

西村港跨海大桥主桥钢梁顶升与支座更换技术研究

王维军

中铁二十局集团第三工程有限公司

摘要：本文以西村港跨海大桥为例，对主桥钢梁顶升与支座更换技术进行了研究，主要涵盖了钢梁顶升技术、支座更换技术以及施工工艺技术等内容。钢梁顶升原理、设备与工具、支座更换原因、方法和材料选择等方面进行了详细介绍。同时，还对钢梁顶升方式、千斤顶的选用和配置、支座上钢板的更换和调整等主要施工工序进行了分析。本文的研究对提高主桥钢梁顶升与支座更换技术的施工效率和质量具有一定的参考价值。

关键词：主桥；钢梁顶升；支座更换；技术研究

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.09.050

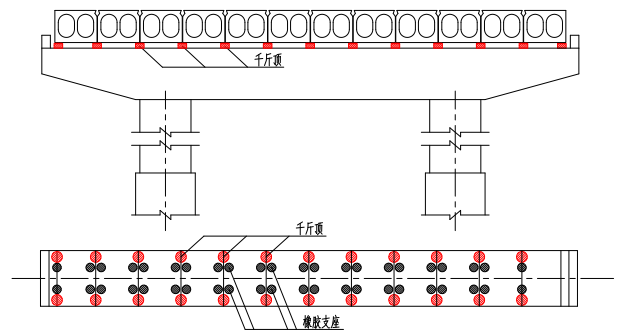


图1 直接顶升梁体方式示意图

引言

随着桥梁的使用年限的增加，钢梁和支座经常需要进行维修和更换。主桥钢梁顶升和支座更换是桥梁维修中的重要工程，涉及施工工艺和技术的应用。本文旨在研究和探讨主桥钢梁顶升与支座更换技术，探索新的施工工艺和方法，以提高施工效率和施工质量，确保桥梁的安全运行。

一、施工案例

北海市西村港跨海大桥设计为城市主干路，双向六车道，时速60km/h，工程范围全长2544.436m。桥梁工程总长1775.8m，主桥采用半漂浮体系双塔双索面斜拉桥，跨径布置为(38.9+70+238m(主跨)+70+38.9)=455.8m，桥面功能宽度37m，设2%双向横坡。主梁为钢混叠合梁，桥宽42m，索塔采用大倾角空间宝石型结构，塔高94m。

本工程因设计方案调整，需对已合拢的西村港跨海大桥主桥钢梁顶升后更换支座及支座钢板施工，主桥共16个支座，分四次进行顶升，其中一侧需要顶后更换支座上垫钢板，另一侧需顶升后重新调整支座上垫钢板，顶升方式采用液压千斤顶顶升后取出原支座上钢板后更换及调整上垫钢板安装至原位置，再落梁就位。

(一) 钢梁顶升方式

结合现状，需顶升的高度都较小，结合工期、成本以及工程实际的问题，直接采用直接顶升式(梁底与墩顶有足够的空间高度的情况)进行施工。

将千斤顶直接安放在钢梁底部与盖梁之间的间隙内实施顶升工作，千斤顶安放位置如图1所示：

此种方法操作快速、简便，安全风险小，是顶升工程中首选的方案。

(二) 千斤顶的选用、配置

根据支座型号，单个支座支反力较大；在顶升过程中为避免腹板受力过于集中，采用多个点同时顶升方

法。主墩设计有4个支座，每个支座布置8台YD200-100型千斤顶，通过钢垫块使顶升高度达到施工要求，主塔桥墩共布置32台千斤顶，单个千斤顶最大顶升力200吨，2个辅助墩及2个边墩共有设计4个支座，每个支座布置8台YD200-100千斤顶，布置32台千斤顶，待主塔桥墩顶升完后拆除设备倒运至辅助墩及边墩施工，配置的千斤顶最大可提供6400吨的顶升力，满足顶升要求。

千斤顶的布置如下图所示。

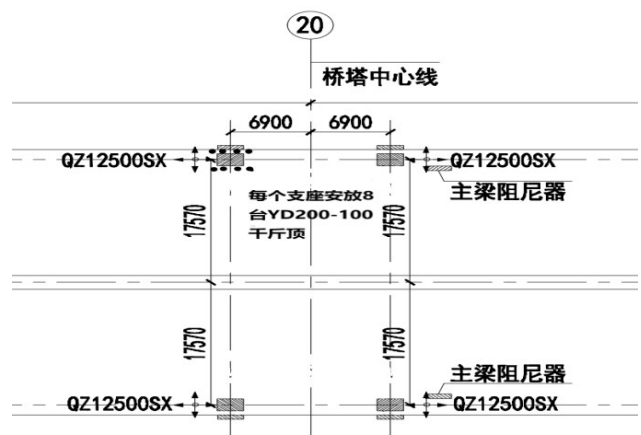


图2 主塔桥墩千斤顶布置图

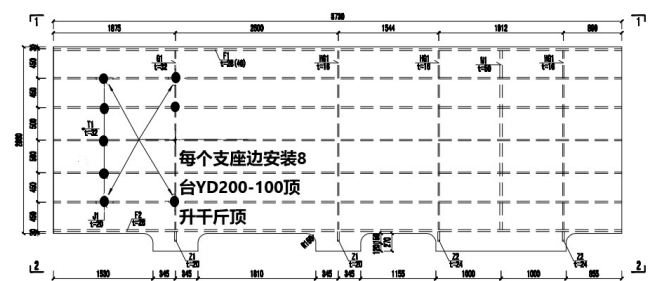


图3 辅助墩及边墩千斤顶布置图

（三）支座上钢板的更换和调整

钢梁顶升到位后，钢梁的荷载全部转换至千斤顶上，将原支座上钢板取出，将支座面及梁底清理干净，安装新支座上垫钢板或者调整好上垫钢板（不需要更换的），通过收回千斤顶将荷载转换至支座上。

（四）施工工序

1. 千斤顶安装

（1）梁底与盖梁（墩顶）之间安装千斤顶

安装前首先将千斤顶工作范围内的混凝土面打磨平整。为了防止顶升过程中应力过于集中对钢梁底或墩顶混凝土造成损伤，需在千斤顶两端垫设应力分布钢板，其厚度根据千斤顶安放后剩余空间设置，钢板不宜太薄。

（2）钢支撑—千斤顶—顶升力系

如顶空后，更换支座上钢板，需要长时间作业，则需要增加钢支撑垫块作为保护墩措施，钢支撑垫块需要足够的刚度，以保证更换期间梁体不会发生突然下沉。其次钢支撑安装后要检查其竖直度和稳定性，确保钢支撑两端分别与梁底钢板、墩顶混凝土面有良好的密贴，避免出现受力后支撑失稳现象。

2. 伸缩缝清理

顶升千斤顶就位后，需要对顶升段两端桥梁伸缩缝内是否有妨碍顶升位移的杂物进行排查清理，如果伸缩缝里有混凝土等杂物，顶升前必须予以凿除并清理干净。

3. 控制系统

本工程采用一台液压油泵通过9通阀带8台千斤顶的控制策略，通过顶力及钢板尺测量千斤顶行程相结合的控制方法。根据钢梁的荷重，利用千斤顶平稳精确地顶升钢梁，顶升过程中应注意桥梁受到的附加应力应后下降至最低，同时根据液压千斤顶分布位置分组，与相应的钢板尺组成位置闭环，以便控制桥梁顶升的位移和姿态，同步精度为±2.0mm，以保证顶升过程的同步性，保证顶升期间梁体结构安全。



图4 顶升系统连接示意图

4. 试顶升

为保证施工顺利，验证整个顶升系统的工作状态可靠性和对称重结果验证，需要在正式顶升之前，做顶升高度为5mm的试顶升工作，并在试顶升过程中详细记录结构位移、整体姿态等情况并加以分析，为后期正式顶升提供依据。

5. 正式顶升

如果试顶升正常，则可以进行正式顶升，液压千斤顶最大行程为100mm，每次顶升标准行程为100mm，最大顶升速度为10mm/min。根据现场实际情况、支座位置，钢梁顶升高度控制在10mm、顶升到位后采用钢板进行支垫、进行支座更换。

过程控制：顶升期间应确保钢板尺的位置同步误差不大于2mm，如果钢板尺的位置同步误差大于2mm，或任一缸压力误差出现大于5%，则立即关闭控制系统中的液控单向阀，保证梁体结构安全。支座上垫钢板更换完成以后，待荷载全部转换至支座上以后，方可撤离千斤顶。

6. 支座更换

主塔支座更换利用原下横梁施工平台进行操作施工。边墩支座更换利用检修平台进行操作施工。辅助墩支座更换利用登高车进行操作施工、施工人员通过登高车到达作业面。

二、钢梁顶升与支座更换技术研究

（一）钢梁顶升技术

1. 钢梁顶升原理

钢梁顶升是利用力学原理，通过施加力和调整支撑点来实现钢梁的垂直升降的技术。主要原理包括杠杆原理、机械传动原理和支座移动原理。杠杆原理通过施加垂直向上的力使梁体倾斜，再通过杆件支撑和固定实现顶升；机械传动原理利用螺旋千斤顶、液压千斤顶等设备产生力矩实现钢梁的顶升；支座移动原理通过调整支座位置和高度来实现顶升和调整。这种技术需要严格控制顶升力的大小和方向，以确保施工安全和钢梁结构的稳定性。

2. 钢梁顶升设备与工具

钢梁顶升过程中，关键的设备和工具包括千斤顶、支撑系统和定位工具。千斤顶分液压和螺旋两种类型，用于施加压力，确保钢梁安全顶升和调整。支撑系统由钢架、调节杆和螺栓组成，提供必要的支撑力和稳定性。定位工具如定位板和定位销用于精确确定钢梁的位置，确保顶升准确稳定。此外，还需要扳手、吊索具和测量仪器等常用工具来辅助顶升作业。选择适当的设备和工具根据具体工况和需求，关乎施工的安全性和效率。顶升技术的成功执行离不开这些设备和工具的支持，确保工程顺利完成。

（二）支座更换技术

1. 支座更换原因

支座是桥梁结构中起支撑和传递荷载作用的重要组成部分，而支座的损坏或老化可能导致桥梁的结构不稳

定和使用安全性的降低。长期使用后，支座的橡胶垫片和摩擦材料可能会老化，减少其功能和使用寿命。此外，由于桥梁的荷载和温度变化，支座摩擦材料的磨损程度也会增加。桥梁受到外部因素（如地震、车辆碰撞等）的影响时，支座可能会发生破裂或变形。这种情况下，支座需要更换以恢复桥梁的结构稳定性。在桥梁设计和使用中，可能会发现原有支座设计与实际需求不匹配，需要更换支座来适应新的设计要求。

2. 支座更换方法

支座更换的方法多样，选择适当的更换方法能够确保支座更换的安全和有效。对于较小的支座更换需求，可以直接拆下旧的支座，并按照设计要求重新安装新的支座。这种方法适用于支座更换较为简单和局部的情况。对于大型桥梁或需要更换多个支座的情况，可以使用起重设备（如吊车、起重机等）将整个桥梁或部分钢梁举起，然后逐个替换支座。这种方法适用于支座更换较为复杂和数量较多的情况。在一些特殊情况下，原有支座可能无法彻底更换，此时可以通过加固和补强手段，提高支座的使用寿命和稳定性。

3. 支座材料选择

支座的材料选择对于支座更换技术的成功至关重要。常见的支座材料包括橡胶材料，橡胶材料因其具有较好的弹性和缓冲性能，被广泛应用于支座的制作。橡胶材料具有良好的抗老化和耐磨性能，可确保支座的使用寿命和稳定性。金属材料（如钢板、钢板弯曲等）常用于支座的摩擦层，用于支撑和传递荷载。金属材料具有较好的结构强度和稳定性，能够承受较大的荷载。聚合物材料可以用于支座的密封层，防止水分和杂质的进入，保证支座的工作效果和寿命。在选择支座材料时，需要根据支座的使用环境和工况，考虑材料的强度、耐磨性、耐候性、耐化学腐蚀性等因素，以确保支座更换的效果和使用寿命。

（三）施工工艺技术

1. 钢梁顶升方式

钢梁顶升根据不同的需求和实际情况，可以采用多种顶升方式。常见的钢梁顶升方式直接顶升法：将千斤顶或液压顶升器直接放置在钢梁下方，通过施加力推动钢梁向上或向下顶升。这种方式操作简单，适用于小范围的顶升需求。分段顶升法：当需要顶升较长的钢梁或整个桥梁时，将钢梁分为若干较短的段，分别进行顶升，然后逐段拼装。这种方式能够减小顶升力和变形，保证顶升的稳定性和安全性。组合顶升法：在一些特殊情况下，如不同吊点重心不同或需要调整钢梁的倾斜角度时，可以使用多个千斤顶或液压顶升器进行组合，进行精确的顶升和调整。钢梁顶升方式可根据具体需求和条件进行选择，选择合适的方式能够提高施工效率和顶升的准确性。

2. 千斤顶的选用、配置及分组

千斤顶作为常用的顶升设备，在钢梁顶升过程中起

到重要的作用。在选用、配置和分组时，需要根据钢梁的重量和要求选择合适的千斤顶。要根据钢梁的重量和顶升高度选择千斤顶的额定承载力和升降行程，确保千斤顶能够满足顶升需求。根据钢梁的长度和结构特点配置千斤顶，大型钢梁需要配置多个千斤顶，合理分布在不同位置，确保均匀施力和顶升的稳定性。根据施工条件和现场情况分组使用千斤顶，根据工程的具体情况，将千斤顶分成若干组，每组千斤顶联动工作，以提高施工效率和顶升的准确性。千斤顶的选用、配置和分组需要根据钢梁的重量、长度和施工条件来进行合理设计，以确保顶升过程的安全和施工的顺利进行。

3. 支座上钢板的更换和调整

在进行钢板更换和调整时，先拆除旧的支座上的钢板，注意安全施工，避免对支座和结构造成不必要的损坏。测量支座上钢板的尺寸和位置，根据设计要求和现场实际情况，确定新钢板的尺寸和调整方案。根据测量结果，制作新的钢板，在支座上进行安装，确保稳固和与周围结构的配合。支座上钢板的更换和调整需要仔细测量和精确操作，以确保支座结构的稳定性和桥梁的使用安全。

4. 主要施工工序

进行钢梁顶升准备，包括确定钢梁顶升方式、选用适当的顶升设备和工具，并进行现场勘测和施工准备工作。进行支座更换准备，包括确认支座更换原因和选用适当的材料和设备，为支座更换做好前期准备工作。开始钢梁顶升和调整工作，根据顶升方式进行操作，确保钢梁的安全和稳定。进行支座更换和固定，按照支座更换方法进行操作，并将支座和钢梁固定在合适的位置，确保支座的稳定和桥梁的结构完整。主要施工工序包括钢梁顶升准备、支座更换准备、顶升和调整、支座更换和固定等步骤，需要严格按照操作流程进行，确保施工的安全和质量。

结语

通过对钢梁顶升原理、设备与工具、支座更换原因、方法和材料选择等方面的介绍，以及钢梁顶升方式、千斤顶的选用和配置、支座上钢板的更换和调整等主要施工工序的分析，可以为桥梁维修提供一定的参考。进一步的研究和实践将不断推动主桥钢梁顶升与支座更换技术的发展，为桥梁的安全运行做出更大的贡献。

参考文献

- [1] 杨明, 陈畅, 王宗山, 张向和. 既有斜拉桥支座更换结构内力分析与对策[J]. 徐州工程学院学报(自然科学版), 2021, 36(04): 86-92.
- [2] 戴颖. 组合梁斜拉桥主梁悬臂施工过程的体系转换研究[D]. 长沙理工大学, 2021.
- [3] 任文辉. 银川滨河黄河大桥主桥钢梁顶推施工方案研究与创新[J]. 施工技术, 2018, 47(S4): 778-780.