公司建成投产二十周年[M]. 大连: 大连出版社, 1996: 15.
- (16) 大连工学院报道组. “结合工农重迈步”——记大连工学院老教师钱令希[N]. 旅大日报, 1976-06-22(2).
- (17) 连健生, 雷克啸. “争气港”使人扬眉吐气——记大连工学院一项科研成果[J]. 人民教育, 1981(10): 32-35.

Qian Ling-xi's Bridge Research and Practice

WANG Xi-rong

(Library, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: Qian Lingxi was elected as an academician of the Chinese Academy of Sciences in 1955. He was a famous contemporary engineering mechanic and educator. This paper analyzes Qian Lingxi's bridge research and practice, from the four aspects of the early railway bridge design and suspension bridge research, to solve the technical problems of Wuhan Yangtze River Bridge design, the research and design of the "type scheme" of Nanjing Yangtze River Bridge, and the design, manufacture and hoisting of trestle bridge of the Dalian new port, and points out that he attended some major bridge engineering feasibility demonstration meetings in his later years, is one way to continue his bridge relationship.

Key words: Qian Lingxi; Wuhan Yangtze River Bridge; Nanjing Yangtze River Bridge; Trestle Bridge of the Dalian New Port

(本文责任编辑:董春雨)