

# 石景山南站斜拉桥转体系统施工要点

肖佳鹏

( 中铁大桥局集团第一工程有限公司 , 郑州 450053 )

**摘要** : 介绍北京五环路石景山南站高架桥主桥转体系统各部分的组成、功能及施工要点。

**关键词** : 斜拉桥 ; 转体系统 ; 施工

中图分类号 : U448.27 ; U445.465 文献标识码 : B

文章编号 : 1004-2954 ( 2005 ) 06-0042-02

## Tips for Rotor System Works for Cable-Stayed Bridge

Xiao Jiapeng

**Abstract** This paper introduced the makeup, function and construction tips of rotor system of main bridge of Shijingshan South Station Viaduct on Fifth Ring Road in Beijing City.

**Keywords** cable-stayed bridge ; rotor system ; construction

**Author's address** The 1<sup>st</sup> Engineering Co., Ltd. Of China Railway Major Bridge Bureau Group, Zhengzhou 450053

北京市五环路石景山南站高架桥横跨石景山南站编组站, 全桥长 1 180 m, 双向 6 车道, 主桥为 ( 15 + 65 + 95 + 40 ) m 四跨连续独塔单索面预应力混凝土转体斜拉桥, 跨越 9 条铁道线 ( 7 条运营, 2 条预留 )。由于铁路运输十分繁忙, 平均每 3 min 通行 1 趟列车, 主桥采用转体法施工。转体段桥长 166.7 m, 单球铰转体重达 140 000 kN。

## 1 转体系统的组成

转体系统主要由球铰、下滑道、撑脚、砂箱、转体牵引和助推反力座、转体牵引索及动力系统组成 ( 图 1 ), 动力系统又包括牵引系统和助推系统两部分。

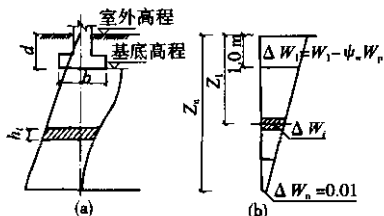


图 1 转体系统示意

转体的基本原理是梁塔的重量通过墩柱和钢支撑传递于与上转盘组成一体的上球铰, 上球铰通过球铰中间的 756 片聚四氟乙烯复合滑片部分传递至下球铰, 待梁塔施工完, 转体部分成桥后, 脱空砂箱将梁塔

的全部重量转移于球铰和撑脚; 然后, 进行称重与配重, 使转体部分不平衡力矩控制在 20 000 kN · m 以内, 并形成三点支撑, 利用埋设在上转盘的牵引索、转体反力座及转体连续作用千斤顶, 克服上下球铰之间及撑脚与下滑道之间的动摩擦力矩。利用助推千斤顶、助推反力座及撑脚克服上下球铰之间及撑脚与滑道之间的静、动摩擦力矩之差。

## 2 球铰与下滑道的安装

### 2.1 球铰的安装

球铰是转体系统最重要的部件, 它传递了近 97% 的竖向力, 其制造和安装的精度决定了转体的成功与否。为此, 进行了专门的设计, 由技术力量雄厚的七二五所生产, 并由专门的班子进行验收和安装。

#### ( 1 ) 设计要求

球铰的竖向承载力为 140 000 kN, 球铰为焊接钢结构, 需无损探伤检测。其球面半径为 8 m, 竖向投影直径为 3.8 m, 球铰的下球面板上镶嵌填充聚四氟乙烯复合夹层滑板, 与上球面板组成摩擦副, 并涂抹黄油四氯粉润滑, 确保静摩擦因数 < 0.10, 动摩擦因数 < 0.05。

#### ( 2 ) 结构设计

球铰的上下球铰系由球面板、加强肋板、球形加强板、定位轴套管、聚四氟乙烯复合夹层滑板等零件组成。加强肋板呈放射状对称布置, 并通过球形加强肋板与球面板、定位轴套管连接固定到一起, 球铰安装有定位销轴, 保证转动时对中。下球铰凹球面沿径向均匀镶嵌 756 片聚四氟乙烯复合夹层滑板, 与上球铰凸球面形成摩擦副。下球铰的加强肋板上设有振捣孔, 以保证球铰下部混凝土灌筑密实。球铰加强肋板与凹球面见图 2。

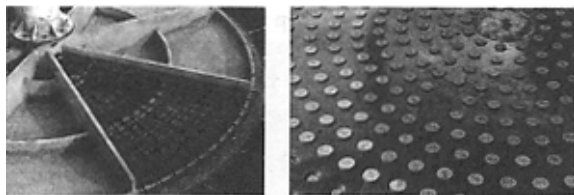


图 2 球铰加强肋板与凹球面

#### ( 3 ) 球铰的验收

由于球铰的重要性, 球铰生产到现场的过程中, 经

收稿日期 2005-02-24

北京市科技计划项目 H030630030410

作者简介: 肖佳鹏 ( 1963— ) 男, 高级工程师, 毕业于长沙铁道学院。

过了3次检查,在完工后,出厂前进行了进场验收,到现场后进行了现场验收,主要验收内容如下:各部件的外形尺寸及公差配合;焊缝质量及探伤情况报告;上球铰球面光洁度;下球铰镶嵌的聚四氟乙烯滑板顶面位置;上下球铰的同心率;定位销轴套与球面截面的圆平面的垂直度;摩擦副的模拟试验报告。

#### (4) 球铰的安装

球铰安装在主墩承台中央,偏曲线内侧105 mm,承台浇筑时,预留 $\phi 5$  m、深0.75 m的安装槽,并在槽内预埋安装支架。球铰总重达121 kN(下球铰53 kN,上球铰64 kN,中心轴重4 kN),吊距达20 m,选用800 kN汽车吊机安装。先用吊机将上球铰吊开放置一边,并在凸球面上涂油,用塑料、胶带将其防护好以避免生锈损坏。再将下球铰吊放在预埋支架上,利用千斤顶将球铰在水平面上移动,使球铰中心处于理论中心位置,然后将球铰在水平位置限位,防止调整球铰高差时使球铰位置偏移。水平位置调整完毕,进行球铰的高程调整,以确保下球铰周边高程处于同一水平面内,误差 $\leq 0.5$  mm,中心套管轴线为一铅直线。先用S3级水准仪对下球铰周边平面十字线的四点进行粗调,然后,用水平仪进行精确调整。调整后,进行定位固定,将其与预埋定位架焊死,焊完后复查1次,如无变化就可以准备浇筑下球铰混凝土。

下球铰的混凝土采用C50无收缩混凝土,混凝土配比需经28 d强度验证。由于下球铰处钢筋较密,灌注条件较差,混凝土需具备良好的流动性。要求混凝土从球铰的一边向另外一边流动,利用球铰球面的振捣孔进行振捣,不得过振和欠振,待混凝土溢出孔后封堵振捣孔。混凝土灌注完毕及时清理下球铰处污染物并封闭保护好。混凝土应进行收面和养生,待混凝土强度达到50%后进行上球铰安装。将下球铰球面及各滑块安装槽内清理干净,按照厂家调配过的滑块对号入座,安装聚四氟乙烯复合滑块,由中间向边缘逐排安装。滑块安装完,用特制样板复查滑块顶面是否处于同一球面。确认无误后,在下球铰球面处涂黄油四氟粉,吊起上球铰清理球面杂物后涂上黄油四氟粉,缓慢下放与下球面对中,调好后,将转动轴涂上黄油四氟粉,插入上下球铰轴套。最后,将上下球铰用胶带密封防止杂物进入。

#### 2.2 下滑道的安装

下滑道为撑脚提供反力和走道,正常情况下只承受转体竖向反力的3%~4%,但如果高差过大,有可能使摩阻力矩成倍增加,因此滑道的安装精度也不容忽视。

下滑道由定位架和滑道板组成,定位架是用角钢焊接成型的环形构件。滑道板是由25 mm厚、1 m宽

的钢板经机加工后镀铬抛光处理而成。浇筑承台时,预留中心直径10 m,宽1.7 m,深1 m的安装槽,待承台混凝土达到30%的强度后开始安装下滑道定位架。安装定位架主要要保证水平位置、高程和高差,特别是高差尤为重要,达到设计要求后与预埋铁件焊牢。安装好定位架后逐块安装下滑道块。先把下滑道块放入定位架上,利用定位架上的微调装置进行调整,使每块板高程误差 $\leq 1$  mm,高差 $\leq 0.2$  mm,然后安装第2块,要求同前。滑道板接缝高差要求 $\leq 0.5$  mm,两块之间的高差 $\leq 0.4$  mm,直至24块全部装完。装完后将整个滑道检测1遍,确保滑道任何位置高差 $\leq 1$  mm/3 m。达到要求后将下滑板固定,复测无误后进行混凝土浇筑。为保证滑板下混凝土的密实度,要求混凝土具有良好的施工性能,并在下滑板预留排气孔。

### 3 安装撑脚、砂箱、反力座、牵引索

#### 3.1 撑脚的安装

撑脚主要是用来防倾覆并与球铰构成三点支撑以保证转体平稳,同时作为转体启动时助推的着力支点,因此撑脚的安装精度要求较高。如果撑脚和滑道之间空隙太小,在砂箱脱空后,撑脚受力大大增加,把球铰转体变成环道转体了,动静摩擦阻力矩增大太多。如果撑脚与滑道之间间隙过大,砂箱脱空后,在不平衡力矩作用下使得箱梁竖转一偏角,梁端产生位移过大,转体难以进行。撑脚与滑道之间的间隙由上下球铰间的滑片的压缩变形及上转盘在砂箱脱空状态下撑脚处的挠度确定,并且要再预留3~5 mm间隙以安装四氟乙烯板。

#### 3.2 砂箱的安装

砂箱的主要作用是在施工期间承担球铰的部分力量及撑脚的全部力量,砂箱的安装主要考虑以下几个问题:砂箱的坚固性以确保砂箱的承载力;砂粒干燥,以保证御载时砂粒能顺利流出;砂箱预压,以减少砂箱的塑性变形。

#### 3.3 牵引索的安装和保护

牵引索是一头预埋在上转盘上的19根 $\phi 15.24$  mm钢绞线,为塔梁的转体提供牵引力,牵引索的安装应注意如下几个问题:锚固长度足够;出口处不留死弯,预留的长度要足够并考虑4 m的工作长度。

牵引索安装完到使用还有3个月时间,在此期间应注意保护,特别注意防止电焊打伤或电流通过,另外要注意防潮防淋避免锈蚀。

#### 3.4 反力座的浇筑

反力座为普通受弯剪的钢筋混凝土构件,应保证施工质量,使受力面平整并与受力方向垂直。

# 钢筋混凝土桥梁结构耐久性浅探

黄铁生, 张 强

(1. 中铁工程设计咨询集团有限公司, 北京 100020; 2. 中铁大桥勘察设计院, 武汉 430050)

**摘 要** 针对钢筋混凝土桥梁结构耐久性问题, 分析产生结构腐蚀破坏的主要因素, 提出钢筋混凝土桥梁结构耐久性的处理措施, 以期在设计、施工、保养等方面予以重视。

**关键词** 钢筋混凝土; 桥梁结构; 耐久性

中图分类号: U445.7+3 文献标识码: B

文章编号: 1004-2954(2005)06-0044-03

## The Durability of Reinforced Concrete Bridge

Huang Tiesheng, Zhang Qiang

**Abstract** This is to find out the cause of structure corrosion and damage that shorten the durability of reinforced concrete beam, and recommend the treatments of extending its service life, calling due attention to the design, the construction and the curing.

**Keywords** reinforced concrete; bridge structure; durability

**Author's address** China Railway Engineering Design and Consultant Group, Beijing 100020

收稿日期: 2005-03-28

作者简介: 黄铁生(1952—), 男, 高级工程师, 1978年毕业于上海同济大学。

## 1 概述

钢筋混凝土结构作为桥梁等永久性建筑的主要组成部分, 在人类的文明进步中发挥了重要作用。它是以水泥的水化物(主要是水化硅酸钙和水化铝酸钙)为粘结剂, 并结合一定级配的骨料如砂、碎石或其他惰性材料和钢筋制成的一种复合物。其中水泥水解过程中生成高碱性的氢氧化钙, pH值可达12.5~13.5, 能使钢铁表面形成具有钝化作用的钝化膜, 并且混凝土的这种高碱性在相当长的时间内能很好地保护钝化膜, 防止钢铁进一步发生腐蚀, 因此钢筋混凝土一直是桥梁结构物非常重要的结构材料。但随之而来的是, 钢筋混凝土结构在自然环境下的腐蚀问题和耐久性问题逐渐暴露出来。

## 2 混凝土结构腐蚀破坏的主要因素

### 2.1 混凝土对钢筋的保护机理

混凝土由于水泥水化, 产生了大量的  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 。

### 4.2 助推系统

助推系统由液压油泵2台, 2000 kN千斤顶4台组成, 主要作用是提供一个克服静、动摩阻力矩差的力偶, 以免牵引系统太复杂。另外, 也作为牵引系统不正常工作时的应急手段。应注意两个问题: 保证助推顶的支点位置准确并对中; 拆除助推设备方便快捷。

## 5 结语

石景山南站高架桥的转体在2003年8月6日下午进行, 仅用68 min转体就位。转体过程中, 塔、梁平稳安全, 无任何异常变化。转体实测球铰摩阻系数只有1.86%, 远比预计的5%小, 证明球铰加工与安装质量可靠。转体后实测量端中线偏差仅3 mm, 线型、索力、塔梁内力均与设计吻合。施工监测结果表明, 石景山南站高架桥的转体系统施工是成功的, 为以后同类桥梁施工提供很好的范例。

## 参考文献:

- [1] 徐升桥, 陈国立, 柳学发等. 北京市五环路曲线斜拉桥转体施工技术[J]. 铁道标准设计, 2003(10).
- [2] 陈克坚. 水柏铁路北盘江大桥转体施工设计关键技术[J]. 铁道标准设计, 2004(9).

## 4 转体动力系统

### 4.1 牵引系统

牵引系统由QDCL2000型千斤顶2台, ZLDB泵站1台, 1个主控台组成。主要作用是张拉牵引索给上转盘提供一个克服上下球铰之间及撑脚与下滑道之间动摩阻力矩的力偶。具体过程如下: 牵引开始, 甲千斤顶开始顶升, 带动甲工具锚, 利用夹片牵引钢绞线前行; 连续顶升到规定行程时, 甲行程开关动作使主控台的继电器动作, 控制泵站的电磁阀工作, 使乙千斤顶进行顶升, 带动乙工具锚, 利用夹片牵引钢绞线继续前行, 同时带动甲千斤顶回油使活塞复位。乙千斤顶顶升至规定行程, 乙行程开关动作, 通过继电器、电磁阀作用使得甲千斤顶顶升, 乙千斤顶回油。如此往复, 形成连续牵引。

牵引系统应注意的几个问题: 联动试验, 因电气与液压配合比较复杂, 经多次联动试验以保证可靠性; 牵引索中的每根钢绞线受力均匀, 以免受力不均出现断根从而各个击破; 牵引速度与设计基本相符, 避免太快造成转体到位时制动困难。