

桥梁转体施工最新实践

肖仁富 韦振良 唐建国 孔建华 顾寅

【摘要】北盘江大桥已于2001年元月20日成功地实施了转体。本文结合施工实践,简要介绍北盘江大桥水平转体(及新寨大桥转体)所采用的技术措施和施工程序。

【关键词】水平转体 转体动力系统 技术措施 施工程序

一、概述

北盘江大桥位于贵州省水柏铁路中段,横跨北盘江。桥全长486.2m,主跨236m。

该桥主跨为上承式提篮钢管砼拱无铰推力铁路拱桥。拱肋轴线立面投影为悬链线,拱轴系数 $m=3.2$,矢跨比 $f=1/4$ 。

大桥位于崇山峻岭地区,与北盘江约呈 80° 交角。跨越河谷深切呈“V”型。六盘水岸崖高158m,呈直立状;柏果岸崖高约177m,陡壁约 70° 倾角;建成后的大桥桥轨至峡谷底部标高约280m。由于大桥所处的特殊地理环境及险恶施工条件,大桥主跨建造选择了钢管拱两半拱肋分别于两岸拼装,然后逆时针水平转体到位,再合拢的施工方案。

钢管砼拱水平转体施工由铁道部大桥局三处与柳州OVM工程有限公司合作完成。每岸半拱转体部分包括拱座上转盘、交界墩、后平衡重压块及悬臂117.5m长的钢管拱拱肋,每岸上部转体

总重量均约12000吨,球铰以上转体构件净高度66m。柏果岸逆时针转体 180° ,六盘水岸逆时针转体 135° (见图1)。两岸同时实施水平转体施工。

转体施工设备是两套(分别用于两岸拱肋转体)机、电、液压一体化的连续运行系统,该设备具有同步、自动、转体力偶平衡等特点,能使整个转体过程平稳、无冲击颤动。经多项工程应用证明,该设备是一种较为理想的转体动力系统。

二、转体动力系统布置

转体动力系统由柳州市建筑机械总厂生产的千斤顶及液压泵站、牵引索和主控台组成。设备技术参数详见表一、表二。本工程应用的两套动力系统分别布置于六盘水岸和柏果岸施工现场。转体千斤顶布置见图2所示。

千斤顶所提供的转体牵引力通过绕于上转盘上的钢绞线传递给上转盘。钢绞线一端穿过千斤

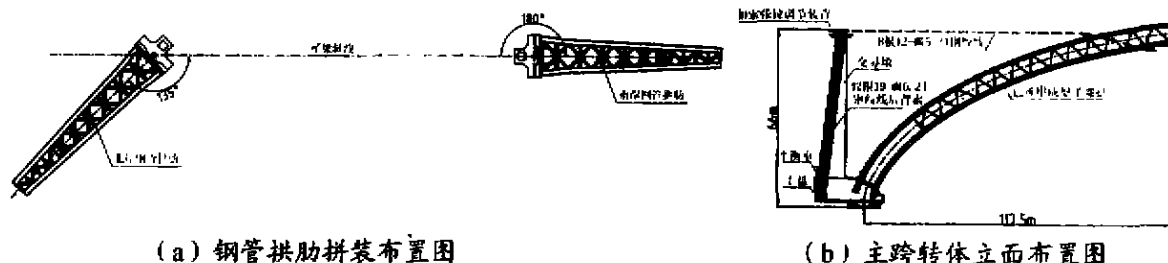


图1 北盘江大桥水平转体示意图

肖仁富:柳州欧维姆工程有限公司高工
韦振良:柳州OVM工程有限公司、北盘江大桥项目经理

提升转体技术

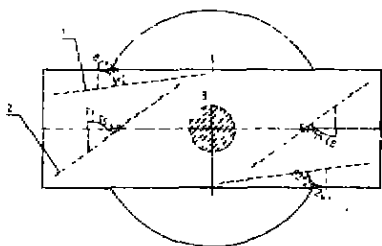
顶的夹持器,另一端设置P锚,已先期在上转盘灌注时预埋入上转盘砗体内,作为千斤顶提供的转体力作用于上转盘的固定端。

表一 千斤顶主要技术参数

型号	额定油压	额定牵引力
QDCL2000	25MPa	2000KN

表二 泵站主要技术参数

型号	额定油压	额定流量
ZLDB	31.5MPa	2 × 6L/min



1、千斤顶 2、钢绞线 3、球铰
图2 转体牵引系统平面布置图

三、转体技术措施

转体技术是跨越公路、铁路、深谷、大河等特殊施工条件下桥梁建设技术创新并逐步发展起来的卓有成效的施工技术。自二十世纪七十年代起,转体技术已应用于国内外众多桥梁施工过程中。其技术已越来越成熟。对于转体体系,桥梁设计单位已进行过细致地论证和设计。本文以北盘江大桥转体施工实践为主,结合新寨大桥水平转体实践,对确保转体成功所采用的技术措施作一简介。

1、转体动力系统能力储备系数

当球铰中心轴半径 r 和球铰矢高均较小时,扭矩可用下列公式计算[一]:

$$M_{\text{轴}} = 23 \mu PR$$

式中: P --上部转体总重量

R --承重盘半径

μ --转盘摩擦系数

北盘江大桥的转动球铰上下接触面为钢板旋压精加工件。铰面之间敷设四氟板及涂抹润滑脂。计算最大启动力矩约14000 KN·m。

该桥两岸转体各布置四台千斤顶。每台千斤顶额定牵引力为2000KN,能提供33600KN·m牵引力矩。转体动力储备系数约2.4;

2、牵引承力索安全系数

本工程选用 $\phi 15.24$ mm低松弛、高强度钢绞线作柔性承力索。每束12根钢绞线,4束计48根钢绞线,能提供52416KN·m最大牵引力矩,其安全系数约3.74。

3、千斤顶、反力墩、牵引索安装的质量控制

(1) 千斤顶反力墩的安装应使千斤顶与施力方向一致;

(2) 每束牵引索安装均有独立索道,避免转体过程中牵引索互相干扰;

(3) 为使千斤顶受力合理,每束牵引索索道与对应千斤顶轴心线应在同一标高上。要求与中间2#、3#索道牵引索相连的两台千斤顶安装于上转盘同一侧,与1#、4#上、下索道牵引索相连的两台千斤顶安装于上转盘另一侧。籍以消除因千斤顶安装标高不一致所引起的竖向偏差力偶对转体稳定性的影响;

(4) 组成每束牵引索的钢绞线应平行地绕制于上转盘对应索道里。穿过千斤顶后,按先内层后外层的原则,逐根对钢绞线预紧。预紧力由10KN逐根降至5KN。最后再用千斤顶在2MPa油压下对该束钢绞线整体预紧,使同一束牵引索每一根钢绞线受力基本一致。

钢绞线平行缠绕(内层7根、外层5根)且外层压于内层两根钢绞线之间时,内、外层缠绕半径之增量 $\Delta R=13.198$ mm,内、外半圈(转体 180°)钢绞线长度之差 $\Delta L=\pi \Delta R=41.5$ mm,是所有绕法中 ΔL 最小的(除索道允许单层缠绕外)。

4、转体角速度控制

本工程实际转体角速度 $\omega=0.01742$ 弧度/min,悬臂远端点最大转体线速度 $V_{\text{max}}=3.4$ cm/s。

对转体角速度的要求,应视所应用的转体设备区别对待。转体设备若选用卷扬机组,由于其控制精度低,且牵引索为钢丝绳滑轮组,承力

提升转体技术

索长, 受力弹性伸长量大。停机后, 因弹性力释放, 易发生超转, 因此对转体角速度的要求严; 而液压转体系统运行匀速平稳, 牵引索为低松弛钢绞线。千斤顶就近安装, 承力索短, 超转不易发生。

也应视转体上部结构的悬臂长度及刚度有所区别。2000年8月实施转体的广东清远新寨刚构大桥, 设计单位要求的转体角速度 $\omega=0.00267$ 弧度/min, 悬臂远端点最大转体线速度 $V_{max}=10\text{cm}/\text{min}$, 而实际转体角速度为 $\omega=0.07639$ 弧度/min, 最大转体线速度 $V_{max}=4.4\text{cm}/\text{s}$, 但转体全过程相当平稳顺利。

总之, 转体角速度的确定, 应使转体上部结构惯性力矩小于转盘动摩擦力矩, 并确保上部转体结构的安全。

5、转体力偶均衡控制

每台千斤顶均有独立泵站提供高压动力油。每台泵站的流量差异直接影响千斤顶运行速度和出力。应用流量均衡技术和同步控制技术对上转盘两侧转体力偶进行均衡控制, 籍以提高转体稳定性和转体质量。

6、转体精确定位控制

(1) 转体动力系统具有自动控制 and 手动控制两种功能。试验转体过程中, 在手动操作状态下采用点动操作方式, 获取点动操作时最大弧长转体数据。当半跨钢管拱转体即将到达设计位置前100cm时, 采用点动操作, 并与测量人员密切配合, 确保桥梁轴线精确定位;

(2) 点动操作、精确定位前, 先对上部转体结构进行水平校正, 防止精确定位后再校正水平时, 拱肋发生欠转或超转;

(3) 两岸分别设置全站仪等测量设备和配备专职测量人员, 对转体全过程进行监测, 不断提供桥梁轴线数据。精确定位时, 两套测量装置对同一定位数据进行检测校核, 以利于提高数据测量精度和定位精度。

(4) 在桥墩的合适位置设置限位装置, 以防超转。

7、防倾保险措施

在转体过程中, 12000吨转体重量只有球铰一点支承。转体结构净高度66m, 上部转体结构受外界条件或施工影响, 易出现倾斜。因此采取防倾保险措施是非常必要的。

(1) 内环保险支腿及滑道

六根钢管混凝土防倾保险支腿均布于上转盘 $\Phi 7.0\text{m}$ 直径的圆周上。保险支腿下方是不锈钢板面上铺设四氟板的环形滑道, 支腿与滑道间隙保持3-5mm。转体过程中, 支腿起防倾保险作用。

(2) 配重

撤除拱架后, 用称重千斤顶测出桥梁配重参数, 并进行配重。配重原则是, 使转体上部结构的重心垂线落于球铰轴线偏后一侧(重心垂线仍落于球铰支撑面上)。或使上转盘后保险腿落于滑道上。或按以下理论公式配重:

$$G_{\text{总平衡重}} = 1.05G_{\text{理论平衡重}}$$

这里需要说明的一点是, 当配重使上转盘后侧保险支腿落于滑道上时, 要验算球铰的应力。因为此时球铰已不是均匀受力, 而是局部应力增大。拆除拱架、配重后, 要测试球铰的应力分布。转体过程要注意观察球铰是否发生裂纹。另外要验算因球铰面上摩擦力不对称而转体力偶对称所产生的垂直于转动轴方向的力矩对转体的影响。

(3) 外环辅助防倾保险装置

在下球铰桥墩平面上多处设置外环辅助防倾保险钢构墩, 钢构墩与上转盘桥墩下平面间预留有一定空隙。转体过程中, 如上部转体结构发生倾斜, 辅助墩起防倾保险作用。用防倾千斤顶纠偏后, 即可继续转体操作。

8、避免环境因素干扰, 确保转体安全

(1) 在转体全过程, 上部构件复盖面全范围内不得有影响转体正常进行的障碍物;

(2) 提前获取转体当天当地的气象信息, 避免可能的较大风荷对转体工作的危害, 并采取有效防范措施。

(3) 在交界墩及拱肋受力节点处处理设应变计、贴应变片, 扣索、背索张拉及转体过程中对

提升转体技术

上部转体结构的应力进行监测，确保上部转体结构的安全性。

四、转体施工程序 (见图3)

五、结束语

北盘江大桥已于2001年1月20日成功地实现了转体合拢 (见图4)。新寨大桥也已于2000年7月底8月初转体成功。以上工程实践进一步说明

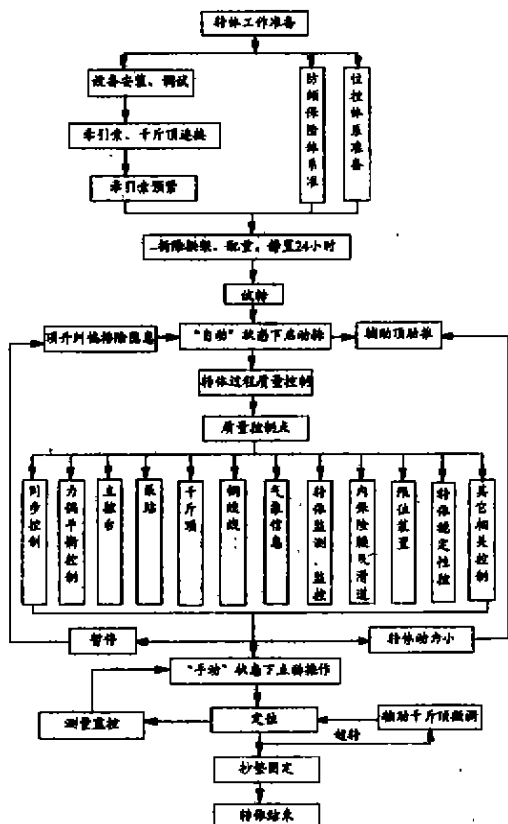


图3 转体施工程序图

了转体技术在特殊施工环境下的桥梁建设中所体现出的优越性。

从以上两项转体工程实践比较中，笔者认为，试转工序不能因施工时间紧、任务重而取消。原因有以下几点：

1、通过试转，可发现转体准备工作是否充分及协调好各岗位、转体各环节的关系，确保转体一次高质量完成；

2、通过试转工序中的点动操作步骤，取得点动一次拱肋转体最大弧长数据，可确保拱肋合拢时桥梁轴线精确定位；

3、由于交叉立体施工，已先期安装调试好的转体动力系统，易在后期的转体准备工作 (如拆除拱架等) 期间受到损伤。通过试转可发现损伤部位，保证设备处于正常工作状态。



图4

参考文献

[1]钟启宾.一座刚性索PC斜拉桥水平转体施工设计的几项创新.纪念茅以升诞辰一百周年学术交流会议论文集.1995-11.

我厂通过CQC本年度跟踪审核

2000年12月广西评审中心一行5人，分成5个小组，对我厂质量体系进行了本年度跟踪审核。CQC评审员对我厂质监部、生产处、机电维修中心、人劳处、橡胶公司、技术中心、机一分厂、机二分厂等部门按ISO9001标准所涉及的质量体系要素进行了严格审核，共发现8个一般不符合项，CQC评审员推荐我厂继续使用CQC认证证书。

质量体系工作是一项系统性的工作，需要全体员工的共同参与，从原材料进厂到产品出厂每一道工序，都要求各职能部门不折不扣按照质量体系文件的要求认真执行，做好自己的本职工作，明白质量体系对本岗位的职能要求，把好产品质量关，不合格的产品不出厂，为用户提供优质的产品和服务。

(韦丽森)