

文章编号: 1674—8247(2019)03—0055—05
DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2019.03.012

DJ 型架桥机架设铁路 T 梁的纵向失稳风险分析

李世龙 王心利

(中铁二局集团有限公司, 成都 610031)

摘 要:架桥机的纵向稳定性直接关系着架梁施工现场作业人员及设备机自身的安全,而架桥机的纵向稳定性主要与架桥机结构类型、架梁工艺和施工现场条件有直接关系。文章分析了 DJ 型架桥机结构特点及其架梁工艺,并对该型架桥机架梁、过孔、首末孔梁架设工况的纵向失稳风险进行深度剖析,针对这些失稳风险制定相应的预防措施,对确保该型架桥机作业安全具有重要的现实意义。

关键词:架桥机;纵向失稳;风险;防倾覆;措施

中图分类号:U445.468 **文献标志码:**A

Longitudinal Instability Risk Analysis of Erecting T-type Railway Beams by Using DJ-series Bridge Erection Machine

LI Shilong WANG Xinli

(China Railway Erju Group Corporation, Chengdu 610031, China)

Abstract: The longitudinal stability of the bridge erecting machine is directly related to the safety of the workers and the equipment at the construction site, and the longitudinal stability of the bridge erecting machine is directly related to its structure type, beam erecting technology and construction site. This paper analyzes the structural characteristics and beam erecting technology of DJ type bridge erecting machine, in addition, the longitudinal instability risks of beam erection, through hole and end hole erection are analyzed in depth, and the corresponding preventive measures are made for these risks, which is of great practical significance to ensure the operation safety of this type of bridge erecting machine.

Key words: bridge erecting machine; longitudinal instability; risk; anti-overturning; measures

架桥机的纵向稳定性直接关系着架梁施工现场作业人员及设备机自身的安全,而架桥机的纵向稳定性主要与架桥机结构类型、架梁工艺和施工现场条件有直接关系。DJ 型架桥机^[1]是我国自主研发的一种公铁两用型架梁施工设备,因其对大坡道和小曲线适应性强^[2],技术和经济优势明显,在铁路 T 梁架设施工领域几乎占据了同类型产品的主流市场,但该系列架桥机自投入使用以来,因为相同的原因,曾发生严重的纵向失稳倾覆事故,并导致人员伤亡和财产损失。为

了避免类似悲剧事故再次发生,本文从技术角度深入分析了此类架桥机的纵向失稳风险,并结合现场施工条件,有针对性地完善其安全技术措施,具有十分重要的现实意义。

1 DJ 型架桥机结构特点及架梁工艺

1.1 架桥机结构组成及特点

DJ 型架桥机目前主要有 DJ 168、DJ 180、DJ 200 等型号,除起重能力稍有所差别外,结构组成和工作原

收稿日期:2018-04-04

作者简介:李世龙(1970-),男,高级工程师。

引文格式:李世龙,王心利. DJ 型架桥机架设铁路 T 梁的纵向失稳风险分析[J]. 高速铁路技术,2019,10(3):55-59.

LI Shilong, WANG Xinli. Longitudinal Instability Risk Analysis of Erecting T-type Railway Beams by Using DJ-series Bridge Erection Machine [J]. High Speed Railway Technology, 2019, 10(3): 55-59.

理完全相同。DJ型架桥机为单主梁四支腿结构型式,主要由0号柱、1号柱、2号柱、3号柱、机臂、曲梁、上横移油缸、起重小车(也称吊梁小车)、横移轨道、动力装置、液压系统及电气控制系统等组成,如图1所示。

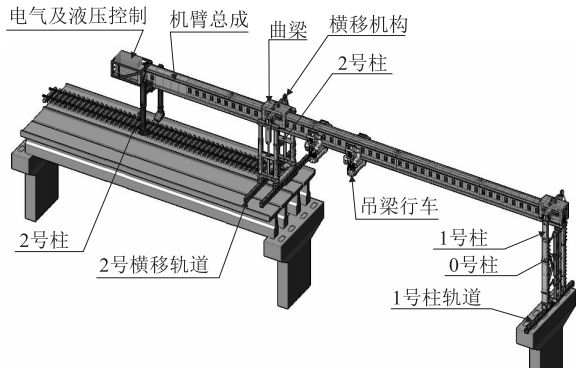


图1 DJ 180型架桥机组成示意图

DJ型架桥机的结构特点:0号柱位于架桥机最前端,为三级伸缩圆管结构,通过上部法兰与机臂固定连接。3号柱位于架桥机最后端,通过托架与机臂固定连接。0号柱和3号柱均为辅助支腿,二者的作用都是为1、2号柱与机臂换步纵移过孔提供临时支撑,确保架桥机顺利过孔就位。架桥机架梁作业时,主要由1号柱和2号柱这两个支腿承载受力,但这两个支腿与其主梁之间均非刚性联接,而是通过曲梁和插销与主梁连接,并依靠插销进行临时锁定,这种联接方式决定了该型架桥机结构自身的纵向稳定性较差。

1.2 架设铁路T梁工艺原理

运梁车驮运架桥机到达施工现场后,由架桥机自行对位,运梁车返回梁场装载预制梁片之后经路基运梁至架桥机后方,由架桥机前起重小车取梁、拖梁,运梁车配合喂梁,两台起重小车同时吊梁纵移至前方的待架桥孔,架桥机通过1、2号柱下部的横移轨道进行整机横移,1、2号柱上部的横移油缸也可对机臂进行横移调整,从而调整待架梁的纵向和横向位置,实现桥梁与墩台的准确对位,落梁就位后进行灌浆锚固桥梁支座,再用同样的方法架设并排的其他梁片,同一孔桥的梁片架设完毕需进行横向连接,架桥机的机臂和支腿采用换步纵移方式完成过孔作业,准备架设下一孔桥梁,如此循环完成预制铁路T梁的架设施工,如图2所示。架梁施工工艺流程,如图3所示,架桥机架设32 m 预制T梁^[3]的过孔作业流程,如图4所示。

2 架桥机纵向失稳风险分析

2.1 普通架梁工况的纵向失稳风险

正常架梁工况下,DJ型架桥机由1号柱和2号柱



图2 DJ 180型架桥机架梁施工现场图

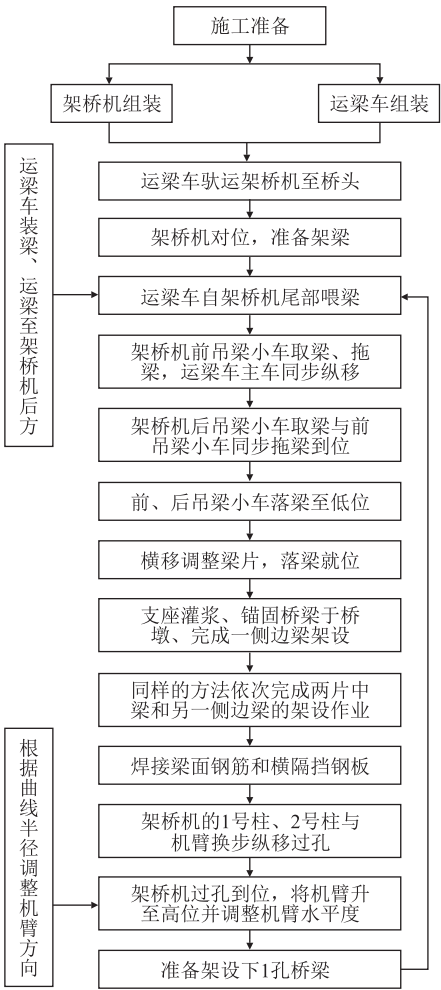


图3 架梁施工工艺流程图

支撑,并通过1号柱和2号柱下方的横移轨道分别将施工荷载^[4]传递给桥墩和已架梁的端部,此时,由于DJ型架桥机主要重量集中于机臂和起重小车上,整机结构重心处于高位,而承受主要荷载的1号柱和2号柱与机臂之间均通过插销临时锁定,结构连接刚度较低,因此,很容易因为外部的附加动载导致其失稳倾覆,可能引起架桥机纵向失稳的风险主要有以下几个方面:

- (1) 机臂未调平或水平度误差超过允许范围。

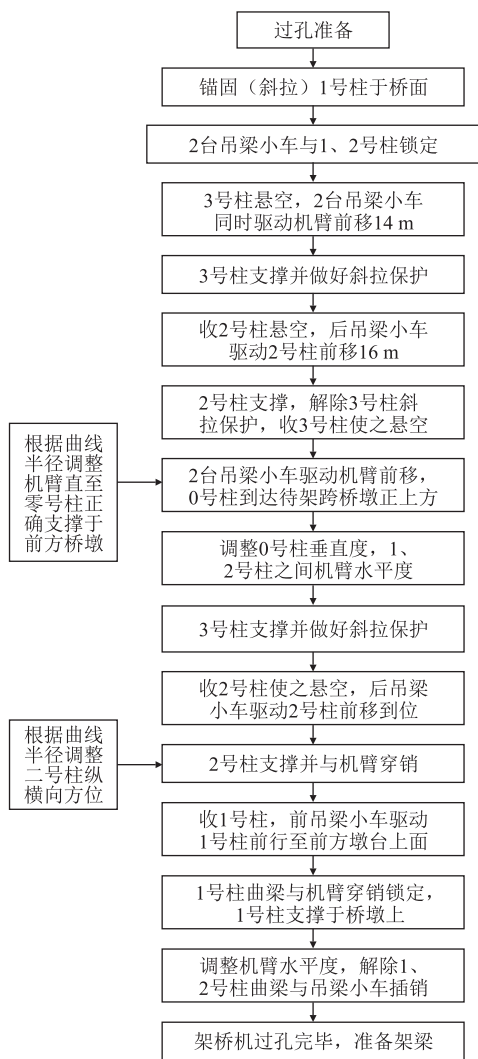


图4 架桥机过孔作业流程图

DJ型架桥机的机臂水平度偏差范围为-50~100 mm,如果机臂未调平或呈明显的下坡架梁,起重小车吊梁前行纵移过程中,由于机械惯性和冲击作用,起重小车可能沿走行轨道纵向溜移,导致架桥机整机前倾失稳。

(2)1号柱或2号柱支垫不牢固。架梁时架桥机主要由1号柱和2号柱两个支腿简支受力,任何一个支腿支垫不牢都会导致架桥机整机失稳。

(3)1号柱或2号柱垂直度偏差过大。起重小车吊梁前行过程中,在动载荷冲击作用下,机臂震动会引起1号柱和2号柱产生明显晃动,如果1号柱或2号柱垂直度偏差过大,晃动产生的附加载荷超过1号柱或2号柱的稳定临界值时必然导致架桥机整机失稳,

(4)1号柱与2号柱横移轨道平行度误差过大。架梁时,如果1号柱与2号柱横移轨道不平行,由于四柱结构的2号柱比两柱结构的1号柱刚度要大,整机横移过程中,与1号柱插销锁定的机臂必将产生水平力迫使1号柱向外或向内倾斜,增大架桥机纵向失稳

风险。

(5)起重小车行程限位装置失效。架梁过程中,起重小车前行纵移接近落梁位置时,如果行程限位开关失效,起重小车继续前行会导致梁体撞击1号柱,极易引发架桥机前倾失稳事故。

2.2 首、末孔梁架设纵向失稳风险

首、末孔梁架设工况除了存在普通架梁工况的纵向失稳风险之外,还存在以下风险:

(1)首孔梁架设纵向失稳风险。架设首孔梁时,2号柱一般支撑在0号桥台上面,由于0号桥台顶板结构设计通常比梁片要薄很多,不能承受较大的集中荷载,架梁施工时,如果桥台顶板支撑2号柱的位置下方未采取辅助支撑加固措施,极易造成桥台顶板因超载而压裂,从而引发架桥机失稳倾覆事故。

(2)末孔梁架设纵向失稳风险。架设末孔梁时,1号柱支撑在一座桥末端的桥台上面,与架设首孔梁工况类似,由于桥台顶板结构设计通常比梁片要薄很多,不能承受较大的集中荷载,如果桥台顶板支撑1号柱的位置下方未采取临时辅助支撑加固措施,同样可能造成架桥机失稳。

2.3 过孔作业的纵向失稳风险

DJ型架桥机采用支腿和机臂换步纵移方式过孔,即1号柱、2号柱和机臂三部分结构交替前行完成过孔工序,由于架桥机结构重心偏高,支腿与机臂之间均为插销锁定临时固接关系,易因外力作用导致其纵向失稳,此时的纵向失稳风险主要来自以下几个方面:

(1)过孔作业之前,未将机臂调整水平。架桥机过孔前,如果机臂未调整水平则必然形成坡度,当机臂坡度为较大下坡时,无论是机臂过孔还是1、2号柱悬挂过孔都存在巨大的溜移风险,这种风险大到一定程度就会导致架桥机纵向失稳。

(2)机臂过孔前,未调整好1号柱和2号柱垂直度。机臂过孔运动的惯性冲击会引起1号柱和2号柱产生明显晃动,如果1号柱或2号柱垂直度偏差过大,晃动产生的附加载荷超过1号柱或2号柱稳定临界值时必然导致架桥机整机失稳。

(3)1、2号柱支垫不牢固或1、2号柱内外柱体未插销锁定(即液压油缸承载受力)。机臂过孔时主要靠1号柱和2号柱两个支腿支撑受力,1号柱或2号柱支垫不牢固都会导致架桥机整机失稳。另外,机臂过孔时,如果1、2号柱不穿销锁定而仅让其顶升油缸承载机臂重量,液压油缸的泄漏或液压软管爆管极易导致架桥机失稳等严重后果。

(4) 机臂过孔之前,1 号柱或 2 号柱柱体未与梁体锚固或锚固方式不当。机臂过孔前,无论是 1 号柱还是 2 号柱都应和梁体可靠锚固,以保证 1、2 号柱始终稳定支撑,为机臂纵移过孔提供牢固可靠的支撑体系。如果 1、2 号柱未与梁体进行双向锚固约束而成自然状态,架桥机机臂过孔时,因相对运动产生的作用力和反作用力,极易导致柱体倾斜,增大架桥机纵向失稳风险。

(5) 2 号柱纵移前,1 号柱和 3 号柱未与梁体锚固。2 号柱纵移时,1 号柱位于桥墩上面支撑机臂前半部分重量,由 3 号柱支撑机臂后半部分重量,此时,主要靠 1 号柱和 3 号柱与梁体之间锚固作用力起整机纵向稳定作用,如果在 1 号柱或 3 号柱未与梁体锚固状态下进行 2 号柱纵移过孔,架桥机面临巨大的纵向失稳风险。

(6) 1 号柱纵移之前,未将 2、3 号柱与梁体锚固。1 号柱纵移时,架桥机机臂前半部分重量由结构单薄的 0 号柱支撑,架桥机后半部分重量由 2、3 号柱同时支撑,由于 0 号柱位于桥墩上面且无法锚固约束,此时,全靠 2 号柱或 3 号柱与梁体之间的锚固力起整机纵向稳定作用,如果未将 2、3 号柱与梁体进行有效锚固,此时进行 1 号柱纵移过孔则存在极大的失稳风险。

3 DJ 型架桥机纵向失稳事故案例及原因分析

3.1 事故案例

2010 年—2015 年,黄织铁路、郑州新老东站联络线、哈佳铁路等工程项目在采用 DJ 180 型架桥机架设铁路桥梁的施工过程中,均发生了架桥机纵向失稳倾覆事故,并且都造成了不同程度的人员伤亡和架桥机损毁的不良后果。其中 1 台 DJ 180 型架桥机纵向失稳倾覆事故现场,如图 5 所示。



图 5 DJ 180 架桥机纵向失稳倾覆事故现场

3.2 事故原因分析

经过专家们分析,最后得出如下结论:架桥机倾覆的直接原因是架桥机过孔作业前,未按该架桥机的架梁规程^[5]将机臂调平(机臂前后端高差达 440 mm),此时承载机臂前半部分重量的 1 号柱(其力学模型实为一细长压杆)处于自然支立状态而未采取任何防失稳措施(临时锚固或斜撑加固)。在此状态下,整机结构处于极其不稳定状态,架桥机的机臂与 1 号柱之间如果发生相对运动,必然产生水平方向的附加动载荷,未采取锚固或斜撑加固措施的 1 号柱纵向失稳风险极高,正是在这样的情况下,最终导致了架桥机倾覆事故。

4 防纵向失稳安全措施

4.1 架梁和过孔工况防失稳措施

(1) DJ 型架桥机在任何工况下,其机臂前后高差必须控制在允许范围内($-50 \sim 100$ mm),并应尽可能将机臂调整至水平状态。

(2) 架梁过程中,2 号柱的横移轨道应采用链条葫芦或其他措施与已架梁片进行可靠锚固,以增加架桥机整机的纵向和横向稳定性^[6],如图 6 所示。



图 6 2 号柱横移轨道临时加固

(3) 机臂与支腿换步纵移过孔作业过程中,承受机臂重量的支腿必须支垫牢固、垂直受力并且与梁体(或墩台)斜撑防护或临时锚固。1 号柱锚固(双向约束)措施,如图 7 所示。

(4) 除了需要调整机臂高度和水平度情况下,1 号柱和 2 号柱可以采用顶升油缸短时间受力外,其他工况下,1 号柱和 2 号柱内外柱体始终应穿销锁定,严禁在 1 号柱、2 号柱未穿销状态下进行架梁或过孔作业。

(5) 无论是直线还是曲线架梁工况,必须保证 1 号柱和 2 号柱横移轨道的平行度,以防止整机横移过程中柱体发生倾斜失稳。

(6) 架梁作业时,必须保证架桥机的安全监控管



图7 1号柱锚固措施(双向约束)

理系统正常工作,随时监测机臂的水平度和支腿的垂直度等重要参数,作业过程中,关键参数偏离正常值时必须立即停机并查找原因,排除危险因素后方可继续作业。

4.2 首、末孔梁架梁工况桥台加固措施

首末孔梁架梁工况下,2号柱或1号柱支撑在桥台顶板上,承载结构最薄弱的地方即桥台顶板两侧靠近边缘位置处,为了防止施工荷载压裂桥台顶板台顶板从而导致架桥机失稳倾覆,架设首孔和末孔梁工况时,可在桥台安装横移轨道位置下方的两侧翼缘顶板,用数根断面为250 mm×250 mm硬实杂木支撑加固桥台,以提高桥台顶板的承载能力,加固之后就可以在横移轨道外悬端安放垫箱作为支撑受力,以防施工荷载压裂桥台顶板导致架桥机失稳倾覆。首孔梁架梁工况的桥台加固措施,如图8所示。



图8 首孔梁桥台顶板临时加固

5 结束语

本文对DJ型架桥机架梁作业及过孔工况的纵向失稳风险因素进行了深度剖析,如果不采取相应的技术措施对这些潜在的风险因素加以有效控制,架梁施

工安全将得不到根本保证。架桥机架梁通常为流动施工作业,施工现场条件各有不同,外部环境复杂多变,架梁过程中遇到变跨梁、小曲线^[7]、大坡度^[8]、连续梁、高压线、跨公路、跨铁路既有线路等特殊工况时,还应结合现场具体情况分析其潜在的风险因素并有针对性地制定安全技术方案,以确保架梁施工安全和顺利。

参考文献:

- [1] 邯郸中铁桥梁机械有限公司. 公铁两用架桥机: 中国, ZL 2008 1 0055209. 2[P]. 2010-11-10.
Handan China Railway Bridge Machinery Co., Ltd. Road & Railway Purpose Bridge Erecting Machine; China, ZL 2008 1 0055209. 2[P]. 2010-11-10.
- [2] 李世龙. DJ180型公铁两用架桥机关键技术及其应用[J]. 高速铁路技术, 2014, 5(5): 51-55.
LI Shilong. Key Technique and Application of DJ 180 Road & Railway Purpose Bridge Erecting Machine [J]. High Speed Railway Technology, 2014, 5(5): 51-55.
- [3] TB/T 3043-2005 预制后张法预应力混凝土铁路桥简支T梁技术条件[S].
TB/T 3043-2005 Technical Specification of Precast Post-tensioned Prestressed Concrete Simple-supported T-grider for Railway Bridge [S].
- [4] 邯郸中铁桥梁机械有限公司. DJ180型架桥机施工荷载计算书[Z]. 邯郸: 邯郸中铁桥梁机械有限公司, 2008.
Handan China Railway Bridge Machinery Co., Ltd. Construction Load Calculation Sheet of DJ 180 Type Bridge Erecting Machine [Z]. Handan; Handan China Railway Bridge Machinery Co., Ltd., 2008.
- [5] 铁建设[2006]181号, 铁路架桥机架梁暂行规程[S].
Tie Jian She [2006] No. 181, Provisional Rules for Girder Erection of Railway Bridge Erection Machine [S].
- [6] 李世龙. DJ型架桥机架设铁路T梁的横向稳定性分析[J]. 高速铁路技术, 2016, 7(5): 39-41.
LI Shilong. Lateral Instability Risk Analysis of DJ-series Bridge Erection Machine Erecting T-type Railway Beams [J]. High Speed Railway Technology, 2016, 7(5): 39-41.
- [7] 龙兆春. 单梁式架桥机在大坡道小半径曲线线路上的架梁技术[J]. 铁道标准设计, 2002, 46(9): 49-51.
LONG Zhaochun. Technique For Single-beam Bridge Erecting Machine Erecting Grider on Curved Line With Long Ramp and Small Radius [J]. Railway Standard Design, 2002, 46(9): 49-51.
- [8] 贾炳义, 段启楠. 在32‰大坡道地段架设铁路T梁成套运架设备研制[J]. 安徽建筑, 2010, 37(6): 114-116.
JIA Bingyi, DUAN Qinan. Development of Completed Conveying & Erecting Equipment for Railway T-grider Erected on 32‰ Long Ramp Section [J]. Anhui Architecture, 2010, 37(6): 114-116.

(编辑: 苏玲梅)