

# 新寨大桥刚架拱水平转体施工要点

④  
15-19

11448.225

韦勇生 孔建华

**【摘要】** 本文介绍了在新寨大桥刚架拱水平转体施工中应用的转动体系、及其在施工中的工艺流程及要点。以工程实践说明，桥梁转体法施工技术已趋成熟，该技术的关键的动力体系已具有优越的性能和很高的可靠性。

**【关键词】** 刚架拱 水平转体 转动体系 转体施工 七桥

## 一、工程概况

新寨大桥位于广东省清远市连山县三水镇，在广东省道1960线上，跨越三水电站水库，由于桥位处水位长期较深，且两岸山高坡陡，该桥设计为转体刚架拱桥，全桥宽12米，净跨80米。刚架拱分两半在水库两岸浇筑好，然后水平转体，中间台拢。每侧转动单元包括：1个上转盘，1个桥台身（台身内填土），1个台身盖板，1个平衡压重块，4片拱片和57片横系梁等，共重2700吨。

两侧转动单元情况如下：

桥台编号	转动情况	转动角度(度)
0#	顺时针	90.1
1#	顺时针	90.7

## 二、转动体系

### 1、平转支撑方式

采用附加混凝土平衡压重块实现单点支撑，由中心平转铰承重。

### 2、承重铰

承重铰为桥梁转体施工的关键部位，该桥上

下转盘形式如图1：

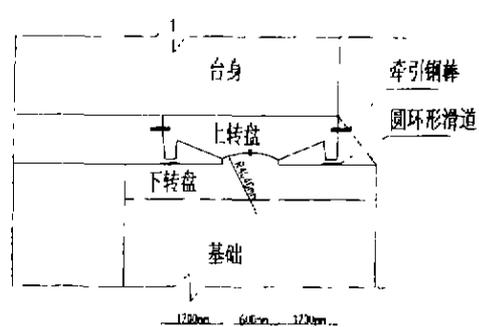


图1 转盘形式示意图

承重盘采用了混凝土球铰，球铰向上凸起，中心设置 $\Phi 100\text{mm}$ 钢棒作定位轴。球铰半径为4.04m，水平投影半径为800mm，球面矢高80mm。平衡盘由上转盘四周浇筑的四个混凝土平衡支腿（支腿底部放置有弧形钢板）及平衡腿下方铺设的内径为4.2m、外径为5.0m、厚3mm的不锈钢板环形滑道组成。平衡支腿与环形滑道面的间距为12mm。

### 3、牵引力作用点、作用线

在上转盘外周对称埋置了两根 $\Phi 80\text{mm}$ 钢棒（钢棒外露200mm）作为转体构件的受力点。牵引钢绞线束一端通过特制拉锚器与钢棒连接，另一端与千斤顶连接向转体构件施加牵引力。

韦勇生、孔建华：柳州政维姆工程有限公司工程师

**转体技术**

4、转体动力系统

①、转体牵引力计算

首先作如下理想假设：

第一、由于球铰的球面半径>>矢高，故可近似将球面按平面来计算；

第二、球面铰接处完全密合，受力均匀；

第三、牵引力为一对力偶、对称布置在上转盘周边水平面上；

第四、由于中心转轴直径（Φ100mm）很小，在牵引力计算中可忽略不计。

根据以上假设，计算模型如图2。

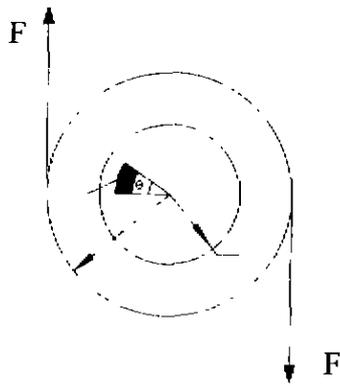


图2 计算模型示意图

转动单元的全部重量G均匀作用在半径为r的下转盘平面上，一对力偶F作用在半径为R的上转盘周边上。要使上转盘转动，则：

$$M_f \geq M_{\text{摩阻}}$$

$$I、dA=r' \cdot d\theta \cdot dr'$$

$$dN=G/\pi r^2 \cdot dA = G/\pi r^2 \cdot r' \cdot d\theta \cdot dr'$$

$$df=\mu \cdot dN$$

$$dM_{\text{摩}}=r' \cdot df=r' \cdot \mu \cdot dN=\mu \cdot G/\pi r^2 \cdot r' \cdot r' \cdot d\theta \cdot dr'$$

$$M_{\text{摩}}=\mu \cdot G/\pi r^2 \int_0^{2\pi} \int_0^r r'^2 \cdot d\theta \cdot dr' = 2/3 \cdot \mu \cdot Gr$$

$$II、M_f=2RF$$

III、由 $M_f \geq M_{\text{摩阻}}$ 推出

$$F \geq 2880 \mu \quad (\text{KN})$$

静摩擦系数 $\mu$ 取最大值0.2，则

$$F \geq 576 \quad (\text{KN})$$

动摩擦系数 $\mu$ 取最大值0.1，则

$$F \geq 288 \quad (\text{KN})$$

②、转体设备选择

考虑设备专业生产厂家的设备的成熟性，结合施工实际，选用了柳州市建筑机械总厂研制生产的ZLD系列自动连续转体系统进行转体施工。该系统占地面积小，加载大小准确，能够对转动单元进行自动连续且平衡地牵引，同步性好，安全可靠。

根据理论牵引力计算值及现有设备的型号，同时考虑一定的牵引力储备系数，选定了2套ZLD100型转体设备（包括2台ZLD100型千斤顶、2台ZLDB泵站及1台ZLDK主控台）。千斤顶和泵站的技术性能如下：

I、千斤顶

型号	ZLD100		
公称油压 (MPa)	31.5	张拉活塞面积 (mm <sup>2</sup> )	3.1416 × 10 <sup>2</sup>
公称牵引力 (kN)	1000	质量 (kg)	600
行程 (mm)	200	外形尺寸 (mm)	Φ400 × 1480

II、泵站

型号	ZLDB		
公称油压 (MPa)	31.5	容积效率(%)	>87
公称流量 (L/min)	2 × 6	质量(Kg)	350
电机功率 (KW)	7.5	外形尺寸 (mm)	1000 × 760 × 1050

③、转体牵引索的选择

a、转体设备最大牵引力：F<sub>max</sub>=1000 (KN)

b、270级R<sub>s</sub>=1860MPa、Φ15.24mm钢绞线单根最大破断力为F<sub>破断</sub>=260KN，考虑了安全系数同时保证夹具能可靠夹持住钢绞线，根据经验按每根钢绞线平均受力100KN来确定绞线根数为

宜:

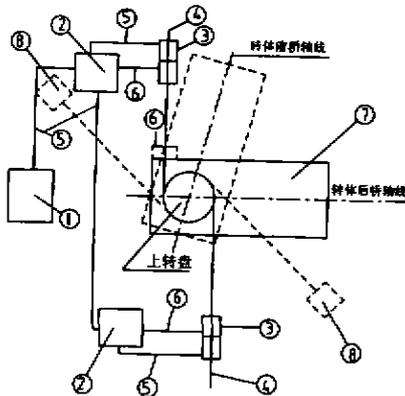
$$1000\text{KN}/100\text{KN}=10 \text{ (根)}$$

c、工程实际采用了9根270级 $R_s=1860\text{MPa}$ 、 $\Phi 15.24\text{mm}$ 的钢绞线作为牵引索,安全储备系数为:

$$9 \times 260/1000=2.34$$

④、转体系统的布置

转体系统布置详见图3。



图中:

- 1、主控台; 2、泵站; 3、千斤顶; 4、钢绞线;
- 5、信号线; 6、油管; 7、半跨桁架拱;
- 8、辅助转体千斤顶反力墩; 9、防超转墩。

图3 设备平面图

两台连续千斤顶分别水平、平行、对称的布置于转盘两侧,千斤顶的中心线必须与上转盘外圆相切,中心线高度与上转盘预埋钢棒中心线水平。千斤顶放置于配套的反力架上,反力架通过电焊与反力墩上的预埋钢板固定,反力墩与反力架必须满足1000KN拉力的作用。两千斤顶到上转盘距离应相等。

主控台应放于视线开阔、能清楚观察现场整体情况的位置。

主控台通过信号线与各泵站串联,泵站通过信号线、高压油管跟千斤顶连接,钢绞线一端通过P型锚与特制拉锚器相连,另一端穿过带有OVM工具锚的千斤顶并被夹片夹持住。特制拉锚器通过钢丝绳连接于上转盘的钢棒上。

### 三、转体施工工艺流程

工艺流程如工艺流程见图4。

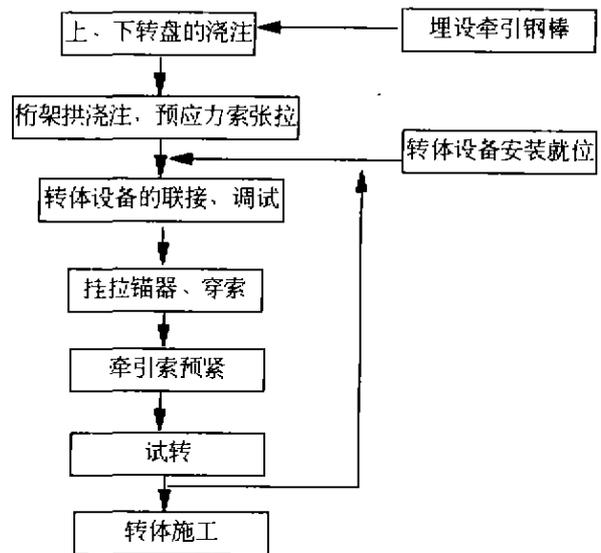


图4 工艺流程图

### 四、转体施工要点

转体施工由三组人员密切配合共同完成。

第一组为测量组。其任务是在试转和转动过程中观测转动单元是否发生相对转动轴的位移,是否发生倾覆,构件轴线所在位置,转动速度,转动有无故障,转动单元关键受力部位是否产生裂纹等。

第二组为动力系统操作组,主要负责动力系统的安装、调试、试转、正式转体和转体定位的操作。

第三组为对转动单元进行平衡、限位等操作的一组,主要任务是在试转和转动过程中,经过测量组的观测,发现转动单元发生偏移、倾斜而对其进行临时抄垫及平衡调整等操作。

#### (一)、准备工作

1、完成转动单元的浇筑施工并经验收合格

上、下转盘是转体运动的关键部位,应严格按照规定的程序进行浇筑、整平、磨合,并保证转轴的垂直。同时,在上、下转盘球面间须涂抹四氟粉加黄油的混合物,将转盘临时固定后,用石

## 转体技术

蜡将上下转盘四周封闭, 避免污物进入。

2、浇筑平衡压重块, 用千斤顶及传感器测定桥的平衡情况, 通过增减平衡重的办法来保证桥梁处于平衡状态。

### 3、浇筑千斤顶反力墩及防超转墩

根据转体设备布置图在相应的位置浇筑能承受1000KN拉力作用的混凝土反力墩, 注意做好钢板的预埋工作, 预埋钢板面的标高应保证安装千斤顶后千斤顶的中心线与上转盘预埋钢棒中心线水平; 防超转墩支挡位置为台身后端部, 尽量远离转轴, 以提供尽可能长的力臂, 并注意验算支挡处混凝土的局部受压能力。

### 4、外保险支腿的施工

除了桥本身浇倒的四个平衡腿, 另外在以转轴为中心、直径为10m的圆上, 布置了七个300mm×300mm×1050mm的混凝土方柱, 方柱与台身间距为30mm。

5、拆除支架, 清理滑道, 并在滑道面铺垫四氟板和涂抹黄油, 检查转动单元周围是否存在阻碍转动的障碍。

6、测量点的布置, 测量标志的标记。

### 7、动力系统的就位安装

按设备平面布置图将设备安装就位, 连接好主控台、泵站、千斤顶间的信号线, 接好泵站与千斤顶间的油路, 连接主控台、泵站电源。

8、设备空载试运行。根据千斤顶施力计算值调好各泵站的允许油压, 空载试运行, 检查设备运行是否正常。

### 9、安装拉锚器及钢绞线。

### 10、辅助顶推措施的准备

根据现场条件, 在适当位置对称、水平、平行的布置两台可提供100t拉力的辅助转体千斤顶, 采用高强度低松弛钢绞线作柔性拉杆。在ZLD自动连续转体系统无法转动桥梁时, 将辅助千斤顶的拉杆通过拉锚器挂到上转盘的预埋钢棒

上, 与系统同时施力, 以推动桥梁转动。

## (二)、试转

1、预紧钢绞线。用YDC240Q千斤顶将钢绞线逐根以10Mpa油压预紧, 预紧应采取对称进行的方式, 并应重复数次, 以保证各根钢绞线受力均匀。预紧过程中应注意保证9根钢绞线平行地缠于上转盘中。

2、合上主控台及泵站电源, 启动泵站。用主控台控制两千斤顶同时施力试转。若不能转动, 则施以事先准备好的辅助顶推千斤顶与牵引系统同时出力, 以克服超常静摩阻力来启动刚架拱转动, 若还不能启动, 则应停止试转, 另行研究处理。

3、试转中要掌握以下重要数据和情况:

- ①、桥梁转动的最大油压和稳定油压;
- ②、正常转动时的角速度;
- ③、点动一次桥体悬臂最远端走过的弦线距离;
- ④、桥体是否平稳, 关键受力部位是否出现裂缝;
- ⑤、转体系统是否工作正常。

## (三)、正式转体

1、调整泵站油压。根据试转得出的施力值重新调整好各泵站的允许油压。

2、启动系统, 人员就位, 泵站启动后, 通知主控台, 主控台在接到所有泵站准备好的信号后, 启动主控台, 发出施力指令, 两台千斤顶同时施力进行转体施工。

3、初步定位。转体过程中, 除遇到有异常情况需停机外, 宜一次连续转动至初步定位位置。初步定位位置可定在桁架拱悬臂前端中点距桥的中轴线500mm处。

4、精确定位。当桥体转到初步定位位置时, 测量组通知主控台停机, 主控台采用点动法控制千斤顶施力按试转时测量出的点动一次刚架

## 转体技术

拱转动行程确定点动次数。同时,要严密监测桥体的轴线位置,确保其与桥的中轴线重合,严防转体过位。轴线的水平距离误差在 $\pm 15\text{mm}$ 以内,高低误差在 $\pm 30\text{mm}$ 以内。在此强调一点,当测量组通知精确定位到位时,应立即采取措施使钢绞线松弛,避免因钢绞线的回缩使桥超转。

5、就位固定。转体就位并经检测符合要求后,应立即将上、下转盘限位,并用钢板抄紧外保险支腿与台身,固定好整个转动体系。

6、拆除转体设备及拉杆体系。将千斤顶夹片松开,退出钢绞线,将绞线与拉锚器从上转盘取下,拆除主控台、泵站、千斤顶间的管、线,转体设备退场。

7、施工监测、记录。在转体施工当中,应做好各泵站油压值的记录工作,测量组应与主控台密切配合,随时将桥的位置情况通报主控台。

### 五、结束语

该桥转体工作由专业施工公司——柳州欧维姆工程有限公司于2000年7月底至8月初负责施工

并顺利完成。由于转体前做好了充分的准备,两岸桥台的转体非常顺利和成功,每侧桥台的转体工作仅历时30分钟。两侧桥台转体时实际施力值如下:

桥台编号	第一次启动拉力 (KN)	运行中最大拉力 (KN)	运行中最小拉力 (KN)	运行中平均拉力 (KN)
0#	381	238	111	168
1#	397	286	143	238

根据以上数据反算出球铰面的静摩擦系数在0.13~0.14之间,处于正常范围内,说明球铰的施工是成功的。

桥梁平转法施工技术已较成熟,该项技术成功运用的其中一个关键是提供牵引力的动力体系。这一次在新寨大桥的转体过程中构件运转自动、连续、平稳,两台千斤顶施力同步,施力大小相等,显示出了ZLD系列自动连续转体系统性能的优越性和可靠性。

## 国家经贸委领导到我厂考察指导

2000年10月19日上午,全国政协委员、原国家经贸委副主任杨昌基,国家经贸委技术装备司司长王建曾等在柳州市副市长陈永南、自治区经贸委副主任腾冲的陪同下,到我厂考察指导技术创新工作。

在技术中心会议室,受厂长和书记的委托,厂长助理方中子、刘璇等厂领导向国家经贸委领导汇报了我厂的基本情况和状况,详细介绍了我厂技术中心的建设、技术开发激励约束机制、技术人员构成、产学研合作、项目开发成果

及市场应用情况。国家经贸委领导对我厂加快技术中心建设步伐,运用有效的激励机制促进技术创新及取得的成绩给予了充分的肯定,并详细询问了有关企业管理机制、生产效率、技术人员奖励机制、产学研合作开发等方面的具体做法,对一些具体问题提出了建议。

参加汇报会的还有厂党委副书记黄新明、技术中心副主任谢正元、技术中心开发一部主任吴志勇等。

(何晓频)