

文章编号: 0451-0712(2001)03-0010-04

中图分类号: U445.462

文献标识码: B

预应力连续梁顶推技术的成熟

杨沪湘¹, 陈湘林²

(1. 湖南省交通规划勘察设计院 长沙市 410011; 2. 湖南省公路桥梁建设总公司 长沙市 410004)

摘 要: 以岳阳洞庭湖大桥副孔 10×50 m 连续梁为例, 介绍顶推连续梁的设计与施工。**关键词:** 预应力宽箱梁; 自动连续顶推

1 设计

1.1 概述

岳阳洞庭湖大桥位于湖南省岳阳市洞庭湖口, 距长江仅 2 km, 是建设中的湘北干线上的一座大型桥梁, 大桥全长 5 784.50 m, 宽 20 m, 桥位处主河槽常水位宽约 1 400 m, 由主孔 880 m 三塔斜拉桥及副孔 10×50 m 顶推连续梁跨越。

岳阳洞庭湖大桥主桥设计主要考虑以下因素: 桥位处于洞庭湖入长江的咽喉地段, 通航泄洪尤其重要, 水利部门要求在主河槽内布置跨径 300 m 左右的主孔, 副孔尽量采用大跨径; 桥位区域内地震裂度为 7 度, 因此必须考虑结构抗震; 岳阳市为历史文化名城, 旅游观光胜地, 主桥与副孔的结构型式须与岳阳楼、君山及烟波浩渺的洞庭湖景观协调。根据以上控制条件, 综合考虑桥型新颖美观、技术先进、施工方便等因素, 确定主桥为三塔斜拉桥, 配副孔 10×50 m 预应力连续宽箱梁。

近年来, 我省采用顶推法建成了近 20 座特大桥梁, 并成功地施工建造了斜拉桥和系杆拱桥, 使顶推法的设计与施工工艺更趋完善。由于顶推法施工具有占用场地少, 对桥下通航及交通干扰小, 设备简单, 施工安全, 外表美观, 造价低等优点, 被国内、外广泛采用, 已成为当代桥梁施工的先进技术之一。随着国内交通设施的高速发展, 人口众多与耕地减少的矛盾日益突出, 由于顶推法施工的显著优点, 将成为中等跨径桥梁的首选方案。

岳阳洞庭湖大桥顶推连续梁还具有其显著的特点: 桩基长、桥墩高, 全断面宽箱梁顶推, 箱梁每延米重达 350 kN。单跨 50 m 和全桥 500 m 的顶推长度,

使设计和施工都具有一定的难度。

1.2 箱梁的下部构造

根据岳阳洞庭湖大桥的地质情况, 桥墩基础全部采用钻孔灌注桩, 桩基嵌入基岩微风化层。为了减少主河槽的阻水面积, 并与自然景观相协调, 每个桥墩采用 2 根桩基, 并取消承台, 只在墩顶设置横系梁。

桩基直径为 280 cm, 25 号混凝土。桥墩采用双柱式圆柱墩, 墩柱直径为 220 cm, 30 号混凝土。墩顶系梁高 200 cm, 系梁上设置水平顶推千斤顶, 顶推就位后, 系梁还需与墩柱共同承受落梁时的竖向反力。这样的基础和下部构造形式, 桩基总数少, 基础和立柱直接支承箱梁支座, 没有受弯结构, 受力分明, 河床阻水面积小, 特别是给施工带来了很大方便, 除汛期外, 常年能够进行基础和下部构造施工, 减少施工投入。箱梁下部构造见图 1 所示。

1.3 箱梁的截面尺寸

箱梁宽 20 m, 设计采用单箱双室或多室是较为理想的断面型式, 但采用顶推法施工, 单箱双室或多室会增加上部结构的自重, 且模板数量增多, 箱梁预制麻烦, 工期相应加长, 因此箱梁设计采用单箱单室的宽箱梁截面。

由于在顶推法施工中, 箱梁的正、负弯矩交替出现, 箱梁必须具有足够的刚度才能抵抗顶、底板交替出现的拉、压应力。因此, 顶推箱梁在保证腹板具有足够的抗剪强度和满足主拉应力的条件下, 减少腹板的厚度, 增加箱梁高度, 这样就可做到在不增加箱梁自重的条件下, 提高箱梁的抗弯刚度, 减少预应力束, 达到节约的目的。本桥箱梁高度为 340 cm。

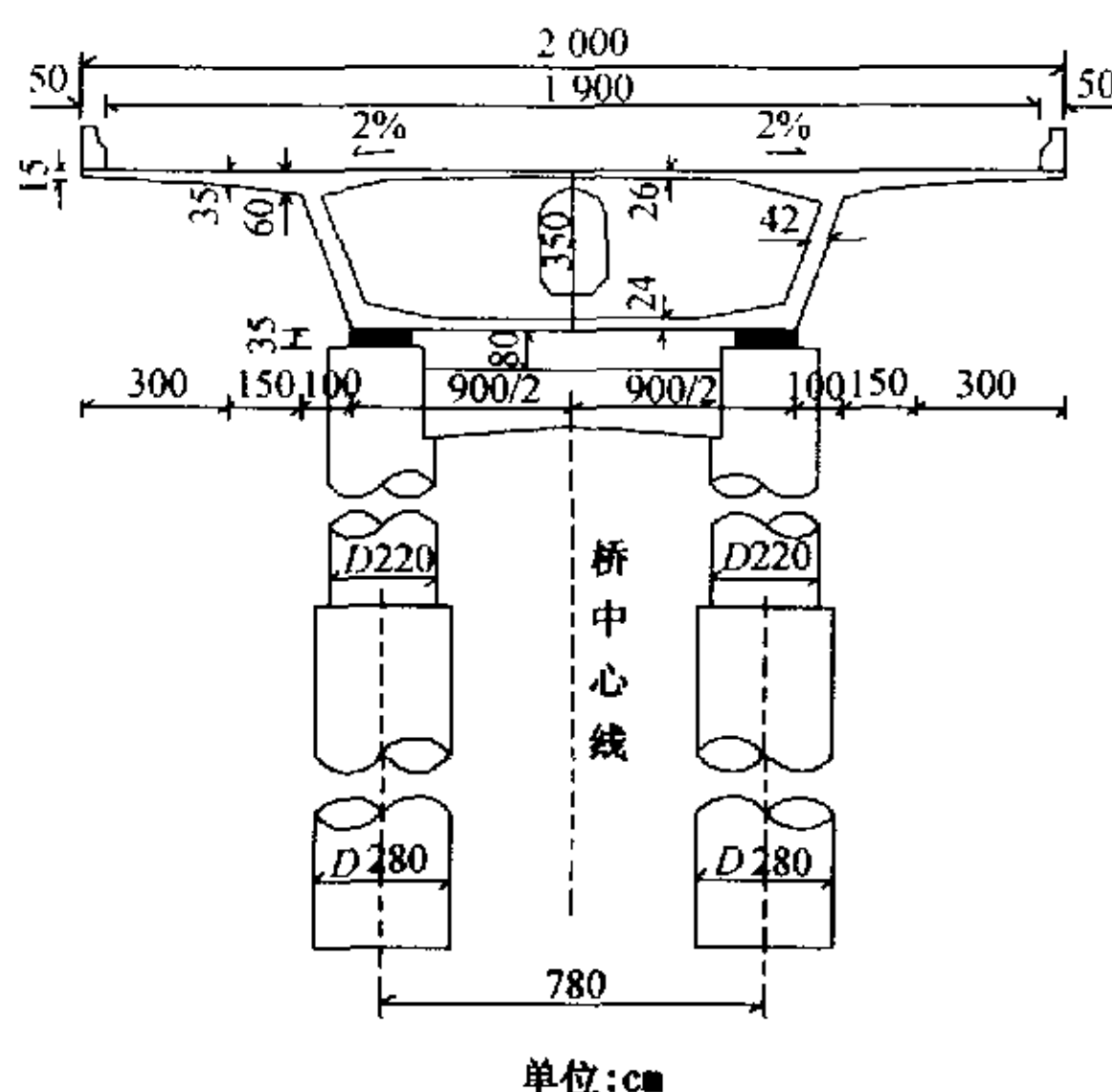


图 1

为了保证工期,全桥共分 21 个节段预制顶推,第 1 段和第 21 段箱梁长为 12.5 m,其余 19 段箱梁长均为 25 m。这样分段,施工缝错开了在最不利截面接头,使箱梁质量有保证。

箱梁的纵向和横向计算均简化为平面杆件,用“公路桥梁综合计算程序”在微机上模拟施工过程和营运状态进行分析计算。确定箱梁采用三向预应力体系:纵向和横向均采用低松弛钢绞线,纵向配 7 Φ 15.24,横向配 2 Φ 15.24;竖向腹板内采用 Φ 32 mm 精轧螺纹粗钢筋。

在箱梁顶板配置 28 束、底板 20 束 7 Φ 15.24 的纵向通束,以抵抗顶推过程中箱梁交替出现的正、负弯矩,在第一、二段箱梁顶板还加配了 10 束 7 Φ 15.24 的临时束。顶推就位后,在支座处箱梁顶板和跨中底板各加配 8 束和 12 束 7 Φ 15.24 的后期束。为了减少前期预应力通索联接对箱梁断面的削弱,加快箱梁的施工进度,减少后面拖通束的干扰,将顶、底板通束分别修改为 24 束和 18 束 Φ 7 的高强钢丝,采用 DM7-36 的镦头锚张拉连接,这样不仅降低了造价,而且缩短了工期,取得了较好的经济效益和社会效益。

1.4 箱梁的加强构造钢筋

采用顶推法施工的连续箱梁,在过去有很多开裂的教训,开裂主要表现为纵向裂纹,分布在箱梁底板两边承托部位及箱内腹板与底板转角处。本桥为宽箱顶推,开裂的可能性更大,为了防止箱梁开裂,采取加强箱梁本身的构造钢筋,在箱梁腹板和底板

相交处,采取立体三向布筋,除了常规的构造钢筋外,增设了斜向、竖向的构造钢筋,形成一个强大的钢筋网络,以抵抗顶推过程中的复杂的应力。另处,在梁段的两端接头的纵向 1 m 范围内,增设一定数量的架立钢筋,加强底板、腹板、顶板的两层钢筋的连接,增强箱梁的整体性。增加的钢筋数量很少,但起到了明显的效果。

2 施工

2.1 预制场的布置

顶推预制台座设在 0 号桥台后面的引桥范围内,在 0 号台~1 号墩之间,第一孔 50 m 的范围作顶推的过渡孔,并设置两个临时墩,顶推预制场纵向布置见图 2。

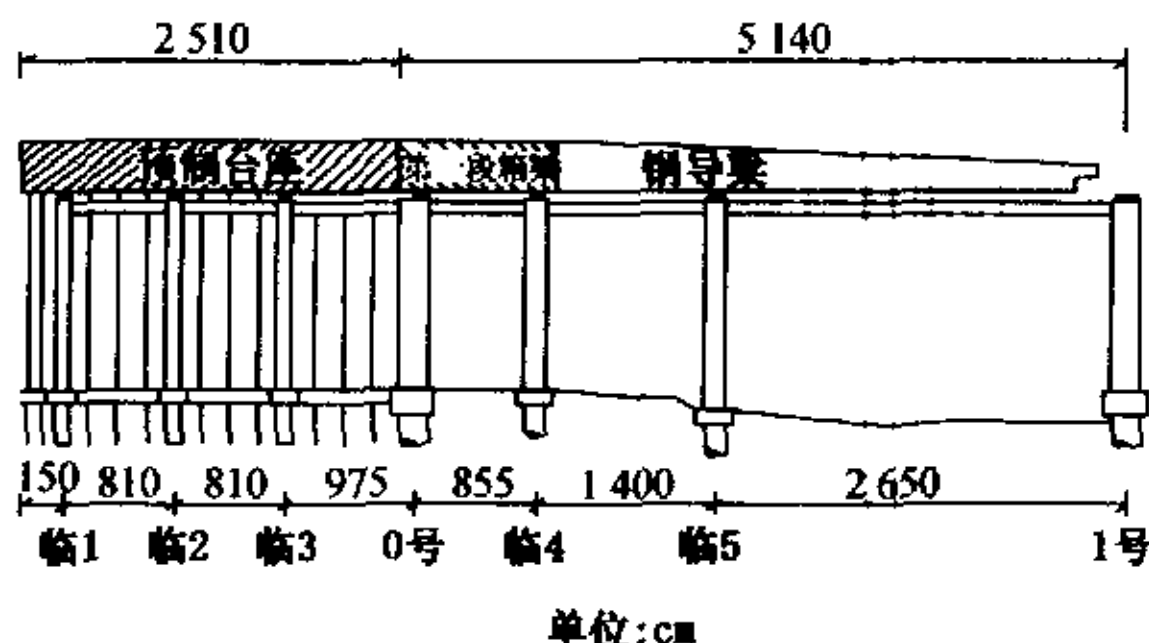


图 2

由于地基软弱,预制台座范围内,采用沉管灌注桩,每 4 根小桩用钢筋混凝土小承台连成整体,在承台上立钢管柱,搭设预制平台,支承预制模板。预制台构造见图 3。

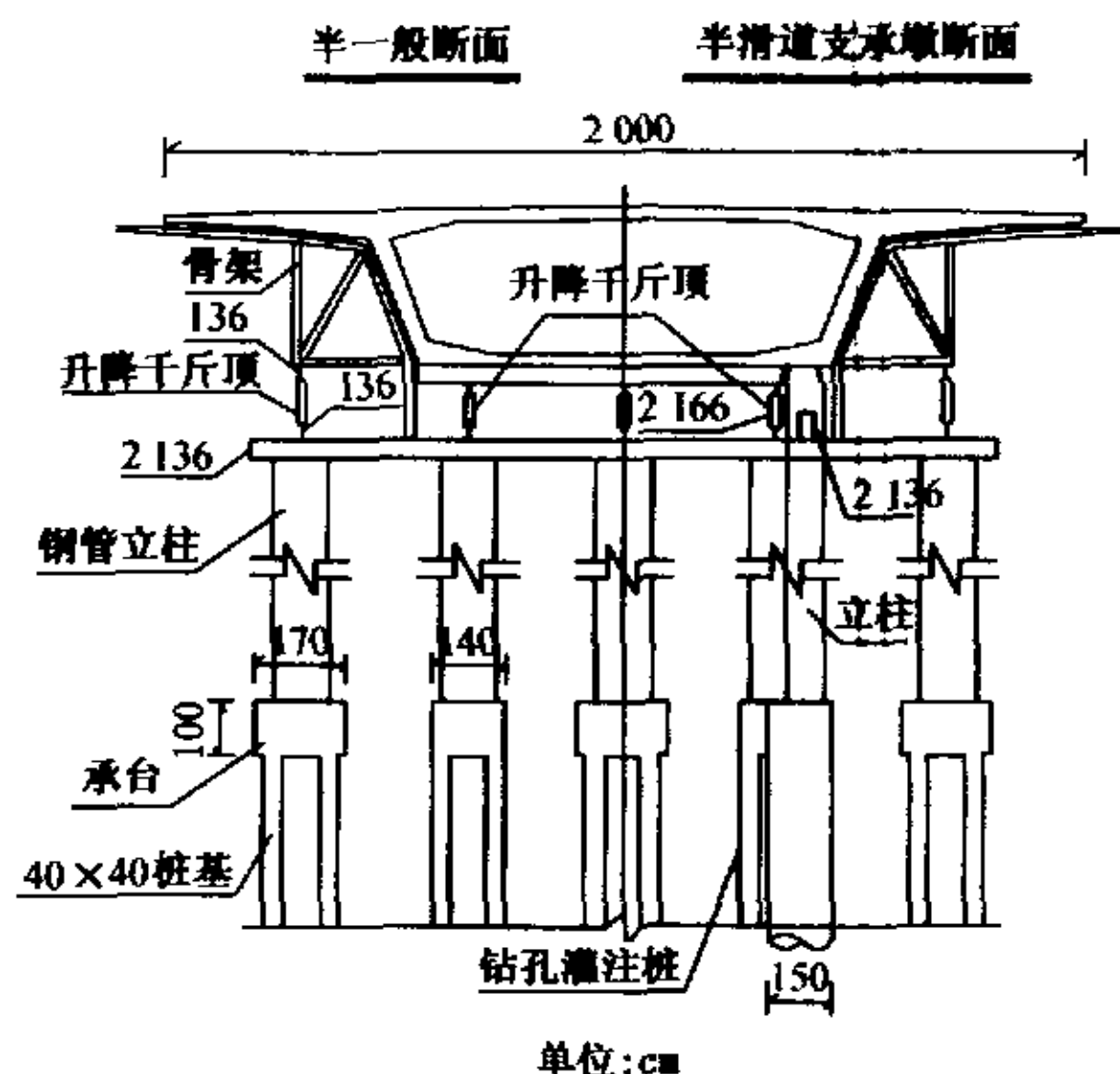


图 3

预制台座范围内的滑道支承墩,以及过渡孔的临时墩的基础,都采用直径为1.5 m的钻孔灌注桩,嵌入强风化岩层,墩身为钢筋混凝土圆柱,这样所有顶推滑道墩与永久墩一样,有足够的强度和刚度。

预制台座范围内的滑道支承墩,过渡孔中的临时墩以及0号台和1号墩,纵向用钢管连成整体,并在临5号和1号主墩上安装了水平千斤顶,使顶推时水平千斤顶的顶力与梁自重引起的滑动摩阻力互相平衡。

这样的纵向布置,综合了地形条件和地质条件,不影响防洪大堤的防汛、行车功能,又少占引桥位置,尽量使顶推预制场向前靠,既能减少顶推工作量,又可使箱梁逐步由小跨径过渡段顶推到标准跨径,保证梁段的接头平整,顶推时滑动摩擦力小。

2.2 钢导梁

考虑到加工专用宽箱梁顶推的钢导梁,以后重复利用的机会很少,没有另外加工新导梁,利用现有50 m跨径的旧导梁。导梁长34.39 m,梁高3.28 m,为变高度实腹钢导梁。这种钢导梁在过去顶推使用过程中,有相当大的安全储备,为了慎重起见,重新进行了强度验算,基本上满足要求,使用时采取了以下补强措施:

(1)导梁根部12 m左右受力最大,应保证其有效截面。在接头薄弱处,增设补强钢板,导梁顶面适当加高。

(2)加强钢导梁与箱梁的连接,锚固预应力筋在箱梁内错位锚固,避免同一断面预应力差值过大而造成箱梁开裂。箱梁与导梁接头部位,在锚固端面焊水平面的加劲钢板,将应力扩散到导梁的承力板上。

(3)箱梁底板宽9.0 m,两主梁间的横向联系采用钢管,取代了常规的型钢,加强了两片主梁之间的整体联系。

(4)梁段顶推到位后,导梁有两种停止受力状态:一种是导梁大部分搁在主墩上,另一种是12 m的箱梁和导梁顶过主墩,处于悬臂,导梁前端离主墩约4 m。为了避免箱梁和导梁长时间处于悬臂状态,在导梁前端加焊了4 m长的工字钢使导梁伸长到主墩上,提早迎接上桥墩,这样明显改善钢导梁及主梁的受力状态。

2.3 顶推滑道与滑板

在过去的顶推施工中,使用的滑板为桥梁上常用的“聚四氟乙烯橡胶滑板支座”,使用过程中损坏

现象相当严重,造成箱梁底板应力集中,甚至导致箱梁开裂,增加了顶推的摩阻力,影响顶推的顺利进行,增加了施工费用。

事实上,顶推中滑板与桥梁滑板支座受力情况大不一样。作为桥梁滑板支座,承压应力小,温度升降引起的纵向滑移速度相当缓慢,滑移量很小,滑动摩阻引起温度升高很小。而作为顶推滑板,由于墩顶尺寸、滑道尺寸受到限制,承压应力大于施工规范的容许应力,再有由于施工误差,滑道表面有杂质侵入,滑板在滑道板上滑移量大,速度快,摩擦引起接触面温度升高,滑板受到剪切作用大,滑板周转次数多,造成滑板损坏相当严重。

本桥顶推箱梁在桥墩上滑动的自重达17 500 kN,仅由两个滑道支承,设计滑道尺寸为190 cm×100 cm。总结过去顶推滑道的经验教训,结合本桥宽箱梁自重大的特点,合理地确定滑道和滑板是顶推施工的关键技术问题。

严格控制滑道板顶面的标高误差。滑道板进口坡度全部采用抛物弧曲线,保证滑道板表面的光洁度,确保箱梁底板的平整度,保证底模刚度,控制顶推的速度不宜太快,对滑板采取润滑和降温措施。

经与生产厂家共同研究,最后确定滑板构造方案为:

(1)滑道外型尺寸,因滑板横向宽45 cm,滑道横向宽90 cm,因此滑道横向并排塞入两块滑板。纵向长度由原来的20 cm改为16 cm,以减小纵向剪切角度,厚度仍为2.4 cm,用来调整滑道标高与梁底不平的施工误差。

(2)滑板的聚四氟乙烯板采用3 mm厚。四氟板通过中间过渡层即薄层橡胶再与钢板粘接。钢板表面增设齿形条,以提高剥离强度,粘结剂采用高强材料。橡胶层中夹由三层3 mm厚的钢板。钢板表面打毛,以增强与橡胶的粘结力。滑板的橡胶成分,在保证强度的前提下,要求有一定的压缩变形,用变形来调整滑道与梁底的误差,使压力均匀。

合理地周转使用滑板。因为靠近预制场的滑板工作时间为最长,而前方桥墩的滑板工作时间逐步缩短。将工作时间长的滑板,工作一段时间后更换出来,最后共同参与,使所有的滑板工作时间基本相等,这样滑板总的损坏明显减少。

2.4 箱梁顶推

由于本桥桩基深,桥墩高,箱梁宽,自重大,每延米梁重达350 kN,500 m长箱梁顶推有相当大的难

度,因此设备及工艺上主要解决了以下问题:

(1)研制了新的顶推设备。根据梁的重量,要求每个桥墩横向安装两组 100 t 的连续顶推千斤顶。为了使横向两组千斤顶出力均匀,不产生横向偏转,与生产厂家共同研制了新型顶推油泵。即一台油泵向两组千斤顶同时供油。新油泵由两套独立的泵体油路组成,仍采用电磁阀控制双油路交替工作,要求供油量大,能满足两组千斤顶的工作速度,并保证故障少,工作性能稳定。千斤顶受力端设置了弧形面固定在桥墩上,相当于设置了一个球铰,这样桥墩上的千斤顶与拉锚器之间允许有一定角度的偏转。每个墩上两组千斤顶安装在桥轴线附近拉箱梁的底板,使箱梁在顶推过程中,横向偏移的力很小。拉锚器的设置,即在梁底板上倾斜两索预应力管道,在箱梁内底板上安装锚垫板,底板局部予以加强,钢绞线拉索在箱梁内用 9 孔夹片群锚锚具固定,从底板下伸出来并垫一个分索块,分索块将拉索与梁底垫出一定的高度,使拉索与千斤顶中心同心,并将 9 孔拉索分理清楚,一一对应穿过千斤顶上自动工具锚,完成连续顶推过程中夹紧和放松动作。这样的拉锚器构造简单,牢固可靠,成本低廉,拉锚器位置更换相当方便,施工人员劳动强度大大减小。

(2)顶推控制系统的简化与新的施力分配原则的确定。

在过去多点柔性墩顶推中,提出“分级调压,集中控制”来达到顶推施力同步,因控制系统过于复杂,设备故障频繁,实际上达不到预期效果,梁呈爬行状态在桥墩上滑动的现象很难克服。事实证明,想在设备控制上达到对梁顶推施力同步,是很难实现的,也是没有必要的。

为了保证顶推顺利及桥墩安全,顶推施力控制进行了如下简化:预先假定一定的摩阻系数(0.05~0.06),根据各个墩上的垂直荷载,确定该墩水平千斤顶的施力大小,在总的顶推力略大于摩阻力的前提下,动摩擦和静摩擦之差不足的力,由预制场前主力墩上水平千斤顶,来补充调节。钢导梁前墩及主力墩上水平千斤顶,都采用人工手动随时调节,控制顶

推滑动的速度不宜太快,太快了说明顶推力大于摩阻力太多,而有可能某一桥墩上水平千斤顶出故障停止工作,但由于惯性梁仍然滑动,因此会威胁该桥墩的安全。当梁出现爬行状态滑动的现象,即重新进行施力分配,全桥多台千斤顶工作,仅在一组千斤顶上安装了行程开关,达到控制全桥千斤顶工作和回程的连续接力作业。

(3)设置桥墩纵向联结措施。在顶推过程中,总担心桩基深,桥墩高,梁又重,顶推的起步和停止时,由于梁的滑动惯性,会导至桥墩纵向位移偏大。为此,从 1 号墩起,随着顶推的前进,逐步将桥墩之间用钢绞线、夹片锚具,张拉了两根拉索,作为控制桥墩纵向位移的联结措施。这两根拉索一就两用,又同时作为顶推中更换拉锚器位置的挂篮滑动的承重工作索。

由于采取了这一措施,控制了墩顶纵向的来回摆动,避免了顶推过程中由于各种原因造成梁呈爬行状态滑动的现象。这种措施简单易行,花费不大,却解决了顶推施工中梁爬行的难题,这是多点柔性墩顶推施工中一个重要发现。

3 结语

岳阳洞庭湖大桥 10 孔 50 m 连续梁顶推施工已经全部完成。在整个施工过程中,对梁体关键截面进行了埋片测试,测试后的结果与设计数据基本相符,箱梁没有发现任何裂纹,说明设计中的处理方案都是可行的。整个箱梁施工过程相当顺利,一般 12 d 一个施工周期。实践证明,预制场院布置合理,钢导梁工作状态正常,滑板、滑道使用情况良好,顶推设备使用性能稳定,顶推时间一般都在 4~6 h 完成,特别是克服了顶推的技术难题即梁的爬行。箱梁外表美观,梁整体线型流畅,下部构造与箱梁外型显得匀称,顶推箱梁与主桥三塔斜拉桥相接协调。岳阳洞庭湖大桥 10 孔 50 m 顶推连续梁的设计与施工,标志着顶推技术的进一步成熟,这种桥型在我省仍有相当广阔的推广势头。