

# 团 体 标 准

T/JSCTS XXX-XXXX

## V 型刚构墩桥梁转体施工技术指南

Technical guide for rotation construction of V-type rigid frame pier bridge

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

江苏省综合交通运输学会 发布



## 目 次

前 言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 施工准备 .....	2
4.1 一般规定 .....	2
4.2 准备内容 .....	2
5 系统安装 .....	3
5.1 一般规定 .....	3
5.2 支承系统 .....	3
5.3 平衡系统 .....	3
5.4 牵引系统 .....	4
6 施工流程与工艺 .....	4
6.1 一般规定 .....	4
6.2 称重试验 .....	5
6.3 试验转体 .....	5
6.4 正式转体 .....	6
6.5 转体后支座安装 .....	6
6.6 施工质量与安全 .....	6
7 施工监测 .....	7
7.1 一般规定 .....	7
7.2 监测内容与设备 .....	7
7.3 监测方法与流程 .....	7
附 录 A (资料性) V 型刚构墩桥梁转体施工监测测点 .....	9

## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中铁二十四局集团有限公司提出。

本文件由江苏省综合交通运输学会归口。

本文件起草单位：中铁二十四局集团有限公司、河海大学。

本文件主要起草人：张绳忠、黄瑞堂、傅中秋、刘锋、朱克宏、刘亚帅、李平、李厚荣、杜显平、吉伯海、朱国强、林峰、付炳科、袁周致远、房亮、王秋东、姚悦、崔建伟。

# V 型刚构墩桥梁转体施工技术指南

## 1 范围

本文件规定了 V 型刚构墩桥梁转体施工的施工准备、系统安装、施工流程与工艺、施工监测的要求。

本文件适用于 V 型刚构墩桥梁的转体施工，其他类型桥梁的转体施工可参考执行。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 5224 预应力混凝土用钢绞线

GB 50870 建筑施工安全技术统一规范

GB 50194 建设工程施工现场供用电安全规范

JTG/T 3650 公路桥涵施工技术规范

JTG 3362 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范

JT/T 329 公路桥梁预应力钢绞线用锚具、夹具和连接器

JTG F90 公路工程施工安全技术规范

JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**转动系统 swivel system**

为实现转体施工而设置的包含支承、平衡和牵引等的集成系统。

### 3.2

**支承系统 bearing system**

转体施工时实现转动且能承受转动体重量并兼顾平衡功能的装置。

### 3.3

**上转盘 upper turnplate**

布置有上球铰、撑脚、牵引索等构造且能够相对于下转盘转动的支承转动结构。

### 3.4

**下转盘 lower turnplate**

包括下球铰、滑道、助推系统等，和基础相连、支撑上转盘并与之相匹配的结构。

### 3.5

**球铰 spherical hinge bearing**

由上、下球面组成，使转体结构上下传递荷载，实现转体的核心支承装置。

### 3.6

**平衡系统 stability system**

为防止转体结构倾覆而专门设计的包括撑脚、滑道、砂箱等设施的临时装置。

3.7

**撑脚 supporting foot**

设置在上、下转盘之间用以承受转动体重量的支承结构。

3.8

**滑道 slide rail**

设置在下转盘，作为撑脚转动区域的通道。

3.9

**限位装置 inhibiting device**

转体施工最后阶段依靠惯性就位时，确保桥梁转动至预定位置并防止超转的装置。

3.10

**牵引系统 traction system**

为转体施工提供动力的机械设备或装置总称，包括千斤顶、牵引索、反力座等。

3.11

**助推系统 assistant drive system**

牵引系统不正常工作时作为应急动力源或为牵引系统提供附加动力的装置。

3.12

**称重试验 weighing test**

为保证桥梁转体顺利实施在转体前进行的转体结构不平衡力矩、偏心距、摩阻力矩及摩擦系数等参数的测试工作。

## 4 施工准备

### 4.1 一般规定

4.1.1 施工前应根据 V 型刚构墩桥梁图纸，结合场地条件等因素，设计转体施工方案。转体施工方案应符合下列规定：

- 1 转动系统应根据 V 型刚构墩桥梁结构特点、转动体重量等合理选择；
- 2 V 型刚构墩桥梁转体施工应采取先转体后安装支座的逆序施工工艺；
- 3 应提前制定符合 V 型刚构墩桥梁结构型式的转体施工专项监测方案。

4.1.2 施工前应做好材料、设备等的准备工作，并制定纠偏与补救措施。

4.1.3 施工过程中的技术、管理等要求，应满足 JTG/T 3650 中的相关规定。

### 4.2 准备内容

4.2.1 转体施工准备应包括技术准备、材料与设备准备、施工现场与人员准备。

4.2.2 技术准备工作应符合下列规定：

- 1 施工前应完成转体施工专项方案的编制及审批程序；
- 2 球铰、撑脚、滑道等关键结构应进行承载能力验算；
- 3 应根据转动体总重量、球铰半径、球铰摩擦系数等计算转体牵引力和牵引索长度；
- 4 转体前应复核梁体尺寸，试转完成后应复核梁体位置并确认正式转体角度。

4.2.3 材料与设备准备工作应符合下列规定：

- 1 施工前应对所有施工材料、机械设备等进行全面检查；
- 2 施工现场应配置备用发电机，确保转体施工过程在一个封闭天窗期内完成而不中断；
- 3 夜间施工应配备照明装置，照明灯光宜采用白色，照射方向应保持与转体桥垂直。

4.2.4 施工现场与人员准备工作应符合下列规定：

- 1 应根据场地条件选择合适的转体方向与角度，并确保转体范围内无任何障碍；
- 2 应提前与气象部门联系，确保施工现场 48h 内无 4 级以上大风，无雨雪天气；
- 3 单项工程开工前，应对施工人员进行安全技术交底。

## 5 系统安装

### 5.1 一般规定

- 5.1.1 转动系统应包括支承系统、平衡系统和牵引系统。
- 5.1.2 应根据转体角度在转体就位处设置限位装置防止超转。
- 5.1.3 转动系统安装前应熟悉设计图纸及相关文件，并在安装中对各环节进行质量控制。

### 5.2 支承系统

- 5.2.1 转体支承系统应包括上转盘、下转盘以及球铰。
- 5.2.2 上转盘、下转盘应符合下列规定：
  - 1 采用连续顶推动力系统时，上转盘宜采用圆形并预埋牵引索，且上转盘半径大小应满足布置球铰、撑脚的设计需求；
  - 2 上、下转盘所用混凝土强度等级不应低于 C50，钢筋配置应满足 JTG 3362 的相关规定；
  - 3 上、下转盘混凝土达到设计强度后，应对其施加转动力矩，检查转盘运转是否正常并测定其摩擦系数。
- 5.2.3 球铰应符合下列规定：
  - 1 球铰宜根据转动体质量选择混凝土球铰或钢球铰，大吨位桥梁转体即转动体质量超过 1 万吨时应采用钢球铰；
  - 2 球铰中心销轴应进行抗剪计算且其安全系数不应小于 2；
  - 3 下球铰转动中心容许安装误差应满足顺桥向 $\pm 1\text{mm}$ 、横桥向 $\pm 1.5\text{mm}$ ，上球铰应与下球铰对中，球铰顶面任意两点误差不应大于 1mm；
  - 4 上、下球铰间应铺设聚四氟乙烯复合滑片并采用黄油四氟粉润滑；
  - 5 上球铰安装完毕后应将上、下球铰边缘的缝隙密封。

### 5.3 平衡系统

- 5.3.1 转体平衡系统应包括撑脚、滑道以及临时支撑砂箱。
- 5.3.2 撑脚应符合下列规定：
  - 1 撑脚宜采用钢筋混凝土结构或钢管混凝土结构，混凝土强度等级不宜低于 C50，钢管混凝土撑脚宜采用微膨胀混凝土；
  - 2 撑脚设置不应少于 4 组，且应均匀布置在上转盘周边并对应滑道中心线，安装情况如图 1 所示；
  - 3 撑脚底部钢板上应粘贴不锈钢板，钢板厚度不宜小于 12mm，不锈钢板厚度不宜小于 3mm；
  - 4 撑脚与滑道的有效间隙宜为 10~20mm。
- 5.3.3 滑道应符合下列规定：
  - 1 滑道的直径宜为转体悬臂长度的 1/6~1/10，滑道中心应与球铰转动中心重合；
  - 2 滑道混凝土表面宜铺设环形镀铬钢板或平整度较高的钢板，钢板上宜粘贴 3~5mm 厚四氟滑板；

- 3 安装过程中滑道顶面高出下转盘混凝土顶面距离宜控制在 1~2cm;
  - 4 滑道平整度不应大于 0.5mm/m, 径向对称点高差不应大于滑道直径的 1/5000。
- 5.3.4 临时支撑砂箱应符合下列规定:
- 1 砂箱应均匀设置在滑道上每组撑脚之间, 安装情况如图 1 所示;
  - 2 砂箱内部宜采用石英砂作为填充物, 砂箱底部应设置卸砂孔。

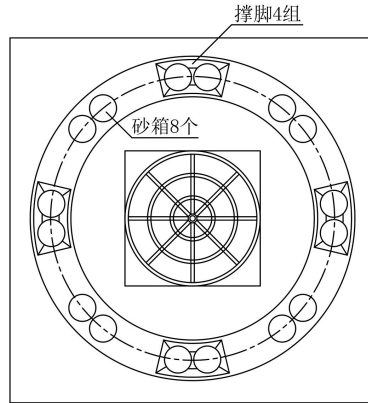


图 1 撑脚及砂箱安装俯视图示意

#### 5.4 牵引系统

- 5.4.1 转体牵引系统应包括千斤顶、牵引索以及反力座。
- 5.4.2 千斤顶应符合下列规定:
  - 1 千斤顶应水平、对称地布置于转盘两侧, 并与相应的牵引索方向保持一致;
  - 2 千斤顶中心线应与上转盘预埋牵引索中心平齐, 且与上转盘的外圆相切;
  - 3 千斤顶应在下承台混凝土浇筑前预埋安装到位;
  - 4 千斤顶的实际总牵引力不应小于计算牵引力的 2 倍;
  - 5 宜设置助推千斤顶当牵引不正常工作时协助转体。
- 5.4.3 牵引索应符合下列规定:
  - 1 牵引索宜采用钢绞线索, 其材料参数及配套锚具应符合 GB/T 5224 和 JT/T 329 的要求;
  - 2 牵引索宜对称设置, 锚固端应在转盘同一直径线上并对称于转盘圆心, 牵引索锚固于混凝土转盘中的长度不应小于 3m;
  - 3 牵引索预紧应逐根进行, 并保证牵引索各钢绞线持力基本一致。

#### 6 施工流程与工艺

##### 6.1 一般规定

- 6.1.1 转体施工应在线路封闭天窗期内进行, 并按照称重试验、试验转体、正式转体、安装支座的顺序施工。
- 6.1.2 梁体、V 墩、承台等结构的混凝土养护至规定强度前不应进行转体。
- 6.1.3 所有工作人员应遵守 JTG F90 中有关施工的规定。
- 6.1.4 应对转体施工全过程进行施工监测, 可参照第 7 章执行。



## 6.2 称重试验

6.2.1 应在施工支架完全拆除后和转体前进行称重试验测试转体桥梁不平衡力矩。

6.2.2 在称重试验前应进行以下准备工作：

- 1 应记录混凝土浇注过程中的浇注量并计算出理论不平衡重；
- 2 主梁完成施工后，应将梁顶机具设备搬离，并将杂物和材料等清理干净；
- 3 应在上转盘底面四周布置测点，布置情况如图 2 所示，宜借助磁性表座将位移传感器固定到位；
- 4 施工支架拆除前应对各测点进行观测并作为原始记录；
- 5 支架拆除后应沿 V 墩的纵、横轴线对称布置千斤顶，布置情况如图 2 所示，上面依次叠加力传感器、垫块、实心钢板，安装情况如图 3 所示。

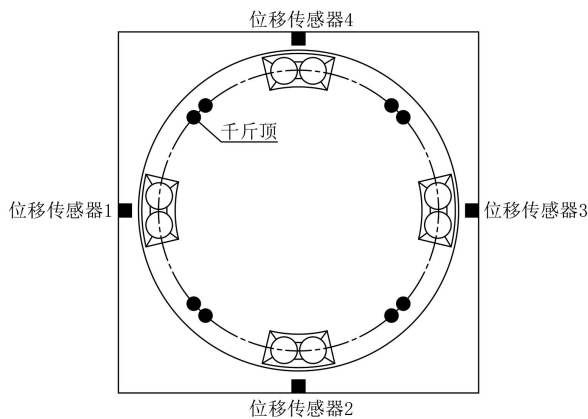


图 2 千斤顶和传感器布置俯视图示意

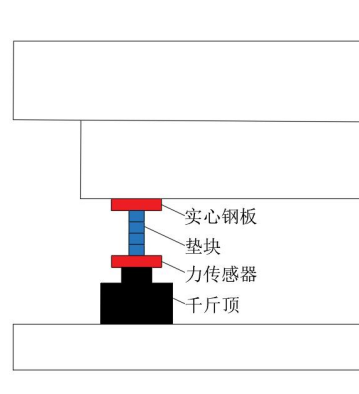


图 3 称重千斤顶安装正视图示意

6.2.3 称重试验应符合下列规定：

- 1 应对临时支撑砂箱拆除的全过程进行监测；
- 2 起顶时应保证施力点力度均匀一致；
- 3 当位移时间曲线完整记录出位移突变的过程时应停止千斤顶的加载；
- 4 应获取卸载过程中的位移时间曲线直到梁体状态稳定；
- 5 应进行横向与纵向两个必要方位的称重试验；
- 6 试验结束后应基于位移时间曲线和千斤顶加载曲线，计算出不平衡力矩、摩擦系数、偏心距，确定配重块总重量、配重块摆放位置及配重后的偏心距，出具称重试验报告。

## 6.3 试验转体

6.3.1 在试验转体前应进行以下准备工作：

- 1 应建立 V 墩转动角速度与梁端转动线速度的关系；
- 2 应在转盘上张贴刻度表，并采用水平激光标线仪作为指针观测转体角度；
- 3 应清理滑道并应检查滑道与撑脚间隙；
- 4 应用千斤顶以 5~10kN 的力将钢绞线逐根对称进行预紧。

6.3.2 试验转体过程中应符合下列规定：

- 1 应用主控台控制千斤顶同时施力试转；
- 2 试转时 V 墩转动角速度不宜大于 0.01~0.02rad/min 或梁端转动线速度不宜大于 1.5~2.0m/min；
- 3 试转时应每分钟转速进行测试并测量每点动一次悬臂端转动水平弧线距离；

- 4 应检查转体结构运行的平稳性和关键受力部位是否产生裂纹；
- 5 存在异常情况时应立即停止试转，查明原因并采取相应措施进行整改；
- 6 试转结束后应采用钢楔块对撑脚两侧进行塞紧使梁体临时锁定。

#### 6.4 正式转体

##### 6.4.1 正式转体过程中应符合下列规定：

- 1 应根据现场情况给出加快、减慢、暂停、点动、停止、关机命令；
- 2 应保持对称千斤顶的作用力始终大小相等、方向相反；
- 3 正式转体时梁端转动线速度不宜大于 0.75m/min；
- 4 出现异常情况应立即停机处理，排除隐患后重新启动设备；
- 5 桥梁悬臂端转动至距预定终点 1m 时，应将千斤顶连续作业转换为点动作业；
- 6 桥梁悬臂端转动至距预定终点 0.1m 时，应停止外力牵引转动，借助惯性就位；
- 7 转体就位后如发现轻微横向倾斜或高程偏差，宜采用千斤顶在上、下转盘之间适当顶起进行调整。

##### 6.4.2 转体就位后应按照下列步骤进行梁体永久锁定：

- 1 采用楔形钢板将撑脚与滑道间隙塞实并焊接；
- 2 用支座灌浆料将撑脚与滑道间空隙填充封固；
- 3 将上、下承台预留钢筋全部焊接并确保焊接长度；
- 4 对球铰进行永久性混凝土浇筑，完成永久性锁定。

#### 6.5 转体后支座安装

##### 6.5.1 应采用先转体后安装支座的方法在 V 型刚构墩桥梁转体就位后安装两侧边墩支座。

##### 6.5.2 转体后支座安装应按照下列步骤进行：

- 1 支座垫石钢筋在墩柱施工时应提前预埋并放倒，转体就位前不应浇筑边墩支座垫石；
- 2 箱梁悬浇至最后一个节段时，应提前按设计位置在梁底预埋盆式支座；
- 3 转体就位后应通过千斤顶将支座顶起并在支座底部安装劲性支撑骨架代替千斤顶受力，然后撤除千斤顶；
- 4 应将劲性支撑骨架浇筑在混凝土中完成支座的安装，安装完成后如图 4 所示。

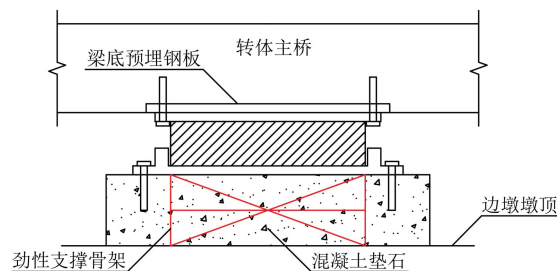


图 4 边墩支座安装正视图示意

#### 6.6 施工质量与安全

- 6.6.1 转体施工质量控制应满足 JTG F80/1 的相关规定。
- 6.6.2 转体就位后梁体的允许偏差应满足表 1 的要求。

表 1 转体就位后梁体的允许偏差

序号	项目	允许偏差	
1	轴线偏差/mm	$\leq L/10000$	
2	顶面高程/mm	$\pm 20$	
3	断面尺寸/mm	高度	+5, -10
4		顶宽	$\pm 30$
5		底宽	$\pm 20$
6		顶底腹板厚	+10, 0

6.6.3 施工过程中的安全应符合 GB 5087 和 GB 50194 等相关规范的规定。

6.6.4 受力钢绞线和牵引千斤顶的对侧及后侧不准许站人。

6.6.5 遇暴雨、大风等恶劣天气，应立即停止转体，并进行临时锁定。

## 7 施工监测

### 7.1 一般规定

7.1.1 转体施工监测应包括结构几何状态监测、应力监测和位移监测。

7.1.2 转体施工监测应根据 V 型刚构墩桥梁结构特征合理设计测点，具体见附录 A。

7.1.3 应将监测数据与理论计算值进行比较分析，并根据分析结果对施工进行调整。

### 7.2 监测内容与设备

7.2.1 结构几何状态监测应包括桥的整体平衡性、桥墩的垂直度，桥的轴线及高程，监测设备宜采用全站仪。

7.2.2 应力监测应针对主梁根部及中部位置截面、施工过程中应力较大位置截面和 V 墩关键截面，具体可参考图 5 中截面 1~截面 9，监测设备宜采用振弦式混凝土应变计。

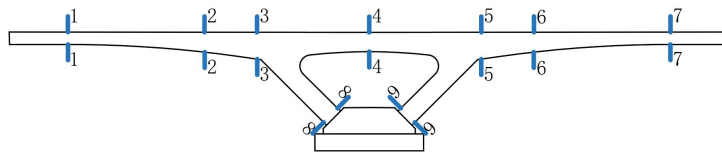


图 5 应力监测断面布置正视图示意

7.2.3 位移监测应包括主梁变形、主墩承台累计沉降值和不均匀沉降值、墩顶水平偏位，监测设备宜采用精密水准仪和全站仪。

### 7.3 监测方法与流程

7.3.1 结构几何状态监测应符合下列规定：

1 应在梁端架设全站仪并设站，并根据提前计算的坐标实时跟踪监测；

2 宜采用三角高程测量的方法测量高程；

3 宜在梁端每转总历程 3%时监测并汇报一次结构几何状态，在距终点 100cm 以内，宜每转过 10cm 监测并汇报一次。

7.3.2 应力监测应符合下列规定：

- 1 振弦式混凝土应变计应在混凝土浇筑前绑扎到监测点位处钢筋上；
  - 2 由于实测应力值包含因结构重力、预应力及混凝土收缩徐变引起的弹性或非弹性应力，测试结束后应对结果进行修正；
  - 3 应在称重试验前、称重试验后、试验转体后、正式转体前、转体过程中、转体就位后各进行一次读数，记录数据时应注明测试时间、天气和大气温度状况。
- 7.3.3 位移监测应符合下列规定：
- 1 主梁变形监测应在梁端两侧布置精密水准仪测量转动过程中控制点标高；
  - 2 主墩承台累计沉降值和不均匀沉降值的测量应在主墩处布置精密水准仪监测转动过程中主墩承台上各测点的位移；
  - 3 墩顶水平偏位应在主墩测点所在位置处布置全站仪监测。

## 附录 A

(资料性)

## V 型刚构墩桥梁转体施工监测测点

## B.1 结构几何状态监测

结构几何状态监测宜在梁端截面的两侧翼板处各布置一个测点，中点处布置一个测点，见图 B.1。

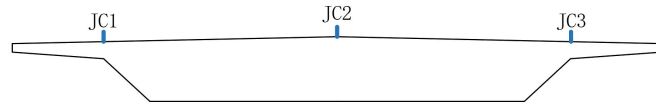


图 B.1 结构几何状态监测测点布置示意图

## B.2 应力监测

主梁应力监测宜在截面两侧腹板的顶部、中部、底部各布置一个测点，在截面的 1/4 处、中心处和 3/4 处的顶板、底板处各布置一个测点，见图 B.2。

V 墩应力监测宜在截面的顶面和底面各均匀布置 3 个测点，见图 B.3。

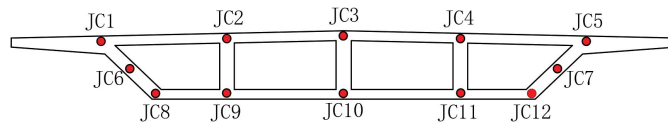


图 B.2 主梁应力监测测点布置示意图

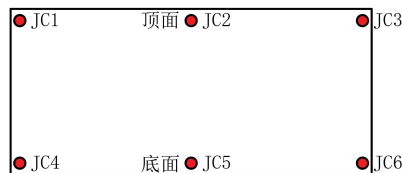


图 B.3 V 墩应力监测测点布置示意图

## B.3 位移监测

主梁变形监测宜在梁端截面的顶板布置 5 个测点，底板布置 4 个测点，见图 B.4。

主墩承台累计沉降和不均匀沉降监测宜在承台边角处布置 4 个测点，见图 B.5。

墩顶水平偏位监测宜在 V 墩顶部布置 2 个测点，见图 B.6。

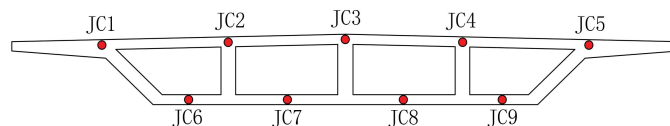


图 B.4 主梁变形监测测点布置示意图

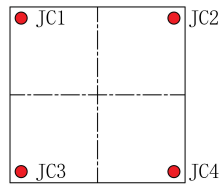


图 B.5 承台沉降监测测点布置示意图

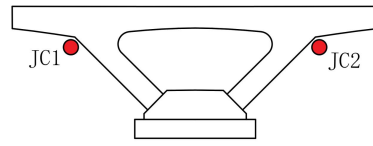


图 B.6 墩顶水平偏位监测测点布置示意图