

大吨位钢梁顶推施工永临结合顶推支墩创新设计

项进

中铁上海工程局集团第五工程有限公司 广西 南宁 530200

摘要：现代桥梁施工中连续钢箱梁桥应用越来越广泛，其主要架设工艺为顶推施工法，桥梁顶推施工跨径主要分布在80m以下，顶推支墩作为顶推关键辅助措施，其技术特点决定了顶推跨度的基本要求，设计需根据顶推跨径决定承载力与顶推支墩结构形式及数量，通常采用钢管支架形式作为临时顶推支墩，该工艺因承载力不足需投入临时支架数量多、施工成本高，本文结合柳州某大桥项目特点，为满足内河Ⅱ级航道净宽及不封航要求，通过研究，可以根据施工环境和施工能力设计大承载力顶推支墩，使桥梁顶推往更大跨度发展。

关键词：大跨度顶推；重载顶推支墩；永临结合；

引言：本文以某大桥主梁顶推施工为例，综合考虑采用水中桩基钻孔平台及栈桥桩基与永久墩身相结合，在水中钻孔平台施工完成后，联合作为顶推临时支墩的创新设计，该设计极大减少顶推支墩施工工期及数量，实现永临结合。

1 工程概况

主桥桥型为侗族风雨桥，结构体系为钢混结合钢构连续梁桥，是目前国内最大跨径等截面连续组合箱梁桥，主桥跨径布置为 $96+124+3\times 130+90=700\text{m}$ 等高连续组合梁桥，桥面标准断面宽46.6m，中墩墩顶处局部加宽至48.6m，等高双箱组合梁断面，梁高6.5m。钢箱主梁纵向为“两直三圆”线型，其中，含1段半径9000m圆曲

线、2段坡度为0.85%直线段及2段半径4500m圆曲线的复杂线型钢箱梁。

该桥梁采用多点步履式顶推施工工艺，顶推总重约为19000t，总顶推长度为692m，需顶推6跨，跨越主航道的最大跨度为130m跨。顶推临时设置完成后，在各顶推支墩设置多点式自平衡同步顶推步履式设备，确保双幅钢箱梁顶推同步性，箱梁顶部设置索塔形式解决大跨度作业时导梁及箱梁的下挠问题。通过迈达斯验算，在桥梁顶推至最大悬挑工况时，顶推支墩支反力最大，易发生结构屈服变形情况，造成质量事故。为保证在顶推至最大悬挑工况时顶推支墩满足受力要求，设计了一种永临结合顶推支墩体系，可保证受力结构安全稳定，节约大量材料。

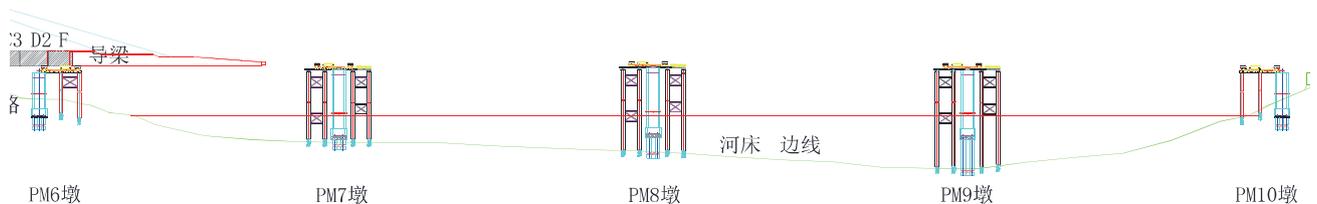


图1 顶推支墩纵断面布置图

2 结构检算结果

按最不利考虑，采用Midas对水中支墩结构、PM6临时支墩（PM10布置相同），进行受力计算，分别计算了三种最不利工况：一是步履设备起顶工况；二是步履设备最不利行走工况；三是落梁工况。

根据反力计算分析结果，当顶推至256m时，7#墩顶推支墩最大反力为51478KN；顶推至384m时，8#墩顶推支墩最大反力为48038KN；顶推至512m时，9#墩顶推支墩最大反力为46562KN。为满足以上反力需求，结合永久墩身对顶推支墩进行了设计，确保顶推过程基础安全、可靠。

3 技术要点

3.1 永临结合顶推支墩结构设计

利用主体结构墩身的大承载力，并设计临时支墩与主体墩身形成顶推支墩体系，其中临时支墩利用原钻孔平台钻孔桩+钢管立柱锚固入岩形式，锚固入岩5m，下放10m长钢筋笼，在钢管立柱上中灌注10m混凝土。临时支墩接高采用 $\Phi 1520\times 10\text{mm}$ 钢管柱作为立柱，每个支架设计16根钢管柱。钢管立柱间系杆采用 $\Phi 630\times 8\text{mm}$ 钢管进行连接，桁间采用 $\Phi 325\times 6\text{mm}$ 钢管柱进行焊接连接。横梁采用4拼I56a工字钢，纵梁采用特制的鱼腹式分配梁，支立在墩身和墩身两侧横梁上。

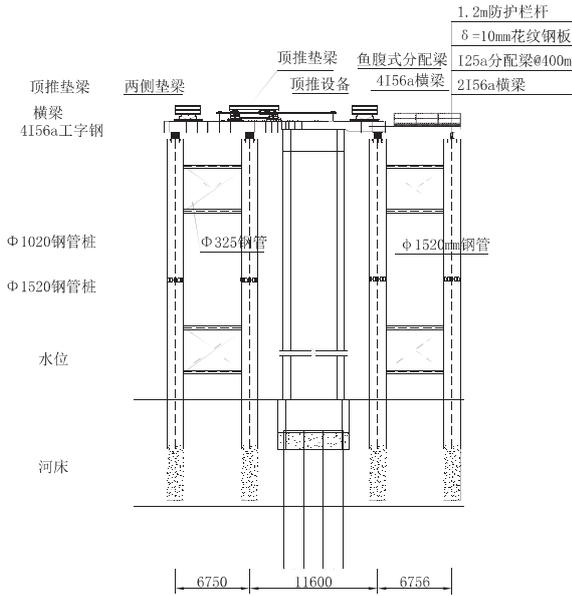


图2 顶推支墩侧视图

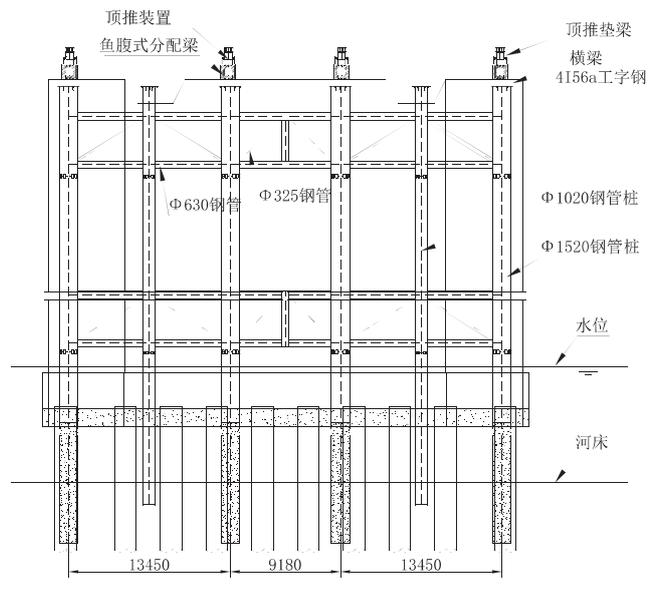


图3 顶推支墩正视图

3.1.1 原锚固桩取芯高压注浆

第一，采用取芯法验证原钻孔平台锚固桩的桩身混凝土强度、完整性、桩长、桩底沉渣厚度、桩底岩层性状等。根据相关规范要求，取芯深度至桩底以下5m。对于桩底5m范围内存在溶蚀地质情况，则需进行岩溶地质处理，采用灌浆加固岩溶基底。第二，利用高压水气送到需处理溶洞区下沉和上升反复的采用高压水气冲洗，将溶沟槽、溶洞中的泥、沙、土等软弱层冲洗干净，并结合气压将混浊的泥水从孔口或河床底缝隙排出，洗孔完成后主要采用强度等级为42.5级的普通硅酸盐水泥实施灌浆，灌浆中控制灌浆压力确定灌浆压力基本值为0.5MPa，可随着不同的深度在0.5~1.20mPa范围内做调整^[1]。

3.2 临时支架施工

第一，根据现场情况割除变形部分的Φ1520mm与

Φ1020mm钢管，钢管面切割后需抄平、打磨干净。然后进行标高测量，抄平后根据实测标高进行钢管立柱下料；后进行Φ1520×10mm及Φ1020×10mm钢管立柱吊装；吊装顺序为自上游往下游，同步进行立柱间联系杆件的安装；第二，钢管对接时下部钢管安装限位板调整倾斜度，再经过铅锤吊线检查倾斜度 ≤ 2‰后方可施焊；第三，钢管立柱对接焊缝为对接熔透焊缝，钢管立柱对接完成后，打磨对接焊缝两边5cm范围内，便于超声波探伤；进行超声波探伤，确认焊缝检测满足II级要求后进行对接缝加劲；每道接缝采用12块10mm×30mm×16mm钢板加劲，加劲板与钢管立柱采用角焊缝满焊，焊脚尺寸 < 6mm。

3.3 鱼腹式分配梁施工

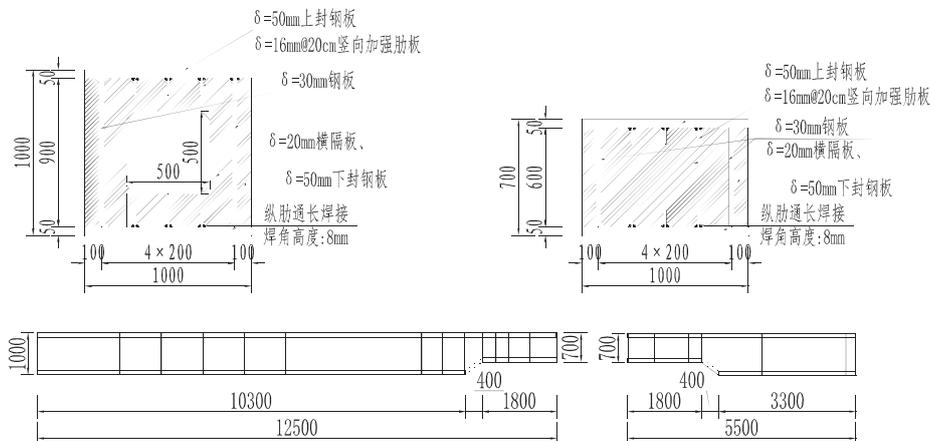


图4 鱼腹式分配梁纵梁结构

在顶推支墩立柱顶部，横桥向通长设置4156a工字钢横梁，在横梁上搭设鱼腹式分配梁滑道，鱼腹式分配梁采用Q345钢板，顶底板5cm厚，外侧两道腹板3cm厚，中间三道腹板2cm厚，横隔板按照100cm一道设置，变截面处加密；同时在永久墩墩顶位置高度为65cm，临时支墩位置100cm高的鱼腹式结构。支座垫石上垫钢板当做滑道一部分，纵梁在支座垫石处断开，立设在墩侧的立柱横梁上，与主墩预埋钢板焊接使梁体与主墩形成整体，采用汽车吊在栈桥平台上起吊拼接^[2]。

3.4 步履式顶推装置设置

钢箱梁顶推采用步履式顶推设备，每组顶推支墩顶放置4套步履式顶推设备，9组共36套顶推设备。步履式顶推装置包括四大结构三大系统：滑箱结构、顶升千斤顶结构、平移千斤顶结构、纠偏装置结构，液压泵站系统、分控制系统及总控系统。整套步履顶推设将传统的顶推顶、顶举顶、纠偏顶合为一体，具备将顶推、纠偏、落梁功能集于一体。各套步履式顶推装置由一套总控制系统进行集中控制。步履式顶推装置钢垫梁是支撑主梁的受力结构，上部放置2cm橡胶板或高密度木板，可以使主梁局部受力均衡；滑道焊有不锈钢板，与滑道上的滑靴构成滑移面。滑道两侧布置带导向轮的纠偏装置，既可解决顺桥向的导向问题，又可解决横桥向的调整问题；控制系统采用分布式计算机网络控制系统，由1个主控台（工控机+组态软件）、若干个现场控制器、若干传感器、若干数据线及控制线组成。

3.5 实施过程应力监测

在顶推支墩施工完成未受力之前，对支架布设下弦式应变传感器及沉降观测点，后将应变传感器接入无线采集箱，采集完成实时上传数据至顶推智能监控指挥系统，当任何结构应力接近上限值时，系统将提前预警，并显示具体位置，使过程中顶推支墩受力可控，全方位保证顶推施工的安全性，降低施工风险。

4 关键技术实施成果

4.1 体系组成

本设计利用现有的桥梁永久墩，在永久墩外侧增加临时支墩，同时采用分配梁将永久墩和临时支墩连接为一整体，形成依墩支架体系，使得顶推支墩具有很好的结构稳定性，降低了施工的安全隐患，提高了施工的质量。

4.2 既有结构利用

本设计利用钻孔平台的锚固桩进行接高，用于继续搭建临时支墩，如此节约了临时支墩的施工时间，同时

也避免再次钻进裸岩喀斯特地貌溶蚀地质桩基的困难及避免对原河床造成更多的扰动，降低了施工难度，还能保证临时支墩的施工稳定性。

4.3 鱼腹式分配梁设计创新

分配梁设计为永久墩柱侧截面高度较小，钢管立柱侧截面高度较大，呈截面线性渐变的鱼腹式，既保证了结构的安全稳定性，又预留出了狭隘空间下足够的作业空间，提高了施工效率^[3]。

结论

通过外形检查及数据分析，利用施工前设置的位移沉降观测点及应变采集装置，在施工中进行全过程监测，通过数据分析统计，主墩测试断面应力和工况间应力变化与理论计算比较吻合，实施过程中承受最大竖向支反力54000kN，结构稳定性良好，满足顶推长度为692m、总重量为19000t的钢梁顶推需求。

本项目为国内最大跨径的桥梁顶推工程，采用顶推支墩永临结合设计，大量减少了水中顶推支墩的投入使用，同时支架体系采用既有钻孔平台接高形式，大量减少喀斯特裸岩地质钻孔桩的施工，避免了对柳江的污染，保证了工程进度、施工安全，降低了施工成本，总结出一种可靠的适用于大承载力支架的施工结构，具有在同类施工中大规模推广应用的價值，将带来巨大的社会效益。



图5 130m跨度永临结合顶推支墩实施图

参考文献

- [1]贺红星;邓运生;谢卫;袁达;张晋华.钢桁梁顶推临时支墩选型和设计.2022年全国工程建设行业施工技术交流会论文集(下册).2022-06-28.
- [2]陈乔楠;祁晓颖.不通航水域步履式多点顶推临时支墩稳定性分析.中国水运(下半月).2022-05-03.
- [3]程桂芝.柳州双拥大桥50m高柔性顶推支墩设计与施工.上海建设科技.2017-02-21.