

# 三角轻型挂篮的总体设计

周孝余 刘 涛 范朝雄 罗明贵

**【摘要】**介绍绵阳涪江四桥斜拉桥连续箱梁施工用三角轻型挂篮的设计构思、构造设计、技术指标。

**【关键词】**三角轻型 挂篮 结构设计 有限元法 无平衡重

## 1. 工程概况

绵阳涪江四桥主桥为 $2 \times 140\text{m}$ 的独塔斜拉桥，为四川省内同类型桥梁中第一座。主桥主梁为三角箱形断面，体系为塔、梁、墩固结体系。预应力钢筋砼箱梁箱高 $3.0\text{m}$ ，箱全宽 $31\text{m}$ ，两侧悬臂长 $5.0\text{m}$ ，箱底宽 $4.0\text{m}$ ，主梁砼为C50砼，预应力筋为三向预应力，主梁结构复杂，节段长达 $6.0\text{m}$ ，自重大，每一节段重约 $300\text{T}$ 。主梁除0#、1#、2#及23#块件采用满堂支架施工外，3~22#块件采用挂篮对称悬臂浇筑施工。

## 2. 设计构思

由于本桥箱梁宽 $31\text{m}$ 且为三角箱梁形断面，因此挂篮设计的好坏会直接影响到施工进度、施

工质量。

目前，挂篮已向轻型方向发展，挂篮设计的主要控制指标为：挂篮的总重与块件重量之比值 $K$ ，主承重结构与块件重量之比 $K'$ 。 $K$ 值越低，表示整个挂篮设计越合理， $K'$ 值越低，表示挂篮承重构件越合理，使用材料越节省。另外，减轻挂篮自重采用的手段除优化结构形式外，最重要的措施是不设平衡重，并改善滑移系统，同时改进力的传递系统。根据涪江四桥连续箱梁的设计要求，及其箱梁的结构特点，具体设计构思如下（图1）。

2.1 主承重结构采用三角拉杆式承重架，全部采用型钢加工。受力部位全部在节点位置，使

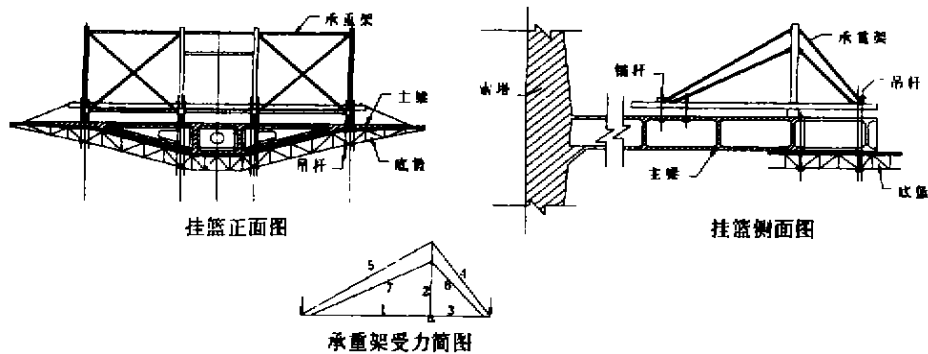


图1

周孝余：四川路桥集团桥梁分公司副经理

刘 涛：四川路桥集团桥梁分公司副总工

受力明确, 同时也可降低对刚度的要求。承重架间横向用型钢连接以增加其稳定性。通过自锚的形式, 去除平衡重。

2.2 改变传统的底横梁加外模形式, 而采用与箱梁断面相似的桁片结构作为底模、内模、外模的承重结构, 这样可以大大减轻挂篮的自重, 增加底模刚度, 也使底模受力明确。

2.3 采用底模与主承重架分开行走。分两次行走到位的办法。这样可不设平衡重, 同时克服桥面宽、行走困难的技术难点, 从而大大减轻挂篮自重。

2.4 吊锚系统采用高强度的42CrMo ( $\sigma_s=930\text{MPa}$ 、 $\sigma_b=1080\text{MPa}$ 、 $\delta=12\%$ ) 材料, 这样可保证强度刚度上的要求, 又可克服IV级精轨螺纹钢的不足之处, 同时采用卸落架, 使其锚固、拆除方便, 调整简单。

2.5 模板设计注重砼的外观质量, 以刚度控制设计。

2.6 内模大部份采用木板制作而成, 减少用钢量, 减轻挂篮自重。

2.7 承重架行走时, 中间杆件可拆除, 避免和斜拉索相互干扰。

2.8 内模采用钢管脚手架。

### 3. 结构设计

#### 3.1 主要设计指标及要求

3.1.1 悬浇梁段长6m, 高3m, 宽31m。

3.1.2 挂篮承重架的最大挠度按15mm设计。

3.1.3 挂篮底篮整体最大挠度按15mm设计。

3.1.4 挂篮承重架、底篮以及吊杆总变形之和最大按35mm设计。

3.1.5 吊、锚杆安全系数取4.0设计。

3.1.6 挂篮前移采用分步行走工艺。(图2)

#### 3.2 设计荷载

悬臂浇筑砼结构重量为300T, 每个挂篮的结构验算荷载为400T。

#### 3.3 挂篮主要材料用量见表1

表1 挂篮材料用量表

部位	型钢	钢板	42CrMo	木材	钢管	合计
承重架	36.8T	12.5T				钢材: 119T 木材: 7.4m <sup>3</sup>
底篮	27.6T	24.3T				
内模				7.4m <sup>3</sup>	3T	
滑道	3.6T	2T				
吊锚	3.2T	2T	4T			

### 4. 挂篮结构特点及技术要求

挂篮的基本组成部分为: 挂篮承重系统、吊锚杆系统、行走系统、底模系统及工作平台系统和内模系统组成。其主要结构特点及要求如下:

#### 4.1 承重系统

挂篮承重系统为拉杆式承重架, 每个挂篮横桥方向由4片承重架组成, 相互之间用型钢联结在一起, 形成整体。设计时, 尽量让荷载作用于节点处, 从而减小主纵梁的弯曲, 达到减小梁的截面面积, 减轻挂篮的自重。对主承重架利用平面杆系的结构设计有限元法计算程序在计算机上进行计算其内力及变形(结果如表2)。杆件的计算分析采用容许应力法, 杆件变形及承重架整体变形控制在15mm以内。其总体变形见表3。

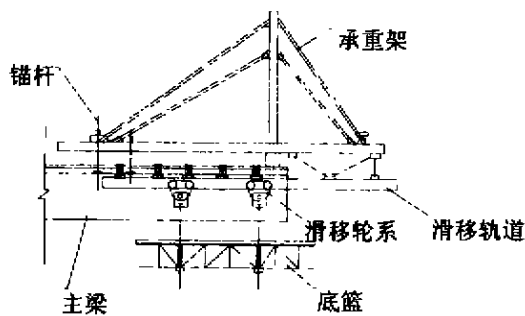


图2 底篮行走示意图

在承重架前移时,可拆除部份杆件,以免挡住斜拉索。本挂篮主承重架设计轻巧,挂篮主承重架与块件重量之比为0.084。

表2 主承重架主要杆件应力值

杆件号	应力值(Mpa)
1	43.3
2	105.6
3	71.7
4	112.6
5	61.1
6	98.6
7	58

表3 挂篮总体变形表(单位: mm)

承重架		底篮		吊杆伸长	
外侧	内侧	外侧	内侧	外侧	内侧
12.6	14.5	9.2	3.5	4.2	5.5
总变形		外侧: 26mm 内侧: 23.5mm			

#### 4.2 吊锚杆系统

挂篮吊锚杆均采用高强度的42CrMo棒材设计加工而成。后吊杆及后锚杆安装时,必须用千斤顶对其施加一预紧力,以保证梁段接缝的平顺。施工过程中,要求所有吊锚杆均不能遇火,受撞击,以免其发生脆断。承重架前吊点处,因节点受力产生转角 $\phi=0.2924^\circ$ ,会引起吊杆的弯折,为减小吊杆、挂篮系统存在的安全隐患,在每组吊杆处增加两块 $200 \times 250 \times 37\text{mm}$ 普通板式橡胶支座,选用新津新筑路桥机械公司产品,其技术指标为 $[N]=500\text{KN}$ 、 $[Q]=193\text{KN}$ 、 $[\phi]=0.5615^\circ$ ,因 $\phi < [\phi]$ ,从而保证了吊杆在最大荷载状态下的竖直,经实践使用证明,达到了设计要求。

#### 4.3 行走系统

由于桥面较宽(31m),本挂篮的行走分两部分进行,即承重架的滑移和底篮的滑移。其操

作程序为:将底篮下放1.2m,并锚固于已浇梁段上,拆除承重架的锚固系统及中间的部分连接杆件,用卷扬机同步前移承重架。承重架前移时,其抗倾覆稳定系数 $K>3$ ,不需要配重。待承重架滑移到位后,锚固承重架,利用预埋的孔道安装滑块、下行走轨道钢梁及滑移轮系,拆除底篮的锚固系统,利用已就位的承重架及滑移轮系前移底篮,直到所需位置,将其锚固于承重架上,拆除滑移轮系及轨道钢梁,调整底篮位置和标高,从而完成整个挂篮的滑移。

#### 4.4 底篮系统

底篮主要由两片横向主桁片,6片纵向联结桁片以及底纵梁构成整个受力框架。横向主桁片的外形模拟三角箱形结构设计,这样可大大减轻底篮的重量。计算时,利用平面杆系有限元法计算程序进行内力及变形的计算。并根据实际使用过程中、各种不利的工作状态,进行桁片杆件的应力控制,使底篮桁片在施工过程中的任何状态下,均能安全的运行。经计算,其杆件的最大应力为100MPa,桁片的整体变形,最大为两悬臂端11mm。为消除此变形,在主桁片悬臂端和承重架间加一斜拉杆。底模板采用钢板,钢板下用带钢支撑形成网格状,以保证砼浇筑的外观质量。

由于主梁箱内结构较复杂,空间较小,内模采用钢管支架上铺 $\phi 12$ 竹胶板。并在底篮前端挑出几根角钢铺设木板作为施工工作平台。

#### 4.5 挂篮重量

本挂篮主要构件除吊锚杆采用42CrMo钢材外,其余大部分均为Q235钢材。本挂篮结构轻巧,一个挂篮承重架约为49.3T,底篮约51.9T,内模约3T,吊锚杆9.2T,行走系统约5.6T,总重为119T。最大悬臂浇筑重量为300T,两者之比即挂篮工作利用系数0.397,这是此挂篮的重要特点。

## 5. 结束语

该挂篮目前已使用了16次,且根据施工过程中各项数据的观测,均属正常,经实践检验,本挂篮的设计是成功的,具有先进性。采用无平衡重三角拉杆式承重架、桁片式底篮及分开式行走

挂篮,结构新颖,节省材料,受力明确,施工方便,较好的解决了较宽箱梁施工的挂篮行走问题,与常用挂篮形式相比,每个挂篮节省钢材约30T,具有明显的经济效益,挂篮的各项指标均达到了国内先进水平。



### ① 《预应力混凝土有粘结及无粘结预应力技术问答》

由中国环境科学出版社出版,陈惠玲等编著,2001年6月中旬发行。本书共介绍高效预应力混凝土有粘结及无粘结预应力技术方面有关问题141个,着重解答了这些问题“为什么”要这样做的科学道理。全书除介绍了预应力混凝土工程中的基本问题及现行预应力设计、施工规范、规程的有关条文编制由来之外,考虑到预应力施工与设计之间的关系密切,故对当前正在发展应用中的钢丝、钢绞线预应力有粘结及无粘结新材料,配套张拉与锚固新技术、新理论、新工艺也作了重点叙述,因而内容取材比较广泛。可供从事高效预应力混凝土建筑、桥梁、水工等工程施工、设计、教学、科研与监理等方面的工程技术人员及院校师生学习应用参考。

全书16万字,32开本,收费32元(含邮资4元)。

### ② 《高强钢丝钢绞线预应力混凝土结构设计施工指南》

由中国环境科学出版社出版的陈惠玲等主编编写已发行,本“指南”介绍了有粘结及无粘结预应力混凝土结构的快速设计和简明施工的方法,“指南”中数据均符合现行规范、规程、规定并采用“预应力度法”进行设计,明确表达结构、构件的预应力度、应力(或名义拉应力)、抗裂系数和拉应力限制系数;沟通了我国现行预应力混凝土结构与检验规程之间的联系,本“指南”概念明确,表达简明,深入浅出,通俗易懂,简单实用,易于掌握,便于记忆,“指南”可供从事土木建筑工程高效预应力结构设计、施工、监理、科研人员及有关师生学习与应用。

收费22元(含邮资每册2元)。

### ③ 《预应力高新结构技术“预应力度法”》

由中国环境科学出版社出版的陈惠玲等编著于2001年8月出版发行。

本书介绍了现代预应力混凝土高新结构技术简明快速技巧,即“预应力度法”以及近期国外预应力研究的新成果。书中重点论述了预应力度及中低预应力度的限值预应力和部分预应力混凝土的概念、计算以及与之有关的预应力梁的剪力与扭力计算,无粘结部分预应力混凝土的计算,交变荷载作用下部分预应力梁的性能,此外,还介绍了预应力混凝土超静定结构及荷载平衡法等。书中附有预应力结构设计规定的一些背景资料、高新结构工程实践、计算例题,本书可供从事现代建筑、桥梁、港工、水工等土木工程的设计与施工、监理等技术人员以及专业院校师生、研究生等应用参考。

每册收费43元(含邮资)。

### ④ 《高效预应力混凝土工程实践》

《高效预应力混凝土工程实践》由中国建筑工业出版社出版主要反映我国近年来无粘结预应力及有粘结预应力混凝土技术的新的应用和发展,读者对象:建筑与土木工程设计、施工、科研、监理等科技人员、大专院校有关专业师生。

16开本,每册收费23.00元(含邮资约4元)。

如需以上书籍请与以下人员联系或直接通过邮局汇款到以下地址。

地址:北京市北三环东路30号

邮编:100018

单位:中国建筑科学研究院

联系人:陈惠玲 刘建章