

高等學校試用教材

桥梁設計

第二分冊 鋼筋混凝土桥及預应力混凝土桥

西安公路學院
同濟大學 合編



人民交通出版社

高等學校試用教材



桥梁設計

第二分冊 鋼筋混凝土桥及預应力混凝土桥

(桥隧专业用)

西安公路学院
同 济 大 学 合 編

人民交通出版社

本分册内容包括钢筋混凝土桥及预应力混凝土桥。钢筋混凝土桥部分包括概述及桥面、整体式梁桥、装配式梁桥、梁式桥墩台、拱桥、刚架桥的构造与设计原理。预应力混凝土桥部分包括概述及梁桥、连续梁桥、刚架桥的构造与设计原理。

本分册内容主要参考苏联H. И卡茂考夫教授著的公路石桥与混凝土桥涵及H. И波利万诺夫著的钢筋混凝土桥，并以同济大学教材为依据而编成的。钢筋混凝土桥部分系由西安公路学院桥隧教研组主编，预应力混凝土桥部分系由同济大学桥梁教研组主编，最后由同济大学组织定稿。

本书作为高等学校桥梁与隧道专业试用教材，亦可供交通部门有关专业人员工作或业余学习的参考。

希望使用本书的单位或个人多多提出改进意见，逕寄同济大学，以便再版时修改。

目 录

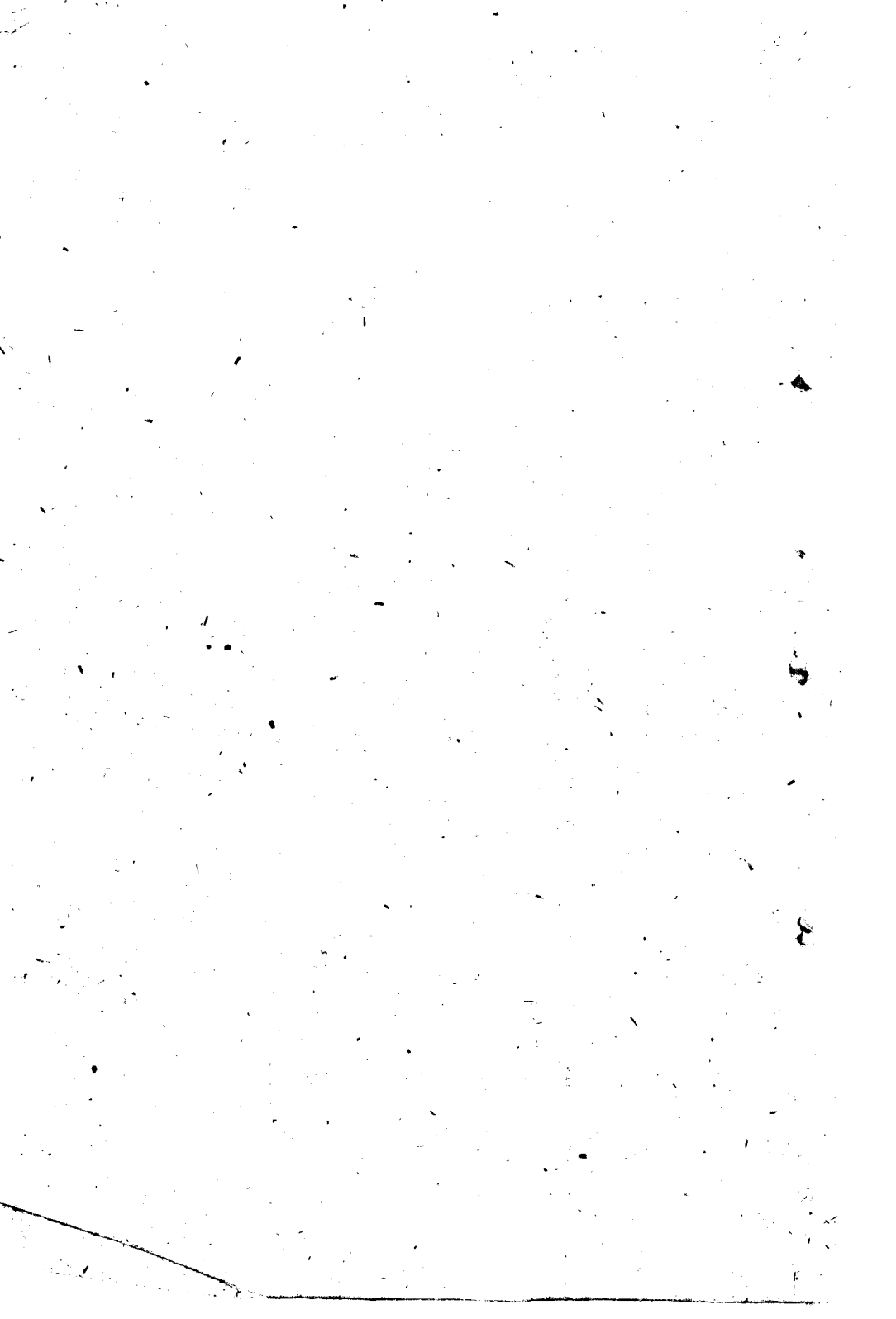
第四篇 钢筋混凝土桥

第一章 钢筋混凝土桥概述	5
第一节 钢筋混凝土桥的发展简史	5
第二节 我国在钢筋混凝土桥梁方面的成就	8
第三节 钢筋混凝土桥在近代桥梁建筑中的地位及其优缺点	11
第四节 钢筋混凝土桥的分类及其主要体系的简介	12
第五节 钢筋混凝土桥发展的主要途径	14
第二章 钢筋混凝土桥桥面	16
第一节 公路及城市桥梁桥面铺装的构造	16
第二节 铁路桥桥面	23
第三节 排水及防水层	25
第四节 人行道、管道、悬臂、栏杆及灯柱的布置	29
第五节 变形缝和桥面与路堤的衔接	34
第三章 整体式梁桥	39
第一节 整体式梁桥的基本类型及其重量估计	39
第二节 板桥的构造	41
第三节 梁桥的构造	47
第四节 桥道板的設計与計算	61
第五节 行车道梁由局部荷载引起的内力計算	77
第六节 钢筋混凝土梁桥的立体計算	85
第七节 整体式梁桥設計計算	94
第八节 箱形薄壁梁桥的构造、設計与計算	108
第九节 牛腿的构造及計算	127
第十节 钢筋混凝土梁桥支座的构造、設計与計算	132
第四章 装配式钢筋混凝土梁桥	145
第一节 装配式钢筋混凝土桥的特点	145

第二节	装配式桥的构造	147
第三节	装配式桥的设计和计算	161
第五章	梁式桥的墩台	186
第一节	梁桥整体式桥墩	186
第二节	梁桥整体式桥台	190
第三节	装配式圬工墩台	198
第四节	钢筋混凝土柔性墩台	203
第五节	梁桥实型墩台的计算	207
第六节	柔性桩墩台的计算	213
第六章	刚架桥	218
第一节	刚架桥的特点及其型式	218
第二节	刚架桥各种型式的主要尺寸及构造细节	224
第三节	刚架桥的设计及计算原理	235
第七章	钢筋混凝土拱桥	242
第一节	钢筋混凝土拱桥的特点及其基本类型	242
第二节	简单拱桥	243
第三节	组合式拱桥	256
第四节	拱片桥	264
第五节	装配式拱桥	265
第六节	拱桥的铰及墩台	270
第七节	简单拱桥主要尺寸的拟定及其计算	273
第八节	拱挠出其平面的计算	280
第九节	组合式拱桥的计算	287
第十节	拱的稳定	296
第十一节	拱片桥的计算	302
第十二节	混凝土徐变对内力的影响	304
第十三节	考虑拱上结构共同工作时的计算特点	305
第八章	涵洞	307
第一节	概述	307
第二节	涵洞的构造	313
第三节	涵洞的设计和计算	326
第四节	山区分流洩水及抛水设备	335
第五节	涵洞建筑	337

第五篇 預应力混凝土桥

第一章 預应力混凝土桥的概述	340
第一节 預应力混凝土桥的特点	340
第二节 預应力混凝土桥梁的各种体系简介	344
第三节 預应力混凝土的耐勞强度及其对桥梁的影响	346
第二章 預应力混凝土簡支梁桥	350
第一节 簡支梁桥中混凝土部分的构造与設計	350
第二节 簡支梁桥中的配筋	360
第三节 錨固	372
第四节 簡支梁桥設計步驟及其主要内容	380
第三章 預应力混凝土連續梁桥与悬臂梁桥	387
第一节 連續梁与悬臂梁的經濟性及其优缺点的比較	387
第二节 連續梁的特点与分类	388
第三节 連續梁的縱橫断面与鋼束布置	391
第四节 連續梁桥的設計特点	396
第五节 悬臂梁的构造	399
第六节 悬臂梁桥的設計特点	403
第四章 剛架桥与拱桥	408
第一节 剛架桥的构造	408
第二节 剛架桥的設計简介	415
第三节 預应力混凝土在拱桥中的应用	419



第四篇 鋼筋混凝土桥

第一章 鋼筋混凝土桥概述

第一节 鋼筋混凝土桥的发展簡史

鋼筋混凝土桥从产生到現在已有八十多年的历史。它是在木桥、石桥和鋼桥发展到极其成熟、結構理論日趋完善的情况下出現的。十八世紀后期，鉄路活載的不断增长，石拱桥不能抵抗拉力的缺点日益突出，硅酸盐水泥的得到发展和它的性質日趋完美，鋼材質量的不断提高，都給鋼筋混凝土桥的出現提供了必要的条件。

第一座鋼筋混凝土桥誕生之前，鋼筋混凝土已在民用建筑中采用；圬工結構方面已形成用配放鋼筋来加强其受弯性能的概念。法国蒙約于1875~1877年間設計并制造了跨径为16 m、寬4 m的小行拱式桥梁（图4-1-1）。当时，对鋼筋混凝土桥的受

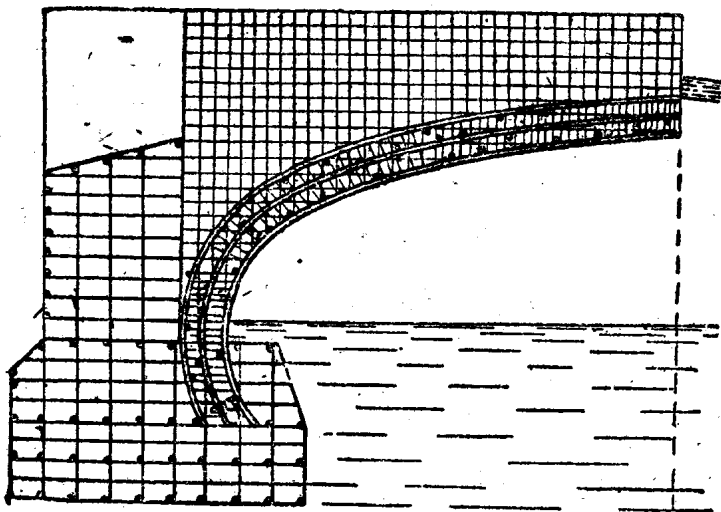


图4-1-1 蒙約体系鋼筋混凝土桥梁的配筋

力性能还缺乏認識，因此在不需要配置鋼筋的地方（例如在拱軸綫处）也配放了鋼筋。直到十九世紀八十年代末及九十年代初，在鋼筋混凝土拱桥中，一般都还是仿照石桥构造的实体板拱。因此，要使鋼筋混凝土桥得到推广，必須解决它的受力性能、体系与合理配筋等問題。

自1884年开始的一、二十年中，俄、德、法与奥地利等国的科学工作者，对鋼筋混凝土的板、梁、拱进行了广泛的試驗与理論上的研究。其中法国的耿聶比克（1892年）按照主拉应力的軌跡图布置緩和裂縫出現的柔性鋼筋，并把直筋弯起来配合弯矩色絡图和采用扁鉄作箍筋。利用这种配筋在奥地利造了許多“拱梁桥”及“刚架桥”（图4-1-2）。奥地利的密兰（1892年）用劲

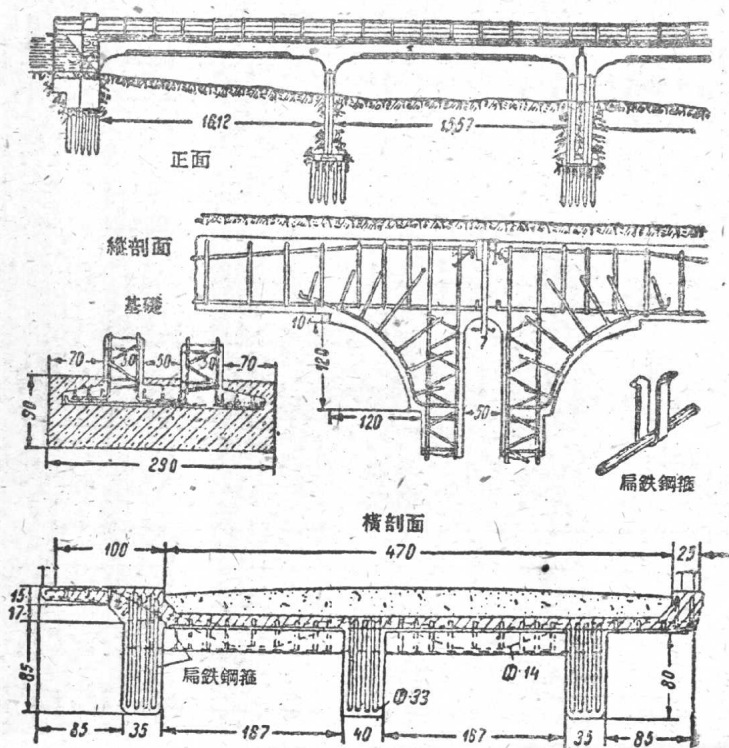


图4-1-2 耿聶比克式刚架桥（1904年）

性鋼筋建造了一座跨径42.4m、矢高 $\frac{f}{l} = \frac{1}{16}$ 的三铰拱桥。

二十世紀初期，伴随科学技术和交通运输业的发展，鋼筋混凝土结构的受力性能日益明确，訂定了計算鋼筋混凝土构件的“古典方法”，因此在公路与鉄路上，以及在城市中建造了很多鋼筋混凝土涵洞、板桥、梁桥、刚架桥与拱桥，它們的跨径也日益增大。随着跨径的增大，板桥逐渐发展成为肋板桥与梁桥。由于鋼筋混凝土独特的整体性，当时造了很多刚架桥。根据內河航运的要求，出现了下承式梁桥。为了减少材料用量，实体的下承式梁演变成成为桁架，但桁架因施工复杂及拉杆表面混凝土开裂不能获得发展，因而逐渐被系杆拱所代替。

第一次世界大战以后，鋼筋混凝土桥在苏联、法国等一些国家中得到很大的发展。苏联建造了许多拱桥来代替鋼桥，具有代表性的有跨越莫斯科运河的四线鉄路的空心肋拱桥，跨径116m（图4-1-3）。法国在爱朗河上建造了跨径为186m的上承式拱桥（图4-1-4）。

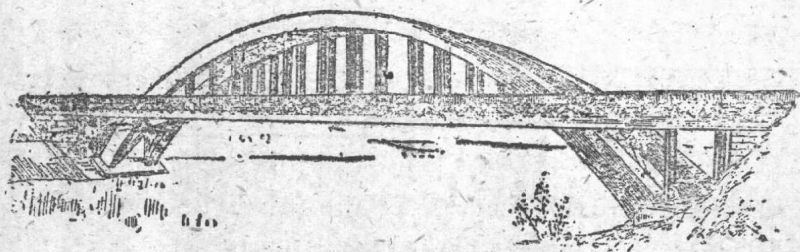


图4-1-3 四线鉄路的拱桥（1935年）

第二次世界大战前后，各国造了不少大跨度拱桥与箱式截面的梁桥。

鋼筋混凝土结构中的混凝土沒有被充分利用。随着十九世紀后期理論科学的迅速发展，有人想将預应力的概念用于混凝土。但由于对混凝土的特性缺乏認識，冶金工业尚不能出产高强度的優質鋼材，因此沒有得到实践。直到1928年，法国的弗萊西奈才使預应力混凝土结构获得成功。1930年以后，首先在法国与德国

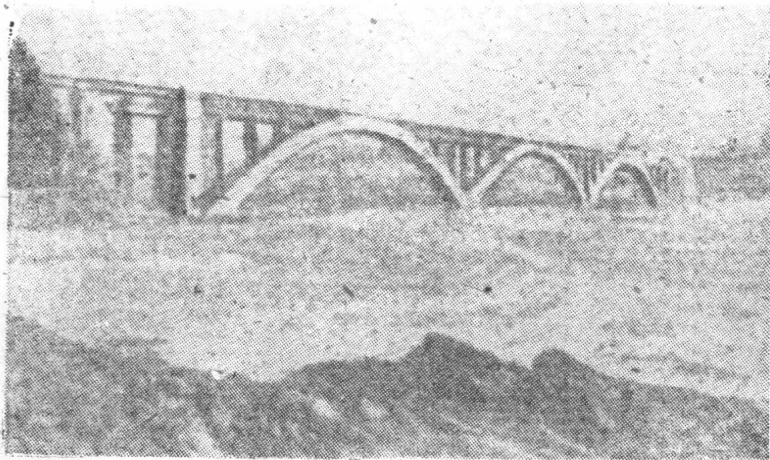


图4-1-4 跨越爱朗河三跨上承式拱桥

采用预应力混凝土来建造桥梁，预应力混凝土梁桥与刚架桥在二次世界大战后获得了很大发展。

装配式桥梁首先在苏联得到最广泛的采用。苏联卫国战争以后，中小跨径的桥梁几乎全部采用了装配式梁桥。1950年前后，苏联开始建造大跨径装配式拱桥，如跨越叶尼塞河建造了跨径为150m的装配式拱桥。目前苏联正集中力量迅速发展装配式桥梁结构，以便在最近年代中使桥梁建筑领域完全工业化。

二十世纪50年代以后，世界各国中小跨径的桥梁大都采用装配式钢筋混凝土桥梁或预应力混凝土桥梁，甚至大跨径的梁桥、拱桥都日益采用装配式、预应力混凝土在桥梁建筑中得到了广泛的采用，跨径亦日益增大。如1952年苏联在查波罗什第聶伯河上建成了一座跨径为228m的公路铁路两用拱桥。同时，钢筋混凝土系杆拱（直吊杆或斜吊杆的）也有所发展。公路上完成了好几座跨径在90m以上的钢筋混凝土劲梁柔拱拱桥。

第二节 我国在钢筋混凝土桥梁方面的成就

1924年后，在胶济铁路进行桥梁改建时才开始在铁路上使用钢筋混凝土桥梁。唯因当时系初次尝试，仅作了短跨径的平板桥

及小跨径拱桥。1930年粤汉路株韶段，先后完成了孔径达30m的拱桥五座，此后，又相继在一些路线上修筑了钢筋混凝土桥，但未得到很大的发展。

解放后，在党与毛主席的英明领导下，在苏联专家的帮助下，随着交通运输事业一日千里的发展，钢筋混凝土桥的设计、施工水平都得到了迅速的提高。

(一)城市桥方面:

在上海建成的钢筋混凝土桥很多，如武宁路桥、长寿路桥和共和新路旱桥等近代化钢筋混凝土桥梁。在杭州建成了22m跨径的三铰拱桥，这座桥的建成打破了软弱基础上不能建造有水平推力结构的迷信。在汉口市建成了总长100.89m的五孔桥，1孔27.7m预应力混凝土梁桥等。

(二)铁路桥方面:

解放十二年来建成的钢筋混凝土铁路桥总长度达20余万米。1952年以后，铁道部开始大批生产钢筋混凝土梁，每年要制造中小跨径的桥达700~800孔。130吨架桥机的制造成功，能使跨径为32m的装配式梁整片架设。图4-1-5所示为川陕交界的大巴口大桥。

钢筋混凝土拱桥向着大跨径发展。1955~1959年间又建成了三孔跨径53m、矢高16m的空腹式钢筋混凝土拱桥和跨径88m的钢筋混凝土拱桥。

(三)公路桥方面:

为多快好省地建设我国公路，目前正发展桥梁设计定型化和装配式钢筋混凝土桥梁。自1952年起，开始兴造许多跨径较大的悬臂梁桥和少数的连续梁桥。如吉林松花江的悬臂式大桥（图4-1-6）。

1959年建成了钢筋混凝土箱形薄壁连续梁桥，并采用了肋板预制、顶底板就地浇筑的施工方法。

总之，解放十二年来，我国钢筋混凝土桥梁的建筑已有了飞跃的发展，尤其在1958年以后，在党的总路线、大跃进、人民公

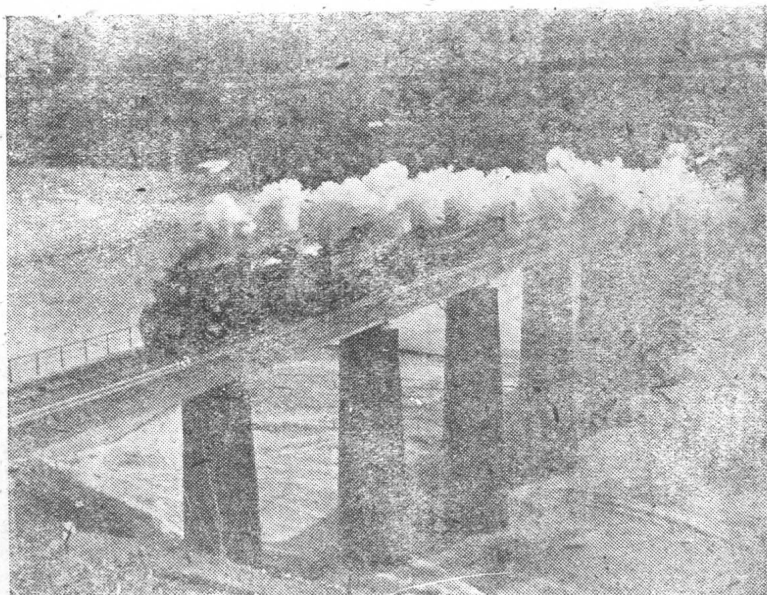


图4-1-5 川陕交界的大巴口桥

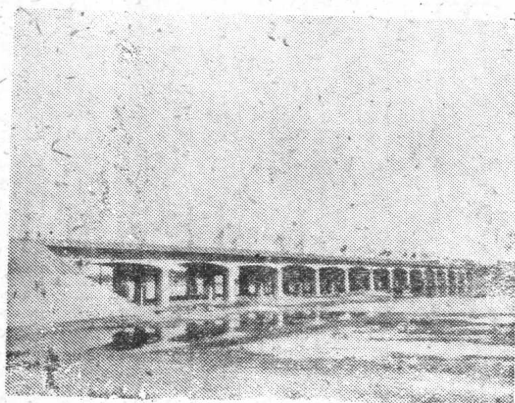


图4-1-6 吉林松花江大桥

社三面紅旗的光輝照耀下，由于破除迷信，解放思想，大搞群众运动更取得了巨大的成績。

第三节 钢筋混凝土桥在近代桥梁建筑中的地位

及其优缺点

近50年来，钢筋混凝土结构在设计理论与施工技术方面都发展得比较成熟，更由于它的取材容易、可以工业化、耐久、经济等优点，钢筋混凝土桥在近代桥梁建筑上占据着重要的地位。中小跨径的永久性桥梁，无论在铁路上、公路上或城市中大部分采用钢筋混凝土或预应力混凝土结构，同时预制的装配式钢筋混凝土构件逐渐地代替了就地浇注的结构。

钢筋混凝土空腹式拱桥跨径已经达到264m，梁桥已达130m，在跨径方面可以与钢桥媲美，节约了大量钢材。在石料缺乏、桥基地质不佳、桥下孔径受到限制等情况下，往往不采用石桥，而采用钢筋混凝土桥。

钢筋混凝土桥的主要优缺点可归纳如下：

(一)优点：

- (1)所需要的建筑材料大部分可以就地取用。
- (2)可以工业化制成装配式构件。
- (3)挠度要比同样跨径的钢桥小 $8/10 \sim 9/10$ ，整体性好，刚性及稳定性大，抗震性也好。
- (4)能够用就地浇注的施工方法建造曲线桥、斜桥。
- (5)寿命长，仅逊于石桥，维护工作少。
- (6)钢筋混凝土的强度是随时间的增长而提高的。根据试验证明，钢筋混凝土建筑20年以后，强度可以比28天的强度增加3~4倍，可适应列车荷载增长系数的发展。

由于钢筋混凝土桥的重量大（为钢桥的5~10倍），对活载的动力影响显著减少。

- (7)在建造城市桥时，能满足建筑艺术的要求。

(二)缺点：

- (1)钢筋混凝土桥梁最显著的缺点是自重。各种材料的结构重量指标如以钢为1，则在受压情况下，木为1.0~1.5，钢

筋混凝土为3.0~7.0, 砖石为15~25; 在受弯情况下, 木为1.0~1.5, 钢筋混凝土为2.0~6.0, 加筋砖石为10~20)。

(2)就地浇筑的钢筋混凝土桥建造工期长, 桥下交通受到阻塞, 模板費用昂貴。例如, 拱桥的支承架与模板費用占整个桥梁造价的30~40%。

(3)寒冷的气候对就地浇筑的钢筋混凝土桥的施工进度与質量有严重影响。

由于装配式钢筋混凝土桥日益取代就地浇筑的钢筋混凝土桥, 从而可免除或大大减少普通钢筋混凝土桥施工上的許多缺点。同时預应力混凝土的采用大大降低了桥梁的自重。

总之, 合理地根据各种桥梁的特点, 以及材料、施工、运输等条件来选择桥梁方案, 特别是結合建桥处的地質、水文等具体情况进行全面比較, 才能得出經濟、合理而又能实现方案。

第四节 钢筋混凝土桥的分类及其主要体系的簡介

钢筋混凝土桥采用的体系很多, 每种体系又包括許多类型, 但是每种体系与类型皆有它的特殊服务对象。目前在我国桥梁建筑中, 鉄路上多选择钢筋混凝土或預应力混凝土簡支梁; 公路上由于活荷載較輕, 往往作成悬臂体系; 城市中所应用的钢筋混凝土桥多属于特殊設計的范围, 它的特点是設計荷載較大, 路面寬, 桥上与桥下的淨空控制得比較严格。现将钢筋混凝土桥的分类及其主要体系簡介如下:

(一)按施工方法分类:

1.整体就地浇筑的钢筋混凝土桥: 建桥的全部工作都在建造地点进行。它的优点是外型可以多样化, 整体刚度大; 缺点是施工速度較慢, 工业化程度較低; 但可适用于缺乏重型起重设备的条件下以及在大跨径桥梁中。

2.装配式钢筋混凝土桥: 整个桥梁結構在工厂中制造, 将成品运往工地并在現場进行拼装和架設。它的主要优点是施工迅速, 构件質量易于保証, 节约劳动力, 施工不受季节影响, 模板使

用效率高。缺点是拼装构件不能太重(它决定于起重能力),接头比较复杂等。



图4-1-7 下承式拱桥

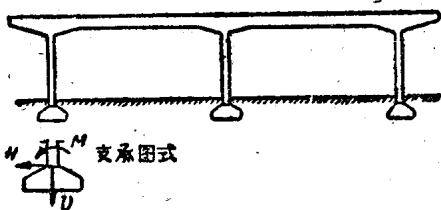
(二)按行车道在桥梁上的位置分类:

与其他种类桥梁一样,可分为上承式(图4-1-4),中承式(图4-1-3)和下承式(图4-1-7)三种。

(三)按结构静力体系分类:

1. 梁桥

a) 无铰刚架



b) 两铰刚架

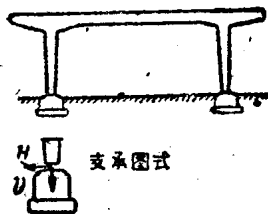


图4-1-8 刚架桥

(1)简支梁桥: 跨径以7.5到30m时采用较多, 见图4-1-7。

(2)悬臂梁桥: 公路上应用较多, 跨径从20到50m以上。

(3)连续梁桥: 对地质条件要求高, 跨径为20~70m左右。

2. 刚架桥: 城市中采用较多, 分有铰与无铰、单跨与多跨、单层与双层等, 如图4-1-8所示, 其中a)为无铰双跨刚架, b)为有铰单跨刚架。

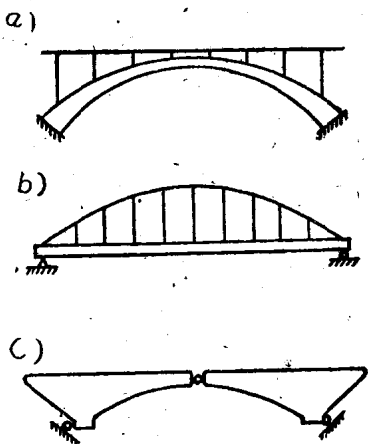


图 4-1-9

3. 拱桥：有简单体系、组合体系与拱片；肋拱与板拱；柔性加筋与刚性加筋；无铰、双铰与三铰；实腹与空腹等。跨径为40~260 m。

(1) 简单体系拱，如图4-1-9中a)所示。

(2) 组合体系拱，如图4-1-9中b)所示。

(3) 拱片桥，如图4-1-9中c)所示。

第五节 钢筋混凝土桥发展的主要途径

目前，钢筋混凝土桥是按照下列数个方向发展和改进的：

(一) 装配式桥梁的广泛采用，不但大大加速了桥梁的建造速度，并在建造中省掉了支架与模板等工作；在合理的组织下，可以全年施工，桥梁的整个生产过程可以最广泛地工业化，提高了工程质量，节约了材料和劳动力。

目前，装配式主要在梁桥中采用，为了跨越更大的跨径，也开始在拱式结构中采用。墩台、桥梁基础亦逐步采用装配式。

(二) 采用高质量的材料建桥：在梁桥和拱桥中已采用了400~500号的混凝土和焊接钢筋骨架，规律变形截面（螺纹钢）钢筋、预应力高强钢丝等。采用高强材料就可减少钢材与水泥的用量，同时可减小结构尺寸与重量。采用容重仅为普通混凝土重量的70~75%的轻质混凝土，不但可减轻桥梁自重，也可增大桥梁的跨径。采用由快凝水泥拌成的混凝土，可以缩短建桥期限，使整体式桥的建造大为合理。

(三) 预加应力对桥梁结构具有特别重大的意义。它能最有效地采用高强材料，减轻结构自重，增大桥梁跨度，扩大装配式桥梁的使用范围，提高营运质量。

(四) 在梁桥和拱桥中，桥梁横截面过渡到更完善的由薄板组成的箱式截面等型式，能减少材料用量和自重；在装配式桥梁中，则可减少拼装构件的数目和重量。截面的改进与预加应力同时采用，就可创造出最完美的梁桥结构型式。

(五) 使桥梁结构最大限度地标准化及其基本尺寸的定型化，