

# 团 体 标 准

T/SDHTS XXXX—20XX

## 公路跨线桥梁拆除设计与施工技术规范

Technical Specification for Demolition Design and Construction  
of Highway Overpass Bridges

(征求意见稿)

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

山东公路学会 发布



目 次

前言 ..... II

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语 ..... 2

4 基本规定 ..... 3

5 拆除设计 ..... 3

6 拆除施工 ..... 7

7 拆除施工监控 ..... 14

8 交通管控及环境保护 ..... 16

9 验收 ..... 17

## 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。

本文件由中交第一公路勘察设计研究院有限公司提出。

本文件由山东公路学会归口。

本文件起草单位：中交第一公路勘察设计研究院有限公司、齐鲁高速公路股份有限公司、山东省交通规划设计院集团有限公司、中交瑞通路桥养护科技有限公司。

本文件主要起草人：xxx、xxx、xxx、xxx、xxx、……（按顺序填写，不超过25人）。

# 公路跨线桥梁拆除设计与施工技术规程

## 1 范围

本文件提出了公路跨线桥梁拆除基本规定、拆除设计、拆除施工、拆除施工监控、交通管控及环境保护、验收的技术要求。

本文件适用于公路中小跨径跨线桥梁拆除设计与施工。

## 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 50009 建筑结构荷载规范

GB 6067 起重机械安全规程

GB 6722 爆破安全规程

GB/T 6068 汽车起重机和轮胎起重机试验规范

GB/T 30470 超硬磨料制品 金刚石绳锯

GB/T 11270.1 超硬磨料制品 金刚石圆锯片

GB/T 50743 工程施工废弃物再生利用技术规范

JTG B01 公路工程技术标准

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 D64 公路钢结构桥梁设计规范

JTG/T D64-01 公路钢混组合桥梁设计与施工规范

JTG/T 3650 公路桥涵施工技术规范

JTG F90 公路工程施工安全技术规范

JTG D82 公路交通标志和标线设置规范

JTG H30 公路养护安全作业规程

JT/T 1375 公路水运工程施工安全风险评估指南

JB/T 9738 汽车起重机

JGJ 147 建筑拆除工程安全技术规范

JGJ 33 建筑机械使用安全技术规程

JGJ 276 建筑施工起重吊装工程安全技术规范

T/CECS G: M61-01 公路混凝土桥梁拆除技术规程

TJG H3003 公路桥梁拆除工程施工安全技术规程

CJJ/T 134 建筑垃圾处理技术标准

### 3 术语

#### 3.1 逆序拆除 reverse demolition

遵循与待拆跨线桥梁建设施工相反的顺序对桥梁部件（构件）依次进行拆除。

#### 3.2 机械拆除 mechanical demolition

利用机械设备动力对待拆除跨线桥或其组成部件（构件）进行支撑、分解或移运的拆除方法。

#### 3.3 爆破拆除 blasting demolition

利用爆破产生的能量，将待拆跨线桥或其组成部件（构件）进行分解或移运的拆除方法。

#### 3.4 静力切割 static cutting

利用绳锯、盘锯等切割机具，按指定位置对桥梁钢筋混凝土结构进行切割，从而将结构分解的施工方法。

#### 3.5 水力切割 water jet cutting

利用高压水射流带来的冲击能量，按指定位置对桥梁钢筋混凝土结构进行切割，从而将结构分解的施工方法。

#### 3.6 整体移除 integral lowering

通过辅助车载装备将桥跨结构或完整部件整体移除运离的施工方法。

#### 3.7 车载装备 vehicle mounted equipment

由车辆、车载支撑系统、控制系统等部分组成的用于待拆结构支撑或移运的装备系统。

#### 3.8 拆除安全控制区 demolition hazardous areas

桥梁拆除作业和桥梁整体或部分倒塌涉及的可能威胁人和财产等周边环境安全的区域。

## 4 基本规定

- 4.1 跨线桥梁拆除应按照安全可靠、技术先进、经济适用、绿色环保的原则进行。
- 4.2 跨线桥梁拆除应采用安全可靠、低污染、低能耗的拆除技术，不应采用危害结构安全耐久、施工作业安全或生态环境安全的施工工艺、机械设备和材料。
- 4.3 跨线桥梁拆除前应充分调查桥梁原设计、施工、养护及运营等历史资料，并应实地核查桥梁结构的安全状况。对病害较严重的桥梁，尚应对拆除过程中的桥梁结构安全状况进行评估。
- 4.4 跨线桥梁拆除前应对拆除方案进行技术可行性论证及拆除安全风险评估，必要时应进行安全论证。
- 4.5 跨线桥梁拆除施工过程必须实施全过程安全控制，其中施工风险较大、技术复杂的拆除工程应委托第三方进行施工监控。
- 4.6 跨线桥梁拆除过程中应对临时设施、设备及留存结构等的状态进行检验，并应符合拆除设计及相关标准的要求。
- 4.7 跨线桥梁拆除的各种拆除物应及时清理、分类处置，并应处于安全稳定状态，加强对拆除物的回收利用。跨线桥梁拆除后，应对拆除范围、继续利用的结构、环境恢复等进行验收。
- 4.8 跨线桥梁拆除工程除应符合本规程的规定外，尚应符合国家、地方和行业现行有关规范标准的规定。

## 5 拆除设计

### 5.1 一般规定

#### 5.1.1 跨线桥梁拆除设计前应开展以下工作：

- a) 应搜集分析待拆跨线桥梁原设计图纸、施工资料、交竣工资料、历史检测及养护资料等；
- b) 应根据跨线桥梁实际状况调查对收集到的资料进行符合性核查，必要时应对原桥进行专项检测；
- c) 应对跨线桥梁的拆除影响范围、施工条件等充分调查。

5.1.2 跨线桥梁拆除设计应包括拆除技术方案、施工工艺要求、临时设施与设备、拆除计算、施工组织要求及交通组织方案等内容。设计文件内容应包含（不限于）：拆除设计方案说明、设计方案图纸、造价文件等。

5.1.3 对于拆除施工风险较大、技术复杂以及对周边环境的影响大的跨线桥梁拆除工程应进行多方案比选。必要时，施工单位在拆除施工前对施工风险较大、技术复杂的跨线桥梁宜进行拆除方法试验验证。

#### 5.1.4 跨线桥梁拆除设计可按下列流程进行：

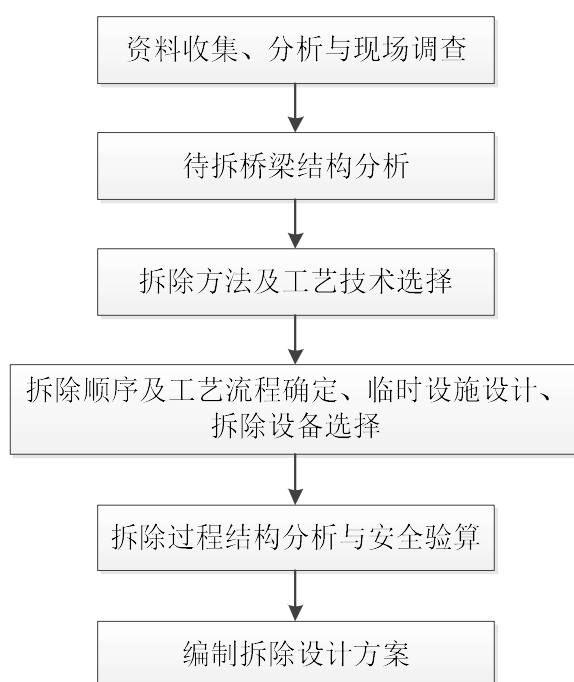


图1 跨线桥梁拆除设计流程图

## 5.2 拆除设计

5.2.1 跨线桥梁拆除应结合结构类型、待拆桥梁安全状况、周边环境影响及工期等要求，综合考虑选择合适的方法，常用拆除方法有机械拆除法和爆破拆除法。

5.2.2 机械拆除法宜根据不同的结构类型、待拆桥梁安全状况、周边环境影响及工期等要求选用直接破碎、临时支撑分段切割拆除及整体移运拆除等方式。

a) 不影响交通的小桥、桥面系和附属结构宜采用直接破碎方式拆除；

b) 预制安装的混凝土空心板梁、混凝土 T 梁、混凝土小箱梁、钢-混凝土组合梁等跨线桥梁，宜采用构件整体移除方式拆除；

c) 混凝土连续梁、悬臂梁、T 形刚构、钢梁以及其他不适合采用直接破碎和爆破拆除的桥梁宜采用临时支撑分段切割移除方式拆除；墩台、盖梁、基础宜采用分段切割移除方式拆除；

d) 结构复杂、难以设置支架（支墩）、不宜切割分块、工期要求较紧的桥梁，当满足移除和运输条件时，可采用整体移除方式拆除；

e) 对于部分拆除的桥梁结构，宜采用金刚石链锯或水力等切割方式，将待拆部分切割后移除。

5.2.3 爆破拆除法宜根据不同的结构类型、待拆桥梁安全状况、周边环境影响及工期等要求选用静态爆破（化学爆破）、控制爆破、水压爆破等方式。



- a) 具有封闭或半封闭空腔结构的跨线桥或其部件，可采用水压爆破方式拆除；
- b) 处于水源地保护区、生态保护区范围内以及涉水桥梁，不应采用静态爆破方式拆除；
- c) 预应力混凝土桥梁，不应采用静态爆破方式拆除；
- d) 处于环境影响较大区域的桥梁，如城镇中心区或周边建筑物密集等区域，不应采用爆破拆除法。

5.2.4 跨线桥拆除应首选机械拆除法，确保安全的前提下，可采用爆破拆除法。

5.2.5 跨线桥梁采用非爆破方式拆除时应按照与原桥建设施工相反的顺序进行，并应遵循先附属后主体、先上部后下部的原则。非主体结构及附属设施拆除时应避免损伤主体结构。

5.2.6 跨线桥梁拆除宜按照以下顺序进行：



图2 跨线桥梁拆除顺序图

5.2.7 现浇下部结构宜用机械拆除法，预制拼装的下部结构宜按原构造解体拆除。

5.2.8 桥面系、附属结构以及小型构件的拆除，宜采用小型机械拆除或人工拆除的方法。

5.2.9 跨线桥梁拆除采用支撑系统、吊装系统与移运系统的临时设施应进行专项设计，临时支撑主要有满堂支撑、少支架支撑、梁柱支撑、斜拉扣挂支撑、车载支撑、提吊支撑等方式。

5.2.10 桥梁爆破拆除设计应由具备相应资质的机构组织编制实施，并通过相关主管部门审查通过。设计文件内容应包含（不限于）爆破设计方案、爆破施工方案、爆破安全评估、爆破现场作业以及爆破安全监理等，均应按现行《爆破安全规程》（GB 6722）要求执行。

### 5.3 拆除计算

5.3.1 跨线桥梁拆除计算应在对待拆结构技术状况检测评估的基础上，依据设计拟定的最佳拆除方案，按照现行相关规范的规定进行。

5.3.2 跨线桥梁拆除计算应包括下列内容（不限于）：

- a) 待拆桥梁结构或部件（构件）的受力状态分析与评估；
- b) 拆除过程各施工阶段桥梁结构或部件（构件）的强度、变形及稳定性；
- c) 拆除过程各施工阶段临时结构的强度、变形及稳定性。

5.3.3 跨线桥梁拆除计算应按照现行《公路桥涵设计通用规范》（JTG D60）的规定，考虑永久作用、可变作用如施工荷载、风荷载、温度荷载等，根据各施工阶段工况取最不利组合进行承载能力极限状态计算，并应符合下列要求：

- a) 结构重力宜根据实际结构尺寸与实际材料密度计算确定；
- b) 待拆结构有粘结体内预应力宜通过实测确定；
- c) 悬臂拆除的桥梁应计入不对称荷载作用；
- d) 温度作用宜按施工时的实际温度取值；
- e) 机械破碎、悬吊切割拆除时应计入冲击荷载作用。

5.3.4 跨线桥梁拆除强度验算应符合现行《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》（JTG 3362）、《公路钢结构桥梁设计规范》（JTG D64）和《公路钢混组合桥梁设计与施工规范》（JTG D64-01）的规定，保证待拆构件在拆除各阶段安全可控。

5.3.5 悬臂法分段拆除连续梁桥时应符合以下要求：

- a) 拆除作业应按照逆向施工顺序进行拆除计算，考虑体系转换对结构受力的影响，并考虑桥梁留存结构的不对称荷载工况，同时应计入混凝土材料收缩徐变的影响；
- b) 针对纵坡较大的跨线桥梁，应验算跨中合龙段拆除后的墩柱抗倾覆安全储备。

5.3.6 跨线桥拆除工程应对拆除过程安全稳定性进行验算：

- a) 上部结构横向抗倾覆安全系数不应低于2.5；
- b) 下部结构抗倾覆及滑移稳定系数不应低于1.2；
- c) 各拆除施工阶段需分别进行上、下部结构稳定性双控验算。

5.3.7 跨线桥梁拆除采用的临时设施强度、刚度、稳定性及基础承载力指标应满足现行《公路桥梁施工技术规范》（JTG/T 3650）规定，并应符合以下要求。

a) 临时设施安全性分析计算应考虑永久荷载与可变荷载组合效应，包括施工荷载、风荷载、拆除瞬间产生的不平衡荷载及拆除冲击荷载等；

b) 移运用的起重系统计算应满足拆除施工需要并符合现行规范要求；

c) 移运设备作用于桥面时应应对桥面结构安全性进行验算。

5.3.8 当拆除计算指标不满足要求限值时，应采取以下应对措施：

a) 对于存在严重缺陷的待拆构件采取临时加固补强；

b) 优化拆除工序或改进施工工艺，必要时重新制定拆除技术方案。

## 6 拆除施工

### 6.1 一般规定

6.1.1 跨线桥梁拆除施工前，施工单位应实施现场环境踏勘并收集以下基础资料（不限于）：

a) 待拆桥梁的原始设计文件、竣工档案、运营监测数据及养护历史记录；

b) 施工现场及毗邻区地下管网分布图（含供水、供电、燃气、通信等设施）；

c) 特殊拆除要求、隐蔽工程信息及周边环境特征参数。

6.1.2 跨线桥梁拆除施工前，施工单位应制定详细的施工组织方案，并应上报主管部门，审批通过后方可实施。施工方案编制应遵循现行《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3650）技术要求，方案主要内容应包含（但不限于）：

a) 桥梁拆除专项施工方案；

b) 拆除现场平面布置图；

c) 交通组织方案；

d) 施工计划；

e) 施工安全保障方案；

f) 环境保护方案；

g) 应急预案。

6.1.3 跨线桥梁结构拆除前，应按照现行《公路水运工程施工安全风险评估指南》（JT/T 1375）及《公路工程施工安全技术规范》（JTG F90）开展拆除施工安全风险评估并编制风险评估报告，应对拆除施工中可能存在的各种潜在风险源进行识别、评估并制定相应的风险预防及管控措施，风险评估报告应通过专家评审。

6.1.4 桥梁拆除应严格按照拆除施工方案进行，当遇到异常实施条件时，应按规定程序进行方案调整。

## 6.2 施工准备

### 6.2.1 跨线桥梁拆除施工前，应具备下列条件：

a) 施工组织设计或专项施工方案、交通组织设计方案、施工监控方案（如需要）已经编制完成并审批通过，交通组织设计需提前公示；

b) 拆除施工所有的材料、设备、应急物资与器材等必要资源已配备齐全，且均检验/校准合格，满足施工安全要求；

c) 拆除施工现场已具备施工条件；

d) 外部环境已具备开工条件。

6.2.2 跨线桥梁拆除施工前应组织技术交底。技术交底内容应包括（不限于）：拆除施工方法及工艺要点，质量控制标准、安全应急预案等。

6.2.3 拆除施工前应完成施工区域内管线迁改，对无法迁改的管线设施应设置专项防护。

## 6.3 桥面系及附属设施拆除

6.3.1 桥面系及附属构造拆除前应明确具体拆解区域，采取保护性拆除措施防止对主梁造成结构损伤。当桥面系与主梁具备同步拆解条件时，应实施一体化拆除方案。

6.3.2 桥面系及附属构造拆除前应完成过桥管线迁改工程，同步移除交通标志、照明装置等附属设施。

6.3.3 跨线桥梁采用重型机械上桥拆除时，必须进行结构承载力双重验算（拆前/拆后），确保满足施工荷载要求。

### 6.3.4 桥面系拆除应符合下列要求：

a) 沥青混凝土铺装桥面拆除宜采取铣刨拆除方法，并对拆除废料进行回收利用；

b) 靠外侧的防护栏杆拆除应有防坠落措施；

c) 主梁拆解前应完全解除伸缩装置结构联结；

d) 当拆除装配式 T 梁、箱梁、空心板等由多片梁板组成的桥梁桥面铺装时，应避免损伤梁板间横向联系。

### 6.3.5 桥面附属设施拆除应符合下列要求：

a) 广告牌、声屏障、交通标志、灯杆、排水管拆除应采取可靠的防倾倒或坠落措施；

b) 电缆、装饰灯、交通信号灯等应在确认断电后方可拆除；

c) 过桥水管、气管应在断水、断气后方可拆除。

## 6.4 预应力解除

6.4.1 体内预应力束解除应符合下列要求：

- a) 有黏结预应力梁体进行分段切割应避开锚固区；
- b) 无黏结预应力解除应按照与原桥施工逆向张拉顺序，保持同步、对称、逐根（束）缓慢进行；切割时应避免伤及其他梁段的预应力锚固系统及预应力束；无黏结预应力应结合拆除方案合理确定解除时机。

6.4.2 体外预应力束解除应符合下列要求：

- a) 体外预应力束解除应按照与原桥施工逆向张拉顺序，保持同步、对称、逐根（束）缓慢进行；并采用长臂切割设备进行；
- b) 切断位置应综合考虑预应力的回缩量和安全防护空间，可选在具有安全操作空间的锚固块、转向块前端附近；成品索宜选择在锚固端；非成品索宜选择在齿板或锚固块前端。

6.5 简支梁桥上部结构拆除

6.5.1 简支梁桥上部结构拆除宜按照以下顺序进行：

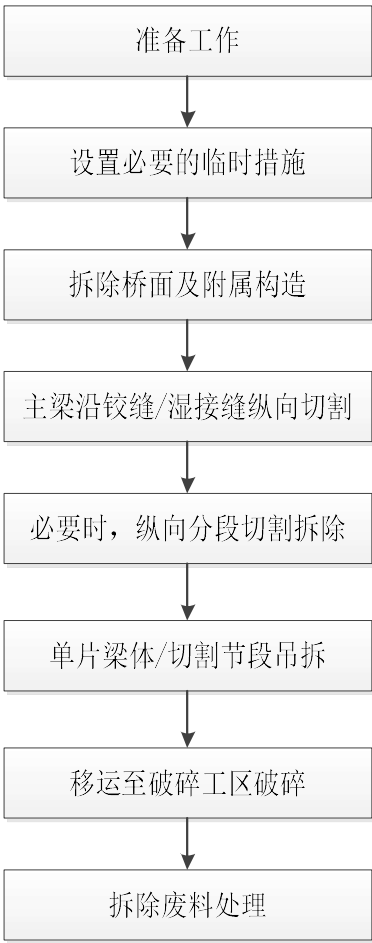


图3 简支梁桥上部结构拆除顺序图

6.5.2 装配式简支梁桥切割拆除应符合下列要求：

- a) 主梁应沿铰缝或湿接缝进行纵向切割；
- b) 对于桥面连续结构应先对桥面连续部分切割解除；
- c) 采用纵向分段拆除应根据纵向分段设置必要的支撑，切缝应顺直。

6.5.3 支架现浇简支梁桥切割拆除应符合下列要求：

- a) 先拆除翼缘板时，应先支撑或悬吊再切割；
- b) 切割块件的划分应满足吊运的要求，切缝应避免锚头，纵向切缝应避免管道；
- c) 切割形成的块件自身应具有结构稳定性。

6.5.4 桥梁切割作业应符合下列要求：

- a) 混凝土梁体切割宜采用金刚石绳锯，且应满足现行规范《超硬磨料制品 金刚石绳锯》（GB/T 30470）相关规定；当构件壁厚较小时可采用金刚石圆锯，应满足现行规范《超硬磨料制品 金刚石圆锯片 第1部分：焊接锯片》（GB/T 11270.1）相关规定；
- b) 混凝土切割中锯片、锯绳卡住时，应在确认机器停止工作后方可进行处理；
- c) 切割断面及吊段（块）尺寸应综合考虑吊、运设备能力合理划分；
- d) 墩梁固结部位的切割，应有防冲击措施；
- e) 混凝土吊段（块）切割后应安全平稳置于支架上，不应坠落撞击支架；
- f) 收紧吊绳切割混凝土时宜设置有效的防冲击措施。

6.5.5 简支梁桥原位机械破碎拆解时，应符合下列要求：

- a) 应确保桥梁拆解过程中整体结构稳定、受保护设施安全、施工机械安全，禁止人员、车辆等处于拆除危险区；
- b) 液压锤破碎作业时应确保桥梁结构整体安全稳定；
- c) 直接凿除作业时应配置性能稳定且满足现场实际需求的喷淋除尘设施；
- d) 桥面上不应放置超载、超限的机械设施和大型临时设施，严禁采用可能引起共振的破碎、分解、运输设备；
- e) 多台机械设备不应进行立体交叉破碎作业，相邻两台机械设备平行作业时的间距不应小于机械工作半径的2倍。

6.5.6 简支梁桥吊装、移除应符合下列要求：

- a) 可采用吊车、架桥机、龙门吊、车载装备等设备进行吊移，应将设备置于可靠的基础上；
- b) 整体移运拆除前应先拆除限位挡块、解除支座限位装置、拆除伸缩缝等约束；

c) 桥梁拆除起重吊装作业要符合现行标准《建筑施工起重吊装工程安全技术规范》（JGJ 276）、《起重机械安全规程》（GB 6067）、《汽车起重机和轮胎起重机试验规范》（GB/T 6068）和《汽车起重机》（JB/T 9738）的规定，采用多台吊装设备抬吊吊装时应确保协同作业，现场派专人指挥、设警戒区；

d) 钢丝绳与切割后的梁（块）棱角接触处应采用橡胶或柔性物体隔离；

e) 移运车载装备应就位准确，车载装备顶面与梁（块）底面密贴，移除前应对移运道路上的软弱地基进行处治；

f) 拆除和运输过程中梁（块）应有可靠的稳定措施，保持梁体稳定姿态。

## 6.6 先简支后连续梁桥上部结构拆除

### 6.6.1 先简支后连续梁桥上部结构切割拆除应符合下列要求：

a) 先简支后连续的桥梁应先解除负弯矩区的预应力，使桥梁上部结构由连续体系转化成为简支体系，简支梁拆除应符合本规程 6.5 相关规定；

b) 应在墩顶沿梁根部进行横桥向切割，并应避开锚头。对于单支座的简支连续梁桥，还应先在梁下设置临时支座，防止梁体发生倾覆。

## 6.7 连续梁桥上部结构拆除

6.7.1 连续梁桥上部结构可采用临时支撑分段切割、整体移运、悬臂分段切割等方式拆除。

6.7.2 连续梁桥上部结构预应力的拆除参照本规程 6.4 条相关规定。

6.7.3 连续箱梁拆除前可先进行翼缘板切割拆除，纵向切割应避开纵向预应力管道及锚具。翼缘板切割截面布置宜参照图 4 执行。

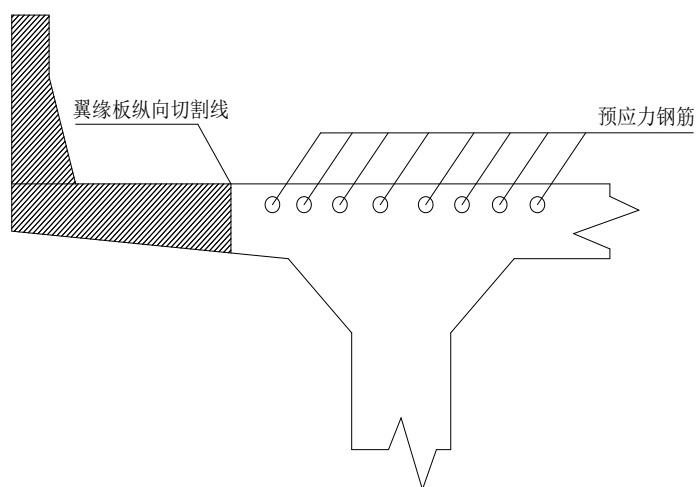


图4 翼缘板切割示意图

6.7.4 连续梁桥上部结构临时支撑分段切割拆除应符合下列要求：

- a) 临时支撑系统强度、刚度及稳定性应满足连续梁上部结构分段切割拆除的要求；
- b) 连续梁应先解除负弯矩区的预应力，在墩顶沿梁根部进行横桥向切割，应避开锚头，使桥梁上部结构由连续体系转化成为简支体系，简支梁拆除应符合本规程6.5相关规定；
- c) 对于单支座的简支连续梁桥，还应先在梁下设置临时支座，防止梁体发生倾覆；
- d) 连续梁梁体分段及合龙段梁体切割时，宜设置防冲击措施；
- e) 拆除曲线梁桥时，应在曲线梁两侧外缘设置临时支撑，以防止桥梁倾覆或断裂。

6.7.5 无法在桥址处分解的连续梁拆除或拆除施工工期要求较高的连续梁，可采取整体移除分解的方式进行，应符合下列要求：

- a) 整体移除分解方式拆除桥梁时，应采用车载装备顶升跨线梁段后再切割梁段，若要提前切割梁段需采取支撑措施保证梁段切割后结构安全稳定；
- b) 梁段切割断面需保证梁段能够顺利移出桥址，可在切割断面处切割吊装拆除一节梁段保证足够的移运空间；
- c) 当混凝土连续梁采用整体切割吊卸移除时，应对不能满足吊运安全要求的梁体进行临时补强加固措施；
- d) 连续梁桥结构设置挂孔段时，采用整体移除前首先解除挂孔段约束。

6.7.6 采用悬臂法施工的连续梁桥可采用悬臂分段拆除法按原桥浇筑施工顺序逆序拆除，应符合下列要求：

- a) 预应力梁体切除前应严格按照拆除方案分段标记画线，并明确切割或凿除顺序，不应扩大相应阶段的拆除范围；
- b) 拆除时应先将合龙段切割移除，形成悬臂结构进行倒装拆除，合龙段解除前应根据拆除方案设置必要的临时支撑以及安全防护措施，并对0#块采取临时固结措施，临时固结应有足够的抵抗不平衡力矩的刚度和强度；
- c) 合龙段切断前应设置防冲击措施保证混凝土解体剪力释放平缓过渡，防止发生突然冲击的防冲击挑梁连接切割面两侧；
- d) 分段切割下放的梁段宜采用桥面吊机、吊车或浮吊分段吊装移除；
- e) 梁体拆除切割段可采用整体兜吊方式或设置吊梁孔穿绳吊装，吊点设置应确保腹板成为主要受力部位，同时应设置保护措施避免吊点处强度不足而发生局部失稳破坏；
- f) 悬臂拆除过程中应及时监测桥轴线挠度曲线的变化，并与理论值对比，遇有较大偏差时应及时



处理。

6.7.7 连续梁桥在拆除合龙段、悬臂段以及边跨梁体时，可根据需要设置临时支撑或吊架，临时支撑及吊架应满足受力要求。

6.7.8 等截面连续梁桥可采用顶推拆除法并应设置必要的临时支撑，临时支撑应具有足够强度、刚度、稳定性且连接可靠。

## 6.8 钢梁上部结构拆除

6.8.1 钢结构跨线桥梁切割拆解应符合下列要求：

- a) 钢构件、钢节点拆卸时应在稳定的状态下进行；
- b) 火焰切割的块件划分应与支撑、移运能力相匹配；
- c) 钢结构切割宜采用性能稳定、安全可靠的火焰切割或等离子切割设备；
- d) 简支钢梁拆除、吊装、移运参照本规程6.5条相关规定；
- e) 连续钢梁拆除、吊装、移运参照本规程6.7条相关规定。

## 6.9 拱桥上部结构拆除

6.9.1 拱桥拆除宜按原桥施工顺序逆序拆除，遵循纵横对称、分段（分层）、均衡卸载的原则进行施工。

6.9.2 拱桥上部结构拆除应结合结构特点及环境条件，可采用直接破碎、部件移除、分段切割移除、整体移除及爆破拆除等方法。

6.9.3 拱桥非爆破拆除所用的支撑结构强度与稳定性应满足安全要求。

6.9.4 拱桥非爆破拆除所用的缆索吊装系统结构强度与稳定性应满足安全要求。

6.9.5 连拱结构拆除时，应按照结构分析确定的顺序进行上部结构的拆除。

## 6.10 下部结构拆除

6.10.1 下部结构拆除应按跨线桥被交道路或河道通航高程要求拆除到位，并应符合下列要求：

- a) 基础残留结构的顶面高程应低于现有道路或规划道路基层底面1.0m；
- b) 基础残留结构的顶面高程应低于现有航道或规划航道河床以下1.0m；
- c) 无特殊要求时应满足复耕、场地平整等要求。

6.10.2 盖梁拆除应符合下列要求：

a) 桥台盖梁、低墩盖梁拆除可采用破碎法、切割移除法拆除；高墩盖梁宜采用吊装设备分段切割拆除；

- b) 盖梁直接破碎法拆除时，应由悬臂两端向根部渐进施工；
- c) 预应力盖梁解除预应力应按本规程6.4条的相关规定进行。

#### 6.10.3 墩（台）身拆除应符合下列要求：

- a) 下部结构部件的切割分段、吊点布置应经过验算后确定，确保拆除部件及剩余结构的自身稳定；
- b) 高度大于6 m的陆上桥墩（台）应采用分段切割分解移除方式拆除。高度小于6 m的陆上桥墩（台），可采用局部机械破碎分解后整墩控制倒塌方式拆除；当周围环境条件允许时，也可采用直接机械破碎或爆破分解方式拆除。

#### 6.10.4 承台或扩大基础宜采用分段切割分解或机械破碎分解方式拆除。

### 7 拆除施工监控

7.1 跨线桥拆除工程应对施工全过程进行跟踪检查，检查内容包括（不限于）：施工单位的人员、材料、机械设备、管理体系、工艺过程、环境保护等内容。

7.2 跨线桥梁拆除应实施动态监测机制，应由专职监测人员全程实时记录分析监测数据并及时反馈，发现异常应立即报告。当发现结构存在不稳定征兆时，应立即停止作业并启动应急预案。并应同步监测周边建筑物结构状态。

#### 7.3 跨线桥梁拆除施工监控计算应包括下列内容：

- a) 拆除前针对拆除方案及工艺进行结构模拟分析计算；
- b) 拆除过程中对考虑监测结果的桥梁进行结构分析计算；
- c) 桥梁拆除所用临时设施、机具安全性分析验算。

7.4 桥梁拆除结构控制计算荷载取值及组合应符合现行行业标准《公路桥涵设计通用规范》（JTG D60）及《建筑结构荷载规范》（GB 50009）规定。

#### 7.5 桥梁拆除前应对下列参数进行监测：

- a) 桥梁空间几何状态；
- b) 桥梁结构损伤状况；
- c) 桥梁约束情况；
- d) 临时设施状态；
- e) 桥梁拆除对周边环境的安全评估。

#### 7.6 桥梁拆除过程应对下列参数进行监测：

- a) 桥梁空间几何状态；

- b) 桥梁结构内力;
- c) 临时设施状态;
- d) 桥梁拆除对周边环境的安全评估。

7.7 桥梁拆除施工应根据监测数据进行反馈控制，并可按照如图 4 所示流程实施。

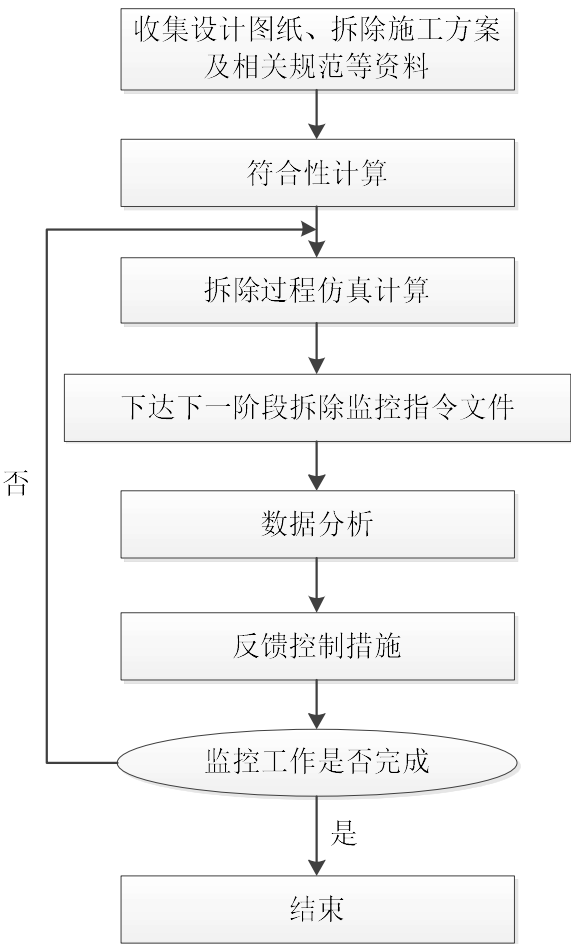


图 4 桥梁拆除施工监控工作流程图

7.8 桥梁拆除施工过程中，结构应力和几何状态的监测值与计算值之间的误差限值宜符合表 1 规定，当拆除施工过程中结构内力和几何状态的监测值超过表 1 规定时，可通过调整拆除工序或采取其他有效措施予以改善。

表 1 结构应力和几何状态误差限值

项目			限值
结构应力	混凝土结构		满足设计要求，并小于混凝土强度标准值
	钢结构		满足设计要求，并小于钢结构允许应力值
结构标高、结构偏位	梁式桥	主梁标高	在结构分析允许范围内，且不大于 25 mm
		墩柱倾斜	在结构分析允许范围内，且不大于 40 mm

注：采用移除时，应确保梁体空间姿态与稳定性应满足设计要求。

7.9 拆除施工发生险情或事故时，应立即停止作业并启动应急预案。待险情或事故排除并经批准后方可恢复施工。

## 8 交通管控及环境保护

### 8.1 交通组织

8.1.1 交通组织设计应符合《公路交通标志和标线设置规范》（JTG D82）、《公路养护安全作业规程》（JTG H30）等相关规范要求，并应符合下列要求：

- a) 应综合考虑桥上、桥下、桥侧的交通需要及封路对区域路网的影响；
- b) 交通组织设计应与拆除方案与施工组织相协调；
- c) 桥梁拆除导致道路改道或中断时，应提前设置专门的交通标识标牌及安全防护措施。

8.1.2 跨线桥梁拆除需封闭主线双向车道时，宜选择交通低谷时段或采取远近端诱导分流的措施。

### 8.2 安全管控

8.2.1 跨线桥梁拆除应符合现行《公路工程施工安全技术规范》（JTG F90）的相关规定外，尚应符合国家及地方安全生产方面的相关规定。

8.2.2 跨线桥梁施工应设置桥梁拆除安全控制区，区域内应设置有效的封闭围挡及醒目警示标志，非施工人员不应进入施工区域。

8.2.3 跨线桥梁拆除施工严禁立体交叉作业，拆除作业区域下方严禁行人及车辆通行。

8.2.4 跨线桥梁拆除施工处于被交路上的临时支架（支墩），应设置可靠的防撞措施。

8.2.5 机械拆除作业应符合现行《建筑机械使用安全技术规程》（JGJ 33）的规定。操作人员必须持证上岗。

8.2.6 拆除物料临时堆放区须设置隔离围挡及夜间警示装置，规范运输管理流程。

8.2.7 桥梁爆破安全允许距离应按照现行国家标准《爆破安全规程》（GB 6722）规定执行，并根据安全允许距离设置相应的警戒区域和警戒人员，爆破后，爆破技术人员和桥梁结构技术人员应对现场进行检查，确认无险情后再解除警戒。

### 8.3 环境保护

8.3.1 跨线桥梁拆除施工应符合国家、地方、行业等有关环境保护法律、法规及现行行业规范《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3650）的相关规定。

8.3.2 在桥梁拆除方案制定时，应选择节能环保的桥梁拆除方法，以最大限度降低能耗。

8.3.3 跨线桥梁拆除施工方案中应制定有效的扬尘、噪声、废水、垃圾等污染防治措施，并在施工过程中进行有效监控。

8.3.4 跨线桥梁拆除应对周边绿化采取相应的保护或改移措施，不应随意砍伐；桥梁拆除后应根据设计要求进行现场与绿化恢复。

8.3.5 跨线桥梁拆除物的回收利用应符合现行《建筑垃圾处理技术标准》（CJJ/T 134）和《工程施工废弃物再生利用技术规范》（GB/T 50743）的相关要求。

8.3.6 跨线桥梁拆除物陆上就地处置的应符合下列要求：

- a) 处治过程应尽量少破坏或不破坏既有地面；
- b) 处治后应及时清运或处理；
- c) 对清运后的场地应及时恢复或根据相关部门要求处治。

8.3.7 跨线桥梁拆除物回收利用应符合下列要求：

- a) 桥梁拆除物应提前规划，按照材质和规格进行分类堆放，控制影响回收质量的杂物数量；
- b) 钢材宜回收利用或回炉冶炼回收；
- c) 混凝土拆除物宜进行整体化或碎石化再生利用；
- d) 石材拆除物宜进行碎石化再生利用或分类直接利用。

## 9 验收

9.1 跨线桥拆除作业完成后，应对被交路路面进行及时清理和检查，若对被交路路面造成病害，须及时对路面进行修补，排除安全隐患。

9.2 跨线桥拆除若为全部拆除，完工后应按设计及相关要求进行验收。跨线桥拆除若为部分拆除，完工后还应对保留结构的技术状况按后期使用的质量要求进行验收。



# 公路跨线桥梁拆除设计与施工技术规范 编制说明

## 一、工作概况

### （一）任务来源

根据山东公路学会《关于发布第二批（2024 年度）山东公路学会标准立项计划的通知》（鲁公学会〔2024〕8 号），《公路跨线桥梁拆除设计与施工技术规范》为团体标准制定项目。

### （二）任务分工

中交第一公路勘察设计研究院有限公司：负责制定总体技术路线，组织协调，推进规程编制；具体负责编制前言、第 1～5 章及第 12 章。

齐鲁高速公路股份有限公司：负责协助制定编制总体框架；具体负责编制第 6～7 章。

山东省交通规划设计院集团有限公司：负责编制第 8～9 章。

中交瑞通路桥养护科技有限公司：负责编制第 10～11 章。

### （三）制定背景

随着交通量的快速增长及公路建设进程的持续推进，截至 2023 年年底，我国已陆续建成桥梁超过 100 万座，成为世界第一桥梁大国，其中包括了大量的公路跨线桥梁。诸如山东省等经济发展较快省市，错综复杂的路网中跨线桥梁数量众多、互通密集。一方面，随着桥梁使用年限的增加，部分跨线桥的病害问题突出，无法满足使用要求必须予以拆除；另一方面，近年来山东省公路改扩建工程项目越来越多，大量既有跨线天桥或匝道桥的跨径无法满足扩建要求，将面临拆除移位问题。跨线桥梁拆除数量多，工作量大，对桥下既有交通影响显著，如何安全地拆除跨线桥梁是目前公路改扩建工程中需要解决的一项重要技术问题。

公路跨线桥的拆除除了具有技术复杂、事故高发性的特点外，相比其他桥梁的拆除，跨线桥的拆除施工对周围既有结构、环境、交通等的不利影响更加明显，临时支护结构和机械设备作业的安全风险显著增大。跨线桥拆移或重建施工过程往往要求边通车边拆除，或者短暂中断交通，期间需要进行多次交通转换，这对交通组织和安全保障措施提出了更高的要求，因此跨线桥的拆除效率对工程顺利

实施具有决定性作用。公路跨线桥梁的拆除作业，既要确保对主线交通干扰少、时间短、对周边环境影响小，同时也必须保证项目的安全、顺利作业。在复杂的客观环境下，各类施工不利因素叠加，技术管控难度大，安全环保要求高。稍有不慎，极易出现事故，造成巨大的人员伤亡、经济损失以及负面的社会影响；也警醒我们必须给予跨线桥梁拆除工作高度的重视。

近年来桥梁拆除技术、信息化技术不断进步，国内外许多科研工作者及相关从业者对跨线桥拆除进行了一定的研究及实桥应用。在跨线桥梁拆除工程中也尝试采用一些新技术、新工艺、新设备，部分技术工艺和设备在实践中成功验证。跨线桥梁拆除全过程的数字化推演、仿真分析、风险管控技术水平提升，为跨线桥梁拆除工作提供了新思路、新方法。此外，在“双碳”目标大背景下，我国公路交通基础设施建设坚持可持续、高质量发展理念，跨线桥梁拆除时必须满足绿色低碳发展、资源环境保护与双碳目标的政策要求。故亟需通过总结提炼，编制公路跨线桥梁拆除设计与施工技术规程，为我国公路跨线桥梁拆除工作的规范化、高效化、品质化、生态化提供有力的技术支撑。

《公路跨线桥梁拆除设计与施工技术规程》的编制，其必要性主要体现在以下几个方面：

#### 1. 满足山东省公路跨线桥梁拆除技术的发展和需求

公路跨线桥梁拆除工程，在复杂的客观环境下，各类施工不利因素叠加，管控难度大，技术复杂、事故高发。对人员素质及专业化、规范化要求较高。本规程能够及时总结已有的成功经验，充分吸收国内外最新研究成果、新技术、新工艺，指导山东省公路跨线桥梁拆除工程的设计、施工及验收实施。在满足安全的前提下，将技术可靠的手段在跨线桥梁拆除工作中进行应用，引领行业进步，从而适应公路混凝土桥梁拆除技术的发展和需求。

#### 2. 指导山东省公路跨线桥梁拆除工作的安全高效进行

本规程直接用于指导山东省公路跨线桥梁拆除方案编制及拆除施工全过程，将促进跨线桥拆除工作的规范化，高效化。随着公路建设事业的发展，必然会有大量的公路跨线桥需要拆除。指导实现跨线桥梁拆除工作规范化的同时，降低安全事故发生率，提高作业效率，社会效益显著。该“技术规程”的推广使用，将会为公路跨线桥梁的安全高效拆除提供坚实保障。

#### 3. 促进山东省公路跨线桥梁拆除作业的规范及生态环保

本规程能够为山东省公路跨线桥梁拆除工作的开展提供高效的科学依据和质量标准，解决桥梁拆除工程中设计及施工不规范的问题，增强风险管控技术水平。对安全生产、经济节约、环境保护社会和谐等方面具有现实的重大意义，实现公路跨线桥梁拆除的安全、高效、经济、环保。

#### 4. 助力国家发展战略的有力支撑

党中央、国务院陆续出台了《交通强国建设纲要》、《国家综合立体交通网规划纲要》、《国民



经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标规划》，交通运输部印发了《关于推动交通运输领域新型基础设施建设的指导意见》，这些重要的文件和专项规划中，对公路交通事业的发展都提出了明确要求，就是高质量发展。《公路跨线桥梁拆除设计与施工技术规程》的编制可以有效提升公路桥梁的拆除品质，促进公路桥梁拆除工程的数字化转型升级、促进高质量发展。为更好地服务于国家发展战略的实施，有必要梳理总结已有成功经验，形成强有力的技术支撑和行之有效的指导标准，助力我国发展战略的宏伟目标的早日实现，彰显桥梁强国的雄厚实力。

#### （四）编制原则

本规程的制订原则是依据 GB/T 1.1—2020 给出的原则和有关标准、政策法规进行编制的。制订本规程时充分考虑满足我国的技术发展和生产需要，充分体现行业进步和发展趋势，符合国家产业政策，推动行业技术水平提高。标准文本格式、条款主要是根据 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写规则》进行编制。

1. 认真贯彻国家有关法律法规和方针政策。标准中的所有规定，均不得与现行法律和法规相违背。
2. 本文件按照《标准化工作导则第1部分：标准化文件的结构和起草规则》（GB/T 1.1—2020）的规定起草。
3. 充分考虑使用要求，兼顾全社会的综合效益。
4. 合理利用资源，推广先进技术成果，在符合使用要求的情况下，有利于标准对象的简化、选优、通用和互换，做到技术上先进、经济上合理。
5. 相关标准要协调配套。制定标准要考虑有利于标准体系的建立和不断完善。这样才能保证生产的正常进行和标准的有效实施。

#### （五）编制工作过程

##### 1. 立项阶段（2024年3月～12月）

2023年12月，由中交第一公路勘察设计研究院有限公司牵头，参与单位为齐鲁高速公路股份有限公司、山东省交通规划设计院集团有限公司及中交瑞通路桥养护科技有限公司，向山东公路学会申请《公路跨线桥梁拆除设计与施工技术规程》团体标准编制项目。2024年3月，成功立项山东公路学会标准后立即成立了本规程编制组，邀请行业内优秀企业及相关建设、施工、检测、监理单位参与，明确编写大纲及成员工作任务，制定了详细的工作计划。

##### 2. 初稿审查及征求意见

编制组通过调研、收集、整理了前期的课题研究成果、相关拆除技术、施工工艺以及国内外资料，对跨线桥梁拆除技术进行了充分研究，结合已有的研究基础和工程项目实施经验，对该技术提出了相应改进意见，在充分吸收现有桥梁拆除技术的基础上对该项技术进行了详细补充和完善，编制形成初稿。计划 2025 年 5 月召开初稿审查会，会后开展征求意见工作。

### 3. 送审稿审查

通过广泛征求意见后，对意见进行逐条答复，修改完善后形成送审稿，并提交送审报告；计划于 2025 年 6 月召开送审稿审查会。

### 4. 报批、发布

通过对送审稿的修改完善形成报批稿，上报协会审批发布，计划于 2025 年 8 月。

## 二、主要技术内容及其确定依据

### （一）主要技术内容

本规程主要内容包括 9 章，以及用词说明。具体如下：

#### 1、范围

#### 2、规范性引用文件

#### 3、术语

#### 4、基本规定

#### 5、拆除设计

##### 5.1 一般规定

##### 5.2 拆除设计

##### 5.3 拆除计算

#### 6、拆除施工

##### 6.1 一般规定

##### 6.2 施工准备

##### 6.3 桥面铺装及附属构造拆除

##### 6.4 预应力解除

##### 6.5 简支梁桥上部结构拆除

##### 6.6 先简支后连续梁桥上部结构拆除

##### 6.7 连续梁桥上部结构拆除

6.8 钢梁上部结构拆除

6.9 拱桥上部结构拆除

6.10 下部结构拆除

7 拆除施工监控

8 交通管控及环境保护

9 验收

## (二) 确定依据

1. 国内外相关标准、规范

主要包括：国家、省制订的行业标准和协会标准，涉及拆除方面的标准、规范等，主要标准、规范见表 1。

表 1 主要标准、规范

序号	名称	制订单位
1	GB 50009 建筑结构荷载规范	住房和城乡建设部
2	GB6067 起重机械安全规程	国家标准化管理委员会
3	GA991 爆破作业项目管理要求	公安部治安管理局
4	GB 6722 爆破安全规程	国家标准化管理委员会
5	GB 50194 建设工程施工现场供用电安全规范	建设部
6	GB/T 6068 汽车起重机和轮胎起重机试验规范	国家标准化管理委员会
7	GB/T 30470 超硬磨料制品 金刚石绳锯	工业和信息化部
8	GB/T 11270.1 超硬磨料制品 金刚石圆锯片	工业和信息化部
9	GB/T 50743 工程施工废弃物再生利用技术规范	住房和城乡建设部
10	JTG B01 公路工程技术标准	交通运输部
11	JTG D60 公路桥涵设计通用规范	交通运输部

12	JTG 3362 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范	交通运输部
13	JTG/T 3360-01 公路桥梁抗风设计规范	交通运输部
14	JTG D63 公路桥涵地基与基础设计规范	交通运输部
15	JTG/T 3650 公路桥涵施工技术规范	交通运输部
16	JTG F90 公路工程施工安全技术规范	交通运输部
17	JTG D64 公路钢结构桥梁设计规范	交通运输部
18	JTG/T D64-01 公路钢混组合桥梁设计与施工规范	交通运输部
19	JTG D82 公路交通标志和标线设置规范	交通运输部
20	JT/T 1375 公路水运工程施工安全风险评估指南	交通运输部
21	JTG 5120 公路桥涵养护规范	交通运输部
22	JTG H30 公路养护安全作业规程	交通运输部
23	JTG/T H21 公路桥梁技术状况评定规程	交通运输部
24	JTG/T J21 公路桥梁承载能力检测评定规程	交通运输部
25	JTG/T J22 公路桥梁加固设计规范	交通运输部
26	JTG/T J23 公路桥梁加固施工技术规范	交通运输部
27	T/CECS G: M61-01 公里混凝土桥梁拆除技术规程	中建标
28	TJG H3003 公路桥梁拆除工程施工安全技术规程	天津市交通运输委员会
29	DG/TJ 08-2227 桥梁拆除工程技术规程	上海市住房保障和房屋管理局
30	DGJ 08-70 建筑物、构筑物拆除技术规程	上海市住房保障和房屋管理局
31	JGJ 147 建筑拆除工程安全技术规范	住房与城乡建设部
32	JGJ 300 建筑施工临时支撑结构技术规范	住房与城乡建设部

33	JGJ 33 建筑机械使用安全技术规程	住房和城乡建设部
34	JGJ 80 建筑施工高处作业安全技术规范	住房和城乡建设部
35	JGJ 276 建筑施工起重吊装安全技术规范	住房和城乡建设部
36	GB 12523 建筑施工场界环境噪声排放标准	环境保护部
37	GB 18918 城镇污水处理厂污染物排放标准	环境保护部
38	CJJ 134 建筑垃圾处理技术标准	住房和城乡建设部
39	JGJ 146 建设工程施工现场环境与卫生标准	住房和城乡建设部
40	JGJ 46 施工现场临时用电安全技术规范	建设部
41	JB/T 9738 汽车起重机	工业和信息化部

## 2. 拆除方面的最新技术及研究成果

了解搜集国内外近年来桥梁拆除技术及相关行业的最新发展水平及可借鉴的经验，重点调研公路、铁路、市政与建筑部门。收集国外发达国家桥梁拆除技术的主导思想，从中吸收符合国内实际情况的拆除技术理念，力求使本标准达到国际先进水平。对国内外已经开展的拆除技术方面的研究成果进行收集、分析，将成熟先进的成果引入规程的条文规定中。

## 3. 桥梁管理单位的管理实践及经验

深入到桥梁拆除项目管理单位，了解项目实施工程中方案制定及相关施工情况，并对经济性、安全性做出综合调查。对桥梁拆除全过程管理的技术流程、关键把控技术，安全控制及环境保护等内容。

## 4. 设计单位工作经验

调研国内设计院，针对桥梁拆除方面存在的问题进行深入交流，对于目前桥梁拆除方面的新技术进行相互探讨，确定需要增加哪些方面的内容。

## 5. 一线施工单位的施工方法、施工技术及施工工艺

深入到施工单位搜集已完工桥梁拆除的相关施工资料，调查各项拆除工序中采用的机具及拆除方法，作为桥梁拆除技术规程制定的基础依据。

- (1) 施工方法及相应的施工技术；
- (2) 拆除施工工艺流程及注意事项；

(3) 从施工、生产角度出发，跨线桥梁拆除需重点规定的技术要求等内容。

### (三) 拆除项目现场试验验证分析

#### 1. 测量设备

本次足尺模型试验，应按照“安全第一、数据精确、结果可靠、全过程测量”的原则进行。依据上述原则，选择合理可行的现场测量装置。

本次挠度采用基于图像测量的结构挠度测试装置，桥梁挠度检测仪由工业级定焦镜头、高清图像采集设备、主控电脑组成，具有测试精度高、操作简单便捷、功能扩展性强等优点。该仪器采用系统集成设计理念，图像捕捉、数据采集、分析和处理等内容均可在主控电脑完成。可用于桥梁底板或者其他结构的多点动、静态位移的变形采集。

针对结构动态位移实时测量的需要，可实现结构多点动态位移的实时监测与分析。主要功能及特点：

- (1) 采用工业级定焦镜头，可根据测试距离的远近更换合适焦距镜头测量。
- (2) 采用高像素工业级 CMOS 镜头，图像采集更加清晰，精确度更高。
- (3) 实时动态测量采用多点自动跟踪方式，可得到测点实时位移数据散点图及滤波后的拟合曲线。

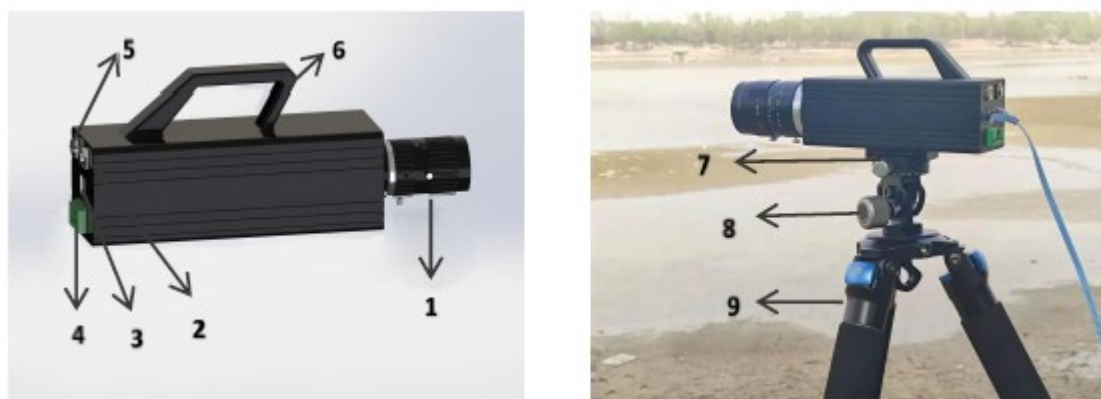


图 1 仪器组成

#### 2. 现场测量

根据现场实际情况，进行在斜腿刚构中跨跨中位置设置挠度测点。

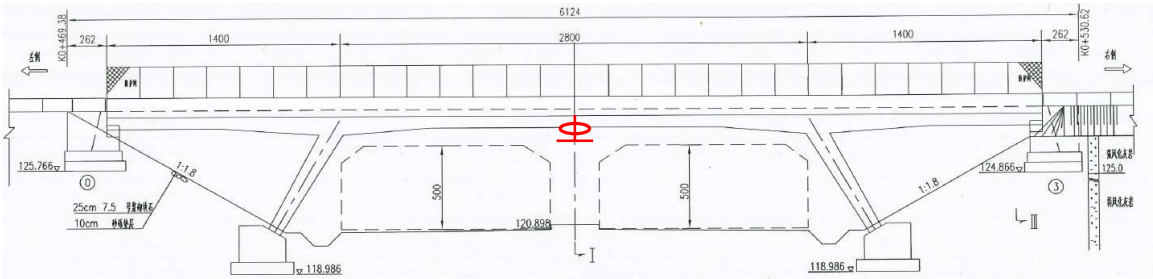


图 2 挠度测点布置示意图



图 3 挠度测试仪器安装与调试



图 4 挠度测量

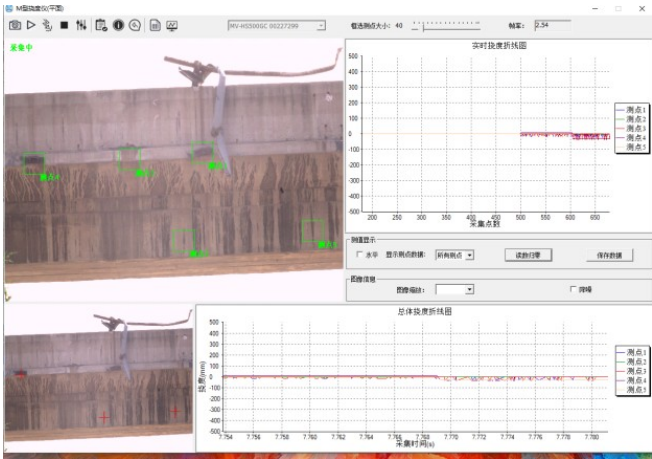


图 5 挠度测量界面截图

根据现场实际情况，结合结构破损拆除的受力特点，在斜腿根部布置应力传感器。

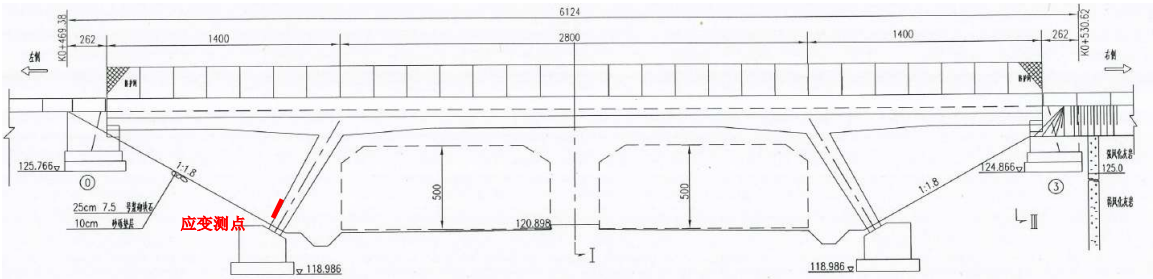


图 6 应变测点位置



图 7 应变测点安装



图 8 挠度测量

3. 现场破除照片



图 9 拆除准备



图 10 拆除监测



4. 挠度对比

斜腿刚构跨线天桥机械破拆倒塌过程的挠度实测结果显示，桥梁的倒塌过程存在竖向变形，并且由于本次破除施工为非对称破除施工，故纵桥向也存在较大的位移。跨中位置竖向变形在破拆过程前1300 s（约 22 分钟）实测竖向挠度与仿真结果基本一致；1300 s 至 3400 s（约 57 分钟）仿真结果较实测结果数值逐渐增大。在迅速倒塌前仿真结果较实测结果约大 7 cm。仿真结果折减系数约取 0.81，可与实测结果基本一致。分析可知桥梁实际倒塌过程涉及强烈的非线性，现阶段桥梁弹塑性有限元分析尚不能够完全模拟桥梁的真实倒塌状态。在机械破拆施工前期，结构非线性现象并不十分明显，仿真结果与实测结果基本一致。随着机械破拆施工的持续进展，导致非线性现象逐渐加剧，致使实测结果与仿真结果出现偏差。

斜腿刚构纵桥向位移在 1700 s（约 28 分钟）之前，仿真结果较实测结果大；在 1700 s 至 3400 s（约 57 分钟）之间，仿真结果较实测结果小。在迅速倒塌前仿真结果较实测结果约大 3 cm。分析可知，在桥梁机械破拆施工过程中，混凝土将被液压破碎锤振碎，采用生死单元法无法准确模拟实际情况。并且混凝土损伤破碎造成的局部混凝土刚度退化对纵桥向位移影响较大。竖向位移由于主要由自重和损伤后整体刚度的变化决定，因此局部混凝土损伤破碎对其影响较小。

在桥梁机械破拆施工计算时，应按照精细化三维弹塑性模型，并考虑非线性效应。根据上述分析可知，桥梁倒塌警戒值应取竖向挠度，可以按照实测值×折减系数计算，折减系数建议取 0.81。

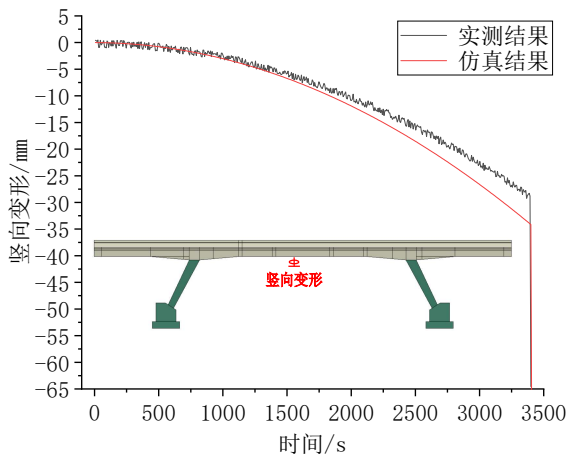


图 11 竖向变形对比

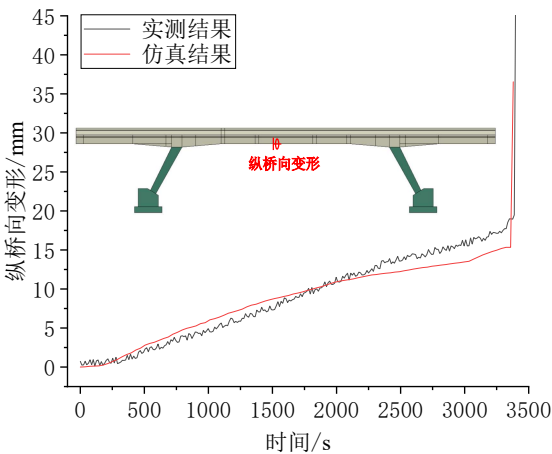


图 12 纵向变形对比

5. 应力对比

斜腿根部应力测试采用附着式表面应变计，应力分析结果可以发现，在 2300 s（38 分钟）之前，实测结果与仿真结果的变化趋势一致；在 38 分钟之后，仿真结果应变开始迅速增加，而实测结果开始波动下降。分析可知，本次测量为振弦式应变计，应变计长度约为 15 cm，在混凝土应变达到限值后，

混凝土开始缓慢开裂，但是开裂位置可能并未出现在测量截面，致使截面位置的应力部分释放，导致测点位置应变值变小。后续由于总体变形过大导致传感器测量长度内混凝土开裂致使应变阶段性增加。再往后测试结果将失真。但是在仿真分析结果中，按照损伤塑性本构特点，混凝土发生损伤后混凝土的弹性模量骤降，将导致应变持续显著增加。

通过分析可知混凝土表面附着式应变计测量结果，由于钢筋混凝土材料的特点，混凝土应变达到峰值并不能证明桥梁即将倒塌，故混凝土应变测量结果无法进行倒塌风险预警。

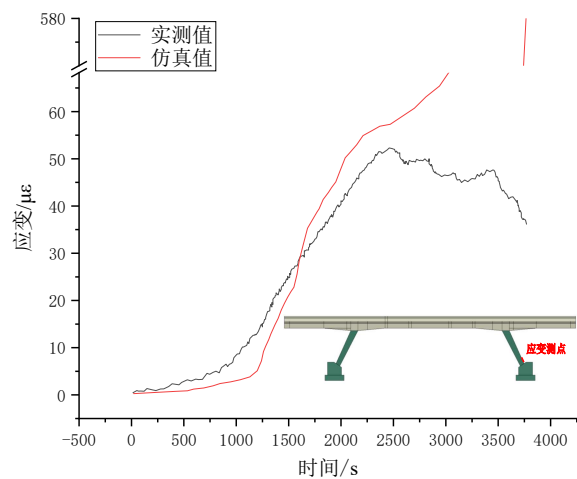


图 13 应变对比图

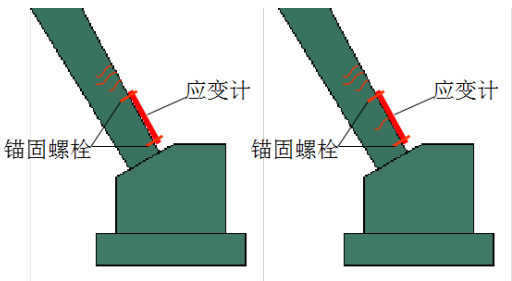


图 14 应变计测量原理示意图

桥梁机械破除施工方案，在常规认知中是一种较为粗糙的施工方案，但是施工风险较大。为了探究不同机械破除位置对结果的影响，细化桥梁机械破拆方案。本次对 3 种方案进行仿真分析。通过倒塌状态明确不同机械破拆方案的可行性。

1. 主梁跨中破拆

桥梁跨中位置破除破坏结果见图 15。结果显示跨中挠度为 30 cm，但是主梁并未持续下挠，即桥梁并未发生倒塌。分析原因可知，在跨中位置切割断后，由于钢筋和截面接触后（存在摩擦），导致二者之间形成稳定体系，主梁及斜腿根部均发生损伤，但并未完全倒塌。为使桥梁顺利倒塌，跨中位置凿除长度应大于 1.6 m，此时方可保证有足够的位移空间，保证桥梁的顺利倒塌。但是 1.6m 的主梁凿除，将增加机械破拆的施工工期。

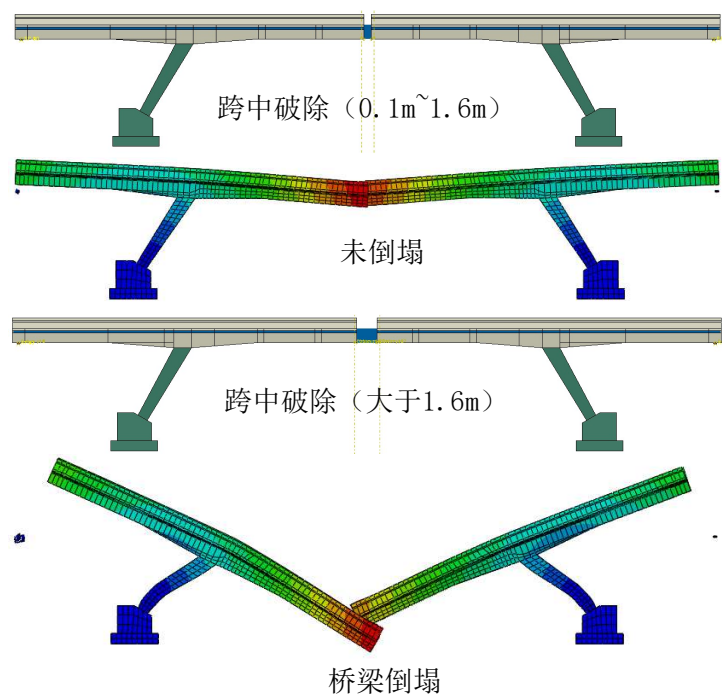


图 15 跨中破拆倒塌状态

2. 斜腿中部破拆

从斜腿中部位置机械破拆，破坏模式见图 16。从仿真结果可知，主梁由于钢筋的存在，主梁在立面的竖向和纵向往斜腿破坏侧整体倒塌，且出现横桥向偏位。此类倒塌对施工作业人员及机械易产生较大风险。且仿真计算中生死单元法为理想平直断面破除。在实际施工过程中由于机械破除的不可控性，发生横桥向偏位的可能性更大，风险更大。

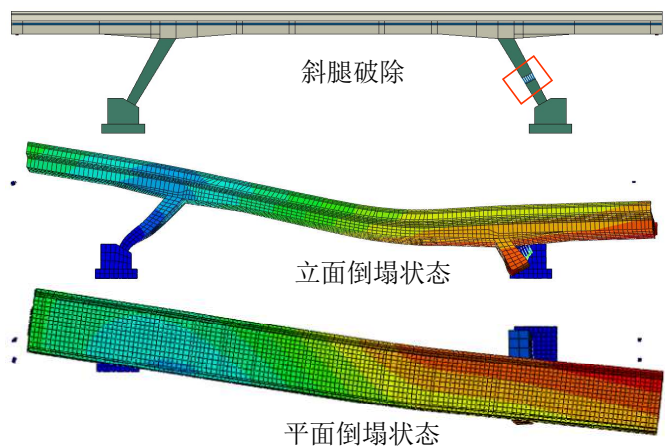


图 16 斜腿中部破拆倒塌状态

3. 斜腿顶部主梁破拆

主梁为竖向倒塌，且在破拆部位竖直塌落。全桥倒塌过程无横桥向变位，且可顺利倒塌。桥梁机

械破拆全过程倒塌可控，且施工风险低。凿除混凝土面积仅需大于 50 cm。较跨中位置破除方案，本方案主梁一侧的力臂更长，能够保证顺利倒塌。

#### (5) 桥梁全过程推演结论：

为了探究桥梁机械破除过程中桥梁的倒塌状态并对机械破除方案进行优化，本文通过现场实测和精细化数值仿真的方式进行相关研究成果。得到如下结论：

1. 通过现场实测和数值分析，明确主梁边梁作为预警值的可行性，和混凝土应变作为预警值的局限性。
2. 采用弹塑性本构建立非线性精细化数值模型，竖向挠度结果较实测结果大约 20%，故建议以 0.8 倍数值计算结果作为挠度预警值。且横桥向变形和混凝土应变结果无法作为预警值。
3. 在数值模型与实测结果应变结果、挠度结果和倒塌状态基本一致的前提下，进行不同破拆方案的对比分析。结果显示，跨中位置破除长度应大于 1.6 m，否则将不会倒塌；斜腿位置破除，主梁将整体倒塌，且会发生横桥向偏位，施工风险极大；斜腿顶部破除，倒塌过程基本可控。

#### (四) 编制说明

1. 第 5.2.5 条条文说明：主体结构主要是桥梁主要受力结构，即上部结构、支座及下部结构。
2. 第 5.3.2 条条文说明：主要的计算分析内容（不限于）为：1 拆除前桥梁的整体受力状态；2 拆除过程中桥梁的几何状态；3 拆除过程中桥梁的受力状态；4 拆除过程中拆除设备或措施的受力状态。

结合《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》（JTG 3362）、《公路桥梁承载能力检测评定规程》（JTG/T J21）进行综合计算，并着重验算承载能力极限状态及短暂状况应力。

3. 第 5.3.5 条条文说明：一般情况下认为有粘结预应力孔道压浆浆液固化后，预应力与浆液、波纹管及主体结构固结在一起共同发挥效力。但实际过程中由于施工、预应力松弛等原因，预应力张拉力值无法达到设计力值，应根据实测数据确定。

4. 第 5.3.4 条条文说明：混凝土结构桥梁参照现行《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》（JTG 3362）中相关条款计算。钢结构桥梁参照现行《公路钢结构桥梁设计规范》（JTG D64）中相关条款计算。钢混组合结构桥梁参照现行《公路钢混组合桥梁设计与施工规范》（JTG D64-01）中相关条款计算。拆除工程中的主体结构除应进行承载能力计算外，还应针对短暂状况构件的应力进行验算。对于混凝土桥梁，短暂状况混凝土构件正截面的最大压应力不宜大于  $0.70f_{ck}$ ， $f_{ck}$  应计入结构劣化影响与实际混凝土强度、弹模等因素，采用实际评估结果折减。

5. 第 5.3.6 条条文说明：上部结构横向抗倾覆安全系数、下部结构抗倾覆及滑移稳定系数均引自《T/CECS G: M61-01 公路混凝土桥梁拆除技术规程》。

6. 第 5.3.7 条条文说明：临时措施主要包含支撑结构、施工平台、临时吊装系统及顶升系统等。对于施工过程荷载可参考《公路桥梁设计通用规范》（JTG D60）和《建筑结构荷载规范》（GB 50009），钢结构相关设计可参考《钢结构设计标准》（GB 50017）。

7. 第 6.5.5 条条文说明：直接凿除桥梁时，拆除危险区主要是指被凿除的梁跨或梁段的桥面与桥下投影区域以及梁体倒塌可能涉及的桥下区域；跨线桥、跨河桥、立交桥等直接凿除时，桥下道路、通航区域、重要设施和有人活动区域等必须采取安全防护措施解除桥梁拆除危险或者直接围蔽后才能施工。

8. 第 6.5.6 条条文说明：简支梁桥拆除包括装配式简支梁桥、现浇混凝土简支梁桥、悬臂挂梁桥等桥型的拆除。梁体拆分块拆除前，可以通过千斤顶反向预压或打设楔块使得支架与桥梁结构之间紧贴。移运前需保证移运路径满足承载能力需求。整体拆除的简支梁桥可不进行体内预应力解除，但在拆除过程中应确保预应力锚头不受扰动。

9. 第 6.7.6 条条文说明：临时固结可采用连接支座上下钢板、安放钢支墩、精轧螺纹钢连接、梁墩间浇筑混凝土等方式，应确保固结措施安全可靠。

悬臂分段拆除法一般采用桥面吊机或架桥机进行拆除，如桥下无通车要求，也可采用大型吊机吊装拆除。拆除时先用吊装设备对拆除段进行临时固定，然后进行分段切割。

10. 第 7.5 条条文说明：桥梁空间几何状态主要是指桥梁立面线形、轴线位置等；桥梁结构损伤主要指混凝土结构裂缝、墩柱偏位，结构裂缝、变形等；桥梁约束指桥梁主要支撑及支座状态；临时设施状态主要指施工支架、吊架等临时设施的沉降、变形及应力等。

11. 第 8.1.1 条条文说明：对于涉及高速公路的桥梁还需符合《高速公路改扩建设计细则》（JTG/T L11）、《高速公路改扩建交通工程及沿线设置设计细则》（JTG/T L80）、《高速公路交通工程及沿线设施设计通用规范》（JTG D80）等规范的要求

一般情况下，跨线桥拆除时，应将桥面及桥下道路全部封闭。

### 三、技术经济论证

随着我国交通的发展和桥梁改扩建的需求，会有更多的既有公路跨线桥梁需要拆除改造，跨线桥梁拆除工作量会不断增加。本规程直接用于指导公路跨线桥梁拆除方案编制及拆除施工全过程，将促进拆除工作的规范化，科学化，实现桥梁拆除工作规范化的同时，降低安全事故发生率。标准化拆除

可以为桥梁工程的开展提供高效的科学依据和质量标准，形成技术支持与决策依据，提升工作效率，提高服务质量。为公路跨线桥梁的拆除工作带来良好的经济效益与社会效益。不仅为当前跨线桥梁拆除工程所急需，而且更符合国家生态文明建设、资源环境保护与双碳目标的政策要求，为我国绿色低碳、生态环保的高速公路改扩建工程建设提供重要的技术支撑。具有广阔的应用前景，对保证我国路网畅通、推动交通可持续发展具有重要意义，具有显著的社会效益。

#### 四、与国家标准、行业标准、地方标准同类标准技术内容的对比情况

本规程是在《公路工程标准体系》JTG 1001—2017、《公路工程行业标准制修订管理导则》JTG A02—2013 的指导下完成。规程对《公路混凝土桥梁拆除技术规程》（T/CECS G: M61-01—2019）内容进行完善和补充，侧重点不同。与《公路桥涵设计通用规范》（JTG D60—2015）、《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3650—2020）等相关规范的互相支撑。

本规程的编制与已有或待颁布规范衔接完整，主要定位于促进公路跨线桥梁拆除技术的推广及标准化，为公路跨线桥梁拆除工作的开展提供高效的科学依据和质量标准。

本规程《公路跨线桥梁拆除设计与施工技术规程》编制，能够吸纳近年来国内外桥梁拆除技术最新研究成果和成熟经验，为跨线桥梁拆除工作提供了新思路，具有明显的先进性。近年来桥梁拆除技术不断进步，在跨线桥梁拆除工程中也尝试采用一些新技术、新材料、新工艺、新方法，部分技术工艺在实践中成功验证。本规程将全面调研总结我国各地区最新桥梁拆除工程经验，充分吸收国内外新技术、新工艺，并重视桥梁拆除阶段的风险管控，为规程的实用性、先进性奠定基础。

此外，本规程在“双碳”目标大背景下，秉持可持续发展理念，提出跨线桥梁拆除时必须满足绿色低碳发展、资源环境保护与双碳目标的政策要求。

#### 五、与有关法律、行政法规及相关标准的关系

本文件与国家、行业、地方标准的相关规定无冲突，是对国标、行标、地标的补充细化及提升完善。

#### 六、采用国际标准和国外先进标准情况，与国际、国外同类标准水平的对比情况

本规程未采用国际标准和国外标准。

#### 七、标准涉及专利情况

无。

## 八、重大分歧意见的处理经过和依据

本规程在编制过程中无重大分歧意见。

## 九、其他应予说明的事项