

文章编号: 0451-0712(2005)10-0006-04

中图分类号: U415.6

文献标识码: B

# 以技术创新求发展 促进施工技术进步

张晓东

(路桥集团第一公路工程局天津工程处 天津市 300451)

**摘 要:** 衡枣项目通过技术创新活动开发了许多有价值的施工方法,这些技术成果的取得,正是衡枣建设者两年来孜孜以求的目标,在这一过程中,我们始终坚持“科学技术是第一生产力”,始终如一地坚持技术进步,致力于将公司施工能力及施工水平不断向更高水平推进。

**关键词:** 技术创新; 技术进步; 新技术; 施工实效

中国已经加入了WTO,入世后给我国传统建筑业不可避免地带来了冲击,同时将为提高建筑业的整体管理水平和技术等级提供巨大的企业发展和技术进步的机遇。我局作为公路交通建设行业中的主力企业,1980年开始按市场规则进入国际建筑承包市场,1987年以后在国内,也主要以投标形式来承接施工任务。回顾改革开放20年来总公司发展中面临的机遇与挑战,作为企业的一员,我们深刻地体会到:施工企业要想在日益激烈的市场竞争中求得生存和发展,必须加大技术创新的力度,用技术保证企业在质量和成本上的优势,坚定不移地走科技兴企之路,或者说要依靠企业的管理、技术等软件质量走内涵式的发展道路。

技术创新不是一般意义上的技术的概念,而是一种新的发展观。企业通过科技体制的改革、运行机制的完善、人才工程的构筑、技术开发与技术应用的有效结合、技术与企业管理和经济效益的有机结合,营造企业新的经济增加点,从而达到满足市场需求、抢占市场份额,满足企业利润最大化的目的。

技术创新可分为两部分,即:(1)科学上的新发现和某种技术的完善,新工艺的研制、开发;(2)已有技术及其原理的移植利用和数种技术的综合配置和利用,从而产生新的效果。在国际上,把综合配置称为创造,其价值在许多情况下并不低于单项技术研制和开发的成果。建筑行业作为我国国民经济发展的支柱产业,历史悠久的富具传统,对已有技术的综合配置和利用,或称作综合技术开发利用,应得到施

工企业的优先考虑和重视。对施工项目而言,技术创新追求的是保证安全、提高质量、缩短工期、降低成本、提高效益、增强市场竞争力。

衡枣项目是我处进入湖南市场后承担的施工难度比较大的项目之一,工程投标价1.05亿元。工程所在地带为红砂岩广为分布的丘陵地区,山高水深,鱼塘沟壑纵横,有高填方、深切方、软基处理、爆破施工、红砂岩路基、高边坡支护、深水桥梁等,施工技术难度为总公司二级。项目点多、面广、线长、施工环境差。点多线长表现为项目施工段落分散:项目下辖4个路工区、2个桥工区和1个构造物工区,耒水大桥和东塘水库大桥将线路砍为三段,要绕行不同的便道,便道长且进场条件差。面广表现为合同规定的作业内容繁杂:全线有软基处理、路基路面、防护排水、通涵构造物、上跨下穿的分离式立交、深水大桥等。施工有效作业时间短:20个月的合同工期,扣除2个冬季、2个雨季,能施工的有效作业时间仅为8个月。施工地域环境复杂,协调工作要面对2个县级指挥部、3个乡镇级指挥部、7个自然村,当地村组参建、参运、阻工事件多,施工干扰大。加上项目人员多为北方人,又是第一次远赴湖南施工,对当地的民风、习俗、语言、气候条件、监理习惯很不适应。面对上述诸多困难,项目领导层没有退缩,书记带一名副经理主抓协调,经理与总工将工作重点放在施工现场,倡导与狠抓技术创新。经过一年半的努力,把1A项目经理部推向了一个新的起点,项目走出了低标的困境,赢得了技术创新带来的收益,塑造了良好的企业

形像。下面着重介绍项目在技术方面的一些特色和主要成果。

## 1 无覆盖层水上施工平台

耒水大桥全长 339.32 m,是全线“五跨湘江一跨耒水”的 6 座水上桥梁之一。上部为 26 m+7×40 m+26 m 共九孔一联预应力等截面连续梁桥,顶推法施工,下部为双柱式桥墩、钻孔灌注桩基础。不涨水时水面宽约 210 m,水深 8~9 m。4 号~5 号墩平均水深仅 4.8 m,河床底有 4.3~7.8 m 深度不等的覆盖层,采用普通的钢管桩支架平台完全能满足水上钻孔桩施工的要求。而 6 号~8 号墩则完全不同,墩位处于水深流急的主河道当中,水深达 8.5~9.5 m,河床底面无符合钢管桩持力层要求的覆盖层,基岩裸露,插打钢管桩难度较大,即使钢管桩勉强打下去,又担心桩尖处的表层红砂岩在水流的冲刷作用下迅速崩解软化,造成桩头承载力丧失,导致平台失稳。同时考虑到平台安全渡洪的需要,平台要高出低水位 5 m 左右,这样平台距河床的建筑总高度要达到 12 m 以上。经研究决定采用“钢管桩支架固定工作台”。平台构造特点:(1)沿钢管桩纵横轴线方向,钢管桩四周及中间断面焊接剪刀撑架,使露出水面的钢管桩在强大的联系杆件作用下连接成为一个整体,以确保结构稳定与安全;(2)平台上游增加 2 根渡洪桩,与钻孔平台钢管桩连接成为一个整体后,成为施工平台的一部分和加强段,以提高平台抵御水流作用、防御船舶和漂流物撞击的能力;(3)钢管桩顶增设横梁,使桩帽顶面的横梁与桩间的剪刀撑架形成框架体系。

钢管桩平台采用全幅设计,同时满足 2 台冲击钻机及附属设备作业的要求,平台基础采用 12 根  $\phi 426 \sim 529$  钢管桩,考虑到平台距水面较高,桩顶增设 20 桩帽,纵梁采用 36 m 长连续贝雷梁,横梁采用 H35 的型钢,横梁简支在纵梁上。

钢管桩支架水上固定工作台由于采用了空间框架结构体系,平台钢管桩露出水面部分在强大水平联系杆件作用下,已联结成为一个整体,形成如“铁板凳”一样的结构,即使平台钢管桩入水不深,“座”在水里,也能保证平台自身结构的稳定。在大河深水、水流湍急的河道为防止平台整体位移,最好采用地质钻机旋桩,或在钢管桩内施打地质钻孔,反转钻机预留一节地质套管在钢管桩内,桩尖浇注混凝土,把钢管桩与地质套管联结起来,使钢管桩“生根”,避

免平台在靠泊、船撞、水流压力作用下位移。

耒水大桥 4 号~8 号水上平台采用框架结构设计,经过 2001 年 6 月 14 日特大洪水考验(一昼夜水位增高 4 m),平台安然无恙,且水上冲击钻机安全渡洪,说明无覆盖层水上平台的设计是成功的。

## 2 钢管桩围岩“生根”技术

耒水大桥河床断面成“勺形”变化,4 号墩覆盖层厚 7.8 m,5 号墩覆盖层厚 4.3 m,6 号墩覆盖层厚 1.7 m,7 号、8 号墩位河床均无覆盖层,弱风化的红砂岩在河床底面裸露。施工中对有覆盖层的 4 号、5 号、6 号平台钢管桩用水上龙门打桩船沉桩,达到设计控制贯入度或设计桩尖标高时终锤。对河底基岩面裸露的 7 号、8 号平台,采用千米钻机旋管嵌岩。钢管桩下水前,在桩周底脚创槽,槽内施焊合金钻头,9 个钻头沿桩周均布,6 个“立置”的钻头探出桩尖 5 mm,主要起刮刀钻进的作用,3 个径向布置的钻头超出桩身平面 3 mm,主要作用是扩孔,减少旋管过程中桩身与围岩面的滚动摩擦力。钢管桩与钻杆通过连接装置焊接固定后,钻杆带动钢管桩旋转入岩,钻杆内高压水管随钻杆钻进不停向桩尖射水,防止桩尖处的合金钻头在高速旋转过程中热熔,钢管桩嵌入基岩的最小深度按设计规范进行验算。

## 3 水上起重船及打桩船拼设

耒水河是湘江的一条支流,桥位上游为水库,下游为白玉潭水电站。电站 1956 年建成,闸池仅 6.7 m 宽,闸门由于长年淤积不能完全打开,湘江上大型水上起重船及用于水上作业的方驳根本无法通过闸门进驻桥位,耒水河上通行的小型船只,甲板宽度、船型和吃水重无法满足建桥的需要。施工中采用小船拼大船的方法,水上起重船使用 2 艘 60 t 的铁驳横联,甲板上加铺钢框架,钢架上满铺 1 cm 厚的钢面板,将汽车吊(16 t)横向开上船,与船体固定,形成简易浮吊。水上龙门打桩船及水上钻机工作船使用 2 艘 40 t 的铁驳横联,船头之间立塔架或钻架沉桩。仅此一项节省开支近 20 万元。

## 4 轻型有底钢吊箱施工技术

5 号~8 号桥墩基础为 2 m 直径水中桩基,每墩 2 根桩,桩间距 6.9 m,中间设有系梁,系梁浮在水面以下 1/5~1/3 的位置,属高桩承台。系梁仅有 20 m<sup>3</sup> 的混凝土,如果采用大面积围堰的施工方法,一次性

投入大,且施工难度大,浪费较多。针对以上问题,在衡枣高速耒水大桥上做了“小吊箱施工技术”的重点推广。在此基础上,改进悬吊系统和支撑系统,将悬吊的重量提高到了 60 t。用支撑在深水护筒上的贝雷片组装吊架,用设在吊架上的 12 台 32 t 千斤顶作吊点,用精轧螺纹钢筋及连接器作吊带,将套箱和预制系梁用特制的法兰联结,形成一个如哑铃状的结构。整体下沉,直到设计标高,封底、抽水后在套箱内完成现浇部分的施工。

## 5 深水导向架定位技术

6 号、7 号、8 号平台处于有通航要求的主河槽位置,水深且流速大。钢护筒下沉时使用了导向架。导向架采用型钢焊接成型,每面为 3 组 2[10 槽钢,槽钢之间用 10 号工字钢焊接成桁架,平面中间为方孔,四周为框架,内设 4 根  $\phi 20$  钢管作为导向,导向架节间用法兰联结,底节底端焊有长 0.75 m、 $D=2.5$  m 的钢筒。钢筒作用:一是加大导向架自重,使导向架保持较好的垂直度;二是在自重作用下有一定的入土深度,抵抗钢护筒下沉过程中受到较大水流作用时产生的推力。导向架入水时,事先在桩孔周围的 4 个平台钢管桩顶套上 4 根软芯尼龙绳套,绳头处设套,并扣上卡环,将导向架底节四角方向的 4 根尾索(细钢丝绳)穿入卡环,牵拉至平台顶面(卡环起定滑轮作用),用 4 个导链在平台顶面临时固定,导向架顶部四角方向用 4 个导链吊住,用仪器观测导向架露出水面部分的垂直度,收放导向架底节 4 个方向钢丝绳,满足偏位要求后,松放导向架顶节导链,对好中心使导向架垂直落入河床,然后加压或锤击使它沉至稳定的深度,临时用型钢与平台固定。

## 6 深水护筒防渗漏技术

在耒水大桥桩基施工初期,多次出现护筒底角反渗漏问题。究其原因,现场使用的振动锤(DZ40)偏小,激振力为 25 t,护筒埋深不够,护筒刃脚穿过粉砂层后,进入砂砾层时再也振不下去了。7 号、8 号墩即使使用了 DZ90 振动锤,激振力 66.6 t,7 号墩钢护筒打入强风化红砂岩 1.5 m,8 号墩打入弱风化红砂岩 25 cm,护筒仍出现了反渗漏现象。现场分析认为:是埋住护筒部分的强风化岩面经过激振后,与护筒外壁的密实性差或是护筒底脚变形所致。针对有覆盖层的河床,采取有效增加护筒入土深度的办法,使用 DZ90 振动锤第一次振动下沉后,钻机开孔钻

进,当冲锤进入护筒底脚时,加入黄泥、碎石,以达到挤密护筒外部土层的作用,并且继续冲进至护筒底脚以下 4~6 m(在此过程中不断加入黄泥与碎石),然后重新驳接护筒,利用振动锤二次振动下沉,使护筒达到设计理想的入土深度,至少进入砂砾层 2 m。根据实际情况,有的护筒需要经过多次冲振循环方能满足实际施工的需要。对于有覆盖层的河床,采取回旋钻机在导向架内钻孔埋置护筒的办法使护筒生根,在导向架底节 2.5 m 底筒内均匀抛填碎石黄泥,将岩面抛平后,上钻机钻孔,开 1 m 深的孔后,将护筒吊高放入孔内,用 90 kW 的振动锤沉埋护筒,用低标号水泥砂浆或二灰砂浆在护筒内封底,有 3 d 强度后,正式用冲击钻开孔钻进。

## 7 铁路拆装梁作为导梁的连接技术

导梁设计时,曾考虑过使用顶推专用的钢板梁,但因导梁的尺寸超长超宽,在便道上运送困难而放弃使用。使用公路的常备构件拼装导梁,又担心杆件节点挠度太大,影响顶推施工,杆件截面太弱,影响顶推安全。从慎重出发决定采用铁路拆装梁拼装导梁。拼装式桁架的特点是:零件种类少,零件轻,精度高,互换性强。由于杆件采用了低合金钢(15 锰钛),相同跨径时较普通桥梁用钢量有所减少,而且可以做到比较大的跨径。拆装梁自重较设计控制重量减轻了 5 t,导梁最大悬臂时挠度仅 5 cm(含悬臂箱梁挠度)。

导梁与箱梁的连接处应力比较复杂,为防止主梁端部接头混凝土在承受最大正负弯矩时产生过大的拉应力而裂缝,必须在接头附近施加预应力,用精轧螺纹钢筋和单锚钢绞线在箱梁腹板内错位锚固导梁;同时在导梁下弦杆上设锚接板,用七孔群锚将导梁锚固在箱梁内 10 m 位置处,导梁预埋进箱梁长度一般不小于梁高。

## 8 连续滑道的推广与使用

制梁台座上采用连续梁式整体固定滑道,它是通过在滑道梁上铺设滑道板形成的,连续滑道的构造为:活动底模板+滑块+滑道板+滑道梁+重轨支座。这种形式的滑道,不仅改善了节段顶推时箱梁的受力状况,还省掉了顶推时在制梁台座上喂接滑块的作业人员。

## 9 自动连续顶推设备的推广使用

耒水大桥使用 ZLD-100 型自动连续顶进行箱

梁顶推施工,由前后 2 台 100 t 的穿心千斤顶用中间连接座串联而成,并配上法兰盘、前后工具锚板及行程开关,串联在一起的 2 个千斤顶用 1 台双回路的 ZLDB 型自动连续顶推泵站单独控制。顶推时,一台千斤顶通过其前端的自动工具锚带动钢绞线束拉杆向前推出一个行程,将要回程时,后方的千斤顶“接力式”顶推;如此往复,便实现了箱梁不停地连续顶推。其控制过程是:用行程开关作为 ZLD 自动连续顶推系统的动作传感元件,将千斤顶活塞的位置传递给主控台,主控台将得到的信号进行逻辑组合后,再将控制信号传递给相应的泵站,泵站通过电磁波去控制相应千斤顶的动作。

#### 10 钢筋混凝土柔性排架作为顶推平台支承的使用技术

顶推平台一般采用刚性设计,平台一般构造可分为两部分:一部分为箱梁预制台座,直接支承预制模板及预制箱梁节段时的自重,只承受垂直压力,顶推前降下模板,脱离梁体;另一部分为预制台座内的滑道支承墩,墩顶设滑道,梁体脱模后,承受梁体重力和顶推时的水平力。这样的构造布置使得在节段预制期间 90% 以上梁体重力由预制台座的支撑来承受,活动底模落下后,箱梁自重又完全压在了滑道支承墩上。这种受力转换,必然增大顶推平台基础处理费用,势必使预制台座支撑及滑道支承墩设计的比较笨重。在箱梁两侧腹板正下方布置整体连续滑道,用排架结构作为顶推平台的支撑,这种设计将预制台座的支撑和滑道支承墩合二为一,无论是在预制箱梁节段时,还是在顶推阶段,梁体重力全部由组成排架的立柱承担,对整体立柱而言,不存在底模升降前后体系受力转化的问题,但整体滑道的受力在底模升降前后有变化。由于组成排架的立柱顶面通过上纵梁纵向连成一体,结构抵抗顶推产生的水平推力能力大大提高,假如柔性排架设计能借助桥台或永久墩抗推的话,立柱和上纵梁可以做得更轻巧。组成钢筋混凝土排架的立柱采用预制安装、接点混凝土连接工艺的话,混凝土立柱安装速度一点也不亚于钢立柱,成本分析表明,混凝土结构仅为钢结构顶推平台周转摊销费用的 45%。

#### 11 临时墩的结构设计

临时墩应能承受顶推时最大竖向荷载和最大水平摩阻力引发的变形,在此原则前提下,尽可能降低造价,便于拆装。按照上述原则,临时墩按推结构设计,采用 A 型斜钢管墩身,冲击取土群桩基础。这种墩身结构稳定,并节省纵向联结钢材。为使钢管应力均匀,下部插入承台混凝土一定深度,钢管顶部 1 m 用混凝土浇注形成墩帽。为提高临时墩的稳定性,将临时墩与相邻永久墩台撑拉连接,用水平或斜拉钢绞线束临时加强。

#### 12 红砂岩路基“耙压”工艺及冲击压实技术

红砂岩按规范施工碾压并达到要求的压实度后,土层结构致密,防渗性能良好。红砂岩用作路基填筑材料的关键是:压碎、层厚、压实。一类和二类红砂岩具有活性,在阳光、大气、雨水作用下迅速裂缝、软化,颗粒越大,活性越高。在红砂岩路基施工中,推土机主要用于碾压前的“耙压”和初平工作,推土机勾松“耙压”遍数不得少于 3 遍,经耙压处理后红砂岩填料最大粒径不得大于 25 cm,否则应增加“耙压”遍数。红砂岩填方压实应采用 50 t 以上振动压路机,尤以大吨位羊角碾为佳,这种专用机械能够在“耙压”基础上二次破碎红砂岩,在足齿静压和振动力共同作用下,使红砂岩土粒产生惯性力,互相嵌挤填隙,针对红砂岩的压实效果特别好。另外羊角碾所形成的齿型坑,能保证上下层联接。红砂岩路堤成型后用冲击压实机进行碾压检查也很重要,由于冲击碾是下路床顶面上全面积的均匀冲碾压实,达到了全路基的直接检验与补充追加压实。冲击补压 20 遍后能在下路床顶面以下 1.5 m 层厚范围内形成连续、均匀、密实的加强层,提高了路基路面的综合强度与稳定性。由于压实机轮子非圆形(常用的有三边形和五边形两种),半径不等,冲压机械在以 9~12 km/h 速度行走时,不断地将势能转化为动能对地面进行冲压夯实,瞬间产生巨大的能量,从而大大提高压实效果,冲击压实可以提高路基整体强度,减少路基工后沉降。