

高速铁路大跨简支梁采用移动支架节段拼装关键技术

刘兴韬

中铁十二局集团第二工程有限公司, 山西 太原 030000

[摘要] 社会经济高速发展带动之下, 我国高速铁路领域取得了非常快的发展, 很多省份和地区都建设了高速铁路。同时我国的铁路建设已经走向世界, 给世界人民带去了便利。铁路建设要注重工程的质量, 这是保证顺利运行的关键措施, 同时还要注意细节的管理, 确保高速铁路运行的安全性和稳定性。文章结合工程案例, 探讨了高速铁路大跨简支梁采用移动支架节段拼装关键技术, 以供参考。

[关键词] 高速铁路工程; 大跨简支梁; 移动支架节段拼装; 关键技术分析

DOI: 10.33142/ec.v2i5.347

中图分类号: U445.463

文献标识码: A

Key Technology of Moving Support Segment Assembly for Long Span Simple Support Beams of High Speed Railway

LIU Xingtao

China Railway Twelfth Bureau Group Second Engineering Co., Ltd., Shanxi Taiyuan, China 030000

Abstract: Driven by the rapid development of social economy, the field of high-speed railway in China has made very rapid development, and many provinces and regions have built high-speed railway. At the same time, China's railway construction has gone to the world, bringing convenience to the people of the world. Railway construction needs to pay attention to the quality of the project, which is the key measure to ensure the smooth operation, but also pay attention to the management of details to ensure the safety and stability of high-speed railway operation. Based on the engineering case, this paper discusses the key technology of moving support segment assembly of long-span simply supported beams in high-speed railway for reference.

Keywords: High-speed railway engineering; Long-span simply supported beams; Moving support segment assembly; Key technical analysis

1 工程概述

汉中汉江大桥位于陕西省汉中市汉台区与南郑县的交界处, 横跨汉江。全桥位于直线及 $R=8000\text{m}$ 的曲线上, 孔跨布置为: $(22 \times 32+1 \times 24+15 \times 32+1 \times 24+12 \times 32+2 \times 24+5 \times 32+1 \times 24+28 \times 32+12 \times 64+27 \times 32+2 \times 24+1 \times 32+2 \times 24+2 \times 32)\text{m}$ 简支梁, 中心里程为 $\text{DgK}250+934$, 起讫里程为 $\text{DgK}248+471.84 \sim \text{DgK}253+380.06$ 。整座桥有 11 孔 24M 简支梁。117 孔 32M 简支梁; 12 孔 64M 简支梁。整座桥长 4908.24 米。汉江主河道采用 12-64 米简支箱梁, 横跨 94#至 106#墩。

该桥 64M 箱梁在梁场分段制作, 组装在移动支撑桥上, 预制梁段之间浇筑湿接缝。整体张拉预应力钢梁为石公房法。

孔 64M 梁的总长度为 66.3 米, 计算跨度为 64M, 高亮为 5.6 米, 梁端悬臂延伸 40 厘米。共分为 15 节, 从两端到中间共 8 节为预制梁, 分别重 1#段 156.5 吨、2#段 158.3 吨和普通段 128.3 吨(不包括锯齿块)。从梁端到跨度中间, 梁之间的湿接缝重量分别为 40.6 吨、27.5 吨和 26.3 吨。

本桥 12 孔 64m 节段拼装箱梁跨越 94#墩至 106#墩, 根据现场地形条件和全桥孔跨布置, 架梁顺序由 94#墩向 106#墩(西安向成都方向)逐孔架设, 造桥机前进方向 94#~103#墩为 1.6%的上坡, 103~106#墩为平坡。94#~95#墩孔跨越汉江大堤, 交通比较便利, 拼装造桥机也方便, 相应的节段预制场地占用 84#墩至 94#墩之间桥位, 沿 94#墩线路方向向 84#墩延伸, 区间地势平坦, 适合梁场建设。

2 关键技术分析

2.1 SX64/2700 型移动支架造桥机概况

桥梁的 12 孔 64m 段组装箱梁采用上行 sx 64/700 型移动支撑架桥机进行组装和竖立。采用专用移动支撑桥梁机进行 pc 简支梁的施工, 是在桥梁机内部装配预制梁段, 将桥墩顶部原地拉伸的施工方法, 并先采取“把整个破成零件”, 再“把零件破成零件”的方法。本型号造桥机已先后在包西铁路成功应用架设了 15 孔、准池铁路 12 孔 64m 双线预应力混凝土箱梁。造桥机总长 154.8 米, 主梁和后尾梁高 9 米, 前导梁高 9 米/6 米/3 米。

表 1 主要技术性能参数

序号	名 称	单位	技 术 参 数
1	额定承载力	t	2700
2	架设桥跨	m	(单、双线) 32、48、56、64
3	架设曲线桥半径	m	≥ 1500
4	线路坡度		$\geq 30\%$
5	回转天车的纵移速度	m/min	重载 0~4、空载 0~10
6	回转天车横移速度	m/min	0~0.14
7	回转天车起升速度	m/min	0.4
8	主梁结构形式		双主桁桁架型
9	外形尺寸	m	154.8×11.8×9
10	整机重量	t	1700
11	架梁速度		技术速度 12—15 天/孔
12	配套运梁设备		运梁车 ZH170PB
13	运梁车速度	m/min	2.5m/min—20km/h
14	运梁车动力机组		一汽无锡柴机 4110

2.2 节段运输、吊装、调位

2.2.1. 准备工作

建桥人员进入建桥状态后,应立即开始各种测量和准备工作:测量两个桥墩之间的距离和高度差,支撑垫石的位置和高度。检查和检查桥墩的纵向和横向中心线。检查支撑垫石上锚固孔的位置和深度。设置支架的位置。检查运梁车和旋转起重机的安全性能。

2.2.2. 梁段起吊、运输、安装

梁段由大型龙门起重机吊起桥墩吊起至轮胎式梁运输车辆,梁运输车辆自动到达桥造机尾部,梁段由旋转冠块吊起至指定位置,并通过下降、旋转和纵向移动,将分段预制箱梁固定在悬挂系统上,使其固定在一定的顺序上。

2.2.3. 梁段组拼顺序

梁截面的顺序基于桥梁建造者本身的结构以及施工的速度和便利性。举升的顺序是从两端到中间。

2.2.4. 梁段就位

梁截面的定位是指梁截面纵向、横向和纵向方向的调整。冠块用于纵向调整,冠块油推缸用于横向调整,冠块用于垂直调整,以线路中心线为参考, I. E. 要求线路的中心线和横梁本体的中心线重合;纵向两端的 1 号梁截面嵌入螺栓与轴承的保留孔对齐,考虑了后张张和后蠕变引起的梁跨度收缩。放置梁段时,纵向收缩应服从设计梁图。梁截面的线型应根据设计间距进行布置。

2.3 湿接缝施工及预应力钢绞线张拉、压浆

2.3.1. 钢绞线的制作和穿束、连波纹管

钢绞线的下料:采用砂轮切割机切割。

编束:捆绑时,首先拉直钢绞车,并尽量使每个钢绞车松动和一致。根据规定的根数和每束规定的长度,用绳子绑好,两端各用两束 5-10 厘米的绳子绑好,每次用两束 1.5 米的绳子绑好。束完成后,手动提升钢丝束。移动到堆放

位置，分开堆放并做好标记。

穿束：根据从上到下，从内到外，人工整体磨损束。预先插入管道的风箱位置应随时观察和调整，以防止风箱在钢铰链线末端损坏。为了防止钢链被扭曲，钢链必须事先通过与工作锚地装置类似的加工部件，以确保钢链通过孔道的顺利通过。为了提高钢链螺纹的效率，采用手工和机械牵引相结合的方法对钢链进行螺纹。也就是说，“引线”是手工放在每个拉伸孔通道上，然后将所有要放在一个孔通道上的钢铰链导线绕在引线上，形成一整捆，然后，通过桥梁建造商的 5T 绞车，将整个捆钢铰链线通过引线拉入每个拉伸孔通道。

2.3.2. 梁段湿接缝施工

①准备工作

在将梁段从梁库移至支架前，先将梁段的湿结端部粗糙化，将悬置的钢条拉直，并将各种结构钢条放置在其位置上，并将波纹管插入预留通道。

②钢筋的绑扎

湿接缝钢筋按常规方法绑扎。由于薄木、密集钢筋和波纹管以及湿接缝混凝土，振动杆用于配合振动。为了确保波纹管在施工过程中不被破坏，波纹管的钢筋需要上下布置以增加振动空间。

③立模

模板由 15 毫米厚的竹板，5 x 10 CN 木地板制成。模板采用 $\phi 16\text{mm}$ 圆钢、m 16 螺母和 $70 \times 70 \times 5$ 角钢拉拔。将薄的海绵条贴在模板周围，以防止泥浆泄漏。

垂直模具的顺序是底模、侧模和内模。底部的模具直接拉，使其紧密地附着在横梁的底部。外模和内模用一对拉紧螺丝拧紧，与梁截面紧密相连。

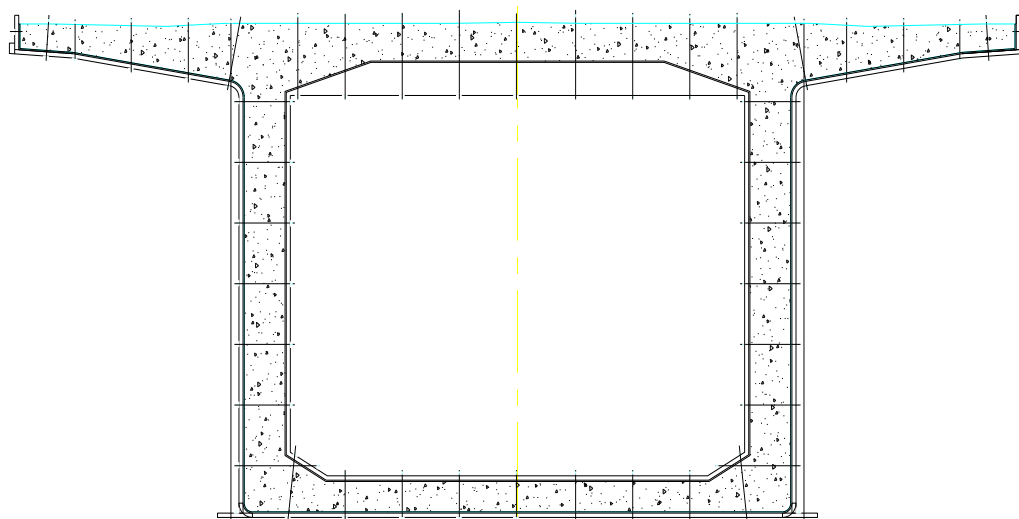


图 2 梁段湿接缝施工

④灌注湿接缝混凝土

由于所有荷载都由架桥机支撑，浇注过程中，托架会发生弯曲变形，如浇注顺序不当和混凝土凝固等，会影响射孔梁的直线。箱梁的湿接头应对称浇注，然后从两端到中间浇注。整个横梁的所有湿接头必须一次浇注，中间不得有任何停顿。每个湿接头的浇注顺序是底部板、腹板和顶板的两侧。

⑤养生

顶部板应用于覆盖草帘，水应及时喷洒 14 天。

要特别注意水的维护：自来水管不能在一定的时间内长时间冲洗，但自来水要被压成雾状，或者要经常用小水罐浇水。浇水范围在盒子和底板外面。

⑥拆模

湿接缝混凝土凝结后，内板和外板之间的拼接螺栓稍微拧紧，以防止螺栓随混凝土凝固并拔出。当混凝土强度达到设计强度的 70 % 时，开始拔出螺栓。拉出的顺序是外部模式、底部模式和内部模式^[1]。

2.3.3 预应力钢绞线张拉

①张紧设备的校准:张紧器和精密压力表必须在张紧前进行校准和匹配,校准系数不得大于 1.05。校准有效期为一个月,不超过 200 张张紧操作。修理和更换配件的千斤顶必须重新校准。在校准过程中,匹配油泵和压力表,并在现场使用时根据这个数字进行匹配。

②钢绞车进给:根据孔计算长度,并考虑锚头高度、千斤顶支撑点与尾工具锚之间的长度、工具锚外的多余量,以及绞车绳的截距。

钢绞车卸料场可以在成型梁的丁亮上,也可以在架桥机主梁的工作平台上^[2]。

③竖向预应力张拉

在湿接头混凝土达到设计强度和弹性模量的 100%,且使用年限超过 15 天后,应对梁体进行垂直预应力张紧。垂直预应力加固采用 $\Phi 25$ 高强度滚轴式螺纹加固,锚固系统采用 jlm-25 锚固,张紧系统采用 yc 60a 插孔。竖向预应力钢筋应拉紧两次,即第二次拉紧应在第一次拉紧完成后一天进行,以弥补操作和设备造成的预应力损失。应在预应力完成后尽快完成灌浆,并确保灌浆质量。

④节段支撑的调整:张拉前箱梁预应力,梁的所有重量多支点弹性支撑均在架桥机主梁上。每个梁段由四根用于高度调节的钢棒支撑。当预应力钢梁开始拉伸时,张力的自重将传递给钢梁本身。为了防止上部提升过大和开裂,必须及时调整悬挂钢棒的长度,以减少架桥机的上部提升。

⑤钢绞线切割:张紧后,锚环外的钢链必须作标记。24 小时后,检查钢链是否不滑动,允许切割和灌浆。

钢链应由砂轮切割。最后张紧 24 小时后,观察到全梁的断线和滑线总数不得超过钢索总数的 0.5%,且不得位于同一侧。在一束断线不超过痕量后,钢索的缩回量不得超过 1 毫米,即锚杆外的钢索必须切断。钢链切割处距夹片 30~40 毫米,其保护层厚度不小于 40 毫米。切割不得对锚地造成损坏。切割完成后,应使用聚氨酯防水涂层对锚固装置、锚背板和外露钢头进行防锈处理。

2.3.4 预应力孔道的压浆

灌浆材料和工艺应符合《预应力混凝土梁暂行技术条件》和《铁路后张预应力混凝土梁拔管技术条件》(TB/T3192-2008)的要求。

拉拔时间:拉拔 24 小时后,观察无断丝情况,48 小时内进行灌浆工作。

牵引设备:搅拌器转速不得低于每分钟 1000 转,浆的最大直线速度限制为 15 米/秒,而浆的形状应与速度相匹配,以满足在规定时间内均匀混合的要求。破碎机采用连续破碎泵。压力表的最低分数不得超过 0.1mpa,程序的最大数目应使实际工作压力在 25%-75%之间。储罐具有搅拌功能。真空泥浆泵可达到 0.092 兆帕的负压。

第三代封锚头:采用钢圈外加橡胶垫,密封锚头必须牢固、密实,确保水泥浆在最大压力下不漏浆,因受压浆时间限制,传统封锚头采用砂浆,在气温低时容易出现强度不足,致使封锚头持压不足^[3]。

水泥砂浆的混合顺序:在混合水泥浆时,应严格按照给定的混合比进行施工。先加入实际耗水量的 80%,启动搅拌器,加入所有注浆剂均匀,加入时搅拌,再加入所有水泥均匀,加入所有粉末后搅拌 2 分钟,然后加入剩下的 20%的搅拌水,继续搅拌 2 分钟。

灌浆控制元件:真空度-0.06~-0.08mpa,保持压力 0.50~0.60mpa,保持压力时间 3 分钟,最大灌浆压力不超过 0.60mpa,砂浆混合和压入管道的时间间隔不超过 40 分钟。灌浆顺序:先压下通道,再压上通道,同一根管子连续完成一次。

灌浆过程中,对箱梁的每个孔(一组底板和一组两个腹板)制作三组标准养护试件(40mm × 40mm × 160mm),测试抗压强度和抗压强度。

砂浆搅拌均匀后,现场进行流动度测试。每隔 10 个圆盘测量一次,浆料的混合时间、浆料的温度、环境温度、保压压力和时间以及真空度也被记录在现场。在每根梁稳定之前,有必要测试流出的泥浆。只有在相同的浓度下,三程稳定压力才能关闭。冬季应采取隔热等相应措施。压制或压制后 3 天内梁体和环境温度不得低于 5℃。

2.3.5 封端

注浆完毕后,应对箱梁末端进行粗化清洗,固定封口钢条,竖立封口模板,浇筑混凝土。应采用减缩混凝土进行端部密封,并对端部密封后的新旧混凝土接头进行防水处理。粗糙化应以清除混凝土表面暴露的、无光滑表面的石块为基础)。为了避免损坏梁端的混凝土,可取的做法是将粗糙面距梁端 1 厘米。

锚密封混凝土的维护：湿固化和冬季固化，固化时间为 14 天。

保湿固化：保水性好的塑料薄膜应完全覆盖锚密封混凝土，锚密封混凝土不得暴露在阳光下。锚密封混凝土应采用洒水固化，确保不间断维护。洒水装置的数量必须使混凝土表面保持足够的湿润。

冬季固化：用喷雾器喷雾固化，冬季用灌浆固化棚盖保温固化，防止混凝土性能受到寒冷天气的影响。

2.4 节段拼装架设工艺流程

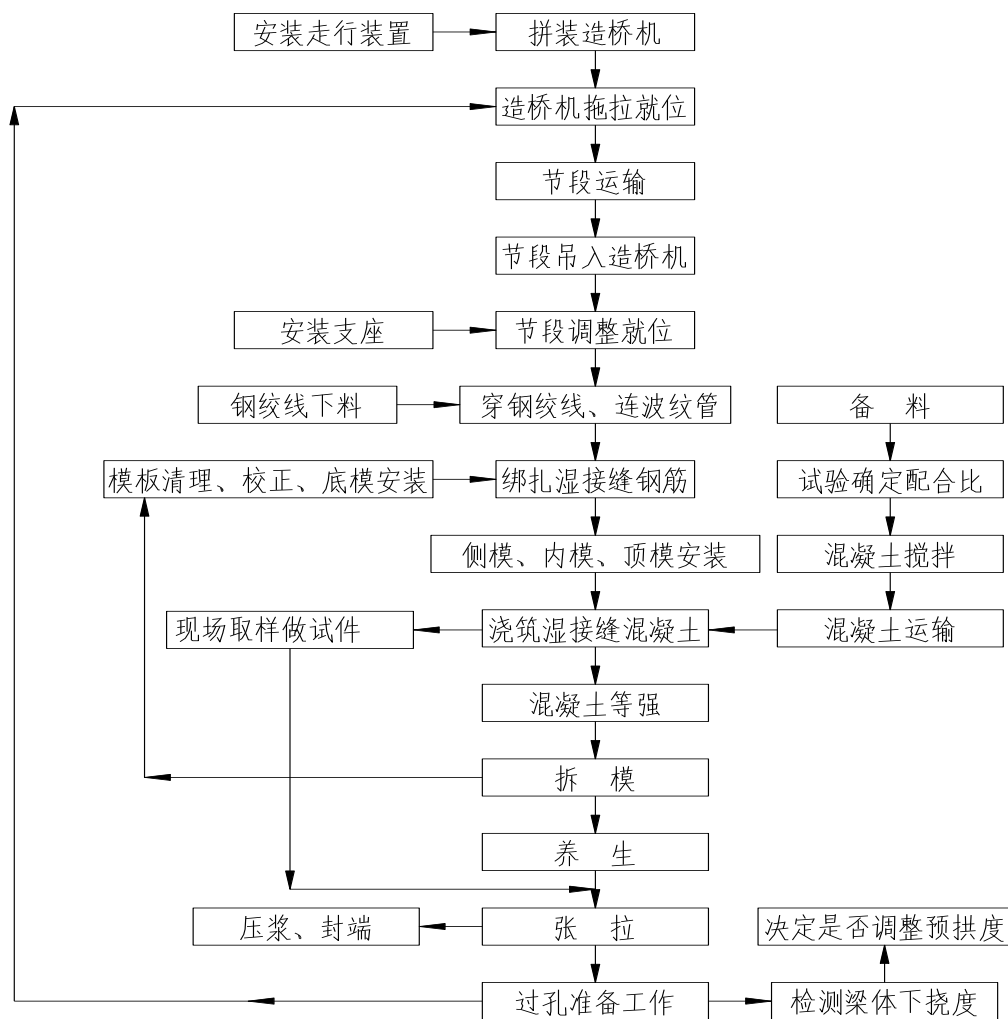


图 3 节段拼装架设工艺流程

2.5 节段拼装梁线形控制

2.5.1 拼装节段梁中线

以该跨度的两个桥墩上梁安装的横线为中心轴，首先用螺纹法将两个桥墩的中心点分别布置到桥造机的中腿和后腿。当所有的梁截面都降低后，钢丝线就会穿过到梁主体的内部和梁的顶面。反复检查，确保两条钢丝与码头的轴线重合。一根重锤挂在钢丝的一端，以保证足够的张力。然后，调整该跨度的所有预制梁截面的中心，使其与钢丝线重合，并考虑纵向的预留压缩量。所述预留压缩量设置在所述可移动支架的末端，所述可移动支架的上板通过所述预留压缩量预先偏向于所述梁长的方向正误差。

2.5.2 建立调梁理论数据表

根据桥梁线形设计，考虑纵坡、预设反拱、支座预挠度、湿接缝浇筑前后支座变形、突出偏差等因素，并标注高程测量和调整点(千斤顶调整)。由杆的位置偏差引起的数据变化)改进了“调整梁数据表”

64m 调梁数据					
正数上升，负数下降					
汉江特大桥节段拼装第9墩墩线型调整数据		上游原始数据	下游原始数据	上游吊点调整 (mm)	下游吊点调整 (mm)
	1#段	A	D	支座中心:	支座中心:
		B	C		
	2#段	A	D		
		B	C		
	3#段	A	D		
		B	C		
	4#段	A	D		
		B	C		
	5#段	A	D		
		B	C		
	6#段	A	D		
		B	C		
	7#段	A	D		
		B	C		
	8#段	A	D		
		B	C		
	9#段	A	D		
		B	C		
	10#段	A	D		
		B	C		
	11#段	A	D		
		B	C		
	12#段	A	D		
		B	C		
	13#段	A	D		
		B	C		
	14#段	A	D		
		B	C		
	15#段	A	D		
		B	C	支座中心:	支座中心:
接收人:		交底人:		年 月 日	

图4 调梁理论数据表

2.5.3 端头节段吊装及定位

根据垫石的中心线和桥墩的中心线调整端部的纵向和横向位置。纵向位置应由垫石的横向中心线控制，并重新检查梁接头尺寸。分段按支撑的中心线横置，以桥墩的中心线为控制指标，将锤球悬挂在梁底板上。

梁段的高程是由承重和砂箱确定的。砂箱的位置应固定，砂箱的高度应与梁线类型和砂箱压缩（经验值）结合确定，但须受梁底控制，并根据梁调整数据表中的数据对端部节流梁底高程进行控制。梁顶高度应重新检查，但不应控制。

2.5.4 节段精调

该跨径梁段的全部梁段吊装到桥造机后，定位和精细调整工作开始。此时，桥造机（除湿接头外）的负荷全部到位，桥造机的挠度稳定。此时，架桥机的龙门起重机必须处于静止状态，并在放置的节1#或节13#的中线上竖立经纬仪或激光指针作为中心线控制。测量每段网板顶部位置1、2、3和4的仰角，并根据“梁跨安装仰角测量和调整数据表”计算每段梁的仰角调整值。同时，检查湿关节宽度。梁截面的调整应与旋转冠块相协调。

①梁段的调整采用纵向→横向（平面）（检查湿接缝宽度）→标高（使用悬架长度控制）的顺序；

②纵向：调整湿关节宽度，测量腹板两侧的五段，两侧法兰和有尺子的梁的中心线。如果发现较大的偏差，检查钢筋在桥起重机上的悬挂位置是否准确。

③水平（平面转弯）：通过梁定静或激光指点仪检查光束截面的中线，并通过悬挂在光束腹部的钢丝绳进行检查来控制；检查顶板时，有必注意横梁截面的两端都受到扁平横梁的阻碍。现场技术人员必须检查中线两侧，以确定梁截面中线与梁跨度中线之间是否有角度。

④标高：利用计算的“梁调整数据表”调整悬梁外露钢棒的长度。

光束对位调整是一个迭代过程，所有的光束对位必须在调整完成后重新检查和测量。直到最后的测量结果反映出光束对位控制达到允许误差时，才能停止光束对位调整。此外，梁段的调整完成后，检查底板、腹板和法兰板的外缘是否光滑。如果有明显的错位，找出原因并调整局部梁段。

注意：因为垂直、水平（平面）和高程调整相互影响，所以如果梁的宽度和质量较高，相互影响较小。因此，粗梁调

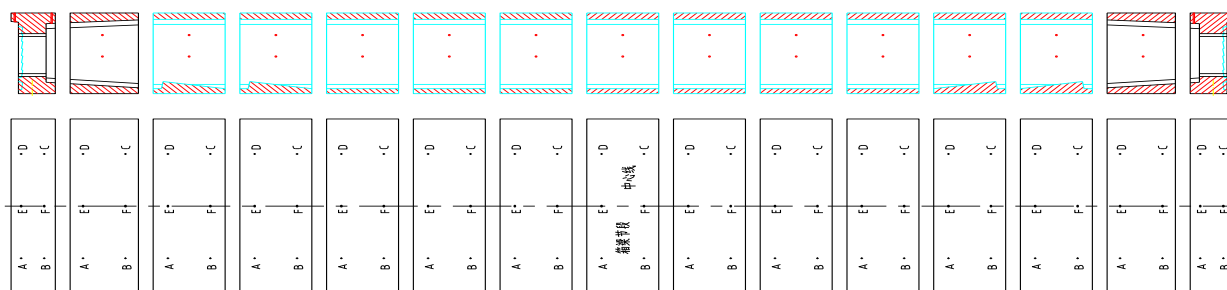
整工作必须在分散梁段之前进行。即在下梁过程中,控制纵向、横向(平面)和钢棒泄漏尺寸,不仅可以节省调整梁的时间,而且可以大大提高线性质量。

2.5.5 湿接缝浇筑后检查

在安装湿关节加固和模板完成后,再次检查全孔梁的对准,并检查是否有任何错位和扭转,以确保全孔梁的法兰板为直线。然后根据设计顺序开始浇注湿接头,并注意在浇注时不要泄漏振动和过度振动。更不能出现膨胀现象,在最后浇注屋顶混凝土时必须小心封闭表面平整。拆卸模具后,仔细检查是否有任何外观缺陷,并进行相应的维修工作。

2.5.6 梁体线形观测

调整梁段结束,实测第个梁段顶面的4个观测点,并查检活动支座端预留压



汉中汉江特大桥梁体线形控制跟踪观测表

	1#段	2#段	3#段	4#段	5#段	6#段	7#段	8#段	9#段	10#段	11#段	12#段	13#段	14#段	15#段
预设下挠度	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B
湿接后实测	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B
一期张拉后观测	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B
二期张拉后观测	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B
1个月后观测	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B
3个月后观测	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B
6个月后观测	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B

表1 汉中汉江特大桥梁体线形控制跟踪观测表

缩量。填写梁体线跟踪观测记录表。湿接缝建成后,他们进行了第二次观察。拉伸第一阶段后,他们观察了第三次。拉伸第二阶段后,他们观察了第四次。1个月、3个月、6个月和12个月后,他们进行了第五次观察。到第八个。依次记录在梁体的轨道观测记录表中。

2.6 造桥机拆除

架设105#~106#墩最后一孔前,拆除前支腿和部分前导梁,架设完毕后,利用汽车吊分段吊装到地面后拆除解体。

拆除顺序:前导梁—天车—主梁—中支腿—后支腿—运梁小车。拆除造桥机前把场地平整好(拆除造桥机前平整场地),拆除过程中可以(可将)造桥机杆件及时运出场。

3 结语

高速铁路的桥梁施工建设是一项长期而复杂的工程,其施工技术与施工质量直接关系到人民群众的生命财产安全。所以在进行高速铁路桥梁工程施工建设的过程中一定要严格遵循相关的技术要求,严格把控质量,不能忽略任何细节,只有这样才能建设出让人民满意和放心的工程。

[参考文献]

- [1]刘静,吴沂芝.桥梁施工中大跨径连续桥梁施工技术[J].黑龙江交通科技,2018,41(12):242-243.
- [2]赫雨.高速铁路桥梁施工技术与质量控制分析[J].建筑技术开发,2018,45(20):99-100.
- [3]管彦文.关于铁路桥梁施工技术与质量控制的研究[J].低碳世界,2018,19(05):249-250.

作者简介:刘兴韬(1984-)本科,工程师