

# 公路技术资料

16

## 江津预应力 混凝土拱桁桥

人民交通出版社

公路技术资料

(16)

江津预应力  
混凝土拱桥

交通部科学研究院重庆分院 编

人民交通出版社

公路技术资料

(16)

**江津预应力  
混凝土拱桥**

交通部科学研究院重庆分院 编

人民交通出版社出版

(北京市安定门外和平里)

北京市书刊出版业营业许可证出字第 006 号

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:  $787 \times 1092$  毫米 印张: 4.5 插页: 2 字数: 89 千

1980年6月 第1版

1980年6月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—5,700册 定价: 0.40元

## 内 容 提 要

为研究大跨径预应力混凝土桥梁合理结构型式，根据我国自行设计和施工实践编写的这本预应力混凝土拱桥，内容包括桥型选择、桥孔布置、设计基本资料以及各部分杆件的内力计算，介绍了以有限元法解析节点应力的结果；并且详尽地论述了拱桥预制及预加应力工艺等施工过程，附有施工图表及照片，还论述了本桥的静载、动载试验方法与结果。

本书可供公路桥梁专业技术人员及有关大专院校师生参考。

## 前 言

随着我国公路交通运输事业的发展，修建大跨径预应力桥梁的任务已日益增多。但目前我国大跨径预应力混凝土桥梁结构型式还不能满足生产发展的需要，为此，根据交通部下达的大跨径预应力混凝土桥梁合理结构型式的研究任务之后，以“百花齐放”的精神，经过对一些大跨径桥型的分析比较，提出预应力拱桥作为大跨径桥梁合理结构型式的研究对象之一，在江津县綦江河流入长江出口处的仁沱镇修建了一座预应力混凝土拱桥试验桥。

江津预应力拱桥施工期间，参加建桥职工怀着对社会主义建设的高度热情，认真做好设计、施工、科研三结合。在新技术面前，大家出谋献策，使每个拱片钢筋绑扎入模仅花了一天半时间，16米长的拱片第二单元悬臂拼装时，起重班群策群谋使拱片迅速、准确、安全就位和进行预应力张拉。参加建桥的民工，在老师傅帮助下，短期内熟练地掌握了张拉工艺。整个施工任务完成以后，于一九七七年六月正式通车。经过设计、施工及静动载试和一年多通车观测资料说明，预应力拱桥不仅具有用料省、施工简便、悬臂拼装易于操作、稳定性好，而且从试验观测资料证明这种桥型刚度大，横向整体受力好，结构挠度变化也小。江津桥的建成使我们进一步加深了对预应力空腹体系桥型的认识。这里将我们在设计、施工、试验观测等的一些情况及对拱桥结构分析比较的一些初步认识阐述于后，以便作为今后修建这种桥梁的参考。

拱桁桥从方案拟定到设计施工过程中，承蒙公路、铁路设计施工科研部门和有关高等院校提供许多宝贵的意见，我们对此表示诚挚的谢意。

参加江津预应力拱桁桥设计、施工和试验的单位：

四川省交通局第一公路工程处

云南省交通局科学研究所

交通部公路规划设计院

四川省江津县交通局

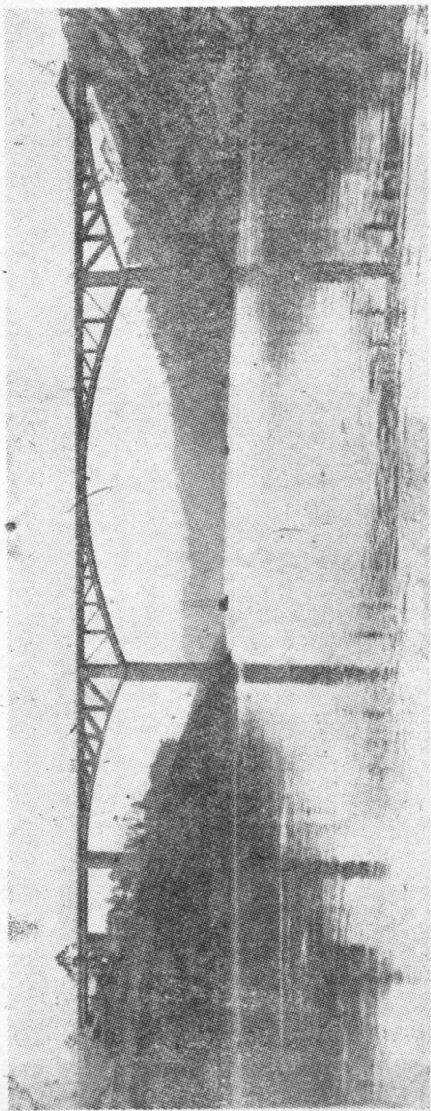
重庆市建筑科学研究所

交通部科学研究院重庆分院

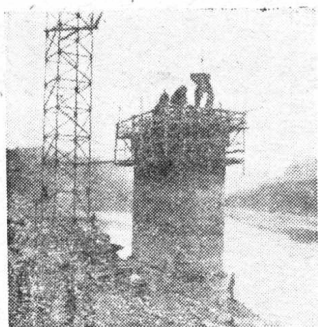
研究课题的主办单位：

交通部科学研究院重庆分院

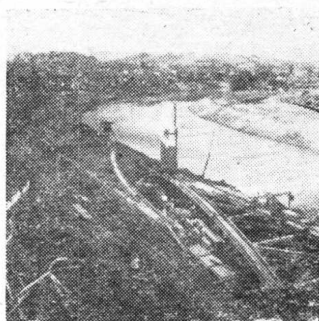
## 江津桥竣工照片及施工照片



江津预应力混凝土拱桥竣工照片



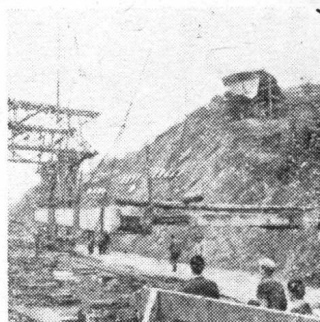
桥墩滑动模板施工



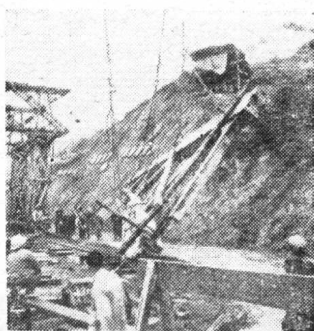
预制场上的拱桁片



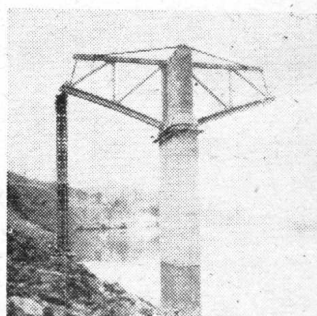
斜杆预应力张拉



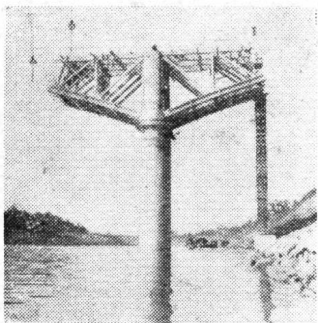
天线吊起拱桁片准备翻身



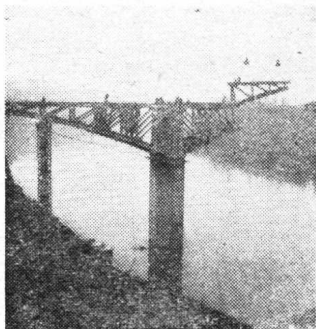
拱桁片正在翻身



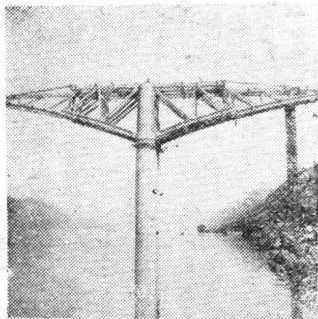
第一单元拼装就位后用钢管斜撑加固



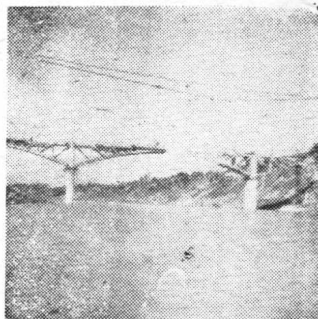
第一单元横向四片全部拼装就位



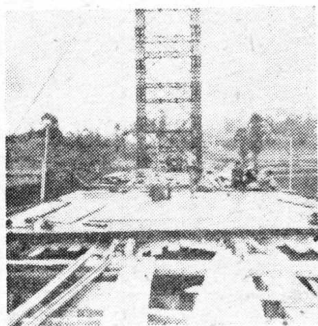
中跨第二单元单片悬拼正在就位



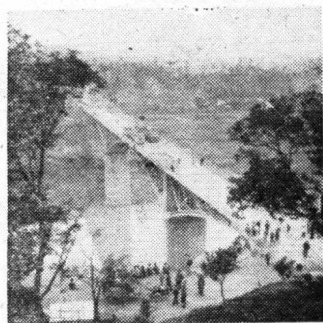
第二单元就位后用钢管斜撑加固



悬拼施工全貌



分段现浇桥面微弯板



静载试验

# 目 录

## 前 言

## 江津桥竣工照片及施工照片

### (一)设计部分

|                 |    |
|-----------------|----|
| 一、桥型选择          | 1  |
| 二、桥孔布置及设计基本资料   | 6  |
| 1.桥孔布置          | 6  |
| 2.工程数量和经济指标     | 8  |
| 3.拱桥设计基本资料      | 8  |
| 三、拱桥构造          | 9  |
| 1.横向构造          | 9  |
| 2.拱轴线及节间布置      | 10 |
| 3.杆件截面的拟定及单元划分  | 14 |
| 4.接头形式、剪力铰及橡皮支座 | 18 |
| 四、内力及预应力计算      | 21 |
| 1.恒载应力计算        | 21 |
| 2.活载应力计算        | 27 |
| 3.预应力计算         | 30 |
| 4.应力汇总表         | 37 |
| 五、主应力验算         | 41 |
| 1.恒载阶段主应力计算     | 52 |
| 2.活载阶段主应力计算     | 54 |
| 六、干接缝剪力验算       | 57 |
| 1.恒载阶段          | 57 |

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 2. 活载阶段.....            | 58  |
| 七、节点应力计算.....           | 58  |
| 八、锚头下局部应力计算.....        | 62  |
| 1. 计算截面几何特性.....        | 62  |
| 2. 截面应力计算.....          | 65  |
| 3. 各截面主应力及配筋计算.....     | 65  |
| 九、温度应力.....             | 73  |
| 十、预留拱度计算.....           | 76  |
| 1. 徐变计算.....            | 76  |
| 2. 预留拱度.....            | 78  |
| 十一、设计上几个问题的探讨.....      | 82  |
| 1. 腹杆刚性连接对内力计算的影响.....  | 82  |
| 2. 上弦和拱不同刚度比对内力的影响..... | 82  |
| 3. 跨中固接和铰接对比.....       | 88  |
| (二) 施工部分.....           | 93  |
| 一、施工概况和现场布置.....        | 93  |
| 二、拱桁片预制.....            | 94  |
| 1. 拱桁底模放样、模板构造与安装.....  | 94  |
| 2. 钢筋入模和预应力管道安装.....    | 96  |
| 3. 浇注拱桁片混凝土.....        | 97  |
| 4. 拱桁片出模、横移和堆放.....     | 99  |
| 5. 斜杆预应力.....           | 103 |
| 三、吊装.....               | 103 |
| 1. 吊装方案.....            | 103 |
| 2. 天线吊装布置.....          | 104 |
| 3. 拱桁片横移和空中翻身.....      | 105 |
| 4. 吊装前的准备工作和注意事项.....   | 105 |
| 5. 第一单元吊装.....          | 106 |

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 6. 第二单元吊装          | 112 |
| 7. 第三单元吊装          | 114 |
| 四、现浇微弯板、橡皮支座和剪力铰施工 | 115 |
| 1. 微弯板             | 115 |
| 2. 橡皮支座            | 116 |
| 3. 剪力铰             | 117 |
| 五、施工体会和改进意见        | 118 |
| (三) 试验观测部分         | 122 |
| 一、静载和动载试验          | 122 |
| 1. 试验方法            | 122 |
| 2. 试验结果            | 123 |
| 二、第3号束预应力计算方法的鉴定   | 128 |
| 三、挠度变化观测           | 130 |

## (一) 设计部分

### 一、桥型选择

我国大跨径预应力混凝土桥梁自1964年以来主要是采用T形刚构箱形悬臂梁。经过十多年的实践，大家认为T形刚构具有悬臂施工、便于流水作业、装配速度快、稳定性好、横向刚度大等优点。但同时也觉得这种桥型存在一定的缺陷，即T形刚构在静载阶段是悬臂梁。当跨径大时，悬臂梁为了平衡静载弯矩，根部梁高达10米左右。这样高大的梁是难以充分发挥材料受力作用的，因而材料消耗指标高、结构笨重，同时因箱梁为变截面结构，梁高腹板相对较薄，致使模板制作较复杂。因此，如何减轻上部结构自重，节省三大材料消耗指标已成为大家共同的愿望。

大跨径桥梁合理结构型式不仅是结构受力合理，而且在结构上必须能最大限度发挥高强钢筋的受拉性能和高标号混凝土的抗压性能，同时便于施工。从目前各种桥型上部结构受力特性而论，拱桥上部结构不仅受力比较合理，而且它的主要承重构件——拱圈在静载、活载作用下基本上是承受压力，因而充分发挥了圬工材料抗压强度高、抗拉强度低的特点，从而达到了节省钢材的目的。所以在我国现阶段钢材供不应求的情况下，拱桥是一种切实可行和深受欢迎的桥型。在国外已建成各种类型的钢筋混凝土桥梁中，不仅拱桥的跨径最大，而且所消耗的钢材指标也最低。但是由于拱结构对墩台产生巨大的水平推力，因而在多跨或高墩的情况下，下部工程很不经济。为了消除墩台上的水平推力，采用系杆拱

结构是解决这一问题的途径之一。预应力系杆拱不仅在国外仍大量采用，而且在国内也修建了多座，最大跨径达150米。解决水平推力的另一途径是1960年B.Д.华西里耶夫提出的无外推力预应力钢筋混凝土悬臂拱桥<sup>①</sup>。这种桥型受力特性与系杆拱相同，但外观上又跟一般无铰拱相似，见图1。悬

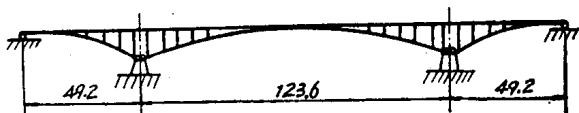


图1 希姆卡城悬臂拱

臂拱的每个墩有两个对称的半拱，预应力桥面杆如同系杆拱的系杆一样平衡了两个半拱的水平推力，跨中（拱顶）的剪力铰将半拱连成整体，使各跨在活载作用下共同受力。由于这种桥型是无外推力结构，高跨比可以做的很小，一般矢跨比为 $1/9 \sim 1/12$ 。这样就比较容易满足通航净空的要求。剪力铰的设置使上部结构对基础沉降来讲，就不如无铰拱那样敏感，因而它可以适用于软土地基。在施工阶段悬臂拱与T形刚构相似，每个墩和两个悬臂是独立的静定体系，它可以如同T形刚构一样进行悬臂施工和流水作业。悬臂拱不同于T形刚构之外，在于T形刚构在恒载阶段是悬臂梁，而悬臂拱在恒载阶段是系杆拱。毫无疑问，系杆拱比悬臂梁合理，因而在大跨径桥梁自重产生的内力占很大比重情况下，悬臂拱能达到自重轻、用料省的目的。据国外资料分析，在各类型大跨径预应力桥梁中，跨径在80~150米时，悬臂拱与其它桥型相比，经济指标最低<sup>②</sup>。各种体系经济跨径如图2所示。

① 铁道科学研究院技术情报所 1963 年专题资料《预应力钢筋混凝土桥梁（下）》

② 见俄文版《运输工程》1967年第7期

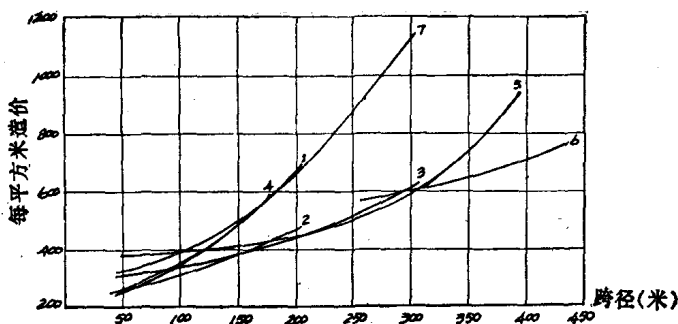


图2 各种体系经济跨径曲线

1-连续梁, 2-悬臂拱, 3-斜拉桥, 4-悬臂T形刚构, 5-斜拉桥(钢),  
6-吊桥, 7-连续体系钢桥

在已建成的悬臂拱桥中, 最令人感兴趣的是第聂伯河的基辅铁路公路两用桥。该桥全长700米, 跨径为40.75 + 80.30 + 98.57 + 116.97 + 116.97 + 98.57 + 80.30 + 39.60米, 桥上设双层行车道, 上层通行双线铁路, 下层通行四车道公路和四条人行道。上部结构的横断面为两片拱肋承担了30米宽的桥面, 见图3及图4。跨中(拱顶)设有剪力铰将悬臂拱肋连成整体。每个悬臂拱肋除端部(即跨中)设置端横隔梁外, 其它没有任何横向联系。桥建成后, 进行了各项试验, 在偏心加载下测得两条拱肋整体受力非常良好, 加载一侧拱肋承受了60%的荷载, 非加载一侧承受了40%的荷载。在跨中加载作用下, 各跨实测挠度仅为计算挠度47%~53%, 实测弯矩仅为计算弯矩的50%左右。试验证明结构潜力很大。

根据各种资料的报导及我们对悬臂拱的内力分析表明, 这种桥型确实有许多优点和特点。因此, 我们最初曾确定将悬臂拱作为探讨大跨径预应力桥梁的对象。后来施工部门建

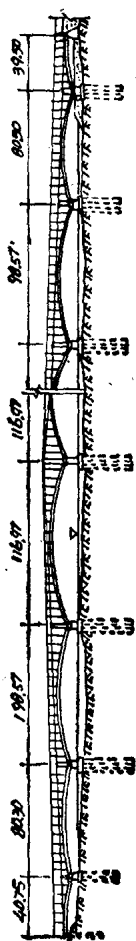


图 3 第聂伯河公路、铁路两用预应力悬臂拱桥