



交通类成人高等教育系列教材

桥梁工程

主 编 王保群
副主编 范大宇 徐向锋



山东大学出版社

Jiaotonglei
Chengren Gaodeng
Jiaoyu Xilie Jiaocai

交通类成人高等教育系列教材

桥 梁 工 程

主 编 王保群

副主编 范大宇 徐向锋

山东大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

桥梁工程/王保群主编. — 济南: 山东大学出版社, 2007. 9
(交通类成人高等教育系列教材)
ISBN 978-7-5607-3456-9

I. 桥...

II. 王...

III. 桥梁工程—成人教育: 高等教育—教材

IV. U44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 140829 号

山东大学出版社出版发行

(山东省济南市山大南路 27 号 邮政编码: 250100)

山东省新华书店经销

济南铁路印刷厂印刷

787×1092 毫米 1/16 22.5 印张 520 千字

2007 年 9 月第 1 版 2007 年 9 月第 1 次印刷

定价: 30.00 元

版权所有, 盗印必究

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社营销部负责调换

前言

本书是根据教育部颁布实施的《普通高等学校本科专业目录》中规定的土木工程专业培养目标和教育部审定的《桥梁工程课程教学基本要求》编写的。在编写过程中,结合交通部新近颁布的公路行业技术标准、设计规范、施工规范,在总结多年教学经验的基础上,力求做到取材适宜,内容简练,知识新颖、全面。特别是增加了部分桥梁施工新技术、新工艺和新材料,紧密结合当前桥梁发展趋势,更有利于培养学生分析问题、解决工程问题的能力。

本书可作为成人高等教育“土木工程”专业专用教材,也可作为普通高等教育、高等教育自学考试“土木工程”专业的教材,也可供工程技术人员参考。

全书共分三篇,由王保群任主编,范大字、徐向锋任副主编。第一篇第一、二、三章由王保群编写;第二篇第四、五、六章由范大字编写,第七、八章由徐向锋编写,第九、十章由徐向锋、王保群编写,第十一章由平树江编写;第三篇第十二、十三章由张平编写;第十四、十五章由马国峰编写,第十六、十七、十八章由王保群编写,第十九、二十章由李树东编写。

为便于成人高等教育、高等教育自学考试人员业余学习、复习及应用,本书各章均给出了应掌握的重点,章后附有练习题。书末附有自学进度表,可供学生学习时参考。

全书由长安大学黄平明教授主审。

本书在编写过程中,众多专家、学者提出了宝贵意见,在此表示衷心的感谢。

由于作者水平所限,在内容和结构编排上,不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者
2007 年 7 月

目 录

第一篇 总 论

第一章 概 述.....	(3)
第一节 桥梁发展概况.....	(3)
第二节 桥梁的组成和分类	(10)
第二章 桥梁总体规划与设计	(17)
第一节 桥梁总体规划及基本设计资料	(17)
第二节 桥梁纵、横断面设计和平面布置.....	(19)
第三章 公路桥梁上的作用	(26)
第一节 作用的种类与取值	(27)
第二节 作用效应组合	(36)

第二篇 桥涵构造与计算

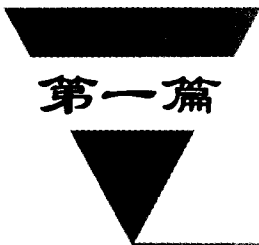
第四章 桥梁上部结构概述	(43)
第一节 桥梁桥面系组成	(43)
第二节 桥梁支座	(56)
第三节 梁桥的特点与分类	(60)
第四节 拱桥的特点与分类	(64)
第五章 简支板桥的构造	(70)
第一节 板桥的类型及特点	(70)

第二节 整体式板桥的构造	(73)
第三节 装配式简支板桥的构造	(74)
第四节 斜交板桥的受力特点与构造	(77)
第六章 装配式简支梁桥的上部构造	(82)
第一节 装配式钢筋混凝土简支梁桥的构造	(82)
第二节 装配式预应力混凝土简支梁桥的上部构造	(91)
第七章 其他体系梁桥的上部构造特点	(98)
第一节 悬臂体系梁桥	(98)
第二节 连续体系梁桥	(100)
第三节 斜拉桥	(103)
第四节 悬索桥	(106)
第八章 拱桥的上部构造	(110)
第一节 主拱圈的构造	(110)
第二节 拱上建筑的构造	(125)
第九章 梁桥上部结构的计算	(134)
第一节 行车道板计算	(134)
第二节 荷载横向分布计算	(143)
第三节 主梁内力计算	(159)
第十章 桥梁墩台构造与计算	(172)
第一节 概 述	(172)
第二节 桥墩结构	(173)
第三节 桥台构造	(182)
第四节 桥墩计算	(191)
第五节 桥台计算	(204)
第十一章 涵洞的构造与设计	(209)
第一节 涵洞的分类	(209)
第二节 洞身和洞口构造	(210)
第三节 涵洞测设及计算	(220)

第三篇 桥梁施工

第十二章 桥梁施工技术	(235)
第一节 概 述	(235)
第二节 桥梁施工组织管理	(238)
第十三章 桥涵施工测量	(240)
第一节 概 述	(240)
第二节 桥位测量	(241)
第三节 桥梁高程测量	(246)
第四节 桥梁墩台定位与轴线测量	(248)
第十四章 装配式梁桥的施工	(252)
第一节 装配式钢筋混凝土主梁(构件)的预制工艺	(253)
第二节 装配式预应力混凝土主梁(构件)的预制工艺	(263)
第三节 预制主梁(构件)的运输和安装	(278)
第十五章 梁桥就地浇筑施工	(286)
第一节 概 述	(286)
第二节 支架与模板工程	(287)
第三节 混凝土浇筑工程	(289)
第四节 预应力筋张拉与支架的拆除	(292)
第十六章 悬臂施工技术	(294)
第一节 概 述	(294)
第二节 悬臂浇筑施工	(295)
第三节 悬臂拼装施工	(306)
第十七章 顶推施工技术	(313)
第一节 概 述	(313)
第二节 顶推施工力学分析及力筋的布置	(314)
第三节 顶推施工方法	(315)

第十八章	逐孔施工技术·····	(320)
第十九章	拱桥施工·····	(324)
第一节	拱桥有支架施工·····	(324)
第二节	拱桥无支架施工·····	(332)
第二十章	桥梁墩台施工·····	(341)
第一节	墩台浇筑·····	(341)
第二节	滑动模板施工技术·····	(344)
附录	自学进度表·····	(350)
参考文献	·····	(351)



第一篇

总 论

第一章

概 述

学习目标

1. 了解桥梁在公路交通事业中的地位和概况。
2. 掌握桥梁的基本组成和术语名称。
3. 掌握桥梁的结构类型和特点。

第一节 桥梁发展概况

建立四通八达的现代化交通网,大力发展交通运输事业,对发展国民经济,促进文化交流和巩固国防等具有非常重要的作用。在修建公路与铁路等交通基础设施时,经常会遇到河流、峡谷等障碍物,为保证路线的连续性而专门修建的用来跨越各种障碍物的人工结构物称为桥梁(或涵洞)。

在公路建筑中,桥涵是路线的重要组成部分。桥梁工程在工程规模上一般要占公路总造价的10%~20%。就其数量来说,即使地形不复杂的地段,每公里路线上一般也有2~3座桥涵。到2002年年底,全国公路桥梁的数量已达29.9万座,总长度1161.2万延米。同时,桥涵在施工中也是保证全线通车的瓶颈。因此,正确、合理地进行桥涵设计和施工,对于加快施工进度,降低工程费用,保证工程质量和促进科学技术的发展,都有着极其重要的意义。

一、我国桥梁建筑概况

我国的桥梁建筑在历史上是辉煌的,古代的桥梁不但数量惊人,类型也丰富多彩,几乎包括了所有近代桥梁中的最主要形式。所用的材料多是一些天然材料,例如土、石、木、砖等。

根据史料记载,在三千年前的周文王时期,我国就在渭河上架设过大型浮桥。隋唐时期,是我国古代桥梁的兴盛年代,其间在桥梁形式、结构构造方面有着很多创新。宋代之

后,建桥数量大增,桥梁的跨越能力、造型和功能又有所提高,充分表现了我国古代工匠的智慧和艺术水平。举世闻名的河北省赵县的赵州桥(图 1-1-1),又称安济桥,就是我国古代石拱桥的杰出代表。该桥在隋大业初年(公元 605 年左右)为李春所创建,是一座空腹式的圆弧形石拱桥,全桥长 50.82m,净跨 37.02m,宽 9m,拱矢高度 7.23m。在拱圈两肩各设有两个跨度不等的腹拱,这样既能减轻桥身自重、节省材料,又便于排洪、增加美观。赵州桥采用纵向并列砌筑,将主拱圈分为 28 圈,每圈由 43 块拱石组成,每块拱石重 1 吨左右,用石灰浆砌筑。赵州桥至今仍保存完好。

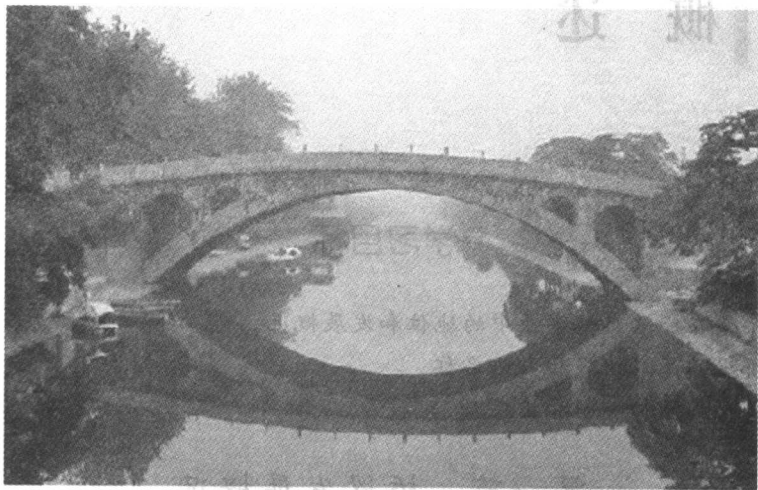


图 1-1-1 河北赵县赵州桥

在秦汉时期,我国已广泛修建石梁桥。世界上现在尚存最长、工程最艰巨的石梁桥,就是我国于 1053~1059 年在福建泉州建造的万安桥,也称洛阳桥。此桥长达 800 多米,共 47 孔,位于“波涛汹涌,水深不可址”的海口江面上。此桥以磐石遍铺桥位江底,是近代筏形基础的开端,并且独具匠心地将养殖海生牡蛎的方法胶固桥基使成整体。万安桥的石梁共 300 余根,每根重 20~30 吨,这样重的梁在当时采用“激浪以涨舟,悬机以弦牵”的方法架设,也就是利用潮汐的涨落控制船只的高低位置,这是现代浮运架桥的雏形。

我国是最早有吊桥的国家,迄今至少有三千年左右的历史。据记载,到唐朝中期,我国就从藤索、竹索发展到用铁链建造吊桥。至今尚保留下来的有四处,最典型的是泸定县的大渡河铁索桥(1706 年)以及灌县的安澜竹索桥(1803 年)。泸定铁索桥跨长约 100m,宽约 2.8m,由 13 条锚固于两岸的铁链组成,1935 年中国工农红军长征途中曾强渡此桥,由此更加闻名。

新中国成立后,我国的公路建设事业突飞猛进,桥梁建设取得了很大的成就。

1957 年,第一座长江大桥——武汉长江大桥的胜利建成,结束了我国万里长江无桥的状况,标志着我国建造大跨度钢桥的现代化桥梁技术水平提高到新的起点。大桥的正桥为三联 $3 \times 128\text{m}$ 的连续钢桁梁,下层双线铁路,上层公路桥面宽 18m,两侧各设 2.25m 人行道,包括引桥在内全桥总长 1670.4m。1969 年,我国又胜利建成了举世瞩目的南京长江大桥,这是我国自行设计、制造、施工,并使用国产高强钢材的现代化大型桥梁。该桥

上层为公路桥,下层为双线铁路桥,包括引桥在内,铁路桥梁全长 6772m,公路桥梁全长为 4589m。桥址处水深流急,河床地质极为复杂,大桥桥墩基础的施工非常困难。南京长江大桥的建成,显示出我国的建桥技术已达到了世界先进水平,也是我国桥梁史上又一个重要标志。

从拱桥的发展进程来看,我国因地制宜,就地取材,修建了大量经济美观的石拱桥。目前世界跨度最大的石拱桥是于 1999 年底建成的跨度为 146m 的山西丹河新桥。世界跨度最大的混凝土拱桥是于 1997 年建成的重庆万县长江大桥,跨度为 420m,其主拱圈是采用钢管混凝土劲性骨架法施工的。2003 年建成世界跨度最大的钢箱拱桥——上海卢浦大桥(图 1-1-2),大桥主桥为全钢结构,全长 750 米,采用一跨过江,主跨为 550m。主桥按 6 车道设计,设计航道净空为 46 米,通航净宽为 340 米。2005 年建成世界跨度最大的钢管混凝土拱桥——巫山长江大桥(图 1-1-3),主跨为 492m。

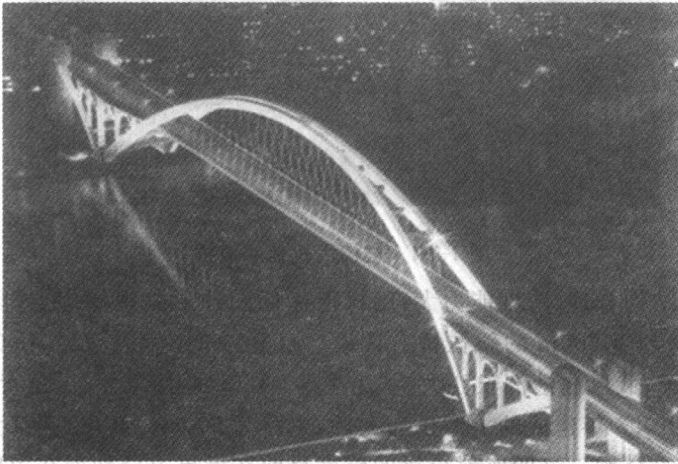


图 1-1-2 上海卢浦大桥

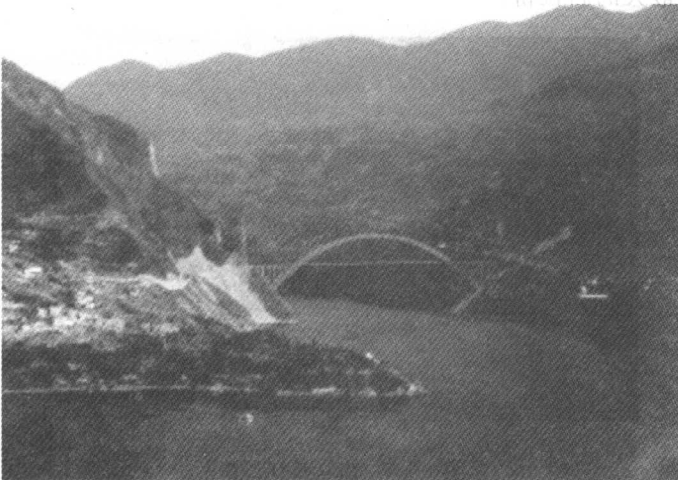


图 1-1-3 巫山长江大桥

钢筋混凝土与预应力混凝土的梁式桥在我国也获得了很大的发展。对于中小跨径的梁桥(跨径 $5\sim 25\text{m}$),已广泛采用配置低合金钢筋的装配式钢筋混凝土板式或肋板式梁式的标准化设计,它不但经济适用,并且施工方便,能加快建桥速度。我国装配式预应力混凝土简支梁桥的标准化设计,跨径为 40m 。1976年建成了洛阳黄河公路大桥,跨径为 50m ,全长达 3.4km 。1997年建成的主跨为 270m 的虎门大桥辅航道桥是中国跨度最大的预应力混凝土梁桥,跨度排名世界第三位(图 1-1-4)。

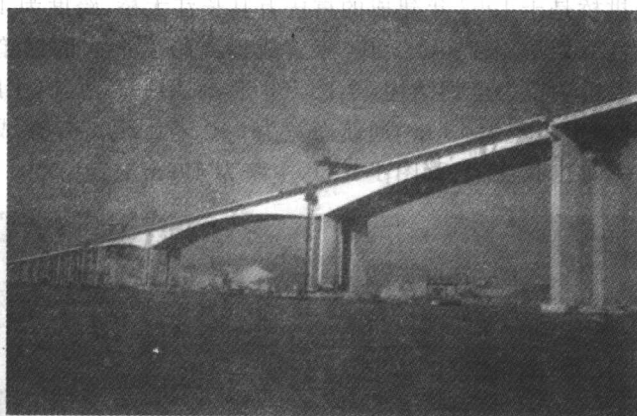


图 1-1-4 虎门大桥辅航道桥

由于斜拉桥结构合理、跨度能力大、用材指标低和外形美观等优点,因而得到迅速发展,目前我国主跨超过 600m 的斜拉桥有四座。已建成的南京长江二桥(图 1-1-5),为主跨 628m 的钢箱梁;武汉白沙洲长江大桥,为主跨 618m 的混合梁;福建青州闽江大桥,其主跨为 605m ;而1993年建成的上海杨浦大桥,主跨为 602m 。其中,闽江大桥和杨浦大桥均为钢—混凝土组合梁。这四座斜拉桥的跨度目前在世界上分别列在第四、第五、第六和第七位。正在建设中的苏通长江大桥主桥采用主跨 1088m 的双塔双索面钢箱梁,建成后将成为世界跨度最大的斜拉桥。

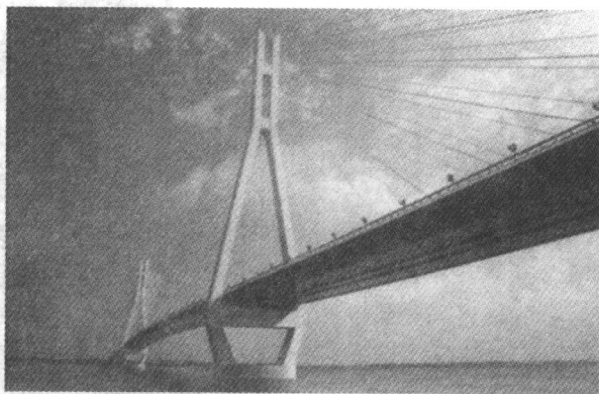


图 1-1-5 南京长江二桥

悬索桥的跨越能力在各类桥型中是最大的。我国于1999年9月建成通车的江阴长

江大桥,主跨 1385m,是中国第一座跨度超过千米的钢箱梁悬索桥,世界排名第五。该桥在沉井、地下连续墙基础、锚碇、挂索等工程施工中创造的经验,将会推动我国悬索桥施工技术的进一步发展。2005 年建成通车的润扬长江大桥(图 1-1-6),主跨 1490m,是我国跨度最大的悬索桥,世界排名第四。我国香港的青马大桥,全长 2160m,主跨 1377m,为公铁两用双层悬索桥,是香港 21 世纪标志性建筑。它把传统的造桥技术升华至极高的水平,宏伟的结构令世人赞叹,在世界 171 项工程大赛中荣获“建筑业奥斯卡奖”。



图 1-1-6 润扬长江大桥

我国首座外海跨海大桥——上海东海大桥于 2005 年 11 月建成通车。东海大桥全长 25km,按双向六车道高速公路标准设计,桥面宽 31.5m,设计行车速度 80km/h。全桥设五千吨级单孔双向主通航孔一处,通航净高 40m、桥跨 420m,桥墩按万吨级防撞能力设计。正在建设的宁波杭州湾跨海大桥和青岛跨海大桥,分别长 36km 和 35.4km,预计将于 2008 年建成。

二、国外桥梁建筑概况

纵观世界桥梁建筑发展的历史,与社会生产力的发展,工业水平的提高,施工技术的进步,数学、力学理论的进展,计算技术的革新等方面都有关系。其中与建筑材料的革新最为密切。

17 世纪中期以前,建筑材料基本上只限于土、石、砖、木等材料,采用的结构也较简单。17 世纪 70 年代开始使用生铁,19 世纪初开始使用熟铁建造桥梁与房屋,由于这些材料的本身缺陷,使土木工程的发展仍然受到限制。

19 世纪中期,钢材的出现使得钢结构得到了蓬勃发展,开始了土木工程的第一次飞跃。

20 世纪初,钢筋混凝土的广泛应用以及随后预应力混凝土的诞生,实现了土木工程的第二次飞跃。

从以上资料可看出,在资本主义时代,工业革命促使生产力大幅度增长,从而促进了

桥梁建筑技术方面空前的发展。下面是世界各国的典型桥例,从中可看出其现状和发展概况。

1998年4月竣工的日本明石海峡大桥(图1-1-7)是日本神户和濑户内海中大岛淡路岛之间的明石海峡上的一座大跨径悬索桥,主跨径为1991m,为当前世界同类桥梁之首,其桥塔高度也为世界之冠。两桥塔矗立于海面以上约300m,桥塔下基岩为花岗岩,但埋置很深,均距海平面150m以下。

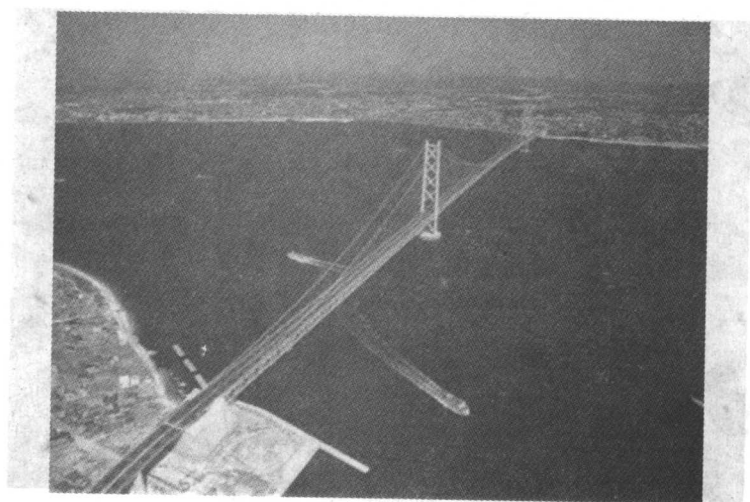


图 1-1-7 日本明石海峡大桥

日本多多罗桥(图1-1-8)于1998年竣工,是目前跨径最大的斜拉桥,主跨跨径达890m。

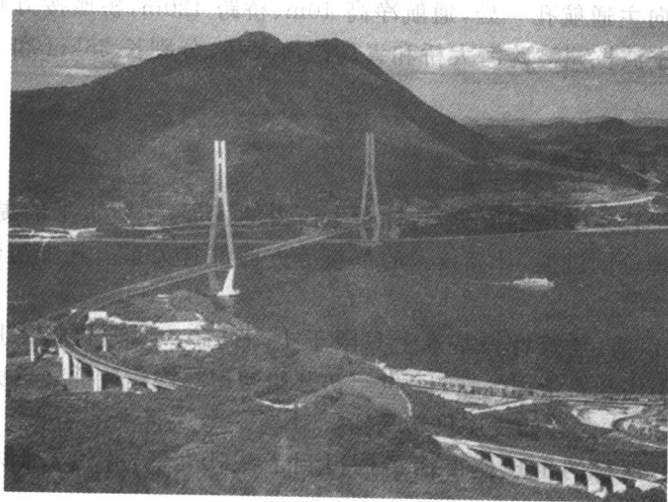


图 1-1-8 日本多多罗桥

1977年建成的奥地利阿尔姆桥主跨为76m,是世界上最大的预应力混凝土筒支梁桥。

加拿大的魁北克桥属于世界著名的跨度最长的悬臂桁架梁桥,桥的主跨为 548.6m,桥全长为 853.6m。

世界最高的大桥——法国米约大桥(图 1-1-9)于 2004 年 12 月正式投入使用。法国人希望这座像是用一连串惊叹号建成的恢弘建筑能够成为另一座“埃菲尔铁塔”,让全世界叹为观止。这座有史以来最高的桥梁也是法国一条连接巴黎、郎格多克以及西班牙巴塞罗那的高速公路的重要组成部分。米约大桥的设计者是英国著名的建筑师福斯特爵士,其最高点比埃菲尔铁塔还高 18m。米约桥就像三座斜拉桥,由 7 根巨型塔柱紧紧连接起来,在两个高原上绵延曲折 2.4km。



图 1-1-9 法国米约大桥

三、桥梁的发展趋势

纵观大跨度桥梁的发展趋势,可以看到世界桥梁建设必将迎来更大规模的建设高潮,同时对桥梁技术的发展方向提出了更新的要求。

1. 大跨度桥梁向更长、更大、更柔的方向发展

研究大跨度桥梁在气动、地震和行车动力作用下,结构的安全和稳定性,将截面做成适应气动要求的各种流线型加劲梁,增大特大跨度桥梁的刚度;采用以斜缆为主的空间网状承重体系;采用悬索加斜拉的混合体系;采用轻型而刚度大的复合材料做加劲梁;采用自重轻、强度高的碳纤维材料做主缆。

2. 新材料的开发和应用

新材料应具有高强、高弹性模量、质量轻的特点,研究超高强硅烷和聚合物混凝土、高强双相钢丝钢纤维增强混凝土、纤维塑料等一系列材料取代目前桥梁用的钢和混凝土。

3. 在设计阶段采用高度发展的计算机辅助手段,进行有效的快速优化和仿真分析,运用智能化制造系统在工厂生产部件,利用 GPS 和遥控技术控制桥梁施工。

4. 大型深水基础工程

目前世界桥梁基础尚未超过 100m 深海基础工程,下一步需进行 100~300m 深海基