

# 基于 ANSYS 的梁结构有限元分析

王中要, 郭秀文

(河南省新开元路桥工程咨询有限公司 郑州市 450016)

**摘要:** 在桥梁结构中, 固支梁结构是最常用的结构。利用大型有限元分析软件 ANSYS10.0 对固支梁受集中载荷工况时进行有限元分析, 通过分析比较在横截面积相同的情况下, 不同宽高比矩形截面与工字形截面梁的变形及应力变化情况, 通过比较得出在截面积相同的情况下, 宽高比决定了梁的刚度和强度, 同时得出工字形截面梁比矩形截面梁的强度和刚度更好。此研究为优化桥梁设计, 节省工程材料提供方法和参考。

**关键词:** 桥梁; 梁结构; 有限元分析; 结构; 应力

梁结构是工程上一种较为常用的结构, 尤其在道路桥梁、建筑设计中更是常见<sup>[1]</sup>。随着材料科学和桥梁施工工艺的发展, 现代桥梁结构向大跨径、轻型化和柔性化方向发展, 这就对桥梁的结构设计提出了更高的要求, 需要对桥梁结构的各种力学性能进行计算与分析, 如静力特性、强度、刚度与变形等<sup>[2]</sup>。随着计算机技术和计算方法的发展, 用数值分析的方法进行此类问题的计算, 可以节省大量的时间<sup>[3,4]</sup>。目前最为有效的数值方法是有限元法<sup>[5]</sup>。ANSYS 是大型通用有限元软件, 被广泛地应用于房屋、桥梁、大坝、隧道以及地下建筑物等工程, 它具有强大的前后处理及计算分析能力<sup>[6,7]</sup>。

文中运用 ANSYS10.0 对固支梁受集中载荷工况时进行有限元分析, 得到了固支梁在受到集中载荷时, 梁的变形情况及应力分布。在分析过程中, 比较相同截面积, 不同截面形状的梁在受到相同载荷时的强度和刚度变化。在对梁结构设计的过程中, 如何在满足使用要求的情况下, 使得梁的体积最小、材料最省和最有重要的经济意义。

## 1 有限元模型

### 1.1 分析工况

分析模型中悬臂梁两端固支, 梁中间受竖向集中载荷作用, 其示意图如图 1 所示, 集中载荷大小为 500 N, 梁长度为 2 m。梁的截面积为 1 225 mm<sup>2</sup>。

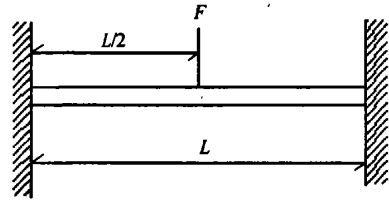


图1 固支梁工况示意

在分析过程中, 比较矩形截面梁与工字形截面梁受集中力作用下的变形量。其中矩形截面梁的截面尺寸由宽高比决定, 工字形截面梁的几何形状如图 2 所示, 具体参数见表 1。

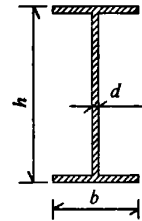


图2 工字形梁截面几何形状

表1 工字形截面梁截面几何参数

h/mm	d/mm	b/mm	截面积/mm <sup>2</sup>
125	5	65	1 225

### 1.2 有限元模型

在此次分析过程中, 单元类型选用 solid 45 实体单元。solid 45 单元用于构造三维实体结构, 单

两处面积要一样

元通过 8 个节点来定义,每个节点有 3 个沿着 X、Y、Z 方向平移的自由度。此单元具有塑性、蠕变、膨胀、应力强化、大变形和大应变能力,适合此次分析。

对于材料模型,梁单元采用线弹性结构材料模型,其模型参数见表 2。

表 2 梁的材料参数

密度/(g/cm <sup>3</sup> )	弹性模量/GPa	泊松比
7.83	210	0.3

面积宽高之积也是1225

2 有限元分析及结果讨论

2.1 矩形截面梁有限元分析

此次分析,矩形截面梁的宽为 40 mm,高为 30.625 mm,即宽高约比为 4 : 3。

有限元网格的大小直接影响了计算结果的精度。从理论上来说,网格划分得越密,越符合实际,计算精度越高,结果越可靠。但是网格划分过密,不可避免地增加了运算量,增加了运算时间。为了综合考虑计算精度和计算时间,在分析时,在梁的的横截面划分为 48 个单元,长度方向划分为 100 个单元。分析模型中共有 4 800 个单元,节点数为 6 363 个。图 3 为梁端面的网格图,图 4 为有限元离散后梁的局部放大图。

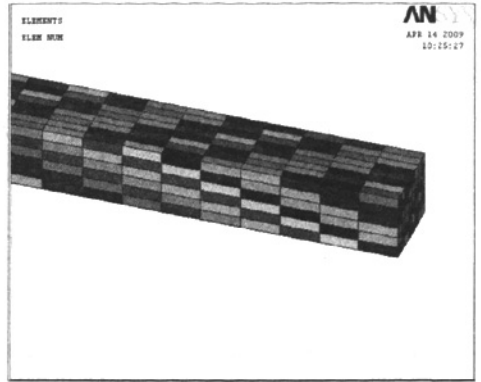


图 4 梁有限元网格局部

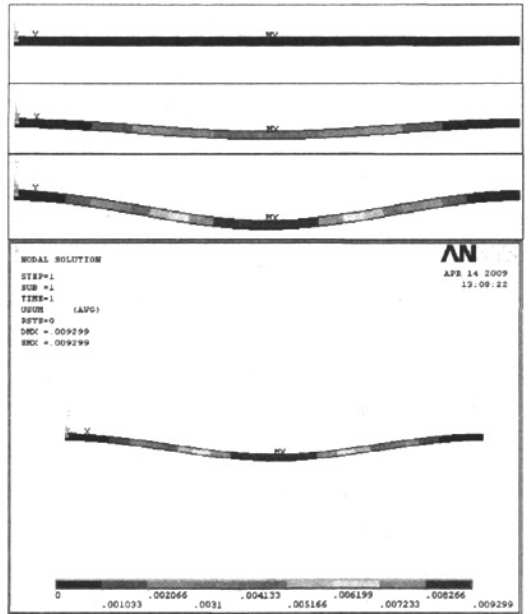


图 5 梁变形分析结果

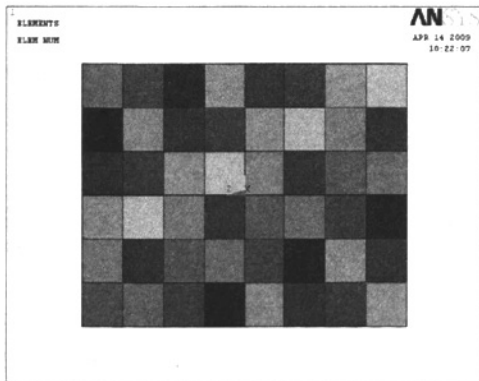


图 3 梁端面网格

2.1.1 梁的变形分析

在梁的中间施加 500 N 的集中载荷后,梁的变形过程及最终变形情况如图 5 所示。

由分析结果可以看出,施加集中力后,梁开始发生缓慢变形,集中力处开始向下凸,随着时间变化,变形从中间向两端传递。当分析终了时,梁竖直方

向上的变形量从中间向两端递减,最大变形量出现在中间集中载荷处,最大变形为 9.299 mm。

2.1.2 梁的应力分析

图 6 显示了集中力作用过程后,梁的 X 方向(长度方向)应力情况。图 6(a)为轴侧图,图 6(b)为俯视图,图 6(c)为仰视图。

由图 6 中可以看出,X 方向上最大拉应力出现在梁的上表面的梁端和下表面的中间。X 方向上最大压应力出现在梁的上表面的中间集中载荷处和下表面的梁端。这与假设情况相符,即在变形过程中,梁的中性面以上受压,中性面以下受拉。由分析得到的最大拉应力和最大压应力的绝对值均为 186 MPa。

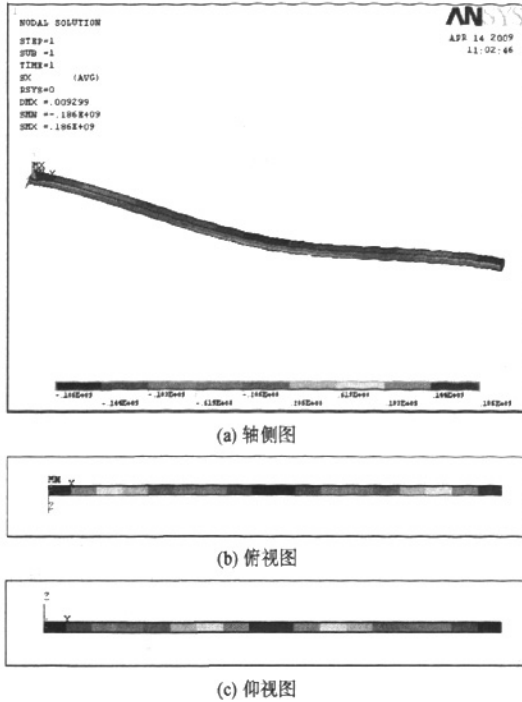


图6 梁中 X 方向应力图

### 2.1.3 矩形截面形状对变形及应力影响

当梁的横截面积不变,而宽高比改变时,梁的变形过程及应力传播过程相似。只是梁竖直方向的最大变形量及应力不同。不同宽高比时所得到的分析结果见表3。

表3 不同宽高比时分析结果

宽高比	宽度 mm	高度 mm	截面积 mm <sup>2</sup>	最大变形量 mm	X 方向最大 应力/MPa
4 : 3	40	30.625	1 225	9.299	186
1 : 1	35	35	1 225	6.333	146
3 : 4	30.265	40	1 225	4.249	112

由表3中对比结果可以得出,缩小宽高比,可以使梁在竖直方向上具有更好的刚度及强度。但是在优化过程中,也应该结合工程实际,考虑梁的侧向刚度和强度,选取最优比例。

### 2.2 工字形截面梁有限元分析

图7是工字形截面梁的模型,图8是划分网格后的模型。长度方向划分为100份。此模型一共4800个单元,节点9898个。

工字形截面梁在受到中间集中载荷后,变形情况与矩形截面梁相似,只是分析结果有差异。工字形截面梁在受集中载荷作用后的有限元分析结果,如图9所示。

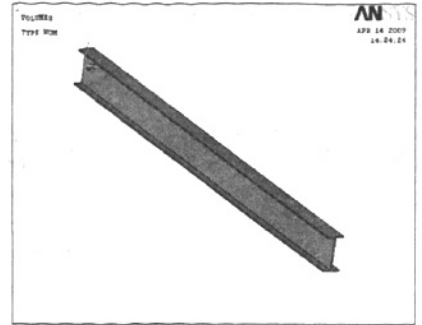


图7 工字形截面梁模型

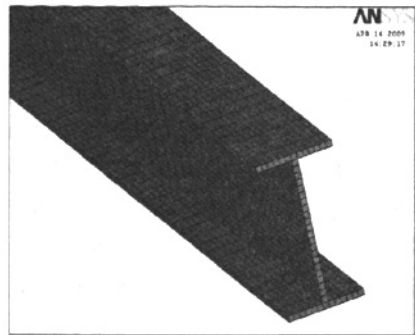


图8 工字形截面梁有限元网格

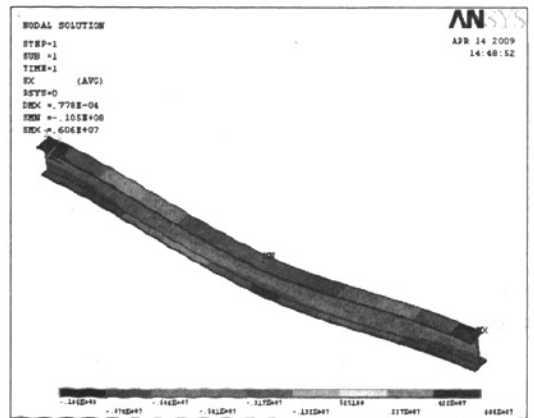


图9 工字形截面受力变形

由分析结果可知,梁的变形呈反拱形,与实际情况符合。其竖直方向的变形位移量从两端向中间线性递增,在梁中间集中力处得到最大值。与矩形截面梁相比,工字形截面梁的竖直方向上的变形量更小,只有0.0778 mm,沿长度方向上的应力更小,最大拉应力出现在底面中间,大小为6.06 MPa。最大压应力出现在上表面施加集中载荷处,大小为10.5 MPa。

文章编号: 0451-0712(2009)07-0162-06

中图分类号: U445.71

文献标识码: A

# 美国桥梁病害及倒塌事故统计分析与思考

曹明旭<sup>1</sup>, 刘 钊<sup>2</sup>, 孟 杰<sup>2</sup>

(1. 江苏省交通科学研究所 南京市 210017; 2. 东南大学土木工程学院 南京市 210096)

**摘 要:** 当前美国的桥梁工程已由建设高峰期转入以维修加固为主的时期,对截止到 2006 年美国在役桥梁与病害桥梁的统计数据进行了分析,并对自 1875 年以来美国桥梁倒塌的相关资料进行了统计,并阐述了美国针对旧桥病害及倒塌事故的对策与措施。最后,结合美国的经验教训与工程对策,对我国桥梁建设与养护工作提出了几点建议。

**关键词:** 美国桥梁; 病害桥梁; 倒塌桥梁; 养护管理; 维修加固

在役桥梁病害与事故的调查分析,对桥梁养护管理、维修加固和新桥建设均具有十分重要的借鉴意义。根据美国联邦公路局(FHWA)全国桥梁数据库公布的统计数据<sup>[1]</sup>,截止到 2006 年,美国桥梁建造总数为 596 808 座,病害桥梁总数为 153 879

座,约占 25.8%。根据该数据库的基本统计数据,可绘制美国桥梁总量与病害桥梁总量的累计发展曲线,如图 1 所示,图中横坐标以每 5 年期为基本统计单位,纵坐标为每 5 年期内的桥梁总数。

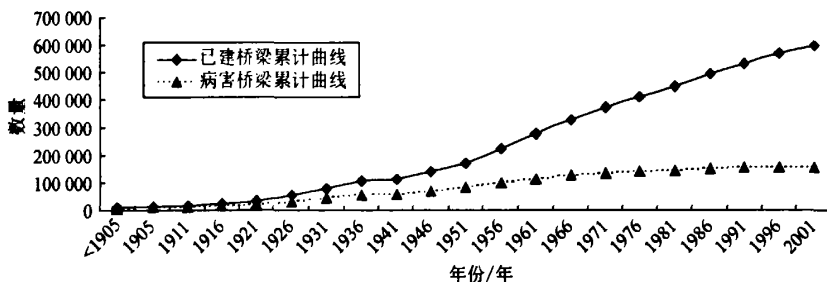


图 1 1905 年~2006 年间美国桥梁建设数量与病害桥梁数量累计曲线

基金项目:江苏省交通科学研究计划项目(05Y54)

收稿日期:2009-05-30

### 3 结语

通过文中分析结果,可以得出结论:线弹性固支梁在受到梁中间集中载荷的作用时,当载荷相同,梁截面积相同的情况下,工字形截面梁比矩形截面梁具有更高的刚度及抵抗变形的能力。而对于矩形截面梁,缩小宽高比,可以提高梁在竖直方向上的强度和刚度。

### 参考文献:

- [1] 曾寿金,江吉彬,高诚辉. 基于 ANSYS 分析的悬臂梁结构优化设计[J]. 机电技术,2006,(4):20-22.
- [2] 魏兴俭,王明鹏,赵秋雨. 浅谈桥梁工程的材料改性发展[J]. 中国建材科技,2005,(3):37-38.

- [3] 马宏,康琦. 两种数值计算方法在桥梁结构计算上的应用[J]. 山西建筑,2008,(24):309-310.
- [4] 阿肯江托呼提,元国庆. 基于 ANSYS 的木梁有限元静力弹塑性分析[J]. 世界地震工程,2007,23(3):152-157.
- [5] 吴炜,翁洋,吕建鸣. 用 ANSYS 对 T 梁和空心板梁桥进行结构仿真分析的研究[J]. 公路交通科技,2004,(6):69-72.
- [6] 李黎明. ANSYS 有限元分析实用教程[M]. 北京:清华大学出版社,2005.
- [7] 范齐,樊俊才. 实用有限元法[M]. 哈尔滨:黑龙江科学技术出版社,1993.
- [8] 刘鸿文. 材料力学[M]. 北京:高等教育出版社,2004.

# 基于ANSYS的梁结构有限元分析

作者: [王中要](#), [郭秀文](#)  
 作者单位: [河南省新开元路桥工程咨询有限公司, 郑州市, 450016](#)  
 刊名: [公路](#) **ISTIC** **PKU**  
 英文刊名: [HIGHWAY](#)  
 年, 卷(期): 2009, (7)  
 被引用次数: 0次

## 相似文献(10条)

### 1. 学位论文 [蒋汪洋](#) 桥梁防撞设施的非线性分析 2009

船舶碰撞事故所造成的后果往往是灾难性的。为了减少人员财产损失,近年来已经有许多专家学者致力于船舶碰撞机理以及有效的桥梁防撞设施的研究,并取得了阶段性成果。船舶与桥梁防撞设施碰撞后,碰撞区域构件一般都将迅速超越弹性阶段而进入塑性流动阶段,并可能出现屈曲、撕裂等各种形式的破坏或失效,因此研究桥梁防撞设施具有现实意义。

由于桥梁防撞设施是一种没有动力的船体梁结构,我们研究的理论知识是用到船体梁结构的理论方法,对桥梁防撞设施进行类似于极限强度的研究。目前,计算总极限强度的计算方法主要有:理想结构单元法、逐步破坏法和非线性有限元法。

随着现代力学、计算力学以及计算机技术在软、硬件方面的发展,有限元分析无论是在理论,还是在计算技术方面都已取得了巨大的进步,很多通用有限元程序和专用程序都投入了实际应用,对结构进行有限元分析所需要的费用也迅速减少。当今国际上流行的有限元软件有ALGOR, MSC/NASTRAN, ADINA, ABAQUS, MSC/MARC, ANSYS等,它们都提供了友好的用户界面、强大的计算分析功能和前后处理功能,并与多种图形软件提供了接口,如UGI-DEAS, CATIA, Pro/E等。有限元法已经被广泛地应用到航空、航天、汽车、船舶、水利、医学和生物等现代科学的各个领域。

本文在国内外有关研究成果的基础上,以宜昌长江大桥为工程背景,在考虑几何非线性和材料非线性因素的情况下,利用有限元分析软件ANSYS,通过适当简化建立桥梁防撞设施的结构模型,作为进行动力分析的基础,计算桥梁防撞设施的自振特性,并综合考虑极限强度分析的各种因素(如结构的残余应力、初始变形、材料的非线性性能等),使用通用有限元程序获得精确的船体梁结构的极限承载能力,以及得到桥梁防撞设施的变形情况,从而可以对该结构进行改进。

### 2. 期刊论文 [谢桂华](#), [冯伯林](#), [冯大江](#) 偏心转体施工工艺在桥梁工程中的应用与研究 -[合肥工业大学学报\(自然科学版\)](#) 2003, 26(4)

该文以苏州市南大外环线友联运河大桥的施工为例,简要介绍拱梁组合结构桥梁偏心转体部分的设计要点、施工特点和采用普通千斤顶连续作用进行大吨位、宽位位桥梁偏心转体施工的新工艺。实践证明,该转体方法较传统中心转体法能省去庞大的地锚工程和牵引系统;减小桥梁主跨跨径;转体时转体单元稳定性好、施工可行、操作简便、适应面广;并能节约施工临时用地和工程经费,具有推广应用价值。

### 3. 期刊论文 [李辉](#) 桥梁T型梁结构混凝土质量控制 -[广东建材](#) 2009, 25(11)

通过了解施工结构的情况,确定混凝土所使用的原材料,进而据此原材料和技术要求,设计出满足要求的混凝土配合比。生产过程中采取有效措施降低混凝土的入模温度,减小坍落度损失,并严格按照施工工艺施工,确保混凝土满足要求。

### 4. 学位论文 [汪光庐](#) 整体多片式T梁结构空间分析 2002

中小跨度简支梁在高速铁路桥梁中有重要作用,大约占桥梁总数量的90%以上。因而,与大跨度桥相比,研究中小跨度桥梁的力学特性有特殊的意义。该论文主要通过大秦沈客运专线整体多片式T梁桥的结构空间有限元分析,研究整体多片式T梁桥的力学性能,提出整体多片式T梁的设计计算建议。论文的第一章主要论述了该文的研究对象,国内外同类问题的研究现状以及该文将采用的方法。论文的第二章主要介绍了该论文所研究对象的桥面形式、荷载形式以及不同的空间有限元模型介绍。在论文的第三章,详细论述了结构空间作用分析的内容,其中主要包括主梁横向分析系数、主梁正应力分析、桥面板的作用分析。第四章详细论述了整体多片式T梁的桥面横向应力及横截面的框架效应、整体多片式T梁横向简化计算方法、横隔板的作用力与作用分析以及横隔板的刚度和间距改变对结构横向受力的影响分析等。论文的第五章是部分预应力混凝土结构开裂后的检算。最后,在论文的第六章探讨了结构改进方法,提出了一些有关结构设计方面的建议。

### 5. 期刊论文 [叶建湘](#), [YE Jian-xiang](#) 裂缝对T梁结构耐久性影响及其模糊评价 -[山西建筑](#) 2007, 33(2)

对T梁结构裂缝的成因进行了分析,从三个方面阐述了裂缝的出现对T梁结构耐久性的影响,并运用最大隶属度原则就裂缝对T梁结构耐久性的影响进行了模糊综合评价,为桥梁的加固维修提供了参考。

### 6. 期刊论文 [邵旭东](#), [昌颖](#), [张阳](#) 预应力波形钢板组合挑梁结构的探索性研究 -[中外公路](#) 2006, 26(3)

钢-混凝土组合脊骨梁是一种新型的桥梁结构形式。其钢挑梁常采用平面钢板,由于混凝土的收缩、徐变以及混凝土板和钢梁之间的温差效应,引起挑梁根部混凝土板的较大拉应力。针对上述问题,该文提出在组合脊骨梁中采用预应力波形钢板组合挑梁这一结构形式。通过实桥背景算例,重点对比分析了两种组合梁预应力效率、温差效应、收缩徐变等方面的力学特征。结果表明,波形钢板组合挑梁在力学性能、经济性、施工等方面都具有较大的优势。

### 7. 学位论文 [刘喜红](#) 大型架桥机主导梁结构分析与研究 2007

架桥机是将预制梁吊装到桥梁支座上的大型专用施工机械,而主导梁是架桥机的主要构件,其成本占到整个架桥机造价一半以上。在满足使用要求的前提下,减少主导梁的制造成本、方便运输和安装是施工单位希望解决的问题。本文以此为目的展开研究。

首先在桥梁建设工地现场通过对多种主导梁类型结构架桥机的实际使用情况进行深入调研。然后利用通用的大型有限元软件ANSYS,对三种主要类型的主导梁结构进行有限元建模和数值仿真分析。通过对数值仿真分析的数据结果进行定量分析比较,得出如下结论:桥梁架设中使用贝雷桁架主导梁结构的拼装架桥机具有较高的性价比。

为克服贝雷桁架主导梁结构存在的缺陷,设计出一款新型主导梁结构,并利用ANSYS对新型主导梁结构的可行性进行了建模和数值仿真分析。从理论上证明了该类型的主导梁结构既能克服贝雷桁架主导梁结构刚度的不足,又能发挥贝雷桁架主导梁结构性价比高的优点。

本文的研究分析,既为桥梁架设施工单位选择一款性价比高的主导梁结构类型的架桥机提供了科学依据,也为架桥机的主导梁结构设计提供了一种新的结构形式。

### 8. 会议论文 [孙寅](#), [常绍艳](#), [方二宝](#), [孟凡浩](#) 钢桥桁梁摩擦面的复合涂层防腐技术 2007

本研究针对桥梁钢桁梁结构高强度螺栓摩擦面的防腐和摩擦系数的要求,推荐了电弧喷铝加无机富锌涂层的复合涂层,具有很好的防腐性能和良好的抗滑移系数,测试了复合涂层的附着力和抗滑移系数,试验结果表明涂层附着力和抗滑移系数均能满足相关标准的要求,该摩擦面电弧喷涂复合涂层方案值得推广应用。

### 9. 学位论文 [高志](#) 压电智能结构对桥梁的振动控制 2007

桥梁车振是桥梁运行中的重点问题。当列车通过桥梁时,桥梁结构不仅承受静力作用,还要承受移动荷载以及桥梁和车辆的振动惯性的作用。车辆运行速度越高,安全问题越突出,既要保证高速列车在桥上运行时的安全性,又要保证列车乘坐的舒适度。因此很有必要对桥梁振动控制技术进行

深入的研究。

近年来，压电材料作为一种新型的智能材料，以其良好的材料特性，在结构振动控制领域得到了广泛应用。本文的研究工作安排为如下六章：

第一章在查阅了大量文献的基础上，综述压电材料的特性以及压电材料的工程应用，尤其是在土木工程结构振动控制领域的应用，介绍了本文的主要研究工作。

第二章分析压电材料的力学和电学性能。对其作动能力和传感能力进行了分析，得到了梁结构中压电材料的压电作动弯矩方程和压电传感方程。

第三章通过对埋入梁结构中压电材料的压电作动力矩方程进行分析，推导出压电材料埋入板梁结构及T型梁结构时其最优埋入深度和压电材料最优厚度的显式表达式，由此推导了深度和厚度的理想取值，并结合实际情况分析了最优取值。

第四章桥梁振动系统建模。系统地介绍了车桥动力系统建模的演变过程，从简单到复杂，建立了简支桥梁在移动简谐荷载作用下的桥梁振动方程，阐述了动力反应的时程分析方法。

第五章算例分析。提出一种新的装置，把压电智能结构应用于桥梁的振动控制中来减小桥梁的竖向振动。振动控制设计中控制策略直接决定着控制效果，本文采用了线性二次型最优控制(LQR)算法用于控制桥梁的振动。通过算例分析桥梁在移动荷载作用下的振动控制效果，验证了此方法控制桥梁振动的可行性。

第六章全文工作的总结及展望。

#### 10. 期刊论文 [黄卫兵 T梁结构体系转换中临时支座施工技术](#) -安徽建筑2005, 12(3)

一种新的结构连续方法近年来广泛运用在公路30m~40m跨度的桥梁上,本文就其关键技术临时支座的施工进行了分析、介绍。

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_gl200907035.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_gl200907035.aspx)

授权使用: 西南交通大学(wfxnjtdx), 授权号: 9c70d42f-bb90-4d46-a749-9ea200a6e08f

下载时间: 2011年3月10日