

超重车辆过桥技术系统的建立及标准化控制

陈超, 沈明燕

湖南科技大学土木工程学院, 湖南 湘潭

收稿日期: 2024年4月25日; 录用日期: 2024年5月15日; 发布日期: 2024年5月24日

摘要

为了确定湘潭市东二环线路特殊车辆过境的可行性, 结合交通及桥梁的结构特点和历年超重车辆许可的申请情况, 本文采用迈达斯建立桥梁模型, 基于本地区实际桥梁情况确定了超重车辆过城市的桥梁总重量、超重运物的布置、对应选择车型、通行方式。规划了从五线十轴特种车辆到十线二十轴特种车辆(ABCDEF)六种车型, 保证满足绝大部分特殊车辆过境与城区内通行需要。

关键词

超重车辆, 承载能力检算, 荷载布置, 过桥注意措施

Establishment and Standardized Control of Overweight Vehicles Crossing Bridge Technology System

Chao Chen, Mingyan Shen

School of Civil Engineering, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan Hunan

Received: Apr. 25th, 2024; accepted: May 15th, 2024; published: May 24th, 2024

Abstract

In this paper, in order to determine the feasibility of special vehicle transit on the East Second Ring Road in Xiangtan City, combined with the structural characteristics of traffic and bridges and the application for overweight vehicle permits over the years, the bridge model was established by Midas, and the total weight of the bridge for overweight vehicles crossing the city, the layout of the overweight transport, the corresponding selection of vehicle types, and the traffic mode were determined based on the actual bridge situation in the region. Six models are planned, from five-line ten-axle special vehicles to ten-line and twenty-axle special vehicles (ABCDEF) to ensure that most of the special vehicle transit and urban traffic needs are met.

Keywords

Overweight Vehicles, Load Capacity Calculation, Load Arrangement, Precautions of Crossing Bridge

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



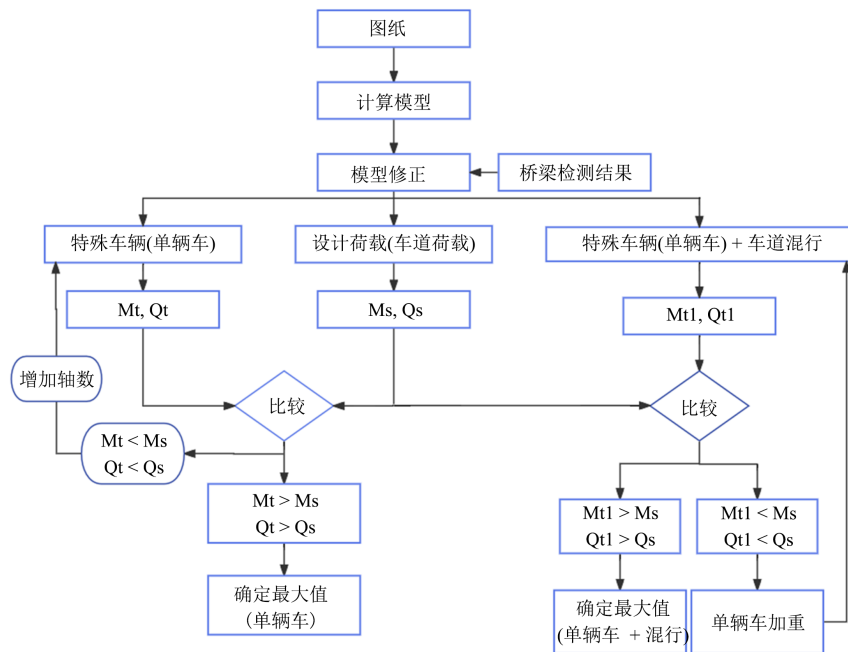
Open Access

1. 引言

目前我国重车过桥是采用桥梁称重系统提前进行称重预防车辆超重, 或者进行重车过桥实时监测及建立相应的模型进行分析。高铭[1]的理念是基于传统的车辆称重系统, 以在重车进入桥梁前就开始实施相应的预防措施, 是目前使用最多的方法。张辉辉[2]对于大件运输车辆通过桥梁承载力问题, 将关注焦点放在了桥梁本身加固问题, 虽然对于桥梁加固有一定的可行性, 但无法保证经济效益。王一娜[3]将超重车过桥进行了计算模型与桥梁监测结合的方式, 经过模型与实际监测的结果, 确定了此种方法的可行性。但该研究涉及的只有一座桥梁, 没有建立相应的技术系统。本文建立了多座桥梁模型并建立了技术流程, 将重车荷载在不同桥梁的适用性进行了整体说明, 有利于进一步建立超重车辆经过多座桥梁的管理技术系统。

2. 计算模型流程

模型计算以及验算流程如图 1 和图 2 所示。



注: M_s : 设计荷载弯矩; Q_s : 设计荷载剪力; M_t : 特殊车辆(单辆车)弯矩; Q_t : 特殊车辆(单辆车)剪力; M_{t1} : 特殊车辆(单辆车) + 车道混行弯矩; Q_{t1} : 特殊车辆(单辆车) + 车道混行剪力。

Figure 1. Model calculation flowchart

图 1. 模型计算流程图

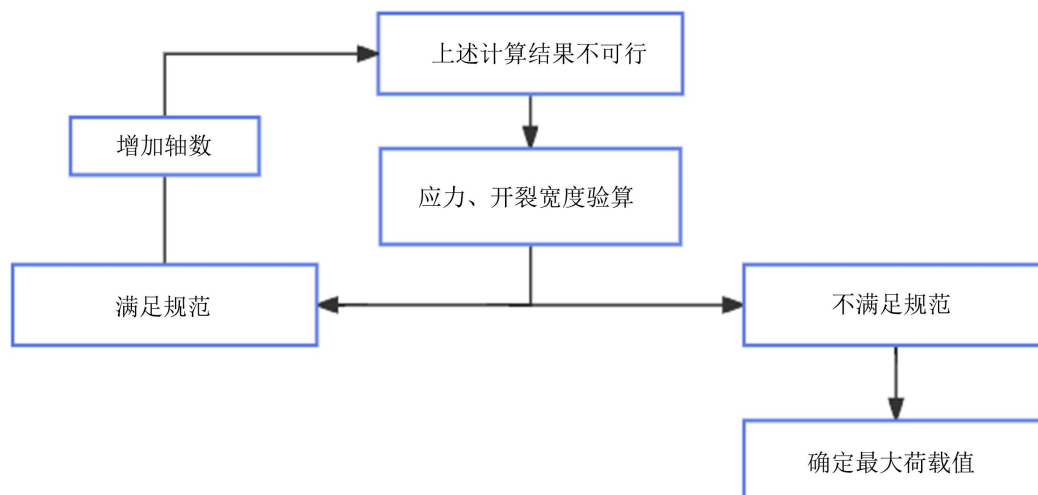


Figure 2. Model check flowchart
图 2. 模型验算流程图

3. 算例

3.1. 超重车辆荷载参数

结合湘潭市交通与桥梁的结构特点以及历年过江特殊车辆许可的申请情况, 便于特殊车辆荷载布置, 规划了从五线十轴特种车辆到十线二十轴特种车辆(ABCDEF)六种车型, 保证满足绝大部分特殊车辆过境与城区内通行需要。具体车辆荷载布置见表 1。

Table 1. Vehicle fact sheet

表 1. 车辆概况表

序号	车辆	车型	重量	备注
1	A	5 线 10 轴	120 吨	单辆车
2	B	6 线 12 轴	138 吨	单辆车
3	C	7 线 14 轴	156 吨	单辆车
4	D	8 线 16 轴	174 吨	单辆车
5	E	9 线 18 轴	192 吨	单辆车
6	F	10 线 20 轴	210 吨	单辆车
7	混行车	汽车	70 吨	单辆车

注: 重车 + 混行车特载效应取值为本表车辆组合。

3.2. 计算工况

特殊车辆过桥时分两种状态, 第一种状态(定义为特种工况一)为特殊车辆单独通过桥梁, 其行驶在桥面中心线, 其它车辆不允许同一时间通过桥梁; 第二种状态(定义为特种工况二)为特殊车辆单独通过桥梁一个车道, 其行驶在桥面中间车道的中心线, 其它车辆不允许同一时间通过该车道, 但可以通过其它车道。

具体特殊车辆荷载布置如图 3 和图 4 所示。

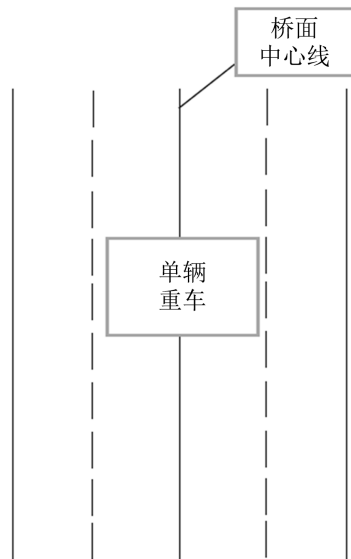


Figure 3. Layout diagram of special working condition 1

图 3. 特种工况一布置图

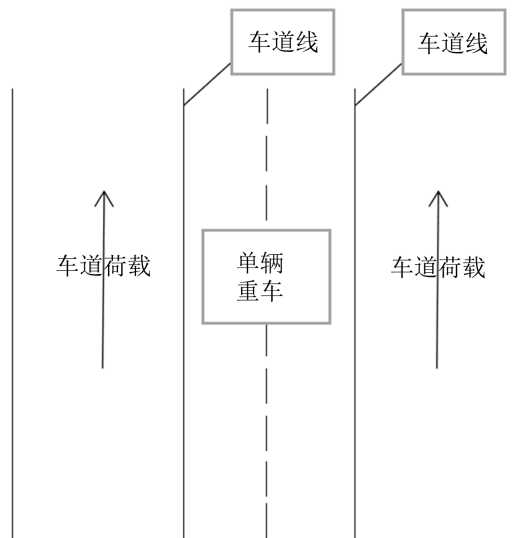


Figure 4. Layout diagram of special working condition 2

图 4. 特种工况二布置图

考虑两种特种车辆通行工况:

特种工况一:

单幅桥: 单辆特种车行驶在两个中间车道之一, 沿车道中心线行驶。

双幅桥: 若单幅为 3 车道, 特种车行驶在中间车道的中心线上。若单幅为 4 车道, 特种车行驶在该幅桥面中心线上。

特种工况二:

单幅桥: (4 车道或 6 车道), 特种车行驶在其中一个中间车道上, 另外可有 2 个车道行驶普通车辆。

双幅桥: 特种车走中间车道(3 车道), 其他 2 个车道可通行普通车辆。若单幅为 4 车道, 特种车行驶在桥面中心线。

3.3. 计算模型

以板塘7号路桥为例,分析采用迈达斯进行空间建模分析(见图5)。主梁自重模型中按自重系数1.02计算,公路-I级荷载标准中车道荷载加载计算参数根据《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60-2015)取值。主梁混凝土为C50,预应力钢绞线抗拉强度设计值为1860 MPa。

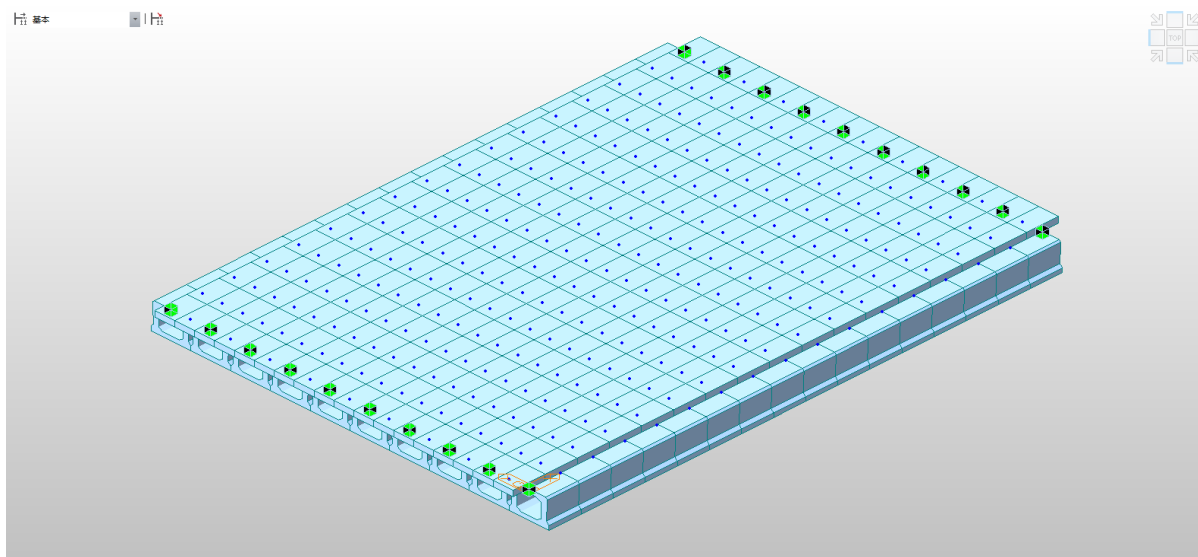


Figure 5. Model diagram of Bantang No. 7 road and bridge

图 5. 板塘 7 号路桥模型图

3.4. 计算结果

因计算结果数据较多,以下只呈现板塘7号路桥的计算结果(见表2和表3)。

Table 2. Table of special loads for a single heavy vehicle (serviceability limit state)

表 2. 单辆重车特殊荷载表(正常使用极限状态)

桥名	轴数	设计弯矩	设计剪力	弯矩	剪力	弯矩差值率	剪力差值率
板塘 7 号路桥	五线十轴	490.5 kN·m	411.6 kN	237.3 kN·m	272.7 kN	51.6%	33.7%
	六线十二轴	490.5 kN·m	411.6 kN	311.8 kN·m	316.3 kN	36.4%	23.1%
	七线十四轴	490.5 kN·m	411.6 kN	342.5 kN·m	338.9 kN	30.1%	17.6%
	八线十六轴	490.5 kN·m	411.6 kN	368.1 kN·m	360.2 kN	24.9%	12.4%
	九线十八轴	490.5 kN·m	411.6 kN	389.7 kN·m	378.4 kN	20.5%	8%
	十线二十轴	490.5 kN·m	411.6 kN	407.5 kN·m	393.3 kN	16.9%	4.4%

Table 3. Table of special loads for single heavy vehicle + mixed vehicle (serviceability limit state)

表 3. 单辆重车 + 混行车特殊荷载表(正常使用极限状态)

桥名	轴数	设计弯矩	设计剪力	弯矩	剪力	弯矩差值率	剪力差值率
板塘 7 号路桥	五线十轴	490.5 kN·m	411.6 kN	449.5 kN·m	399.8 kN	8.3%	2.8%
	六线十二轴	490.5 kN·m	411.6 kN	479.1 kN·m	409.2 kN	2.3%	0.058%

五线十轴至十线二十轴单辆重车过桥弯矩差值率和剪力差值率在正常使用极限状态、承载能力极限状态下的计算结果汇总见图 6~9。

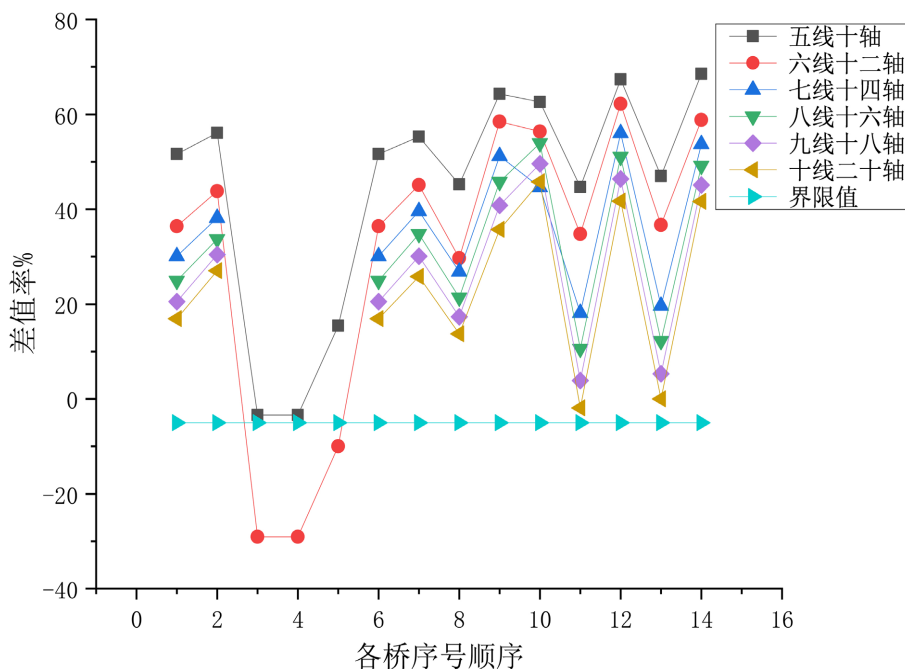


Figure 6. Bending moment difference rate of a single heavy vehicle (serviceability limit state)

图 6. 单辆重车弯矩差值率(正常使用极限状态)

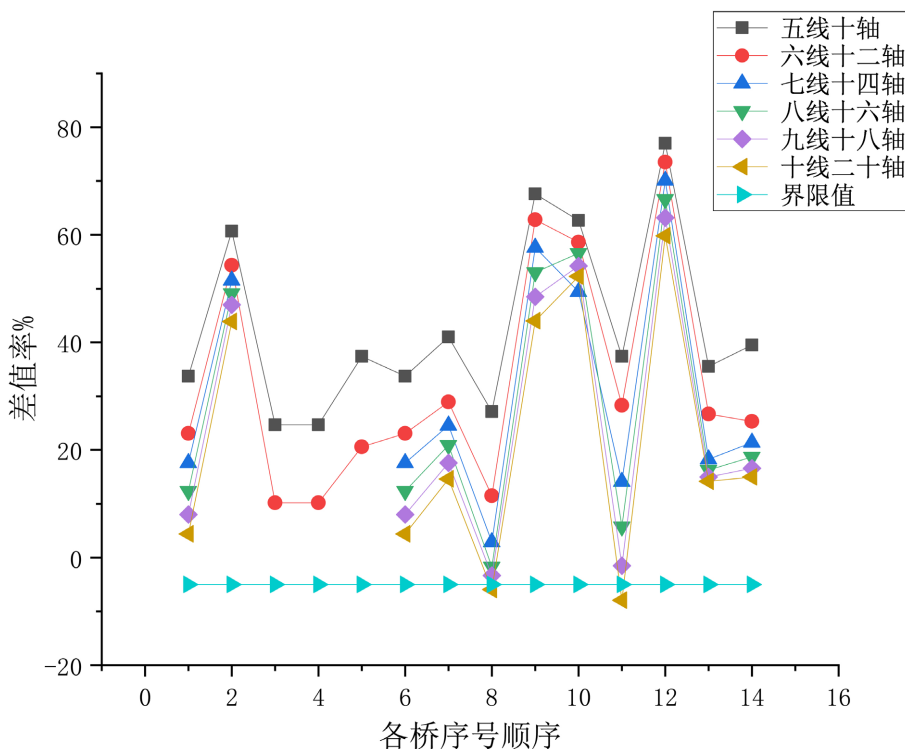


Figure 7. Shear force difference rate of a single heavy vehicle (serviceability limit state)

图 7. 单辆重车剪力差值率(正常使用极限状态)

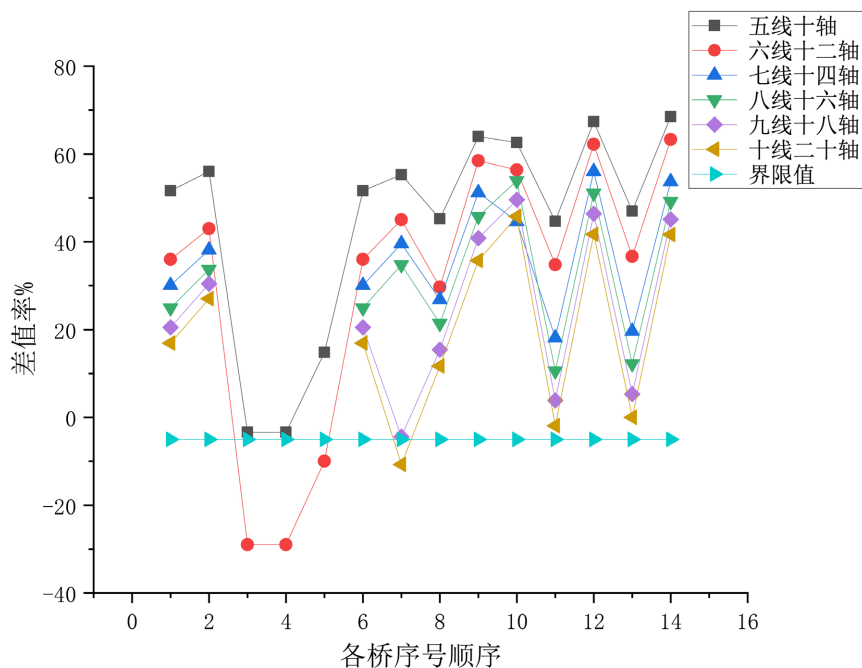


Figure 8. Bending moment difference rate of a single heavy vehicle (load capacity limit state)
图 8. 单辆重车弯矩差值率(承载能力极限状态)

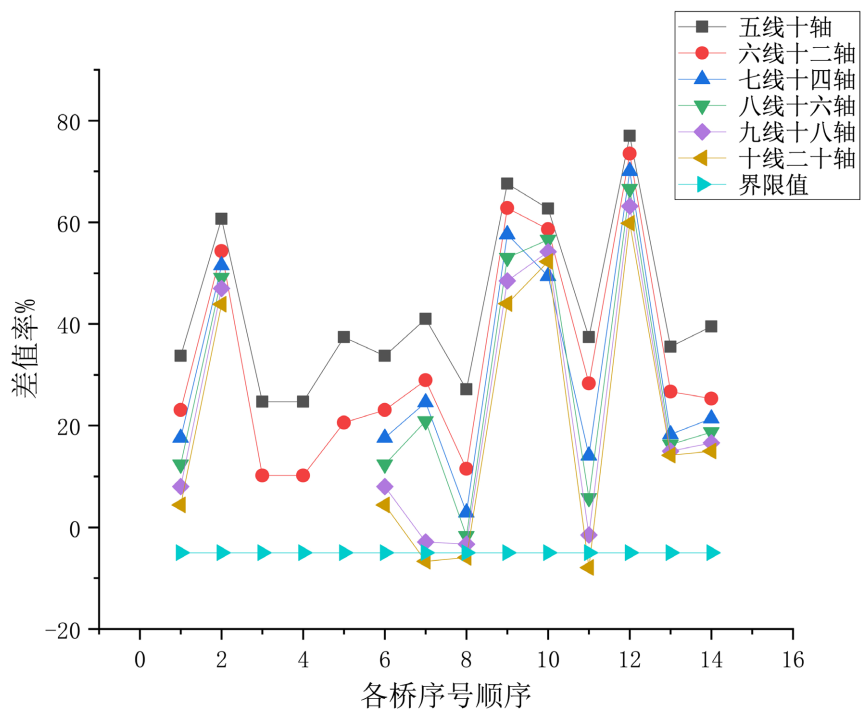


Figure 9. Shear difference rate of a single heavy vehicle (load capacity limit state)
图 9. 单辆重车剪力差值率(承载能力极限状态)

如图 6~9 所示, 五线十轴至十线二十轴单辆重车过桥弯矩差值率与剪力差值率随着重车重量、轴数的变化而变化。图中节点为各桥按桥梁序号进行编排, 只要正常使用极限状态或承载能力极限状态弯矩差值率和剪力差值率有一项不满足界限值要求, 则确定不满足该重车的过桥。

当五线十轴单辆重车过桥时, 所有桥梁都满足该重车过桥要求。当六线十二轴重车过桥时, K11 + 420 桥、K10 + 860 桥和 M2 + 447.715 桥不能满足六线十二轴以上单辆重车过桥的要求。七线十四轴重车至九线十八轴单辆重车过桥时, 除 K11 + 420 桥、K10 + 860 桥和 M2 + 447.715 桥外, 其余桥梁均满足单辆重车行驶的要求。当十线二十轴单辆重车过桥时, K11 + 420 桥、K10 + 860 桥、M2 + 447.715 桥、芙蓉东路桥、红旗渠桥和高岳塘 27.85 m 引桥不满足十线二十轴单辆重车过桥的要求。

五线十轴至六线十二轴单辆重车 + 混行车过桥弯矩差值率和剪力差值率在正常使用极限状态、承载能力极限状态下的计算结果汇总见图 10~13。

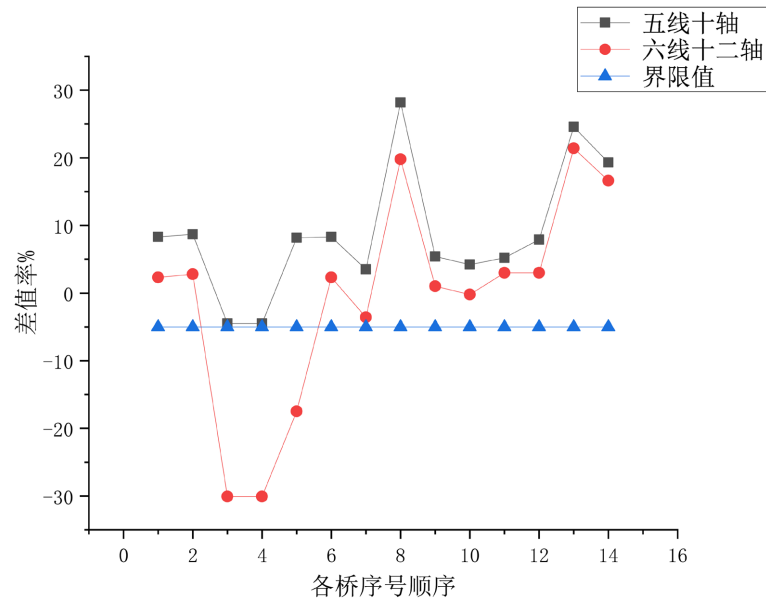


Figure 10. Bending moment difference rate of single heavy vehicle + mixed vehicle (serviceability limit state)
图 10. 单辆重车 + 混行车弯矩差值率(正常使用极限状态)

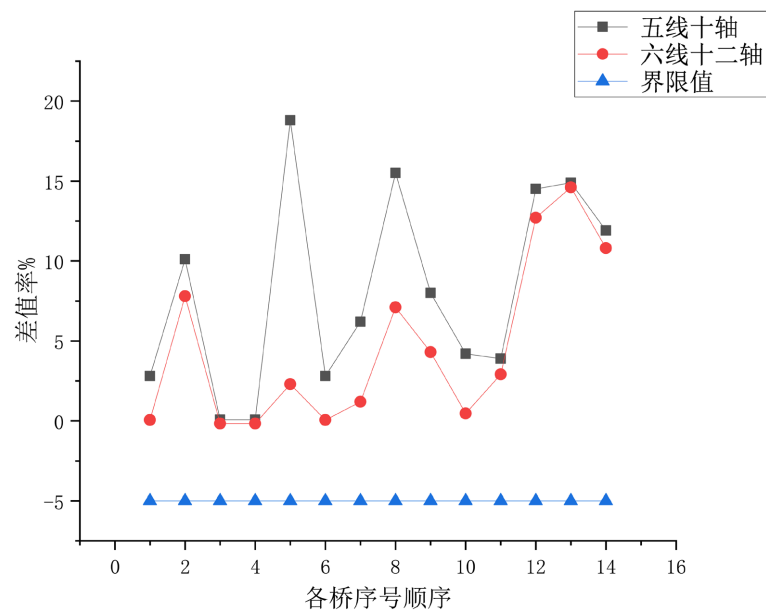


Figure 11. Shear difference rate of single heavy vehicle + mixed vehicle (serviceability limit state)
图 11. 单辆重车 + 混行车剪力差值率(正常使用极限状态)

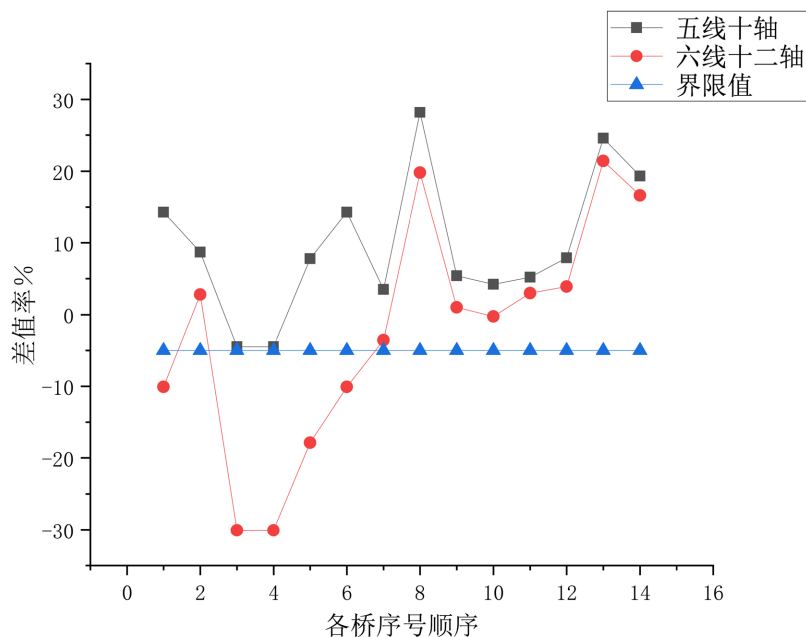


Figure 12. Bending moment difference rate of single heavy vehicle + mixed vehicle (load capacity limit state)
图 12. 单辆重车 + 混行车弯矩差值率(承载能力极限状态)

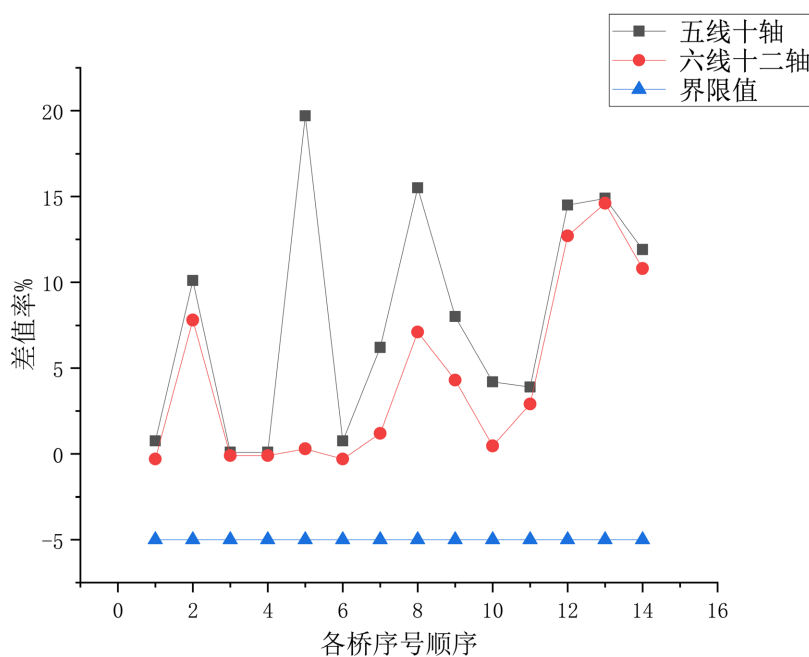


Figure 13. Shear difference rate of single heavy vehicle + mixed vehicle (load capacity limit state)
图 13. 单辆重车 + 混行车剪力差值率(承载能力极限状态)

由于七线十四轴以上单辆重车 + 混行车计算结果大多都不合格, 所以在单辆重车 + 混行车过桥的情况下, 不考虑七线十四轴以上单辆重车 + 混行车的情况。

如图 10~13 所示, 五线十轴至六线十二轴单辆重车 + 混行车过桥弯矩差值率与剪力差值率随着重车重量、轴数的变化而变化。图中节点为各桥按桥梁序号进行编排, 只要正常使用极限状态或承载能力极限状态弯矩差值率和剪力差值率有一项不满足界限值要求, 则确定不满足该重车 + 混行车过桥。

当五线十轴单辆重车 + 混行车过桥时, 所有桥梁都满足五线十轴单辆重车 + 混行车过桥的要求。正常使用极限状态下, 当六线十二轴重车 + 混行车过桥时, K11 + 420 桥、K10 + 860 桥、M2 + 447.715 桥、霞光东路立交桥和板塘七号路立交桥不能满足六线十二轴单辆重车 + 混行车过桥的要求。

4. 计算结果分析及过桥措施

4.1. 过桥车辆轴距及荷载要求

通过上述的计算与分析, 桥梁能通过的超重车辆如表 4 所示。需要通过桥梁的车型与轴重应按表 4 选择与配置。

过桥车辆轴距及荷载要求见表 4。

Table 4. Summary table of wheelbase and load requirements of vehicles crossing the bridge

表 4. 过桥车辆轴距及荷载要求汇总表

序号	桥名	单辆重车过桥车型	单辆重车 + 混行车的车型	不能通过车型	要求
1	霞光东路立交桥	ABCDEF	A	B (混行)	需要液压平衡系统
2	晓塘东路立交桥	ABCDEF	AB	/	需要液压平衡系统
3	K11 + 420 桥	A	A	BCDEF	需要液压平衡系统
4	K10 + 860 桥	A	A	BCDEF	需要液压平衡系统
5	M2 + 447.715 桥	A	A	BCDEF	需要液压平衡系统
6	板塘 7 号路桥	ABCDEF	A	B (混行)	需要液压平衡系统
7	芙蓉东路桥	ABCDE	AB	F	需要液压平衡系统
8	红旗渠桥	ABCDE	AB	F	需要液压平衡系统
9	高月塘主桥	ABCDEF	AB	/	需要液压平衡系统
10	高月塘 35 m 引桥	ABCDEF	AB	/	需要液压平衡系统
11	高月塘 27.85 m 引桥	ABCDE	AB	F	需要液压平衡系统
12	芙蓉大桥主桥	ABCDEF	AB	/	需要液压平衡系统
13	芙蓉大桥 30 m 引桥	ABCDEF	AB	/	需要液压平衡系统
14	芙蓉大桥 45 m 引桥	ABCDEF	AB	/	需要液压平衡系统
15	莲城大桥	ABCDEF	AB	/	需要液压平衡系统

4.2. 重车过桥方式

1) 申报车辆通行时段宜选择在凌晨 1:00~5:00 交通量很少的时段过桥, 该时段若有其余重车车队, 严禁与申报车辆同时通行在桥梁范围内;

2) 申报车辆不超过六线十二轴通行时可以选择白天通行, 该时段若有其余重车车队, 严禁与申报车辆同时通行在桥梁范围内;

3) 申报的特殊车辆通过桥梁时, 需按单列单辆车逐次过桥要求通行, 通过桥梁时前后两车尾、首间距不小于桥长;

4) 车辆过桥行驶车道应走桥面中心线;

5) 申报的特殊车辆通行时, 建议进行交通管制, 禁止车道中其他重载车辆通行;

- 6) 车辆过桥时, 需保持匀速行驶, 速度不得大于 5 km/h, 禁止急刹车;
- 7) 当风速 ≥ 6 级时, 不允许通行。

5. 结论

各桥通行能力不同, 整个路线通过车辆以最小荷载(五线十轴)控制。100 吨以下重车可选择的车型参数参考小于五线十轴重车参数图, 可以不用液压平衡系统, 但是需注意货物堆放位置, 保证单轴负重 ≤ 18 t。五线十轴(或 100 吨以上)重车过桥需要使用液压平衡系统, 保证每个轴轴重大小相等并 ≤ 18 t, 且需一车一审。在日常巡查过程中发现桥梁结构有特殊情况时, 需评估桥梁技术状况后重新计算。建议中小桥梁日常巡查, 遇到特殊情况单独验算。建议 100 吨以上重车过桥时使用专门的交通引导车。

参考文献

- [1] 高铭. 浅谈桥梁自动保护系统的设计与实现[J]. 黑龙江科技信息, 2013(27): 202.
- [2] 张辉辉. 公路桥梁大件运输关键问题研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 武汉理工大学, 2011.
- [3] 王一娜. 特种车辆通过哈龙大桥可行性分析及安全监测[D]: [硕士学位论文]. 长春: 吉林大学, 2015.