**陕 西 省 地 方 标 准**

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）**

**编制说明**

**2023-09**

# 工作简况

## 任务来源

桥梁水平转体法简称平转法，是指将桥梁结构在非设计轴线位置制作(浇注或拼接)成形后，利用合理的滑道及转盘结构，通过水平转体就位的一种施工方法。与平转法施工连续梁、刚构桥、斜拉桥数量在国内快速增长同时，近年来陕西省内采用转体施工的连续梁、刚构桥、斜拉桥也快速增多。目前陕西省在建转体施工桥梁有延安绕城高速尚家沟上跨铁路大桥（连续刚构桥）、西咸新区秦汉新城上跨货运北环线兰池三路桥梁（连续梁）、咸阳市彩虹二路跨陇海铁路桥（斜拉桥）、西安市幸福北路跨陇海铁路（斜拉桥）、西延高铁东红北洛河特大桥（连续梁）、西安国道G210渭河大桥（连续梁）、陕西麟法高速跨渭河转体桥（连续梁）等近10座，已建成的转体桥梁达20余座。

基于国内转体施工桥梁建设现状，究其原因在于跨越国家高速铁路、干线铁路桥梁首选平转法施工；国家高速铁路和干线铁路是全国经济、政治、文化和军事活动的大动脉，其运营安全性和可靠性不容丝毫闪失。采用平转法施工，可以最大限度地减少新建桥梁施工引起的可能干扰，避免桥梁施工设施进入铁路安全保护区。凡是新建跨越国家高速铁路和干线铁路的公路、铁路及市政道路的连续梁和刚构桥，平转法施工是其首要选择。

桥梁施工监测与控制（简称桥梁施工监控）是桥梁施工技术的重要组成部分，也是施工技术难度相对较大的部分。每一座桥梁施工，特别是大跨桥梁的施工，都是一个系统工程。在该系统工程中，设计成桥状态是目标，桥梁施工过程中，通过监测桥梁结构的实际状态和环境状况，获得桥梁结构实际状态与理想状态之间的差异，运用现代控制理论，对误差进行识别、调整、预测，使桥梁施工状态最大限度地接近理想状态，从而保证桥梁结构在施工过程中的安全，最终达到桥梁结构成桥状态满足设计和施工规范要求。

随着交通基础设施建设力度和深度不断扩大，公路与公路、公路与城市道、公路与铁路、铁路与铁路路网交叉现象愈加普遍。与其它施工方法相比，转体施工可缩短施工工期和减少对既有线路干扰，是一种优势突出的施工方法，在今后大跨径跨线桥中占比将逐渐增加。转体桥数量和重量不断攀升使得连续梁与刚构桥转体施工监控技术规程的制订显得尤为迫切。

根据陕西省市场监督管理局、陕西省交通运输厅下发的《关于下达2022年陕西省地方标准计划的通知》（陕交标函[2022]1号），由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、西安长大公路工程检测中心有限公司共同主持承担陕西省地方行业标准《桥梁水平转体施工监测与控制技术规程》的起草工作。

## 主要工作过程

2022年1月由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、西安长大公路工程检测中心有限公司向陕西省市场监督管理局提出申请的《桥梁水平转体施工监测与控制技术规程》获得陕西市场监督管理局批准立项。本文件制订任务下达后，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积极组织各参与单位，成立标准编写小组，明确标准编写任务。

编制组在对国内外相关技术标准充分调研的基础上，开始起草该地方标准。依据《桥梁水平转体施工监测与控制技术研究》等项目内容和任务，对桥梁水平转体施工监测与控制技术规程进行编写，并于2022年12月完成了标准初稿。编写人员就标准内容反复讨论、修正，并邀请相关领导和知名专家提供宝贵意见和建议。历经多次修改和完善，于2023年8月形成了标准征求意见稿。2023年9月开始通过网络、信函等方式向同行业、省内外有关方面专家征求意见。

## 标准参编单位、人员及分工

表1-1 参编单位及人员、任务分工

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 类别 | 名称 | 任务分工 |
| 主导单位 | 西安长大公路工程检测中心有限公司 | 总体负责 |
| 参与单位 | 中铁第一勘察设计院集团有限公司 | 转体桥梁设计及新技术研发 |
| 西安市公路工程管理处 | 转体桥梁推广应用 |
| 陕西路桥集团有限公司 | 转体桥梁施工关键技术分析 |
| 陕西高速公路工程试验检测有限公司 | 转体桥梁的施工监测控制技术分析 |
| 中铁七局第三工程有限公司 | 转体桥梁施工关键技术分析 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 姓名 | 单位 | 任务分工 |
| 1 | 程高 | 西安长大公路工程检测中心有限公司/长安大学 | 总体负责 |
| 2 | 郑继平 | 中铁第一勘察设计院集团有限公司 | 技术负责 |
| 3 | 文强 | 中铁第一勘察设计院集团有限公司 | 转体新技术研发及应用 |
| 4 | 苏巨峰 | 长安大学 | 结构分析 |
| 5 | 李伟 | 中铁第一勘察设计院集团有限公司 | 草案编制 |
| 6 | 文博华 | 中铁第一勘察设计院集团有限公司 | 草案编制 |
| 7 | 王永宽 | 西安市公路工程管理处 | 依托工程应用 |
| 8 | 杨武策 | 陕西路桥集团有限公司 | 转体施工技术分析 |
| 9 | 邵永军 | 陕西高速公路工程试验检测有限公司 | 监测技术分析 |
| 10 | 张之恒 | 长安大学 | 监测监控技术分析 |
| 11 | 石强 | 陕西路桥集团有限公司 | 依托工程落实 |
| 12 | 冯亚成 | 中铁第一勘察设计院集团有限公司 | 转体桥梁新技术应用 |
| 13 | 王勃 | 长安大学 | 施工监控技术分析 |
| 14 | 司飞展 | 西安市公路工程管理处 | 依托工程推广应用 |
| 15 | 冯亚成 | 中铁第一勘察设计院集团有限公司 | 转体桥梁新技术应用 |
| 16 | 周婧 | 西安市公路工程管理处 | 依托工程推广应用 |
| 17 | 丁建刚 | 中铁七局第三工程有限公司 | 转体施工监测技术分析 |
| 18 | 陈浩 | 中铁第一勘察设计院集团有限公司 | 文献梳理 |
| 19 | 张华 | 中铁七局第三工程有限公司 | 依托工程应用 |
| 20 | 孙晓刚 | 长安大学 | 依托工程应用 |
| 21 | 杨超 | 陕西高速公路工程试验检测有限公司 | 监测技术分析 |
| 22 | 刘纯 | 长安大学 | 资料整理 |
| 23 | 周浩 | 长安大学 | 监测监控技术分析 |
| 24 | 刘兆奇 | 长安大学 | 监测监控技术分析 |

# 2 标准编制原则和主要内容

## 2.1 标准编制原则

本文件编制立足于我省转体施工桥梁建设现状，以相关科研成果为依据，积极借鉴国内外先进标准与规范，遵循“科学性、实用性、统一性、规范性”，重点为提出水平转体施工桥梁监控的技术要求。主要体现在：

1. 深化和细化连续梁与刚构桥转体施工相关的技术要求，填补平转法施工监控技术标准的空白，提升转体施工监控实施效率。
2. 厘清各技术标准之间的技术互补性，统一铁路、公路、城市道路桥梁转体施工监控的技术要求。
3. 明确转体施工监控涉及的技术要求，墩梁监测与控制指标、以及转体体系的关键参数及技术要求，为桥梁转体施工安全稳定提供技术支持。
4. 融入大数据、云计算、北斗、物联网、BIM等信息化技术，提升桥梁施工监测与控制的精度，使监控目标和指标易于实现，监控手段方便可靠，为桥梁转体施工安全稳定提供技术支持。

公路、铁路和城市桥梁建设中均将施工监控提升到越来越重要的地位，从桥梁结构形式、施工方法不断深化相应的施工监控总体要求、具体实施细则。拟针对大跨径桥梁使用最多的连续梁、刚构桥平转法施工，制订相应的施工监控技术标准，是对涉及桥梁施工、试验及检测技术综合型桥梁施工监控技术标准的进一步延伸。

## 2.2 主要技术内容

本地方标准包含以下主要内容：1范围；2规范性引用文件；3术语和定义；4基本规定；5监控计算；6施工监测；7数据分析与反馈控制。

## 2.3 与原标准主要差异情况

本文件为首次发布。

# 3 主要技术要求的说明

## 3.1 验证准确度、可靠性、稳定性的分析和说明

本文件根据陕西省境内水平转体施工桥梁工程利用实际情况和课题研究成果制定，针对桥梁水平转体施工监测与控制提出了水平转体施工桥梁的监控基本规定、监控计算要求、施工监测技术指标、数据分析与反馈控制技术要点等具体要求，以指导本规程的编写。

本文件在制定期间，完成了标准的可行性论证，同时对比分析了桥梁施工监控相关的技术标准或技术条款，如表3-1所示；依托工程方案设计、依托工程项目施工管理、科研项目管理及相关结构分析、试验测试及成果凝练对水平转体施工桥梁的监控的技术要求进行分析论证，确保各项技术标准对水平转体施工桥梁的监测与控制有指导意义，按本文件技术要求进行，能大规模地应用于实际工程中。

表3-1 桥梁施工监控相关标准的对比分析

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 标准名称 | 标准类别及实施时间 | 有关施工监控内容或条款 | **评析** |
| 1 | JTGF80/1公路工程质量检验评定标准第一册土建工程 | 行业标准，2017.12 | 规定了施工过程及交竣工相关检测验收的标准，包括各类桥型及关键构件的实测项目、允许偏着值及检查方法。 | **指导施工过程公路桥梁及其构件关键参数的质量控制目标，也是桥梁施工监控需要达到的基本目标** |
| 2 | JTG/T3650公路桥涵施工技术规范 | 行业标准，2020.10 | 规定大跨径拱桥、斜拉桥、悬索桥的施工控制方法、指标及目标等总体要求。 | **仅强调公路拱桥、斜拉桥、悬索桥的施工监控总体要求，缺乏实施细则，难以落实，且未给出大跨径悬浇、悬拼梁桥的相关施工监控要求。提供了拱桥转体施工监控总体要求。** |
| 3 | DB14/T1034大跨径预应力混凝土连续梁和连续刚构桥梁施工监控技术规程 | 山西省地方标准，2015.1 | 给出了连续梁和连续刚构桥施工监控要求及实施细则。 | **弥补了《公路桥涵施工技术规范》中连续梁和连续刚构桥施工监控要求及实施细则** |
| 4 | CJJ/T281桥梁悬臂浇筑施工技术标准 | 行业标准，2018.10 | 规定了主跨100米以上悬臂浇筑梁桥的施工控制方法、指标及目标等总体要求。 | **仅用于悬臂浇筑梁桥的施工控制总体要求，缺乏实施细则，未涉及转体施工监控内容** |
| 5 | DB45/T2280公路桥梁施工监控技术规程 | 广西省地方标准，2021.4 | 给出了公路大跨径梁桥、拱桥、斜拉桥、悬索桥的监控要求及实施细则。 | **未涉及转体施工监控内容** |
| 6 | DG/TJ08-2220桥梁水平转体法施工技术规程 | 上海市地方标准，2016.11 | 给出了城市道路、轨道交通、公路工程中平转法施工连续梁、连续刚构桥梁施工监控的施工控制方法、指标及目标等总体要求。 | **缺少平转法施工监控的实施细则，控制的参数及误差范围。** |
| 7 | CJJ2-2008城市桥梁工程施工与质量验收规范 | 行业标准，2009.7 | 给出了城市桥梁中连续梁、连续刚构桥梁、拱桥、斜拉桥、悬索桥施工监控的施工控制方法、指标及目标等总体要求 | **未给出平转法施工监控的实施细则。** |
| 8 | TB10002.1-2005铁路桥涵设计基本规范 | 行业标准，2005.06 | 规定了铁路桥梁各类桥型挠度容许值、外观尺寸等要求。 | **规范指导施工过程中线形监测、表观监测目标。** |
| 9 | TB10601-2009高速铁路工程测量规范 | 行业标准，2009.12 | 规定了施工监控中测量的要求如控制网复测、施工放样及竣工验收。 | **侧重施工监测，未涉及控制内容及要求。** |
| 10 | TB10203-2002铁路桥涵施工规范 | 行业标准，2002.07 | 规定了铁路钢筋混凝土及预应力混凝土、钢梁、预应力混凝土斜拉桥、拱桥的施工允许偏差。 | **规定了铁路桥涵施工监控总体要求，给出了基本允许偏差。** |
| 11 | TB\_10415-2018铁路桥涵工程施工质量验收标准 | 行业标准，2019.2 | 规定了简支梁、连续梁连续刚构桥梁、斜拉桥、拱桥的不同施工工艺中的允许偏差。（相较02增添了各单位之间的工作配合，以及新工艺新材料的检测（如钢管混凝土拱桥），转体施工部分对球铰的要求更加细致化。） | **给出了不同桥型不同施工工艺施工中的控制标准，允许偏差，分工及检测手段，明确了转体施工部分对球铰的要求更加细致化，未涉及转体施工监控实施细则。** |
| 12 | 铁建设[2005]160号客运专线铁路桥涵工程施工质量验收暂行标准 | 行业标准，2005.09 | 规定了预应力混凝土箱梁、T梁、连续梁（刚构）、结合梁的施工质量验收标准。 | **在《铁路桥涵施工规范》基础上，进一步细分桥型并给出相应监测方法，但未涉及转体施工控制实施要求。** |
| 13 | 铁建设[2010]241号高速铁路桥涵工程施工技术指南 | 行业标准，2010.12 | 规定了简支梁、连续梁、连续刚构桥不同施工方法的具体流程及要求。 | **规定了转体施工转动速度等指标要求，未涉及转体施工监控实施细则。** |
| 14 | Q/XNYJ2.3-2014跨运营铁路人行天桥转体法施工监控手册 | 企业标准，2014.03 | 侧重跨运营铁路的人行天桥的转施工监控实施手册。 | **专门指导人行天桥转体施工监控实施手册，仅用于企业内部交流，不对外公开。** |
| 15 | CTJ014-01人行天桥转体施工专项验收规定 | 企业标准，2014.04 | 侧重跨运营铁路的人行天桥的转施工监控专项验收规定。 | **专门规定人行天桥转施工监控专项验收规定，仅用于企业内部交流，不对外公开** |
| 16 | Q/SWI201-2018跨运营线轻型桥梁水平转体技术标准（试行） | 企业标准，2018.12 | 侧重跨运营铁路的轻型桥梁的转体施工监控实施手册。 | **专门规定轻型桥梁转体施工监控，仅用于企业内部交流，不对外公开** |
| 17 | Q/CR-9652-2017客货共线铁路桥涵工程施工技术规程 | 企业标准，2017.06 | 规定了预应力混凝土连续梁、连续刚构等桥型支架现浇、悬臂浇筑、悬臂拼装、顶推施工、转体施工等方法的具体施工要求。 | **给出了转体施工的技术参数、施工工序与施工要点，施工监控的总体要求，达不到平转法施工监控的实施细则深度。** |

## 3.2 验证结果综述

本文件适用于连续梁、T构、连续刚构、斜拉桥。采用本文件所确定的技术要求，达到提升水平转体施工监控实施效率的目的。本文件旨在规范水平转体施工桥梁的监控指标要求，填补平转法施工监控技术标准的空白，明确平转施工监控的技术指标，指导水平转体桥梁施工监控。

本文件3详细介绍了施工监测与控制、水平转体施工、监控计算、转动系统、支撑系统、牵引系统、平衡系统、称重试验、监控量测、荷载情况、环境参数、几何状态、内力状态的含义。

本文件4介绍了桥梁水平转体施工监测与控制的基本规定。

本文件5介绍了监控计算的一般规定；说明了转体前体系分析、转体过程跟踪计算、转体后体系分析的基本要求。

本文件6介绍平转施工监测的参数要求，见表3-2；说明了监测截面选取及测点布置要求和监测方法，提供施工监测仪器设备供参考并给出了量测仪器精度要求，见表3-3。

表3-2 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 |

表3-3 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 |

本文件7介绍了桥梁水平转体施工监控数据分析与反馈控制的一般规定，说明了结构状态识别的基本要求并规定了平转施工过程各参数允许偏差，见表3-4；介绍了信息反馈控制、转体就位控制的基本要点并给出了转体质量检查标准，见表3-5，最后说明了智能化监控技术。

表3-4 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 |

表3-5 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(mm) | *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 |

# 4 知识产权说明

本文件的最终知识产权归西安长大公路工程检测中心有限公司和各参与方所有。

5 采标情况

本文件为首次起草的陕西省地方标准，未采用国际标准和国外先进技术。

# 6 重大分歧意见的处理经过和依据

无

# 7 标准性质的建议说明

本文件对桥梁水平转体施工监控提出了明确规定，并对桥梁水平转体施工监测和控制提出主要技术指标。可为陕西省境内新建与改扩建公路、城市道路、轨道交通中水平转体施工桥梁的施工监测与控制提供有力的技术指导，建议本文件审批发布为推荐性行业标准。

# 8 其他应予以说明的事项

主要参考资料：

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