

大跨度连续钢箱梁吊装施工探讨

林中贺
(中铁六局集团北京铁路建设有限公司 北京 100036)

摘要:随着城市化进程的加快,市中心与郊区县的联系越来越紧密,现有的道路已满足不了城市发展需求,各条高架快速路随即规划建设,连续钢箱梁成为跨越既有道路、铁路等大型障碍物的设计首选。阜石路二期工程为北京市区与门头沟区的一条快速联络线,全线主线为高架桥,双向六车道。其中3#标段上跨丰沙铁路、石景山折返段、京门铁路,处于主线曲线段,设计采用变截面连续钢箱梁,跨度大,梁体吨位高,本文从施工方案选择、吊车选用及工况分析、吊耳及钢丝绳受力计算、钢箱梁线形控制措施、吊装步骤等方面进行论述,全面介绍了阜石路二期工程大跨度连续钢箱梁的吊装施工,并对吊装施工进行了总结,提出了施工注意事项,为今后大跨度钢箱梁架设提供了重要参考经验。

关键词:大跨度 连续钢箱梁 吊装 施工体会

中图分类号:U445.4 文献标识码:A 文章编号:1672-3791(2013)01(a)-0006-05

1 工程概况

1.1 工程简介

阜石路(双峪环岛~西五环路)道路工程设计起点位于门头沟区双峪环岛,终点位于西五环路晋元桥,路线全长9.623 km。主线高架桥标准横断面:桥梁全宽24.8 m,为双向六车道。其中跨越丰沙铁路主线高架桥为连续钢箱梁,桥下净高≥8 m,桥梁跨径布置为49+70+53 m,其中49 m跨径上跨丰沙铁路(铁路桩号约为K14+950),70 m跨径上跨石景山折返站,最后53 m上跨京

门铁路。上跨丰沙铁路预制钢箱梁最长38 m,最大吊装重约85 t;上跨石景山折返站段预制钢箱梁最长36.2 m,最大吊装重约82 t;上跨京门铁路预制钢箱梁长约37.3 m,最大吊装重约85 t。

1.2 工程重点、难点、特点

重点一:本工程跨越丰沙铁路、折返段铁路及大台线共计10股铁路,需要严格按照既有线施工相关规章制度进行施工。

重点二:六联连续钢箱梁的吊装拼装

作业,其中最大跨度为70 m,最大吊装重量85 t。

难点一:在股道间施工,吊装作业过程中重型吊车作业场地狭小,且不能中断行车,最大吊装半径不易控制。

难点二:小半径曲线及变高度截面连续钢箱梁吊装误差的控制。

特点:本工程施工具有变曲率、小半径、跨多股铁路线、变高度钢箱梁吊装施工等特点,同时路局新发营业线施工安全文件,每次吊装批复时间短,安全要求高。

表1 DemagAc250-1型250 t汽车吊工况荷载表(单位:t)

	36	42	48	54	60	66	72	78	84
m	t	t	t	t	t	t	t	t	t
8		450	413	362					
9	500	450	413	362	308				
10	499	450	413	362	308	278	244		
11	497	450	413	362	308	278	244	212	178.5
12	495	450	413	362	308	278	244	212	178.5
14	438	436	413	362	308	278	244	212	178.5
16	384	382	380	362	308	278	244	212	178.5
18	341	339	337	336	308	278	244	212	178.5
20	299	305	303	302	301	278	244	211	177
22	261	276	274	273	272	271	244	211	174.5
24	228	248	249	248	247	246	238	211	172.5
26	201	220	227	226	226	225	224	205	170
28	177	197	208	207	207	207	206	197.5	165.5
30	156.5	176.5	189	192.5	191	191	190.5	190	161
34		142.5	156	164.5	165.5	164.5	164.5	164	152
38		114	129.5	139	144.5	144.5	144.5	143.5	143
42			106.9	118.3	124.8	127.8	128.3	127.5	127
46				99.7	107.4	111.8	114.3	114.3	113.8
50					92.1	97.5	101.2	102.4	102.3
54						84.9	89.2	91.4	92
58							78.3	81.2	82.5
62							68.2	71.9	73.7
66								63.3	65.7
70									58.3
72									54.6

作者简介:林中贺,男,工程师,2002年毕业于华东交通大学道路与桥梁工程专业,现就职于中铁六局集团北京铁路建设有限公司,主管的工程有北京南站外部路网工程、阜石路二期道路工程、魏永路框架桥工程、京密路改建工程、天津九园公路下穿京沪铁路箱涵工程等。

表2 CC2500-1型550 t履带起重机—SSL工况载荷表(单位:t)

m	14.5	14.5	19.3	24.1	28.9	33.7	38.5	43.3	48.1	52.9	57.7	62.5	67.3	72.1	77.2	80
m	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t
	250															
3	197	155	147.5													
3.5	181.5	155	147.5													
4	168	155	147.5	146												
4.5	156.5	155	144.5	146												
5	146.5	146.5	144.5	143	134.5											
6	129	129	129	126	124	106.5										
7	115	115	115.5	114	110.5	101	81.1									
8	104	104	104	103	100	94.8	78.1	60.6								
9	94.4	94.4	94.7	94	91.1	88.8	74.9	58.7	47.6							
10	84.4	84.4	86.6	86.2	83.6	82.9	71.7	57	44.5							
12	50.8	50.8	73.7	73.2	71.3	70.9	64.8	53.6	39.1	34.2	29.4					
14			61.4	61.9	60.9	61.7	57.7	49.8	34.3	30.6	26.9	23.6				
16			45.9	53.3	52.2	53	51.5	46	31	27.1	24.4	21.6	18.1	14.7		
18				46.9	46.6	45.6	46.7	42.2	28.4	24.7	21.9	19.9	17.3	14.7	10.9	9.3
20				37.1	39.8	38.9	39.8	39.3	26.1	22.3	20.2	18.1	16.1	14.4	10.9	9.3
22					34.5	35.4	34.4	35.5	24.7	20	18.4	16.8	14.8	13.6	10.8	9.3
24					31.6	31.1	30.8	31.1	23.3	18.2	16.7	15.5	13.9	12.8	10.5	9.3
26						27.5	28.5	27.6	21.9	16.9	15.1	14.3	13	12.1	10.2	9.3
28						24.8	25.5	24.6	20.5	15.8	14	13	12.1	11.4	9.8	9.3
30						21.1	23	22.1	19.5	14.8	12.9	12.1	11.2	10.7	9.3	9
32							20.9	19.9	18.7	13.9	11.8	11.2	10.4	10	8.8	8.5
34							18.4	18	17.8	13.3	11.1	10.3	9.7	9.3	8.4	8
36								16.4	17	12.7	10.5	9.5	9	8.7	7.9	7.5
38								15.5	15.7	12	10	8.8	8.3	8.2	7.4	7
40									14.5	11.4	9.5	8.3	7.7	7.6	7	6.6
42									13.3	10.9	9.1	7.9	7	7.1	6.6	6.2
44									10.8	10.6	8.6	7.5	6.6	6.6	6.2	5.8
46										10.2	8.2	7.1	6.2	6	5.8	5.4
48										9.9	8	6.7	5.9	5.7	5.4	5
50											7.7	6.4	5.5	5.3	4.9	4.6
54												3.5	5.9	4.8	4.4	3.9
58													5.4	4.4	4	3.8
62														3.9	3.5	3.2

2 钢箱梁吊装及关键技术

2.1 吊装方案的选择

由于施工场地的限制,本标段主线高架桥跨越丰沙铁路、石景山机务折返段及大台线共10股线路,且丰沙铁路为电气化

线路,属高路基,场地两侧高程不同,故钢箱梁吊装时,无法采用两台吊车抬吊的方式进行,只能采用一台吊车旋转吊装方式,且跨越既有运营铁路,吊装难度极高,安全威胁极大。经仔细对比论证,跨越铁路钢箱

梁确定采用单台550 t履带起重机进行吊装。

2.2 搭设临时支架

(1)根据钢梁分段情况,设置临时支架30个,支架采用300×300自锁式模块脚手架

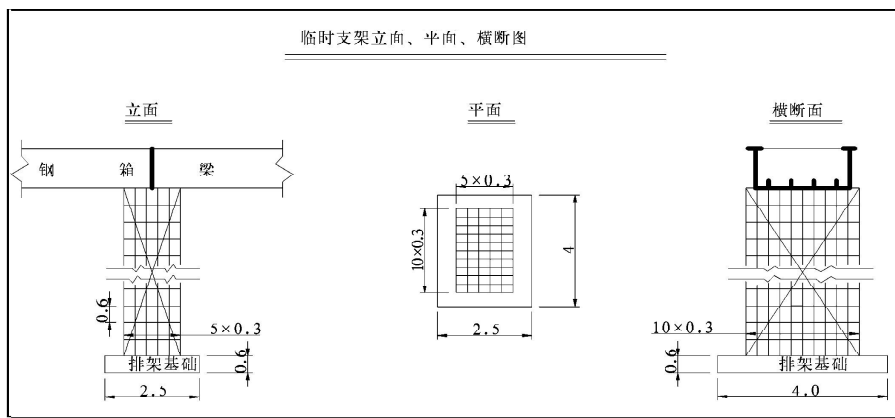


图 1

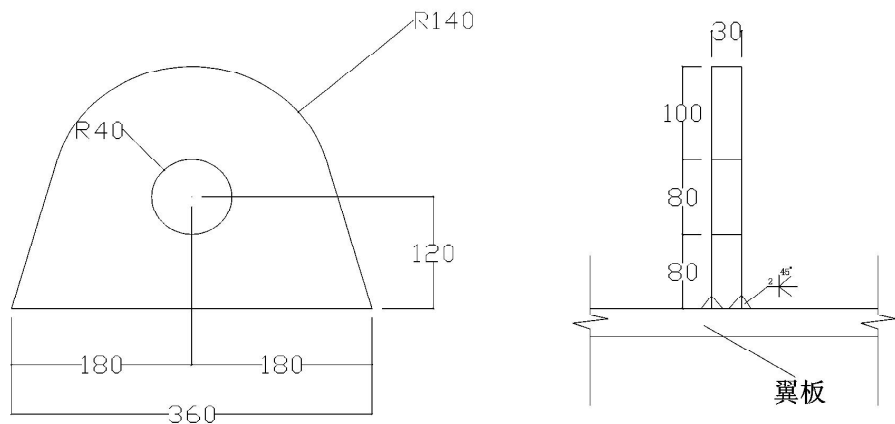


图 2 吊耳图

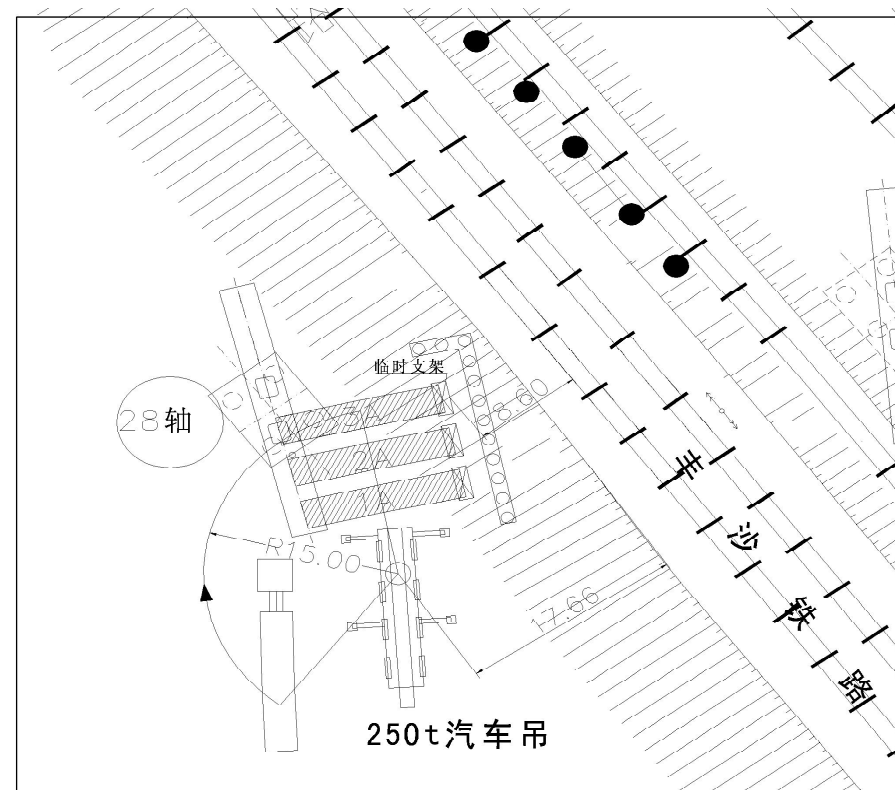


图 3 250 t 汽车吊吊装示意图

搭设。临时支架基础形式:2.5 m × 4 m;厚0.6 m,采用C25混凝土浇筑(如图1所示)。

(2)临时支架基础受力计算。

按最不利处计算:

钢箱梁重量:83/2+76/2=79.5(t)

支撑钢箱梁支架重量:5 t。

总重量:G=79.5+5=84.5(t)。

基础形式:2.5 m × 4 m;厚0.6 m,采用C25混凝土

基础采用商品混凝土,故不对其强度进行验算,为防止局部应力集中引起混凝土开裂,在内铺设两层间距15 cm × 15 cm直径为Φ16钢筋网片。现只计算其下卧层强度。

下卧层受压强度: $84.5 \times 10 / (2.5 \times 4) = 84.5 \text{ kPa} = 0.0845 \text{ MPa}$ 。

原状土抗压强度经验值为0.1 MPa以上,现场浇筑混凝土基础前,先测定下卧层抗压强度,如不满足要求则采用夯实处理。

2.3 吊耳和钢丝绳承载力计算

(1)吊点采用工厂制作时以专用钢板制作吊耳,每段钢箱梁对称设置4个吊耳,可靠焊接再钢箱梁上。钢绳选用60 mm钢绳扣,单根其中能力50 t,卸卡选用50 t卸卡。

(2)吊耳的设置:为保证各构件起吊和吊装过程中的稳定,采用工厂制作时设置的专用吊耳,各个吊耳位置及尺寸均严格计算确定。

每段钢箱梁对称设置4个吊耳,焊接在钢箱梁翼缘板上,呈对称分布。吊耳和构件之间的焊接采用CO₂气体保护焊,焊丝用ER50-6,手把焊焊条E5016,hf=14,并且采用围焊。

1)吊耳承载力计算:

焊缝承载能力 $f = 19.5 \text{ kN/cm} \times 36 \text{ cm} \times 2 = 141 \text{ t}$

安全系数为 $141 / (25 \times 1.4) = 4$;

弧顶剪力计算: $\pi = 170 \times 30 \times 100 = 51 \text{ t}$

安全系数为 $51 / (25 \times 1.4) = 1.5$

2)钢丝绳承载力计算:

钢绳选用Φ60 mm钢绳扣,单根起重能力50 t,卸卡选用50 t卸卡。钢绳安全系数为 $50 \times 0.707 / 25 = 1.414$ (图2)。

2.4 起重机选择

依据场地条件、构件分段重量和起重机性能选择起重机。本工程使用机动性能好、移动方便的汽车式起重机和吊装速度快、负荷大的履带式起重机配合作业。

主要车辆设备:CC2500-1型550 t履带式起重机1辆(工况荷载情况见表1、2)、Dema



图4 550 t履带第一次站位

需进行加固等原因,故吊装平面布置原则为:方便吊装机具的设置,便于吊车吊装和行走,设备组装场地、吊装场地及构件吊装场地应坚实、平整、满足吊装要求。550 t履带吊车超级配重15.5 m回转半径内不得有设备基础、建筑物等障碍物。

550 t履带起重机行走路面处理:站位点地基需夯实,另外回填土部位应特殊处理,夯实后垫0.5 m厚的级配石,吊车以下铺设钢平台,以保证履带吊车路基板受力均匀,确保安全。

2.6 钢箱梁吊装

全桥共有六条线,每条线总长172 m,分为A、B、C、D、E、F六段。其中一、二、三线的B段和四、五、六线的A段跨越丰沙铁路;一、二、三线的F段和四、五、六线的E段跨越京门铁路,在吊装前向铁路相关部门申请线路要点施工,在规定的时间内将梁段吊装就位。

施工现场根据吊装平面示意图放出正确的吊车站位点,首先是250 t汽车吊站位丰沙铁路西侧,吊装1A,2A,3A。550 t履带起重机到达第一次站位地点开始组杆、支车;钢箱梁制作完成吊装之前要提前5 h运输至安装现场。整个吊装过程中,550 t履带起重机共站3次位,需挪车两次。

(1) 吊装步骤及施工影响范围。

第一步:250 t汽车站在丰沙线西侧,依次吊装3A,2A,1A。此三节钢箱重量均为24 t,梁长12.8 m,吊装最大半径为15 m,按由远及近顺序进行(如图3所示)。

第二步:550 t履带吊站在原机车运煤线和折返站6道之间(如图4所示),依次吊装:1B、2B、1C、2C;3B、4A、3C、4B;5A、6A、5B、6B;(共12段),采取从远到近的顺序吊装就位。此站位吊装时最大旋转半径34 m,所吊钢箱梁最重71 t,最长37.7 m,每次要点吊装2片,共分6次可将跨丰沙线钢箱吊装完毕。

第三步:550 t吊站在京门铁路和折返站1道之间,依次吊装:1D、2D;1E、2E;3D、4C;3E、4D;5C、6C;5D、6D(共12段),采取从远到近的顺序吊装就位。此站位吊装时最大旋转半径34 m,所吊钢箱梁最重87 t、最长38.24 m(如图5所示)。

第四步:550 t吊站在京门铁路东侧依次吊装:1F、2F;3F、4E、4F;5E、6E、5F、6F(共9段),采取从远到近的顺序吊装就位。此站位吊装时最大旋转半径28 m,所吊钢箱梁最重63 t、最长33.75 m(如图6所示)。

(2) 连接板及高强螺栓的安装。

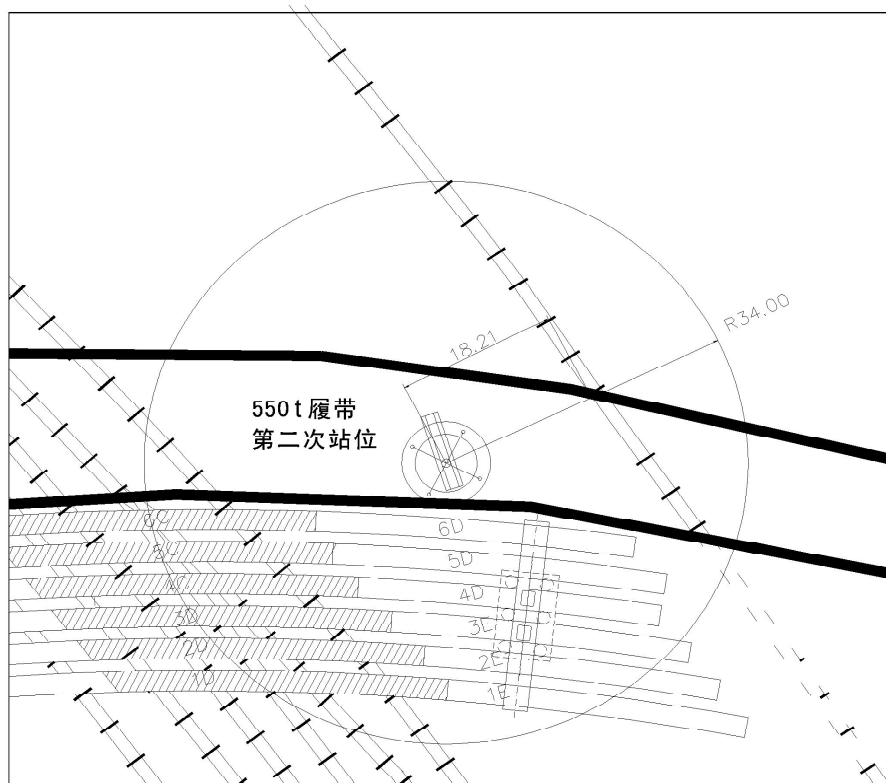


图5 550 t履带第二次站位

gAc250-1 250 t汽车吊1辆(工况荷载表1)
炮车3辆、130汽车1辆、工程车1辆、120T吊
车1辆。

2.5 吊装平面布置

550 t履带起重机一次拆卸的难度较大,且组装一次约需5~7 d,吊行走路线

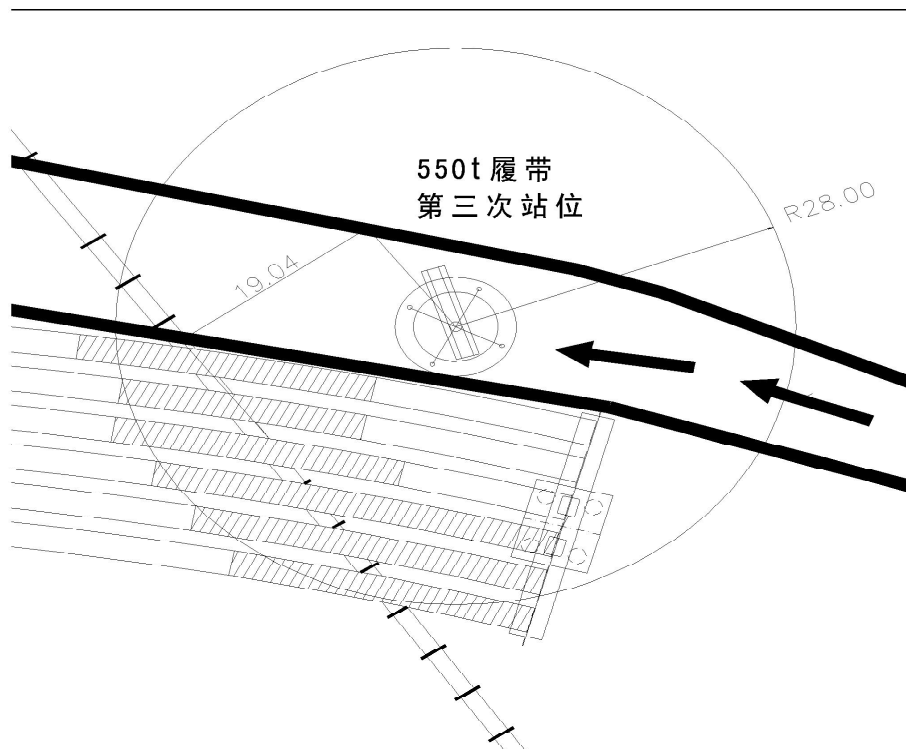


图6 550 t履带第三次站位

钢梁吊装就位后,安装连接板及高强度螺栓。然后将梁顶标高精调至设计值。

2.7 钢箱梁线形控制

由于本桥跨度大,平面曲线半径小,钢箱梁上顶面及下底面为空间曲面,所以其线形复杂,而钢箱梁本身对温度很敏感,因此,本桥在施工时对钢箱梁的线形控制显得尤为重要,具体在施工过程中采取了以下措施。

(1)横隔板焊接时选择合适的焊接顺序,防止因焊接顺序不当而造成弯曲变形和扭曲变形。

(2)钢箱梁设置预拱度,预拱度值设计量预留,在块单元加工制作时考虑。

(3)采用预拼装工艺,即块单元出厂前先在专用胎架上试拼装,检查并修正钢箱梁的结构尺寸,整体外观线形。

(4)加强测量控制。中线测量每次用相同的导线点,而且尽量在每天的同一时间段,每段梁架设前先放样,架完后再复核、调整,高程测量要建立全桥统一的高程控制网,以保证全桥的纵坡及横坡的准确性。

3 施工体会

经严格按照吊装顺序及吊装步骤,连续钢箱梁按期、安全完成吊装施工,各项吊装误差均满足规范要求。

3.1 经验总结

(1)跨铁路线特别是跨多股道站场线连续钢箱梁吊装施工,会不同程度的影响到既有铁路各相关站段设备,包括既有房屋、地下管线及架空电缆等。必须提前与各站段进行沟通协调,给予配合,做好拆改工作,保证钢箱梁吊装工期及铁路运营的安全。

(2)550 t履带起重机站位位置基础除了采用级配石夯实外,起重机下部还垫20 cm厚钢平台,起重机在吊行走时平稳不晃动。

(3)钢箱梁起吊后,观察梁体两端高差是否在一水平线上,如有倾斜,必须进行调整,否则钢箱梁难以入位。本工程连续钢箱梁为变高截面且在曲线上,设计计算理论吊耳位置产生偏差,引起钢箱梁起吊后倾斜,吊装难以入位,最后经增加吊环调整钢丝绳长度,钢箱梁起吊水平后才最终入位。

(4)钢箱梁吊装施工内容为:起吊、移梁、细部调整、就位、钢箱梁临时栓接。每条线的首段钢箱梁就位后马上与永久桥墩固定,每条线的次段钢箱梁就位后应与首段钢箱梁通过连接板销钉和安装螺栓临时固定,所有施工工序均在点内进行,确保铁路运营的安全。每跨钢箱梁安装完成后立即组织进行相关附属工程的施工,包括桥梁高程及线型的调整、高强度螺栓的安装与紧固、联梁的安装与焊接。

(5)采用自锁式模块脚手架搭建临时支架,操作简便,安全可靠,既加快了工程施

工进度,又有效地降低了工程成本。

3.2 注意事项

(1)为确保钢箱梁工程安装进度,在钢箱梁整个运输过程中,必须贯彻实施各项预定方案。各组分工协作,指挥部统一调度,确保各项工作有序、高效、优质地完成,确保钢箱梁吊装前5 h钢梁到场,不得耽误现场吊装作业。

(2)吊装时要做好下部防护措施,在下部设置防护网,以防高空坠物伤人。

(3)吊车开始时要试吊,吊起5~10 cm时要停吊检查(主要检查索具是否牢固,吊车支腿是否稳固),无问题后方可继续吊装。

(4)钢箱梁在卸车、安装时吊车臂起落要平稳、低速,禁止忽快忽慢或突然制动,避免碰撞而引起钢结构变形。

(5)主要受力临时支架基础采用现浇砼,辅助支架基础也必须夯实防止下沉,在钢箱梁吊装施工过程中,设专人检查临时支墩情况,主要检查临时支架是否发生变形、倾斜及下沉,如有变化,立即停止钢箱梁吊装施工,待加固调整后再进行施工。

4 结语

通过对机械的选择,吊装方案的精心优化,保证了阜石路二期3标段在工期压力大,施工场地十分受限,并且在不影响列车运营的情况下,成功的采用单台550 t履带起重机实施了高墩连续钢箱梁的吊装,实现了大跨度、大吨位、大节段的跨线桥梁钢箱梁的快速安全吊装,保证了钢箱梁的线形,并实现良好的经济效益,取得良好效果。同时,也为今后同类型施工提供了很好的借鉴。

参考文献

- [1] 建筑施工手册[M].中国建筑工业出版社,2003.
- [2] 汪正荣,著.建筑施工计算手册[M].中国建筑工业出版社,2001.