

# 关于桥梁结构承受最大静荷载问题

何明修 吴宇晨 戴顺科

广州市第八十九中学

DOI:10.12238/btr.v7i4.4451

**[摘要]** 本研究报告聚焦于桥梁结构承受最大静荷载问题,旨在探讨如何在给定材料(桐木条、尼龙绳、502胶水)和加载条件下,设计并优化桥梁结构,以最大化其承受静荷载的能力。通过深入分析物理力学原理、结构优化理论及创新设计思路,进行了详细的计算和理论分析。

**[关键词]** 材料力学; 结构工程; 桥梁设计; 承重能力测试

**中图分类号:** TU997 **文献标识码:** A

## Regarding the issue of maximum static load borne by bridge structures

Mingxiu He Yuchen Wu Shunke Dai

Guangzhou No. 89 Middle School

**[Abstract]** This research report focuses on the problem of maximum static load borne by bridge structures, aiming to explore how to use a given material (paulownia wood) Design and optimize the bridge structure to maximize its ability to withstand static loads under loading conditions using strips, nylon ropes, and 502 adhesive. Detailed calculations and theoretical analysis were conducted through in-depth analysis of principles of physical mechanics, structural optimization theory, and innovative design ideas.

**[Key words]** Materials mechanics; structural engineering; bridge design; load-bearing capacity testing

随着科技的发展和工程技术的进步,桥梁结构的设计与优化成为了一个重要的研究领域。本文将围绕如何提高桥梁结构承受静荷载的能力,结合最新的物理力学研究成果,进行深入的探讨和研究。

### 1 理论基础

#### 1.1 力学原理

桥梁结构在承受静荷载时,主要涉及到材料的力学性能和结构的受力分析。本研究将重点应用以下物理力学原理:

(1) 静力学平衡: 在任何结构中,静力学平衡是最基本的原理。对于梁式桥来说,桥梁的各部分必须处于力的平衡状态,即作用在结构上的所有力的合力和合矩均为零。若梁受力不平衡,将导致梁体变形甚至破坏。<sup>[1]</sup> (2) 结构模型: 在设计一个梁式桥时,首先需要建立一个合理的结构模型。常用的模型可以是简支梁、连续梁或框架梁结构。不同类型的模型会影响桥梁的承载能力和变形规律,设计者需要基于实际情况选择合适的模型。(3) 内力、应力: 通过计算梁的内力、应力及变形,设计者可以评估桥梁的安全性和经济性。优化桥梁设计,确保在实现经济效益的同时,保持结构的安全性与可靠性。<sup>[2]</sup>

#### 1.2 结构优化理论

结构优化旨在通过改变结构的形状、尺寸或拓扑关系,以最小的材料用量达到最大的性能要求。本研究将运用以下优化理论:

(1) 优化目标: 结构优化通常包括多个目标,如最小化材料用量、最大化荷载承载能力、降低设计成本等。(2) 设计变量: 在结构优化过程中,设计变量是影响结构性能的参数,如材料的选择、截面尺寸、形状等。(3) 约束条件: 设计需满足某些约束条件,包括强度、刚度、稳定性、耐久性和施工工艺等因素。<sup>[3]</sup>

### 2 材料选择与力学性能分析

#### 2.1 材料选择

根据比赛要求,本研究选用桐木条、尼龙绳和502胶水作为桥梁结构的主要材料。桐木条具有较好的力学性能,适用于承受弯曲和压缩载荷;尼龙绳则具有较高的强度和柔韧性,适用于连接和悬挂加载系统;502胶水用于部件的粘接,确保结构的整体性。<sup>[4]</sup>

#### 2.2 力学性能分析

桐木条: 桐木的弹性模量约为30GPa,顺纹抗拉极限强度为30MPa,顺纹抗压极限强度为20MPa。这些数据为结构设计提供了重要的参考依据。(均已测量)

尼龙绳: 直径1mm的尼龙绳具有较高的抗拉强度,能够承受较大的拉力,适合用于加载系统的连接。(已测量)

### 3 结构与优化

#### 3.1 设计思路

(1) 三角形稳定性: 利用三角形的稳定性原理,设计桥梁的主要支撑结构,提高整体的稳定性。在设计右支柱时,由于计划长

度长,利用三角形具有稳定性的原理,以小蛮腰为设计灵感,选择以三棱台作为支柱,同时为了分散受力,在每个上支撑点选择斜对下角的底座支撑点,构造出多个三角形结构。(2)分散加载:通过合理布置桥墩和加载点,将集中荷载分散到多个支撑点上,减小单个支撑点的受力。在设计左支柱时,由于长度过短,采取长方体的构造,可以保持稳定性与对称性,同时设计支柱与加载点的连接,分散荷载量,使受力分散。(3)优化杆件截面:根据材料的力学性能和受力分析,选择合适的杆件截面尺寸,以提高结构的承载能力和经济性设计桥面时选择四行6mm\*6mm的桐木条进行搭建,既不会太宽且加大重量,也不会因为过细而受力集中导致折断。

### 3.2 结构分析

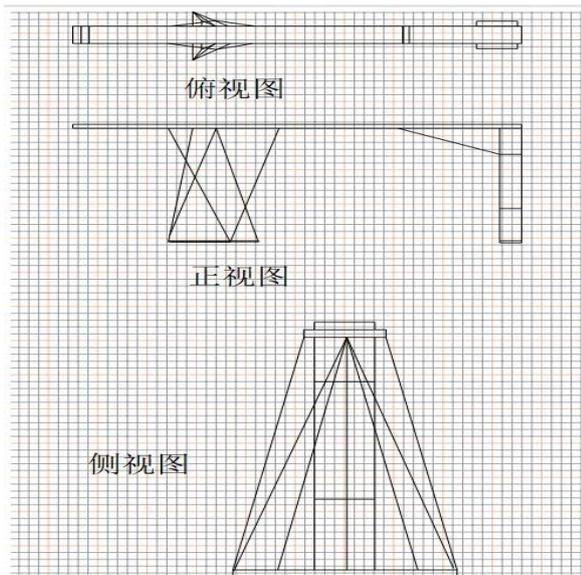
3.2.1 结构受力分析。利用杠杆原理,对桥梁结构进行受力分析。确定加载点位置及荷载大小后,使用杠杆公式 $F_1L_1=F_2L_2$ 计算各支撑点的反力和内力分布(具体应用:在分析第二支点时,当已确定左支柱位于左方50mm处,且第一加载点位于距离左端点右侧200mm,第二加载点位于左端点右侧800mm,依据杠杆原理,则大概估算第二支点(即右支柱)位置约在距离左支柱右侧500mm-550mm处);最后,评估结构的稳定性和承载能力。

3.2.2 杆件设计。根据受力分析结果和材料的力学性能数据,设计各杆件的截面尺寸和长度。采用强度校核方法,确保杆件在承受最大静荷载时不会发生破坏。(具体应用:在计算梁长时,横梁一截距为150mm,桥梁高300mm,则若要在此间架梁,根据余弦定理,易得梁长 $150\sqrt{5}$ mm,约等于334.5mm。)

3.2.3 加载系统设计。利用木条上的凹槽、502胶水及尼龙绳,完成加载系统设计,确保加载过程中尼龙绳不会滑出绑扎区域,且加载点位置准确。

### 3.3 设计蓝图

如图一所示:



图一

总模型长815mm,高300mm,宽150mm

## 4 实验过程

### 4.1 实验流程图

如图二所示:

### 4.2 成品图

如图三所示



图三

### 4.3 后续处理

#### 4.3.1 数据表格。如表一所示

表一

第一级加载	质量(kg)	第二级加载	质量(kg)	情况	是否可稳定
是	2	否		无形变	是
是	4	否		无形变	是
是	6	否		无形变	是
是	8	否		出现小弧度弯曲	是
是	8	是	2	出现小弧度弯曲	是
是	8	是	4	右梁出现较大弧度弯曲	是
是	8	是	6	右梁右支柱发生断裂	是
是	8	是	8	右梁两支柱崩塌从而引发右梁断裂,继而全梁崩塌	否

4.3.2 表格数据分析。本次桥梁实验通过精确控制加载质量,深入探究了桥梁结构在不同负载条件下的响应与稳定性。实验结果显示,桥梁在各级加载下均能保持相对稳定的形态,无明显形变发生。然而,随着加载质量的持续增加,桥梁开始出现小弧度弯曲,这表明结构内部已经开始承受较大的应力。当加载质量达到某一特定值时,桥梁的形变加剧,特别是右梁部分,出现了显著的弯曲和形变。直至达到临界范围(第一加载点8千克,第二加载点6千克),右梁的两支柱发生崩塌,进而引发右梁的断裂,最终导致全梁的崩溃。

这一实验结果不仅揭示了桥梁结构在极端负载下的脆弱性,还为我们提供了关于桥梁结构失效模式的重要信息。通过深入分析实验数据,我们可以更好地理解桥梁在极端负载下的破坏机制,为未来的桥梁设计和加固提供科学依据。这不仅有助于提高桥梁的承载能力和稳定性,还能有效延长桥梁的使用寿命。它告诉我们,在桥梁设计和施工过程中,必须充分考虑各种可能的加载条件,特别是极端情况下的结构响应。同时,还需要加强桥梁的监测和维护工作,及时发现并处理潜在的安全隐患,确保桥梁在运营期间的安全性和可靠性。

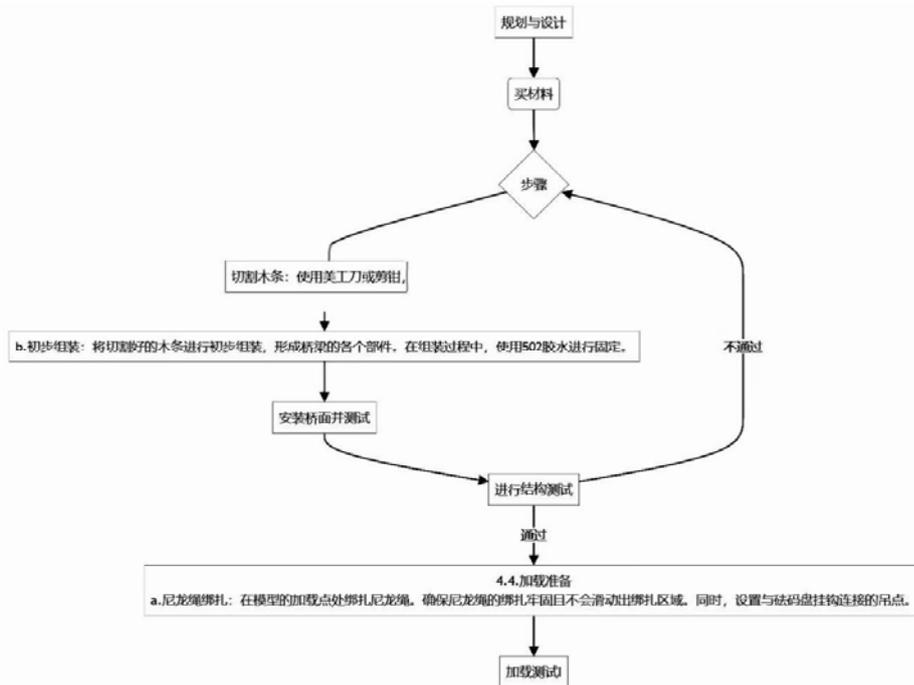


图 二

### 5 经济性与创新性

#### 5.1 经济性分析

经济性是一个不可忽视的考量因素。首先, 从材料的选择和使用上来看, 我们在设计模型时, 需要精打细算, 充分利用每一根木条、每一根尼龙绳, 以最小的成本实现最大的承重能力。

在模型制作过程中, 我们团队深入研究了桐木条的力学性能, 通过合理的结构设计, 如采用三角形或梯形截面来增加强度, 同时减少材料的用量。这种对材料的精准把控, 不仅体现了经济意识, 也为认识桥梁建造起到重要启示。

在加载阶段, 经济性同样得到了体现。根据模型的承重能力和稳定性, 选择每一级加载的砝码质量, 既保证了加载的有效性, 又避免了因盲目增加砝码而导致的模型失效。

#### 5.2 创新性分析

首先, 在模型设计上, 我们打破了传统的桥梁结构模式, 采用了一种新颖的复合式结构。该结构结合了三角形和矩形的优点, 既提高了模型的承重能力, 又增强了其稳定性。

其次, 在模型制作过程中, 我们引入了先进的制造工艺和工具。例如, 我们使用激光切割机来精确切割桐木条, 提高了加工精度和效率; 新技术的应用, 不仅提高了制作水平, 也为模型的创新设计提供了有力支持。

最后, 在加载策略上, 我们也进行了大胆的创新。我们没有盲目追求最大承重能力, 而是根据模型的实际情况, 制定了科学合理的加载方案。通过精确计算和分析, 我们成功地实现了模型在各级加载下的稳定承载。

### 6 实验总结

本次桥梁承载实验通过制作桥梁模型、施加荷载和数据分

析等步骤, 成功探究了桥梁设计承载最大静荷载的目标。实验结果表明, 在通过精密运算得出的桥梁结构在实际实验加载过程中最大的荷载量。

未来, 我们可以进一步拓展实验内容, 引入更多类型的桥梁结构, 以更全面地评估不同类型桥梁的受力性能和耐久性。同时, 随着计算机技术和仿真技术的不断发展, 我们可以利用这些技术手段对桥梁结构进行更加精确和高效的分析和设计, 从而得出其最大的荷载。

#### 【参考文献】

[1]辛大波,王亮,李惠,等.降雨对桥梁主梁静力特性的影响[J].空气动力学学报,2012,30(5):613-618.

[2]孔保林.桥梁体外预应力加固体系内力简化计算[J].河北建筑科技学院学报,2002,19(4):34-37.

[3]许文杰.基于桥梁拼宽加固的结构优化研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2024(4):171-175.

[4]高伊.桐木条木梁承重结构的设计与仿真[J].科技风,2017(26):83-86.

[5]王正暄.运用物理学相关原理对桥梁偏载坍塌的分析思考[J].交通世界,2017(4):164-165.

[6]穆祥纯.论城市桥梁的经济性、耐久性和创新性[J].城市道桥与防洪,2014(9):11-1549.

#### 作者简介:

何明修(2008--),男,汉族,湖北孝感人,学历:高一在读学生,工作单位:广州市第八十九中学(高一在读学生),研究方向:工程力学。