

Aesthetic Design in Bridge Engineering

Kaijie Zhang

School of Civil Engineering, Chongqing Jiaotong University, Chongqing, 400074, China

Abstract: The "13th Five-Year modern comprehensive transportation system development plan" clearly pointed out that transportation total investment will reach 15 trillion yuan, of which 3 trillion and 500 billion in railway, 7.8 trillion for highway, 650 billion for aviation and 500 billion for water carriage. Such a huge road network construction is bound to bring more demand for bridge construction. However, with the development of social economy, people's demand for the bridge is not satisfied with the economy and application, but also put forward the aesthetic requirements. This requires the majority of bridge engineers in the design and construction of the bridge taking the modeling and mechanics into thinking. This paper starts with the development of bridge aesthetics and the aesthetic concept of modern bridges.

Keywords: Bridge engineering; Aesthetic design; Arts

桥梁工程中的美学设计

张凯杰

重庆交通大学土木工程学院, 重庆, 中国, 400074

摘要: 《“十三五”现代综合交通运输体系发展规划》明确指出: 交通运输总投资规模将达到 15 万亿元人民币, 其中铁路 3.5 万亿、公路 7.8 万亿、民航 0.65 万亿、水运 0.5 万亿。如此巨大的基础路网建设必然会带来更多的桥梁建设需求。然而随着社会经济的发展, 人们对桥梁的需求已不满足于经济、适用, 更对其提出了美学上的要求。这就要求广大桥梁相关从业者在设计建造桥梁时, 对其造型与力学间的进行思考。本文从桥梁美学的发展、当代桥梁美学理念入手, 对几座典型桥梁做了分析。

关键词: 桥梁工程; 美学设计; 艺术

1 引言

1.1 桥梁美学设计的必要性和重要性

随着我国经济高速发展, 公路、铁路交通建设规模已达到世界最大规模, 成百上千座桥梁架设在了公路、铁路交通网络之中。一座桥的设计和建造要花费大量人力、物力及财力, 其使用寿命往往达几十年, 大桥、特大桥甚至长达 100 年。一座好的桥梁不仅要满足人们的通行需求, 更应该融入人们的生活, 融入当地的历史。这就对桥梁的造型提出要求, 它应当被大多数人认可, 能与周围环境相容。另一方面, 造型优美的桥梁也更会得到大家的重视, 使其受到更好的维护。

在现实生活中, 桥梁会与其它建筑物或自然风光共同存在于人们眼前, 与周围的环境共同交织成各式各样的图景。随着桥梁技术的不断发展, 人们对桥梁的要求也变得越来越, 单一的通行功能早已跟不上时代的发展, 人们开始越来越多的希望桥梁能通过精

巧的设计变为一道道独特的风景线。正如我国著名桥梁专家李国豪教授所说的“现在对上木工程的要求, 已不再是单纯满足使用的工程实体, 而应同时是符合美学要求的空间艺术和能够防噪音、防震动、防污染的环境设施”。

纵然桥梁的结构形式已大体明确, 但其具体表现方式依然可以多种多样。每一个桥位所处的环境都不尽相同, 千姿百态的环境便可以有成千上万中变化的设计。设计师、工程师在设计建造时, 应当考虑到构造物与环境之间的相互作用, 使桥梁在满足交通需求的基础上, 赋予其一定的观赏性, 令人们的生活更愉悦。

如何一座桥梁的设计中兼顾各方面的要求并不是个简单的问题。首先在力学原理上, 桥梁的造型应当受力明确, 并能提供足够的承载力。同时, 又要考虑到施工的难度, 避免使用过于不规则的怪异造型。除此之外, 与周边环境、景观结合起来, 在满足功能要求的前提下选用最佳的结构形式, 也是一个很重要的

话题^[1]。

经典的桥梁总是不缺乏美感的，设计建造它的大师在其中融入的艺术气息早已超越了其技术上的挑战性，成为其建造时代社会发展和知识风尚的强有力的反映。例如谈起赵州桥，会使人们联想起中国古代几千年灿烂文化和无数能工巧匠；说到金门桥，人们会想到美国风光绮丽的旧金山海湾。再如我国的港珠澳大桥，钻石型桥塔展现出了海洋的广阔和港珠澳地区的活力。

2 欧美桥梁美学理念的发展历程

2.1 文艺复兴时期复古理念

自文艺复兴时期起，欧美桥梁及建筑界的美学理念一直与艺术界同步。其中，以当时的艺术的中心——法国最为盛行。这期间的艺术潮流主要是“复古主义”，再加上当时钢铁在桥梁上的应用尚不普遍，故主体结构多以砖石为主，并以精美的雕塑对桥梁立面做装饰。

在塞纳河上有一座“荣军院桥”。荣军院桥是一座拱桥，全长 152m（499 英尺），宽 18 米（59 英尺），它是巴黎地区跨塞纳河的最低的桥梁，于 1855 年建成通车。每个桥墩上都有精美的人物雕像，如图 1 所示。



Figure 1. Pont des Invalides
图 1. 荣军院桥

2.2 现代桥梁体系的开端

始于十八世纪中叶的工业革命，让欧洲各主要国家的钢铁产业得到了长足发展。钢铁材料的优良性能也被越来越多的工程师所注意到，桥梁的跨径也得到了飞跃式的发展。同时，这一时期的建筑和桥梁普遍

追求效率和实用性，大多呈现出结构最原始、最简单的造型^[2]。

加拿大的魁北克桥（图 2）便是其中的典型之一。魁北克大桥宽 29m，高 104m，跨径达 548.6 m 的桥。因其 177m 的悬臂支承着 195m 长的中间段构成主跨，迄今为止，该桥仍保持着世界第一的悬臂梁桥跨径记录。魁北克桥没有过多的去刻意形成某种造型，而是把钢桁架最原始的样子露出来，单纯为了满足受理去设计，但却展现出一种别样的美感。



Figure 2. Quebec Bridge
图 2. 魁北克桥

2.3 现代桥梁美学的发展

20 世纪 30 年代，德国桥梁结构工程专家莱昂哈特(Leonhardt Fritz) 在研究了当时欧美各主要国家桥梁后著《桥梁造型》一书，标志着现代桥梁美学体系逐渐开始形成完整体系，对之后几十年的桥梁设计建造产生巨大影响。80 年代，他又写出这现代桥梁美学领域的代表作《桥梁建筑艺术与造型》。在这本著作中，他将当时普遍应用的美学特性引入工程领域，并提出十条原则：

- (1) 目的与功能的满足；
- (2) 在三维空间中有好的和谐的满足；
- (3) 结构物的线和边的组合与排序；
- (4) 精炼的艺术造型；
- (5) 与环境相协调；
- (6) 建筑材料的材质材性，表面质地和色彩应与建筑物功能和环境要求相适应；
- (7) 色彩及色彩组和在美学效果中起着重要的作用；
- (8) 表现出建筑物应有的特性特征或目的地位；

(9) 表现出建筑物的复杂性与多边性相结合所产生的艺术魅力；

(10) 保护自然环境。

这十条准则很好地概括了桥梁美学的基本原则，至今仍被广泛认可。

现代技术的应用，使得力学的简洁与纯粹在桥梁工程中得以实现。更简洁的造型在使得传力路径更明确的同时，也有助于降低桥梁的建造成本，提高其经济性。莱昂哈特在 20 世纪中后期参与设计、建造的诸多著名桥梁就着重体现了这种简洁性，并得到了广泛认可。比如地处德国杜塞尔多夫，横跨莱茵河地欧伯卡塞尔大桥（图 3）。

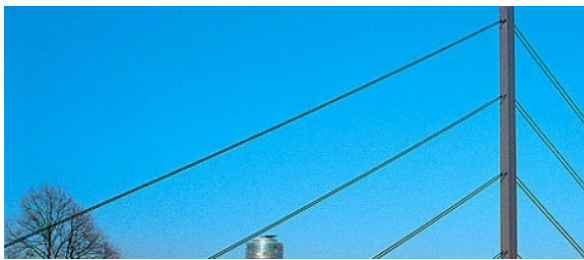


Figure 3. Die Oberkasseler Brücke
图 3. 欧伯卡塞尔大桥

欧伯卡塞尔大桥是现代最著名的斜拉桥之一，其 104 米高单塔结构非常引人注目。该桥长 614m，宽 35m，1976 年建成通车。竖直向上的矩形截面钢塔、4 对索、桥面系和混凝土墩便是人们能看到的桥梁结构，从侧面看去如同受力简图一般简洁明了。

3 现代桥梁美学

将莱昂哈特的美学理念进行分类概括，可以归纳为以下几条：

- (1) 形式美；
- (2) 与环境相容；
- (3) 能体现人文历史。

3.1 形式美

形式美包含了桥梁的比例、造型、颜色等方面，是全桥外形和谐的统称。桥梁的形式美主要借由比例上的平衡、结构在空间中的韵律以及构件重复交替的层次感等手法来完成。

3.1.1 比例美

随着现代工程美学的发展，比例在其中扮演的角

色越发受到人们的重视。比例在全桥结构的宏观上最容易得到人们的注意，大和小、粗和细的关系往往能在视觉上得到最直观地体现。桥梁因其结构本身的属性，使得水平方向的尺度明显长于横向尺寸，故常常产生全桥在纵、横方向的比例失调。

关于比例最经典的理论莫过于欧几里得的“黄金比例”了。黄金比例理论认为，把一条线段分割为两部分，较短部分与较长部分长度之比等于较长部分与整体长度之比，其近似值大约是 0.618。

桥梁主要通过各跨间的比例、跨径与墩高的比例以及梁高的变化来产生视觉上的和谐。下面以一座三跨连续梁（图 4）来表现比例的影响。



Figure 4. The comparison of three span continuous beams
图 4. 三跨连续梁的比较

人的视觉中心在其中跨上，适当增加中跨比例可以使得整个梁看上去更协调。当边中跨比为 1 时，易产生中跨偏短的错觉；而当边中跨比取为 0.5 时，则显得边跨过于短小。而当边中跨比取更接近 0.618 的 0.6 和 0.75 时，梁跨比例会变的更协调^[3]。

拱桥、斜拉桥和悬索桥则可以通过矢跨比或桥塔高度来进行高度与长度间的比例调节。其之间的关系同样可以运用“黄金分割原理”。

3.1.2 造型美

造型包括全桥整体轮廓、各构件的形状。桥梁造型应当遵循基本力学原理，结构在几何上平衡的同时，通过富有韵律的结构中表现一种自然的美，从而在外观上体现出和谐感。

例如：梁在造型上的美感主要通过主梁变截面的鱼腹形曲线。桥墩也可以通过其独特造型在桥梁美学体现其独特价值。桥墩的主要材料为钢筋混凝土，所以考虑到模板在架设时的施工难度，桥墩造型不能太过复杂。目前常见的特殊桥墩造型主要有：X 形，V 形，薄壳形及 H 形等。拱的造型美则表现在其曲线美上。在自然界中，抛物线的使用最普遍，故抛物线圆弧显得清晰自然。

3.2 与环境相容

桥梁仅仅本身美还不够，一座美的桥还要与桥位周边自然和人文环境相协调。

桥梁的日常适用对象是人，人们在审视一座桥时，会把它自然而然地置于背景环境中。桥与环境的关系可分为如下几种：

(1) 桥梁轮廓独立于环境之外。尤其是桥位环境平坦开阔，如：平原地区特大桥、乡镇地区市政桥等。在相对平坦的区域中，突然出现一座高耸于地表之上的桥梁会给人以强大的视觉冲击感。要想达到这种冲击感，桥梁在设计时应当尽可能选用较大的高度并减小构件宽度，使其显得高耸。对于拱桥则可以采用加大矢跨比的方法^[4]。

例如：日本的名实海峡大桥，长达 3991m，主跨为 1991m，其钢塔高度为 297m，相当之高。如此高耸的桥梁结构使得明石海峡大桥极富特点。

再如重庆的东水门大桥，这是一座单索面斜拉桥，桥塔形状为改良的钻石型。全桥外观大气飘逸，配合桥位周边繁华商圈的城市天际线，该桥将成为地标性景观。

(2) 桥梁轮廓与周围环境融为一体。该类桥梁一般在造型线条和配色上与周围环境相仿，常常与背景环境相融合，甚至成为环境中的一个新元素。其主要代表便是景观桥。景观桥通常位于环境优美的景区，尤其以人工园林为主。例如苏州园林中的景观桥。通常只需跨越数米宽的溪流，跨径小，高度低，不会显得很突兀，能够较好地与环境融合协调。同时，较低的高度和柔和的曲线则能保证视野的开阔性，不会挡住周边景致。

(3) 桥梁隐藏在环境之中。这里的隐藏不是指视觉上看不见，而是指通过透视、色彩等原理将人们的注意力从桥梁转移到周边环境上。

例如位于泰顺的古廊桥。这些桥大多跨越中小河流，两岸树木茂密。而桥梁本身多采用与周边环境一致的木材和石材，并辅以传统古建筑造型。人们的注意力自然而然地被转移到树林和河水上。

桥型的选择通常应当考虑到桥位地区的环境、景观以及桥的规模、结构类型、选用材料等。

海峡，深谷，宽河这类宽大环境中通常选用大桥为宜，而相对较小的环境则宜建造较小的桥梁。在峭壁等气势宏伟的环境中，桥梁造型应当选用线条明

朗、高度较大者；反之河流、海峡等相对宁静的环境中则适合选用曲线柔美的造型。

特大桥，由于其体量巨大，容易在环境中处于主体地位，考虑到特大桥本身的结构特点，在设计时，应当在比例，色彩上进行适当的处理。特大桥一般难以融入周围环境，与其考虑融入环境，不如反其道行之，加大其高度、长度的冲击感，使其特点更加突出。

而对于跨径较小的桥梁，则可以考虑使桥梁的造型融入已有的景观。

在平原地区建造梁桥比较适宜，而拱桥在跨越河流、峡谷时则易与环境相得益彰。拱的曲线与蓝天、河流的波浪能较好的契合，凸起的拱肋与 V 字形的峡谷又相互呼应。悬索桥的结构特点决定了它必然是高而长的，故其适合架设在宽阔的大河、峡谷上。

在城市中，桥梁宜设计为曲线桥。曲线的桥可以柔化硬朗的建筑外形，让人在压迫的城市环境中感到轻快感。而郊区桥梁则可以选用直线，通过桥梁的直线轮廓将地平线过渡到城市高大的天际线中。

当然，桥梁的结构造型并没有一定的具体模式可循设计者可根据周围的自然环境通过构思设计出与环境协调的桥梁结构形式。事实上所有新颖的。

4 结束语

设计一座美的桥梁并不一定需要采用多么巧夺天工的设计，付出更多的造价。只要采用合理的方法规划和设计，将工程与美学有机地结合起来。同时，一座大桥往往被期望能使用 100 年，为了赶几天的时间而使今后 100 年的使用存在遗憾就是最大的遗憾。在设计过程中，将技术与艺术融合，使桥梁在结构与功能、造型与美化、环境与景观等各方面和谐共处，便是桥梁工程美学的目标^[5]。

References (参考文献)

- [1] 俞志国. 桥梁美学设计的现状和发展. 城市道桥与防洪. 2018, (06): 102-104.
- [2] 周奕帆. 浅谈桥梁建筑之美. 四川建材. 2017, (12): 61-62.
- [3] 赵文聘. 城市高架桥梁景观设计探讨. 中外公路. 2013, (06): 205-207.
- [4] 范立础. 桥梁工程 (上册). 北京人民交通出版社, 1994.
- [5] 项海帆. 桥梁概念设计. 北京人民交通出版社, 2011.