

# 横撑布置对三拱肋下承式系杆拱桥稳定性的影响

杨顺泽

(贵州大学土木工程学院, 贵州 贵阳 550025)

**摘要:** 以某大跨径下承式三拱肋系杆拱桥为研究对象, 使用有限元软件 Midas/Civil2019 对比分析了不同的横撑形式、横撑刚度、横撑间距对结构稳定性能的影响。研究结果表明: 横撑形式对拱桥整体屈曲稳定性贡献程度由高到低依次为米字撑>K字撑>I字撑>无横撑; 横撑间距也不是越密越好, 选取时宜取横撑间距中间值进行布置较为经济合理; 随着横撑刚度的增大, 全桥稳定系数增大, 并趋于一个临界值。

**关键词:** 系杆拱桥; 横撑; 稳定性

中图分类号: U443 文献标识码: A 文章编号: 1006—7973 (2022) 11—0151—03

随着我国交通运输业的发展, 人们对交通量的要求日益严格, 桥梁承受的荷载越来越重, 桥梁的跨径越来越大, 宽度也越来越宽。传统的拱桥在运营过程中以主拱圈受压为主, 这将导致拱脚处会具有较大的水平推力, 只有在基础条件较好时才能采用, 限制了拱桥的发展<sup>[1]</sup>。而梁桥在运营期间主要承受的是弯矩, 不会产生水平推力。于是人们就想将梁与拱两种不同的结构体系结合在一起, 充分发挥梁受弯, 拱受压的特性, 极大的程度的减小拱脚处的水平推力, 系杆拱桥便应运而生。这种全新的结构充分地发挥梁与拱的优点, 还弥补了梁与拱各自受力的缺陷, 提高了整体的受力性能, 而且极大地提高了桥梁的跨越能力<sup>[2-3]</sup>。有研究表明, 对于大跨径系杆拱桥, 只有设置横撑才能大大地提高桥梁结构的横向稳定性, 确保桥梁安全<sup>[4]</sup>。所以, 对横撑的选取以及其在系杆拱桥上的布置形式的研究显得十分重要<sup>[5-7]</sup>。笔者以某系杆拱桥为研究背景, 使用有限元软件 Midas/Civil2019 分析横撑对三拱肋下承式系杆拱桥稳定性的影响。

## 1 工程概况

桥梁为 160 m 全钢系杆拱桥, 桥宽 40 m, 桥面布置为 6 m(人行道含吊索)+12 m(车行道)+4 m(中央分隔带)+12 m(车行道)+6 m(人行道含吊索), 设计荷载为汽车荷载城-A, 人群荷载按城市桥梁设计规范 (CJJ 11-2011) 取值。

拱圈结构采用箱形截面, 拱轴线为悬链线, 拱轴线系数  $m=1.0$ , 矢高  $f=30$ , 矢跨比  $f/l=15.2$ 。共设置有 3 道拱肋, 拱肋为焊接矩形断面, 一般拱肋断面钢板厚度为 30 mm, 拱脚处拱肋断面钢板厚度为 60 mm。

主梁采用扁平焊接钢箱梁, 共设置 18 道纵腹板。设置横坡, 梁高为从两侧到中部 1.7 m ~ 1.88 m 的渐变段, 顶板厚 16 mm, 底板厚 14 mm。

全桥吊杆横向间距按 15.1 m 设置, 纵向按 5 m 设置, 共设置  $3 \times 29=87$  根吊杆。吊杆上端锚固于拱肋下缘吊耳处, 下端锚固于梁底。吊索型号为 15-31 的高强钢绞线, 采用 GJ 钢绞线整束挤压吊杆体系锚具。

## 2 模型建立

采用有限元软件 Midas/civil2019 建立桥梁结构模型, 把全桥离散成拱肋、吊杆、系梁、横撑、端横梁、虚拟横梁等构件, 采用梁格法进行模型的建立。模型分为 384 个节点, 975 个单元, 根据不同构件的受力特点, 吊杆选择桁架单元模拟, 共  $29 \times 3=87$  个单元, 其余拱肋、系梁、横梁等均采用梁单元模拟。具体模型如图 1 所示:

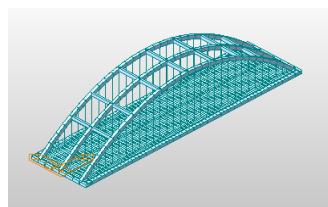


图 1 全桥有限元模型

## 3 横撑对桥梁结构稳定性的影响

### 3.1 横撑形式对桥梁结构的影响

为分析不同横撑形式对桥梁结构的影响, 原桥梁采用 I 字型横撑, 考虑了其余三种横撑设置情况进行对比, 分别为: 不设横撑、设 K 字型横撑、设米字型横撑, 在原设计横撑的位置上进行布置, 充分确保变量的一致性。所有横撑形式均采用原 I 字型横撑截面组合。

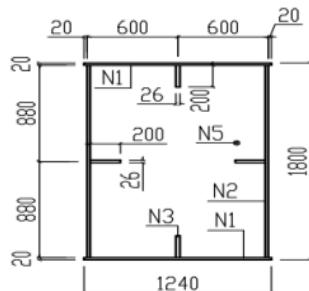


图 2 横撑截面

建立不设横撑、I字撑、K字撑、米字型横撑几种横撑形式布置的有限元模型,对其采取屈曲稳定性分析,并计算其屈曲稳定安全系数。不同横撑形式下屈曲模态及稳定系数如下表。

表 1 不同横撑形式下屈曲模态及稳定系数

横撑形式	稳定系数	屈曲模态
无横撑	5.423	
I字撑	17.795	
K字撑	37.530	
米字撑	37.580	

由表 1 可知: 无横撑时拱桥的失稳模态为中拱肋单波面外对称失稳, 屈曲稳定系数为 5.423; I 字撑、K 字撑和米字撑时拱桥的失稳模态为双波面反对称失稳, 屈曲稳定系数分别为 17.795, 37.530, 37.580; 可见横撑对拱桥屈曲稳定性的影响很大, 尤其是采用 K 字撑和米字撑时, 桥梁屈曲稳定系数得到显著地提高。4 种横撑形式对系杆拱桥屈曲稳定性贡献程度由高到低分别为米字撑、K 字撑、I 字撑、无横撑。但米字撑和 K 字撑两种横撑形式对拱桥整体屈曲稳定性贡献程度差距并不大, 故在实际工程中出于经济、安全等方面考虑, 宜多采用 K 字形横撑。

### 3.2 横撑间距对桥梁稳定性的影响

采用等截面形式, 即确保横撑刚度不变, 采用原设计 I 字形横撑在全桥范围内分为 9 个工况采取等间距的形式合理布置横撑。不同横撑间距下桥梁的安全稳定系数见表 2。

表 2 不同横撑间距下桥梁的屈曲稳定系数

工况	1	2	3	4	5	6	7	8	9
横撑间距 (m)	5	10	15	20	25	30	40	50	60
屈曲稳定系数	37.58	25.77	20.18	17.24	14.8	13.54	11.28	8.93	7.29
数量	29.00	15.00	9.00	8.00	5.00	5.00	4.00	3.00	3.00
经济效益	1.30	1.72	2.24	2.16	2.96	2.71	2.82	2.98	2.43

从表 2 中可以看出桥梁在采取等间距布置横撑时, 随着横撑间距的减小, 桥梁的屈曲稳定系数增大, 但屈曲稳定系数增大的同时其所用横撑数量也会随之增加, 与其对应的会造成经济效益的减少。因为随着桥梁横撑间距的缩小桥梁屈曲稳定系数的增幅会小于横撑数量的增长。故从桥梁安全和经济方面考虑横撑间距也不是越密越好, 选取时宜取中间值进行布置。

### 3.3 横撑刚度对结构稳定性的影响

由于横撑主要作用的是轴向力, 弯矩和剪力较小。故选择替换不同的横撑轴向刚度来对桥梁结构稳定性的影响进行研究<sup>[8]</sup>。原桥横撑布置位置不变, 以 I 字形横撑为基础, 原设计横撑的轴向刚度为 1, 调整后的横撑与原横撑刚度的比值为横撑相对刚度, 分别调整为原刚度的 1.5 倍、2 倍、2.5 倍、3 倍、3.5 倍进行稳定性分析。横撑刚度与拱桥的屈曲稳定系数的关系见表 3 和图 3。

表 3 横撑刚度与拱桥的屈曲稳定系数的关系

横撑相对刚度	稳定系数	横撑相对刚度	稳定系数
1	17.795	2.5	23.000
1.5	20.921	3	23.545
2	22.291	3.5	23.862

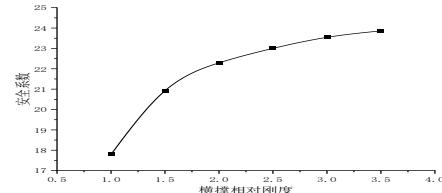


图 3 横撑刚度与拱桥的屈曲稳定系数的关系

由图 3 可知: 随着横撑刚度的增大, 桥梁屈曲稳定系数增大, 并将靠近一个临界值。说明稳定系数的增长速度会随着刚度的增大速度的增加而随之减小, 即并不是一味地提高横撑的刚度来提高桥梁的稳定性, 应根据实际情况来选择合适的刚度, 来保证桥梁稳定系数高的同时提高经济效益。

## 4 结论

(1) 横撑形式对系杆拱桥屈曲稳定性贡献程度由高到低分别为米字撑、K 字撑、I 字撑、无横撑。其中, 米字撑和 K 字撑两种横撑形式对拱桥整体屈曲稳定性贡献程度差距并不大, 故在实际工程中出于经济、安全等方面考虑, 宜多采用 K 字形横撑。

(2) 随着桥梁横撑间距的缩小桥梁屈曲稳定系数的增幅会小于横撑数量的增长。故从桥梁安全和经济方面考虑横撑间距也不是越密越好, 选取时宜取中间值进

# ID3 决策树算法在汽车检测中的分析及应用

邹黄刚, 赵景顺, 李彬

(上海理工大学机械工程学院, 上海 200093)

**摘要:** 针对现有的汽车检测方案, 存在耗时大、成本高且可实施性不强等缺陷, 现利用 ID3 决策树算法来设计一种新型汽车故障检查方案, 查找出何种因素引起的汽车故障, 使驾驶员自身具备故障检查能力, 并做出相应的预检修。通过将原始数据进行预处理后, 再运用 ID3 决策树算法挖掘初加工的原始数据, 建立起该数据下的决策数模型。利用刚建立的模型, 找出影响汽车发生故障的因素, 从而协助修理人员或驾驶员检修汽车, 提示维修和检测效率, 大大节约时间与成本。结果表明: 汽车最容易发生的故障是发动机故障, 影响其最大的因素是汽车消耗品质量差异。

**关键词:** 轿车; 汽车故障; 故障分析; ID3 决策树算法

中图分类号: TK0~TK91 文献标识码: A 文章编号: 1006—7973 (2022) 11-0153-03

汽车是由上万块零部件所组成, 因具备零件数量多、测试难、耗时多等特点<sup>[1]</sup>, 很难做到全方位检测; 并且大多数司机缺乏专业知识, 对汽车的故障很难做出准确的判断。所以, 对于检测人员或司机而言, 都急需一套快速而有效的检测方案, 指导其检修具有重要的意义。

本文以奔驰汽车为对象, 首先确定基于 ID3 决策树算法<sup>[2]</sup>的汽车故障检修方案; 其次进行数据相关的采集, 这里数据信息采集首先确定好研究对象和目标, 选择合适的模型完成数据信息采集; 然后利用 ID3 算法的相关原理来对数据分析做出预处理以便实施选择的数据挖掘算法<sup>[3]</sup>, 最后对结果加以分析<sup>[4]</sup>, 其流程图如图 1 所示。



图 1 数据处理流程

## 1 汽车检测方案

### 1.1 现有的汽车检测方案

①鉴定故障: 通过故障信息, 判断出汽车何种故障。②初步确定好故障类别后, 通过询问车主或查看汽车来进一步收集故障信息。③收集完信息后, 进一步评估故障的危害有多大。④查明故障后, 按照一般的逻辑顺序进一步试验。⑤校正故障, 逐个排除故障原因。⑥重新逐个检测系统是否正常。如图 2 所示, 这六步检测<sup>[5]</sup>虽

行布置。

(3) 随着横撑刚度的增大, 全桥稳定系数增大, 并趋于一个临界值。应根据实际情况来选择合适的刚度, 来保证桥梁稳定系数高的同时提高经济效益。

### 参考文献:

- [1] 朱贤明. 钢箱系杆拱桥顶推施工仿真计算及局部应力分析 [D]. 长安大学, 2018.
- [2] 唐细彪. 刚架系杆拱桥拱墩梁结合部结构受力分析及优化 [J]. 交通科技, 2020(05):21-24+34.
- [3] 尚晋. 中承式系杆拱桥施工控制关键技术 [J]. 内蒙古公路与运输, 2020(02):6-10.DOI:10.19332/j.cnki.1005-0574.2020.02.002.

[4] 李玲瑶, 陈政清, 葛耀君. 钢管混凝土拱桥拱肋横撑对动力和稳定性的影响 [J]. 公路交通科技, 2008(03):70-74+78.

[5] 董锐, 陈亚钊, 郑穆然, 黄福云, 陈宝春. 带 L 形横撑的大跨 CFST 枝式拱桥稳定性分析 [J]. 土木工程学报, 2020, 53(05):89-99+128.DOI:10.15951/j.tmgcxb.20200211.0001.

[6] 王海城, 黄己伟, 刘丹. 横撑系统对系杆拱桥动力特性的影响 [J]. 湖北理工学院学报, 2019, 35(05):36-39+72.

[7] 解瑶. 横撑布置位置对拱桥横向稳定性影响研究 [J]. 四川水泥, 2019(03):276.

[8] 杨吉新, 梁亚兰, 余越, 陈一赫, 杨蒋鹤立. 横撑对大跨度钢管砼拱桥稳定性的影响分析 [J]. 公路与汽运, 2018(05):118-120.