

WANLIANGQIAO SHEJI

吴西伦 编著

弯梁桥设计

人民交通出版社

86.53

9010747

弯梁桥设计

Wanliangqiao sheji

吴西伦 编著

人民交通出版社

内 容 提 要

本书在分析弯梁桥受力特点的基础上，介绍国内外现有弯梁桥计算方法的优缺点和适用条件；作者还结合自己从事弯梁桥设计的体会，介绍弯梁桥的设计程序、计算方法和构造处理。

本书文字简练，通俗易懂，附有实例、图表，实用性强。可供公路、城建、林业、水工等专业师生和工程技术人员参考。

弯梁桥设计

吴西伦 编著

责任设计：崔凤莲

责任校对：张捷

人民交通出版社出版发行

（北京和平里东街10号）

各地新华书店经销

人民交通出版社印刷厂印刷

开本：787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张：4.75插页：1字数：95千

1990年7月 第1版

1990年7月 第1版 第1次印刷

印数：0001—3450册 定价：3.10元

前 言

为了适应国家经济建设的发展，交通运输业已经被提到国家经济建设的优先地位，作为交通运输业的一个重要方面，公路和城市道路将担负起越来越重的运输任务。与此同时，对公路和城市道路也提出了更高的要求，即不仅要求运输线路的合理性和网络化，而且要求提高线路的等级，以提高车速，提高安全性和舒适感。

在过去，由于计算方法和施工工艺的限制，公路和城市道路桥梁一般都做成直线型。这在低等级公路上尚属可行，但在高等级的公路尤其是城市道路上，不仅给建设带来很大的困难和浪费，而且增加了运营里程，降低了经济效益。因此，随着现代化道路交通的发展，建造曲线型桥梁的设想和构思被提到了议事日程。

早在60年代初，国外一些发达国家的桥梁专家和学者开始对弯梁桥的计算理论进行研究，并付诸于工程实践。此后，曲线型桥的数量逐年增加。目前，在国外城市立交枢纽和高速公路上，曲线型桥屡见不鲜。近几年来，曲线型桥还推广应用于铁路建设上。

近年来，曲线型桥在我国工程界也引起了普遍重视，并开始应用于公路和城市立交上。例如：在北京到八达岭的新线上，修建了双曲拱弯桥；在江苏省、天津市和东北地区修建了钢筋混凝土连续弯梁桥；在青岛市修建了两座三跨一联的预应力混凝土弯梁桥；在上海市修建了多座钢的人行过街

弯桥等等。一些学者对曲梁桥理论进行了研究，正在不断取得成果；一些情报和出版单位介绍了国内外学者有关曲梁桥理论的著作和国外曲梁桥工程实践的经验资料；有些大专院校和科研单位结合教学、科研和设计编制出了几种供曲梁桥设计分析的电算程序；在青岛市的预应力混凝土连续弯箱梁上还进行了实地试验和测试。这一切，对于推动我国曲梁桥设计技术的发展都产生了积极的影响。

但是，总的来说，曲梁桥的设计对我国广大桥梁工程人员来说，还是一个新的事物，许多设计工作者对于曲梁桥的基本理论、受力特点、较为实用的计算方法、构造上的处理以及施工上的一些要求还比较陌生。笔者结合自己的工程实践，综合介绍了曲梁桥有关方面的知识，以供桥梁工程技术人员参考、讨论。

由于笔者水平所限，错误之处恳切希望读者批评指正。

目 录

前 言	1
第一章 弯桥的形式和力学特性	1
第 1 节 弯桥的形式	1
第 2 节 弯桥的力学特性	4
第二章 弯桥的理论概要	12
第三章 弯桥的实用算法	19
第 1 节 M/R 法	19
第 2 节 一根曲线梁法	24
第 3 节 梁格分析法	52
第 4 节 考虑约束扭转的梁的简化分析	76
第四章 预应力对弯梁的作用	83
第 1 节 预应力对弯梁的作用力	84
第 2 节 预应力混凝土弯梁桥的构造	87
第 3 节 两跨预应力连续弯梁中预应力作用 荷载的计算实例	88
第五章 弯桥荷载横向分布计算	92
第 1 节 姚氏算法 ^[1]	92
第 2 节 日本岛田-仓西茂算法 ^[2]	97
第 3 节 席氏算法 ^[8]	104
第 4 节 计算实例	107
第六章 弯梁桥的设计概要	109
第 1 节 弯梁桥结构体系的选择	109

第 2 节 弯梁桥平面线型的选择.....	112
第 3 节 横梁.....	115
第 4 节 支座.....	135
第 5 节 下部结构.....	139
第七章 弯梁桥设计中存在的问题.....	142
参考资料.....	146

第一章 弯桥的形式和力学特性

第 1 节 弯桥的形式

弯桥的平面形状是多种多样的，但其基本形状可分为三种，如图1-1所示。

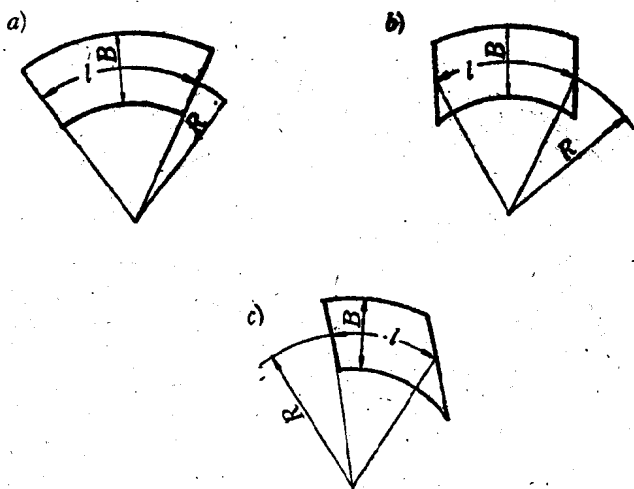


图 1-1

弯桥的计算跨径采用桥梁中心线的弧长 l ，弯桥的宽度则取曲率中心方向的宽度 B 。

图1-1a)为扇形，是弯桥中类似直桥中正桥的一种形式，

也是可以用一般理论进行分析的基本形式；图1-1b)和c)是弯桥中类似直桥中斜桥的形式，其受力比较复杂，分析也比较困难。

多跨连续梁弯桥基本上均由图1-1中所示的三种基本形式组成，如图1-2所示。

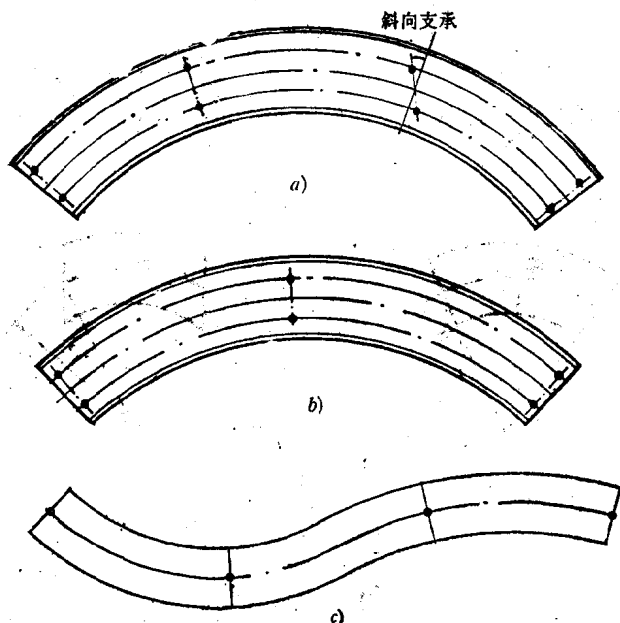


图 1-2

弯桥的截面形状，一般可分为：1)曲线T形梁桥；2)曲线梁板格子梁桥；3)曲线单室箱梁桥；4)曲线多室箱梁桥；5)曲线格子箱梁桥等，如图1-3所示。

图1-3c)、d)、e)分别为单室、多室和格子箱梁桥，其横

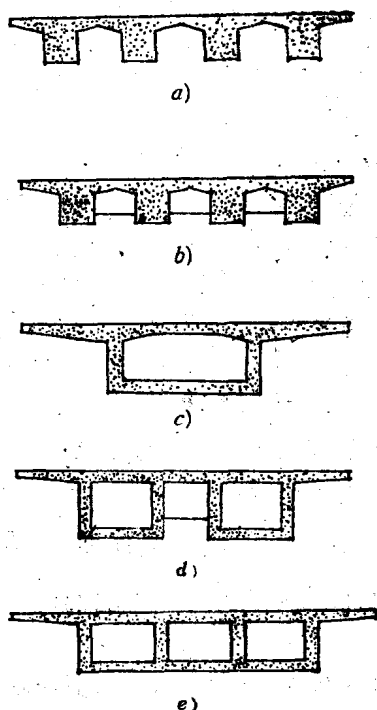


图 1-3

断面为闭口截面，抗扭刚度大；图1-3a)、b)分别为T形和梁板组合的梁桥，其横断面为开口截面，抗扭刚度较小。但在图1-3b)中，因为设置了坚固的横梁而形成了格子结构，从而增强了截面的抗扭刚度。

图1-3a)、b)横断面形状可用于跨度较小的弯桥，当跨度较大时，宜采用图1-3c)、d)、e)中的截面形状。

一般说来，弯桥的横断面形状仍可采用直线桥的截面形

状，但是由于弯桥的工作特性与直线桥不同，横截面的刚度应设计得比一般的直线桥大。

第 2 节 弯桥的力学特性

了解弯桥的特点及其与直桥的不同点，对于理解和掌握弯桥设计原则和计算方法是十分有用的。

弯桥工作的特点主要取决于曲率大小的影响。当垂直荷载作用于弯桥上时，弯桥将同时产生弯矩和扭矩，并且相互影响，造成弯桥力学分析的复杂性。

一、挠曲变形

弯桥的挠曲变形一般要比相同跨径的直桥大，这是因为弯桥的挠曲变形不但来自于弯力矩，而且还来自于扭转力矩。弯桥的挠曲变形一般与跨长 l 、曲率半径 R 、中心角 α 以及弯曲与纯扭转的刚度比 $\frac{EI}{GK}$ 和纯扭转与弯曲扭转的刚度比 $\frac{GK}{EI_w}$ 有关，并且与荷载的形式（集中荷载还是均布荷载）等有关。

二、弯矩

弯桥的弯矩与跨长 l 、曲率半径 R 、中心角 α 以及荷载的形式有关，而与弯桥的截面形状无关（即截面形状是 T 形还是箱形的）。弯桥的弯矩一般比相同跨径的直桥的弯矩要大。

通常把弯桥的跨中弯矩与相同跨径的直桥的跨中弯矩之

比称为弯桥的跨中弯矩修正系数。

图1-4所示即为弯桥跨中弯矩修正系数曲线，它是以弯桥跨长 l 和曲率半径 R 为参数，分别在跨中作用集中荷载和全桥均布荷载的条件下得到的。

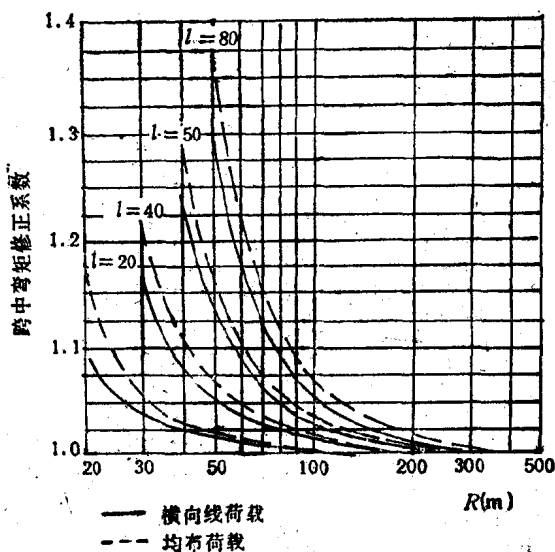


图 1-4

由图1-4可见，在相当大的范围内（例如当 $l \leq 30\text{m}$ ， $R \geq 100\text{m}$ 时），弯矩的跨中修正系数接近1，因此，可以不作计算直接用直桥的跨中弯矩值来进行各项内力计算。

三、扭 矩

对于一般的直桥，因扭矩的数值较小，且影响范围也小，通常不作计算，只在有扭矩存在的部位进行局部构造处理。对于弯桥，扭矩的分析和计算则是十分重要的。为便于

后面的叙述和为使读者了解有关的计算公式的来源，简要地介绍一下有关扭转的基本概念。

1. 杆件扭转时，如各截面均不受约束则称为自由扭转（又称纯扭转或圣维南扭转）；反之，如果杆件的扭转受到约束时，称为约束扭转（又称弯曲扭转）。自由扭转和约束

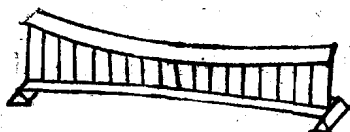
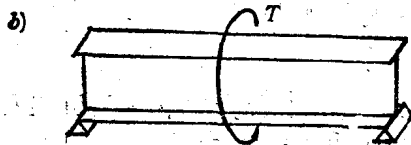
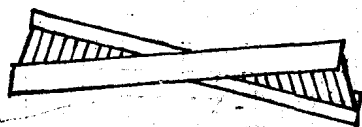
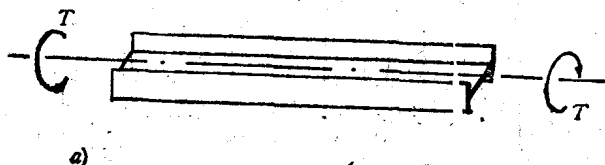


图 1-5

扭转的图式如图1-5所示。

2. 杆件在自由扭转时，垂直于轴线的各个不同平面上的相应点其相对位置发生变化，但仍保持在一条直线中，即相当于绕纵轴线旋转某一角度。在这种情况下，除圆截面杆件的截面仍保持为平面外，非圆截面杆件的截面将不再保持为平面，而要发生凹凸，即所谓翘曲。由于截面能自由扭转和不受约束地挠曲，所有截面的剪应力分布将保持一样。在自由扭转时，沿杆件纵向任何截面之间的距离始终保持不变，所以截面上不产生正应力。

3. 杆件在约束扭转时，各不同断面上的对应点之间的连线不再成为直线，个别点之间的距离也要改变，即纵向纤维的长度要改变。与这些形变相应地将产生纵向正应力，也称翘曲正应力。并且由于各截面上的翘曲正应力分布规律不一样，还将使杆件在纵截面和横截面上产生剪应力（称之为附加剪应力）。

附加剪应力在横截面上形成的扭矩，称为翘曲扭转扭矩（或称二次扭矩）。横截面上的翘曲正应力组成了大小相等、方向相反的一对力矩，称为翘曲双力矩（或称双扭矩）。

弯桥截面上的总扭矩 T 是由自由扭转的扭矩 T_K 和约束扭转的扭矩 T_w 所组成。自由扭转的扭矩 T_K 和约束扭转的扭矩 T_w 在总扭矩中所占比例的大小，取决于弯梁轴线的曲率半径及梁的截面形状。

图1-6a)、b)、c)分别表示工形并列弯梁桥、双箱梁桥及单箱梁桥中总扭矩 T 与自由扭转扭矩 T_K 、约束扭转扭矩 T_w 的关系。

图1-6a)中，当杆件为开口截面时，自由扭转扭矩很小，

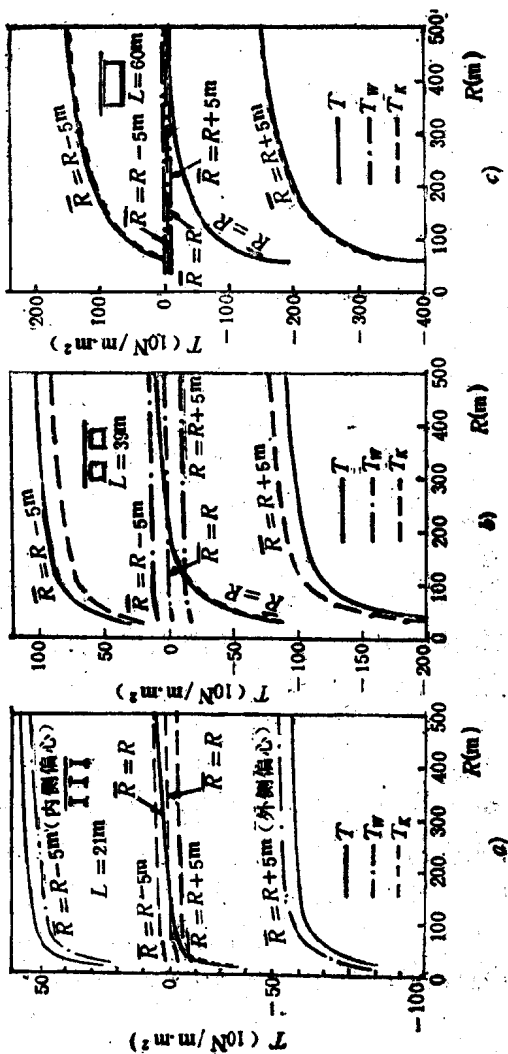


图 1-6
a) 并列工形梁; b) 双箱梁; c) 单箱梁

总扭矩主要由约束扭矩形成，可近似取 $T = T_w$ ， $T_K = 0$ 。曲线半径 R 在100m以上时，扭矩变化缓慢；但当 $R \leq 100\text{m}$ 时，随着 R 的减小，扭矩 $T \approx T_w$ 急剧增加。

图1-6b)中，当杆件为开闭口混合式截面时，总扭矩大部分由自由扭转扭矩构成，约束扭转的扭矩只占一小部分。

图1-6c)中，当杆件为闭口截面时，总扭矩主要由自由扭转的扭矩构成，可认为 $T \approx T_K$ ， $T_w \approx 0$ 。

在所有这三种情况中，总的规律是：当曲线半径 $R > 100\text{m}$ 时，总扭矩 T 随 R 增大而变化缓慢；而当 $R < 100\text{m}$ 时，总扭矩 T 随 R 的减小急剧增加。

四、截面旋转角

在荷载作用下，截面的旋转角 β 随截面的形状和杆件的中心角 α 不同而变化，如图1-7所示。

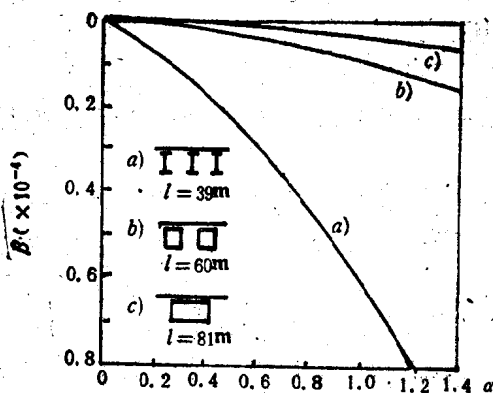


图 1-7

由图1-7还可以看出这样几个规律：a)当中心角 α 为定值

且相等时，不同梁系其截面的旋转角 β 因截面形状的不同而有很大的差别；b)不同梁系的中心角 α 等量增加时，并列工字形梁的截面旋转角 β 急剧增加；并列箱梁的截面旋转角增加缓慢；单箱梁的截面旋转角增加很小。

五、支承条件和支承反力

弯桥根据支承条件的不同，可以分为静定和超静定两类。

由于弯桥同时存在弯矩和扭矩，因此静定和超静定必须按弯矩和扭矩分别确定。

对于弯矩的静定和超静定，大家都很熟悉，而对于扭矩的静定和超静定，在工程设计中一般是这样假定的：如果支承线上有两个或两个以上的支座或者相邻的梁由坚固的横梁连接起来时，因支承和横梁对扭转有约束作用，在内力计算时，特别在手工计算时，将这类支承条件视为扭转的固定支座，如图1-8所示。

在弯桥中，往往因为曲率很大，在固定支座处产生很大的扭矩，甚至可能出现负的反力，因此在设计支座时应予注意。

为了将曲线桥做为外部静定体系，以消除因温度(均匀)变化产生的温度应力，必须全桥只有一个固定点，以该点为中心，其它各方向均可以自由活动，如图1-9a)。但是，这样外部静定的支承状况，一旦发生地震，固定支座处将产生很大的水平力，则给支座设计带来很大的困难。因此，对于宽度不大的一般弯桥，多将配置在某一桥墩或桥台上的全部支座做成固定的，其他桥墩或桥台上的支座做成沿桥轴方向可以活动的支座。当桥的宽度较小时，桥体在宽度方向上的位