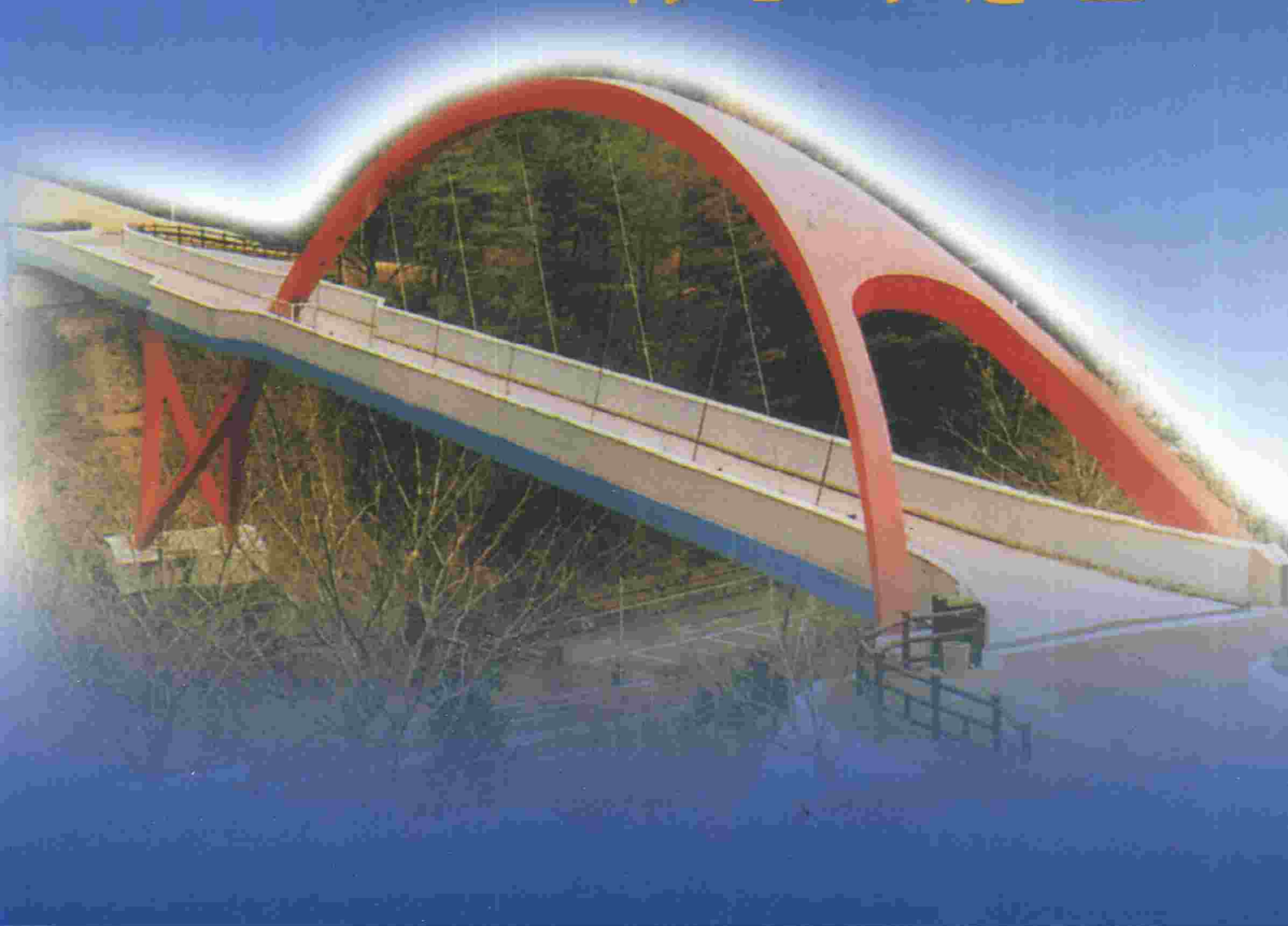


■ 慎铁刚 慎小巍 编著
■ 刘 洵 池春雷 绘画

桥梁建筑与小品

构思与造型



天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

778

桥梁建筑与小品

——构思与造型

慎铁刚 编著
慎小嶷

刘 洵 绘画
池春雷



A1011017

天津大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

桥梁建筑与小品：构思与造型 / 慎铁刚编著. —天津：
天津大学出版社，2002.1
ISBN 7-5618-1541-7

I . 桥… II . 慎… III . 桥梁工程—建筑美学 IV . U44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 092042 号

内容提要

本书从建筑师和桥梁工程师相结合的角度，提出了桥梁建筑美学设计的一种观念和方法。所介绍的观点新颖、简明、实用，是对传统桥梁建筑美学设计理论和方法的一个新的补充。

本书除文字部分之外，还辅以大量的桥梁实例，图文并茂，便于阅读和使用。

本书可供建筑师、桥梁美学工作者、桥梁工程师和大中专院校有关专业师生阅读。

出版发行 天津大学出版社
出 版 人 杨凤和
地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编：300072)
电 话 发行部：022 — 27403647 邮购部：022 — 27402742
印 刷 保定市印刷厂
经 销 全国各地新华书店
开 本 889mm × 1194mm 1/16
印 张 8
字 数 277 千
版 次 2002 年 1 月第 1 版
印 次 2002 年 1 月第 1 次
印 数 1-4 000
定 价 28.00 元

前 言

古往今来,桥梁以其特定的用途和出色的风姿,为中外建筑史和美学史谱写了无数脍炙人口的诗篇。1965年,茅以升先生正式提出了“桥文化”的观点,将桥梁的“艺术”列为桥文化的八大因素之一,认为“桥梁是一种自古有之最普遍而又最特殊的建筑物”。因此,人们从建筑美学的观点来讨论和研究桥梁美学就是十分恰当的。在桥梁建筑美学或桥梁美学的研究及应用领域,国内外学者已经作了大量的工作,取得了丰硕的成果。

从目前对桥梁建筑美学的研究现状看,基本上是用建筑形式美的经典法则去评价现有的、已经存在的桥梁,讨论它们的得与失。尤其我国学者在这方面的研究有很多独到之处,比如著名桥梁和美学专家唐寰澄先生早在武汉、南京长江大桥建设时代,就曾提出将桥梁的造型与桥头建筑的设计分开来考虑的主张。40年后的今天,大量的桥梁建筑实践证明了他的预见性是正确的。现代的桥梁,主要以自身的造型来显示其美感,基本上不设桥头建筑。又比如著名桥梁和美学专家樊凡先生主张力度美是体现桥梁美的一个极为重要的因素。他在对赵州桥的审美评价时就提出了“力线”的概念,认为“力线明快感”是赵州桥的一大特色。再比如桥梁美学学者盛洪飞先生认为,桥梁美学的研究手段实质上就是建筑美学,所以他的一本研究桥梁美学的著作,就直接命名为《桥梁建筑美学》。据笔者不完全统计,目前,国内外学者从建筑形式美的角度来讨论和评价现有桥梁的著作大概有30多部,可谓百花齐放。

因此,本书不讨论建筑美学或建筑形式美学的普遍规律及其在桥梁上的应用。一则因为这方面已经有十分经典的结论和著述;二则由于桥梁的结构类型比较少,功能比较单一,外观上容易给人一种“似曾相识”的感觉。所以,单纯从建筑形式美学的角度来讨论桥梁,有可能出现雷同或者重复。

作为对上述现象的一种探索,笔者认为,最根本性的办法是创作出更多、形式更新颖活泼的桥梁造型。这种造型,并不一定非要有一种新的桥梁结构类型出现,独立于现有的五种桥梁结构类型(梁桥、拱桥、刚架桥、斜拉桥和悬索桥)之外。也就是,要在这五种结构类型基础上来创作。举例来说,房屋建筑工程中有一种结构类型叫框架结

构,采用框架结构类型的房屋建筑多如牛毛,但是这类房屋建筑外观上给人的感觉并不单调,出现了千差万别。这就提示,同一种结构类型之下,可以允许有多种不同的外在表现形式。我想,桥梁建筑也具有同样的道理。为了达到这一目的,从事桥梁建筑设计的建筑师应该对桥梁建筑及其结构特征有更为深入的理解。

从建筑师的眼光来看,桥梁建筑与房屋建筑有很多地方是不同的。

(1)桥梁建筑极少像房屋建筑那样进行里外装饰,一般都将结构形式暴露在外。这种结构外露,并不像有些房屋建筑那样为追求某种风格而故意将结构外露,桥梁建筑的结构外露完全是自然形式,无需“三分人才七分打扮”,是一种先天素质,是美是丑,听其自然。也就是说,构成桥梁的结构元素,也就是构成桥梁的建筑元素。结构元素的美与丑,决定了建筑形式的美与丑。这一特点,很显然就对桥梁建筑在造型上、风格上有更高的要求。

(2)桥梁建筑的艺术效果一般是通过它的整体效果来体现的。观察桥梁,人们一般都在较远的地方,少则几十米,多则几百米甚至上千米。在这样的距离情况下,人们很难着意观察桥梁的细部。桥梁通过它的整体造型,通过它的各种组成元素之间的比例和尺度,通过它与周围环境的协调与否来获得人们的评价。与此相比,房屋建筑一般就不具备这样的特征。在房屋建筑密度大的情况下,人们观察它的距离一般只有几米、十几米,最多几十米。因此人们对它的观察既要看整体效果,更多的情况是看它的局部效果和细部效果。建筑整体鸟瞰图实际不是一种视觉效果,只是一种表示空间环境关系的方法。桥梁的这一特点,要求我们在研究桥梁建筑美的时候,要着重研究它的大效果,着重研究它的组成元素的美学特征。

当然,上述情况是针对大多数公共交通用桥梁而言的,至于公园内的小桥流水,城市内的高架桥和立交桥,还是需要一定的细部处理和着意雕饰。即便如此,能用粗犷、简朴的方法有时也能获得满意的效果。

(3)桥梁建筑的美感比房屋建筑更能体现出力度。首先,桥梁的功能是一种跨越和征服。有了桥梁,江河湖海不再是人们望洋兴叹的障碍物了,这其中便是一种气势和力度。再者,桥梁是一种巍然不动的建筑物,而它下面则是奔流不息的柔性水面。这一动一静、一刚一柔的对比,更体现出桥梁的阳刚之气,更能体现出桥梁的力度美。这

就要求我们深入研究桥梁的力度美,研究它的组成元素,尤其是它的承重构件元素的特征。

(4)桥梁建筑的功能单一,即使是公园的小桥,也是为跨越作用而修建的。其外观也就自然形成了一字形平面(个别为了观赏的桥梁例外)。它不像房屋建筑那样,服务功能千差万别,建设场地各不相同,因此可以形成千姿百态的平面布局和立面造型。相比之下,桥梁建筑的外形就十分单一,尽管每一座桥都有细微差别,但是同一结构类型的桥,比如梁桥、刚架桥、拱桥、斜拉桥和悬索桥五种形式,其外形大体上相同,使人有似曾相识的感觉。这就向建筑师和桥梁工程师提出了一个挑战,能不能在现行结构类型的基础上,创作出有个性的桥梁建筑?它既遵循结构和力学上的分类特征,又有自己与众不同的结构风格。这种创作,可能比建筑师在设计房屋时的创作条件更苛刻,难度也更大。

(5)在力的传递关系上,桥梁建筑比房屋建筑有更明确和直接的外在显示。这种显示,凭人的感觉就可以判别,并不需要通过复杂的力学分析。这种力的传递,被我国学者称为力线的传递,是一种能给人以美感的因素。如我国桥梁专家樊凡先生在评价大名鼎鼎的赵州桥时,有过一段分析:“在美观方面,它消除了实体拱高大侧墙的呆滞感,主拱券显露清楚,可以看出桥面荷载通过小腹拱由主拱券传向地基的力线,给人一种力线明快感。”上述情况说明,追求桥梁结构的力线美是一种桥梁美学。它不仅需要有美学的理论基础,同时需要对桥梁的结构类型和受力、传力特征有比较清晰的概念。在房屋建筑情况下,大多数是看不出其力线传递的;当然也有例外,著名建筑师贝聿铭先生的很多创作,就能体现出明快的力线,如为人们熟知的法国卢浮宫前的玻璃金字塔、香港中国银行的向上节节高耸的三角形平面等等。

与力学有关的另一个显著特征是,大多数桥梁结构的承重体系都可以分解成片状,按平面结构来进行估算。而且在没有电脑和算法解算大型线性方程组以前,所有桥梁的结构分析,事实上都是按平面结构进行的。但对于房屋建筑,这种分解就困难得多。上述桥梁建筑的特点,对于建筑师加深对桥梁建筑结构的理解,进一步创作出更合理而又富于变化的桥梁建筑来说,具有十分重要的意义。

基于上述认识,笔者拟将本书按如下思路进行论述。

(1)对桥梁的现有结构类型,从建筑师的角度并结合必要的力学

概念进行定性分析,重点介绍桥梁承重构件元素的可分解性和拼装方法,使建筑师从立体化的、不敢触动一根毫毛的桥梁结构中获得较为自由的创作条件,在桥梁美学的工作中与桥梁工程师有更多的共同语言。

(2)结合我们的两位朋友刘洵老师和池春雷老师搜集、临摹的一百多幅桥梁钢笔画实例图形,配合解说文字进行上述佐证。

本书旨在抛砖引玉。囿于笔者的认识和水平,书中定有不当之处,请同行专家和广大读者指正。

慎铁刚 谨识

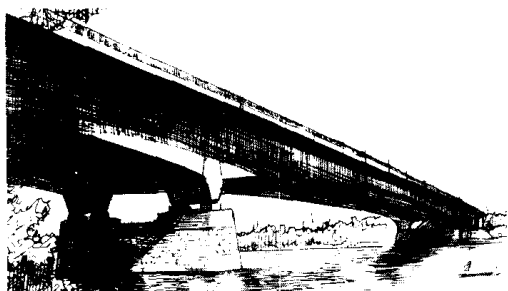
2001年7月

目 录

● 桥梁建筑的特征	1
梁桥	2
拱桥	6
刚架桥	11
斜拉桥	13
悬索桥	18
人体尺度	21
城市立交桥、高架桥和桥头堡建筑	22
● 桥梁钢笔画及文字解释	23
梁桥	24
拱桥	48
刚架桥	78
斜拉桥	86
悬索桥	100
小品·雕塑	107

目 录

● 桥梁建筑的特征	1
梁桥	2
拱桥	6
刚架桥	11
斜拉桥	13
悬索桥	18
人体尺度	21
城市立交桥、高架桥和桥头堡建筑	22
● 桥梁钢笔画及文字解释	23
梁桥	24
拱桥	48
刚架桥	78
斜拉桥	86
悬索桥	100
小品·雕塑	107

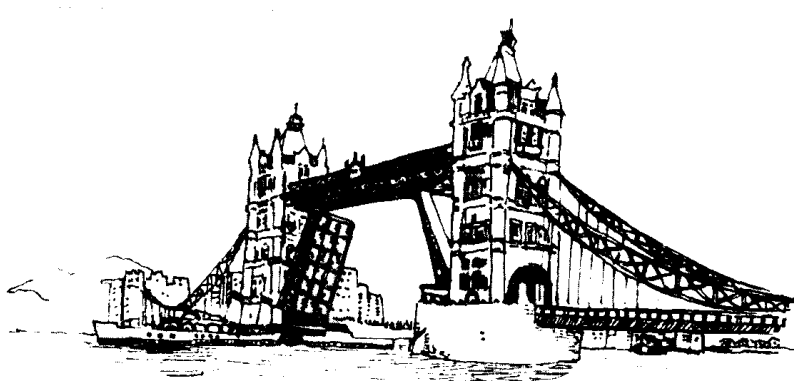
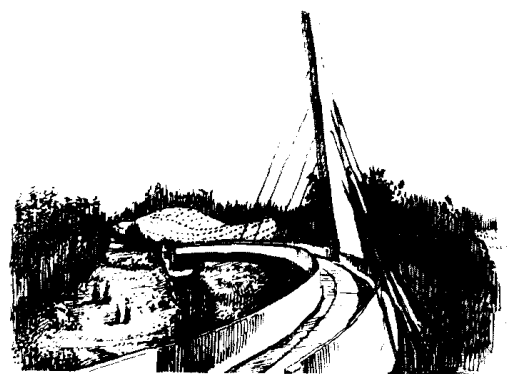
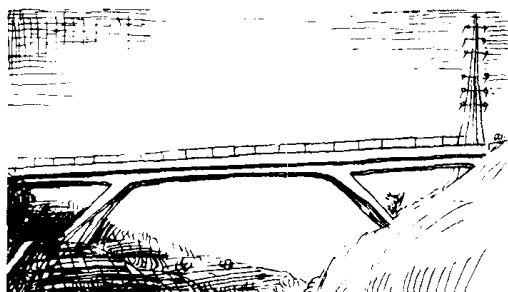
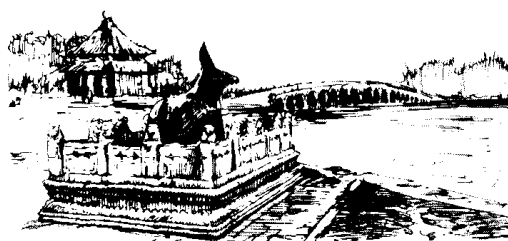


桥梁建筑的特征

当前在桥梁结构工程领域,人们常把桥梁分为如下五种类型:

- ①梁桥;
- ②拱桥;
- ③刚架桥;
- ④斜拉桥;
- ⑤悬索桥。

这种分类是从大的方面进行的,而对每一类按材料成分或杆系类别又可再分成若干小的类型。从建筑师的角度,这样分成五种类型是可以说明问题了,因为不但在结构工程学上有科学的界定,即使从建筑学的角度也是很相宜的。首先,它们代表了外观形式上的特征,同时也符合口头习惯上的叫法;其次,这样分类也非常有利于桥梁建筑美学设计和研究上的应用。为了建筑师能较直观地对以上几类桥型进行鉴别,有必要简述一下它们各自的特征。



1. 梁桥

最简单的梁桥(图1), 一根横梁搁置在两端的桥墩上。横梁材料可以是木质、石头或钢材, 墩台材料可以是木质、石头、砖、钢材或土墩。这样的横梁在结构工程上叫做简支梁。为从本质上说明简支梁桥的特点, 要看横梁与桥墩的连接情况。这种连接有下面两个特征。

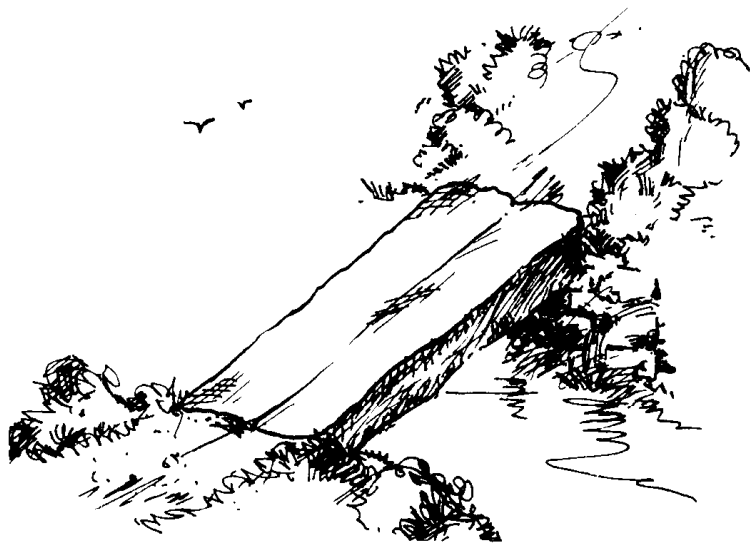


图1 最简单的梁桥

(1) 松散形式的连接, 横梁与桥墩未固结成一个整体;

(2) 横梁如果从中折断, 则横梁会从桥墩上掉下去, 但桥墩并不受任何影响, 见图2。

但是当跨越较宽的河流时, 横梁由于本身的跨度有一定的限制, 不可能有任意的长度, 所以就需要在中间增加桥墩的数量。至于横梁, 就分为两种情况: 第一种情况是每两个墩台之上放置一根; 第二种情况是一根横梁下放置三个或三个以上的墩台。第一种情况仍然叫做简支梁桥, 第二种情况则称为连续梁桥。

有时梁桥的横梁在桥墩处及其附近截面尺寸做得很大, 而往中部横梁截面高度逐渐变小, 道理有如建筑工程中的牛腿一样, 见图3。这样做一是为了外观上的需要, 处理以后, 梁的上部会变为水平直线, 梁的下部则往往为圆弧形曲线, 十分优美动人; 二是可以节省材料, 因为从结构上考虑梁的中部不需要像墩台处一样的横截面, 这部分材料可以节省下来。

一座桥梁的桥面都有一定的宽度, 往往用一根横梁不够, 需要将几根横梁拼起来, 形成比较宽的桥面以利交通。因此从外表上看来, 一座立体的桥梁, 可以沿它的车行延伸方向作向下垂直切割, 切成片状的平面桥梁。这就是结构工程上常说的将立体结构平面化的空间想像。这个方法极为重要, 无论对于结构工程还是建筑学专业的建筑师都有同样的重要性。还可以说得稍为详细一点, 结构工程是一个很古老的学科, 从古至今, 在房屋建筑和桥梁工程中建成了不胜枚举的力学上堪称杰作的作品。在电脑发明以前, 人们在建设上述工程的时候, 同样碰到了十分复杂繁琐的力学分析, 他们不可能用手工算法去解决含几十、几百甚至上千个未知数的线性方程组, 也就是说不可能对结构物的立体进行多元方程计算。但人们解决上述问题的办法很巧妙, 就是将立体平面化, 先对平面进行分析, 然

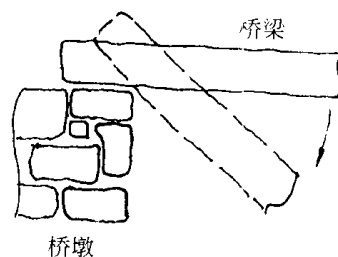


图2 简支梁桥的特征

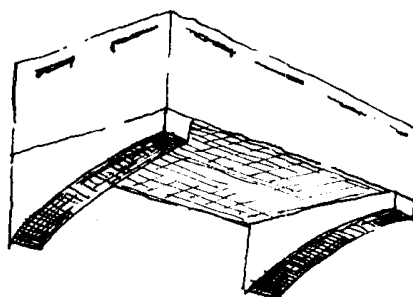


图3 建筑工程中的牛腿

梁桥常作成实心或空心的形式。古代的梁桥，材料一般是木质或石材，此时桥面横向的断面是矩形，或者随木料的圆断面形式，见图6。现代的梁桥，材料一般用钢筋混凝土制作。由于材料的可塑性好，所以桥面横梁的断面形式种类很多，比如T形、I形、II形，桥墩形状也极其丰富，见图7。这些条件，给桥梁美学设计者提供了很大的方便。

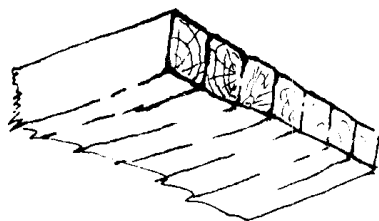


图6 矩形梁桥横断面

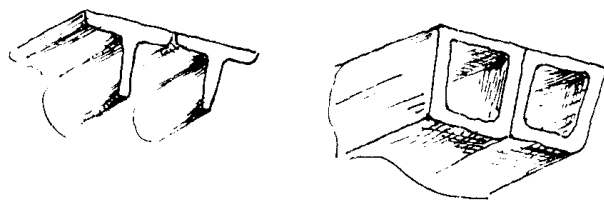


图7 各种横断面举例

梁桥的另一大类型就是桁架梁桥。我国武汉长江大桥和南京长江大桥是桁架梁桥。南京长江大桥在桥墩处加了腋，但它仍然是梁桥类型。这种在桥墩处加腋的方法，对于实腹式梁桥和桁架式梁桥都是同样的原理。相对于实腹式梁桥而言，桁架式梁桥也可称之为空腹式梁桥。这种对问题的认识方法，在建筑结构工程中亦有使用。比如在估算井式楼盖的力学性能时，就可以将挖空的井式楼盖视为等厚度的实心楼盖一样进行计算，见图8。这种计算方式，不但有利于建筑师快捷估算，更重要的是提出了一种对问题本质的认识途径。如果对估算过程中的误差来源有了比较清楚的认识，那么这种方法，就不只是一种大概的估算，而是在结构设计中可以使用的可靠计算方法。

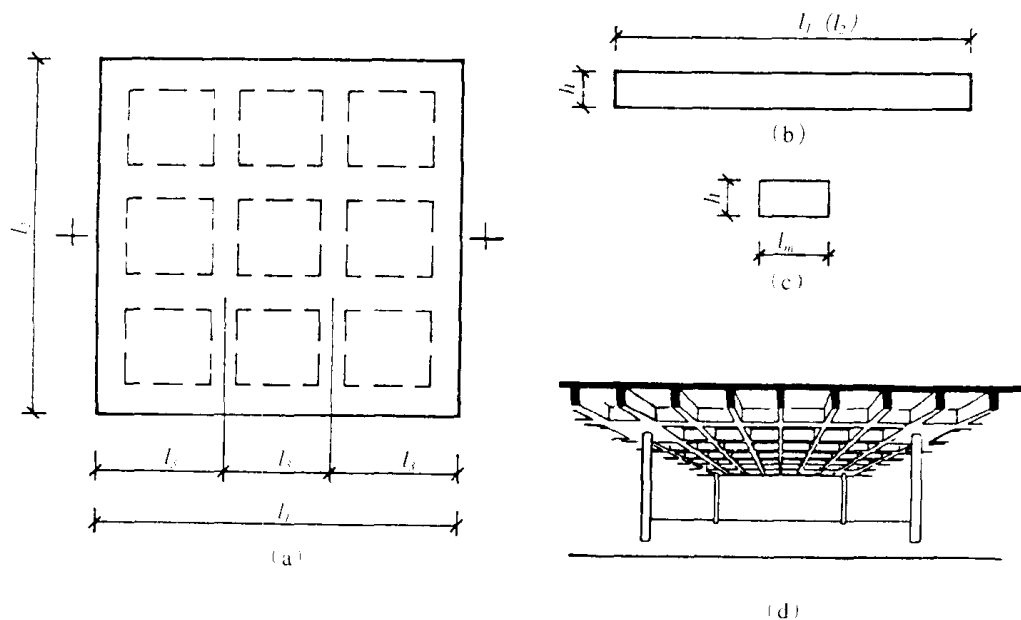
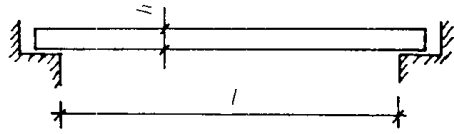
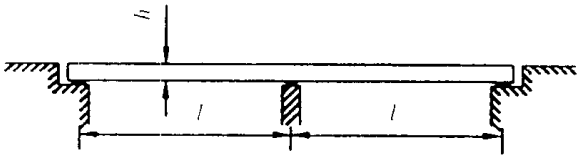
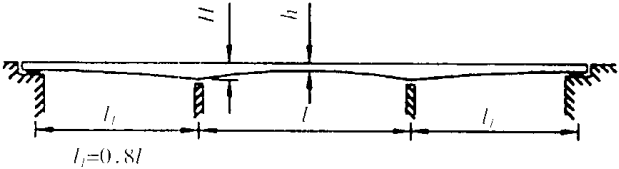
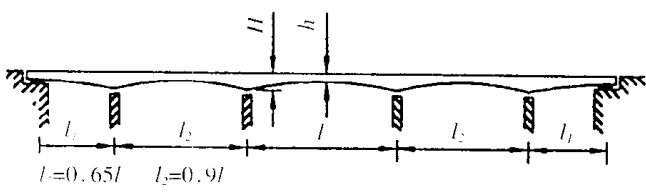
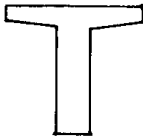
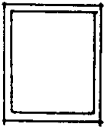
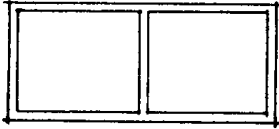


图8 井式梁的近似分析

梁桥的常用尺度见表1，表中所给梁桥形状是实腹式，至于空腹式的桁架梁桥，可以将其外轮廓线看成与实腹式一样，此时，就可以参照表1使用。关于这种观点，在上文已有比较详细的论述，此处从略。

表 1 梁桥参数表

序号	桥 型	参 数	适用范围
1		$h = (1/8 \sim 1/12) l$	$l \leq 50 \text{ m}$
2		$h = (1/12 \sim 1/20) l$	$l \leq 120 \text{ m}$
3		$h = (1/12 \sim 1/20) l$	$l_1 \leq 120 \text{ m}$ $l \leq 150 \text{ m}$
4		$h = (1/12 \sim 1/20) l$	$l_1 \leq 100 \text{ m}$ $l_2 \leq 150 \text{ m}$ $l \leq 170 \text{ m}$
常用横断面形式			
	矩形		
			
	T 形		
			
	梯形		
			
	箱形		
			
	复合形		

2. 拱桥

拱桥是桥梁中最能充分发挥美学创作的一种桥型。拱桥外观上富于变化,刚柔相济,给人以力度感和美的享受。我国河北赵县的赵州桥就是一座石拱桥,见图4。它建于一千四百多年前的隋代,历经沧桑,至今仍然是桥梁建设史上美的典范,已成为千古绝唱。

拱桥的发展历史悠久(见图9),现在尚存的拱桥实物可以追溯到公元前古罗马时代。如法国境内的古罗马加尔德水道拱桥(图10),建于公元前63—公元前13年间,由三层拱券组成,总高47.4 m,总长度约300 m,底层大拱跨度24.4 m,三层拱券均由连续的拱组成,看上去有很好的重复韵律感。该桥用灰黄色石料砌成,在周围树木的绿色衬托下,色调调和、雅致。加尔德拱桥是用来输送水的,它充分反映出西方古代劳动人民的智慧。

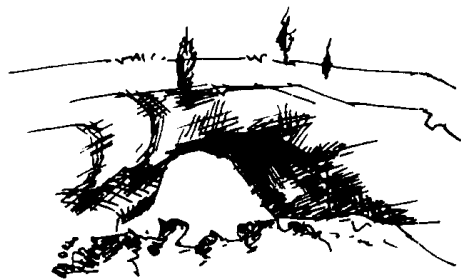


图9 天然拱桥

随着时代的进步,科学技术和材料的发展已今非昔比。早年由于受到条件的制约,拱桥大都用石料砌筑,因而跨度受到限制。现代的钢筋混凝土拱桥,单孔跨度可达450 m。同时由于钢筋混凝土材料的可塑性好,所以它的外观上更是百花吐艳,令人赏心悦目。

为了能得心应手地在桥梁建筑美学设计和研究中选用拱桥这一类型,兹将其特点简述如下。

(1) 与梁桥的区别。

除了在外观上对拱与梁这两类桥型进行定性的区分之外,还需结合一些力学上的特征加以分析。

①梁桥在垂直荷载作用下,梁的内力是以弯矩和剪力为主,轴向力影响很小或不考虑;而拱桥在垂直荷载作用下,拱的内力是以轴力为主,而弯矩和剪力较小,有的拱桥甚至可以做成纯轴向力形状。

②梁桥在桥墩处是以承受垂直于地面的压力为主;水平方向的推力很小,理论分析时认为水平推力为零。在拱桥的桥墩处,必须承受由拱传来的斜向地心的推力。这一斜向推力可以分解为一个垂直分力和一个水平分力。也就是说,拱桥的桥墩除了和梁桥一样,需要承受垂直压力之外,还需要承受拱传来的水平推力,见图11。

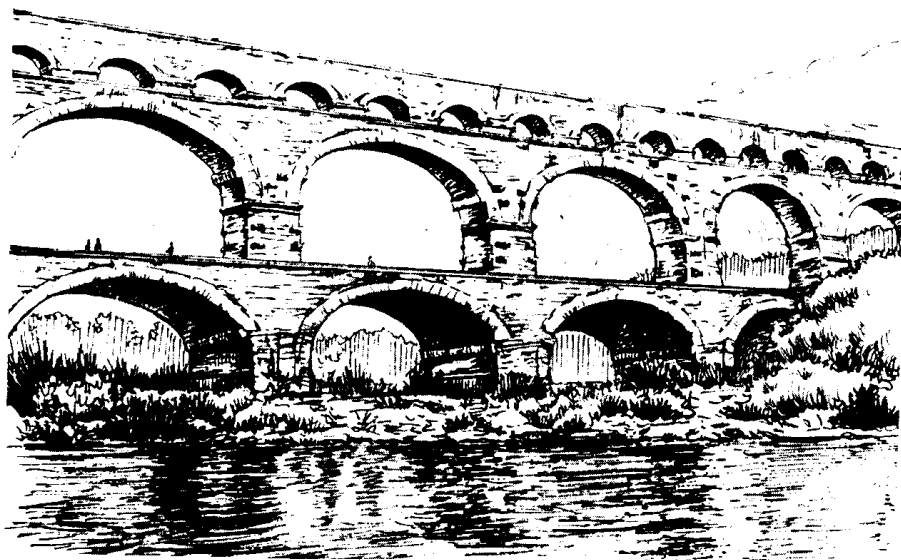


图10 法国加尔德水道拱桥

(2) 拱桥的特点。

拱桥两侧的两个平面弓弦形的拱结构平面相对于地面可以成垂直放置,这时整个桥的形状如图13,两片侧拱是互相平行的,它们以桥面纵向中心轴线空间对称;也可以将两片侧平面拱与地面成某一角度布置,当两片拱顶均向桥面一侧(即均向桥里侧)倾斜时,形状如图14,此时两片侧面互相不平行;当两片侧平面拱顶均向桥面外倾斜时,此时外形上大下小。目前在桥梁实例中,尚未发现这种形状。



图13 两片拱平行放置组成拱桥

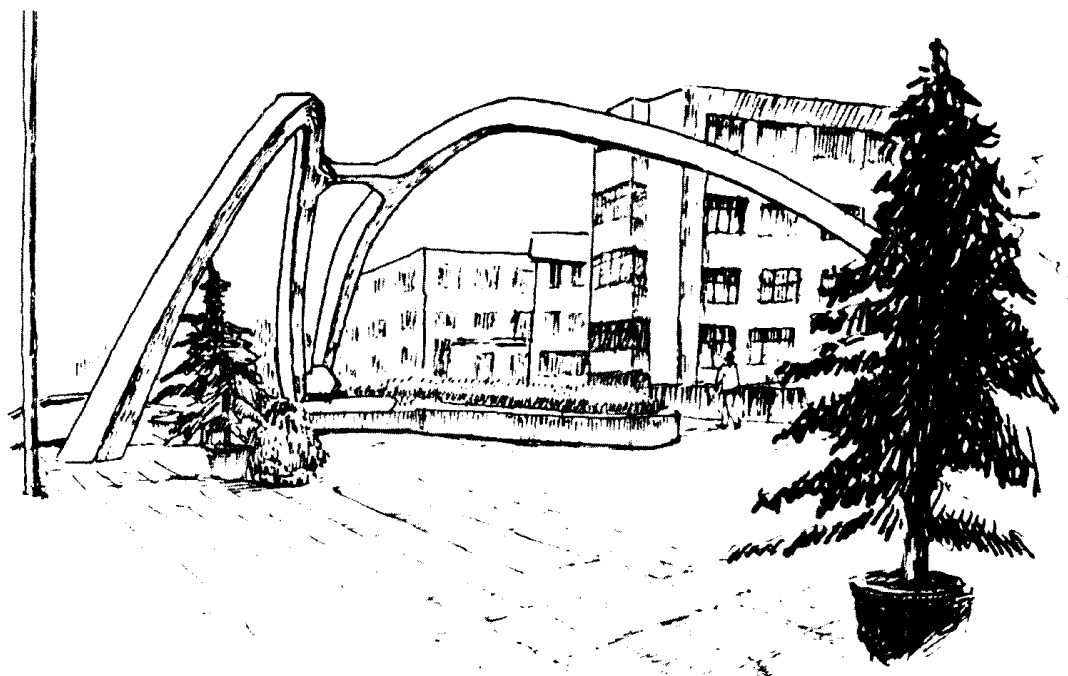


图14 两片拱不平行放置组成拱桥

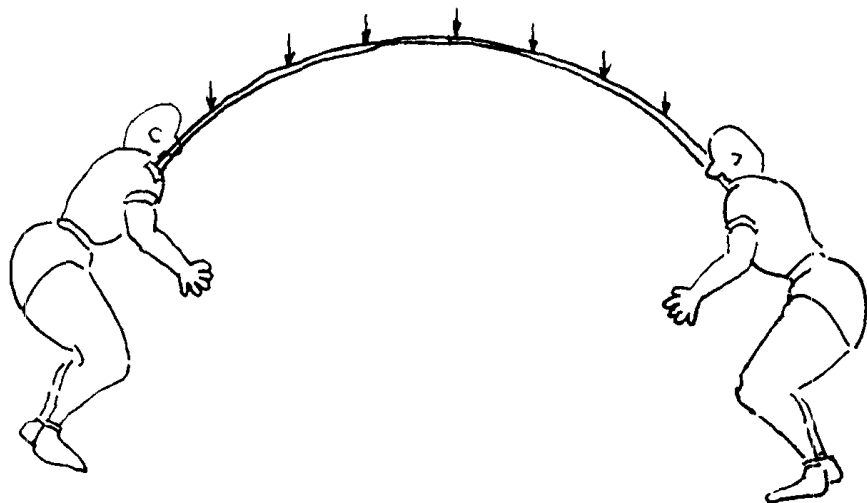


图 11 拱是有推力的

由于拱的这种特点，需要注意拱桥的应用场合。比如当河流的两岸有比较坚固的岩土地基时，建造拱桥的桥墩就很适宜。岩石可以较好地抵抗拱的水平推力，就像用两只大手从两岸把拱桥“挤住”。

当然还有解决水平推力的办法，想像用一根钢缆绳系住两岸的拱脚，形成一种“拉力”，也可以有效地解决拱桥在桥墩处的水平推力。这种形状的拱桥，外观犹如一张弓。弓背就是圆拱，弓弦往往可以与桥面的某一结构材料合用，正所谓桃园养蜂，一举两得。这种形状的拱桥，又叫带拉杆拱桥。它的两端桥墩，事实上已经与梁桥的桥墩完全一样，仅仅承受桥面的垂直压力了；而这张弓样的拱桥本身，如果将它看成一个实心半月型，则与梁桥几乎近于吻合了，见图12。这时的“拱形状”桥，虽然外观上像拱，但实质上已经是梁。

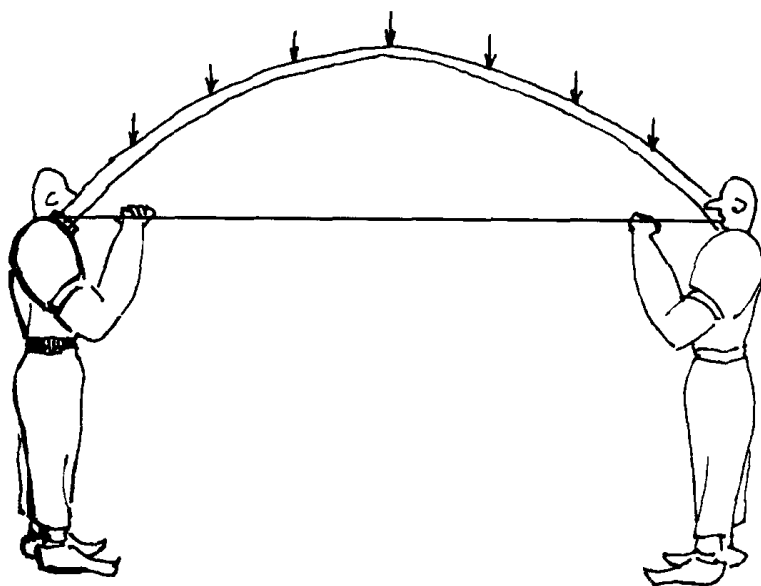


图 12 拱的推力由拉杆承担

前面介绍的关于将梁桥立体结构平面化的观点，同样适用于拱桥。可以将外观上错综复杂的拱桥结构，看成是由一片一片的平面“积木”拼装而成。这样不但使问题可以在结构定性分析时大大简化，更重要的是可以拼装出各种形状不同的立体拱。

这些形状不同的立体拱，每一平面可以近似地按照平面拱进行结构的力学分析，可以按平面拱进行建筑师有关美学设计的思考。当建筑师有了比较清晰的结构概念之后，他将会在其设计领域创作出更新颖、合理的方案来。