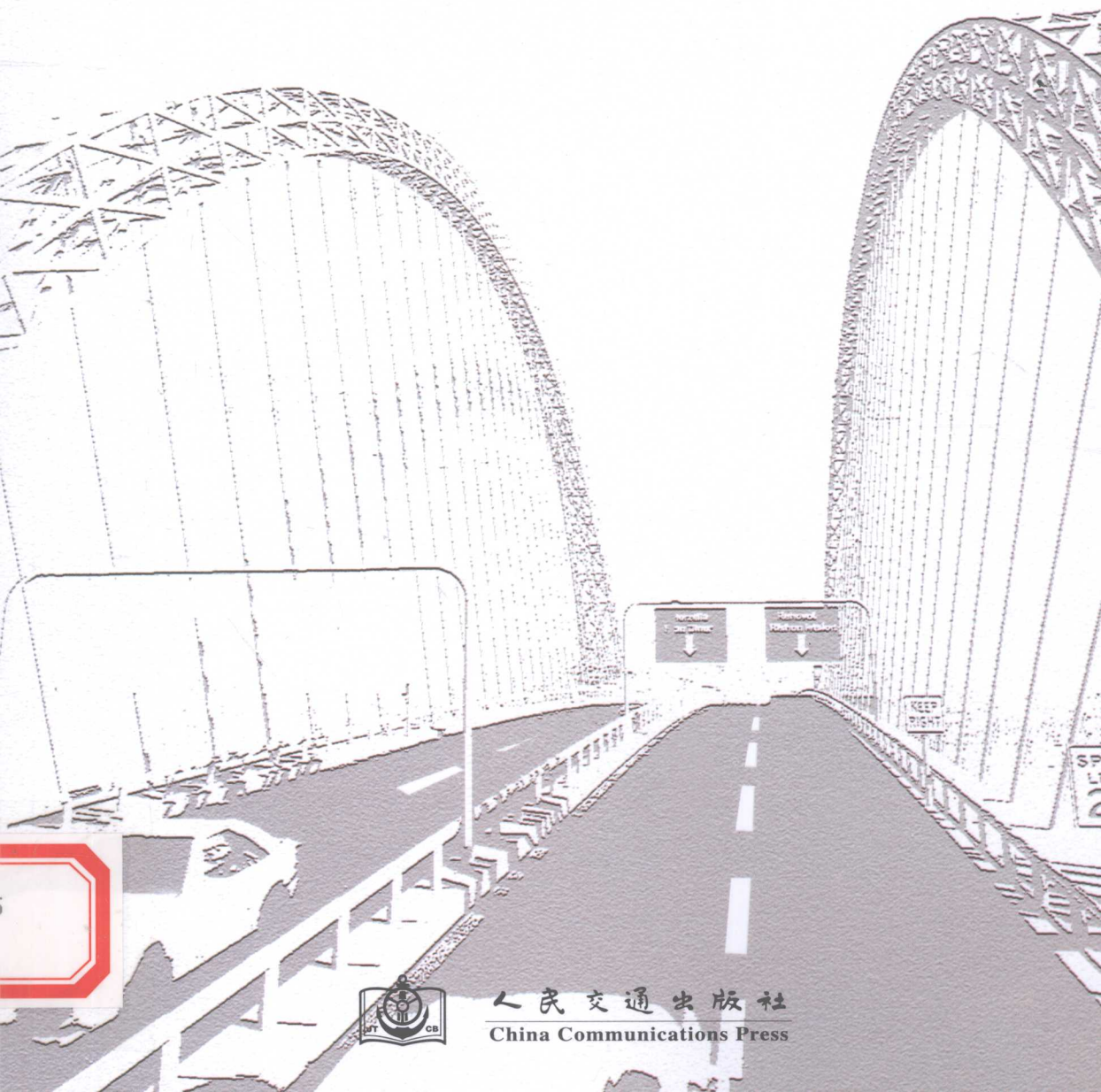


# 桥梁概念设计

QiaoLiang GaiNian SheJi

江苏省交通规划设计院有限公司 编



人民交通出版社

China Communications Press

# 《桥梁概念设计》编委会

主任委员:明图章

副主任委员:凌九忠 韩大章 夏永明

主 编:夏永明

副 主 编:王立新 李 正

参 编 人 员:华 新 戴 捷 单宏伟 季 民 张 松

辛丽华 章世祥 肖 全 吴旭强

# 前言

由设计单位编写“桥梁概念设计”可能少有,但让自己说自己的事,也许体会更深刻一些。因此,本书主要根据我院已完成设计或已建成的桥梁,由我们自己编撰完成。

何谓桥梁概念设计?一般地说,先有桥梁的概念设计,后有桥梁的具体结构和细部设计,概念设计是具体设计的先导和构思,不仅是贯穿于设计全过程的主旋律,而且也是正常使用中进行维护、处理病害的指导原则。总之,它贯穿于桥梁的规划、构思、设计、使用的整个过程。概念设计并不是“大概地”设计,而是每阶段设计内容和构思的概念化,是回答怎样设计和为什么这样设计的问题。

追寻桥梁设计的最初目的,是因为河流尽管是美丽的,但它阻断道路,因此人们便有了架桥的想法,接下来便构思是供人行,还是车行?能行多少人、多少车?即考虑其使用功能,须花费多少钱、如何实施?等等,这就进入了概念设计的更深层次。随之继续深入,又想到如何保证结构安全?为了经济、美观,又设计了多种满足使用要求的方案,等等。这样,概念设计便贯穿到今后乃至桥梁设计的全过程,甚至到使用损坏的原因、与当初概念设计的初衷偏离程度、如何防治……

这就是作者针对桥梁概念设计的理解。

当然,“概念”一词本是数学用语,是数学分析中的常用名词。只要有数学解析式,便有“概念”一词,因此桥梁设计、结构计算与分析、损坏的机理分析等,都离不开“概念”一词。

本书没有大量理论公式的推导、描述和计算,而主要着眼于应用,期望为实际生产服务。本书一方面介绍桥梁设计管理的程序和内容,另一方面介绍桥型设计、结构设计的方法,更重要的是为什么这样设计。重点不在于具体的计算过程,而是更高层次的设计思想和设计思路。这是因为由于较常规、较规范的计算已经实现了电算化,故而原“结构设计手册”中大量的理论计算已经“入库”,关键是如何正确地运用这些计算程序?计算结果是否正确?因此本书的重点尽量放在这些方面,并尽量地把问题说清楚。书中提出了连续梁弯矩等值定理,也供大家共同研究和探讨,但宗旨仍是应用。

本书的另一目的是探讨桥梁设计长期以来存在的许多悬而未决的难题,有些甚

至是老大难问题,它们影响了设计质量、施工质量以至桥梁的成品质量和建设项目的经济指标,如桥梁基本建设程序之间的联系与区别就长期含糊不清,以及有关原理的探讨等等。

本书对预应力结构提出了三个概念:(1)预应力结构在锚固后是自平衡体系;(2)结构的极限承载力不是静态的,而是与加载方法、加载时的结构模式有关;(3)预应力结构应注意“危险期”的过程。对预应力混凝土连续梁已有病害的设计原因提出了新的思路。另外建筑艺术需与桥梁结构完美结合,使桥梁不但满足使用功能的需要,而且能上升到美的艺术境界,本书也在这方面做了些有益的探讨。

本书增加了建成后的后服务内容。近年来随着高速公路上大量桥梁在建成以后又出现了或这样或那样的一些病害,究其原因无论是设计、施工的偶然因素,还是设计理论和设计规范的系统“误差”,首当其冲的仍然是“设计”预防。本书重点探讨了预应力混凝土连续梁的病害。

本书第一至第四章,第五章第一节,第六章第二节,第七章的第一、二节以及第八章的第一、三、四、五、六、七节由夏永明编写;第五章第二节由季民编写,第三节由单宏伟、华新编写,第四节由王立新、辛丽华编写,第五节由张松编写;第六章的第一节由夏永明、戴捷编写,第六章的第三、四、五节和第七章的第三节由李正编写;第八章的第二节由章世祥编写,第八节由王立新编写。

本书由杨高中、赖国麟主审。

本书虽然尽量总结桥梁设计的经验,但受水平所限,谬误难免。因此,真切地希望听到读者的批评和补充意见,以便进一步的修改完善。

编者

2009年5月

# 目 录

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 第一章 绪论                      | 1   |
| 第一节 桥梁基本建设项目管理程序            | 1   |
| 第二节 关于“桥梁设计的三个阶段”           | 2   |
| 第二章 “工程可行性研究”阶段桥梁方案设计       | 3   |
| 第一节 “工可”阶段桥梁方案的设计特点         | 3   |
| 第二节 “工可”阶段桥址方案设计的内容         | 3   |
| 第三节 “工可”阶段桥型方案设计的可行性与可比性    | 4   |
| 第四节 “工可”阶段桥型方案设计的重点和内容      | 5   |
| 第三章 “初步设计”阶段的桥梁设计           | 9   |
| 第一节 “初设”阶段桥梁设计的特点           | 9   |
| 第二节 “初设”阶段桥梁设计的内容           | 9   |
| 第三节 桥梁水文计算                  | 12  |
| 第四章 “施工图设计”阶段的桥梁设计          | 15  |
| 第一节 “施工图”阶段桥梁设计的特点          | 15  |
| 第二节 “施工图设计”阶段桥梁设计的内容        | 15  |
| 第三节 关于施工图设计几个应注意的问题         | 16  |
| 第五章 桥型概念设计                  | 20  |
| 第一节 桥型概念设计的特点               | 20  |
| 第二节 高速公路桥型设计                | 23  |
| 第三节 大江大河桥型设计                | 33  |
| 第四节 城市桥型设计                  | 69  |
| 第五节 干线与一般公路常用桥型设计           | 89  |
| 第六章 结构概念设计                  | 93  |
| 第一节 预应力混凝土连续箱梁(连续刚构)的结构概念设计 | 93  |
| 第二节 下承式预应力混凝土系杆拱的结构概念设计     | 108 |
| 第三节 斜拉桥的结构概念设计              | 126 |

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| 第四节 悬索桥的结构概念设计·····                 | 138 |
| 第五节 钢混组合梁桥的结构概念设计·····              | 148 |
| <b>第七章 结构计算中涉及的概念</b> ·····         | 159 |
| 第一节 桥梁结构计算的内容·····                  | 159 |
| 第二节 桥梁结构计算模型的建立·····                | 161 |
| 第三节 结构计算程序的概念问题·····                | 166 |
| <b>第八章 桥梁病害与设计防治</b> ·····          | 172 |
| 第一节 桥梁上部结构常见病害与防治——以江苏省地区为例·····    | 172 |
| 第二节 简支梁空心板和先简支后连续结构常见病害与防治·····     | 184 |
| 第三节 悬浇预应力混凝土连续箱梁的病害与防治·····         | 188 |
| 第四节 支架现浇预应力混凝土、钢筋混凝土连续箱梁的病害与防治····· | 195 |
| 第五节 下承式预应力混凝土系杆拱桥的病害与防治·····        | 201 |
| 第六节 飞鸟型中承式系杆拱的病害与防治·····            | 208 |
| 第七节 预应力混凝土斜拉桥的病害与防治·····            | 217 |
| 第八节 下部结构及基础工程的病害与设计防治·····          | 223 |
| <b>参考文献</b> ·····                   | 230 |

# 第一章

## 绪 论

根据原中华人民共和国交通部交公路发[2007]358号文的通知精神,自2007年10月1日起执行新《公路工程基本建设项目设计文件编制办法》(以后简称“编制办法”)。该编制办法包括了初步设计、技术设计和施工图设计三个阶段,却未包括“工程可行性研究”阶段。

### 第一节 桥梁基本建设项目管理程序

我国对于工程基本建设项目的管理分为前期工作和实施阶段两大步骤,桥梁项目也不例外,其程序树如图1-1所示:



图 1-1

无论是独立的特大型桥梁,还是整条线路中的桥梁,根据项目基建程序规定,前两阶段属研究阶段,后三个阶段是设计阶段。但桥梁需做的设计工作内容主要是三个阶段:一是工程可行性研究阶段;二是初步设计阶段;三是施工图设计阶段。因此,分清这三个阶段的设计特点、关系和区别,对提高设计质量,加快设计进度,缩短工程建设周期都是必要的。

但“编制办法”并未对长大的特大桥、独立的特大桥分开单列,而是笼统地包含在“路线”之中,常使一些设计含混不清。由于桥梁工程的技术难度高、投资大,很多设计文件不够齐全,给实际工作带来一定困难。因此,有必要对桥梁设计的三个阶段进行讨论,特别是应把“工可”也看成“设计阶段”,我们让它从计划性质的前期工作中凸

现出来,仅仅是为了说明通常桥梁项目“工可”、“初设”和“施工图设计”三个阶段的内在联系而已。

## 第二节 关于“桥梁设计的三个阶段”

“桥梁设计的三个阶段”概念的提出,还因为基建项目的前期工作往往不做“预可”只做“工可”,而设计阶段并非技术难度大的特大型项目,也仅做“初设”和“施工图设计”,而省去了其中的“技术设计”,也就是说这“三个阶段”往往是大部分桥梁项目必做的工作,是普遍性的,因而是设计过程的核心阶段。

同时,这三个阶段的内在联系比较强,一环扣一环,前一个阶段是半计划性的,但也指导影响着后两个阶段的设计,特别是“初设阶段”呈上启下,又是“施工图设计”的纲要,是三个阶段中的关键。

另外,为了防止“后阶段推翻前阶段”问题的出现,强调这三个阶段的目的就是为了减少重复劳动,实现三阶段“流水作业”,加快基建工程的进度,提高设计质量,最终保证工程质量。



## 第二章

# “工程可行性研究”阶段桥梁方案设计

### 第一节 “工可”阶段桥梁方案的设计特点

#### 1. “工可”阶段桥梁方案的重点

由于“工程预可行性研究”的研究重点在于“立项建设的理由、必要性和可能性”；而桥梁“工程可行性研究”（以下简称“工可”）的重点则是交通量的预测和工程建设方案的规模、标准及工程方案的可行性研究。因此桥梁工程的设计重点基本上是后者，即桥梁的规模、标准和可行的桥梁设计方案。当仅做“工可”时，才包括“两可”的全部内容，但仍侧重于后者。

#### 2. “工可”阶段桥梁方案设计的特点

- (1) 计划性兼对下阶段初步设计的指导性。
- (2) 明确满足交通量需要的可行的桥梁标准、布局、规模（桥梁数量等）。
- (3) 选择或设计出合理可行的桥址、桥型方案以及估算其工程量与投资，应特别重视方案的可行性和可比性。
- (4) 经桥梁方案比选提出最佳设计方案（推荐方案）。
- (5) 桥梁设计方案应有风险分析（包括经济），尤其是特大型桥梁。

### 第二节 “工可”阶段桥址方案设计的内容

#### 1. 特大型桥梁桥址和整条线路走向的关系

(1) 特大型桥梁桥址的选择遵循有关桥位勘测设计规范的规定，具体有如下几点：

① 应服从国家、省级的总体规划和战略要求，符合国道主干线公路的总体走向，优先考虑在交通量集散的咽喉地带。

② 特大型桥梁桥址的选取，应遵循局部线路服从桥梁的原则，且接线标准、技术指标应与特大型桥梁相一致。

- ③尽可能位于顺直的河段、稳定的河床和较好的水文条件处。
- ④有较好的工程地质和构造条件,避免断裂带等特殊地质病害区。
- ⑤不破坏、不影响风景区等自然环境的生态平衡,尽可能美化环境。
- ⑥少占地,少拆迁,少占资源;投资最低、造价合理、风险最小。
- ⑦兼顾地方规划和地方利益,方便群众。

(2)特大型桥梁具有高风险、高难度、高投资的特点,故应充分考虑特大型桥梁设计、施工的难度。

## 2. 整条线路中桥址方案的选择

(1)总体上应遵循桥梁服从路线的方针,因为“工可”中路线的走向是划定走廊带,因此桥址的选择不允许超出这一走廊带。

(2)具体操作勘测时则应有先后之分,也就是大型、特大型桥梁桥址优先作为线路中主控制点选定,避免随后桥梁设计、施工中,出现方案与结构难以克服的困难。例如出现超出规范允许范围的情况。这种先后关系,可以较好地解决路与桥的矛盾。

(3)具体确定桥位时,在符合特大型桥梁桥址的条件下,应以缩短桥长、减小设计与施工难度、降低投资、减小造价为重点。

(4)中小桥址的选择主要是符合总体布局,合理地规划布设。

## 第三节 “工可”阶段桥型方案设计的可行性与可比性

### 1. “工可”阶段桥型方案设计要求

“工可”阶段桥型方案的比选:大桥、特大桥的上下部结构应有两个以上的同等深度的方案(包括特殊复杂的中桥),不仅是主桥,也应包括引桥,后者可以适当简化。每个桥型方案都应是可行的,且有可比性。

### 2. 方案的“可行性”

无论是推荐方案,还是比较方案都应当是可行的,“可行性”的具体内容如下:

- (1)方案结构安全、受力明确,设计是可以实现的。
- (2)方案是可以施工的,即对应的施工方案是可实现的。
- (3)投资和经济指标是合理的,符合业主要求。
- (4)方案的工期能满足业主要求。
- (5)无较大风险,有较好的经济和社会效益。
- (6)经国防、水利、环保、地震等单位认可的方案。

### 3. 方案的“可比性”

同样,无论是推荐方案还是比较方案,必须有可比性,“可比性”的具体内容如下:

(1)每个方案总体设计正确,布局合理,都能满足安全和使用功能的要求。比较方案能弥补推荐方案的不足,或者后一方案能弥补前一方案的不足。

(2)每个方案主桥和引桥的桥型设计、结构设计合理,工程数量准确,都有合理的经济指标。不为比较而比较。

(3)每个方案都有各自的特点,不是相近或雷同的结构。

(4)每个方案主桥的主跨径应相近,有可比性。大江大河上的特大型桥梁,也应考虑特殊性。

(5)每个桥型方案的施工方案合理,有可选用性。

## 第四节 “工可”阶段桥型方案设计的重点和内容

“工可”阶段桥型方案设计的重点和内容是桥梁建设的规模、建设标准和可行的桥型方案(包括实施方案),下面分别加以介绍。

### 1. 桥梁的建设规模

桥梁的建设规模包括:

- 全线桥梁的布局;桥型结构;特大桥、大桥、中小桥的数量。
- 每座大桥或特大桥的桥梁长度、跨径以及结构形式,估算的工程数量。
- 独立特大型桥梁的桥型及桥跨、结构方案、施工方案及估算的工程数量。
- 投资估算以及造价分析。

### 2. 桥梁的建设标准

桥梁的建设标准包括:

- 使用年限和设计洪水频率。
- 设计荷载。
- 设计速度。
- 桥梁宽度及横断面布置。
- 道路等级及平、纵线型技术标准等要求。

### 3. “工可”阶段桥型设计可选用的桥型(目前常用桥型)

(1)引桥或支线上跨桥上部结构目前可供选用的桥型与跨径包括:

- 预应力混凝土 空心板梁桥,跨径范围 13~20m。
- 预应力混凝土 先简支后连续的组合箱梁桥,跨径为 25~40m。
- 预应力混凝土 现浇连续箱梁(包括逐孔连续现浇)桥,跨径为 25~50m。
- 钢筋混凝土 连续箱梁(跨径 22m 以下)。
- 预应力混凝土 I 字型组合梁(干线公路)桥,跨径为 25~40m。
- 预应力混凝土 T 型梁 25~40m。

(2) 主桥上部结构目前可供选用的桥型与主跨跨度,如图 2-1 所示。

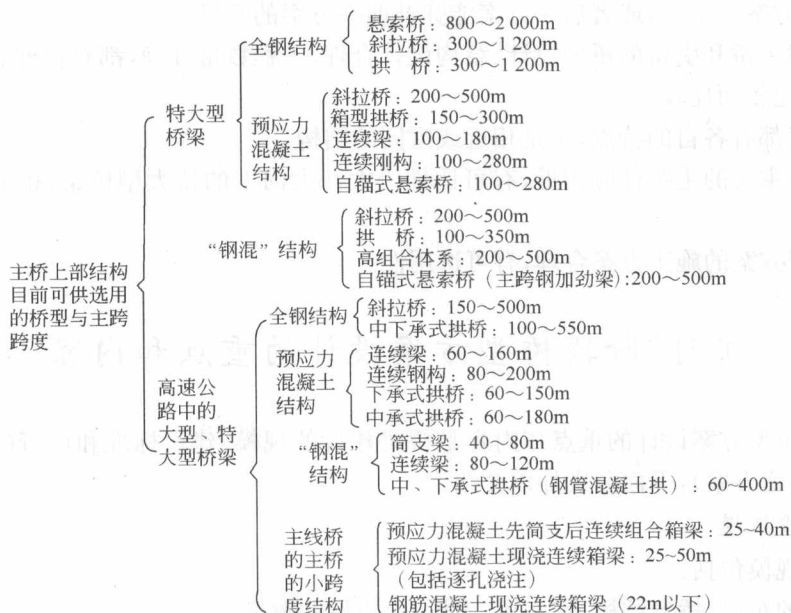


图 2-1

①大跨度悬索桥示例,如图 2-2。

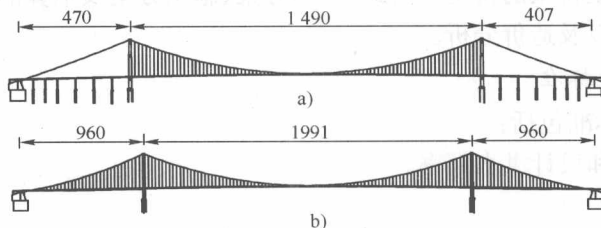


图 2-2 大跨度悬索桥(尺寸单位:m)

a) 润扬长江大桥; b) 明石海峡大桥

②大跨度斜拉桥示例,如图 2-3。

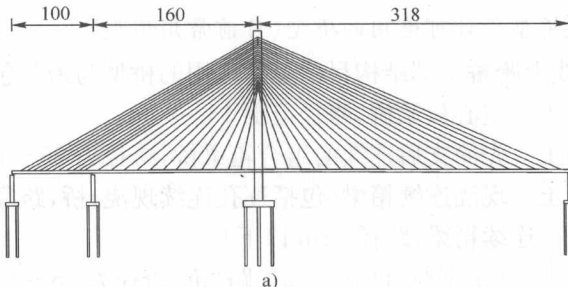
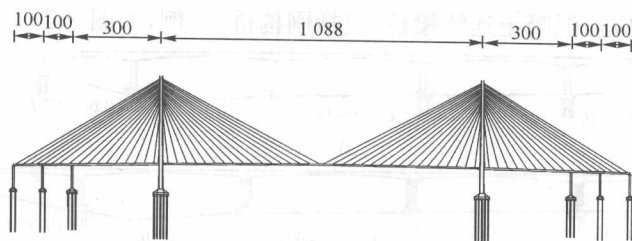
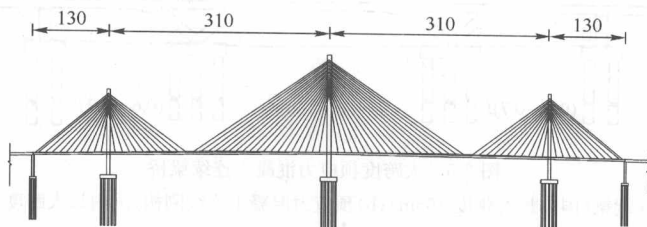


图 2-3



b)

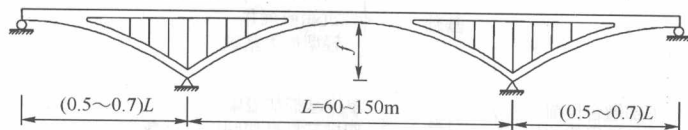


c)

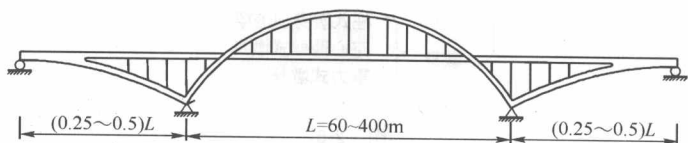
图 2-3 大跨度斜拉桥(尺寸单位:m)

a)独塔:杭州湾大桥(黄河三桥主跨 386m);b)双塔:苏通大桥;c)多塔:岳阳洞庭湖大桥桥型布置图

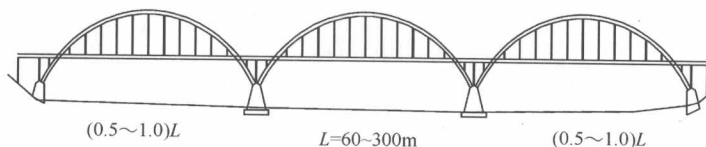
③大跨度拱桥示例,如图 2-4。



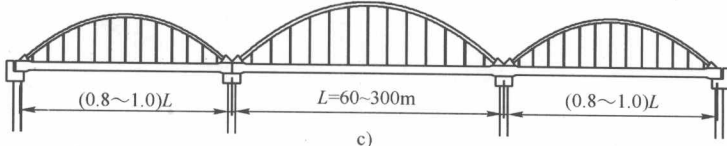
a)



b)



c)



d)

图 2-4 大跨度拱桥结构

a)上承式;b)中承式(上中承式);c)下承式

④大跨度预应力混凝土连续梁桥(包括刚构桥)示例,如图 2-5。

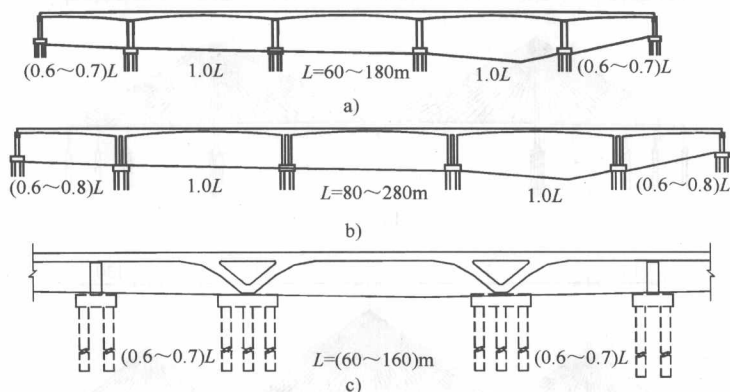


图 2-5 大跨度预应力混凝土连续梁桥

a)预应力混凝土连续梁(国内最大跨度 165m);b)预应力混凝土连续刚构(国内最大跨度 270m);c)V 型预应力混凝土连续结构桥(国内最大跨度 160m)

(3)下部墩台目前可供选用的结构(如图 2-6)

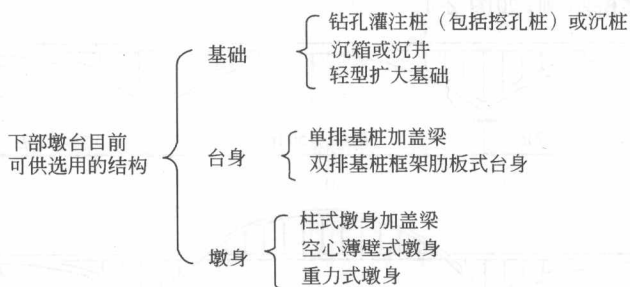


图 2-6

## 第三章

# “初步设计”阶段的桥梁设计

### 第一节 “初设”阶段桥梁设计的特点

#### 1. “初设”阶段桥梁设计的特点 I

“初步设计”阶段的桥梁设计(以下简称“初设”)是在设计合同与“工可”阶段的基础上进一步深化设计,是在建设标准、规模已经确定的前提下,进一步完成该项目的总体设计,简称“初设”。

由于设计者和业主等对所设计项目的目的、意义等逐步加深了研究和理解,也随着测量、勘察(探)、调查等基础资料、“工可”审查、批复等信息的汇集齐全,设计者对桥梁的总体构想已初步形成,从“工可”阶段自然地进入了“初设”阶段,且在这个阶段的设计过程中将日趋完善和成熟。

#### 2. “初设”阶段桥梁设计的特点 II

“初设”阶段的桥梁设计是半计划性的,也是半实施指导性的。前者是由于工程规模、标准、工程数量及投资,于本阶段总体上已定,因而是项目计划的最后阶段;后者是“施工图”阶段的起步,从此进入半实施状态。总之,“初设”是工程项目从计划向实施过渡的关键阶段。

#### 3. “初设”阶段桥梁设计的特点 III

一座桥梁的初步设计就是该桥的总体设计。在该阶段,桥梁设计将“定型、定量”——完成总体设计。除了对“工可”阶段的桥址、桥型方案设计,进一步比选细化外,主要是对推荐方案的进一步确认,同时补充和完善全部的总体设计内容。

### 第二节 “初设”阶段桥梁设计的内容

无论是独立的特大桥、大桥,还是整条线路中的特大桥、大中小桥,都必须包括以下内容(对于后者,中桥以下的可简化)。

#### 1. “初设”阶段的设计内容

(1) 制订项目的设计原则和设计大纲(后者不编入设计文件)。

- (2)进一步比选和确认桥址方案。
- (3)进一步比选和确认桥型方案。
- (4)完善、完成每一比选方案的总体设计(两个以上方案),提出推荐意见。
- (5)完成每个方案的设计概算,且进行比选。

## 2. 总体设计的内容

### (1)总说明

#### ①桥址地理位置图。

#### ②说明书(文字说明与图示)。

(2)桥位平面设计:地形地物与平曲线要素,符合平面设计标准。

(3)桥型布置图:总体设计中最主要、最关键的设计部分。

(4)结构与结构计算:没有结构计算就无法确定准确的结构尺寸,结构计算是“初设”阶段的重要内容。

(5)桥梁施工方案设计:什么样的施工方案就有什么样的结构计算模型,两者是对应关系。

### 3. 总说明书

(1)桥址地理位置图:标示出在交通网络中的位置 and 地位,同公路工程项目设计文件编制办法(以下简称“编制办法”)。

#### (2)说明书

##### ①概述:

a. 任务依据,特别是设计合同。

b. 设计标准。

c. 对“工可”批复意见的执行情况(同“编制办法”)。

d. 测设简介。

e. 新技术的采用。

f. 需说明的其他事项。

②桥址自然地理概况(同“编制办法”)。

③总体设计介绍:见本节第2部分。

④引道工程设计概况(同“编制办法”)。

⑤平纵面缩图(可以根据具体情况进行省略)。

⑥主要技术经济指标(列表)。

⑦各桥型方案的比较表(可列表)

⑧附件(同“编制办法”)。

### 4. 桥位平面设计

(1)在地形地物平面图上展示推荐方案的桥位中心线和桥宽边界线,注明线路和



桥梁起讫点、桥中心桩号、各墩台桩号以及坐标系中的坐标,必要时说明导线点位的坐标、平面图方向标、桥梁中心线的平曲线要素。

(2)注明高程系、坐标系及相关说明。

(3)桥名、桥型、孔径组合数值示意。

(4)与路线或河流中心线的交角、方向、被交者的名称、等级等。

(5)钻孔位置或桩号或坐标。

(6)比较方案的桥位以及上述内容。

### 5. 桥型布置图

#### (1)本图的内容

①主桥:上部结构的主跨、副跨的跨径、跨数与布置,下部结构布置(包括水文计算)。

②引桥:上部结构的跨径、跨数及布置,下部结构的布置(包括水文计算)。

③平面与立面的曲线要素设计、高程设计。

④地质、水文、交叉工程布置设计(特大型桥梁地质、水文应单独绘制剖面图)。

#### (2)说明的内容

①单位。

②设计荷载及设计速度。

③设计洪水频率。

④桥下被交河流或道路的等级和净空标准。

⑤桥孔布置的组合数介绍。

⑥高程系统、坐标系介绍。

⑦其他介绍。

#### (3)桥梁立面设计三要素——桥高、桥长和基础入土深度

①桥高(指行车道梁底高程):通常作以下两项对比后确定。

a. 设计洪水频率内的历史最高洪水位,且考虑潮汛、江汛和浪高、雍水高、安全高度的影响。

b. 与航道等级相对应的最高通航水位加净空高度后的高程。

②桥长:梁底高程确定后,再选取主桥或主跨的行车道系的建筑高度,此后的桥长设计,为缩短桥长,减少投资,可按以下原则控制。

a. 对于高速公路,全主线上的总桥长宜占行车道路线总长的15%以下(桥长不包括支线上跨桥和匝道桥)。

b. 长江、淮河河道的特大型桥梁纵坡建议不大于3.0%,高速公路主线桥纵坡建议不宜大于3.0%,高速公路的支线上跨桥(包括匝道桥)纵坡建议不大于3.2%,不宜小于2.0%。

c. 对于平原软土地基台后填土高度不宜大于4.0m;一般地基台后填土高度不宜