

公路景观桥梁适应性设计

Adaptive Design of Highway Landscape Bridge

陈修和 吴志刚 任丽莎 著



中国建筑工业出版社

公路景观桥梁 适应性设计

Adaptive Design of Highway Landscape Bridge

陈修和 吴志刚 任丽莎 著

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

公路景观桥梁适应性设计 / 陈修和, 吴志刚, 任丽莎著. —北京:
中国建筑工业出版社, 2017.7
ISBN 978-7-112-20588-2

I. ①公… II. ①陈…②吴…③任… III. ①公路桥—景观设计
IV. ①U448.142.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第054169号

责任编辑: 张 建 张 明

责任校对: 李美娜 张 颖

公路景观桥梁适应性设计

陈修和 吴志刚 任丽莎 著

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京海淀三里河路9号)

各地新华书店、建筑书店经销

北京京点图文设计有限公司制版

北京中科印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 11½ 字数: 218千字

2017年8月第一版 2017年8月第一次印刷

定价: 88.00 元

ISBN 978-7-112-20588-2

(30259)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

编 委 会

主编单位：安徽省交通规划设计研究总院股份有限公司

参加单位：同济大学

主要编写人员（编写组）：

陈修和 吴志刚 任丽莎

王吉双 徐宏光 王耀明 毛洪强 王胜斌 杨善红 杨友安

陈修林 席 进 黄卫东 梅应华 唐国喜 吴平平 刘伏成

尹 超 李 漪 窦 巍 梁长海 魏 民 江光炫 陈溯源

石雪飞 阮 欣 杨戈平 徐 亮 王 辉

近年来，我国公路事业发展如火如荼，公路桥梁也大量建设。如何切实落实公路桥梁建设的“安全、耐久、适用、环保、经济、美观”十二字方针也成为桥梁工程师必须思考解决的问题。

相比与城市桥梁和人行桥，公路桥梁往往规模较大，需要考虑的荷载和作用更加复杂，落实上述要求需要考虑的问题也更多。尤其是如何兼顾结构安全和景观需求，特别是在一些特殊的桥址地区，当景观需求突出时，更需要精心的筹划和设计。

桥梁造型和景观问题也是近年来业界关注的热点，如何协调“景观—造价”这组矛盾，如何看待一些“奇奇怪怪的桥梁”等问题经常被讨论。这也促使我们对公路桥梁设计进行更加深入的思考：是否应当遵循传统桥梁设计中桥型选择优先、结构选择优先的设计逻辑？如何调和景观需求与结构设计的矛盾？对于特殊造型的桥梁如何实现最佳的受力状态？……这些问题亟待解决。

近年来，安徽省交通规划设计研究总院股份有限公司在这方面进行了一些探索，尝试在结构合理的前提下，形成自身比例协调、与周围环境相宜的桥梁设计方案；并在一些实际工程项目中进行了实践，取得了较好的效果，也由此逐渐形成了符合公路桥梁的“适应性”设计理论和实践方法。本书首先简要介绍了公路桥梁适应性设计的基本方法，然后结合几座具体的桥梁介绍实施的过程和经验。

公路桥梁的景观问题正在日益被重视，这方面的探索和实践也正在积极展开。本书也仅仅是一些初步的探索和实践，还有很多可以改进和提升之处。这里权作抛砖引玉，希望能引起更多工程师、业主和公众的关注和参与，更快地促进我国桥梁设计水平的提升。

本书所涉及的桥梁均已投入运营。这些桥梁在规划、设计、施工中得到了政府相关部门、业主、施工等单位的关心和帮助。本书的出版过程也得到了中国建筑工业出版社的大力支持和帮助。在此，谨向所有关心、支持本书编写和出版的领导、专家学者表示衷心感谢。限于作者水平，书中疏漏及错误在所难免，恳请读者和同行批评指正。

作者

2017年3月于合肥

目录

Contents

1 景观桥梁的适应性设计技术

1.1 桥梁适应性设计的基本概念	2
1.2 景观适应性	3
1.2.1 地域文脉适应性	4
1.2.2 场所环境适应性	6
1.2.3 对象自身适应性	8
1.3 结构适应性	9
1.3.1 结构体系适应性	10
1.3.2 施工方案适应性	12
1.4 桥梁适应性设计的基本过程	14

2 派河大桥适应性设计

2.1 设计需求	18
2.2 景观适应性设计	20
2.2.1 “创新发展”的滨湖意向	20
2.2.2 柱式建筑环境的融合	21
2.2.3 方案自身的适应协调	22
2.2.4 滨水桥梁的景观演绎	24
2.3 飞雁式拱桥结构适应性设计	26
2.3.1 结构初步设计方案	26
2.3.2 结构整体静力和稳定	28
2.3.3 拱肋分叉处的局部受力	30

2.3.4 拱脚结合部的局部受力	31
2.3.5 少支架施工方案	33

3 杭埠河大桥适应性设计

3.1 设计需求	36
3.2 景观适应性设计	38
3.2.1 “进取昂扬”的文化隐喻	38
3.2.2 塔式建筑的环境融合	40
3.2.3 异形元素的协调适应	40
3.2.4 人形斜拉桥的景观演绎	41
3.3 人形斜拉桥结构适应性设计	43
3.3.1 结构设计方案	43
3.3.2 结构整体静力和稳定性	45
3.3.3 异形桥塔分叉线形优化	50

4 白石天河大桥适应性设计

4.1 设计需求	62
4.2 景观适应性设计	63
4.2.1 “孝悌友爱”的徽州意象	63
4.2.2 塔式建筑的环境融合	65
4.2.3 塔式建筑的协调适应	66
4.2.4 塔式建筑的景观演绎	66
4.3 白鹳形独塔斜拉桥结构适应性设计	68
4.3.1 结构设计方案	68
4.3.2 独塔斜拉桥体系参数影响	70
4.3.3 结构整体静力和动力特性	80
4.3.4 塔梁结合段局部受力	83

4.3.5 主梁钢混结合段局部受力	86
4.3.6 异形索塔锚固区局部受力	90
4.3.7 索梁锚固区局部受力	93
4.3.8 满堂支架结合悬臂施工方案	95

5 兆河大桥适应性设计

5.1 设计需求	98
5.2 景观适应性设计	100
5.2.1 “和谐共进”的社会风尚	100
5.2.2 三角建筑环境的融合	102
5.2.3 对象自身的协调适应	103
5.2.4 拱形斜塔桥的景观演绎	103
5.3 拱形斜塔斜拉桥结构适应性设计	105
5.3.1 结构设计方案	105
5.3.2 斜塔斜拉桥桥塔倾影响	106
5.3.3 结构整体静力和稳定性	113
5.3.4 桥塔钢混结合部局部受力	115
5.3.5 钢混结合区局部受力	116
5.3.6 悬臂浇筑施工方案	120

6 公路跨线组群景观桥适应性设计

6.1 机场路跨线桥设计需求	122
6.2 景观适应性设计	123
6.2.1 地域文脉的抽象元素	123
6.2.2 元素与环境的适应协调	124
6.2.3 元素变化的自身协调	125
6.3 对称外倾拱桥结构适应性设计	127

6.3.1 结构设计方案	127
6.3.2 外倾式拱桥拱肋倾角影响	128
6.3.3 外倾拱桥拱肋刚度影响	135
6.3.4 先梁后拱施工方案	139
6.3.5 对称外倾拱桥结构设计思路	142
6.4 非对称外倾拱桥结构适应性设计	144
6.4.1 结构设计方案	144
6.4.2 非对称外倾拱桥拱肋倾角影响	145
6.4.3 非对称外倾式拱桥拱肋刚度影响	150
6.4.4 先梁后拱施工方案	156
6.4.5 非对称外倾拱桥结构设计思路	159
6.5 斜跨拱桥结构适应性分析	161
6.5.1 结构设计方案	161
6.5.2 斜跨拱桥矢跨比影响	162
6.5.3 斜跨拱桥拱肋刚度影响	166
6.5.4 先梁后拱施工方案	169
6.5.5 斜跨拱桥结构设计思路	173

参考文献

1

景观桥梁的适应性设计技术

1.1 桥梁适应性设计的基本概念

适应性 (adaptability) 的概念最早出自生物学家达尔文的进化论, 用来解释生物种群的进化与生存环境之间的关系。其主要的思想是: 生物生活在复杂的环境中, 时刻受到环境中各种生态因素的影响, 那些能更好地适应环境的物种相比于其他适应性较差的物种更能成功地繁衍生息。

广义上来说, 适应性是指与环境表现相适合的现象, 它是选择的结果。生物体的适应性即从整体角度出发, 通过不断调整自身构成要素, 适应客观外部条件的系统行为。适应性体现了外部需求和内部能力的协调过程——充分利用现有资源, 最大化地适应环境需求, 从而提出最佳的解决方案。需求是适应性生成的前提条件, 能力是适应性的解决途径。

桥梁是非常特殊的一类结构, 桥梁造型和结构的关系也是被长期关注和讨论的话题。早期, 桥梁作为建筑形式中的一种, 造型与结构问题在设计过程中被一并考虑。工业革命的完成, 科学技术的飞速发展和进步对古典建筑学科形成巨大冲击, 技术在结构体系中的主导作用直接导致了桥梁从建筑体系中分离出来。自 20 世纪 80 年代开始, 桥梁专业领域开始重视造型问题, 如德国学者弗里茨·莱昂哈特在《桥梁建筑艺术与造型》一书中, 根据主要桥梁的造型效果及其空间感受提出了桥梁造型设计的基本要求。日本学者伊藤学的《桥梁造型》通过总结日本及世界范围内的一些经典和典型的桥梁设计实例, 提出了相应的设计方法。杉山和雄的《桥梁造型学》提出“桥梁即产品”的概念。国内, 亦有唐寰澄、和丕壮、陈艾荣等学者从理论研究和工程实践等角度对桥梁造型的概念、设计原则、设计方法等提出各自的见解。不同学者对桥梁造型问题的着眼点并不完全相同, 但有一个共识: 桥梁造型与结构设计不能各自为政, 必须在设计过程中一并考虑, 同时桥梁造型必须体现结构之美。

如果将桥梁视为设计师创造的“生物体”, 那么工程师对结构的优化过程也就成为桥梁“生物”对需求的适应过程。从这个角度看, 结构的设计过程也可视为工程师对功能需求的适应过程。就个体的桥梁设计方案而言, 很难评价优劣, 只有将它与具体的功能需求结合起来考虑, 才能对其适应需求的能力和程度进行评价, 得到所谓

优选的结果。换个角度说,同样的桥梁功能要求,可以由不同的结构形式来实现。从适应性的角度看,桥梁设计的过程就是对地形、地貌、交通等外部条件和结构之间协调适应的过程。

随着公路路网的延伸和完善,公路桥梁设计已不仅仅以满足跨江涉水的实用功能为目的。在满足基本通行要求的基础上,很多公路桥梁在设计之初就明确提出了景观要求,希望在功能、美学、文化与技术方面达到统一,并将这一要求作为最终方案确定的关键性依据。一些地方单纯追求奇特造型而建造了一些结构明显不合理的桥梁,形成了所谓“奇奇怪怪的桥梁”,很多设计师和研究人员对此都表达了不同的意见。为了给公路景观桥梁设计提供正确的指导,交通部也开展了有关桥梁景观设计细则的研究。

与人行景观桥相比,公路桥梁的荷载更大,结构安全对结构合理性的依赖更强,合理结构体系对总体性能的影响也更加显著。另一方面,公路桥梁往往具有较大的尺度,建成后对于环境的影响不可忽略,既可以显著影响环境,也可以造就新的景观。这些条件既是公路景观桥梁设计的难点,也是其设计的机遇。因此,充分重视并在设计中体现景观和结构体系的相互依存关系是公路景观桥梁设计的关键。也就是说,如何平衡结构与景观之间的矛盾,实现景观(外部需求)和结构(内部能力)的协调,成为公路景观桥梁适应性的更深一层含义和要求。

公路景观桥梁的适应性设计就是基于适应性的概念,尝试从景观适应性(景观对基本设计需求的适应性)和结构适应性(结构对景观的适应性)两个方面,提出一个公路景观桥梁的基本设计过程,从而将桥梁的造型设计和结构设计完美地统一起来,为此类桥梁的设计和优化提供一个科学方法体系。

1.2 景观适应性

随着经济的发展,公众对生存环境的要求逐渐提高。尤其是随着近年来环境资源问题的凸显,对于人工环境的建造,人们也愈发强调与自然生态协调发展的重要性。

适应意味着自然环境对人类活动的限制，也意味着人类社会对自然环境的利用和再利用的可能性。随着社会文化领域越来越重视环境的可持续发展，“适应性保护”、“适应性再利用”、“适应性技术”等研究课题也应运而生。适应性运用于景观桥梁设计体现的是一种顺应自然、与自然合作的友善态度和面向未来的超越精神，即桥梁设计应该合理地协调桥梁与人、桥梁与社会以及桥梁与自然的关系。景观适应性包含地域文脉适应性、场所环境适应性以及对象内部适应性。

1.2.1 地域文脉适应性

地域是个体将环境感知和认识背景归结为含义，并体现在头脑中的时空框架。它包括通过大脑联想而归结出的感觉和含义。环境、情境、以往的体验及情感状态经思维进行整合后，地域以相互联系的整体出现。观赏者通过联想归结出价值与含义，原本物理层面的环境因此就有了意义，成为地域。地域是一种时空的体验，与使用者的行为、环境变化、环境展现的方式以及观者情绪变化相联系。

当一个环境在功能、文化、美学及联想上有意义时，就会形成地域感。地域的感知取决于环境的自然特性、个体的区域理想、预想行为、个性（喜好）层次，价值体系及思维中所存储的阅历等。个体通过感知和认知来诠释环境，并获得地域感。桥梁的地域感需要寻求该桥梁所在地域的各种特性（自然、生态、文化、社会、科技、经济等），这些特征联合起来影响感官和联想意义，并促成预想的行为，表现出既定的地域感。文脉从狭义上解释是指一种文化的脉络，它让我们可以从民族、地域中发觉文化的亮点，让我们采用一种积极的思维为环境注入新的生命，让历史的记忆得以延续。

桥梁是为道路跨越天然或人工障碍而修建的建筑物，既具有一切建筑物均具备的物质功能性，也体现了存在于物质功能性之上的社会性与精神性。景观桥梁的地域文脉适应性要求桥梁具备社会赋予的多重属性，将地域的、历史的、文化的、习俗的等抽象情感因素通过感知和认知传递出丰富的联想，形成舒适、和谐的个体体验。地域文脉适应性要求景观桥梁在设计中需要注意环境的文脉，让作为个体的桥梁与所在环境的文脉相融合，在创新的基础上表现出延续性。

社会和环境发展的总趋势都是新陈代谢，从历史的眼光来看，旧的不断让位于新的，这个总体趋势不会变。但社会和环境的发展过程中也总有一些固定不变的东西存在，而这些才能让人们对某个特定环境产生统一、连贯的认识，空间环境的美应该能够反映出这种环境和社会的新陈代谢，体现在景观桥梁中，就是要满足地域文脉的适应性。一方面，桥梁受到历史文化因素的影响和制约；另一方面，桥梁也是历史文化特色的载体。清晰的历史文脉和鲜明的地域特色才能令使用者和观者感受到厚重的文化底蕴，桥梁的景观价值才有坚实的基础。

马鞍山长江公路大桥位于安徽省东部，是一座跨径为 1080m+1080m 的三塔悬索桥。桥塔设计是其景观设计中的重点，而适应当地的历史文脉又是设计的基本需求。

徽派建筑是中国传统建筑中非常重要的一支，也是徽派文化的重要组成部分，以民居、祠堂、牌坊最为著名。过去，牌坊通常是表彰某位重要历史人物的功勋、德政或是忠孝节义所立的建筑物，也有用来标明地名，或作为地区交界而建的。作为联系马鞍山和巢湖的重要交通道路，同时也是进入马鞍山的一道门户，马鞍山长江公路大桥无论是地理位置还是政治、经济上的重要性都是不言而喻的。因此，在大桥的主塔选择上，以门洞式的牌坊为主要造型。三座桥塔均采用对称式布置，体现了徽派建筑讲究规整布局，强调单体恢宏体量的建筑文化。在桥塔的色彩应用上也以接近石材的灰白色为主，进一步凸显桥梁结构的粗壮、硕大，表现出徽派建筑所追求的儒道大家之风（图 1-1）。

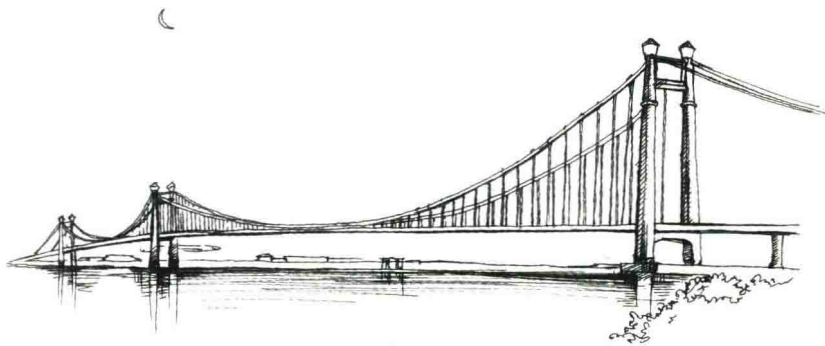


图 1-1
马鞍山长江公路大桥

1.2.2 场所环境适应性

桥梁作为特殊的大体量构筑物，不能离开它所建设的环境而独立存在，桥梁受到自然地理、社会人文、历史文化、技术经济、规划建设等环境因素的综合影响和制约。因此，场所环境是桥梁建设的前提条件，研究景观适应性也不应只局限于桥梁单体本身，还要重视桥梁建设和生成的环境。

场所环境适应性强调桥梁对区域环境资源的利用，以及与各项环境要素之间的呼应与衬托。桥梁作为现代城市景观的重要组成部分，对场所环境的深度解析是研究桥梁建筑的规划布置和结构形式的前提。桥梁方案需要符合适应性法则，使得桥梁自身既具有较好的美学表现，同时还要与区域的环境条件达到和谐统一。

场所是事件发生的空间，它反映了一般性和地方性的具体的生活情境。同时，场所的本质意义在于帮助人们获得归属感。场所因为受到自然、文化、经济、社会的发展和变迁而改变。场所正如一个活生生的有机体一样，总是处在不断的发展、繁荣、衰落的过程中，场所是一种具有多重认同性并且不断变化发展的空间。场所环境适应性要求强化桥梁设计与现有条件之间的匹配性，并将文化价值、生态价值和人们驾驭自然环境的体验与物质空间分析中的视觉艺术、空间契合等同对待。从某种意义上讲，设计的本质是创造场所，只有更用心地体验设计场地中隐含的特质，充分揭示场地的历史人文或自然环境特征，才能真正领会场所精神，让所设计的桥梁建筑参与到场地的自然历史演化活动中。

例如位于德国科隆的塞弗林桥，该桥在方案设计阶段之初设计师考虑了五种方案。从结构上来说，五种方案都是合理的，而从视觉心理上分析，河岸的左侧有一座尖顶式的大教堂，为了不遮挡教堂的风貌，寻求视觉平衡，后两种方案与人的视觉心理更为协调。因此最终选择了第五种斜拉桥的设计方案（图 1-2）。

又如位于日本赛艇基地的太阳海岸桥，该桥所在地区靠近海岸线，周围视野开阔，因此，在桥型选择上既要体现视觉的可识别性，又要能反映该地区的社会功能性质。最终以帆船的形态元素作为桥梁主要的造型语言。主塔犹如大海上扬起的风帆，一条条缆索除了

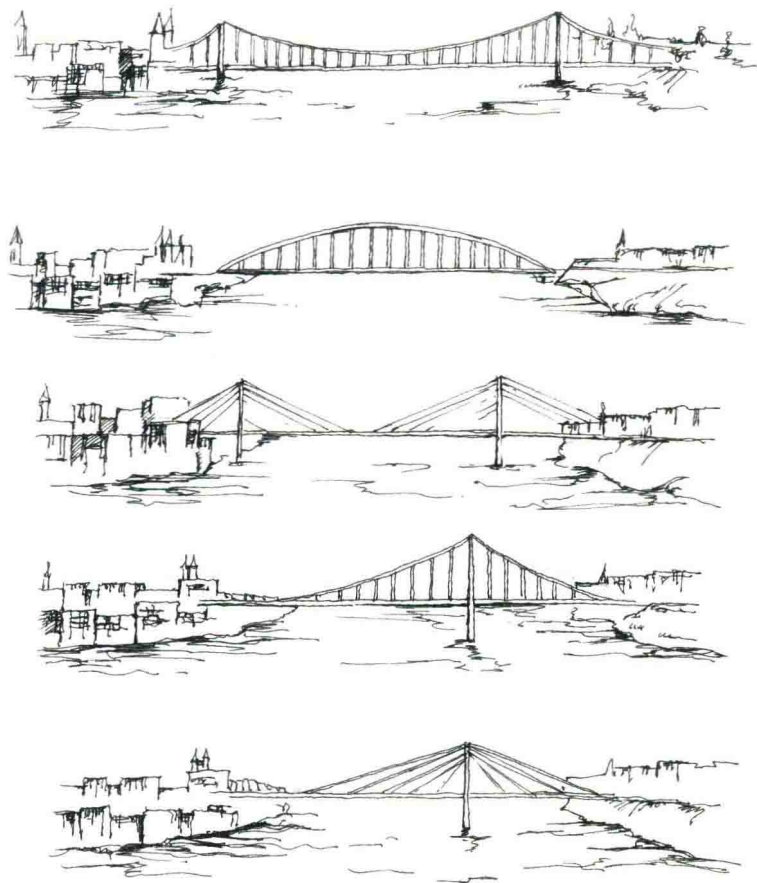


图 1-2
塞弗林桥

发挥结构作用外，在形式上也与航海帆船上的缆绳产生呼应，引发人们的联想（图 1-3）。

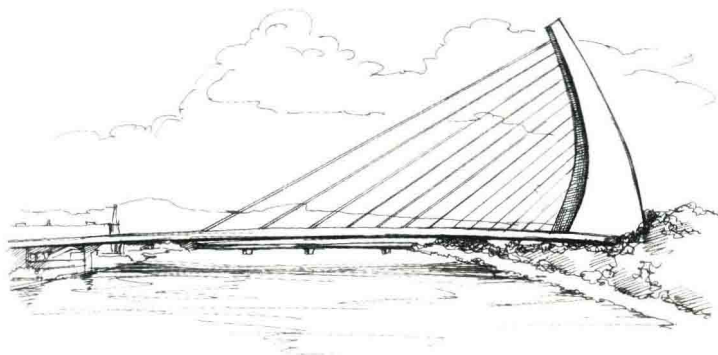


图 1-3
日本太阳海岸桥

1.2.3 对象自身适应性

桥梁不同于其他建筑类型，它跨越障碍而建，连接了两岸，表现为一种隔而不挡的景观形态，具有结构形式全部外露的形态特征；因此，桥梁的三维空间特征全部呈现在人的视野范围之内，观赏者对于桥梁有着直观的评价。公路桥梁由于所处的地理环境不同于一般城市桥梁，与其他人造构筑物常有一定距离，无论是视觉体量还是心理感知，公路桥梁带给人们的整体性要比其他桥梁更加强烈，这就要求人们在设计过程中，除了考虑桥梁与周围环境的协调之外，还需要考虑桥梁自身的适应性。桥梁自身的适应性需要至少考虑三方面的要求：结构主体、局部构件及桥上附属设施。

当人们感知周围环境时，尤其是人造构筑物在环境中出现时，物体的几何特性或是形状特性最易受到关注。针对桥梁而言，桥梁的结构主体可以理解桥梁的整体轮廓，即桥梁与周围环境区别辨识的形体边缘。结构主体的适应性要求桥梁主体与所在道路达到视觉上的均衡、连续与稳定；局部构件的适应性要求构成结构体的塔、墩、梁、台、碇等在造型体间形成良好的呼应，并带来整体协调统一的视觉体验；附属设施的适应性则要求桥上附属设施的形式、形态及空间布置与所在桥梁的结构主体或构件等有一定的对应关系。

基于视觉设计原则的设计方法是实现桥梁自身适应性最普遍使用的设计方法，如采用黄金分割法、比例图解法、特征矩形法、和谐音阶法等都能够设计出良好的桥梁主体造型，图 1-4 是黄金分割法在桥梁布跨中的应用。桥梁构件的线形及体态将决定桥梁的造型

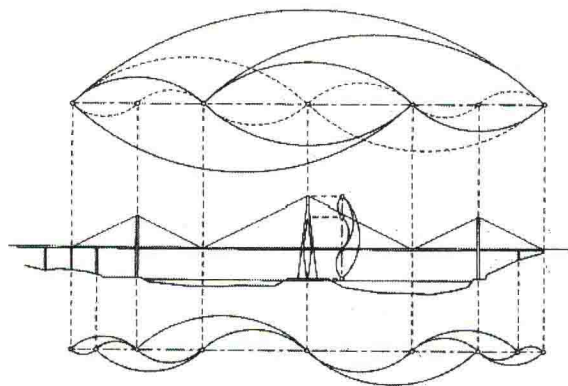


图 1-4
黄金分割法及其在桥梁布跨中的应用
(引用《桥梁选型》)