

新型大跨度伸缩式移动仰拱栈桥结构分析

吕虎

(中铁十一局集团汉江重工有限公司 湖北 襄阳 441000)

摘要：根据新型大跨度伸缩式移动仰拱栈桥的结构特点，建立了能反映栈桥设计原理的有限元模型，模拟了新型栈桥在隧道仰拱作业区的极限工况。为验证栈桥的结构合理性，详细计算了其在仰拱施工时最不利条件下的结构应力与变形，分析得出应力与变形数值均处于许用范围。因此，新型栈桥整体结构安全可靠，所选取的计算方法能够较为真实地反映实际情况，对类似结构分析具有借鉴意义。

关键词：伸缩式仰拱栈桥；大跨度；伸缩式；结构分析

0 引言

近年来，我国铁路隧道大型机械配套施工技术得以快速推广，特别是隧道仰拱工装从 12m 简易栈桥发展到 36m 大跨度栈桥，隧道施工组织管理和技术水平得到了大幅度提高。然而，仰拱施工区进度制约隧道快速施工问题一直没有得到有效解决。主要表现在：

(1) 仰拱施工区机械化配套工装能力不能满足掌子面施工进度要求；

(2) 仰拱施工区机械化配套工装设计、应用不能保障掌子面对物料运输通道的需求；

(3) 掌子面开挖线、仰拱开挖线和二次衬砌施工线施工组织安排相互影响干扰大，隧道整体施工协同作业能力弱工效低，资源浪费。

基于上述施工难点，研制了一种以大跨度伸缩式移动仰拱栈桥，形成了掌子面掘进作业区、仰拱作业区和二次衬砌作业区安全高效协同的施工组织方法。栈桥实现了同步作业要求，节省了工序间相互影响的时间，提高了施工效率，具有广泛的推广意义。

1 结构参数及计算方法

1.1 结构特点及主要参数

新型大跨度伸缩式移动仰拱栈桥主要由主桥、前导梁、后支腿、中支腿、前支腿、辅助支腿及附属结构组成，结构模型如图 1 所示。栈桥最大长度为 55m，主要技术参数见表 1。

1.2 计算方法

基于有限元方法，进行三维建模模拟新型大跨度伸

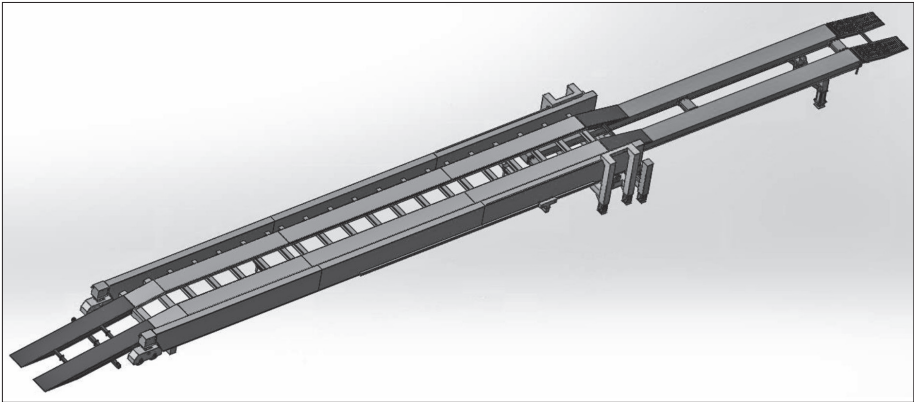


图 1 新型大跨度伸缩式移动仰拱栈桥模型图

表 1 新型栈桥主要技术参数表

项目	参数	单位
仰拱有效施工长度	36	m
主桥长度	30	m
前导梁长度	19	m
栈桥通行宽度	3	m
最大通行载荷	50	t

缩式移动仰拱栈桥施工工况，以求反映真实情况，得到最接近实际的分析数据。主要计算方法有：

(1) 用板单元建立主桥、前导梁、后支腿、中支腿、前支腿和辅助支腿的有限元计算模型，以求在最不利工况下的应力值与变形值；

(2) 建立各部件连接关系，主桥与前导梁采用直接连接方式，主桥、前导梁各支腿连接方式如表 2 所示。

2 最不利工况分析

基于隧道施工工艺，研究新型栈桥在隧道内的作业工况及载荷组合，分析得出最不利工况及其载荷组合。

通过新型栈桥的主要施工机械、车辆包括装载机、

自卸汽车、砼运输车和挖掘机等，其自重、速度参数如表 3 所示。

由表 3 可以看出，新型栈桥作业时最大外部载荷为自卸车重载过桥。当所有外部载荷都处于栈桥上时，为栈桥最不利工况，此时栈桥主要载荷如表 4 所示。

表 2 主桥、前导梁与各支腿连接关系

项目	主桥	前导梁
后支腿	直接连接	—
中支腿	耦合	—
前支腿	直接连接	耦合
辅助支腿	—	直接连接

表 3 主要施工机械、车辆参数

设备	最大质量 /t	速度 / (km/h)
装载机	21.36	5
自卸车	50	5
砼运输车	25	5
挖掘机	25	5

表 4 栈桥最不利工况主要载荷

载荷种类	质量 /t	数量	动载系数
自卸车	50	2	1.2
防水板台车	12.5	2	1.05
起重小车	1.5	2	1.05

3 模型的建立及计算

3.1 建立有限元模型

通过有限元软件，采用板单元建模模拟新型大跨度伸缩式移动仰拱栈桥结构及连接方式。结构均采用 Q355B 钢材，其力学性能如表 5 所示。

将图 1 所示三维模型导入有限元软件，进行适当简化后进行 shell 单元网格划分。综合考虑整机模型及计算精度，将单元尺寸划分为 50mm，局部进行加密处理。网格划分完成后，共有节点数 1738357 个，单元数 899838 个，其中不合格单元数 1170 个，不合格单元占比 0.13%。新型栈桥有限元模型如图 2 所示。

3.2 约束载荷及有限元计算

新型栈桥的约束情况如图 3 和表 6 所示，将约束情况导

表 5 钢材 Q355B 力学性能

材料	屈服强度 /MPa	抗拉强度 /MPa	弹性模量 /(N/mm ²)	泊松比
Q355B	355	510 ~ 600	202000	0.3

表 6 新型栈桥有限元模型约束情况表

支撑部位	UX	UY	UZ	ROTX	ROTY	ROTZ
辅助支腿 -	1	1	1	1	1	0
辅助支腿 +	1	1	1	1	1	0
前支腿 -	1	1	1	1	1	0
前支腿 +	1	1	1	1	1	0
中支腿 -	1	1	1	1	1	0
中支腿 +	1	1	1	1	1	0
后支腿 -	1	1	1	1	1	0
后支腿 +	1	1	1	1	1	0
主桥后桥 -	1	1	1	1	1	0
主桥后桥 +	1	1	1	1	1	0

说明：1 表示自由度被约束；0 表示自由度被释放。

入有限元模型，将表 4 参数导入有限元模型，进行有限元计算。

新型栈桥最不利工况下整机单元应力云图如图 4 所示，最大应力为 316.57MPa，发生在主桥上，其余结构应力小于 237MPa。

主桥单元应力云图如图 5 所示，最大应力为 316.57MPa，检视主桥应力云图，发现最大应力位于主桥与后支腿连接处应力集中。在后期设计过程中根据应力图已对主桥集中应力处进行局部加强，应力得以

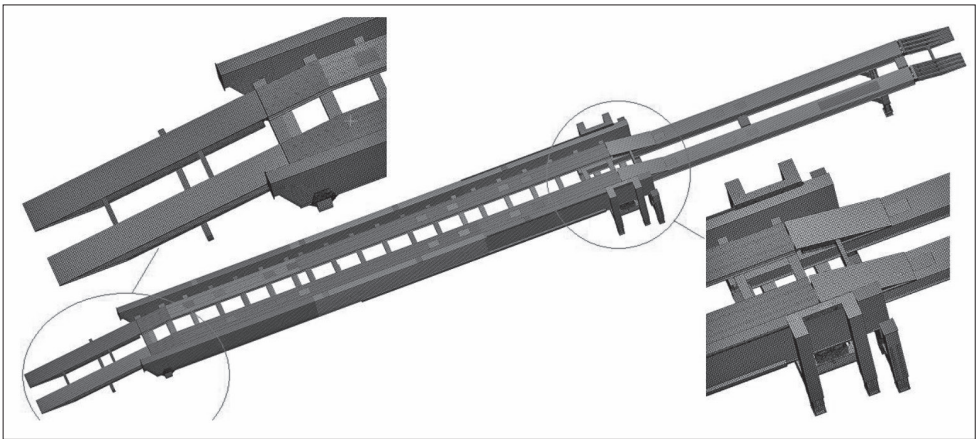


图 2 新型栈桥有限元模型图

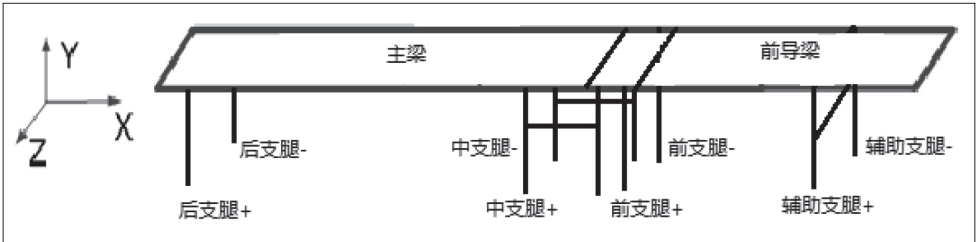


图 3 新型栈桥约束简图

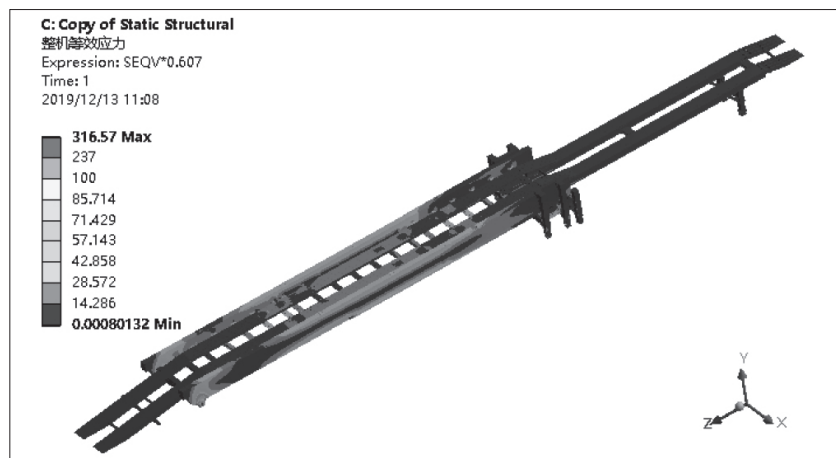


图4 新型栈桥节点应力云图



图5 主桥节点应力云图

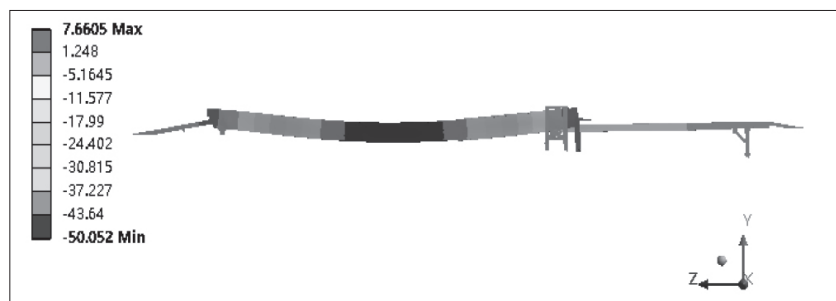


图6 新型栈桥 Uy 等效位移图

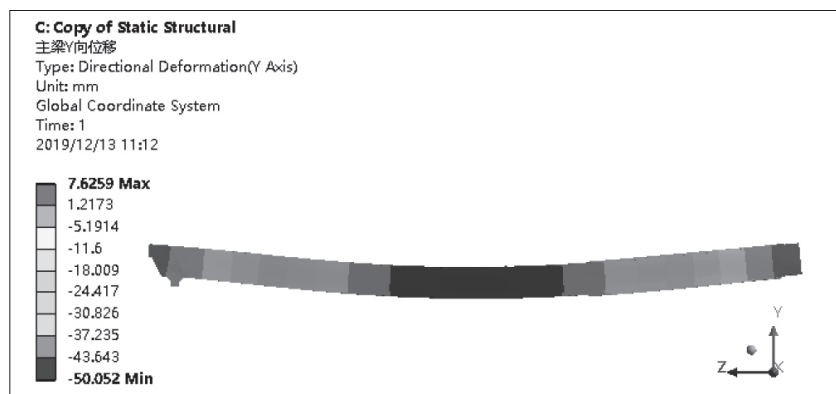


图7 主梁 Uy 等效位移图

消除。

新型栈桥 Uy 等效位移如图 6 所示, 最大变形为 50.052mm, 发生在主桥上。

主桥 Uy 等效位移如图 7 所示, 最大变形为 50.052mm, 发生在跨中位置。

由有限元计算结果分析, 新型栈桥除局部存在应力集中需结构补强外, 其余部分应力均不大于 203MPa。利用材料安全系数对栈桥结构强度进行校核, 钢材 Q355B 的力学性能如表 5 所示, 得到新型栈桥安全系数为 1.748。同时, 新型栈桥最大变形为 50.052mm, 位于主桥跨中, 挠跨比为 1/520, 满足小车运行的坡度要求。

4 结语

建立包括后支腿、中支腿、前支腿、辅助支腿、主桥和前导梁的受力结构有限元模型, 采用直接连接和销轴耦合的方式, 实现了主桥、前导梁与各支腿之间的准确仿真, 基于所建立的模型, 能够准确计算栈桥最不利状态的应力和变形情况。从计算结果可以看出, 新型大跨度伸缩式移动仰拱栈桥的主桥存在应力集中, 需进行局部补强, 但总体结构强度和刚度可满足设计和施工要求, 因此整机合理可靠。

参考文献:

- [1] TZ 204-2008, 高速铁路隧道工程施工技术指南 [S].
- [2] 冯国春, 邓志刚. 铁路客专隧道简易仰拱移动模架施工技术 [J]. 隧道建设, 2011(02): 120-122+129.
- [3] 王明慧, 姚云晓, 蒋树平. 我国铁路隧道施工方法及适应性研究 [J]. 现代隧道技术, 2010, 47(03): 1-5.
- [4] 陈鉴光, 张运良, 曹伟. 对软弱围岩隧道施工方法及施工工艺措施的探讨 [J]. 公路工程, 2011(04): 144-147.
- [5] 莫立胜. 双线隧道仰拱整体式浇筑台车的研制及应用 [J]. 铁道建筑技术, 2015, 265(12): 84-88.