

# 公路桥梁超限运输结构安全性评价 技术规程

(征求意见稿)

2021 - XX - XX 发布

2021 - XX - XX 实施

山西省市场监督管理局 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
3.1 超限运输车辆 .....	1
3.2 超重车辆 .....	1
3.3 总质量 .....	1
3.4 轴载 .....	1
3.5 准确度 .....	2
3.6 超限运输评价数据库 .....	2
3.7 通行路线 .....	2
3.8 结构安全性评价 .....	2
4 一般规定 .....	2
4.1 总体要求 .....	2
4.2 评价方法 .....	2
5 资料准备 .....	2
5.1 公路基础数据库 .....	2
5.2 有限元仿真模型库 .....	3
5.3 超限运输评价数据库 .....	3
6 荷载作用 .....	4
6.1 超重车辆荷载 .....	4
6.2 永久作用 .....	4
6.3 荷载分项系数 .....	5
7 评价方法 .....	5
7.1 一般规定 .....	5
7.2 数据库对比法 .....	5
7.7 荷载效应对比法 .....	5
7.4 荷载效应验算法 .....	5
7.5 倾覆稳定性验算 .....	6
7.6 评价流程 .....	6
8 通行过程桥梁监测 .....	7
8.1 一般规定 .....	7
8.2 监测内容 .....	7
参考文献 .....	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。

本文件由山西省交通运输厅提出并监督实施。

本文件由山西省交通运输标准化技术委员会(SXS/TC37)归口。

本文件起草单位:山西省智慧交通研究院有限公司、山西省智慧交通实验室有限公司、山西交通科学研究院集团有限公司、山西省交通建设工程质量检测中心(有限公司)。

本文件主要起草人:赵晓晋、吴佳佳、郭俊凯、孟利强、付玉强、王强、吴焱、高浩、张军、赵文溥、郭学兵、姚广、杨睿之、郝艳军、杨洋、王祯国、孙立周、高靓雯、任杰、王宁。

# 公路桥梁超限运输结构安全性评价技术规程

## 1 范围

本文件规定了公路桥梁超限运输结构安全性评价的规范性引用文件、术语、定义和符号、一般规定、结构安全性评价、通行过程监测及评估。

本文件适用于超重车辆通行公路钢筋混凝土及预应力混凝土梁式桥梁结构安全性评价和通行过程监测。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 1589	《道路车辆外廓尺寸、轴荷及质量限值》
JTG D60	《公路桥涵设计通用规范》
JTG 3362	《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》
JTG 5120	《公路桥涵养护规范》
JTG/T H21	《公路桥梁技术状况评定标准》
JTG/T J21	《公路桥梁承载能力检测评定规程》
JTG/T 2213	《公路大件运输安全通行评价技术规范》
JT/T 1037	《公路桥梁结构安全监测系统技术规程》

## 3 术语和定义

### 3.1 超限运输

采用特定的运输方式和运输工具将不可解体超限物品从一地移动到另一地的运输活动。

### 3.2 超重车辆

载运不可解体物品且车货一体超过公路运输规定重量限制的车辆或组合车辆。

### 3.3 总质量

车辆或车辆组合的质量与车辆所载货物的质量之和。

### 3.4 轴载

每根车轴分担的实际总质量。

### 3.5 结构安全性评价

评价桥梁结构在荷载作用下是否达到最大承载能力、出现不适于继续承载的变形或变位状态，或达到正常使用的某项限值的状态。

### 3.6 超限运输评价数据库

包含公路桥梁超限运输结构安全性评价资料数据、桥梁有限元仿真模型验算结果数据、评价结果数据的数据库。

## 4 一般规定

4.1 公路桥梁超限运输结构安全性评价可根据超限运输资料及桥梁有限元模型组是否与超限运输评价数据库中数据一致,可采用数据库对比法、荷载效应对比法、荷载效应验算法进行桥梁结构安全性评价。

4.2 桥梁结构安全性评价前,应准备符合要求的公路基础数据库、有限元仿真模型库、超限运输评价数据库。

4.3 公路桥梁超限运输结构安全性评价可采用基于分布式云计算的技术手段,云服务器应具备根据有限元模型组优先级分配有限元模型进行验算的功能。

## 5 资料准备

### 5.1 公路基础数据库

公路基础数据库应包含公路桥梁超限运输所需要的公路设施子数据库,路线基础数据、互通基础数据、桥梁基础数据。

5.1.1 路线基础数据应能够用于判断超限运输山西省通行路线、通行路线技术等级、高速公路超限运输的起点和终点,提示环形公路路线转换有多种方案。应包括路线基础信息、关键节点信息、是否环形公路。

- a) 基础信息包括路线名称、路线编号,省内起止地点,省内起止点桩号,技术等级。
- b) 关键节点信息包括收费站名称、桩号,省界名称、桩号。
- c) 是否环形公路用于判断路线是否形成环形、提示路线转换有多种方案。

5.1.2 互通数据应能够用于判断超限运输路线之间的转换桩号、通行的匝道。应包括互通名称,互通类型,互通形式,匝道数量,匝道编号及与匝道相接的路线名称和路线桩号。

5.1.3 桥梁数据应能够用于筛选超限运输的桥梁、提供桥梁验算所需要的结构技术资料、结构养护检查资料,并能够提供自动匹配有限元仿真模型库中参数一致的有限元模型。

- a) 应包含桥梁名称,建成年限,中心桩号,路线名称,设计荷载,技术状况等级,桥梁结构类型,跨径组合,主梁数量,竣工资料,检查资料,养护资料。
- b) 应包含是否单点支承独柱墩桥梁或小间距双支承的大悬臂整体式箱梁桥。
- c) 应包含桥梁计算模型,计算模型是否完整。

### 5.2 有限元仿真模型库

有限元仿真模型库应能够提供桥梁验算的有限元模型,提供桥梁自动匹配有限元模型的基本参数,材料强度设计值,正常使用极限状态限值系数。应包括模型参数,材料参数,验算参数,桥梁构件考虑的内力类型。

- a) 有限元模型。

b) 模型参数包括模型名称, 结构类型, 设计规范, 设计荷载等级, 跨径组合, 梁数, 有限元模型, 环境设置。

c) 材料参数包括材料抗拉强度标准值, 抗压强度标准值, 抗拉强度设计值, 抗压强度设计值。

d) 验算参数包括截面设计内力类别, 构件类型, 设计安全等级, 构件制作方法等。

e) 应包含有限元模型相应桥梁构件验算的内力类型。

### 5.3 超限运输评价数据库

超限运输评价库应包括超限运输资料、结构安全评价参数和有限元模型组数据、云服务器相关数据。

5.3.1 超限运输资料应能够提供超重车辆转化为有限元模型荷载的基本参数, 具有唯一性的通行路线。包括超重车辆资料和通行路线。

a) 超重车辆资料包括总质量 $W$ , 轮距, 轴数 $n$ , 轴距, 轴载分布。

b) 轴距为车轴间距按顺序排列由 $(n-1)$ 个元素构成的一维数组, 轴载分布为轴载按顺序排列由 $n$ 个元素构成的一维数组。

c) 轴距、轴载单位应与桥梁有限元模型的长度、力的换算单位一致。

d) 通行路线应具有唯一性, 有明确的起终点, 且可形成连续轨迹。

e) 结构安全评价参数。

f) 其他相关规范要求的资料。

5.3.2 结构安全评价参数包括荷载效应组合、是否考虑超重车辆冲击系数等, 且数据格式应符合与有限元模型交互需求。

5.3.3 有限元模型组数据符合下列规定:

a) 有限元模型组为超重车辆通行所有桥梁的有限元模型及相应桥梁技术状况等级的整体经去重后的多个有限元模型的组合, 可按如下流程进行。

b) 每个超限运输均对应一个有限元模型组。

c) 有限元模型组计算结果应包含相应桥梁的技术状况等级、桥梁最不利截面和支座超重车辆及设计荷载下的作用效应、超重车辆与设计荷载的作用效应比值。

d) 有限元模型组验算优先级符合下列规定: 技术等级三类桥梁、装配式小箱梁桥、装配式T梁桥、装配式空心板桥、整体现浇桥梁、其他类型桥梁。

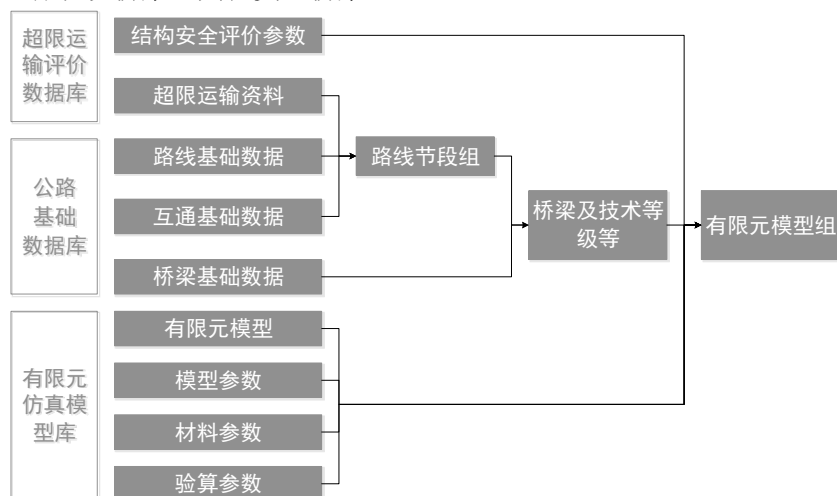


图1 获取有限云模型组流程

5.3.4 云服务器相关数据应包括有限元模型组所分配的云服务器，以及有限元模型组的验算顺序、验算进程、是否完成验算。云服务器应具备网络中断恢复后自动启动验算的功能。

## 6 荷载作用

### 6.1 超重车辆荷载

6.1.1 超重车辆通行桥梁，符合下列规定时，不计入超重车辆的冲击系数，即  $\mu=0$ 。

- a) 车辆以不大于5km/h的速度匀速行驶。
- b) 在桥上不制动、变速、停留。

6.1.2 超重车辆通行桥梁速度大于 5km/h 且小于等于 20km/h，或通行桥梁存在制动、变速、停留行为时，车辆冲击系数可按下列方法计算：

- a) 当桥梁结构基频  $f < 1.5\text{Hz}$  时， $\mu = 0.05$ 。
- b) 当桥梁结构基频  $1.5\text{Hz} \leq f \leq 14\text{Hz}$  时， $\mu = 0.1767 \ln f - 0.0157$ 。
- c) 当桥梁结构基频  $f > 14\text{Hz}$  时， $\mu = 0.45$ 。
- d) 超重车辆的局部加载及在T梁、箱梁悬臂板上的冲击系数采用  $\mu = 0.3$ 。

6.1.3 超重车辆通行桥梁速度不应大于 20km/h。

6.1.4 超重车辆液压平板车轴荷与平均值接近时，应考虑超重车辆车货一体轴载的准确度  $\eta_Q$ ，可取  $\eta_Q=5\%$ 。结构安全性评价时，超重车辆荷载应考虑放大系数  $(1+\eta_Q)$ 。

### 6.2 永久作用

6.2.1 极限状态评价时，应考虑永久作用有结构重力、预加力、混凝土收缩和徐变作用、基础变位作用。

### 6.3 荷载分项系数

6.3.1 基本组合下超重车辆荷载分项系数取 1.1。频遇组合、准永久组合、标准组合下超限运输车辆荷载分项系数取 1.0。

6.3.2 其他荷载分项系数参考《公路桥涵设计通用规范》（JTG D60）取值。

## 7 评价方法

### 7.1 一般规定

根据超限运输资料及桥梁有限元模型组是否与超限运输评价数据库中数据一致，首先采用数据库对比法进行结构安全性评价，然后根据桥梁技术等级、车货总体重量荷载效应与设计车辆荷载效应的大小关系，按照《公路大件运输安全通行评价技术规范》（JTG/T 2213）的规定采用荷载效应对比法或荷载效应验算法进行结构安全性评价。

### 7.2 数据库对比法

数据库对比法是在超限运输评价数据库中对拟评价公路桥梁超限运输与既有评价数据的超限运输资料、有限元模型组的一致性，应符合下列规定：

a) 超重车辆资料和通行路线一致且桥梁技术状况未发生改变时，可参照既有评价数据的验算结果进行结构安全性评价。

b) 超重车辆资料一致，仅通行路线不一致时，进一步对比有限元模型组得到有限元模型一致且相应桥梁技术等级一致的有限元模型组子集一和有限元模型不一致或相应桥梁技术等级不一致的有限元模型组子集二。有限元模型组子集一相应桥梁参照既有评价数据的验算结果进行结构安全性评价，有限元模型组子集二根据荷载效应对比法或荷载效应验算法进行相应桥梁结构安全性评价。

c) 超重车辆资料不一致时，需对全部桥梁有限元模型组进行验算，根据验算结果进行结构安全性评价。

### 7.3 荷载效应对比法

7.3.1 设计车辆荷载效应应根据桥梁设计规范规定的组合系数与相应汽车荷载效应的乘积。

a) 按《公路桥涵设计通用规范》（JTG D60）设计的桥梁，设计车辆荷载效应为考虑1.4倍组合系数时的组合值。

b) 按《公路桥涵设计通用规范》（JTJ 089）设计的桥梁，计算荷载效应控制设计的桥梁，设计车辆荷载效应为考虑1.4倍组合系数时的组合值。验算荷载控制设计的桥梁，设计车辆荷载效应为考虑1.1倍组合系数时的组合值。

### 7.4 荷载效应验算法

7.4.1 持久状况承载能力极限状态验算时，基本组合中结构重要性系数按桥梁设计规范的规定取值。

7.4.2 持久状况正常使用极限状态验算，应符合下列规定：

1 应力验算：

预应力混凝土受弯构件正截面应力：

受压区混凝土最大压应力（扣除全部预应力损失）：

$$\sigma_{ha} \leq 0.6f_{ck} \quad (1)$$

受压区混凝土最大拉应力（扣除全部预应力损失）：

$$\sigma_{z,l} \leq 0.9f_{tk} \quad (2)$$

受拉区预应力钢筋最大拉应力：

对于钢丝、钢绞线：

$$\sigma_y \leq 0.70f_{pk} \quad (3)$$

对于精轧螺纹钢筋：

$$\sigma_y \leq 0.85f_{pk} \quad (4)$$

斜截面上混凝土的主压应力：

$$\sigma_{za} \leq 0.65f_{ck} \quad (5)$$

斜截面上混凝土的主拉应力：

$$\sigma_{hl} \leq 0.9f_{tk} \quad (6)$$

斜截面上混凝土的主拉应力：

$$\sigma_{hl} \leq 0.9f_{tk} \quad (7)$$

式中： $f_{tk}$ ——混凝土抗拉强度标准值

$f_{ck}$ ——混凝土抗压强度标准值

$f_{pk}$ ——钢丝、钢绞线抗拉强度标准值

## 2 裂缝宽度验算：

钢筋混凝土构件和B类预应力混凝土构件，其计算的最大裂缝宽度不应超过下列限值：

钢筋混凝土构件

I类和II类环境 0.25mm

III类和IV类环境 0.15mm

采用精轧螺纹钢筋的预应力混凝土构件

I类和II类环境 0.25mm

III类和IV类环境 0.15mm

采用钢丝或钢绞线的预应力混凝土构件

I类和II类环境 0.15mm

III类和IV类环境 不允许出现裂缝

## 3 挠度验算

钢筋混凝土、预应力混凝土受弯构件的挠度显示可按现行行业标准《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362规定的限值提高20%。

## 7.5 倾覆稳定性验算

符合《公路大件运输安全通行评价技术规范》（JTG/T 2213）规定的具有倾覆风险桥梁，应按照《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》（JTG 3362）进行倾覆稳定性验算，并符合下列规定：

在作用标准值组合下，可变作用取2.5倍超重车辆荷载，最大支座转角小于0.02rad。

## 7.6 评价流程

桥梁结构安全性评价可按图2所示的流程。

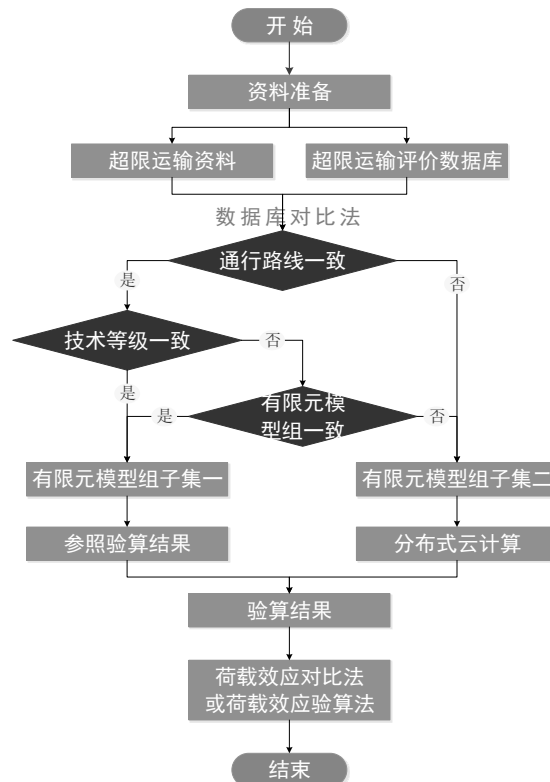


图2 桥梁结构安全评价流程

## 8 通行过程桥梁监测

### 8.1 一般规定

8.1.1 公路桥梁超限运输结构监测应遵循“安全、科学、适用、经济”的原则，对经常通行超限运输的路线选取具有代表性的典型桥梁进行监测。

#### 8.1.2 典型桥梁选取

a) 技术状况等级 3 类桥梁应采取必要的结构性能监测措施。

b) 技术状况等级 1 类或 2 类桥梁荷载效应比值 $R$ 大于等于 1.05 时，应采取必要的结构性能监测措施，拟通行路线每种桥型应至少监测一座。

c) 技术状况等级 1 类或 2 类桥梁荷载效应比值大于等于 1 时，宜采取必要的结构性能监测措施。

d) 具有倾覆风险桥梁未采用单支承或大悬臂箱梁小间距支承改变为双支承抗倾覆性能提升措施的，应采取必要的结构性能监测措施。

### 8.2 监测内容

#### 8.2.1 桥梁的结构性能监测宜包含但不限于下述内容：

结构位移、变形等结构整体相应情况；关键构件应变；裂缝开展情况；独柱墩桥梁的梁端转角等。

#### 8.2.2 混凝土梁式桥的监测内容应符合下列规定：

a) 车辆荷载监测，包括桥梁交通量、车型、车速、横向位置等。

b) 环境监测，结合桥梁结构类型在主梁跨中对桥梁所在环境温度、截面温度梯度进行监测。

c) 振动监测，应对结构主要竖向振型振幅最大或较大部位的竖向振动加速度进行监测。

d) 变形监测，最不利荷载组合下至少选择一个截面进行主梁挠度监测，多主梁的至少选择一个截面监测全部主梁挠度。

e) 应变监测，选取主梁受力较大的关键构件、截面及进行监测，弯矩、剪力等同类型受力应至少选择一个截面，每个截面至少 2 个测点。

f) 支座反力监测，独柱桥梁及弯桥、基础易发生沉降等桥梁的关键支座。

g) 技术状况等级三类桥梁和桥梁实际技术状况不能满足一类、二类桥的，应针对影响结构安全的病害增加相应测点。

h) 其他根据桥梁实际技术状况和环境特点需要监测的参照《公路桥梁结构安全监测系统技术规程》(JT/T 1037)。

### 参 考 文 献

- [1] JTG/T 2213-2023 公路大件运输安全通行评价技术规范[S].
  - [2] 城市桥梁设计规范:CJJ 11-2011[S]. 2011.
-