

桥梁工程史研究浅议

尹德兰

(林同棧国际, 美国得克萨斯州, 休斯顿 77056)

摘要: 本文试图从桥梁、历史和哲学三个维度, 用批判和反思的方法, 探讨桥梁工程史的研究, 试图回答“什么是桥梁工程史?”“为什么要研究桥梁工程史?”“它的研究内容有哪些?”“谁应该研究桥梁工程史?”“它应该用什么方法研究?”等问题。

关键词: 桥梁工程; 工程史; 工程哲学

中图分类号: N09

文献标识码: A

文章编号: 1674-4969(2016)06-0654-07

1 什么是桥梁工程史?

习惯上, 历史一词包含有两层意思, 一层是指过去发生的、与人类活动有关联的事件的叙述, 另一层是指对这类事件的解读。在历史学家眼里, 过去发生的事件不是孤立的个体。历史学家希望知道, 一个事件的发生, 与它之前的某些事件是否有因果关联, 是否对后续的事件形成推动; 也试图探索, 这个事件为什么在一个特定的地区、特定的国家发生。

历史是人类文明发展的轨迹。几千年来, 在自己的地球家园, 从猿到人, 从氏族部落到国家, 从结绳记数到计算机到人工智能, 人类的进化历程所创造的文明, 汇集成一个浩瀚的海洋。在这个文明的海洋里, 如果说自然科学、工程技术、社会宗教、文化艺术是汇入大海的河流, 桥梁工程只算得上是一条涓涓小溪。

桥梁, 是人类利用自然资源、社会资源和科学技术建造的构筑物。桥梁帮助人类克服自身能力的不足, 实现对沟壑、河流、山谷等自然障碍的跨越。桥梁工程, 则是有关人类建造桥梁的所有活动的总称。因此, 桥梁工程史, 就是沿着时间轴, 叙述人类建造桥梁的活动, 以及对这些活

动的解释。

按照科学、技术、工程“三元论”的观点^[1,2], 科学、技术和工程分属三种不同的社会活动。科学是发现, 技术是发明, 工程是制造。科学是发现一个事实或者寻找原理。科学成果, 即科学产生的理论本身, 对这个世界没有伤害, 没有好与坏的区别。而技术和工程则不同。在一定程度上, 技术和工程非常相似。“制造”过程的“设计”和某些实施手段也类似“发明”。技术和工程都是利用科学原理改变世界, 二者的区别在于: 技术发明的成果可以只限于“纸上谈兵”, 可以是一种思路, 一种技艺, 一种方法, 可以不制造实物, 发明的价值需要通过技术的使用来验证; 工程是科学原理和技术方法的具体实现, 需要动用社会资源。工程的规模越大, 复杂程度越高, 需要的社会资源就越多。技术和工程与科学有一个很大的不同, 科学本身没有直接效应, 而工程对自然环境和社会环境都是有影响的。这个影响效应, 在短期和局部判断得出的结论, 与扩大审视的范围、加大时间跨度得出的结论, 也许会大相径庭。科学只有真与假, 而工程则有很多种可能性, 因而工程中很重要的一环, 就是判断和决策。从哲学

的角度,桥梁工程是人类利用科学知识和技术发明,使得人类的活动在更大程度上向自然延伸。这个延伸过程应该是与自然更加和谐的过程。

人类从大自然的一部分剥离,成为独特群体的时候,是从猿到人开始的,他们站立起来,用衣服替代了树叶兽皮,建造房屋替代洞穴。人类自己无法像鱼一样在海底游走,像鸟一样在天空翱翔。然而人类具有高智力,人发明了游艇,甚至发明了潜艇,发明了飞机。借助这些机器,人可以像鸟一样在天空飞,像鱼一样在海底游。用蒸汽机、内燃机和电力驱动的汽车火车,使得人类以百倍于任何动物的速度在地球的各大洲旅行。从二十世纪初飞机的发明,到七十年代人类的足迹踏上月球,不过几十年。

人类发明了机器,并不意味着人类远离自然界。相反,人类是借助工具的发明,延伸了自己的活动极限范围。假如人类的发明和创造一直将自己的能力向自然界延伸而不是掠夺,更多地与大自然融合而不是出离,这就是人类向自然的回归。人类是在加速出离自然,还是在向自然回归?只有哲学的批判和思辨,能帮助我们校准技术和工程的发展方向。

因此,桥梁工程史,是综合桥梁、历史和哲学三个维度的学科。在这里,哲学为研究者提供批判和反思的方法,历史是研究对象的时间维度,桥梁工程则是研究的对象。

2 为什么要研究桥梁工程史?

这个问题,可以从下面的几个层面来回答。

首先,桥梁工程是人类文明的一个组成部分,从某种意义上,它应该可以算作衡量文明程度的重要指标之一。按照人类学的研究,当今人类共同的祖先——现代智人,是从非洲走出来的。经过漫长艰辛的迁徙,人类的足迹已经遍及五大洲。尽管远古时期气候寒冷,陆地上处处冰川,海平面也比现在低得多,亚洲、非洲和欧洲陆地相连,亚洲又与美洲澳洲陆地相通,我们仍然可以想象,

当时那一群迁徙的“智人”,一定也有过“架桥”的需求。事实上,人类文明的发展,一直贯穿着一条“迁徙”、“交流”的主线。“架桥”是这条主线上不时出现的一个内容,与人类长距离的远征相行相伴。十八世纪中叶,蒸汽机将人类“拉”进了工业文明的社会,人类的迁徙开始进入铁路时代,桥梁更成为铁路线上不可缺少的组成部分。桥梁还是城市文明的标志。早在公元前,古罗马建成的引水渠就有长达16公里的高架桥。研究桥梁工程史,也就是研究人类文明史。桥梁工程史,可以成为点缀人类文明星空的一颗璀璨的明星。

其次,人类文明的研究,一直聚焦人文历史和人类思想史。文明的研究似乎是文人的任务,有关的研究书籍从来就没有中断。各种理论思潮形成了人类进步过程和文明的记录。这些思潮,不论是何种流派,产生时间多么久远,从来都是作为解读人类社会的宝贵资料,被精心留存。在那些汗牛充栋的历史文献中,桥梁工程史似乎还未找到立足之地。对此,我最直接的解释是,工程和理论不同。工程对于社会经济依赖,对于资本的依赖,与人文学者的理论研究对资本的依赖相比较,其差异之大可以说,工程发展对社会经济的依赖,是社会科学对社会经济依赖的 n 倍。这个 n ,可以作为一个变量,随着不同的社会发展时期以及衡量工程发展过程的时长取值。正是因为工程实践对于社会发展的深度依赖,单纯对于这个学科的历史研究就变得非常复杂。通常,人们进行任何一项研究,无论是科学研究还是社会研究,总设定一个研究边界,去除那些影响程度较小的因素,专注主要因素;而对于桥梁工程史的研究,这个工作异常困难。原因是:几乎所有的因素都是影响因素;几乎所有的影响因素都是重要因素。这就给这门学科的研究带来不小的难度。另一方面,“桥梁工程”只是“交通工程”的一个子课题,与有丰硕成果的“交通史”研究相比,“桥梁工程史”部分内容还需要补充。

桥梁工程, 在很长一个时期, 是人类小心翼翼寻找大自然脉动力的过程, 是一个试探-纠错的过程。这个过程淘汰了许多当时的“创新”成果。大自然如沙里淘金一般留下了那些与自然规律不谋而合的构筑物。从桥梁工程师和桥梁学科研究者的层面, 如果要对这个学科有整体全面的了解, 桥梁工程史应该是必修的课程。我们应该知道桥型的演变过程。从一根原木横跨小溪, 到今天的重庆石板坡长江大桥复线桥 330m 梁桥跨度的世界纪录; 从一根树藤滑过山涧, 到接近 2000m 跨度的明石海峡大桥。这个过程也许不是环环相扣, 至少也是彼此相关。作为桥梁工程的管理者和决策人, 不仅仅需要了解桥梁工程整体发展的技术部分, 还需要了解与政治、经济、社会发展相关的人文部分。因为, 桥梁的建设与否, 是由需要决定的; 工程的规模和类型则是由社会经济条件决定。由此可见, 工程是技术要素与非技术要素的集成^[3]。对技术与非技术两个方面因素的研究会告诉我们, 围绕一项工程, 存在各种人性的推动和阻碍, 各种感动与领悟, 以及这一切与社会大环境互动的内容。也就是说, 研究桥梁工程史, 是了解桥梁工程全貌的重要环节。

最后, 桥梁工程史应该担当类似科普的责任, 让桥梁工程走入普通大众的视线。让人们在享受桥梁带来的交通便利、欣赏美桥美景的同时, 也了解它的历史和发展, 认识和它相关的一切, 特别是与桥梁工程相关的人文部分。让大众不仅认识工程师构筑的世界, 也认识工程师构筑这个世界时的精神; 不仅了解工程师的行为, 更了解工程师的灵魂。

3 桥梁工程史应该研究哪些内容?

作为跨越自然科学之工程技术和社会科学之人文学科的桥梁工程史, 应该研究哪些内容呢?

总体而言, 桥梁工程史应该研究桥梁工程演变的过程, 以及与这个过程相关的全部。桥梁工程的演变是力学理论、结构形式、材料、设计、

制造、架设方法等等所有相关因素演变的组合。它们在一定的时期可能各自独立发展, 直到由于社会、需求、交流的原因产生交叉, 从而使得组合后的成果更为成熟和优良。

桥梁结构形式的演变从大的轮廓着手, 就是桥型的演变。关于桥型, 多划分为四种, 即梁桥、拱桥、斜拉桥和悬索桥。桥型的划分自身也有一个演变过程。桁架桥是十九世纪和二十世纪流行的一个桥梁术语, 一段时期在不少文献中也曾被作为单独列出的桥型。现在桁架桥不再是一种桥型。目前业界的共识认为, 桁架桥实际上是梁桥, 只不过所用梁是用杆件以一定的几何模式拼成的桁架梁。类似的, 笔者个人认为斜拉桥作为一种桥型也有待商榷。斜拉桥也可以被看成是多点支撑的连续梁, 只不过其支撑是弹性的拉索。从这个意义上, 我认为用邓文中科院士的“索辅梁桥”^[4]一词来翻译“Cable stay bridge”更为贴切。

材料是桥梁发展的核心因素。在桥梁工程尚未成为一门学科进入科学殿堂之前, 桥梁的建造是靠工匠——主要是木匠和石匠完成的。在十八世纪以前, 造桥的材料基本上沿用了早在史前人类便开始使用的建造材料, 即自然的石材、木材、植物纤维。因此, 在人类有文字记载的文明起始至 1750 年前的漫长时期, 在桥梁的建造实践中, 发展最好、留存最多的桥型就是最适宜用天然石材的拱桥。与砖石相比, 木材易腐易燃, 曾经有过的优秀木结构桥梁, 或是经年腐朽, 或是雷击焚毁, 很少能留存于现代。

十八世纪末到十九世纪的一百多年间是世界文明进入快速发展的时期, 欧洲和美洲大陆先后进入运河时代和铁路时代。在开挖运河、修筑铁路的同时, 也架设了无数的桥梁。英国的铁路桥梁以铁桥居多, 美国的桥梁则是以木桥为主。特别是在 1840 年以前, 美国几乎所有铁路桥梁的上部结构都是木结构。究其原因, 经济是最大的控制因素。那个年代的美国经济尽管已经开始迅速发展, 但总体仍然远远落后于引领工业革命的英

国。铸铁和锻铁在当时都是昂贵难得的材料，而且成型加工多依赖从英国进口。相比之下，美国木材丰富，有一种不易腐烂的赤杨木在美国储量丰富。这种木材的耐腐蚀性能极好，甚至可以用作桩基础。

尽管早在 1828 年，维也纳的一座跨度接近 100m 的悬索桥就采用了一种从铸铁炼成的搅炼钢 (Puddled steel Puddled steel (Metal) a variety of steel produced from cast iron by the puddling process.) 制造悬索桥的眼杆^[5]，然而后续的 70 年间，大跨度桥梁的建筑材料一直普遍采用锻铁，主要原因是钢材的冶炼和制造还不能满足桥梁的需求。这种情况一直持续了很长时间，直到平炉冶炼的钢材产品可靠性符合了桥梁用钢要求。因此，直到十九世纪晚期，平炉钢开始流行，铁桥才逐渐淡出，钢材成为大跨度桥梁唯一的建筑材料。例如 1883 年建成通车的布鲁克林大桥，是一座主跨为 486m 的悬索桥，主缆采用平行钢丝；1890 年建成通车的福斯湾铁路大桥，是英国的第一座全钢结构特大桥，采用的就是平炉冶炼的钢材。也许可以说，钢材用于桥梁，是桥梁工程进入现代化的标志。

在现代桥梁建筑材料中，只有钢筋混凝土能与钢材平分秋色。现代桥梁的建设中，混凝土的使用量已大大超过了钢材。混凝土用作建筑材料的历史，可能与砖石一样久远。而其真正作为桥梁的建筑材料，被大量用于桥梁建设，则得益于十九世纪中叶发展起来的波特兰水泥工业和炼钢工业。波特兰水泥替代天然水泥，使得素混凝土成为拱桥和其他桥型下部结构的主要材料；利用钢材的延性和抗拉强度，将钢筋或细钢丝埋入混凝土，使二者协调变形，共同承受弯矩，这就是钢筋混凝土结构的基本概念。由于钢筋的加强作用，可以在很大程度上提高构件的抗弯能力。于是，钢筋混凝土结构的连续梁、无铰拱在二十世纪初的桥梁结构中得到广泛应用。预应力混凝土结构可以看作是优化了施工工艺（或构件制作过

程）的钢筋混凝土结构，通过张拉预埋在混凝土结构中的钢筋，利用钢筋的回缩压力作为预应力储存在混凝土结构中，这个预先施加的压力与荷载作用于结构产生的部分拉力抵消，可以进一步提高构件的抗弯能力。这对于拓展混凝土材料在桥梁工程中的应用范围十分重要。较之于普通钢筋混凝土结构，同等抗弯能力的预应力混凝土结构可以减少材料用量。结构自重的减轻意味着减小了需要用于抵抗恒载的承载力，也就是增加了结构的活荷载抵抗能力。随着跨度的加大，这个优势变得更加突出。

前面提到，桥梁是帮助人们跨越河流山涧的构筑物，也许在人类最初的迁徙过程中就已经有了最原始的桥，而力学则是现代桥梁设计的理论基础。作为运动的科学，力学的相关研究可以追溯到公元前古希腊时期，代表性学者是阿基米德。然而随后的很长时期内，力学的发展和桥梁的演变是两条互不相干的途径。一直到十八世纪中叶，在这两条途径的某些节点处，几位杰出人物用他们的智慧使得力学和桥梁相通了^[5]。法国工程师 Charles Coulomb (1736-1806) 关于静力学的文章，是土力学的奠基之作；Claude-Louis Navier (1785-1836) 将结构分析纳入了科学范畴；Augustin-Louis Cauchy (1789-1857) 引入了应力的概念；Jean Claude Barre de Saint-Venant (1797-1886) 在 Navier 的基础上做出了新贡献；Carl Culmann 则出版了关于图解静力学的专著；而 James Clerk Maxwell (1831-1879) 在超静定结构分析方面做出了卓越贡献。于是，在虎克的弹性理论和材料力学的基础上，结构设计理论逐渐发展起来了。

结构设计理论的创立和发展，将数学与力学这两门纯粹的理论学科与砖石钢铁结合起来，使得千百年来架设桥梁积累的经验被纳入了结构设计理论体系。关于经验和理论，我们可以说，没有形成理论的经验，只能口授相传。这种传播方式在时间的跨度、地域的广度和内容的精度方面

都很难得到保证。积累的经验只有上升成为理论, 经过扩散, 使其尽可能多地被实践检验并不断改良, 才能得到不断的升华和发展。只有依照这样的方式, 文明才能得以代代相传, 技术才能不断进步。

以上内容仅仅是桥梁工程史所涉及的科学技术的部分。还有涉及社会人文的交通需求和经济发展, 以及在特定时期, 围绕桥梁工程活动的人的故事。比如: 运河时代和铁路高速时代催生的大量桥梁所具有的时代特征; 近代高等工程教育对桥梁工程发展的促进, 以及不同思维方式在桥梁建设中的个性反映; 行业协会在不同时期对桥梁建设的作用等等。这些内容, 应该是桥梁工程史的重要部分。说到底, 历史记载的是与人有关联的活动, 正是“人”在其中的角色作用, 历史这台大戏才有了观赏的价值。没有人的活动与之关联, 桥梁工程不外是一些砖石泥土、钢铁木材的组合, 即使造型优美, 也只能是背景, 构不成“故事”。

确实, 在桥梁工程这个大舞台上, 工程师是当中最重要的角色, 他们的形象经久不衰, 历经各种年代的变化。在研究桥型演变的同时, 看看造桥人在这个过程中的角色演变, 也是必要又有趣的事。十九世纪以前, 在民众心目中, 造桥人也许就是像鲁班一样以斧头为工具的工匠形象。而近代的架桥工程师通常是头戴柳条安全帽, 手执卷筒蓝图, 上衣口袋中插一把计算尺。现代的工程师则更不同了, 头上戴的是塑料安全帽, 计算尺是早就不用了。现代工程师的计算工具已经从计算尺变成了计算机。工程师形象的改变, 本身也代表了这个行业的一种进步。

桥梁在西方神话中被比作天使的翅膀。天使不忍看着人们无法跨越沟壑峡谷, 徒然在两岸痛苦咆哮, 于是展开双翅, 让人们从其翅膀上越过沟壑。这个神话可以被解读出大自然给人类架设桥梁的启示和对造桥人的祝福。它也隐喻了桥梁工程师与大自然的友善关系。可以认为桥梁工程

师是大自然的朋友, 因为他们的任务就是利用大自然提供的材料, 遵循自然的规律, 增强人类对自然障碍的跨越能力。从这个意义上来说, 桥梁工程被定义为科学与艺术的结合, 通过对材料和动力的成功应用达到为人们造福的目的。这个定义同时也点明了桥梁工程师的社会角色。

在桥梁工程史中, 还应该探讨工程师与社会互动的作用。如果说, 推动人们进行科学探索的是好奇心, 那么推动工程发展的动力, 一开始就是实实在在的需求。工程师可以不必回答“为什么”, 却必须知道“怎样做”。在对自然运动规律还在叩问“为什么”的时代, 能建造出宏伟桥梁的工程师, 实在是一群有杰出创造力又敢作敢为、有担当的英雄。随着时代的变迁, 某些“工程”出现了从对大自然的适应逐渐演变成对大自然的掠夺的现象。工程师不是实施工程的决策人, 但他们可以为支持或者反对某项工程提供证据理由。这就给工程师赋予了社会责任, 即: 用他的专项知识, 尽可能地为决策人提供正确的证据和事实。时代对工程师提出了更高的标准, 既要求他们适时调整技术研究和科学方法, 满足工程的需要, 更要求他们具备自然和人文情怀, 在满足工程成就带来的自豪的同时, 也要有考虑自然环境可能被破坏的忧患意识。桥梁工程师为适应这种挑战, 而从专才向通才转换的心路历程, 也应该是桥梁工程史研究的内容。

4 应该如何研究桥梁工程史?

上述研究内容尽管尚未穷尽桥梁工程史的方方面面, 也算得上是浩瀚繁杂了。面对人类发展几千年以来积累的史料, 选择哪些事实, 用什么方式连接和解释这些事实, 就是接下来要论述的问题: “谁来研究桥梁工程史?” “用什么方法来研究?”

泛泛而论, 所有现在发生和经历的事, 都是未来的历史。从这个意义上来说, 今天我们每一位与桥梁工程有关联的人, 都是研究桥梁工程史

的候选人；我们的回忆录、个人传记、各种与桥梁相关的细节记录，都将成为鲜活的、具体的历史事件。桥梁工程史的研究始于事件和事实的收集整理，已经是一项繁琐的劳作，然而这些还只是桥梁工程史研究的一个部分。罗列或陈述何时何地建成何种桥梁，只是桥梁工程史的基础和有待研究的历史材料。堆积的历史材料无论多丰富、多全面，本身不足以形成桥梁工程史，而只能作为研究桥梁工程史的起点和开端。借用工程师的语言，过去的事实资料相当于桥梁的建筑材料，真正赋予这些材料生命的，或者说使得这些材料成为一座“桥梁”的，是工程史家的设计和创造性工作。

分类整理历史资料是研究的第二步，类似于工程师对建筑材料的选择。在这里，研究者可能会时时经受作为工程师的“理性”和作为人文学者的“感性”的困扰。桥梁工程本身是需求推动的，因而自始至终贯穿着明确的目的，工程师的设计思路和建设方案都围绕着“需求功能”这个核心，即使有时会在材料的选取和方案的比选上难以定夺，也不过是比选“更合适”的优化过程。历史研究则不然。一方面，研究者必须尊重事实，不应该带有情感目的，比如说“爱国者”可能有意摘取某些史料，作为自己国家和种族文明的支持。这一类的想法和目的在历史研究中并不少见，其中“臭名昭著”的就是纳粹为鼓吹日耳曼人至上，对雅利安人进行的史实歪曲。这种罔顾史实的行为会影响对历史资料的选取和解读，影响历史的真实性。另一方面，我们的感性，或者说是整理和挑选事实的偏向，反映的正是我们在历史研究中的某种观点或者说是信仰。只要这种感性不至于让我们伪造事实或歪曲真相，应该都是可以接受的。某种程度上，如何对史实做选取和解读，取决于研究者胸中的沟壑，取决于其眼界以及对桥梁工程认识的深厚程度。这其实也是研究者历史观的一种反映。

历史学家柯林武德对于历史研究有一种观点，他认为写历史的人要回到那个年代去，假装自己在那个年代生活，才能写出相应的感悟来。当然，没有人能够真正“回到历史上的年代”去生活。我的理解是，研究历史，一定要尽可能地把自己放在写作的那个时代，研读那个时代的学者写的书，这样才能最大限度地避免想当然，避免使用现代人的视角和观点解读以前的事实而造成的谬误。比如在 19 世纪的桥梁书中，美国用 Truss 表示桁架，而欧洲的书中用 Frame 代表桁架，就连 1982 年出版的“十九世纪结构工程史”^[6]一书中，出现的 Frame 也是指桁架而不是节点传递弯矩的刚架。再比如研究十八世纪以前的桥梁，应该把结构设计理论、材料和工程实例按照时间顺序罗列出来，这样比较容易看清楚它们之间相互关系的脉络。阅读那时的工程书籍，我们会知道，今天的一名刚出大学校门的年轻人可以轻而易举解决的多次超静定问题，在并不太遥远的 200 年前，是怎样的“世界难题”！梁的超静定结构理论在 19 世纪末才接近成熟，而且求解极其复杂，通过虚功原理等复杂的数学力学运算，只能圆满求解一次超静定梁。于是我们会问，布鲁克林桥、台湾桥等高次超静定结构的桥梁，其结构设计是如何完成的？我们会猜想，在 19 世纪，结构工程的理论与桥梁工程的实践并不像今天这样密切相关。了解了这些，我们会明白，19 世纪的一些工程成就实际上是超前的。这样就不难理解那个年代为什么会有那么多的工程事故，同时也不难理解那个时代的工程师为什么通常被视为英雄了。因为，他们实际上是做着很大程度上未知的东西，承担着他们自己都不一定能够清楚估量的责任。

“批判的”和“哲学的”头脑，是阅读史实的眼镜；桥梁工程的知识背景，是研究者理解事件关联的逻辑工具。研究桥梁工程史，就是利用哲学的思辨和工程科技的逻辑，对浩如烟海的事件做出统计，将杂乱无章的混乱材料理清头绪，在

这些事实中寻找有价值的观点。历史研究就像阅读一本厚书, 其中时间是一个轴, 事件可以是另一个轴, 我们的注意力既要沿着时间线(年代)往下延伸, 又要沿着事件线(材料的演变、桥型的发展)深入探讨。阅读历史事件, 就是在头脑里形成经纬线, 捕捉经纬的交接点。这样, 对于事件自身价值的解释, 对事件促进桥梁工程进步的解释, 对事件与今天的桥梁工程的关联, 才会有清楚的了解; 这样, 对桥梁工程发展的脉络, 我们便能够像在飞机上俯瞰我们居住的城市, 既能熟悉庭院深深, 又能明瞭整体全貌。

说到底, 任何一部历史书都无法包罗万象。研究者大多只能选择那些留给其深刻印象的事件和瞬间, 反映其个人的历史观念。桥梁工程史的研究也是如此。

致谢

本文获得重庆市自然科学基金委员会院士基金(立项编号 cstc2015jcyjys30004)资助, 特此致谢。

参考文献

- [1] 李伯聪. 略谈科学技术工程三元论[J]. 工程研究-跨学科视野中的工程, 2004(00): 59-70.
- [2] 李伯聪. 略谈工程演化论[J]. 工程研究-跨学科视野中的工程, 2010(03): 47-56.
- [3] 凤懋润, 赵正松. 桥梁工程规划方法论[J]. 工程研究-跨学科视野中的工程, 2016, 8(03): 277-288.
- [4] 邓文中. 索辅梁桥[J]. 桥梁, 2008(03): 1-3.
- [5] Waddell J A L. Bridge Engineering (1st edition)[M]. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1916: 14, 17.
- [6] Charlton T M. A History of Theory of Structures in the Nineteenth Century[M]. London: Cambridge University Press, 1982.

Brief Discussion of Bridge Engineering History

Yin Delan

(T. Y. Lin International, Houston, TX 77056, USA)

Abstract: In this article, the history of bridge engineering is discussed by through three dimensions, including bridge, history and philosophy. With the help of critical thinking and profound consideration, the following questions has been tried to answer, which are: “What is the history of bridge engineering?”, “Why we should study the history of bridge engineering?”, “What subjects we should study?”, and “Who should do the research and how to do the research?” and so on.

Keywords: bridge engineering, engineering history, engineering philosophy