

ICS 93.040
CCS R 18

DB50

重 庆 市 地 方 标 准

DB50/T 1715—2024

城市桥梁变形观测技术规范

2024-11-13 发布

2025-02-13 实施

重庆市市场监督管理局 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本规定	1
5 观测仪器	2
6 变形观测	2
6.1 一般规定	2
6.2 观测项目	2
6.3 观测点布设	3
6.4 基准网测量	3
6.5 桥梁变形观测	3
7 数据处理与分析	4
7.1 数据处理	4
7.2 变形趋势分析	4
8 观测成果资料	5
附录 A (规范性) 变形观测点布设	6
附录 B (资料性) 变形观测网的点位标识牌	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。

本文件由重庆市城投路桥管理有限公司和重庆市测绘科学技术研究院共同提出。

本文件由重庆市城市管理局归口并组织实施。

本文件起草单位：重庆市城投路桥管理有限公司、重庆市测绘科学技术研究院、重庆华盛检测技术有限公司、重庆交通大学、成都清正公路工程试验检测有限公司、北京市建设工程质量第三检测所有限责任公司、重庆市市政管理科技协会。

本文件主要起草人：李政、胡涛、王明权、蒲登科、张卢喻、杨宏、冯永能、向南、张雪松、祝小龙、桂永旺、王满、孙海波、胡伟、武林林、胡馨元、冉丽娜、张创。

城市桥梁变形观测技术规范

1 范围

本文件规定了城市桥梁变形观测的项目、方法、精度指标、数据处理与分析等技术内容。

本文件适用于城市跨江大桥、新型结构桥梁、组合结构桥梁、地质地形复杂环境桥梁运营期间的变形观测。

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 50026 工程测量标准

GB 50982 建筑与桥梁结构监测技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 温度修正 *temperature correction*

观测数据分析中，根据观测温度与标准温度温之差导致的结构状态值变化对观测值进行修正的过程。

3.2 趋势分析 *trend analysis*

在观测结果与桥梁基础数据对比中，对温度修正后的各期观测值变化情况及趋势进行统计分析的过程。

3.3 观测控制截面 *observation control section*

体现桥梁结构特点及几何状态的典型截面。

4 基本规定

4.1 城市桥梁应建立长期稳定的变形观测网，变形观测网应包括基准点、工作基点和变形观测点。

4.2 变形观测应在冬季低温或夏季高温时段实施。观测周期不应超过 1 年。当每年仅观测一次时，宜每 3 年增加 1 次反季节观测。

4.3 当城市桥梁遭遇船舶撞击、极端气候、地质灾害及其他不利因素影响时，应及时实施至少 1 次变形观测。

4.4 在桥梁安全影响范围内实施建设工程时，施工期间及结束后应对桥梁实施变形观测至少 1 年。

4.5 变形观测现场作业应符合下列要求:

- a) 同期观测应遵循“同人员、同设备、同方法”的原则;
- b) 现场观测作业时应在封闭交通且无附加荷载和施工振动情况下进行;
- c) 现场作业应选择在温度变化平稳、风速小、能见度适宜的时段进行;
- d) 环境因素影响观测数据稳定时, 应停止观测。

4.6 新建或加固改造后的桥梁应在投入使用前进行结构变形温度敏感性分析。

4.7 在数据处理和趋势分析时, 应对实测变形值进行温度修正。

4.8 观测时的桥区环境温度应在距离观测桥面 1.2 m 高度读取, 精确至 0.1 ℃。

4.9 城市桥梁变形观测应积极采用新方法、新技术、新设备。

5 观测仪器

5.1 变形观测可采用智能全站仪、数字水准仪、卫星导航定位设备等仪器。

5.2 变形观测使用的仪器应通过检定或校准, 且应在有效期内。

5.3 变形观测设备应满足夜间跨江观测的需要, 并应具有良好的稳定性。

5.4 智能全站仪测角标称精度应不大于 0.5", 测距标称精度应不大于 $(1 \text{ mm} + 1 \times 10^{-6})$ 。

5.5 数字水准仪每公里往返测高差中数的偶然中误差标称值应不大于 0.5 mm, 视准线 (i 角) 误差应不大于 15"。

5.6 卫星导航定位应采用多频信号接收设备, 其标称精度应不大于 $(3 \text{ mm} + 1 \times 10^{-6})$ 。

6 变形观测

6.1 一般规定

6.1.1 观测前应检查识别各类观测点、恢复缺失点位, 复核观测基准网。

6.1.2 变形观测精度等级应满足 GB 50982 二等精度要求, 应以中误差作为衡量精度的主要指标, 并以二倍中误差作为极限误差。

6.1.3 观测点标识应包含编号和类型, 点位标志应清晰、耐久; 强制归心墩应加设警示标语。

6.2 观测项目

6.2.1 变形观测项目应结合桥梁结构特点、技术状况确定。梁式桥、拱式桥、斜拉桥、悬索桥变形观测项目可按表 1 执行。

表 1 桥梁变形观测项目

桥型	观 测 项 目
梁式桥	桥面垂直位移 (挠度)、主梁水平位移、墩台垂直位移 (沉降)、墩台垂直度、伸缩缝缝宽变化
拱式桥	桥面垂直位移 (挠度)、主梁水平位移、拱轴线形、墩台垂直位移 (沉降)、墩台垂直度、拱座垂直位移、拱座水平位移、拱圈横向位移、伸缩缝缝宽变化
斜拉桥	桥面垂直位移 (挠度)、主梁水平位移、索塔顶水平位移、塔基垂直位移、墩台垂直位移 (沉降)、墩台垂直度、伸缩缝缝宽变化
悬索桥	桥面垂直位移 (挠度)、主梁水平位移、主缆线形、索塔顶水平位移、塔基垂直位移、墩台垂直位移 (沉降)、墩台垂直度、锚碇垂直位移、锚碇水平位移、伸缩缝缝宽变化

6.2.2 新型结构桥梁、组合结构桥梁、地质地形复杂环境桥梁应根据实际情况确定观测项目。

6.3 观测点布设

6.3.1 基准点的布设应符合下列要求:

- a) 基准点应设置在桥梁变形影响范围以外且安全稳定、便于施测处,平面基准点和高程基准点每岸均不少于3个。有条件时,平面基准点和高程基准点可共用;
- b) 基准点应埋设标志或标石,标志及标石埋设应符合GB 50026的规定;
- c) 绘制平面基准点与高程基准点平面布置图,并应在图中标明观测点位置,做好点之记。

6.3.2 基准点不满足桥梁观测需要时应设立工作基点,工作基点可按6.3.1规定的方法设置。

6.3.3 变形观测点应设置在桥梁观测控制截面处,左、右偏离值均应不大于1m。

6.3.4 破坏的观测点宜原址补设,不稳定的观测点应异地重设。

6.3.5 变形观测点布设应按附录A执行,观测点编号可按附录B执行。

6.4 基准网测量

6.4.1 基准网宜采用独立坐标系。

6.4.2 基准网的测量技术要求应符合GB 50026的规定,补设或重设的基准点应与原基准网同精度联测。

6.4.3 变形观测前应对基准网进行稳定性分析,其点位误差应满足6.1.2的要求。稳定性分析应符合下列要求:

- a) 平面基准网采用复测平面坐标值与原平面坐标值比较法或全站仪固定边、固定角检核法进行稳定性分析;
- b) 高程基准网采用复测高程值与原高程值比较法或复测高差与原高差检核法进行稳定性分析。

6.5 桥梁变形观测

6.5.1 水平位移、垂直位移、主体倾斜、线形观测的方法与技术要求除应满足GB 50026的规定外,还应符合下列要求:

- a) 采用极坐标法进行水平位移观测时,宜对桥跨中部观测点采取双测站极坐标法进行观测,且观测边长不宜大于后视边长;
- b) 垂直位移观测点应与基准点或工作基点组成附合水准线路、闭合水准线路或结点网,当采用闭合线路时,应联测2个及以上的基准点,并应以其中1点作为起算点,其余点作为检校点。

6.5.2 垂直度观测应符合下列要求:

- a) 根据桥梁特性和精度要求,采用全站仪投点法、差异沉降法、倾斜仪法或三维激光扫描等方法施测,观测技术要求应满足GB 50026的规定;
- b) 采用投点法观测时,上、下测点高差不宜小于墩塔结构高度的2/3,仪器设置位置与观测点的距离宜为上、下点高差的1.5倍~2.0倍;
- c) 采用差异沉降法观测时,应采用几何水准方法测量沉降差,并可经换算求得垂直度及倾斜方向。

6.5.3 伸缩缝的缝宽变化可采用钢尺或游标卡尺直接量取,并应符合下列要求:

- a) 伸缩缝各期缝宽测量应针对同一位置进行,测量应精确至1mm;
- b) 伸缩缝缝宽应重复测量不少于3次,并可取平均值作为最终测量结果。

6.5.4 原始记录内容应包含温度、湿度、气压、风速、风向、时间、观测精度指标、设备型号、仪器编号、加乘常数、作业人员等。

6.5.5 现场观测用电子记录设备应具备自动校核、实时保存和远程传输功能。

6.5.6 纸质记录应签署齐全并备份保存。

6.5.7 观测完成后应及时处理数据, 数据异常时应及时复测。

7 数据处理与分析

7.1 数据处理

7.1.1 变形观测数据处理时应以稳定的基准点或工作基点作为起算点进行平差计算, 获取各点平面坐标和高程的变形值。

7.1.2 水平位移观测基准网点测量数据处理的主要技术指标应符合表 2 的规定。

表 1 水平位移观测基准网点测量数据处理技术指标

相邻基准点的点位中误差 (mm)	平均边长 L (m)	测角中误差 (")	测边相对中误差
3.0	≤400	1.0	≤1/200000
	≤200	1.8	≤1/100000

7.1.3 垂直位移观测基准网点测量数据处理的主要技术指标应符合表 3 的规定。

表 2 垂直位移观测基准网点测量数据处理技术指标

相邻基准点高差中误差 (mm)	每站高差中误差 (mm)	往返较差或环线闭合差 (mm)	检测已测高差较差 (mm)
0.5	0.15	$0.30\sqrt{n}$	$0.4\sqrt{n}$

注: n 为测站数。

7.1.4 变形观测点测量数据处理的主要技术指标应符合表 4 的规定。

表 3 变形观测点测量数据处理技术指标

垂直位移观测		水平位移观测	
变形观测点的高程中误差 (mm)	相邻变形观测点的高差中误差 (mm)	变形观测点测站高差中误差 (mm)	变形观测点的点位中误差 (mm)
0.5	0.3	0.15	3.0

注: 变形观测点的高程中误差和点位中误差, 是指相对于临近基准点的中误差。

7.1.5 针对标准温度, 对变形观测值应进行温度修正。

7.1.6 对数据复核未消除的异常点应核实。

7.1.7 数据处理中应计入运营期间外部因素对桥梁变形的影响。

7.2 变形趋势分析

7.2.1 变形观测数据分析可采用作图法、统计法、对比法、建模分析法等。

7.2.2 对于补设的观测点, 其原点位累计变化量可延续分析处理。

7.2.3 应将本次观测值与上期观测结果及基准值进行比较分析。

7.2.4 应结合桥梁结构特点对桥梁观测控制截面的变形进行趋势分析。

7.2.5 应根据趋势分析结果提出桥梁养护建议。

8 观测成果资料

8.1 成果资料应包括变形观测方案、观测记录、观测报告等。

8.2 变形观测方案应包括但不限于工程概况、观测依据、观测项目、测点布置、观测方法、测量仪器、观测人员、观测周期、数据分析、观测工作计划、交通组织措施、质量安全保证措施。

8.3 变形观测报告应包括以下内容：

- a) 工程概况；
- b) 观测目的、观测项目和观测依据；
- c) 观测人员情况汇总；
- d) 观测点布设、补设、重设；
- e) 采用的仪器型号、规格；
- f) 观测数据采集和观测方法；
- g) 基准网平面位置图、复测数据、稳定性分析；
- h) 观测数据图表；
- i) 数据处理与分析；
- j) 桥梁养护建议；
- k) 主要仪器设备检定或校准证书、现场作业图片等附件。

8.4 观测成果资料应按规定归档保存，其电子档案应存储在可靠介质上。

附录 A
(规范性)
变形观测点布设

A.1 梁式桥变形观测点按表 A.1 选择。

表 A.1 梁式桥变形观测点布设

序号	观测项目	变形观测点位置及数量
1	桥面垂直位移 (挠度)	纵桥向每孔不应少于 5 个观测控制截面, 宜按每孔的 4 等分点布设; 各变形观测点沿横桥向应在行车道两侧边缘各布设 1 处
2	主梁水平位移 (横向)	纵桥向每孔不应少于 3 个观测控制截面, 宜按每孔的 L/2 、 L/4 截面布设; 各变形观测点沿横桥向应在主梁外侧各布设 1 处
3	主梁水平位移 (纵向)	纵桥向每孔不应少于 1 个观测控制截面, 宜按每孔的 L/2 截面布设; 各变形观测点沿横桥向应在主梁外侧各布设 1 处
4	墩台垂直位移 (沉降)	每个墩台的顶部或底部(距地面或常水位 0.5 m ~ 2.0 m)应布设不少于 1 处变形观测点
6	墩台垂直度	每个墩台纵、横桥向各布设不少于 1 处变形观测点
7	伸缩缝缝宽变化	每道伸缩缝不应少于 2 处(每处 2 个)变形观测点, 沿行车道边缘布设

A.2 拱式桥变形观测点按表 A.2 选择。

表 A.2 拱式桥变形观测点布设

序号	观测项目	变形观测点位置及数量
1	桥面垂直位移 (挠度)	纵桥向每孔不应少于 5 个观测控制截面, 宜按每孔的 4 等分点布设; 各变形观测点沿横桥向应在行车道两侧边缘各布设 1 处
2	主梁水平位移 (横向)	纵桥向每孔不应少于 3 个观测控制截面, 宜按每孔的 L/2 、 L/4 截面布设; 各变形观测点沿横桥向应在主梁外侧各布设 1 处
3	主梁水平位移 (纵向)	纵桥向每孔不应少于 1 个观测控制截面, 宜按每孔的 L/2 截面布设; 各变形观测点沿横桥向应在主梁外侧各布设 1 处
4	拱轴线形	每个拱圈不应少于 5 个观测控制截面, 应按拱顶、 L/4 截面、拱脚布设; 各变形观测点沿拱轴线附近布设 1 处
5	墩台垂直位移 (沉降)	每个墩台的顶部或底部(距地面或常水位 0.5 m ~ 2.0 m)应布设不少于 1 处变形观测点

表A.2 拱式桥变形观测点布设（续）

序号	观测项目	变形观测点位置及数量
6	墩台垂直度	每个墩台纵、横桥向各布设不少于 1 处变形观测点
7	拱座垂直位移（沉降）	每个拱座的顶部或底部应布设不少于 1 处变形观测点
8	拱座水平位移（横向）	每个拱座不应少于 2 处变形观测点，应按拱座上下游两侧布设
9	拱座水平位移（纵向）	每个拱座不应少于 2 处变形观测点，应按拱座上下游两侧布设
10	拱圈横向位移	每个拱圈不应少于 5 个观测控制截面，应按拱顶、L/4 截面、拱脚布设；各变形观测点沿拱轴线附近布设 1 处
11	伸缩缝缝宽变化	每道伸缩缝不应少于 2 处（每处 2 个）变形观测点，沿行车道边缘布设

A.3 斜拉桥变形观测点按表 A.3 选择。

表 A.3 斜拉桥变形观测点布设

序号	观测项目	变形观测点位置及数量
1	桥面垂直位移（挠度）	主跨纵桥向每孔不应少于 9 个观测控制截面，宜按每孔的 8 等分点布设；各变形观测点沿横桥向应在行车道两侧边缘各布设 1 处 边跨纵桥向每孔不应少于 5 个观测控制截面，宜按每孔的 4 等分点布设；各变形观测点沿横桥向应在行车道两侧边缘各布设 1 处
2	主梁水平位移（横向）	主跨纵桥向每孔不应少于 3 个观测控制截面，宜按每孔的 L/2 、 L/4 截面布设；各变形观测点沿横桥向应在主梁外侧各布设 1 处 边跨纵桥向每孔不应少于 1 个观测控制截面，宜按每孔的 L/2 截面布设；各变形观测点沿横桥向应在主梁外侧各布设 1 处
3	主梁水平位移（纵向）	主跨纵桥向每孔不应少于 3 个观测控制截面，宜按每孔的 L/2 、 L/4 截面布设；各变形观测点沿横桥向应在主梁外侧各布设 1 处 边跨纵桥向每孔不应少于 1 个观测控制截面，宜按每孔的 L/2 截面布设；各变形观测点沿横桥向应在主梁外侧各布设 1 处
4	索塔顶水平位移（横向）	每个塔柱的顶部应布设不少于 1 处变形观测点
5	索塔顶水平位移（纵向）	每个塔柱的顶部应布设不少于 1 处变形观测点
6	塔基垂直位移（沉降）	每个塔柱在塔梁交接处各布设 1 处变形观测点
7	墩台垂直位移（沉降）	每个墩台的顶部或底部（距地面或常水位 0.5 m ~ 2.0 m）应布设不少于 1 处变形观测点
8	墩台垂直度	每个墩台纵、横桥向各布设不少于 1 处变形观测点
9	伸缩缝缝宽变化	每道伸缩缝不应少于 2 处（每处 2 个）变形观测点，沿行车道边缘布设

A.4 悬索桥变形观测点按表 A.4 选择。

表 A.4 悬索桥变形观测点布设

序号	观测项目	变形观测点位置及数量
1	桥面垂直位移（挠度）	主跨纵桥向每孔不应少于 9 个观测控制截面，宜按每孔的 8 等分点布设；各变形观测点沿横桥向应在行车道两侧边缘各布设 1 处 边跨纵桥向每孔不应少于 5 个观测控制截面，宜按每孔的 4 等分点布设；各变形观测点沿横桥向应在行车道两侧边缘各布设 1 处
2	主梁水平位移（横向）	主跨纵桥向每孔不应少于 3 个观测控制截面，宜按每孔的 $L/2$ 、 $L/4$ 截面布设；各变形观测点沿横桥向应在主梁外侧各布设 1 处 边跨纵桥向每孔不应少于 1 个观测控制截面，宜按每孔的 $L/2$ 截面布设；各变形观测点沿横桥向应在主梁外侧各布设 1 处
3	主梁水平位移（纵向）	主跨纵桥向每孔不应少于 3 个观测控制截面，宜按每孔的 $L/2$ 、 $L/4$ 截面布设；各变形观测点沿横桥向应在主梁外侧各布设 1 处 边跨纵桥向每孔不应少于 1 个观测控制截面，宜按每孔的 $L/2$ 截面布设；各变形观测点沿横桥向应在主梁外侧各布设 1 处
4	主缆线形	每个主缆主跨不应少于 9 个观测控制截面，宜为 $L/2$ 、 $3L/8$ 、 $L/4$ 、 $L/8$ 、支点截面 每个主缆边跨不应少于 3 个观测控制截面，宜为 $L/2$ 、 $L/4$ 、支点截面
5	索塔顶水平位移（横向）	每个塔柱的顶部应布设不少于 1 处变形观测点
6	索塔顶水平位移（纵向）	每个塔柱的顶部应布设不少于 1 处变形观测点
7	塔基垂直位移（沉降）	每个塔柱在塔梁交接处各布设 1 处变形观测点
8	墩台垂直位移（沉降）	每个墩台的顶部或底部（距地面或常水位 0.5 m ~ 2.0 m）应布设不少于 1 处变形观测点
9	墩台垂直度	每个墩台纵、横桥向各布设不少于 1 处变形观测点
10	锚碇垂直位移（沉降）	每个重力式锚碇的顶部或底部（距地面 0.5 m ~ 2.0 m）应布设不少于 1 处观测点；每个隧道式锚碇应布设不少于 1 处变形观测点
11	锚碇水平位移（横向）	每个重力式锚碇不应少于 2 处观测点，应按锚碇上下游两侧布设；每个隧道式锚碇应布设不少于 2 处变形观测点
12	锚碇水平位移（纵向）	每个重力式锚碇不应少于 2 处观测点，应按锚碇上下游两侧布设；每个隧道式锚碇应布设不少于 2 处变形观测点
13	伸缩缝缝宽变化	每道伸缩缝不应少于 2 处

A.5 新型结构桥梁、组合结构桥梁、地质地形复杂环境桥梁变形观测点的选择应根据桥梁结构体系、平面线形、墩柱高度、桥址地质地形等情况确定。

附录 B
(资料性)
变形观测网的点位标识牌

B. 1 基准点标识牌

基准点标识牌长 10 cm ~ 20 cm、宽 5 cm ~ 10 cm, 内容应包括桥梁名称、基准点类型及点位编号。桥梁名称宜采用全称, 基准点类型分为平面基准点(简称 PM)和高程基准点(简称 GC), 同一类型的基准点应连续编号, 图 B. 1 表示某一桥梁 1 号高程基准点。

XXXX大桥	
点位类型	高程基准点
点位编号	GC01
养护单位	XXXX
布设日期	XX年XX月XX日

图 B. 1 基准点标识牌示例

B. 2 工作基点标识牌

工作基点标识牌长 10 cm、宽 5 cm, 内容应包括桥梁名称、工作基点类型及点位编号。桥梁名称宜采用全称, 工作基点类型分为平面工作基点(简称 PMG)和高程工作基点(简称 GCG), 同一类型的工作基点应连续编号, 图 B. 2 表示某一桥梁 1 号平面工作基点。

XXXX大桥	
点位类型	平面工作基点
点位编号	PMG01
养护单位	XXXX
布设日期	XX年XX月XX日

图 B. 2 工作基点标识牌示例

B. 3 变形观测点标识牌

变形观测点标识牌长 10 cm、宽 5 cm, 内容应包括观测项目、部件类型编码及点位编号。观测项目按附录 A 执行, 部件类型分为桥面(简称 QM)、主梁(简称 ZL)、索塔(简称 ST)、桥台(简称

QT)、桥墩(简称 QD)、拱圈(简称 GQ)、主缆(简称 LS)、伸缩缝(简称 SS)、锚碇(简称 MD)、拱座(简称 GZ),同一部件类型编码应连续,同一观测控制截面的变形观测点应自定规则连续编号。不同观测项目的变形观测点共点时,可共用同一标识牌。同一观测项目同一处变形观测点若采用双点位布设时,可在点位编号后加 a、b 进行区分,并分别设置标识牌。图 B.3 (a) 表示某一桥梁第 3 个桥面垂直位移(挠度)观测截面第 2 个变形观测点。图 B.3 (b) 表示某一桥梁 1 号拱座第 2 个横向水平位移观测点和 1 号拱座第 2 个纵向水平位移观测点。

XXXX大桥	
点位类型	变形观测点
点位编号	桥面垂直位移(挠度) G3-02
养护单位	XXXX
布设日期	XX年XX月XX日

(a)

XXXX大桥	
点位类型	变形观测点
点位编号	拱座水平位移(横向) R1-02 拱座水平位移(纵向) R1-02
养护单位	XXXX
布设日期	XX年XX月XX日

(b)

图 B.3 变形观测点标识牌示例

参 考 文 献

- [1] GB/T 12897 国家一、二等水准测量规范
 - [2] CJJ 99 城市桥梁养护技术标准
 - [3] CJJ/T 233 城市桥梁检测与评定技术规范
 - [4] JGJ 8 建筑变形测量规范
 - [5] JTGF 5120 公路桥涵养护规范
 - [6] DB50/231 城市桥梁养护技术规程
-