61

发 布

陕西省市场监督管理局

2024-XX-XX实施

2023-XX-XX发布

桥梁水平转体施工监测与控制技术规程Technical specification for monitoring and control of bridge horizontal rotation construction

（征求意见稿）

DB 61/T SDBXM080-2022

陕西省地方标准

ICS XXX

CCS XX

目 次

[前 言 II](#_Toc144914482)

[1 范围 3](#_Toc144914483)

[2 规范性引用文件 3](#_Toc144914484)

[3 术语和定义 3](#_Toc144914485)

[4 基本规定 4](#_Toc144914486)

[5 监控计算 5](#_Toc144914487)

[6 施工监测 6](#_Toc144914488)

[7 数据分析与反馈控制 8](#_Toc144914489)

[附　录　A （规范性） 称重试验 11](#_Toc144914490)

[附　录　B （规范性） 试转体试验 15](#_Toc144914491)

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。

本文件由陕西省交通运输厅提出。

本文件由陕西省交通运输标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：西安长大公路工程检测中心有限公司、中铁第一勘察设计院集团有限公司、西安市公路工程管理处、陕西路桥集团有限公司、陕西高速公路工程试验检测有限公司、中铁七局集团第三工程有限公司。

本文件主要起草人：程高、郑继平、文强、苏巨峰、李伟、文博华、王永宽、杨武策、邵永军、张之恒、石强、冯亚成、王勃、司飞展、卢皓、周婧、丁建刚、陈浩、张华、孙晓刚、杨超、刘纯、周浩、刘兆奇

本文件由长安大学负责解释。

本文件首次发布。

联系信息如下：

单位：长安大学

电话：029-82334454/15529505616

地址：西安市碑林区南二环中段长安大学公路学院

邮编：710064

桥梁水平转体施工监测与控制技术规程

1. 范围

本文件规定了桥梁水平转体施工监测与控制技术的术语和定义、基本规定、施工监测、监控计算、数据分析与反馈机制等。

本文件适用于陕西省境内新建与改扩建公路、城市道路、轨道交通领域中连续梁、T构、连续刚构、斜拉桥、拱桥水平转体的施工监测与控制，其他水平转体结构也可以参照执行。

1. 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。

JTG/T 3650 公路桥涵施工技术规范

JTG/T3650-01 公路桥梁施工监控技术规程

JTG D60 公路桥涵设计通用规范

JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程

CJJ/T 281 桥梁悬臂浇筑施工技术标准

TB 10314 邻近铁路营业线施工安全监测技术规程

1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

施工监测与控制 construction monitoring and control

以桥梁设计成桥状态为目标，考虑实际施工荷载、工序、时间、环境等综合影响因素，通过施工过程模拟分析、现场监测以及误差识别与预测，对桥梁施工过程中的结构进行反馈控制，为实现设计目标的成桥结构受力与线形状态提供技术支撑的全部工作总称。

水平转体施工 horizontal rotation construction

利用地形地貌将桥梁在非设计轴线位置制作（现浇或拼接）成形后，以桥体（主梁及墩身）为转动体沿桥墩、桥台或其它辅助装置在水平面内进行旋转就位的施工方法。

监控计算 monitoring calculation

为获得桥梁转体过程结构受力和几何状态，对桥梁结构进行事前仿真分析、过程跟踪分析与控制以及设计符合性分析。

转动系统 swivel system

为实现转体施工而设置的有关支承、牵引和平衡等的集成系统。

支撑系统 bearing system

能承受转动体重量，并兼顾平衡等功能设计的装置总称，一般可分为球面转动系统和平面转动系统。

牵引系统 traction system

为转体施工提供动力牵引的机械设备或装置总称，由牵引及助推系统、防超转系统、微调系统、测量系统等构成。

平衡系统 balanced system

为防止转体结构倾覆而专门设计的包括撑脚、滑道、砂箱、销轴等临时装置组合。

称重试验 weighing test

转体前测试转体结构的不平衡力矩、偏心距、摩阻力矩及摩阻系数等参数，为桥梁的顺利转体提供数据支持的准备工序。

监控量测 monitoring measurement

在桥梁施工过程中，对结构的荷载情况、环境参数、几何状态、内力状态等进行的现场监测。

荷载情况 load situation

桥梁结构的自重、临时荷载、偶然荷载等大小及其分布情况。

环境参数 environment parameter

桥梁施工过程中结构所处的辐射、风速、温度、湿度等。

几何状态 geometry state

桥梁结构或构件的高程、位置、线形、构形及几何尺寸等。

内力状态 internal force state

桥梁结构或构件的轴力、剪力、弯矩、扭矩等内力状态。

1. 基本规定
   1. 采用水平转体施工的桥梁结构应对其转体过程进行动态施工监测与控制。
   2. 桥梁水平转体施工监测与控制应包括监控计算、施工监测和数据分析与反馈控制。
   3. 桥梁水平转体监控应编制专项方案，根据施工进度分阶段实施，并明确具体技术要求，经技术审查后执行。
   4. 桥梁水平转体施工监测与控制应贯彻国家有关规范和技术经济政策要求，合理采用新方法、新技术、新设备，在运用新工艺时，应充分论证新工艺的可行性。
   5. 桥梁水平转体施工监测与控制应根据桥梁结构的特点，采用可靠的理论、方法、仪器设备对结构施工过程中的环境参数、几何状态、动态安全性及稳定性等进行监测，并适时采取必要的控制措施。
   6. 桥梁水平转体施工监测与控制应以施工监控指令文件、技术联系单、称重试验报告、试转体试验报告、月度或季度施工监控阶段报告和总报告等形式实施，并纳入施工工序管理。
   7. 桥梁水平转体施工监测与控制宜结合运营期的桥梁健康安全监测需求开展工作。
   8. 桥梁转体施工监测与控制技术资料应作为桥梁的交(竣)工资料，归入桥梁的交(竣)工及养护技术档案。
   9. 桥梁水平施工监测与控制现场实施工作需制定安全保障方案，加强安全生产教育，建立健全安全生产管理制度，严格遵守安全操作规程。
2. 监控计算
   1. 一般规定
      1. 桥梁水平转体施工监控计算应包括转体前体系分析、转体过程跟踪计算和转体后体系分析。
      2. 桥梁水平转体施工监控计算所需参数应以设计参数为基准，并应考虑施工参数偏差的影响。
      3. 桥梁结构坐标、变形、几何尺寸等参数应以现场实测为准。
      4. 材料弹性模量、强度、容重等参数应通过试验测试的方法获取。
      5. 转动体不平衡力矩、偏心距、摩阻力矩及转动铰静摩擦系数宜通过桥梁纵、横向称重试验获取，称重试验测试方法可参照附录A进行。
      6. 试转动体牵引力矩、试转体速度、线速度、转动弧长，点动的转动弧长、转动角度宜通过试转体试验测试获取，试转体试验测试方法可参照附录B进行。
      7. 正式转动体牵引速度、转体角度、线速度、转动弧长等计算应充分考虑转体窗口期时长，并预留一定的准备工作用时。
      8. 转体后主梁线形及姿态调整应进行实测坐标与目标坐标值的对比计算，可根据转盘或转台与主梁悬臂端坐标换算关系给出转盘或转台的坐标调整值。
   2. 转体前体系分析
      1. 转体前体系分析包括主梁线形分析与控制计算、转体系统控制参数计算、牵引系统控制参数计算。
      2. 主梁线形分析与控制计算包括成桥预拱度和施工预拱度计算。成桥预拱度可根据全桥结构模型计算、批复的施工文件和行业规范计算。施工预拱度与桥梁的结构形式、施工方法有关，应根据桥梁施工过程模拟结果计算，并计入现场施工环境、时间、荷载、工序等影响因素。
      3. 转体系统控制参数计算宜结合称重试验、试转体试验和转体系统有关设计制造及安装参数。
      4. 转体前应根据称重试验实测转动体不平衡力矩、偏心距、转动铰静摩擦系数、撑脚内力和转动体系布置情况，计算转动角速度及转动牵引力。
      5. 平衡水平转体应根据称重试验结果调整配重将转动体系重心调至转盘轴心位置，使转动体系处于平衡状态。
      6. 不平衡水平转体应根据称重试验结果、配重情况计算偏心距、撑脚内力，使转动体系处于合理状态。
      7. 桥梁水平转体前宜根据实测结构几何状态、内力状态和环境参数检算转动体系抗风性、稳定性和强度，确定转体形变、应力及风速等控制目标，必要时还可通过有限元建模软件进行重要部位的局部应力分析。
   3. 转体过程跟踪计算
      1. 试转体过程需要根据试转体试验计算转动体所需的最大牵引力矩、静摩擦系数、动摩擦系数，确定连续转动弧长与转动速度、线速度对应关系，确定点动的转动弧长与转动角度、转动时长对应关系。
      2. 正式转体过程跟踪计算应根据实测数据、数据分析、反馈控制等更新参数值，进行综合考虑转体过程的总体计算，以实时确定合理转动牵引力和牵引速度，并得到后续转体阶段控制计算目标数据。
   4. 转体后体系分析
      1. 转体后需要根据转体主梁轴线及高程偏差情况计算转盘或转台位移调整值，并选择合适的顶升位置估算顶升力。
      2. 转体后配重不能及时解除时，转体合龙口高程控制应计入配重对转体主梁轴线及高程的影响。
3. 施工监测
   1. 监测参数
      1. 桥梁水平转体施工监测参数应根据结构计算、称重配重测试、监测结果综合确定。
      2. 桥梁水平转体过程中应保持动态稳定性和安全性，整个转体过程中涉及到启动、转动、制动、点动阶段，监测参数可参照表1执行。监测参数的选取主要考虑控制转动能力、转体精度控制、转体安全性和稳定性。
   2. 监测参数要求

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 施工阶段 | 必测参数 | 选测参数 |
| 1 | 正式转体前 | 桥址风速风向、主梁轴线、主梁标高、上转盘和滑道沉降、主梁应力、转铰应力、索力、转铰最大静摩擦系数和动摩擦系数、转体角度、最大牵引力、点动弧长、点动时长 | 滑道平整度、墩塔轴线、撑脚应力、撑脚与滑道间隙、转动铰温度、转体角速度、墩塔应力、撑脚轴力、转动力矩 |
| 2 | 正式转体中 | 桥址风速风向、主梁轴线、主梁悬臂端高差、主梁横桥向高差、撑脚与滑道间隙、转动角度、转动线速度、转动弧长、转铰应力、撑脚轴力、转体时长 | 桥址温湿度、墩塔轴线、梁体加速度、转体角速度、旋转轴倾角、牵引力、牵引线速度、牵引长度、墩身应力 |
| 3 | 正式转体后 | 桥址风速风向、主梁轴线、主梁标高、墩塔轴线 | 撑脚与滑道间隙、撑脚轴力 |

* + 1. 正式转体前应以各参数实测值作为转体过程中施工监测与控制的基准值。
  1. 监测截面选取及测点布置
     1. 桥址处环境风速风向监测点应根据现场地形情况综合确定；桥上风速测点应在最高墩处安装，测点应高出护栏一定高度位置。
     2. 环境温度及湿度测点宜设置在桥固定位置，应能反映桥址处的实际环境温湿度情况。
     3. 主梁轴线监测点宜布置梁体轴线悬臂两端、旋转轴，测点不宜少于3个
     4. 主梁标高监测点宜布置在梁体悬臂端、跨中、墩中截面顶部，各断面测点不宜少于3个。
     5. 主梁应力监测点宜布置在主梁根部截面上下缘位置，各断面测点不宜少于4个。
     6. 梁体加速度测点宜布置在主梁悬臂端截面顶部。
     7. 墩塔轴线监测截面宜选取墩塔分段施工的自然面。
     8. 墩塔应力测点宜布置在受力分析应力较大截面，每个断面应分别在大小里程侧布置4个以上测点。
     9. 上转盘沉降测点宜布置转台顶面各个方向外缘，测点不宜少于4个。
     10. 滑道沉降测点宜布置在滑道与下转盘、承台等同步沉降的平面内，测点不宜少于4个。
     11. 撑脚与滑道间隙测点宜布置在撑脚处，沿各方向不宜少于4个测点，并保证转体过程中不与其它设施出现碰撞。
     12. 撑脚轴力测点宜布置于各撑脚截面中性轴、中性面位置，每个断面不宜少于1个测点。
     13. 转动铰应力测点宜布置在转动铰中心和转体前、后桥梁轴线方向对应的转动铰外侧，转动铰中心宜布置1个测点，外侧测点不宜少于4个。
     14. 转体角度、角速度、旋转轴倾角测点宜布置在桥梁水平转体旋转轴上，至少布置一个倾角测点。
     15. 牵引力、牵引线速度、牵引长度测点宜同一侧牵引装置上，各类测点不少于1个。
     16. 索力监测截面宜选取受力分析索力较大截面。
  2. 监测方法
     1. 环境风速及风向监测可采用风速风向仪实时采集系统进行连续性监测。
     2. 环境温湿度监测可采用干湿温度计或自动化气象数据采集系统进行监测。
     3. 梁体轴线监测可采用水准仪、经纬仪、测距仪、垂准仪、全站仪等测量仪器进行监测。
     4. 梁体标高、上转盘和滑道沉降、滑道线形可采用精密水准仪进行监测。
     5. 应力监测可采用振弦式传感器、光纤式传感器和电阻应变式传感器。
     6. 转动铰温度监测可采用铂式热电阻温度传感器和热电偶点温计。
     7. 索力监测可采用频谱法、压力传感器法和磁通量法等，测量仪器可选取频谱法索力仪和压力传感器等。
     8. 转动角度、线速度监测可采用在转盘上设置弧长及角度观测标尺配合计时器的方法进行监测。
     9. 转动力矩是总牵引索力与力臂的乘积，牵引索力监测可通过在牵引索上设置应变计、索力计计算进行。
     10. 牵引长度可采用拉绳式位移传感器进行监测，牵引速度可结合拉绳式位移传感器配合计时器方法进行监测。
     11. 旋转轴倾角监测可采用倾角仪或全站仪进行监测。
     12. 梁体加速度监测可采用加速度传感器和振幅传感器。
     13. 撑脚与滑道间隙监测可采用非接触式位移传感器。
     14. 各类传感器宜配合对应的静态或动态数据采集系统进行参数监测。
     15. 各实测参数均应根据实测环境温度进行修正。
     16. 监控量测的仪器的选择配备应根据桥址处气候环境条件、桥梁结构特点、规模及经济性等要求综合选定，仪器的配备数量应满足现场使用要求，损耗性仪器如传感器应配备备件，各量测仪器精度应满足表2的要求。
  3. 量测仪器精度要求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项次 | 量测仪器 | 精度要求 |
| 1 | 经纬仪、测距仪、垂准仪、全站仪 | 测距： 1 mm+2ppm  测角： 1″ |
| 2 | 精密水准仪 | ±0.5mm/km |
| 3 | 振弦式传感器、光纤式传感器和电阻应变式传感器 | 1 με |
| 4 | 铂式热电阻温度传感器和热电偶点温计 | 0.1 ℃ |
| 5 | 频谱法索力仪 | 0.1 kN |
| 6 | 压力传感器 | 0.1% |
| 7 | 倾角仪 | 1″ |
| 8 | 加速度传感器和振幅传感器 | 10-5 m/s2 |
| 9 | 非接触式位移传感器 | 0.01 mm |
| 10 | 拉绳式位移传感器 | 0.1 mm |
| 11 | 风速风向仪实时采集系统 | （0.2+0.03v）m/s，v表示风速 |
| 12 | 干湿温度计或自动化气象数据采集系统 | 温度：0.5℃， 湿度：3%RH |

1. 数据分析与反馈控制
   1. 一般规定
      1. 桥梁水平转体施工监控数据分析与反馈控制应包括以下工作：
         1. 识别桥梁实时几何、内力状态；
         2. 判别桥梁转体是否处于预控状态；
         3. 预测桥梁转体施工误差对后续转体过程中结构几何状态、动态安全性和稳定性的影响；
         4. 判定是否需要转体施工预警；
         5. 决定是否对转体过程预控数据实施调整或变更。
      2. 桥梁水平转体施工监控数据分析与反馈控制应具备下列基本数据：
         1. 材料（容重、弹性模量、徐变系数）；
         2. 几何（标高、轴线偏位、位移、倾角等）；
         3. 受力（应力、索力、转动牵引力矩）
         4. 转动（角速度、线速度、加速度等）；
         5. 环境（温度、湿度、风速风向等）。
      3. 桥梁水平转体施工监控数据用于数据分析与反馈控制前应结合理论分析和现场实际情况进行分析、修正和识别。
   2. 结构状态识别
      1. 桥梁水平转体施工过程中结构几何状态和内力状态可根据事前仿真模拟计算和转体过程跟踪计算得到的预控数据与现场监测数据之间的误差进行识别和预测。
      2. 桥梁水平转体施工过程各参数允许偏差应符合表3的要求。
   3. 水平转体参数允许偏差

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项次 | 监测项目 | 允许偏差 |
| 1 | 主梁悬臂端标高 (mm) | 20 |
| 2 | 主梁轴线横桥向偏位(mm) | 10 |
| 3 | 墩塔轴线空间偏位(mm) | 10 |
| 4 | 撑脚与滑道间相对位移(mm) | 1 |
| 5 | 水平转体旋转轴倾角(‰) | 3 |
| 6 | 混凝土应力(%) | 20 |
| 7 | 钢结构应力(%) | 10 |
| 8 | 拉索杆索力(%) | 5 |
| 9 | 转动牵引力矩(%) | 3 |
| 10 | 转动角速度(rad/s) | 符合转动方案要求 |
| 11 | 主梁悬臂端转动线速度(m/s) | 符合转动方案要求 |
| 12 | 主梁悬臂端竖向加速度(m/s2) | 1 |
| 13 | 桥址风速(m/s) | 0.5 |

* + 1. 桥梁水平转体施工过程中各参数误差超过表3的允许偏差时，应通过转体过程跟踪计算进行误差影响及状态预测分析，并采取反馈控制措施。
  1. 信息反馈控制
     1. 桥梁水平转体施工过程中，现场监控应实时反馈监控信息。
     2. 若各参数误差超过本规程中规定限值，应及时向施工单位预警，并根据风险程度给出监控指令。
     3. 桥梁水平转体施工反馈控制措施主要为调整转动牵引力和转动速度，必要时还可采用动态平衡配重系统实时调整体系配重。
     4. 若采用相应控制措施后各参数误差仍超过限值应立即停止转体，待查明原因后修改转体方案或采取其他措施后重新开始转体。
     5. 转体过程中桥址风速不应大于5.5m/s（4级大风），施工期间应与气象部门沟通获取桥址附近气象预测数据以确定正式转体时间段，并在正式转体前一周内连续监测风速情况，保证转体不在大风天气进行。
  2. 转体就位控制
     1. 转体就位后，迅速进行转体结构调整，调整按照先轴线后高程的原则进行。首先利用转体牵引设备点动控制来调整，每次点动后实时观测轴线行走状况数据，循环往复，直到梁体轴线与设计桥位重合，实现精确就位。
     2. 桥梁转动完成后，应对转体质量进行检查，检查质量标准应符合表4的规定。
  3. 转体质量检查标准

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 检查项目 | | 允许偏差 |
| 1 | 混凝土强度(MPa) | | 符合设计要求 |
| 2 | 轴线偏位(mm) | *L*≤100m | 10 |
| 3 | *L*>100m | *L*/10000 |
| 4 | 顶面高程(m  m) | *L*≤100m | 20 |
| 5 | *L*>100m | *L*/5000 |
| 6 | 相邻节段高差 | 10 |
| 7 | 同跨对称点高程差(mm) | *L*≤100m | 20 |
| 8 | *L*>100m | *L*/5000 |

* 1. 智能化监控
     1. 桥梁水平转体现场环境复杂、转动体系复杂、多线多桥同步转体时宜建立可视化监控平台。
     2. 可视化监控平台可将监控信息集成于同一平台，集成信息包括但不限于转体模拟动画、测点布置、现场监控画面、BIM模型、监测参数量值和对应限值等。
     3. 监控单位可应用数字孪生技术配合可视化监控平台形成桥梁转体监控管理模型，实现监控数据实时显示、转体状态安全分析、转体过程三维模拟、转体牵引控制和转体平衡控制。
     4. 孪生数据平台可包括实时监控数据、计算模拟数据、转体预控数据、误差分析数据、调控规则数据、反馈控制数据、人员施工管理数据等。

2. （规范性）  
   称重试验
   1. 一般规定
      1. 转体前宜进行转动体纵、横向称重试验，测试转动体部分的不平衡力矩，偏心距，摩阻力矩及静摩擦系数，并根据称重试验结果进行平衡配重。
      2. 称重试验应包括以下试验内容：
         1. 转动体的纵、横桥向不平衡力矩；
         2. 转动体的纵、横向偏心距；
         3. 转体球铰的摩阻力矩及静摩擦系数；
         4. 制定转体的纵横向配重方案。
   2. 试验方法
      1. 称重试验测试仪器主要有千斤顶、力传感器、位移传感器等，根据顶落梁系统至少应配备压力传感器2套，位移传感器4套，布置于纵、横向撑脚处，测试数据互相校核，测试时，千斤顶沿桥梁纵、横向中心线关于球铰中心对称布置，位移测点关于过球铰中心的纵、横向线对称布置，具体传感器布置方法见图1。



a) 立面图



b) 平面图

1. 称重试验传感器布置
   * 1. 采用球铰转动测试不平衡力矩，梁体平衡表现形式应符合下列规定。
        1. 球铰摩阻力矩大于转体结构的不平衡力矩时,转体结构不发生绕球铰的刚体转动体系平衡由球铰摩阻力矩保持。
        2. 球铰摩阻力矩小于转体结构的不平衡力矩时，如果没有其他支撑，转体结构将发生绕球铰的转动，直到撑脚参与工作，此时，体系的平衡由球铰摩阻力矩转动体不平衡力矩和撑脚对球心的矩来保持。
     2. 称重试验球铰摩擦力矩和转动体不平衡力矩应按照以下方法确定。
        1. 球铰摩阻力矩大于转体结构的不平衡力矩时，支架拆除后，转动体部分在自身的不平衡力矩作用下不应发生转动。进行不平衡称重试验，分别从转动体两侧支点顶梁，使转动体在沿梁轴线的坚平面内发生逆时针，顺时针方向微小转动(图1)，并记录转动过程中传感器示值和百分表读数，球铰摩擦力矩和转动体不平衡力矩按下式计算：





式中：

 ——转动体不平衡力矩(kN·m)；

 ——球铰摩阻力矩(kN·m)；

、 ——梁体发生微小转动时两侧的支点反力(kN)；

、 ——两侧支点力臂(m)。



1. 球铰摩阻力矩大于转体不平衡力矩顶升示意图
   * + 1. 球铰摩阻力矩小于转体结构的不平衡力矩时，支架拆除后，转动体部分在自身的不平衡力矩作用下发生转动。进行不平衡称重试验，假定转动体1侧支点落顶，使转动体在沿梁轴线的坚平面内发生顺时针方向微小转动，同时2侧支反力为零；之后1侧支点升顶，发生逆时针方向微小转动，同时2侧支反力为零(图2)。记录转动过程中传感器示值和百分表读数，球铰摩擦力矩和转动体不平衡力矩按下式计算：





式中：

、 ——梁体1侧落顶、升顶时的支点反力(kN)。



1. 球铰摩阻力矩小于转体不平衡力矩顶升示意图
   * 1. 称重试验时，球铰在沿梁轴线的竖平面内发生微小转动。摩阻力矩为球铰摩擦面上所有微面积的摩擦力对球铰竖转轴线力矩的综合，根据球铰几何关系(图3)，转动体偏心距e和球铰静摩擦系数应按照以下方法确定。





式中：

 ——球铰静摩擦系数；

 ——球铰参数(°)；

 ——球铰半径(m)；

 ——转动体总重量(kN)；

 ——转动体偏心距(m)。

1. （规范性）  
   试转体试验
   1. 一般规定

试转体试验是正式转体的一项重要准备工作。通过试转体工作测试检验牵引系统是否正常可用，明确转体启动牵引力、转动牵引力，测试转体速度与设计值是否吻合；确定转动体系的点动速度参数，为确保转体准确顺利就位做好准备。

* 1. 测试方法
     1. 试转前，牵引索按设计要求水平盘绕在上转盘上，对应牵引索末端穿过牵引索反力座对应槽口穿入已放置到位的连续张拉千斤顶并锁死。
     2. 启动压力测试

加载可按计算启动牵引力20%、30%、40%、45%、50%分级加载，直到启动前按5%逐级加载。如到达100%仍未启动则应停止转体，全面检查所有的转体设备、撑脚等滑动机构，并分析原因，采取应急预案。

初次启动与再次启动压力数据比较。

* + 1. 转体速度测试

根据要点及设计转体速度要求，确定牵引索的牵引速度。转体桥先进行连续转动，后进行点动控制，测量匹配转体速度（牵引索牵引速度、每分钟转动结构的角度及悬臂端转动的水平弧线距离）的连续千斤顶顶力控制参数，必要时调整泵站流量，确保转体速度控制在设计要求内。

* + 1. 点动转体测试

采取点动方式操作，测量每点动一次（点动级别按1~5s点动分为五级，每级测试3次）悬臂端所转动水平弧线距离和停止后因惯性转动的距离等数据，以供正式转体时转体初步到位后进行精确定位提供操作依据。

* 1. 测试过程

试转体时应进行下列工作：

a）当进行测量观测时，应清除所有阻挡视线的构件，并应对原始数据进行记录；

b）试转体最大转动范围不应影响下部交通，试转完成后应及时锁定；

c）试转体开始后应分级加载至结构开始转动，并应记录启动牵引力及转体牵引力；

d）施工人员应对整个转体系统的工作情况进行检查，并应检查转体结构、牵引平台、反力座的工作情况，遇异常情况时应进行处理；

e）试转体时应记录转动时间和速度，并应根据实测结果与计算结果比对调整转速。角速度不宜大于2度/min或桥体悬臂端部的线速度不宜大于2m/min。

* 1. 测试内容

试转体时应对下列内容进行测试记录：

a）所有设备运行情况；

b）转体结构平衡稳定情况和关键部位结构受力后情况；

c）测定摩阻系数（静、动摩阻系数、转体启动力等相关数据）；

d）转体速度及匹配的牵引控制参数；

e）各级点动移动距离；

f）惯性移动距离（包含连续牵引及各级点动惯性移动距离）。

* 1. 结果记录

1. 设计牵引力及牵引安全系数

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **项目** | | **参数** |
| W——转体总重量（kN） | |  |
| 静摩擦系数 | |  |
| 动摩擦系数 | |  |
| 静摩擦力（kN） | |  |
| 动摩擦力（kN） | |  |
| R——球铰平面半径（cm） | |  |
| D——转台直径（cm） | |  |
| 不平衡转体 | 转体拽拉力（公式） |  |
| N——支撑脚反力（kN） |  |
| n——支撑脚数量（个） |  |
| R撑——支撑脚半径（cm） |  |
| 启动牵引力（kN） |  |
| 转动牵引力（kN） |  |
| 牵引索参数 | 牵引索面积（mm²） |  |
| 牵引索强度（MPa) |  |
| 安全系数 | 启动牵引力 |  |
| 转动牵引力 |  |

1. 环境参数监测表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **项目** | | **参数** |
| 温度 | 最高温（℃） |  |
| 最低温（℃） |  |
| 最大风速及风向 | |  |

1. 点动试验与计算值对比表

| 项目 | 转动角度  （平均值） | 梁端弧长  （平均值mm） | 折算每毫米弧长（mm/mm） | 理论值（mm/mm） |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 5s点动 |  |  |  |  |
| 2s点动 |  |  |  |  |
| 1s点动 |  |  |  |  |

1. 转动速度监测表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | | 平均角速度（rad/s） | 转台平均线速度（mm/s） | 梁端平均线速度（mm/s） |
| 点动转体 | 5s点动 |  |  |  |
| 2s点动 |  |  |  |
| 1s点动 |  |  |  |
| 转动转体 | |  |  |  |

1. 主梁T构姿态变化监测表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 方向 | 纵向 | 横向 |
| 高程差（mm） |  |  |

* 1. 试验报告

试验报告应包括以下内容：

a）试转体工况概括描述；

b）试验工作内容描述；

c）试验设备及施工安排；

d）试验记录完整，得出相关参数，评定试验结果；

e）附试验照片。