



T/CECS G: XXX-XX-20XX

中国工程建设标准化协会标准

Standard of China Association for Engineering Construction

Standardization

公路装配式混凝土梁桥建造质量
数据管理与交换标准

(征求意见稿)

中国工程建设标准化协会 发布

Issued by China Association for Engineering Construction

Standardization

中国工程建设标准化协会标准

公路装配式混凝土梁桥建造质量
数据管理与交换标准

T/CECS G: XXX-XX-20XX

主编单位：交通运输部公路科学研究院

批准部门：中国工程建设标准化协会

实施日期：

XXX 出版社

目录

1 总则	1
2 术语	1
3 数据分类	1
3.1 业务阶段划分	2
3.2 数据来源划分	3
3.3 时效特征划分	4
4 数据存储格式	4
4.1 数据库数据	4
4.2 结构化数据	4
4.3 半结构化数据	4
4.4 非结构化数据	4
4.5 压缩格式文件	5
4.6 BIM 与三维模型格式	5
4.7 归档长期保存格式	5
5 数据交换格式	5
5.1 数据库数据或结构化数据交换格式	5
5.2 半结构化数据交换格式	5
5.3 非结构化数据交换格式	6
6 数据交换机制	6
6.1 传输协议与通信方式	6
6.2 中间件与接口技术	6
6.3 数据安全保障	6
7 数据质量控制	7
8 智能化拓展	7
附录 1	8

1 总则

1.0.1 为使不同系统之间能够准确、高效地交换公路装配式混凝土梁桥建造质量数据，以便进行质量追溯，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于新建和改（扩）建公路装配式混凝土梁桥在不同建设阶段质量数据的管理与交换。

1.0.3 除应符合本标准外，尚应符合国家、行业现行有关强制性标准的规定。

2 术语

2.0.1 装配式混凝土梁桥

将混凝土梁段横向或纵向分片在预制厂预制，然后进行运输和安装的梁桥。

2.0.2 结构化数据

指可以使用关系型数据库表示和存储，表现为二维形式的数据。

2.0.3 半结构化数据

是介于完全结构化数据和完全无结构化数据之间的数据，它并不符合关系型数据库或其他数据表的形式关联起来的数据模型结构，但包含相关标记，用来分隔语义元素以及对记录和字段进行分层，如 HTML、XML 和 JSON 文档。

2.0.4 非结构化数据

非结构化数据是数据结构不规则或不完整，没有预定义的数据模型，不方便用数据库二维逻辑表来表现的数据。

2.0.5 质量元数据

描述质量的数据，应含构件基础标识、设计与施工、责任与过程追溯等信息。

2.0.6 数据接口

指不同应用程序或系统之间交换数据的通信界面。

2.0.7 等保三级

网络安全等级的一种评价标准，指等级保护对象受到破坏后，会对社会秩序和公共利益造成特别严重危害，或者对国家安全造成危害。

3 数据分类

公路装配式混凝土梁桥建造质量数据可按业务阶段、数据来源、时效特征等

不同维度进行分类管理，以实现从设计到验收的全要素、全过程数字化，并为智能化拓展及数字孪生等提供数据基础。质量数据均应将项目编码、构件唯一标识码、时间戳、责任主体、合格状态、监理确认作为必关联元数据，以便全链条追溯。

3.1 业务阶段划分

3.1.1 设计数据

设计数据是建造质量控制的源头依据和对比基准，应包含：

- (1) **基础设计成果**：结构计算书、BIM 模型、数字孪生基模、构件拆分图、临时工程设计等。
- (2) **可制造性与可装配性分析数据**：基于设计模型的预制工艺仿真、吊装仿真、碰撞检查结果数据等。
- (3) **设计基线数据**：用于施工阶段比对的阈值。

3.1.2 预制生产数据

覆盖从原材料到成品构件的全过程质量数据，包括：

- (1) **原材料质量数据**：混凝土质量数据、钢筋/预应力筋质量数据、锚具及预埋件质量数据等。
- (2) **生产过程实时数据**：拌合站生产数据、张拉与压浆数据、养护温湿度曲线等。
- (3) **成品检验数据**：几何尺寸、保护层厚度、混凝土实体强度、外观缺陷图像等。
- (4) **元数据**：构件唯一标识码、时间戳、责任主体等。

3.1.3 储存运输数据

储存运输阶段应监测环境及构件状态，数据包括：

- (1) **储存温湿度数据**：存梁区环境温度、相对湿度，记录频率宜不低于每 4 小时一次，以 CSV 或 JSON 格式存储。
- (2) **构件应力监测数据**：对长期存梁或特殊构件应监测内部应力变化，可采用振弦式应变计采集。

(3) **运输过程数据**: 运输路径、起止时间, 运输车辆速度、加速度、倾角, 构件支撑处支反力或位移监测值, 异常报警记录。

(4) **储存与运输损伤记录**: 裂缝、预应力损失等检测报告及影像资料。

储存运输数据应包含构件唯一标识码、时间戳、责任人、运输单位等信息。

3.1.4 安装数据

安装数据包括吊装、定位、临时固定及后续监测数据, 应关联梁编号、安装日期、施工单位、监理复核结果等:

(1) **吊装定位偏差**: 支座中心线与墩台设计位置偏差、梁端伸缩缝间距、横桥向偏位、纵桥向错位等, 实测值以表格记录。

(2) **线形控制数据**: 安装后梁顶面标高、相邻梁板高差、桥面横坡等。

(3) **临时支撑与固定**: 临时支座拆除时机记录、永久支座安装偏差。

(4) **安装过程监测数据**: 墩台沉降观测, 已安装梁段变形监测。

(5) **连接构造施工数据**: 湿接缝浇筑记录、预应力束连接张拉数据、剪力键安装质量。

3.1.5 过程与验收检测数据

覆盖施工过程中及完工后的各类检测与试验结果, 包括:

(1) **无损检测数据**: 超声波/相控阵、红外热成像、雷达、回弹数据等。

(2) **荷载试验数据**: 静载、动载数据等。

(3) **长期监测初始值**: 作为运维阶段起点的应变、索力、位移等基准数据。

3.2 数据来源划分

如表 3-1 所示。

表 3-1 数据来源途径、说明及示例

来源途径	说明	示例数据
人工填报/录入	相关人员通过表单、系统界面提交	施工日志、验收签字、部分几何尺寸记录
IoT/传感器自动采集	设备实时或准实时上传	温湿度、应变、加速度、张拉力/伸长量
移动终端/影像采集	现场拍照、录像、无人机巡检	裂缝照片、吊装过程视频、全景图

BIM/CAD 自动导出	从设计模型中提取或比对	设计几何、钢筋定位、构件清单
第三方检测系统接口	通过标准接口获取	超声报告、荷载试验数据、雷达图像

3.3 时效特征划分

如表 3-2 所示。

表 3-2 数据时效性相关特征

时效类别	特征	典型数据	更新要求
静态基础数据	全生命周期基本不变	设计参数、材料标准、构件唯一标识码	建立时确定，变更需版本控制
准动态过程数据	以事件/批次/天为单位更新	生产记录、检测报告、验收结论	事件触发或按天同步
实时/高频率流数据	毫秒/秒级连续更新	传感器监测值、运输冲击记录	流式传输，支持实时预警

4 数据存储格式

公路装配式梁桥建造过程中，质量数据的存储需要兼顾结构化、兼容性、可追溯性，数据存储区受控制访问，与互联网逻辑隔离（限制可执行文件和脚本文件的交换），质量数据应至少保存至工程竣工验收后 5 年。

4.1 数据库数据

主流数据库数据，如关系型数据库 MySQL、非关系型数据库 MongoDB 等。

4.2 结构化数据

适用于表格化、数值型数据。

- (1) XLS/XLSX。常见于材料试验报告、结构尺寸记录、施工日志等。
- (2) CSV。适合导入数据库或跨平台交换，如传感器数据等。

4.3 半结构化数据

适用于复杂结构化数据，适合系统间数据交换，如 JSON、XML 格式数据。

4.4 非结构化数据

适用于报告、图纸、影像等。以文件的形式体现，应支持按需提供和周期性

提供，依托交换通道技术实现文件的传输。包括但不限于以下格式：

- (1) PDF。质量验收报告。
- (2) DWG/DXF。设计图纸或构件放样图。
- (3) DOCX。适用于文本型记录。
- (4) 图像与视频格式。适用于现场质量检查、施工过程记录，如 JPEG/PNG、MP4/AVI、TIFF。

4.5 压缩格式文件

应使用 ZIP2.0 (Deflate、无加密、UTF-8) 压缩格式文件，禁止加密压缩包。

4.6 BIM 与三维模型格式

适用于设计、施工协同和数字化交付等场景，应采用国标/行业通用格式，主要格式如下：

- (1) IFC。开放 BIM 标准格式，集成设计、施工、运维数据。
- (2) LAS 格式。激光雷达点云数据的标准化存储格式，宜优先使用兼容性最广且支持更多扩展功能的 LAS1.4。

4.7 归档长期保存格式

归档文件采用 PDF/A、OFD 格式。

5 数据交换格式

5.1 数据库数据或结构化数据交换格式

结构化数据交换优先采用 CSV、IFC、COBie 等格式。

- (1) CSV。纯文本表格格式，无复杂结构。
- (2) IFC。BIM 领域通用格式，支持几何、材料等数据的一体化交换。
- (3) COBie。针对施工和运维阶段的结构化数据移交标准。

5.2 半结构化数据交换格式

半结构化数据交换优先采用 JSON 格式，为兼容旧系统，宜采用 XML 格式。示例见附录 1。

- (1) JSON。轻量级键值对结构，语法简洁，易于人机读写，支持嵌套对象和数组。

(2) XML。基于标签的纯文本格式，支持嵌套结构和元数据，可扩展性强。

5.3 非结构化数据交换格式

非结构化数据交换格式较多，常见的如二进制、压缩文件等。

(1) 二进制原始格式。直接以原始二进制形式存储或传输数据。

(2) Base64 编码。ASCII 字符串，通过纯文本通道传输。

(3) ZIP/TAR。将多个文件打包为单个压缩文件。

交换大于 64KB 的代码或日志文件、大于 50MB 的图片与视频文件、大于 50 个的小文件时，宜先压缩再交换。

6 数据交换机制

数据交换流程包含业务申请、业务注册、任务创建、数据上传、数据传输和数据下载，应符合现行 JT/T 1415.2《交通运输数据资源交换与共享 第 2 部分：通用技术要求》的有关规定。

6.1 传输协议与通信方式

交换通道传输协议应支持以下几种：

(1) 同步协议。HTTPS，禁止明文传输。

(2) 异步协议。消息队列。

(3) 文件传输协议。SFTP/SCP 等。

(4) 实时传输。应采用双链路通信方式，传输协议支持 TCP 和 UDP 两种，对可靠性要求较高的数据传输优先采用 TCP，反之优先采用 UDP。端到端延迟不应大于 2s。

(5) 物联网。MQTT 协议。

通信模式应选择请求-响应、发布-订阅、长轮询等。

6.2 中间件与接口技术

为实现异构系统间的无缝对接，宜采用 RESTful API，接口调用应符合现行 JT/T 1415.3《交通运输数据资源交换与共享 第 3 部分：数据格式与接口》的有关规定，API 接口正常响应时间不大于 500ms。

ETL 和消息队列（MQ）亦推荐使用。

6.3 数据安全保障

应建立健全数据安全管理制度，保障数据在交换过程中的保密性、完整性和

可用性，宜通过数据加密和权限管理等方式实现。

(1) 数据加密。应采用 SM4、SM3（国密）进行数据加密，满足等保三级要求，在关键数据溯源方面，宜采用区块链技术。

(2) 身份认证与权限管理。应采用 RBAC+公私钥/数字证书。

(3) 数据脱敏与防泄漏。个人信息脱敏应符合现行 GB/T 35273《信息安全技术 个人信息安全规范》的有关规定。

7 数据质量控制

应使用数据清洗、数据转换、数据校验规则库、数据溯源机制等方法实现数据质量控制的目的。

(1) 数据录入核查。关键数据完整率应 100%完整，如原材料、张拉、压浆、安装、检测数据，所有数据时间戳应精确到秒，每一预制构件应具有唯一标识码。

(2) 数据清洗。数据输入方应控制数据错误率低于 0.5%。

(3) 数据转换。数据输入方应按照统一的规范对输入数据进行内容修改、格式修改、字段替换。

(4) 数据校验规则库应使用阈值校验和逻辑校验。

阈值校验：实测值超出设计值 $\pm 5\%$ 时自动报警；

逻辑校验：如混凝土浇筑日期早于脱模日期。

(5) 数据溯源机制宜通过数字签名和哈希校验两种核心技术实现，具体使用时可采用数字签名+哈希值校验+时间戳，确保数据不可篡改、修改留痕迹。

8 智能化拓展

宜预留 AI 接口等，为智慧工地、全寿命周期管理提供可扩展的数据基础，接口协议应采用标准化 RESTful 或 GraphQL。

在机器学习项目中，应确保数据集标准规范、来源合法、质量合格，为 AI 提供基础。

附录 1:

JSON 局部示例

```
{
  "BridgeInfo ": {
    "BridgeID ": "B001 ",
    "Name ": "XX 大桥 ",
    "DesignInfo ": {
      "Designer ": "XX 设计院 ",
      "DesignDate ": "2023-01-01 "
    },
    "ConstructionInfo ": {
      "StartDate ": "2023-03-01 ",
      "EndDate ": "2024-01-01 "
    }
  }
}
```

XML 局部示例

```
<BridgeInfo>
  <BridgeID>B001</BridgeID>
  <Name>XX 大桥</Name>
  <DesignInfo>
    <Designer>XX 设计院</Designer>
    <DesignDate>2023-01-01</DesignDate>
  </DesignInfo>
  <ConstructionInfo>
    <StartDate>2023-03-01</StartDate>
    <EndDate>2024-01-01</EndDate>
  </ConstructionInfo>
</BridgeInfo>
```