

文章编号:1006-7329(2003)01-0094-06

## 用箱梁拓宽加固荣经大桥的探索

张大庆, 张江涛, 范亮

(重庆交通学院, 河海建筑工程系, 重庆 400074)

**摘要:**通过对荣经大桥现状的实地调查,分析了桥梁的承载能力,提出了采用预应力箱型梁进行拓宽加固的改造方案,简要分析了该方案受力特点和技术经济优势。实践证明该方案在不中断交通的情况下,减少了与旧桥的冲突,有效地提高了桥梁的承载能力,具有明显的社会经济效益。

**关键词:**T型梁;箱型梁;拓宽;加固

**中图分类号:**U445.4

**文献标识码:**A

随着我国经济实力的不断增长,公路桥梁的流量及负荷不断增加,相当一部分早期修建的桥梁因老化、破损、设计荷载标准偏低等原因,通行能力和承载能力不能满足日益增长的交通要求,已明显影响到社会经济的发展和道路的畅通和安全。为充分利用现有投资,除进行一定数量新桥建设外,旧梁的技术改造将是今后相当长一段时间内我国公路桥梁建设的一项紧迫工作。

旧桥的技术改造与新桥建设相比,有其自身的特点。旧桥改造通常要求在不中断或尽量少中断交通的情况下进行,施工工艺简单、施工速度快、工期短;同时,方案拟定与计算要充分考虑到新、旧结构的强度、刚度与使用寿命的均衡,以及新、旧结构的共同工作,充分发挥旧结构的使用潜力。

迄今为止,人们在旧桥技术改造方面已经作了不少的工作<sup>[1]</sup>,从已有的资料来看,单独对旧桥加固或对桥梁上部结构拓宽方面的成果较多,而同时进行拓宽加固改造的实例却并不多见,但显然这是今后旧桥改造的一个方向。本文在对荣经大桥的拓宽加固研究和设计中,努力探索一种技术可行、施工简便、安全合理、经济可靠的改造途径,特介绍如下,请同行们批评指正,也供今后的继续研究参考。

### 1 荣经大桥的现状调查及检测

#### 1.1 桥梁概况

荣经大桥系108国道位于四川省荣经县城内唯一一座跨越经河连接两岸城区的桥梁,该桥全长111.25m,为6孔标准跨径16.8m的钢筋混凝土简支T型梁桥,每孔由6片钢筋混凝土简支T型梁构成,桥面净宽为净7.0+2×1.0m,桥梁横断面如图1所示;原设计荷载标准为汽-13,拖-60,于1965年建成投入使用。调查表明,该桥经30多年的运营,尤其是近十年来,长期处于超负荷运营状态,致使桥梁明显损伤,通行能力严重不足,已明显影响到地方经济的进一步发展,当地政府决定对该桥梁进行技术改造,在拓宽桥梁的同时将荷载等级提高到汽车-20、挂车-80,重庆交通学院周志祥教授为首的课题组完成了该项研究和设计。该桥于1998年改造完毕,并进行了荷载试

\* 收稿日期:2002-10-08

作者简介:张大庆(1959-),女,重庆市人,工程师,主要从事实验及研究工作。

验,至今使用正常。

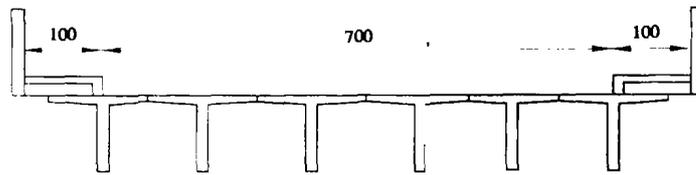


图 1 原桥横断面

## 1.2 桥面状况

桥面已出现较严重的坑洼、麻面,局部桥道板破损甚至出现孔洞。在桥面明显可见沿主梁接缝的纵向裂缝,靠行车道中间的三条纵向裂缝已完全贯通,表面宽度达 2 mm,靠边的两条纵向裂缝尚未全桥贯通,沿桥纵向表现为断断续续,裂缝宽度较中缝小。分析表明,造成纵向裂缝的主要原因是各片主梁之间横向联系薄弱,从桥下可发现横隔梁在主梁接缝处沿梁高方向出现裂缝,并与桥面纵向裂缝贯通。

另有多处主梁梁端的桥道板破损,表现为局部区域出现网状裂缝并伴随着下塌,严重的已成为空洞。由于桥道板的破损,导致桥面铺装的相应破坏,又因桥面铺装的多次修补造成行车道面的平整度很差,一有车辆通过桥梁即产生明显的振动,即使小车通过也可明显感到振动。

伸缩缝附近桥面出现网状裂缝、坑洼,并作多次修补。由于多年失修,伸缩缝对应的主梁接缝已被混凝土渣等杂物堵塞;伸缩缝装置破损严重,几乎失去应有的作用。

人行道及栏杆也受到不同程度的破坏。

## 1.3 既有主梁状况

为把握桥梁结构的力学状况,我们对原桥主梁的极限承载能力进行了分析,对桥梁在荷载作用下的变形及裂缝开展情况进行了现场加载测试。

### 1.3.1 承载力极限状态分析

分析表明,在使用荷载作用下,边梁的受力最不利。按现行《公路桥涵设计规范》进行荷载组合,得到边梁的最不利荷载效应组合值;根据原设计所采用的截面尺寸、混凝土标号及钢筋等级,按极限状态法计算所得到边梁的抵抗内力。

表 1 主梁荷载效应与抗力的比较

项目	恒载	汽-20+人群	挂-100+人群	最不利荷载效应	截面承载力	截面承载力/荷载效应
跨中弯矩 $M(\text{kN}\cdot\text{m})$	411.00	537.67	817.70	1 434.42	1 237.60	0.86
支点剪力 $Q(\text{kN})$	100~87	124.20	212.90	376.42	390.41	1.04

从表 1 可见,桥梁现有承载能力尚不满足 318 线目前的车辆荷载通行要求。值得说明的是,经过 30 多年的使用,由于材料性能的老化,结构损伤的积累,主梁的承载能力将随之降低。

### 1.3.2 荷载试验情况

为准确评定桥梁的现有力学状态,我们对荣经岸边跨进行了加载试验:采用重 16 t(与汽车-13 级的重车基本相当)的东风牌载重汽车 2 辆,按图 2 所示的三种布载方式,测定了该跨主梁在车辆荷载作用下的变形和最大裂缝宽度。实测得到各工况下桥梁跨中横截面的变形如图 3 所示,可见旧桥明显地不服从刚性横梁法的假设,说明该桥各主梁的横向联系较弱,观察发现各梁横隔板间的接缝均存在贯通的裂缝。试验荷载下测得梁腹部的最大裂缝宽度为 0.28 mm,在受拉钢筋重心处测得的最大裂缝宽为 0.15 mm,测得的最大挠度为 3.6 mm。

加载结束后,对边梁的裂缝分布作了详细调查:该梁裂缝较多而且密,有部分裂缝开展较高,已接近 T 型梁翼缘根部,由于受拉钢筋的集中布置,T 梁下缘裂缝宽度较小,裂缝数量也相对较少,最大裂缝宽度出现在距梁底约 15 cm 处。除在靠近支座区段的裂缝上部略微倾斜外,尚未发现明显的剪切斜裂缝,说明主梁的抗剪强度还能满足要求,这也为抗剪强度计算所证实。

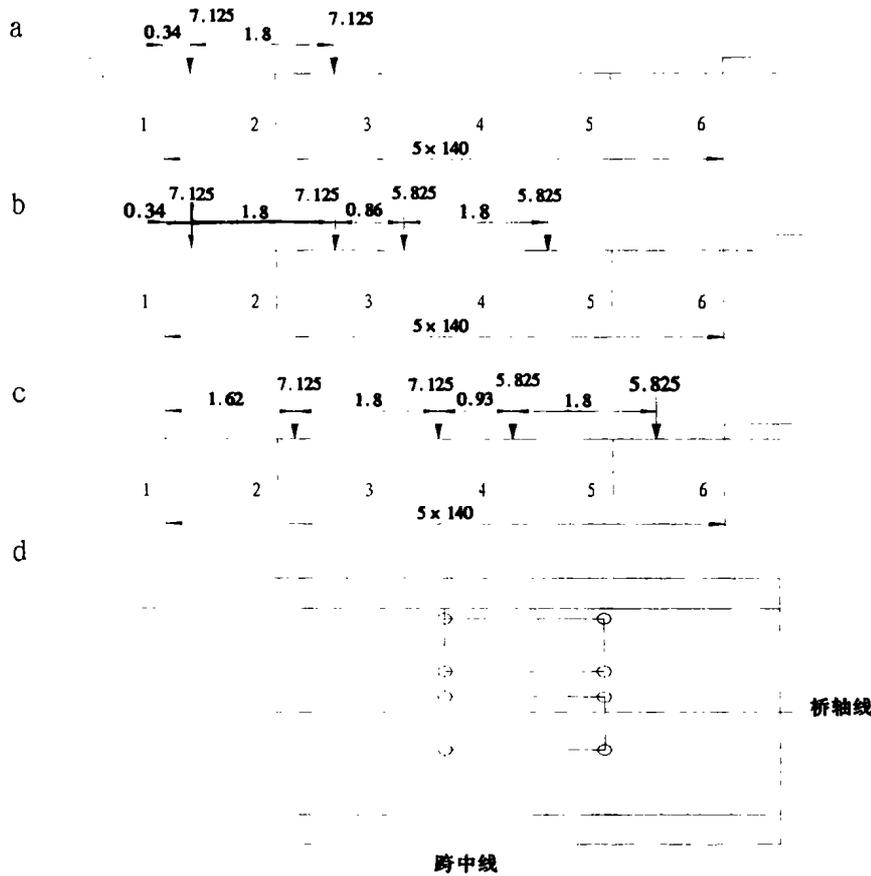


图 2 桥梁测试的汽车加载图式

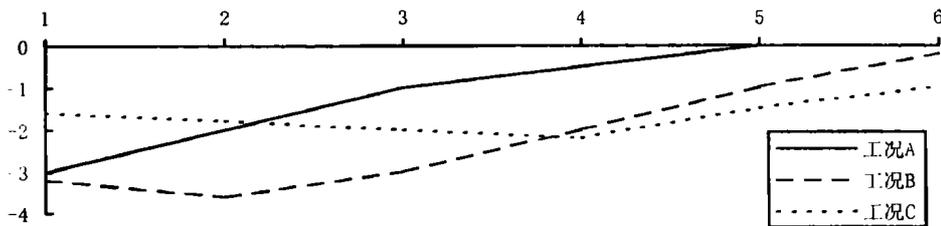


图 3 主梁在各工况下的变形图

荷载试验和分析计算表明,该桥尚能满足原设计荷载等级汽-13,拖-60强度和刚度要求,主筋处的裂缝宽度也在现行《规范》的容许宽度范围内,但欲提高荷载等级至汽-20,挂-100,则必须对既有桥梁结构进行加固改造。

## 2 拓宽加固方案比选

荣经县政府综合考虑桥梁现状和交通发展的需要,决定在对该桥由 8.5 m 拓宽至 18.5 m 的同时将荷载等级提高到汽车-20、挂车-100。为此,我们拟订了以钢筋混凝土 T 型梁、预应力混凝土空心板和预应力混凝土箱型梁三种拓宽加固方案。

### 2.1 T 型梁方案

因原结构是钢筋混凝土简支 T 型梁桥,为寻求结构形式上的统一,故首先考虑了本方案。从力学性能上讲,T 型截面梁既充分利用了顶板宽翼缘混凝土的抗压强度,又有效地发挥集中布置在梁肋底部的受拉钢筋的抗拉强度,使结构构造与受力性能达到较理想的配合。从施工上讲,可现场浇

筑也可预制,采用现场浇筑,施工简便,但需要支架、模板较多,工期较长;采用预制施工时,可提高  
效率,缩短工期,但需要专门的预制场地和吊装设备。

为达到加固旧桥的目的,可采用“大边梁加固”原理,在该桥两侧增设截面尺寸和抗弯刚度较大的  
T梁(如图 4)。为使新增梁能完全参与荷载横向分布,新增梁之间及新增梁与原有主梁之间必  
须采取可靠的联结措施。由于钢筋混凝土 T 梁的抗弯刚度有限,抗扭刚度较小,不能有效地减小原  
有主梁的负载,尚需对原有主梁进行加固,以提高桥其极限承载能力。加固方法为常见的加马蹄  
(图 5)。

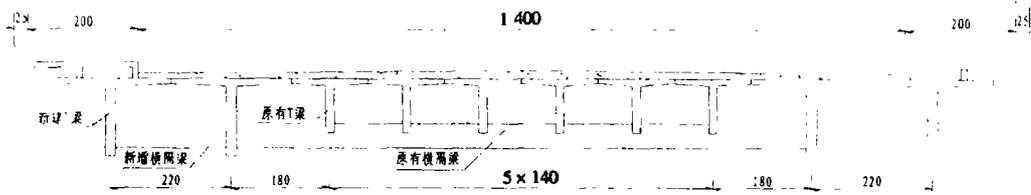


图 4 T 型梁加固方案

### 2.2 预应力混凝土空心板方案

采用 16.8 m 跨的常规预应力混凝土空心板标准图(板宽 1 m)来  
加宽该桥(如图 6)。其特点是可采用预制、安装的工艺来达到加宽的  
目的,上部结构施工工期短,对原桥保持车辆和行人通行的影响相对较  
小。但施工单位将为此而搬运整套预制、吊装设备至现场,使成本费  
剧增。该方案对新旧梁间设置横向联系存在较大的难度,同时,也需  
对原有主梁进行如图 5 所示的加固处理。

### 2.3 预应力混凝土箱型梁方案

在原桥两侧各增设一根底宽 2 m,高 1.1 m 的抗弯和抗扭刚度均  
很大的预应力混凝土箱型梁,在跨间增设四道横隔梁把新建部分和原

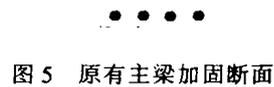


图 5 原有主梁加固断面

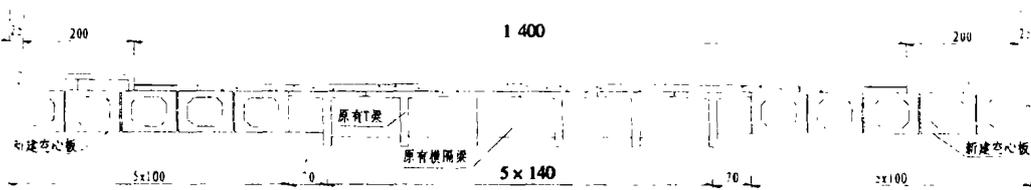


图 6 空心板加固方案

有 T 梁连接成为一个整体(如图 7)。其主要施工工序为:首先拆除旧桥的人行道、栏杆等;在保持  
旧桥交通的条件下完成新增梁桥宽部分基础、桥墩及预应力混凝土箱型梁的施工;然后,规范行人  
和车辆在两边新增箱型梁上通行,拆除旧桥的桥面铺装,施工新增横梁,使新、旧主梁联结形成整  
体;保持半幅桥梁通行,另半幅用作桥面铺装施工,并安装伸缩缝,直至全桥施工完成。

本方案充分利用箱型梁抗弯和抗扭刚度大的特点,使其能够为原有 T 梁分担较多的二期恒载  
和活载,减小原有 T 梁所分担的荷载,即可不对原有 T 梁进行加固处理。

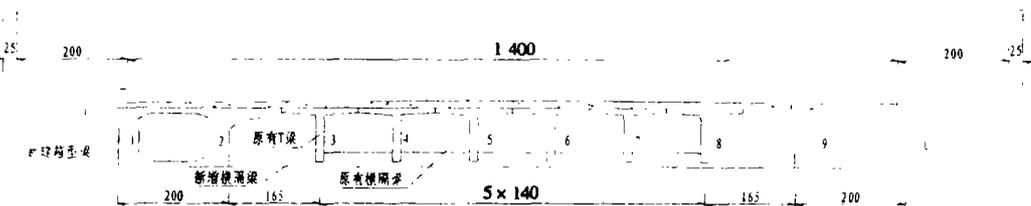


图 7 箱型梁加固方案

上述三个方案在精心做好施工组织设计的条件下,均可满足施工期间不中断集体的要求;但相比之下,箱型梁方案因不对旧桥梁做长区段的加固处理,其对桥上交通影响最小;空心板方案材料用量最大,施工也较复杂,是相对较差的方案。分析表明,新增边梁抗扭刚度越大,可分担的荷载越大,对旧梁的减载越明显,文献[4]也得到近似相同的结论。由此可知,箱型梁方案比T型梁方案具有更明显的优越性。故箱型梁方案作为首选方案被建设方所采用。

### 3 加固效果分析

#### 3.1 结构分析

采用的拓宽加固方案为在原有6根T型梁两侧各增设一根预应力混凝土箱型梁,并通过新增设的四根横隔梁将其联结为整体,构成纵横正交的空间梁格体系。我们应用SSAP结构分析程序对此进行了空间有限元分析<sup>[3]</sup>,计算了不同工况下新旧梁的内力,现简述如下:

1) 在主梁自重作用下,原有T梁承担的内力因新增横隔梁的重量而略有增加;

2) 在桥面铺装等二期恒载这样下,原有T梁和新增箱型梁通过新增横隔梁已联结为整体,各梁的内力按刚度分配,与箱型梁相比,原有T型梁的刚度很小,计算结果显示,二期恒载作用下原有T型梁的跨中弯矩减少40%以上,支点剪力减少约20%。可见,采用本方案对桥梁拓宽加固,对原有T型梁在恒载作用下亦起到了明显的减载作用。

表2 原T型梁桥边梁在改造前后的内力比较

项 目	恒 截	汽-20+人群	挂-100+人群	最不利荷载效应	抵抗内力	安全系数
原T型梁桥	跨中弯矩(kN·m)	411.00	537.67	817.70	1 434.42	1 237(×0.8)
	支点剪力(kN)	100.87	124.20	212.90	376.42	390(×0.8)
拓宽改造后	跨中弯矩(kN·m)	390.00	294.18	447.37	1 003.68	1 237(×0.8)
	支点剪力(kN)	86.87	67.98	116.48	262.38	390(×0.8)

注:后两栏当考虑桥梁经30多年使用,并长期处于超负荷运营的积累损伤,对计算抗力和安全系数拟乘以0.8的折减系数。

3) 表2列出了在原T型梁桥边梁在改造前后的内力比较,可见在活载汽-20、挂-100及人群荷载作用下,原T型梁在用箱型梁拓宽改造后的弯矩和剪力较之前均减小40%多,使旧梁的最不利荷载效应弯矩组合值由1 434.42 kN·m降低到1 003.68 kN·m,而旧梁按其原有的截面和配筋计算得到的抗弯承载力达1 237 kN·m;即使考虑桥梁经30年使用后其承载力折减20%,仍能满足提高了荷载等级的抗弯强度要求。改造后旧梁剪力的减小幅度不及弯矩那样明显,但因旧桥是按容许应力法进行抗剪设计,其结果偏于保守,仍能满足提高了荷载等级后的抗剪强度要求。从而避免了对原有T梁进行加固处理的麻烦。

#### 3.2 技术改造特点

##### 3.2.1 力学特点——对旧梁减载

本方案以在原T型梁桥的两侧各增设一根抗弯和抗扭刚度均很大的预应力混凝土箱型梁,并通过增设的四道横隔梁使原T梁与新增箱梁形成整体。每一桥跨的上部即由原有的六根T梁、增设于两侧的箱梁和将新旧T梁联结成整体的横隔梁形成空间格构体系,作用于T梁的荷载通过横隔梁分载到边箱梁,从而达到使原T梁减载的目的;又因边箱梁的刚度远大于原T梁的刚度,使得其减载效果非常明显。

##### 3.2.2 技术特点——减少与旧桥的冲突

采用本方案,由于起到了对原T梁明显的减载效果,改造后的承载能力即使考虑桥梁长期处于超负荷运营的积累损伤,对计算抗力乘以0.8的折减系数后仍能满足提高后的荷载等级的要求;又因现有的裂缝宽度在《规范》容许的范围内,故可避免对原T梁进行加固处理。而边箱梁的荷载虽较大,但由于是完全新增,故可以很方便地按受力要求进行设计和制造。新增横隔梁底面低于原T

型梁下缘 10 cm,可使横隔梁的主筋从原 T 型梁的下面直接通过,并在旧桥面的相应位置开混凝土的进料孔浇注横隔梁,极大地减小了拓宽改造施工与原 T 梁桥的冲突,并避免了对旧梁长区段修补的麻烦和质量不定性的隐患。

### 3.2.3 社会经济效益

荣经大桥拓宽加固改造工程预计投资为 320 多万元,采用本方案实施拓宽加固改造的工程决算费用为 180 多万元,较常规加固方案节省工程直接费约 40% 左右;从前述的施工顺序可见,按本方案进行拓宽加固施工时,桥梁自始至终保持了车辆和行人的通行,这对荣经县城内唯一一座跨越经河连接两岸城区的桥梁是非常重要的,由此产生的社会效益是无法以经济指标来衡量的。

本方案中预应力混凝土箱型梁采用了重庆交通学院周志祥教授提出的“横张预应力混凝土”技术<sup>[2]</sup>,较常规预应力混凝土技术简化了工艺、节省了材料、缩短了工期,取得明显的经济技术效益。受到当地政府和群众的一致好评。

## 4 结论

1) 随着社会经济和公路交通的迅速发展,为数不少的一部分既有桥梁已不能满足现有车辆载重和通行能力的要求,为此探索切实可行、经济合理的旧桥拓宽加固方法对地方经济的持续发展具有重要的意义。

2) 采用抗弯和抗扭刚度均很大的预应力混凝土箱型梁对旧桥进行拓宽加固不失为一种切实可行、经济合理的改造方案。研究表明,新增箱型梁的刚度越大,对旧桥主梁的减载作用越明显。

3) 精心设计对旧桥的拓宽加固改造,能有效地减小拓宽改造施工与原 T 梁桥的冲突,并避免对旧桥主梁长区段修补的麻烦和质量不定性的隐患,具有显著的技术效益。

4) 研究和实践表明,本文提出采用箱型梁对旧桥进行拓宽加固的改造方案具有明显的技术、经济优势,可供同类桥梁的改造参考。

## 参考文献:

- [1] 薛文渊,徐森.桥梁维修与加固[M].人民交通出版社,1994.
- [2] 周志祥.横张预应力砼梁试验研究[J].重庆交通学院学报,1999,(4):18-23.
- [3] 张江涛.横张预应力技术在荣经大桥中的应用研究[D].重庆:重庆交通学院,1999.
- [4] 李国豪,石洞.公路桥梁荷载横向分布计算[M].人民交通出版社,1987.

## Investigation on Widening and Reinforcing the Yingjing Bridge by Installing a Box - Girder

ZHANG Da - qing, ZHANG Jiang - tao, FAN Liang  
(Chongqing Institute of Communications, Chongqing 400074, P. R. China)

**Abstract:** On the basis of on - the - spot survey, the load bearing capacity of the Yingjing Bridge was analyzed. Then, a proposal of widening and reinforcing the bridge by installing a box - girder was put forward and finally, the load bearing features and technical and economical advantages of the proposed project was presented. The empirical statistics show that the implementation of the project will effectively improve the load bearing performance of the bridge. Furthermore, the proposal can guarantee the normal traffic flow while the existing bridge is under construction and thus is social - economically effective.

**Keywords:** T - type beam; box - girder; reinforcing; widening