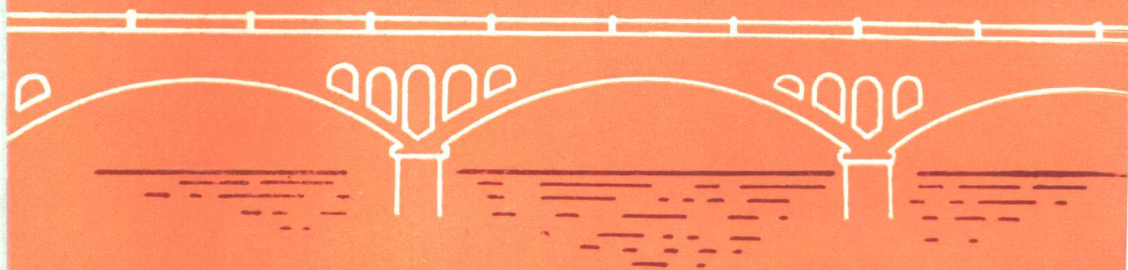


桥梁工程

(上册)

第二版

高等学校教材
(桥梁工程专业用)
范立础 主编



人民交通出版社

高 等 学 校 教 材

Qiao Liang Gong Cheng

桥 梁 工 程

(上 册)

(桥梁工程专业用)

第 二 版

范 立 础 主 编

人 民 交 通 出 版 社

高等学校教材
桥梁工程
(上册)
(桥梁工程专业用)
第二版

范立础 主编
责任编辑: 常行宪
封面设计: 王 钜
插图设计: 高静芳
技术设计: 乔文平
责任校对: 赵艳伶

人民交通出版社出版
新华书店北京发行所发行
各地新华书店经售
人民交通出版社印刷厂印

开本: $787 \times 1092^{1/16}$ 印张: 29 插页: 1 字数: 700 千

1980年6月 第1版

1987年6月 第2版 第5次印刷

印数: 15,801—24,500 册 定价: 4.70 元

内 容 提 要

本书是桥梁工程专业学生必修课教材，分上、下册。全书系统地介绍了各类桥梁的设计和构造原理、计算理论和方法以及施工要点。上册内容包括：总论、混凝土梁桥（包括钢筋混凝土与预应力混凝土）、混凝土刚架桥共三篇；下册内容包括：圬工拱桥和钢筋混凝土拱桥、混凝土斜拉桥共两篇，以大、中桥型为主。桥梁下部结构——墩台，在相应的有关篇、章中介绍。

本书除作为高等院校桥梁工程专业教学用书外，亦可供从事桥梁工程的技术人员学习参考。

前 言

《桥梁工程》是桥梁工程专业的一门必修专业课。本教材是根据交通部路、桥专业教材编审委员会1982年4月审定的《桥梁工程》教学大纲编写的。按照教学大纲的要求,学生在学习了《结构力学》、《结构设计原理》等必修课程的基础上,通过本课程的学习,必须掌握我国常用的大、中型混凝土桥梁的设计和构造原理、计算理论和方法,并熟悉有关桥梁施工方面的知识,初步具有解决大跨、较复杂桥梁问题的能力。

根据所审定的《桥梁工程》教学大纲,编写时在部分篇章的内容上作了改革,主要反映在第二篇混凝土梁桥的内容安排和取材,以及对一些问题论述的观点上。首先把钢筋混凝土与预应力混凝土梁桥统称为混凝土梁桥。把两种建筑材料用于梁桥中的一些共性问题安排在一起,以避免不必要的重复。其中,如各种梁式体系桥梁中的构造、设计、计算理论等方面的共性问题大多放在一起,减少了内容的重复。这样,在教与学上可能带来一些困难。因为教材内容不是按一种桥型的构造、设计、计算、施工的纵向安排,而是对不同桥型从横向抽出其具有共性的问题或特点来安排的。故在使用本教材时,教学内容的先后次序可不按照章、节顺序进行,而是由教师自行决定。

本教材分上、下册。上册共有三篇。在第一篇总论中,主要介绍国内外桥梁建筑的发展概况、桥梁的组成与分类、桥梁各种结构体系(重点在预应力混凝土桥)以及桥梁设计荷载。而在桥梁的规划与设计基本原则一章中则介绍了桥梁设计程序和桥梁的规划设计,并简要阐述了桥梁的造型与美学,使学生在深入学习各章内容前对桥梁设计工作的全貌有一概括的了解。属于混凝土桥梁共有的桥面布置与构造等内容也列入总论中介绍。

第二篇为混凝土梁桥,包括钢筋混凝土与预应力混凝土梁桥。第一章中,从静力体系和设计与施工特点等方面着手,介绍了梁桥各种体系的受力特点以及梁桥的适用条件,立面、横截面的布置原理与方法,并简要阐述了梁桥的配筋与构造特点,其中包括支座与下部结构——墩台。第二章简要介绍了梁桥的制造与施工,其着重点放在预应力混凝土梁桥的各种先进的施工方法上。第三章阐述梁桥的计算内容,主要讨论主梁恒、活载内力计算和桥面板计算。第四、五、六章重点讨论梁桥的计算理论和方法。第四章介绍梁桥空间分析的实用理论,系统地阐述了其原理,并对荷载横向分布的概念作了较详细的讨论,列举了各种实用计算方法,并附有算例。第五章专门讨论超静定预应力混凝土梁桥的各项次内力的计算原理与方法。这是大、中跨径或较复杂的超静定预应力混凝土桥梁中的共性问题,讨论的对象是梁桥,而其计算原理亦适用于其他超静定体系桥梁的同类问题。第六章针对大跨径预应力混凝土梁桥箱形截面的受力特点作了较详细的分析。四、五、六章内容较深,问题较多,有一些尚属科研探讨的范围,因此在讲授上应抓住重点,部分内容可让学生自学讨论,再由教师总结述介。第七章简要介绍了支座与墩台的计算方法。第八章对混凝土斜、弯桥的计算原理与方法作了极扼要的阐述,只要求学生了解初步的概念。第九章例举了国内外若干混凝土梁桥的真实桥例,以便了解其设计、构造的特点,使学生开阔眼界,不要仅局限于一些典型设计的知识。讲授时尽可能应用电化教学手段,如录象、电影与幻灯。

第三篇各章简要介绍了混凝土刚架桥的构造、设计计算与施工的要害。

上册的附录中还介绍了国内一座桥梁设计方案的比较与分析，供学生自学参考。

下册共有两篇。第一篇为圬工拱桥及钢筋混凝土拱桥，这是我国公路上应用较广泛的桥型之一。第一章重点介绍拱桥的类型，其中包括板拱、肋拱、箱形拱、双曲拱和刚架拱，以及它们的构造和在纵、横截面上的设计布置原理和方法，同时也介绍了拱上建筑（包括实腹式和空腹式）和拱的墩台。第二章主要阐述了拱桥有支架施工和无支架施工方法，对国外近代拱桥采用的悬臂施工法亦作了简要介绍。桥梁施工，尤其是拱桥施工是一个复杂和实践性很强的环节，应引导学生从课外阅读和生产实践中去充实感性知识。第三章详细论述了拱桥（主拱和拱上建筑）的计算原理与方法，包括施工阶段的主拱强度验算和拱桥墩台的计算。对连拱计算作了扼要的介绍，对拱桥计算中一些较复杂的问题作了讨论，可引导学生自学和培养提出问题、思考问题、解决问题的能力。此章中有关拱轴线的概念和主拱计算是学习重点。第四、五章简要介绍了桁架拱桥和拱式组合体系的构造、设计计算和施工要点。第六章例举了若干国内外混凝土拱桥真实桥例，可供学生自学参考，并结合电化教学，以开阔学生的思路。

第五篇为混凝土斜拉桥。第一章介绍了斜拉桥发展历史。第二章对各种类型斜拉桥进行了体系受力特点的分析。第三章介绍斜拉桥塔、索、梁的构造特点，使学习对组合桥梁体系的构造有一概貌的认识。第三章简要介绍了斜拉桥的施工方法与特点，同拱桥一样，斜拉桥的施工是较复杂的问题，尤其对梁位与索力的控制是施工中的关键，需要到生产实践中去认识。第四章阐述了斜拉桥设计计算要点，应是本篇学习的重点。第五章也例举了真实的桥例供学生自学参考。斜拉桥是一种比较复杂的桥型，只要求学生有一初步、但较全面的了解，这种桥型的构造处理与设计计算方法可在毕业设计中加深学习。

本书上、下册都为读者列出了主要的参考文献。对于在教材中阐述的比较简单的内容，读者若想进一步了解，可参阅有关文献。

在本书交稿前一个月，编者才看到正式出版的有关公路桥梁设计的四本新规范，按照正式颁布的新规范，又尽可能作了补充修改。

本教材上册第一篇第一、二、三章，第二篇第三章一节至三节，第五、六章由范立础编写；第二篇第三章第四节及上册附录 I 由姚玲森编写；第二篇第一章一至五节由印定安编写；第一篇第四章第一章六、七节及第二篇第二、七、九章由黄绳武编写；第二篇第四章由胡世德编写；第二篇第八章及第三篇由陈忠延编写；下册中第四篇第三、六章由顾安邦编写；第四篇第四、五章由徐君兰编写；第四篇第一章由董明编写，第四篇第二章由瞿光义编写；第五篇由周远棣编写。全书由同济大学范立础主编，由西安公路学院徐光辉主审。

由于编写者水平有限，教材中不可避免有谬误之处，敬请读者批评指正，并将意见径寄上海四平路同济大学桥梁教研室。

编者

1986年4月

目 录

第一篇 总 论

第一章 概述.....	1
第一节 桥梁在交通事业中的地位和国内外桥梁的发展概况.....	1
第二节 桥梁的组成与分类.....	18
第二章 桥梁的规划与设计基本原则.....	19
第一节 桥梁设计程序.....	19
第二节 桥梁的规划设计.....	20
第三节 桥梁体系、造型与美学.....	25
第三章 桥梁设计荷载.....	27
第一节 永久荷载(恒载).....	28
第二节 可变荷载.....	29
第三节 偶然荷载.....	35
第四节 荷载的作用与性质.....	36
第四章 桥面布置与构造.....	38
第一节 桥面组成与布置.....	38
第二节 桥面铺装及排水防水系统.....	40
第三节 伸缩缝.....	44
第四节 人行道、栏杆、灯柱.....	49

第二篇 混凝土梁桥

第一章 梁桥设计与构造.....	53
第一节 概述.....	53
第二节 梁桥立面布置.....	60
第三节 横截面设计.....	68
第四节 配筋设计原则与构造特点.....	79
第五节 其它构造.....	94
第六节 梁桥支座.....	105
第七节 梁桥墩台.....	114
第二章 梁桥的预制与施工.....	131
第一节 概述.....	131
第二节 梁桥的预制工艺.....	132
第三节 整体施工法.....	150

第四节	节段施工法	158
第三章	梁桥计算	179
第一节	概述	179
第二节	主梁结构内力计算	179
第三节	配束计算与束界	187
第四节	桥面板计算	190
第五节	结构挠度与预拱度计算	203
第六节	牛腿的计算	210
第四章	梁桥实用空间理论分析	214
第一节	实用空间理论的基本原理	215
第二节	刚性横梁法	228
第三节	刚接板、梁法	235
第四节	比拟正交异性板法	243
第五节	剪力荷载横向分布系数计算	256
第六节	边梁和内梁刚度不等的荷载横向分布计算	259
第七节	各种体系变截面梁桥的荷载横向分布计算	262
第八节	横梁计算	268
第五章	超静定预应力混凝土梁桥次内力计算	275
第一节	预加力引起的次内力计算	276
第二节	预应力混凝土连续梁由徐变、收缩引起的次内力计算	286
第三节	预应力混凝土连续梁因基础沉降引起的次内力计算	299
第四节	温度应力计算	300
第六章	箱梁分析	306
第一节	箱梁截面受力特性	307
第二节	箱梁对称挠曲时的弯曲应力	308
第三节	箱梁自由扭转应力	309
第四节	箱梁约束扭转应力	311
第五节	箱梁的畸变应力	314
第六节	箱梁的剪力滞效应	320
第七章	支座与墩台计算	327
第一节	支座的计算	327
第二节	作用在桥梁墩台上的荷载及组合	341
第三节	梁桥墩台的验算	347
第八章	斜弯桥计算简介	358
第一节	斜板桥的受力特点和构造	358
第二节	整体式斜交板桥的设计计算	360
第三节	斜梁桥的受力特点	366
第四节	斜梁桥的实用计算方法	368
第五节	平面弯桥的受力特点和构造原则	375
第六节	平面弯梁桥的计算理论	380

第九章 混凝土梁式桥实例简介	392
第一节 预应力混凝土简支梁桥.....	392
第二节 预应力混凝土 T 型刚构和连续-刚 构 桥.....	400
第三节 预应力混凝土连续梁桥.....	411

第三篇 混凝土刚架桥

第一章 刚架桥的主要类型及构造特点	422
第一节 概述.....	422
第二节 刚架桥的类型.....	422
第三节 刚架桥的构造特点.....	424
第二章 刚架桥的内力计算简介	427
第一节 刚架桥的主要尺寸.....	427
第二节 刚架桥的内力计算.....	428
第三章 构造示例及施工	435
第一节 法国博诺姆桥.....	435
第二节 南非古里茨桥.....	437
第三节 柏林狄辛格桥.....	440
第四节 盖脱威 (Gateway) 桥.....	440
附录 I 桥梁设计的方案比较.....	443
附录 II $G-M$ 法 k_0 、 k_1 、 μ_0 、 μ_1 值的 计算用表.....	445
主要参考文献.....	451

第一篇 总 论

第一章 概 述

第一节 桥梁在交通事业中的地位和国内外桥梁的发展概况

一、桥梁在交通事业中的地位

建立四通八达的现代化交通网,大力发展交通运输事业,对于加强全国各族人民的团结,发展国民经济,促进文化交流和巩固国防等方面,都具有非常重要的作用。在公路、铁路、城市和农村道路以及水利建设中,为了跨越各种障碍(如河流、沟谷或其它线路等),必须修建各种类型的桥梁与涵洞,因此桥涵是交通线中的重要组成部分,而且往往是保证全线早日通车的关键。在经济上,桥梁和涵洞的造价一般说来平均占公路总造价的10~20%。在国防上,桥梁是交通运输的咽喉,在需要高度快速、机动的现代战争中,它具有非常重要的地位。此外,为了保证已有公路的正常运营,桥梁的养护与维修工作也十分重要。

六十年代以来,由于科学技术的进步,工业水平的提高,社会生产力的高速发展,人们对桥梁建筑提出了更高的要求。现代高速公路上迂回交叉的立交桥、高架桥和城市的高架道路,几十公里长的海湾、海峡大桥、新发展的城郊高速铁路桥与轻轨运输高架桥(Transit Guideway)等,这些新型桥梁不但是规模巨大的工程实体,而犹如一长长的地上“彩虹”。纵观世界各国的大城市,常以工程雄伟的大桥作为城市的标志与骄傲。因而桥梁建筑已不单纯作为交通线上重要的工程实体,而且常作为一种空间艺术结构物存在于社会之中。

我国幅员辽阔,大小山脉和江河湖泽纵横全国,随着社会主义工业、农业、国防和科学技术现代化的逐步实现,还迫切需要修建大量的公路、铁路和城市桥梁,为此我们广大桥梁工程技术人员将不断面临着设计和建造各类桥梁的光荣而艰巨的任务。

二、我国桥梁建筑的成就

我国文化悠久,是世界上文明发达最早的国家之一。我国有许多科学技术“往往远远超过同时代的欧洲,特别是十五世纪以前,更是如此”(英国人李约瑟在他所著《中国科学技术史》序言中语)。其中就桥梁来说,我们的祖先也在世界桥梁建筑史上写下了不少光辉灿烂的篇章。我国山河多,自然条件错综复杂,古代桥梁不但数量惊人,而且类型也丰富多采,几乎包含了所有近代桥梁中的最主要型式。

根据史料记载,在距今约三千年的周文王时,我国就已在宽阔的渭河上架过大型浮桥。鉴于浮桥的架设具有简便快速的特点,常被用于军事。汉唐以后,浮桥的运用日趋普遍。

现代桥梁中广为修建的多孔桩柱式桥梁,据历史考证,我国在春秋战国时期(公元前332年)已遍于黄河流域和其他地区,不同的只是古桥多以木桩为墩柱,上置木梁、石梁,而今则都用钢筋混凝土代之。

近代的大跨径吊桥和斜拉桥也是古代的藤、竹吊桥发展而来的。几乎在大部分有关桥梁的历史书上，都承认我国是最早有吊桥的国家，至少迄今有三千年左右的历史。据记载，至迟在唐朝中期，我国就从藤索、竹索发展到用铁链建造吊桥，而西方在十六世纪才开始建造铁链吊桥，比我国晚了近千年。至今尚保留下来的古代吊桥有四川泸定县的大渡河铁索桥（1706年），以及灌县的安澜竹索桥（1803年）等。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。安澜桥是世界上最著名的竹索桥，全长340m之多，分8孔，最大跨径约61m，全桥由细竹篾编成粗0.167m的24根竹索组成，其中桥面索和扶栏索各半。

天然石料是大自然赋予人类的最早的、取之不尽用之不竭的建筑材料。一旦人们创造了强有力的加工工具，石梁、石柱、石拱等结构无疑就普遍发展起来；又鉴于石料的耐久性，因此几千年来修建较多的古代桥梁要推石桥居首。我国古代桥工巨匠的辛勤劳动曾对桥梁建筑作出了卓越贡献。

在秦汉时期，我国已广泛修建石梁桥。世界上现在尚保存着的最长、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800m之多，共47孔，位于“波涛汹涌，水深不可址”的海口江面上。此桥以磐石铺遍桥位江底，是近代筏形基础的开端，并且，独具匠心地用养殖海生牡蛎的方法胶固桥基使成整体，此亦是世界上绝无仅有的造桥方法。近千年前就能在这种艰难复杂的水文条件下建成如此的长桥，实为中外桥梁史上一次勇敢的突破。

1240年建造的福建漳州虎渡桥，也是最令人惊奇的一座梁式石桥。此桥总长约335m，某些石梁长达23.7m，沿宽度用三根石梁组成，每根宽1.7m，高1.9m，重量达200t，该桥一直保存至今。历史记载，这些巨大石梁是利用潮水涨落浮运架设的，足见我国古代加工和安装桥梁的技术何等高超。

富有民族风格的古代石拱桥技术，无论结构的精心巧思，以及艺术造型的丰富多姿，长期以来一直驰名中外，举世闻名的河北省赵县的赵州桥（又称安济桥），就是我国古代古拱桥的杰出代表（图1-1-1）。该桥在隋大业初年（公元605年左右）为李春所创建，是一座空

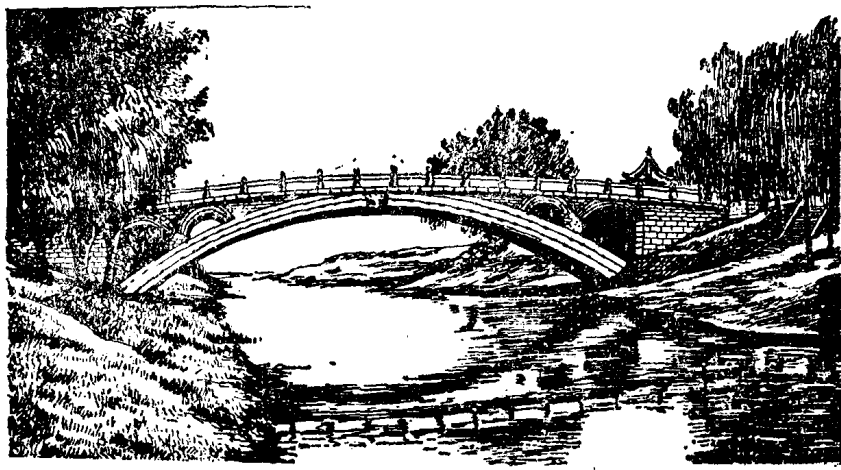


图1-1-1 河北赵县赵州桥（公元605年）

腹式的圆弧形石拱桥，净跨37.02m，宽9m，拱矢高度7.23m。在拱圈两肩各设有二个跨度不等的腹拱，这样既能减轻桥身自重、节省材料，并又便于排洪、增加美观。赵州桥的设计构思和工艺的精巧，不仅在我国古代桥中首屈一指，据对世界桥梁的考证，像这样的敞肩拱桥，欧洲到19世纪中叶才出现，比我国晚了一千二百多年。赵州桥的雕刻艺术，包括栏板，望柱和锁口石等，其上狮象龙兽形态逼真，琢工的精致秀丽，不愧为文物宝库中的艺术珍品。

除赵州桥外，还有其它著名的石拱桥，如北京永定河上的芦沟桥，颐和园内的玉带桥和十七孔桥、苏州的枫桥等。我国石拱桥的建造技术在明朝时曾流传到日本等国，促进了与世界各国人民的文化交流，并增进了友谊。

在我国古桥建筑中，尚值得一提的是广东潮安县横跨韩江的湘子桥（又名广济桥）。此桥始建于公元1169年，全长517.95m，总共20墩台19孔，上部结构有石拱、木梁、石梁等多种型式，还有用18条浮船组成的长达97.30m的开合式浮桥。设置浮桥的目的，一方面适应大型商船和上游木排的通过，并且也避免了过多的桥墩阻塞河道，以致加剧桥基冲刷而造成水害。这座世界上最早的开合式桥，论石桥之长、石墩之大、桥型之多以及施工条件之困难、工程历时之久，都是古代建桥史上所罕见。此桥自清代修复后，至今一二百年，历经天灾人祸，始终安如磐石，屹立于惊涛骇浪之中。我国解放后又进行了改建和扩建，使历史上屡圯屡修的这座古桥焕发了青春。

然而，封建制度的长期统治，大大束缚了生产力的发展。1840年鸦片战争后帝国主义列强的侵入和腐朽的社会制度，更使广大劳动人民处于水深火热之中，人民群众的无穷智慧被压抑和摧残。在桥梁建筑方面，大部分是外国投资，洋人设计、外商承包。解放前，我国交通事业落后，可供通车的公路里程很少，质量低劣。公路桥梁绝大多数为木桥，年久失修，破烂不堪。纵使当时我国自己也修过一些公路钢桁梁桥、吊桥和钢筋混凝土拱桥等，但与当时世界上桥梁建筑的技术水平相比，是处于很落后的状态。

新中国成立后，我国人民以大无畏的英雄气概，迅速地医治了战争的创伤，恢复了经济。我国建国初期修复并加固了大量旧桥，随后在第一、二个五年计划期间，在新建的铁路干线、公路网线和渡口，修建了不少重要的桥梁，并取得了迅速的发展。五十年代至六十年代，修订了桥梁设计规程，编制了桥梁标准设计和桥梁设计计算手册，培养并形成了一支强大的桥梁工程设计与施工技术队伍。随着社会主义建设向前发展，桥梁建筑同其他各条战线一样，也出现了突飞猛进的局面。

（一）钢桥

1957年，第一座长江大桥——武汉长江大桥的胜利建成，既结束了我国万里长江无桥的状况，又标志我国修建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，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年又胜利建成了举世瞩目的南京长江大桥（图1-1-2）。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。正桥除北岸第一孔为128m简支钢桁梁外，其余为三联9孔、每联为 $3 \times 160\text{m}$ 的连续钢桁梁。上层为公路桥，下层为双线铁路。包括引桥在内，铁路桥梁全长6772m，公路桥梁为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，显示出我国的钢桥建设已接近了世界先进水平，也是我国桥梁史上又一个重要标志。

六十年代，在地势险要，山多谷深的成昆铁路线上，修建了各种体系的大跨径钢桥。桥

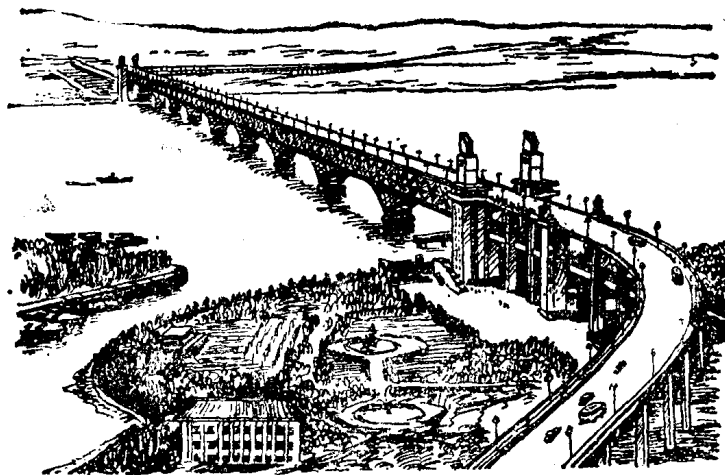


图1-1-2 南京长江大桥 (1969年)

梁钢材已普遍采用低合金钢(16锰桥钢), 结构连接已从早期的铆接逐步过渡到栓、焊连接。同时, 在公路上也修建了一些大跨度钢桥, 如1966~1969年在四川省建成的钢箱拱桥和钢桁拱桥, 主孔跨径达180m, 并且采用了高强螺栓连接。1972年建成的山东北镇黄河大桥, 为主桥采用 $4 \times 112\text{m}$ 的栓焊连续钢桁梁桥。迄今, 我国长江上已飞架了七条钢铁长龙。并且, 作为第二京广线要隘的九江长江大桥的大部结构已经全部竣工, 长江上第八座长度更长(铁路部分全长7675.4m, 公路部分长4215.9m)、跨度更大(最大跨度为216m)、施工更为先进的公铁两用特大钢桥, 不久将雄姿勃勃横跨九江和黄梅两岸。

进入八十年代, 我国又发展了钢箱梁结构, 1982年在陕西安康建成箱形截面、栓焊结构的铁路斜腿刚架桥, 跨径176m, 是目前铁路桥这种桥型世界纪录。1984年在广东省建成了采用正交异性板桥面、栓焊结构的钢箱梁桥。它标志了我国钢桥建设的新水平。我国现有的钢桥的跨径记录为:

铁路简支钢桁桥: 四川成昆线金沙江三堆子桥, $l = 192\text{m}$, 1969年;

铁路连续钢桁桥: 四川宜宾金沙江桥, $l = 176\text{m}$, 1968年;

铁路斜腿刚架桥: 陕西安康桥, $l = 176\text{m}$ 1982年;

公路连续钢桁桥: 山东北镇黄河大桥, $l = 120\text{m}$ 1971年;

公路桁拱桥: 四川渡口金沙江桥, $l = 180\text{m}$ 1966年;

公路悬索桥: 四川重庆嘉陵江桥, $l = 186\text{m}$ 1969年。

(二) 预应力混凝土桥

五十年代, 我国在修建大量小跨径钢筋混凝土梁桥的同时, 开始对预应力混凝土桥梁进行了研究与试验。于1956年在公路上建成了第一座跨径20m的预应力混凝土简支梁桥。随后, 预应力混凝土简支梁在公路上获得广泛应用, 并提出了装配式预应力混凝土简支梁桥的系列标准设计, 最大跨径达40m。1970年, 河南省建成了跨径达52m的鱼腹形预应力混凝土简支梁桥。1976年建成的洛阳黄河公路大桥, 跨径为50m, 全长达3000m, 是我国目前最长的公路桥。1985年在浙江省建成了跨径60m的预应力混凝土简支梁桥。

六十年代中, 我国首次采用了先进的悬臂施工方法, 建成了第一座T型刚构桥, 为我国

修建大跨径预应力桥梁提供了成功的经验，开拓了发展的前景。迄今已修建了十几座大中跨径的预应力混凝土 T 型刚构桥，1971年建成的福建乌龙江公路大桥，主孔跨径为 $3 \times 144\text{m}$ 。1980年建成的重庆长江公路大桥，该桥共 8 孔，总长 1000m ，最大跨径达 174m （图1-1-3）。

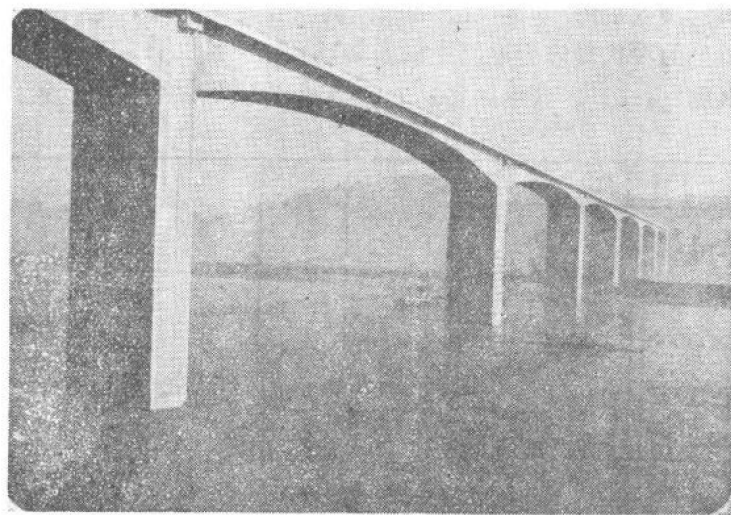


图1-1-3 四川重庆长江公路大桥

七十年代后，在桥梁建设上，各种体系的预应力混凝土桥获得了迅猛的发展。各国应用最多的预应力混凝土连续梁桥在我国开始兴建。近十年来，修建了二十余座连续梁桥，掌握了各种先进的施工方法与技术，如顶推法、移动模架法、逐跨架设法等，并在国外承包修建了伊拉克的摩索尔四号桥，全长 648m ，主跨 56m 的一联十二孔箱形连续梁，和科威特的巴比延桥，全长 2400m ，主跨 54m 为新型的空间桁式腹系的箱形连续梁桥，施工速度和质量已获得了国际声誉。

进入八十年代，用悬臂法施工的大跨径连续梁桥也获得了迅速发展，其中如1983年建成的广东容奇大桥，主跨为 $73.3 + 3 \times 90 + 73.3\text{m}$ ；1984年建成的广州珠海三桥，主跨为 $80 + 110 + 80\text{m}$ ；1985年建成的湖北沙洋汉江大桥，主跨为 $62.4 + 6 \times 111 + 62.4\text{m}$ ，连续长度已近 800m （图1-1-4）。最近正在建成的主跨 120m 的湖南常德大桥和正在修建主跨达 180m 的广东洛溪桥，为双薄壁墩的连续——刚构体系，其设计、施工技术水平均已跨入世界先进行列。

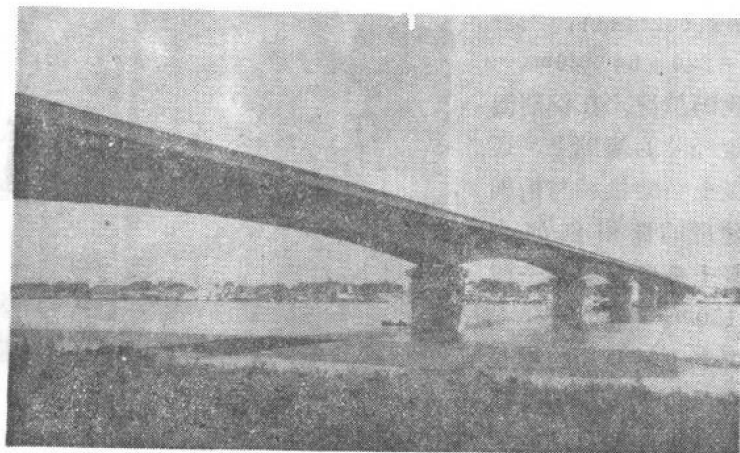


图1-1-4 湖北沙洋汉江大桥

在世界桥梁建筑中，五十年代出现了第一座现代钢斜拉桥以后，由于结构合理，跨越能力大，用材指标低和外型美观，这种桥型如异军突起，发展迅速。六十年代开始修建了预应力混凝土斜拉桥。我国虽起步较迟，但勇于实践和攀登新的技术高峰，从1975年起，开始修建了四川云阳溪河桥（主跨76m）和上海松江县新五桥（主跨54m）两座试验桥以来，至今已修建了各种类型的现代预应力混凝土斜拉桥达14座，成为目前世界上建造这种桥梁座数最多的国家之一（图1-1-5）。其中跨径达200m 及其以上的就有上海的松江泖港大桥（主跨

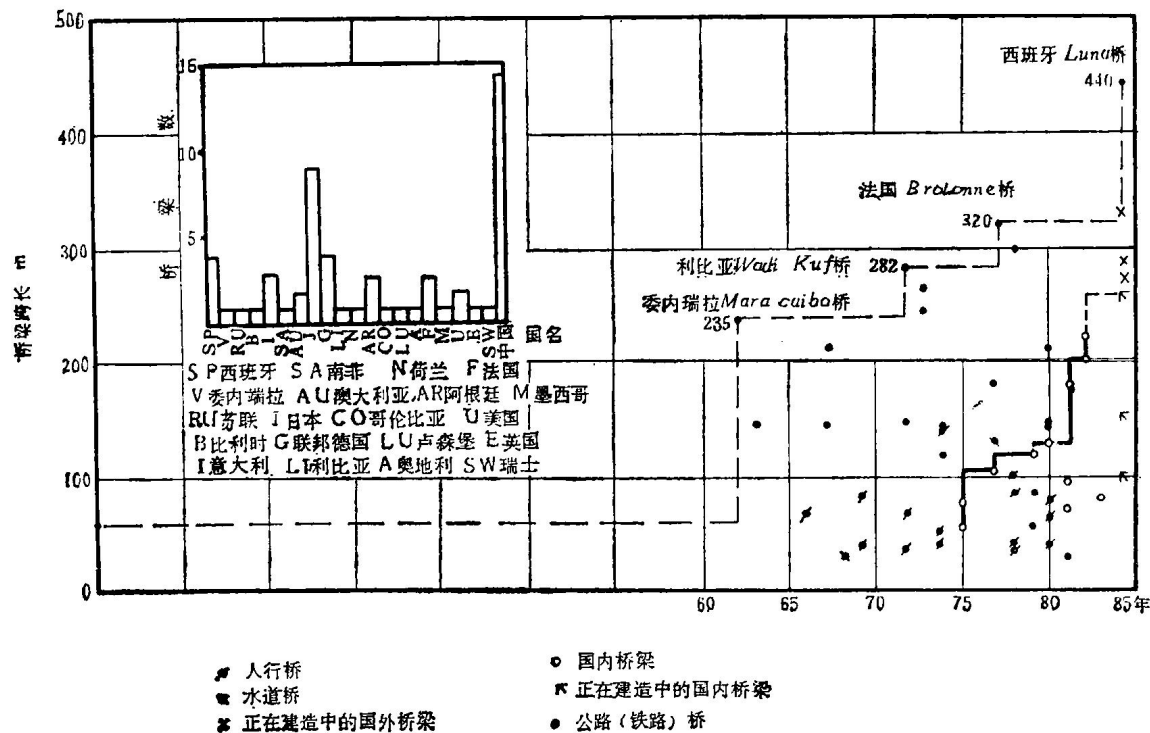


图1-1-5 预应力混凝土斜拉桥跨径记录

200m，1982年）、济南黄河公路桥（主跨220m，1982）和天津永定河桥（主跨为260m，正在施工中）三座。图1-1-6是济南黄河公路桥，主桥的跨径为40+94+220+94+40m。

此外，结合我国情况，在钢筋混凝土桁架拱桥修建经验的基础上，还发展了预应力混凝土桁架拱桥与桁架T构桥，1985年建成的贵州剑河大桥，为预应力混凝土悬臂桁架拱—梁体系，主跨已达150m。

我国预应力混凝土桥跨径的增长情况如图1-1-7所示，正在规划设计的

预应力混凝土斜拉桥的跨径已超过400m，接近国际水平。在预应力混凝土桥设计、施工、预应力工艺与技术等方面都取得了新的进展，预应力锚具已有弗式锚、轧丝锚、镦头锚、冷

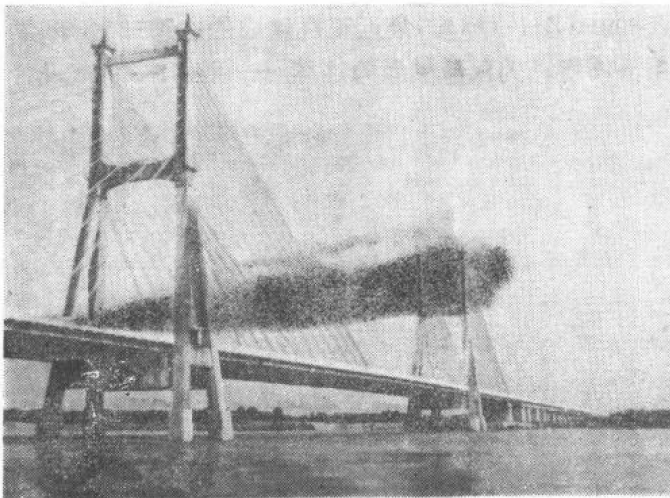


图1-1-6 山东济南黄河公路桥

铸锚等，张拉力已发展到 2000kN。迄今，各种体系的预应力混凝土桥的跨径记录为：

公路斜拉桥：天津永定新河桥， $l = 260\text{m}$ （正在建造中）；

公路 T 构桥：四川重庆长江公路大桥， $l = 174\text{m}$ （1980）；

公路连续梁桥：湖南常德大桥， $l = 120\text{m}$ （1986）；

公路连续—刚构桥：广东洛溪大桥， $l = 180\text{m}$ （正在建造中）；

铁路斜腿刚架桥：山西邯长线浊漳河桥， $l = 82\text{m}$ ，1981年；

公路下承式桁梁桥：福建洪塘大桥， $l = 120\text{m}$ （正在设计中）；

公路悬臂桁架拱—梁体系桥：贵州剑河大桥， $l = 150\text{m}$ ，1985年。

（三）混凝土、石拱桥

我国拱桥有悠久历史。在建国初期，广大建桥职工继承和发扬了我国建造石拱桥的优良传统，因地制宜，就地取材，修建了大量经济美观的石拱桥，其中跨径最大的是云南省的南盘江长虹桥（ $l = 112.5\text{m}$ ）到1972年，石拱桥的跨径纪录又被四川丰都县的九溪沟大桥（ $l = 116\text{m}$ ）所刷新（图1-1-8）。目前我国已建跨径在百米以上的石拱桥共有 7 座。

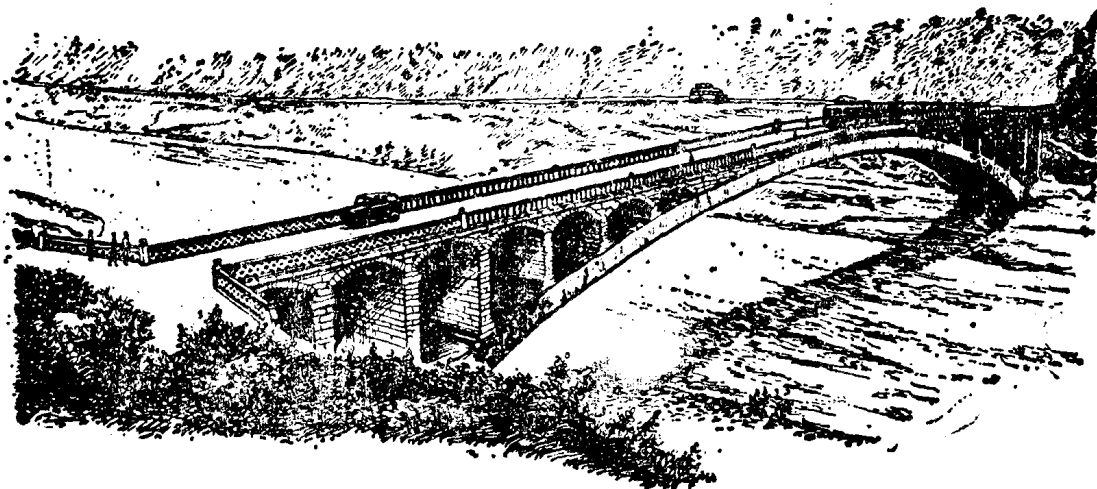


图1-1-8 四川涪陵丰都县九溪沟大桥（1972年）

除石拱桥外，我国还创造和推广了不少新颖的拱桥结构，如：1964年创建的双曲拱桥，具有材料省、造价低、施工简便和外形美观等优点，很快在全国公路上得到应用和推广，对加快我国公路桥梁的建设速度，曾起了很大的作用。据统计，在问世后的十年内就建成了 4000 余座，总长约 300000m。目前我国跨径在百米以上的双曲拱桥共有 16 座，最大跨径达 150m（河南前河大桥）。湖南长沙湘江大桥，正桥横跨湘江，飞越桔州，包括支桥在内全长为 1500m，这样规模的连续拱桥，只经一年时间的奋战就竣工通车，在我国桥梁建筑史上是不多见的。此外，全国各地还因地制宜创建了各具特色的拱式桥型。其中推广较快的有

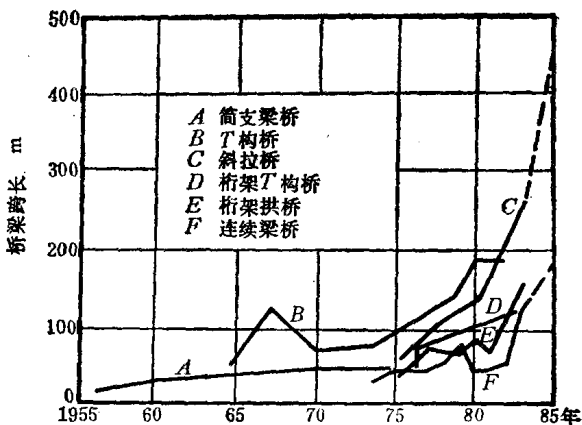


图1-1-7 我国预应力混凝土桥跨径增长情况

江、浙一带初建的钢筋混凝土桁架拱桥和刚架拱桥，其特点是上部结构自重小，适合于软土地基上建造拱桥。山东的两铰平板拱、河南的双曲扁拱，山西和甘肃的扁壳拱，广东的悬砌拱，广西的薄壳石拱，湖南的圬工箱形拱和石砌肋板拱等，这些新桥型在结构上或施工上各具特色，在探索经济合理的中、小跨径拱桥建筑作出了贡献。

在拱桥的施工技术方面，除了有支架施工外，对于大跨径拱桥，目前已广泛采用无支架施工，而且在四川、贵州和湖南等省已采用了转体法分别建成了跨径为70m的肋拱桥、80m的双曲拱桥和40m的刚架拱桥等。近年来，随着缆索吊装技术的发展，起重能力的增大，为了提高拱桥在无支架吊装中构件的稳定性和增强主拱的整体性，对于较大跨径的拱桥则采用薄壁箱形拱桥来取代双曲拱桥。几年来我国已建成跨径在百米以上的箱形拱桥有10座，跨度最大达170m（渡口市7号桥）。图1-1-9所示是渡口市6号桥，它是用钢拱架施工的箱形拱桥，跨径为146m（1972年通车）。

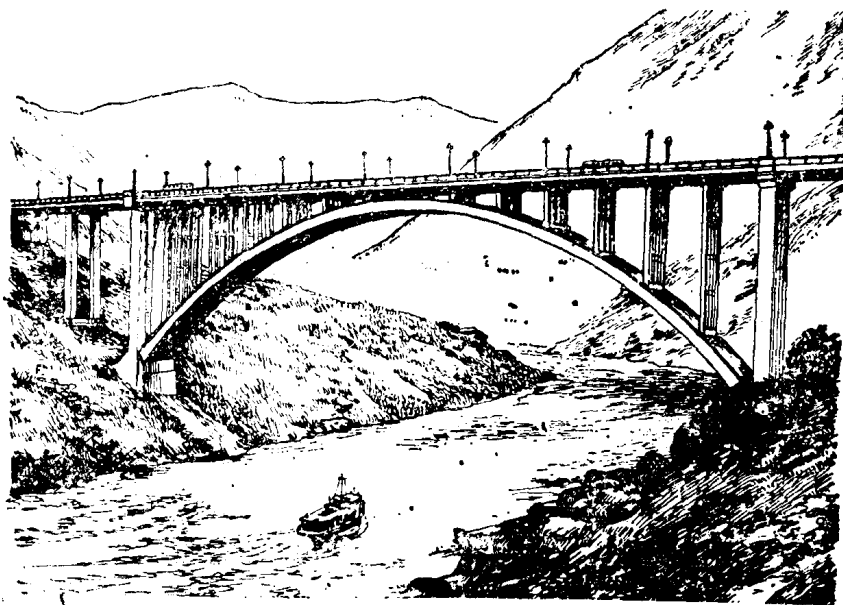


图1-1-9 四川渡口市6号桥

据不完全统计，我国迄今已建百米以上跨径的公路圬工拱桥和钢筋混凝土拱桥共35座，约占世界同类拱桥的三分之一以上。

（四）桥梁基础工程

我国在深水急流中修建了不少桥梁，已积累了极为可贵的深水基础工程的设计和施工经验。五十年代，我国修建武汉长江大桥时，在世界上首次采用了大型管柱基础。随后，这种先进深水基础型式得到了推广和发展，大型管柱的直径从1.55m发展到5.8m，最大埋置深度达47.5m。在沉井施工方面，由于成功地采用了先进的触变泥浆套下沉技术，大幅度地减小了基础圬工数量（据某大桥的实践，减小达一半），并使下沉速度加快3~11倍。此外，我国还广泛采用和推广了钻孔灌注桩基础。与国外的同类型基础相比，所要求的施工机械较少，动力设备简易，操作方便迅速，易为群众掌握，并能钻入很深的土层。北镇黄河公路桥成功地采用这种基础施工，钻孔深度达104m。

（五）桥梁设计与科研

建国三十余年来，我国公、铁、城市建设部门，高等院校已形成一支人数众多，力量雄