

大悬臂预应力盖梁移动支架台车的应用

何亮

保利长大工程有限公司 广东 广州 510620

【摘要】：本文以中山市西部外环高速公路为背景工程，为解决该项目数量众多的大悬臂预应力盖梁快速施工的难题，创新性地提出采用可周转使用移动支架台车的施工方式。文章详细介绍了移动支架台车的设计形式；阐述了采用移动支架台车进行大悬臂盖梁施工的施工工艺；采用大型有限元软件对移动支架台车的施工过程进行结构安全性验算。应用结果表明，采用移动支架台车进行大悬臂盖梁施工，安全性高，施工速度快，经济效益明显，可为其他同类型工程施工提供一定的借鉴意义。

【关键词】：大悬臂预应力盖梁；移动支架台车；安全性验算

随着我国经济的快速发展，高速公路路网四通八达，由于地形等条件的影响，桥梁结构的布置形式受到种种限制，从而导致桥梁结构的特殊性设计，大悬臂盖梁就是其中一种。中山市西部外环高速主线段位于古神公路上方，为了减小对古神公路路面的占用，保证古神公路有足够的交通通行能力，采用了大悬臂盖梁的结构形式。目前国内大悬臂盖梁施工方法主要有满堂支架法、落地支架法等，如双柱大悬臂盖梁采用了满堂支架法的施工方式，单柱大悬臂盖梁采用了落地支架法的施工方式。中山市西部外环高速公路主线段在古神公路上方，施工范围狭窄，附近管道较多，城市道路外观要求高。大悬臂盖梁施工若采用传统支架法进行施工，则施工工期较慢、投入成本高、安全性低、经济性差。

本文创新地提出一种移动式支架台车，可移动、周转使用，旨在快速、经济的实现大批次大悬臂盖梁的施工。桥梁大悬臂盖梁拟采用盖梁移动支架台车进行施工，可减少对现有道路通行的影响，同时保证施工质量和施工进度具有成本较低、结构可靠、操作方便、施工速度快等优点。希望本工程下盖梁移动支架台车安全、经济、高效的施工经验，能为其他同类型工程施工方案的制定提供一定的借鉴意义。

1 工程背景

中山市西部外环高速公路主线全长 78.1 公里，全线采用六车道高速公路标准，设计速度采用 100km/h，其中主线桥梁上部采用工字梁截面，下部结构部分墩柱采用中央独柱墩+大悬臂预应力钢筋混凝土盖梁形式。大悬臂预应力盖梁长为 32.65m，宽 2.2m，盖梁支点高 5.5m，折点处高 3.2m，端部高 2.0m。

2 移动支架台车形式设计

2.1 台车结构组成

盖梁移动支架台车主要由行走机构、台车主桁架、副桁

架、模板支撑桁架、模板系统、液压系统、锚固支撑系统、电气控制系统等主要部件组成，其结构示意图如图 1 所示。

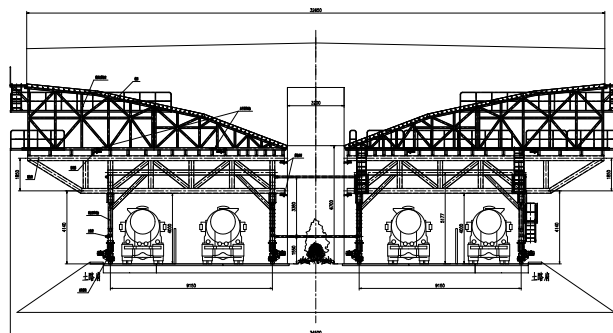


图 1 盖梁移动支架台车结构示意图

(1) 行走机构

行走机构为电机+减速机驱动行走，由主动行走轮和行走单轮（被动轮）共四套装置组成。

(2) 台车桁架

台车桁架可细分为主桁架、副桁架、模板支撑桁架，副桁架通过六处位置的销轴与主桁架相连，通过垂直方向调节，油缸调节可实现 6.7m~7.5m 不同高度的盖梁施工。模板支撑桁架放置在副桁架支撑梁上，水平方向有 200mm 的调节量，位置调整到位后，通过紧楔器固定在副桁架上。桁架的各个部件通过螺栓联为一体，即方便运输和安装，同时又保证结构强度。主桁架支撑于行走轮架上，下端支撑梁上装有基础千斤，衬砌施工时，混凝土载荷通过模板将力传模板支撑桁架、副桁架、主桁架上，并分别通过行走轮和基础千斤传至地面。

(3) 模板

模板宽度为 2200mm，为保证模板有足够的强度，面板

采用 8mmQ345 板,同时采用 16#槽钢和 10#角钢加强。在制作中为保证模板外表质量和外形尺寸精度高、采用合理的加工、焊接工艺,有效保证整体外形尺寸的准确度,焊接变形小,外表面光滑,无凹凸等缺陷。采用过盈配合的定位销将相邻模板的连接板固定为一体,有效控制了相邻模板的错台问题,能保证混凝土衬砌质量。

(4) 液压系统和电气控制系统

液压系统由电动机、液压泵、手动换向阀、垂直及水平调整液压缸、液压锁、油箱及管路组成,其功用是快捷、方便地完成收(支)模。

2.2 主要技术参数

- (1) 台车模板面板厚度: 8mm
- (2) 台车重量: 约 80 吨
- (3) 台车类型: 液压自行式
- (4) 台车运行速度: 4-6m/min
- (5) 驱动电机功率: 2×2×7.5kW
- (6) 液压电机功率: 2×5.5kW, 工作压力 20MPa
- (7) 顶升油缸工作行程: 300mm
- (8) 平移油缸工作行程: 200mm
- (9) 高度调节油缸工作行程: 1000mm
- (10) 行走方式: 轨道自行式
- (11) 砼自重 $G=25\text{kN/m}^3$;
- (12) 钢材弹性模量 $E=206\text{GPa}$;
- (13) 密度: $\gamma=7850\text{Kg/m}^3$
- (14) 泊松比: $\nu=0.3$
- (15) 钢材对应的材料特性如表 1:

表 1 钢材的材料特性

材质	屈服强度(MPa)	抗拉强度(MPa)	许用应力(MPa)
Q235	235	450	207
Q345	345	600	287

3 计算假定

主要考虑载荷为浇筑时盖梁移动支架台车承受顶部混凝土的重力,施工载荷以及结构自重。将三者进行荷载组合

用于台车施工时承重结构系统强度、刚度验算。

4 结构安全性验算

4.1 有限元模型

盖梁移动支架台车结构有限元计算模型见图 2, 台车主桁架、副桁架、模板支撑桁架、模板系统。

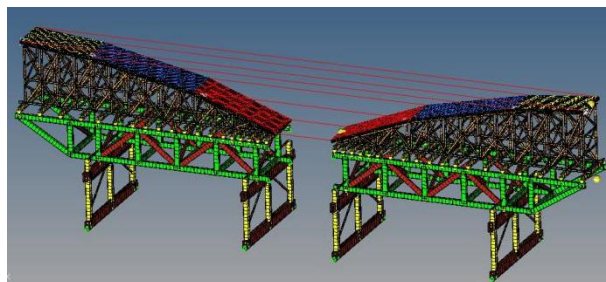


图 2 盖梁移动支架台车有限元模型

4.2 载荷施加

根据 3 中所述的荷载组合,将混凝土重力和施工载荷用压力的形式加至相应的单元上,结构自重以重力加速度的形式加至所有结构单元。

4.3 边界条件

盖梁移动支架台车浇筑时,下纵梁依靠各支承千斤支撑在地面上,两端的立柱通过液压油缸支撑在行走装置上,行走装置固定在钢轨上,副桁架通过撑墙丝杆支撑在桥墩侧壁,故对计算模型施加的约束为:支承千斤下部施加竖直方向的位移约束,一端立柱与液压油缸连接处施加三个位移约束和两个旋转约束,另一端立柱与液压油缸连接处施加竖直方向位移约束和一个旋转约束,副桁架端部施加水平方向的约束。

4.4 计算结果分析

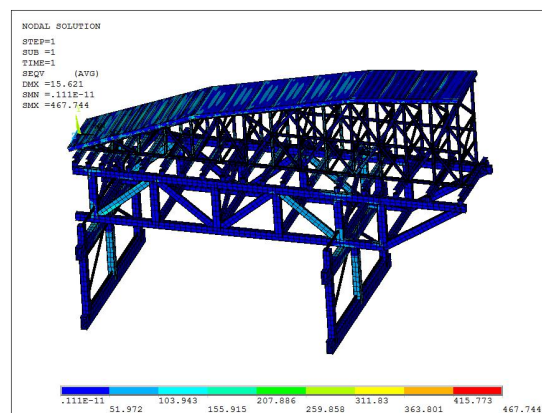


图 3 盖梁移动支架台车整体计算模型 Mises 应力云图

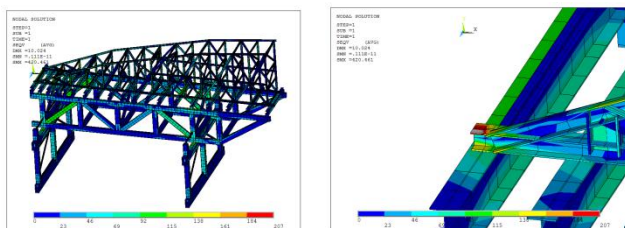


图4 盖梁移动支架台车桁架 Mises 应力云图

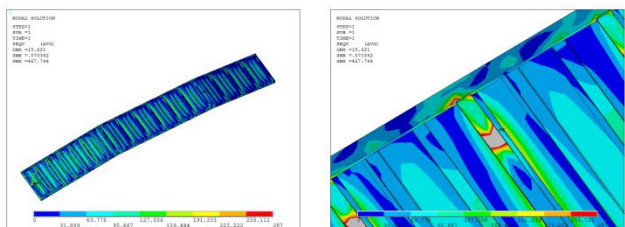


图5 盖梁移动支架台车模板 Mises 应力云图

从图4桁架应力云图中可以看出,应力最大值为420.461MPa,位于模板支撑桁架的端部小范围区域,见下图,此处应力大于许用应力,其原因为采用RBE3单元模拟其与模板的连接造成局部应力集中,计算值与实际有较大的偏差,而且桁架其余大部分应力小于Q235的许用应力207MPa,所以桁架强度满足要求。

从图3整体应力云图和图5模板应力云图中可以看出,应力最大值为467.744MPa,应力较大值位于模板与桁架的联接处,区域很小,见下图,主要原因是由于采用RBE3单元模拟其螺栓连接,造成局部应力集中,在实际设计中,连接处都会针对性的加强,并且其余大部分应力小于材料Q345的许用应力287MPa,所以整体强度满足要求。

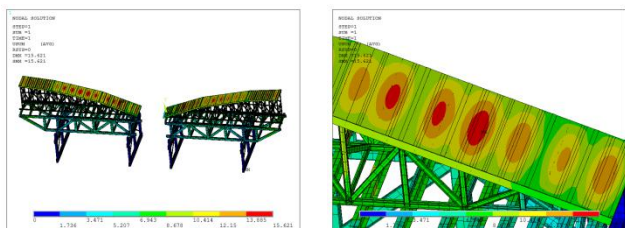


图6 盖梁移动支架台车整体计算模型位移云图

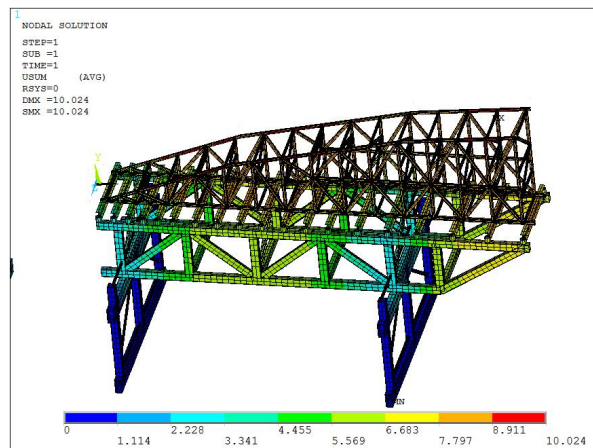


图7 盖梁移动支架台车桁架位移云图

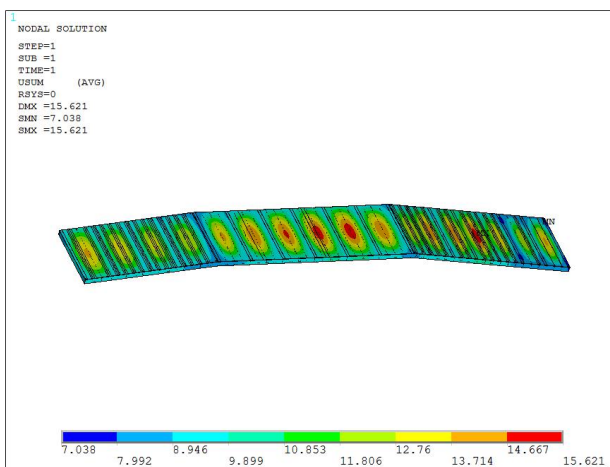


图8 盖梁移动支架台车模板位移云图

从图7桁架位移云图中可以看出,位移最大值为10.024mm,位于模板支撑桁架端部的顶部,刚度满足要求。

从图6整体位移云图和图8模板位移云图中可以看出,位移最大值为15.621mm,位于模板靠近盖梁根部的的中间位置,刚度满足要求。

5 移动支架台车施工工艺及应用效果

5.1 施工工艺

移动支架台车由专业模板厂家进行加工,地基需满足施工要求。模板运输至现场,采用现场组拼,组拼完成后为整体式支架系统,整体移动周转使用,同时根据不同盖梁标高进行支腿顶伸缩长度控制。

移动支架台车为全液压行走式台车,台车垂直方向设置有脱模量,垂直方向设可调节油缸以适应不同高度的盖梁施工,行走采用电动式,电机功率:2×2×7.5kw,行走速度为

6-8m/min。

侧模夹底模，底模与背架采用勾头螺丝连接。浇筑时底托撑在工字钢上，此时需把轨道移开。

脱模顺序：调节顶升油缸使小车落于轨道上一拆除底托—调节顶升油缸使底模板脱离混凝土面。

5.2 应用效果

采用落地支架法与移动支架台车法施工大悬臂盖梁功效对比如下表：

表2 落地支架法与移动支架台车法施工功效对比

施工方法	支架搭设(天)	盖梁施工(天)	总时间(天)
落地支架法	6	10	16
移动支架台车法	1	10	11

由上可知移动支架台车法比落地支架法具有明显的优

势：1.不需要重复拆装，安全性高；2.不需要投入其他机械辅助搭设支架，利于节约成本；3.周转速度快，利用缩短工期。

6 结论

针对大悬臂预应力盖梁的施工难题，文章以中山市西部外环高速公路为工程背景，通过采用大型通用有限元软件 ANSYS 建立实体模型进行计算分析的技术手段，展开了一系列的分析和研究，得出结论如下：

（1）通过计算移动支架台车在施工时的受力情况，综合上节的应力、位移计算结果，可以得出移动支架台车整体结构的强度、刚度满足要求。

（2）移动支架台车整体式行走系统具备高度安全性，可以重复利用，无需重复装拆。

（3）移动支架台车在技术、经济具有非常明显的优势，解决了地面交通难题，且周转效率高，施工周期短，能取得良好的经济效益。

参考文献：

- [1] 潘从贵,陈兵,易侃,等.大悬臂盖梁型钢支架施工技术[J].城市住宅,2016,23(08):117-118.
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部.《钢结构设计规范》:GB50017-2017[S].北京:中国建筑工业出版社,2017.
- [3] 中华人民共和国住房和城乡建设部.《钢结构高强度螺栓连接技术规程》:JGJ82-2011[S].中国建筑工业出版社,2011.
- [4] 中华人民共和国交通运输部.《公路桥涵施工技术规范》:JTG/T3650-2020[S].人民交通出版社,2020.