

柳州大桥 设计与施工

中国建筑工程工业出版社

柳州大桥设计与施工

上海市基础工程公司
上海市市政工程设计院 编写

中国建筑工业出版社

本书详细地介绍了柳州大桥“T”形悬臂结构,采用挂篮悬臂浇筑逐段施工的设计和工艺,在规划、设计、施工和科研等方面的实践经验。全书分上下两篇,共九章,包括:概述及上部构造、挂篮设计、下部构造、悬臂梁设计、吊梁计算、上部结构施工和下部结构施工等具体数字的计算和操作。第一章并附录关于大桥“T”形悬臂加吊梁体系的吊梁经济长度的探求;第二章附有大桥采用润滑剂降低管道摩阻的试验报告;箱形断面悬臂梁经济梁底曲线的探讨;两组箱梁相对挠度引起的错动力计算和荷载横向分布计算的方法探讨以及对大桥钢筋混凝土收缩、徐变试验报告(摘录);第四章附有预埋式大型预应力锚头试验报告;第八章附有预应力施工工艺规程及箱梁施工质量检查标准。

本书可供城市和公路建设部门从事桥梁专业工程技术人员实用参考。

柳州大桥设计与施工

上海市基础工程公司编写
上海市政工程设计院

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷

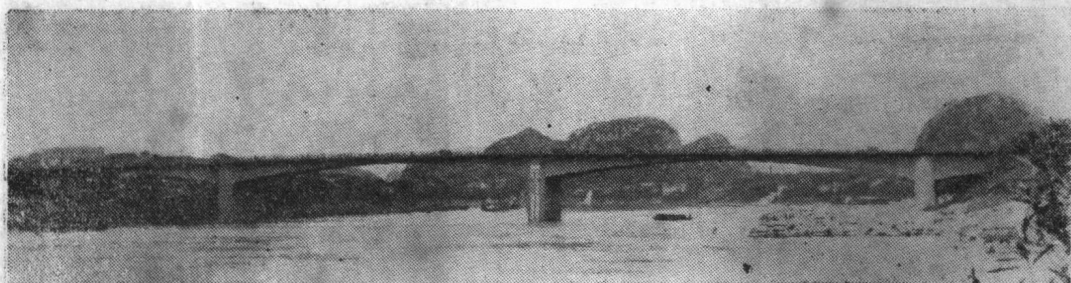
*

开本: 787×1092毫米1/16印张: 22 $\frac{1}{2}$ 插页: 4 字数: 548 千字

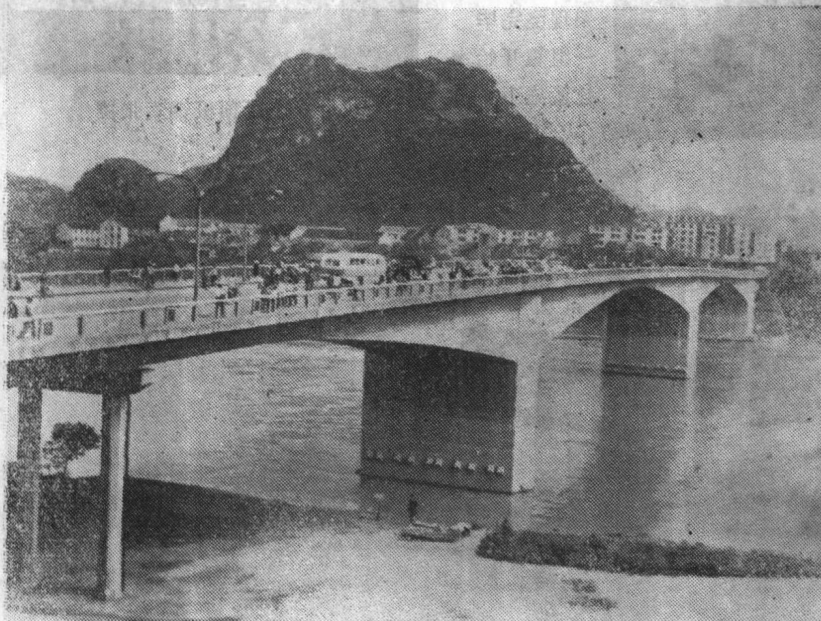
1980年2月第一版 1980年2月第一次印刷

印数: 1—5,230 册 定价: 2.45元

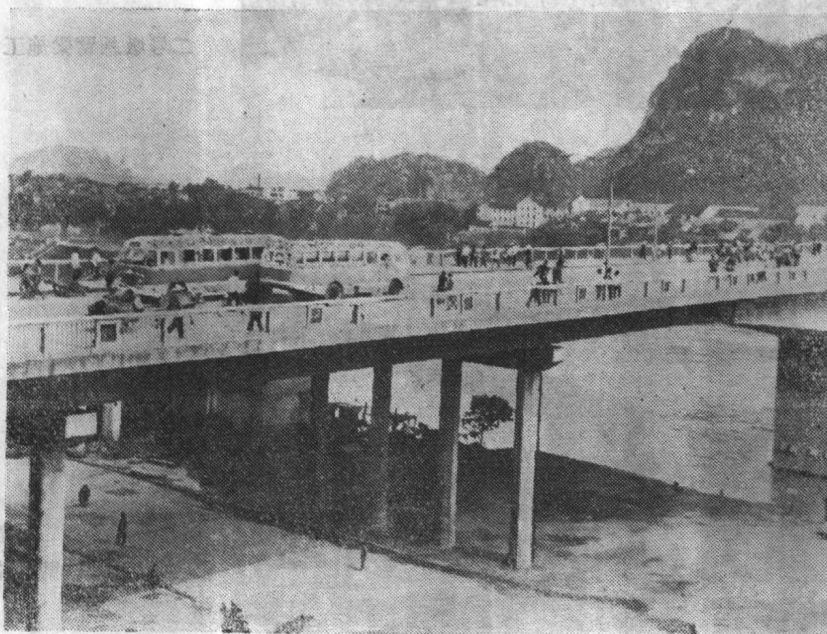
统一书号: 15040·3609



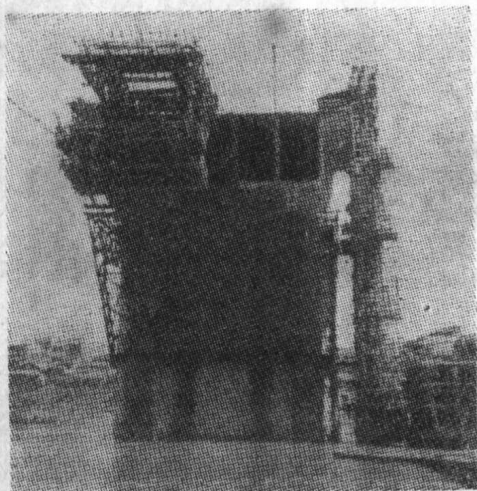
柳州大桥全貌



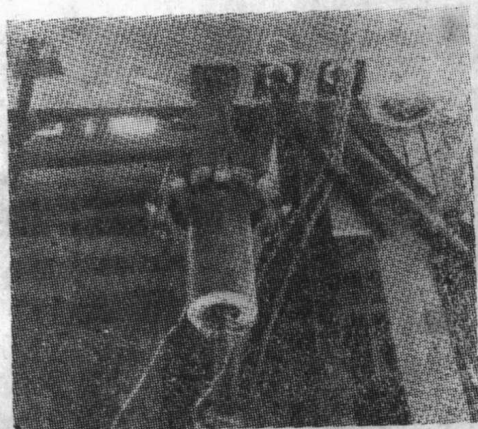
大桥自北向南侧
影之一



大桥自北向南侧
影之二



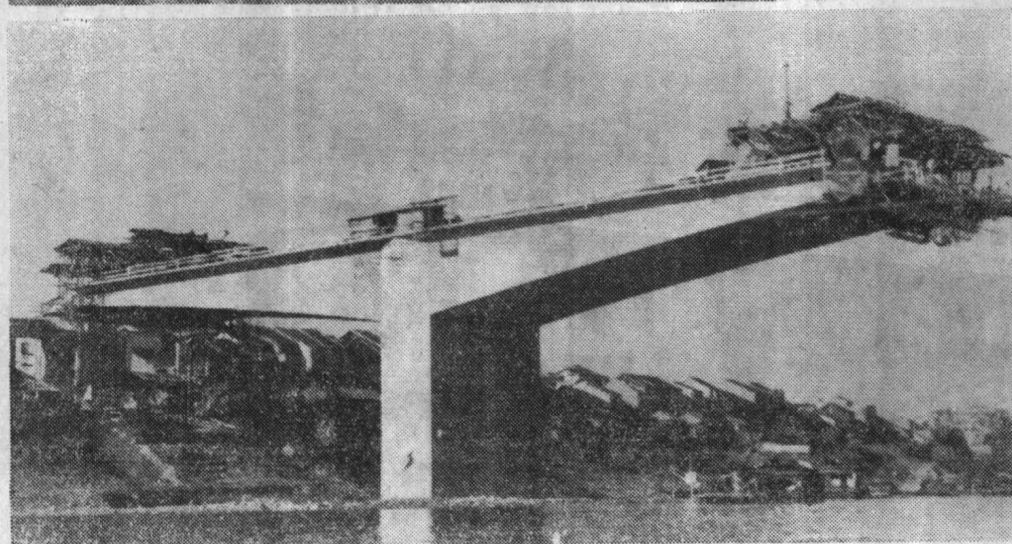
悬臂梁钢支
架现浇完毕
一组箱开始
挂篮施工



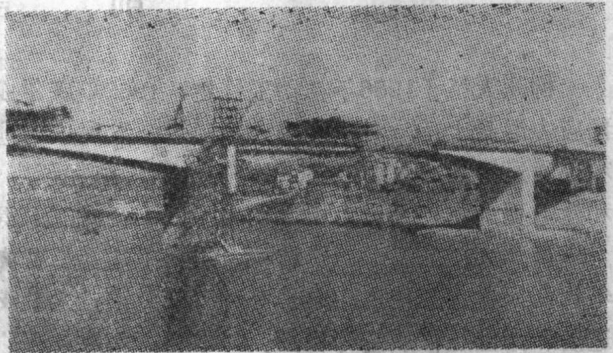
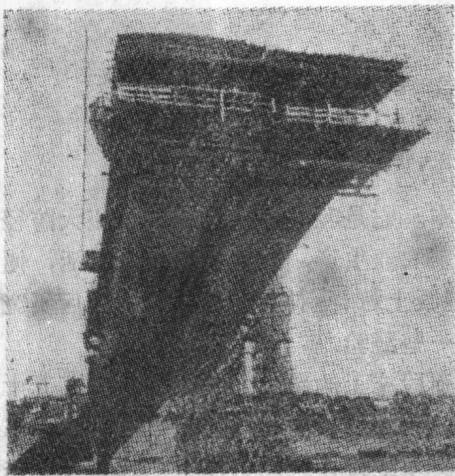
节段顶板钢索张拉



二号墩悬臂梁施工

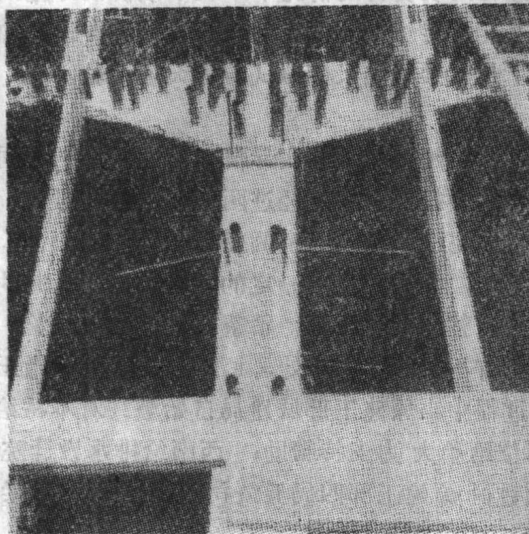


二号墩悬
臂梁施工



两组箱挂篮同时进行

二号墩悬臂梁施工，远处一号墩悬臂已完成



箱梁节段端部管道情况

7A388103

前 言

柳州大桥于1966年初动工修建，1968年底建成通车。它是我国首次建成的一座大跨径预应力混凝土桥，对于促进内地建设，发展广西地区工农业生产，改善城市人民生活，便利交通运输具有重要意义。这座124米大跨径预应力混凝土悬臂刚构桥的建成，为今后研究和建造更大跨径预应力桥梁积累了技术资料，取得了一些经验。

柳州大桥是T形悬臂结构，采用了挂篮悬臂浇筑逐段施工的新工艺，这项新工艺五十年代在西德首先使用，它具有可以避免设置大量支架，不需要大型起重设备，能加快施工进度和保证工程质量等特点。在墩高、水深、流急和必须维持通航的条件下，悬臂浇筑法更为有利。因此，为世界各国桥梁工程界所广泛重视，纷纷修建，在西德、日本和法国等尤为突出。遵照毛主席关于“洋为中用”的教导，结合当地条件学习和研究了T形悬臂和施工工艺的特点，在柳州大桥采用了这种新型结构和工艺。但是，当时世界上跨径在120米以上的预应力T形悬臂桥仅有7~8座，而其中半数则在1964年才竣工，尚难觅得技术参考资料。在这种既无经验又缺资料的情况下，从事该桥设计施工的工程技术人员，以踏踏实实认真不苟的科学态度对待一切困难和问题。为了使得设计和施工的成果切合实际，在大桥施工前，曾进行了悬臂梁的足尺模拟试验和大量试验研究，为正式施工提供了较为充分的依据。

在大桥施工过程中，广大建桥职工从实际情况出发，根据不同阶段的主要技术问题，明确主攻方向，集中优势兵力打开灭战，经过两年多的艰苦努力，攻克了悬臂浇筑和其它施工技术关键，多快好省地完成了建设大桥的任务。

大桥建成通车已有十年，它经受住了一定的洪水和使用荷载的考验，桥面平整，运行良好。现将有关的资料重新整理汇编出版，希望能达到交流经验，相互学习的目的。由于我们水平所限，内容难免有不妥和错误之处，请广大读者批评指正。

在柳州大桥的建设过程中，原建工部城建局自始至终对本桥给予关怀、支持和领导，柳州市领导和各有关单位给予大力支持帮助；西南给排水设计院研究所（原建研院桥梁组）承担了主要科研项目；原建工部四局五公司承担了部分桥梁施工任务，对此一并致谢。

上海市基础工程公司
上海市政工程设计院 编写组

1977年12月

目 录

前言

上篇 设计部分

第一章 概述	1
第一节 桥跨布置及标准	1
第二节 桥梁宽度的估算	1
第三节 桥型选择和吊梁跨径的决定	4
第四节 上部构造横断面布置及箱梁 二肋与三肋的比较	7
第五节 经济分析和通车以来情况	9
附录 1-1 关于柳州大桥 T 形悬臂加 吊梁体系的吊梁经济长度 的探求	11
第二章 上部结构	25
第一节 概述	25
第二节 预应力管道	26
第三节 锚头	26
第四节 钢束编排和布束	27
第五节 摩阻损失	30
第六节 梁高、底板厚度及梁底曲线	31
第七节 关于悬臂梁各节段计算断面 特性取用问题	33
第八节 两组箱梁相对挠度引起错动 力计算和荷载横向分布	34
第九节 箱梁桥面板、肋板、底板的计算	37
第十节 牛腿设计	40
第十一节 关于箱梁剪应力计算的比较	41
第十二节 徐变预拱度计算	48
附录 2-1 柳州大桥悬臂梁采用润滑剂 降低管道摩阻的试验	62
2-2 箱形断面悬臂梁经济梁底曲 线的探讨	68
2-3 两组箱梁相对挠度引起的 错动力计算和荷载横向分 布计算的方法探讨	73
2-4 混凝土收缩、徐变试验 (一)	

(二)].....82~85

第三章 挂篮设计	98
第一节 概述	98
第二节 资料的搜集与分析	98
第三节 挂篮设计	102
第四节 挂篮的使用	118
第四章 下部构造	125
第一节 概述	125
第二节 桥基的工程地质勘探及地基 处理	125
第三节 二号墩深水基础的设计	127
第四节 墩身设计中的几个问题	135
附录: 4-1 预埋式大型预应力锚头试验	135
第五章 悬臂梁计算	139
第一节 计算书整理说明及基本数据	139
第二节 内力计算	141
第三节 断面特性及钢束估算	151
第四节 预应力损失计算	162
第五节 使用荷载作用下各截面应力 及强度验算	183
第六节 施工阶段各截面应力验算及 钢束引伸量计算	194
第七节 箱梁顶板、肋板、底板的计算	202
第八节 两组箱梁相对挠度引起的 错动力计算和横向分布系数 的较精确计算	230
第九节 牛腿及端横梁计算	244
第十节 徐变预拱度计算	255
第六章 吊梁计算	257
第一节 设计说明及基本数据	257
第二节 桥道板计算	258
第三节 主梁内力计算	261
第四节 估束及布束	267
第五节 应力及安全度验算	273
第六节 挠度计算	285
第七节 横隔梁计算	288

下篇 施工部分

第七章 概述	298
第一节 工程项目与工程数量	298
第二节 水文、气象和工程地质	298
第三节 施工总平面布置	299
第四节 施工顺序和施工进度	299
第五节 材料和机具设备	302
第八章 上部结构施工	303
第一节 施工挂篮	303
第二节 施工支架	308

第三节 箱梁节段施工顺序	308
第四节 模板和预应力管道	309
第五节 混凝土施工	314
第六节 预应力施工及孔道灌浆	321
附录 8-1 预应力施工工艺规程	332
8-2 箱梁施工质量检查标准	337
第九章 下部结构的施工	338
第一节 清基及地基处理	338
第二节 大小沉井的施工	339
第三节 水下混凝土的浇筑	349

上 篇 设 计 部 分

第一章 概 述

柳州大桥位于广西柳州市中心，横跨柳江，两岸均为柳州市建成区，房屋栉比，大桥将南北两岸市区连成一体。柳江自西向东流经桥下，主流偏于南岸，在桥位处河面宽常水位时约为310米，高低水位相差达二十余米。桥位处于石灰岩岩溶（喀斯特）地区，河床南侧基岩裸露，南岸岸坡冲刷较剧，溶沟溶槽极为显著，往北则覆盖层逐渐加厚，北岸岸坡全为覆盖层所构成，河床基岩倾斜，北高南低，在中间桥墩处层面坡度几达30%，施工时水深亦达25米。

第一节 桥跨布置及标准

大桥走向为南北方向，全长连引道及立交桥在内共608.04米，其中南北桥台间主桥长度为408.19米，主孔为120米及124米的T形悬臂梁加吊梁的预应力混凝土结构，吊梁跨径为25米，主要桥跨布置如主桥总图所示。

悬臂梁为箱形结构，采用挂篮、悬臂浇筑法逐段施工。吊梁为T形梁，预制吊装后再现浇部分桥面，T形梁预应力钢束一部分系待现浇桥面混凝土有足够强度后再续张拉。主桥上部构造全部为预应力混凝土结构，其中悬臂梁为三向预应力（纵、横向及竖向），其余为双向预应力（纵、横向）。

桥墩上部（墩身）为普通钢筋混凝土箱形结构，桥墩下部（基础）则按照不同情况分别处理。二号墩为深水墩（平时水深约25米）设计过程中进行了多方案比较，最后采取了水下混凝土和钢筋混凝土桩相结合的特殊结构方案取得成功。从而节省了大量人工、物资和费用，并缩短了工期。

由于建成后非机动车甚多，桥面最大纵坡取1.85%，竖曲线 $R=6000$ 米。

桥梁载重：汽-18。拖-80验算。[见1956年公路工程设计准则（修订草案）]。

洪水频率：100年一遇。

第二节 桥梁宽度的估算

桥梁宽度取决于桥梁建成后桥上可能通过的车辆和行人的高峰流量，并适当考虑发展。为此，在1965年对柳州市的过江流量（包括浮桥及轮渡）做了实地观测，以此为基础，再考虑建桥后，因交通方便而引起的流量增加，并估计到近期的适当发展，作为设计流量。

一、基础资料

（一）向车运业务的主要单位（如运输公司、搬运公司、公交公司等）调查多年逐月

运输量变化数字。

(二)实地过江运量观测,取得各种车辆及行人的全日逐时流量资料。

(三)当地工业及人口发展前景资料。

二、根据实测流量推算年高峰小时流量

设计时对过江车流量和人流量作了多次观测,取得了平均日流量和高峰小时流量。柳州市主要车辆类型为机动车(卡车、小汽车)、板车、自行车。由于实测流量资料为五月份,而根据上述资料(一)的逐月运量变化数据,说明除自行车外,机动车和板车在12月份为全年运量最高月份。故先求出常年12月与5月运量的比例关系。

将实测流量按以上比例关系折算,即得年高峰小时流量。

自行车及行人因逐月变化不大,即以实测数字为依据。

用以上方法推算出该年年高峰小时流量为:

卡 车	63辆
小 汽 车	13辆
板 车	230辆
自 行 车	798辆
行 人	5162人

三、修正年高峰小时流量

柳州市现仅有渡口及浮桥作为越江工具,将来建桥后由于交通方便,车辆将有增加,为求得建桥后流量增长系数,选择了与柳州市人口分布形态和工业产值工业分布相似的城市,江苏徐州和浙江宁波两市作为比较。在两市城建部门大力协助下取得了跨河交通运量观测资料,比照徐州、宁波两市跨河运量加以推算,得出建桥后流量增长率为:汽车20%,板车30%。自行车20%(估计)。建桥后行人虽将有所增加,但一部分已包括在自行车数量中,一部分将乘公共汽车,故不予调整。

修正后的年高峰小时流量为:

卡 车	76辆
小 汽 车	16辆
板 车	299辆
自 行 车	958辆
行 人	5162人

四、桥梁建成后近期流量推算

首先推算桥梁建成后1970年的估计流量,然后再预留适当发展余地作为设计流量。

(一)从1965年的修正年高峰小时流量推算1970年流量是按照下例比例关系推算的,机动车与板车流量按工业产值的预计增长率,比照过去工业产值增长与货运量增长关系,加以推算。

自行车与行人流量按人口预计增长率推算。

(二)1970年以后的发展数字较难确切估计,设计时讨论研究作如下的考虑:

板车:从发展趋势看,板车将逐渐为汽车所代,70年以后考虑板车数量不增加。

汽车:汽车的增长率,鉴于卡车与小汽车的高峰流量不在同一时间可以互相调节,估计均增长50%作为预留发展数。

自行车、行人：亦按增加50%考虑。

最后，设计采用的年高峰小时流量为：

卡 车	353辆
小 汽 车	73辆
公共汽车	54辆
板 车	924辆
自 行 车	1437辆
行 人	7743人

五、桥宽计算

根据对上海市混合行驶桥梁的初步分析（见上海市工程设计院“上海市有关道路桥梁纵坡、坡长及宽度的调查观测试验报告”1965年8月）。

各种车辆的通行能力大致如下：

车 辆 类 别 或 行 人	每 车 道 每 小 时 通 行 量
汽车（换算为小汽车）	每3.5米车道 500辆
板 车	每2.0米车道 400辆
自 行 车	每1.5米车道 700辆
行 人	每0.75米人行道 1000人

汽车折算为小汽车的系数采用卡车为2，公共汽车为3，柳州大桥机动车设计流量折算为小汽车流量等于（73+353×2+54×3），即941辆每小时。

柳州大桥的计算宽度为：

汽 车： $\frac{941}{500} \div 2$ 车道 采用7.00米

板 车： $\frac{924}{400} \div 2.3$ 车道 采用4.00米

自行车： $\frac{1437}{700} \div 2$ 车道 采用3.00米

人行道： $\frac{7743}{1000} \times 0.75 = 5.8$ 米 采用6.00米

故最后采用值为：

车行道 14米

人行道 6米

共 宽 20米

六、建成后实际情况与预估的对比

（一）1973年9月7至9日柳州市有关单位，对柳州大桥进行了运量观测，高峰小时双向流量分别为机动车400辆，非机动车324辆，自行车5191辆，行人4365人。以上高峰流量系在不同时间出现，机动车高峰出现在10~11时，非机动车高峰出现在11~12时，自行车及行人高峰出现在下午或星期日。

现将流量较大的9月8日上午10~11时的观测数字与1965年实测修正数字及设计流量数字列表对比如下：

	73年9月8日10~11时	设 计 流 量	1965年实测修正年高峰数
机 动 车	400	480	76
非机动车	233	924	230
自 行 车	3030	1437	798
行 人	1737	7743	5162

大桥的运营情况，根据73年10月柳州市城建局来函所述为“……大量自行车驶进快车道迫使机动车放慢速度，交通经常堵塞，每年都要发生数起伤亡事故”。73年12月14日在柳州召开有关柳州大桥的座谈会上，也大多数提出了车流拥挤的问题。特别是板车和马车对其他车辆的干扰，使车流不畅造成拥塞。

（二）设计中机动车流量系按照工业产值预计增长数字而推算的（根据过去若干年工业产值与货运量的关系曲线延伸而得）。根据现在实际达到的产值，原估产值数字大约75年方能达到，与现在机动车流量实测数字比较，原估流量尚较接近。

（三）从以上预估与实际的对比中，可以认为：

1. 城市桥梁设计中，现有交通流量和货运量的实地调查和工业发展的近、远景规划都是决定桥梁宽度规模的基础资料，应当在当地有关单位协助下取得这些资料，作为适当的分析论证的依据。但对近、远期发展的估计由于影响因素较为复杂，可变性也大，主要的还在于听取当地有关部门和群众的意见，适当地加以采用。

2. 柳州大桥机动车流量的估计，大体上还属可行，但远景流量似偏小。

3. 柳州大桥非机动车流量的估计（除自行车外）过大，今后宜作为不发展或少发展的车辆来看待，但是非机动车所占车道宽度则宜按照桥梁纵坡大小，纵坡长度大小，非机动车类型，载运货物种类等因素，具体分析，当纵坡较大较长时，非机动车常按之字形路线前进，这就占用了较宽的车道，如装载货物长度较大，如竹、木等则由于左右摆动也将占用较宽的车道。

4. 柳州大桥对自行车流量单按人口增长率来估计是不恰当的，针对我国情况，今后对自行车的发展应有足够的估计，它的增长率一般要大于机动车的增长率。

第三节 桥型择选和吊梁跨径的决定

一、T形铰接悬臂和 T 形悬臂加吊梁（或称挂孔）两种不同体系的选择

设计时对这两种体系进行了分析，认为铰接悬臂在施工方面如果已有经验比较熟练，则采用此种体系可以在施工时一气呵成，减少工序是其优点，但当时考虑到：

（一）对悬臂施工缺乏经验，而铰接悬臂施工精度要求比较高，否则容易造成中间铰的合拢困难。

（二）在资料和经验缺乏的情况下，对于桥梁建成后由于日照、温度变化、混凝土收缩与徐变等影响所产生的变形和次应力难以预估。

（三）在材料用量方面铰接悬臂用料并不少于吊梁体系，可能还要多些（见吊梁跨径

分析)。

另一方面, 铰接悬臂为了承受次应力和反向弯矩的出现, 还要额外多耗材料。因此, 决定采用 T 形悬臂加吊梁的体系。柳州大桥建成后, 与欧州类似跨径的铰接悬臂桥主要材料用量相比较, 也说明悬臂加吊梁体系较为经济。

至于悬臂施工是采用现浇还是预制拼装的问题, 当时由于缺乏适当的预制场地和吊运码头, 对后者未多加考虑。

二、吊梁跨径的决定

吊梁跨径取决于: (1) 材料经济 (2) 施工吊装能力 (3) 大跨径简支梁的施工经验 (4) 跨中建筑高度对于桥梁引道纵坡的影响 (城市桥梁较为显著)。

在考虑柳州大桥吊梁跨径时, 曾利用现有资料对东北某桥方案中的悬臂与挂孔的经济关系作了理论分析, 得出曲线如图 1-1。

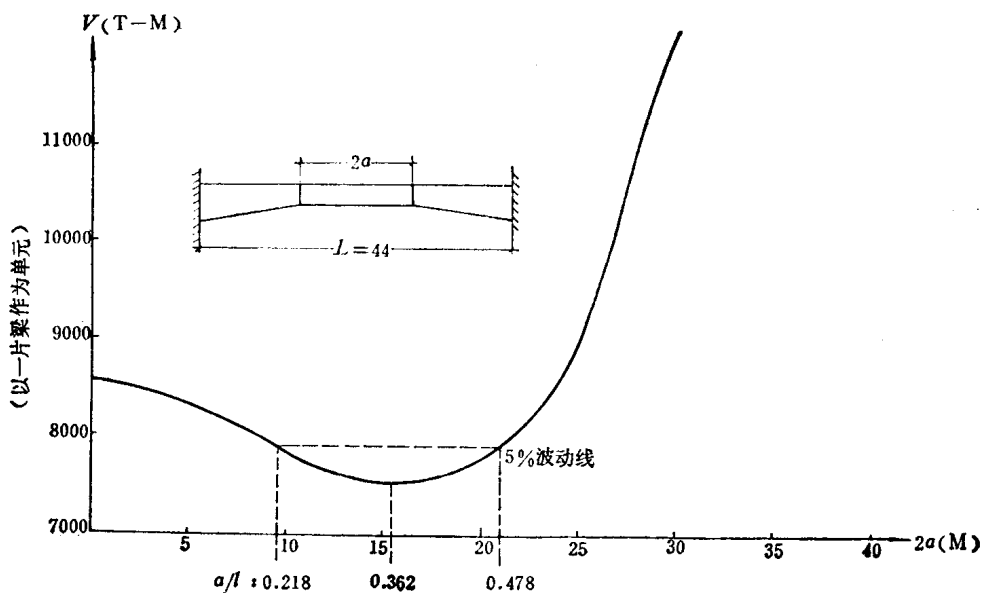
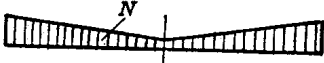


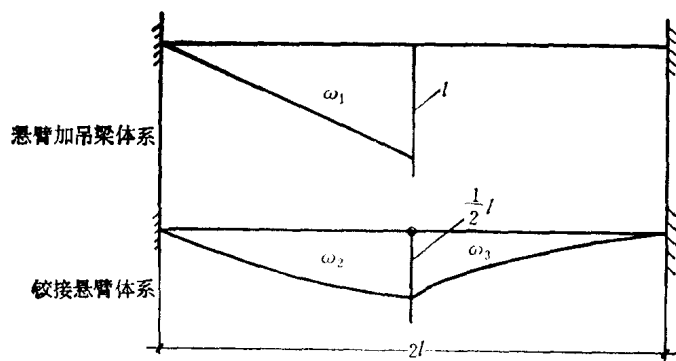
图 1-1 44米净跨悬臂梁桥, 吊梁经济长度理论曲线

图 1-1 中曲线表示全跨主要材料用量与吊梁长度的关系, 主要材料用量以“材料指标” V 值表达 (V 含义见附件 1-1)。从图可知 a/l 的理论最经济比为 0.362, 但曲线下部比较平缓, 事实上曲线的代表性也是近似的, 若容许 5% 的波动幅度则吊梁经济长度在 $0.22L \sim 0.48L$ 之间。图中 a 系吊梁长度之半。 l 系总净跨径之半。从图中还可以看出, 吊梁长度逐渐缩小时, 材料用量也逐渐增加, 当 a 趋近于 0 时, 即变为铰接悬臂, 此时从曲线表明材料用量较最低点增加 15%。

此处, 可对铰接悬臂体系略加探讨: 当 $a \rightarrow 0$ 时结构体系从悬臂梁加吊梁变为铰接悬臂, 箱梁根部弯矩影响线也相应的变化, 如图 1-2 所示:

在两种体系中恒载对称, 是  形, 故恒载弯矩相等,

且荷载对称时, 中间铰剪力等于零, 两种体系均成为悬臂梁, 亦可说明恒载弯矩相等。至



影响线面积 $\omega_1 = \omega_2 + \omega_3$

图 1-2

有相当的建筑高度[西德 Kobelenz 桥跨径 123 米，跨中建筑高度为 2.5 米；Worms 桥跨径 114 米，跨中建筑高度 2.5 米；Bendorf 桥跨径 208 米，跨中建筑高度 4.4 米；浦户大桥（日本）跨径 230 米，跨中建筑高度 3.85 米]，所以恒载弯矩常大于悬臂吊梁体系，加以活载邻孔加载的影响，铰接悬臂活载弯矩亦常常不小于悬臂吊梁的体系。实际上由于钢铰本身的用料及反向弯矩布筋，构造配筋等所需增加的钢材用量，将超过曲线所表示的材料增加量。

关于柳州大桥吊梁长度，从多方面进行了考虑，鉴于当时城市或公路桥梁，预应力简支梁 20~30 米跨径的经验比较成熟，吊装方面也不希望起重量太大，所以选择了吊梁长度 25 米（0.22 L，柳州大桥中孔净跨 114 米）和 32 米（0.28 L）两种进行具体比较，对两种长度的吊梁主要材料相对用量（指整跨）比较如下：

亦即 25 米吊梁比 32 米吊梁的方案混凝土节省 2 %（32 米梁肋是等厚的，25 米肋是变厚度的）钢丝多 5 %。但起吊重量前者为 54 吨后者 74 吨，且 32 吨吊梁梁高较大，在整体布置方面对引道和立交孔均不利，同时为了充分利用挂篮设备，使悬臂浇筑部分长一些，故选定采用 25 米吊梁。现在看来，如果其他条件许可，则最好选用较长跨径的吊梁。

为了对吊梁经济长度有更进一步的认识，利用柳州大桥现有实际资料，以及闽江大桥实际资料进行了理论分析，分析结果见附件 1-1 中图 6、图 8（详细分析见附件 1-1）。从各个理论曲线图可知：

（一）曲线在经济长度（最低点）附近比较平缓，亦即吊梁经济长度可在一定范围内变动。

（二）当材料数量的波动范围定为 5 % 时， a/L （ $\frac{\text{吊梁跨径}}{\text{总净跨}}$ ）比率的平均值在 0.22~0.50 范围内变化，亦即 $a = L/4 \sim L/2$ 。

（三） a/L 的最经济比率平均值约为 0.37（指现有实例）。

（四）吊梁长度超出经济范围不断增大时，用料迅速增长。

于根部活载弯矩，则因铰接体系加载长度大一倍，等代荷载约小 25 %，两个体系影响线面积相等，故对于活载弯矩，吊梁体系比较接体系约大 25 %，柳州大桥悬臂梁根部活载弯矩为恒载弯矩的 17 %，如果恒载弯矩相同，则吊梁体系总弯矩仅约增加

$$\frac{(100 + 17 \times 125\%) - (100 + 17)}{100 + 17}$$

$= 3.6\%$ ，而事实上铰接悬臂在跨中铰处，由于构造上的原因必需

材 料	32 米 吊 梁	25 米 吊 梁
400 号 混 凝 土	102	100
高 强 钢 丝	95	100

(五) 吊梁长度超出经济范围不断减小时, 用料亦不断增长, 说明铰接悬臂在理论上并不经济(关于 $\alpha \rightarrow 0$ 时结构体系突变, 影响线变化的影响见前页说明)。

实际上经济长度的理论分析也仅反映了一个方面, 有一定的局限性, 不能作为选择吊梁长度的唯一依据, 其他如施工设备、施工方法、设计施工已有的经验、现有材料情况等因素, 常常占据相当的分量, 有时甚至是决定性的。一般当总的跨径较大时, α/L 比率的选择常倾向于较小值; 而总跨径较小时则倾向于较大值。

第四节 上部构造横断面布置及箱形梁二肋与三肋的比较

上部构造横断面布置, 对于悬臂梁, 采用箱形截面。此种截面刚度大, 整体受力性能好, 且能保证在不大的高度范围内有足够的受压区面积, 从而节约钢材。至于挂孔吊梁因需要预制吊装, 故采用T形截面, 上翼缘一部分现浇。

本桥桥宽20米, 对于悬臂梁部分, 若在整个桥宽范围内采用一组多格的箱梁, 则在挂篮施工时的运转控制均将不便, 反而缺乏灵活性, 而底板的总宽度又将超过需要, 故选用了两组独立箱梁的截面, 用两只挂篮同时施工, 在施工时两组箱梁间的桥面板, 留出约30厘米的后浇带, 便于挂篮运转前移, 随后再将此30厘米的后浇带浇没(图1-3)。

关于两组箱梁之间是否取消联系, 全部分离, 中设分车带, 使每组箱梁完全独立的问题, 曾作了一些初步的分析讨论:

(一) 分离的独立箱梁在静载偏心(主要由于人行道和栏杆等)和偏心活载作用下的扭矩全靠箱梁本身的抗扭刚度来抵抗, 不能利用桥面板的剪力来分担扭矩。

(二) 分离的独立箱梁横向分布系数较大(详见第二章)。

(三) 桥面中间设置分车带, 如果高出桥面, 对于机动车与非机动车混合行驶的桥梁, 特别是城市桥, 不能充分发挥整个车行道的作用; 如分车带不高出桥面仅用漆线标示, 从已建成的桥来看桥面上的纵缝很难处理。

基于上述的初步分析, 最后还是采用了两组箱梁通过桥面板和端横梁连成整体的横断面布置。

由于桥面设有横向预应力筋, 故横桥向桥面板可视为整体, 连续的桥面板厚度常取决于纵向钢束布置所需要的最小厚度, 这种最小厚度应能满足钢束的最小间距要求又能保证混凝土的浇筑质量。

至于箱梁的肋板数目或肋板距离则应: 1. 满足悬臂梁剪应力、主拉应力的需要。2. 满足构造要求的桥面板厚度能充分发挥作用, 或不使桥面板过厚。3. 满足或便于桥面预应力钢束下弯锚固。4. 便于配合吊梁的布置。5. 便于施工。

柳州大桥对箱形梁采用两肋或三肋的方案也作了比较, 比较的时候需要把吊梁布置一并考虑进去。比较方案的布置连同相应的吊梁布置见图1-4。

经过计算比较结果如下:

400号混凝土 三肋方案多338立方米

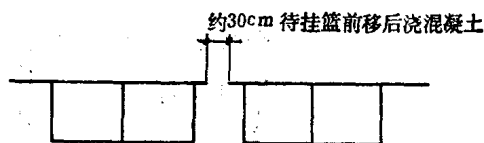


图 1-3

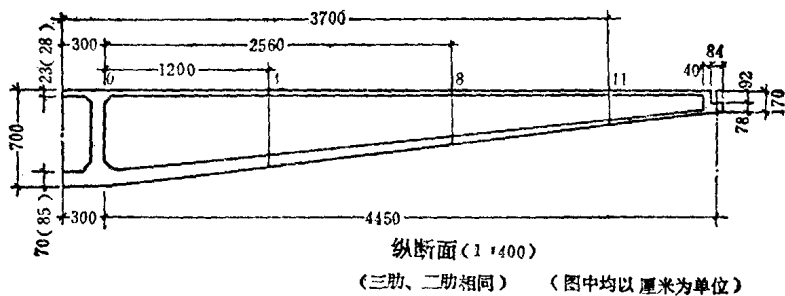
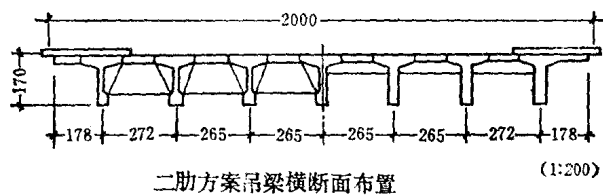
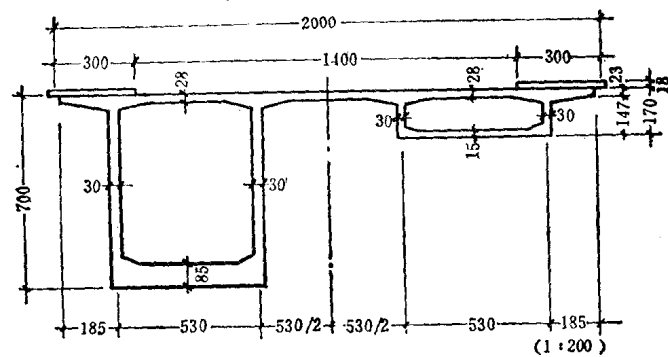
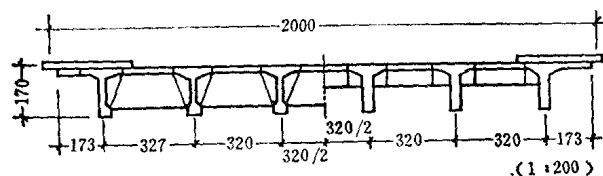
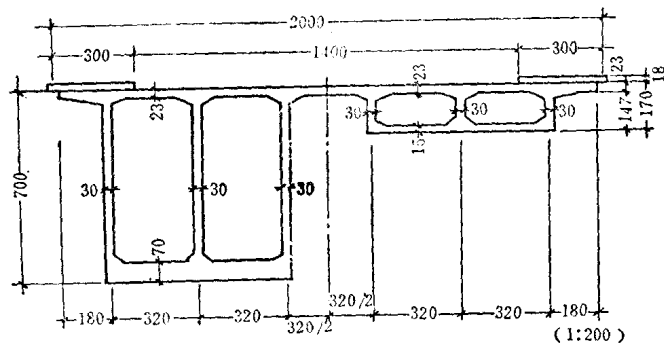


图 1-4 上部构造横断面布置比较方案