

桥梁转体结构安装及精度控制探讨

文/侯有权

随着我国基础交通掀起建设高潮，需修建更多的跨越公路、铁路及河道的预应力砼联系梁桥，伴随着近年来桥梁技术的不断发展进步，桥梁转体施工技术以其对既有营运线路影响小、安全风险小等优点，得到了广泛的应用。目前该类桥梁转体一般采用墩底平衡转体方法，即：在上下层承台之间，或者承台与墩底之间设置平转系统，包括转铰、撑脚及滑道等，平行既有线浇筑梁体，墩梁固结或临时固结成整体后共同绕承台转动，实现梁体跨线。本文以张家口市康祁公路永定河大桥连续梁成功转体为背景，介绍转体桥施工时转

体结构安装方法及安装精度控制措施，以为后续类似转体工程积累经验。

前言

转体的基本原理是箱梁重量通过墩柱传递到球铰，上球铰通过球铰间的四氟乙烯板传递至下球铰和承台。待箱梁主体施工完毕后，脱空撑脚将梁体的全部重量转移到下球铰，然后进行称重和配重，启动连续作用千斤顶牵拉埋设在上转盘的牵引索，克服上下球铰之间及撑脚与下滑道之间的动摩擦力矩，使桥体转动到位。转体钢球铰构造及安装精度、滑道及撑脚安装精度是保证转体

质量、转动顺利和安全的关键所在。

工程概况

康祁公路永定河大桥跨越典型的V型峡谷和既有铁路，两端连接隧道。桥梁采用跨径布置为(58+93+97+58)m的组合刚构，其中2#墩及3#墩为转体部分，采用2*47.5mT构对转施工。转体桥箱梁均为变高度预应力混凝土单箱单室箱梁，箱梁顶宽12.4m，底宽7.0m。墩顶处梁高6.5m，跨中部位及边跨现浇段梁高为3.0m，其余部位梁高按二次抛物线渐变。

2#转体T构箱梁采用挂蓝悬臂施

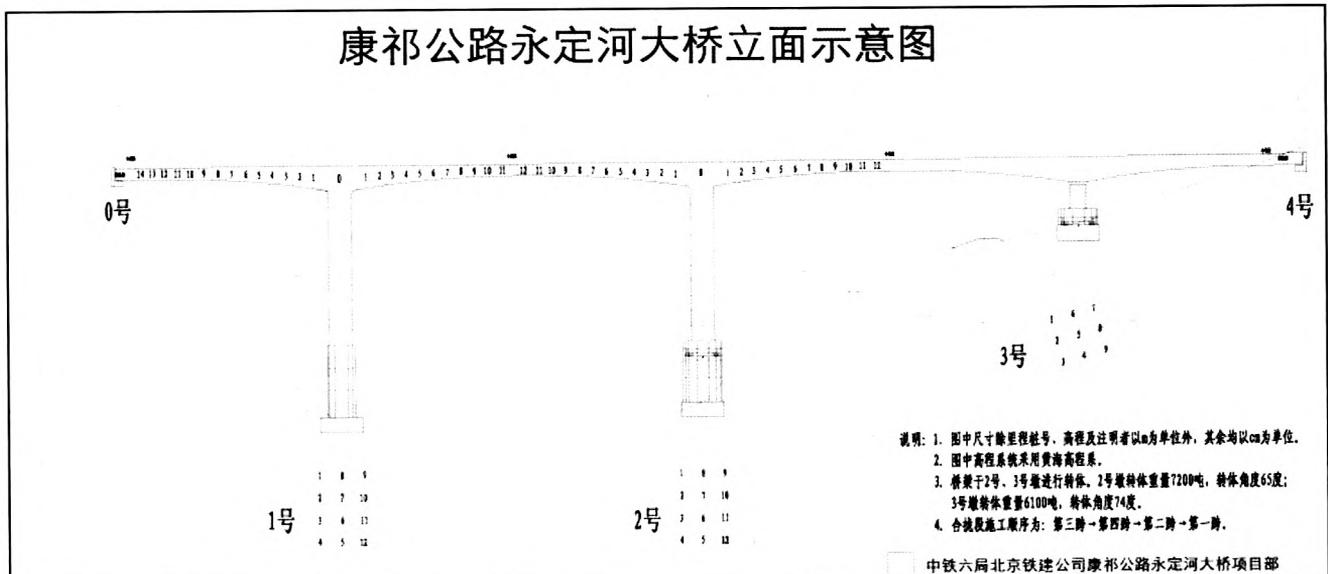


图1 永定河大桥立面示意图

混凝土基础，砌筑10号块石台身，浇筑C30混凝土台帽。在横梁和纵梁全部按指定位置就位固定后，在贝雷片纵梁上满铺枕木。

结语

该便桥按照以上设计施工实行，便桥建设完成后，在便桥两侧的300m便道范围内，埋设提示、警

示、警告标志，提醒来往车辆安全通行。在实际施工中使用一年多，均未出现任何问题。

作者单位：贵州省安顺市公路管理局

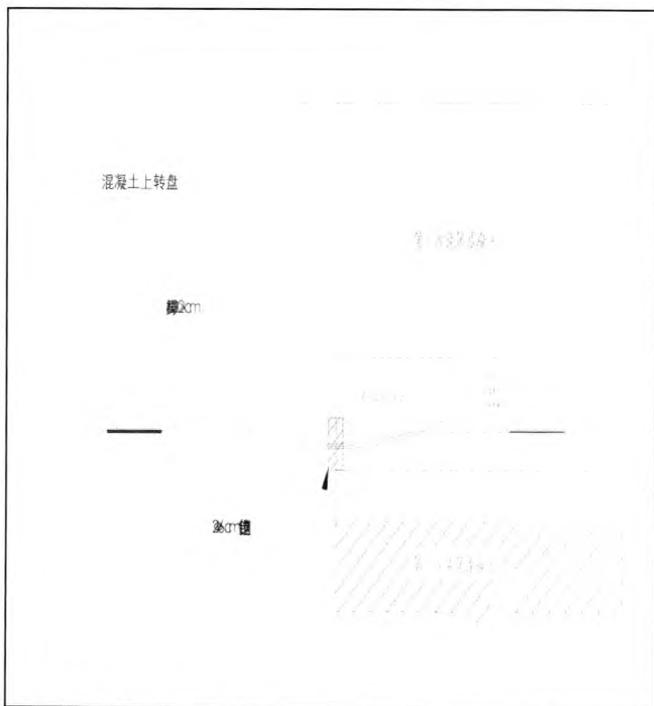


图2 转体结构组成示意图

工，墩柱高度56m，底部16m高度为实心墩座，上部40m高度为薄壁空心墩，转体转动球铰位于墩柱11.9m高度处。转体T构转动部分高度为50.6m(至箱梁顶面)，转体重量为7200吨。3#转体T构箱梁墩柱高度10.5米，底部4.1m为圆形实心墩座，上部6.4m为矩形实心墩，墩顶支座高0.6m，转体转动球铰位于墩柱底部，转体T构转动部分高度为17.6m(至箱梁顶面)，转体重量为6100吨。桥梁施工时，先在铁路两侧2#墩与3#墩处分别施工完成95m长的主梁，然后将3#桥墩箱梁转体至设计桥位，再将2#桥墩箱梁转体至设计桥位，最后浇注跨间剩余2m合拢段主梁。2#墩转体角度为65°，3#墩转体角度为74°。该桥2#墩位于V型峡谷谷底，3#墩位于半山坡并临近既有丰沙铁路，施工作业面狭小，道路狭窄，安全风险源多，转体T构高度大，转体重量大，且峡谷中常年风力强，工程施工难度大，技术含量高。如图1

转体结构组成

本桥采用的是平转法施工的球面

转动体系，转体球铰由上转盘、中心转轴及下转盘组成。

上转盘球缺高0.291m，下转盘球缺高0.201m、直径3.0m，定位中心转轴的直径为260mm。转体下转盘是支撑转体结构全部重量的基础，下转盘上设置转动系统的下球铰、直径为7.0m的环形滑道以及8组千斤顶反力座等，滑道钢结构采用工厂预制、现场拼装办法进行施工。

转动球铰是整个转体的核心，制作和安装要求精度很高，需要精心制作、精心安装。上下球铰安装要保证球面的光洁及椭圆度，球铰安装顶口务必水平；上下球铰间按设计位置镶嵌四氟板，每个球铰布置462块 $\phi 6\text{cm}$ 的聚四氟乙烯滑动片，总面积为13062.7 cm^2 ，四氟板间涂抹黄油和四氟粉，上下球铰中线穿定位钢销，精确定位。最后上下球铰吻合面外周用胶带缠绕密实。

上转盘共设有8组撑脚，每组撑脚由2个 $\phi 600 \times 24\text{mm}$ 的钢管混凝土组成，下设30mm厚钢板，钢管内灌注C50微膨胀混凝土。在撑脚的下方(即

下转盘顶面)设有0.95m宽的滑道，滑道中心的直径为7.0m，转体时保证撑脚可在滑道内滑动，以保持转体结构平稳。撑脚在工厂整体制造后运进工地，在下转盘混凝土灌注完成，上球铰安装就位时即安装撑脚。转体结构组成如图2。

转体结构安装及精度控制 滑道安装及精度控制

转体滑道是转体撑脚支撑面，在T构转动过程中，撑脚所承受的荷载通过滑道传递至下部墩柱，撑脚与滑道接触面是否光滑会直接影响到转体启动及转体过程中平稳转动。滑道不平整会造成撑脚行走过程中出现上坡与下坡的情况，这样会使造成撑脚与滑道摩擦力波动，增加转动牵引力控制难度并造成转动过程中的不平稳。

滑道是由角钢骨架、滑道钢板及不锈钢板组成。滑道作为转动时撑脚的支撑面，要求整个滑道面在一个水平面上，其相对高差不大于2mm。

滑道骨架施工完成后进行钢板铺设，滑道钢板采用2.4cm厚钢板，滑道骨架与钢板通过高强螺栓固定。滑道钢板经检查任意点相对高差不大于2mm，顶面局部平整度不大于0.5mm，如果出现偏差较大，则需通过调整螺栓高度对滑道钢板进行精调，施工中采用精密水准仪取滑道重心共计16个点(间距约1.5m)进行循环测量调整，检查验收合格后方能进行不锈钢板铺设。采用3mm的不锈钢板做为滑道顶面，铺设完成后的不锈钢板任意点相对高差不大于2mm。

球铰安装

球铰的组成

球铰分上、下球铰，球铰间四氟乙烯滑块、固定上下球铰的钢销、下球铰钢骨架。球铰采用具有多年生产经验的工厂洛阳725厂加工。

球铰安装

下球铰安装过程中，先安装下球

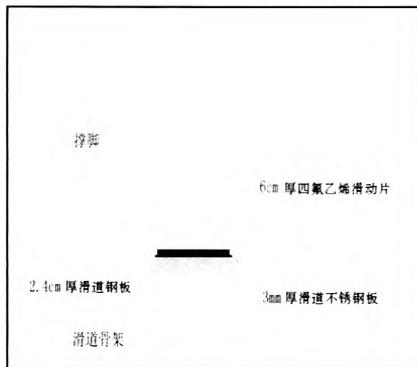


图3 撑脚构造示意图

较固定钢骨架，钢骨架安装时，对矩形钢骨架四角点高程采用精密水准仪测量矫正，四角点任意两点高差不允许超过2mm。

下球铰钢骨架安装就位后浇筑混凝土固定钢骨架，再安装下球铰，下球铰安装时先采用全站仪对球铰中心进行精确测量，确保顺桥向及横桥向均在允许偏差范围内后，采用精密水准对下球铰顶面任意两点进行测量矫正直至满足任意两点高差不允许超过2mm要求为止。过程中需对球铰中心及球铰顶面水平进行反复校核。

撑脚安装

每个转动体系有8对撑脚，理想转体姿态为中心球铰与两对撑脚共同形成三点支撑体系。每个撑脚由两根直径600×24mm的钢管组成，钢管焊

在厚24mm扇形钢板上，撑脚钢管内填充C50微膨胀混凝土。撑脚构造示意如图3。

支撑钢撑脚底与滑道顶面间隙的设置于转体系统安装时十分重要。如间隙过小，会造成转体体系转换时过多撑脚与滑道面接触，使转体时无法启动或启动力过大，而且此时T构转动过程为多点支撑，容易出现转动过程中T构抖动等不平稳情况发生。如间隙设置过大，支撑撑脚则失去不平衡重对结构影响而起到的支撑稳定作用。

转体钢球铰安装及精度控制方法总结

滑道安装时

从滑道骨架安装至滑道钢板及不锈钢板安装全过程中，需安排测量组人员采用精密水准仪对安装过程进行全程监控测量，在安装过程中随时进行调整，控制每一步顶面高程均在允许偏差范围，方能保证后续转体施工能顺利进行。

转体球铰安装时

首先控制好转体球铰固定骨架安装精度，并使调平螺栓均设置在居中位置，在安装上球铰后，先调整球铰中心偏差，再通过调平螺栓对球铰顶面高程

进行反复精调，最后还需对球铰中心进行复核。转体球铰在转体过程中需承受大部分T构上部荷载，安装偏差太大会造成转体无法正常启动。

撑脚安装时

采用石英砂垫出预留间隙，将撑脚安放在石英砂上，安装时确保撑脚四角高程一致，偏差在2mm范围内，同样采用精密水准仪进行校核。撑脚安装准确可确保转体T构体系转换后，撑脚与滑道间隙均匀，使撑脚与滑道间四氟板受力均匀，转体过程中四氟板走板正常。

结语

桥梁转体施工工艺在近年来得到了广泛的运用，施工重点在于对转体设备安装质量的控制。康祁公路永定河大桥转体T构高度大，转体过程中T构重心受转体滑道、球铰及撑脚安装精度影响较大，结合以往转体桥梁转体设备安装经验，康祁公路永定河大桥于2012年5月8日成功转体，达到了安全、优质和高效的目的。转体结构安装及精度控制方法对类似的施工具有很好的借鉴价值。

作者单位：张家口市地方道路管理处

