

中国公路建设行业协会标准

T/CHCA xxx-202x

# 公路钢筋混凝土拱桥拆除 施工技术规程

Technical specification for demolition of highway reinforced concrete  
arch bridges

(征求意见稿)

202x-xx-xx 发布

202x-xx-xx 实施

中国公路建设行业协会 发布

# 前 言

根据中路建协发〔2022〕10号关于下达《锚锭高压旋喷桩复合地基加固设计施工技术规范》等7项协会标准的编制通知的要求，由中交路桥建设有限公司作为主编单位，承担《公路钢筋混凝土拱桥拆除施工技术规范》的编制工作。

本规范是现行国家标准和行业标准的补充与延展，旨在系统解决公路钢筋混凝土拱桥拆除工程中特有的结构安全控制、环境保护和资源化利用等技术与管理难题，是对现有行业规范的补充，由社会自愿采用。

本规范在编制过程中，编制组经深入调查研究，认真总结实践，参考有关国际、国内、行业和团体的先进标准，并在广泛征求意见的基础上，最后经审查定稿，以后可结合国内外施工工艺的发展进行补充、修订。

本规范根据《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）、《公路工程行业标准编写导则》（JTG 1003—2023）和《中国公路建设行业协会标准管理办法》要求进行编制，主要技术内容涵盖了从设计、施工到验收的全部过程，包括了7个章节：总则、术语和符号、基本规定、拆除方案设计、拆除施工、施工监控与监测、环境保护与固废利用。

本规范的管理权和解释权归中国公路建设行业协会，日常管理和解释由中交路桥建设有限公司负责，请各有关单位在执行过程中，将发现的问题和意见，函告本规范日常管理组，联系人：赵树康（地址：南京市建邺区安科大厦A座901，邮政编码：210019；电子邮箱：shukang-zhao@foxmail.com），以便下次修订时参考。

**主 编 单 位：**中交路桥建设有限公司

**主要参编人员：**

**参与审查人员：**

# 目 录

<b>1 总则</b> .....	<b>4</b>
<b>2 术语和符号</b> .....	<b>5</b>
2.1 术语 .....	5
2.2 符号 .....	6
<b>3 基本规定</b> .....	<b>7</b>
3.1 一般规定 .....	7
3.2 主要施工方法 .....	11
<b>4 拆除专项方案设计</b> .....	<b>16</b>
4.1 一般规定 .....	16
4.2 桥梁拆除结构计算 .....	16
4.3 临时结构设计与计算 .....	20
4.4 专项施工方案 .....	21
<b>5 拆除施工</b> .....	<b>23</b>
5.1 一般规定 .....	23
5.2 桥面及附属工程拆除 .....	24
5.3 上部结构拆除 .....	25
5.4 下部结构拆除 .....	30
<b>6 施工监控与监测</b> .....	<b>32</b>
6.1 一般规定 .....	32
6.2 监控计算 .....	33
6.3 施工监测 .....	34
<b>7 环境保护与固废利用</b> .....	<b>36</b>
7.1 一般规定 .....	36
7.2 环境保护 .....	36
7.3 固废利用 .....	38

# 1 总则

**1.1.1** 为规范公路钢筋混凝土拱桥拆除工程施工及安全管理，满足安全、高效、环保、经济等要求，制定本规程。

**条文说明：**

本条是制定本规程的目的。为适应公路钢筋混凝土拱桥拆除工程的需要，统一技术要求和管理标准，特制定本规程。旨在从根本上加强工程的安全管控，并统筹兼顾施工效率、环境保护与经济效益，实现科学拆除。

**1.1.2** 本规程适用于公路钢筋混凝土拱桥结构的拆除工程施工及安全管理。

**条文说明：**

本条规定了本规程的适用范围。

**1.1.3** 公路钢筋混凝土拱桥拆除工程应选择安全可靠的拆除方法，并同时加强拆除物的资源化及结构化利用。

**条文说明：**

本条文规定了拆除方法选择与资源利用的基本原则。选择安全可靠的方法是为控制重大风险，保障生命财产安全；加强拆除物的资源化与结构化利用，则是为减少资源浪费与环境污染，推动绿色施工和可持续发展。

**1.1.4** 公路钢筋混凝土拱桥拆除工程施工及安全管理应符合本规程的规定外,尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 桥梁拆除 bridge demolition

桥梁拆除是指依靠人力、机械或爆破等手段，对桥梁结构进行整体或局部分解、破碎，并将其从原位移除、清运的施工作业过程。

#### 2.1.2 人工拆除 manual demolition

依靠人力采用风镐、手持切割器具等小型机具，对拟拆除物进行解体 and 破碎的一种施工方法。

#### 2.1.3 机械拆除 mechanical demolition

使用液压挖掘机、液压破碎锤、液压剪、切割器具和起重机等大、中型机械，对拟拆除物进行解体 and 破碎的一种施工方法。

#### 2.1.4 爆破拆除 blasting demolition

利用炸药或劈裂剂等的爆炸或膨胀的能量对拟拆除物进行解体 and 破碎的一种施工方法。

#### 2.1.5 支架拆除法 demolish on scaffolding method

搭设承重支架或浮船对待拆桥梁结构进行支撑后，在支架上采用切割或破碎等手段，将桥梁结构分解的方法。

#### 2.1.6 缆索吊斜拉扣挂拆除法 Demolition method of cable crane oblique pull buckle hang

一种利用斜拉扣挂系统来约束和稳定拱圈，同时利用缆索吊装系统来分块吊卸拱桥构件，从而实现拱桥安全、逆向、可控解体的大型桥梁拆除施工方法。

#### 2.1.7 整体吊装拆除法 Demolition method of overall hoisting and dismantling

一种利用大吨位浮吊或履带吊将拱桥拱片或拱段整体吊离原位，运输至安全区域后解体的桥梁拆除施工方法。

#### 2.1.8 SPMT 整体驮运法 Demolition method of SPMT overall transporting

一种通过金刚石绳锯等设备将桥梁从墩台处精确切断，再由 Self-Propelled

Modular Transporter (自行式模块运输车) 整体驮运至安全区域的桥梁拆除方法。

### 2.1.9 回填自塌法 Demolition method of backfill self-collapsing

一种通过回填荷载逐步增加拱桥恒载,降低结构安全储备,最终使拱桥在自身重力作用下自然垮塌的拆除方法。

### 2.1.10 机凿倒塌法 Demolition method of machine-driven collapsing

一种利用挖掘机配液压破碎锤等直接凿除拱脚或拱顶截面,使拱结构从无铰拱转变为三铰拱或两铰拱而失稳坍塌的一种拆除方法

### 2.1.11 拆除计算 demolition analysis

针对拟定的拆除方案,对过程进行结构分析计算。

### 2.1.12 拆除施工监控 demolition construction monitoring and control

为控制桥梁结构拆除施工过程的结构状态,实现安全高效拆除目标而进行的控制计算、施工监测、数据分析、与反馈控制等工作的总称。

### 2.1.13 施工安全风险评估 Construction Safety Risk Assessment

针对桥梁拆除工程施工过程潜在的各种安全风险及其影响程度进行辨识、分析、估测,并提出控制措施建议的系列工作。

## 2.2 符号

$f_{ck}$  —待拆公路钢筋混凝土拱桥混凝土的标准强度;

$S_d$  —待拆公路钢筋混凝土拱桥结构拆除过程中作用效应设计值;

$R$  —待拆公路钢筋混凝土拱桥结构承载力设计值;

$\gamma'$  —待拆公路钢筋混凝土拱桥结构的结构安全性系数。

## 3 基本规定

### 3.1 一般规定

**3.1.1** 公路钢筋混凝土拱桥拆除工程应按照法律法规和有关标准落实安全生产条件并严格履行审查程序，并应经审批通过后方可组织施工。

**条文说明：**

本条款旨在明确，此类工程在施工前，必须全面符合国家及行业颁布的《中华人民共和国安全生产法》、《公路水运工程安全生产监督管理办法》等相关法律法规，以及《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)、《建筑拆除工程安全技术规范》(JGJ 147) 等标准中关于安全生产条件的强制性要求。

**3.1.2** 公路钢筋混凝土拱桥拆除工程开工前，施工单位必须编制专项施工方案。对于超过一定规模的拆除工程，其专项施工方案应按规定组织专家论证。

**条文说明：**

本条明确了拱桥拆除专项施工方案的管理程序。依据《危险性较大的分部分项工程专项施工方案编制指南》(建办质〔2021〕48号)、《关于实施〈危险性较大的分部分项工程安全管理规定〉有关问题的通知》(建办质〔2018〕31号)、《危险性较大的分部分项工程专项施工方案严重缺陷清单(试行)》(建办质〔2024〕63号)、《房屋市政工程生产安全重大事故隐患判定标准(2024版)》(建质规〔2024〕5号)等规定，桥梁拆除工程属于危险性较大的分部分项工程，必须编制专项施工方案。其中，大桥、特大桥及技术复杂的拱桥拆除工程，其专项方案必须通过专家论证。方案实施前，必须完成施工单位内部审核、监理审批及专家论证的全部流程，确保方案合法合规、安全可靠。

**3.1.3** 专项施工方案经施工单位技术负责人审核、总监理工程师审查批准，并按相关规定完成专家论证(如需)等全部法定程序后，方可组织实施。

**条文说明：**

本条依据 2022 年交通运输部发布的相关行业标准及规范性文件要求，对公路桥梁拆除工程落实安全生产条件进行了规定。同时依据中华人民共和国住房和城乡建设部第 37 号令《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》桥梁拆除属

于危险性较大的工程，拆除施工前，应编制专项施工方案，并按相关管理规定组织专家进行技术可行性及安全论证。

**3.1.4 公路桥梁拆除工程实施前，应对待拆桥梁在建造、运营阶段的相关原始资料和数据进行全面收集分析，并根据待拆桥梁的技术状况检测评估报告开展拆除方案设计。**

**条文说明：**

公路钢筋混凝土拱桥拆除前的收集资料包括但不限于：

1、桥梁本体资料收集与分析：应系统搜集、整理和分析待拆拱桥的全生命周期资料，主要包括：

- a) 原设计图纸、计算书、变更记录等设计文件；
- b) 施工组织设计、施工记录、材料试验报告、竣工图及竣工验收资料；
- c) 历年桥梁定期检测、特殊检测报告，技术状况评定记录；
- d) 历次维修、加固、改造的设计与施工资料；
- e) 运营期间的超限超载记录、突发事件及处置记录。

2、资料符合性核查与专项检测：应根据桥梁现状，对收集到的资料进行符合性核查。当资料缺失、严重不符或桥梁技术状况较差（如评定为四、五类桥）时，必须进行专项检测与测量。检测内容应根据需要包括：

- a) 桥梁结构几何线形与空间变位测量；
- b) 主体结构混凝土强度、碳化深度、钢筋锈蚀及预应力损失等材质状况检测；
- c) 结构裂缝、破损、退化等损伤状况的详细调查与评估。

3、拆除影响范围与施工条件调查：应对拆除作业的影响区域及施工条件进行充分调查，主要包括：

- a) 桥位区域的地形地貌、工程地质与水文地质条件、气象气候特征；
- b) 施工影响范围内的建筑物、构筑物、地下管线（供水、排水、燃气、电力、通信等）、军事设施、文物等的分布与产权状况；
- c) 陆上及水上交通现状与通行要求，航道等级、通航净空、流速流量及航运规划；
- d) 施工场地条件、临时设施布置场地、废弃物堆放与处置场地；

e) 环境保护敏感目标，如水源保护区、居民区、学校等。

4、其他相关资料：宜收集本地区类似桥梁拆除工程的事故案例、经验总结，以及拆除施工所需的临时工程设计、大型设备调配等相关资料。

**3.1.5** 公路桥梁拆除顺序应遵循结构受力合理、作业安全可控的原则，总体上宜按次要结构优先于主要结构、自上而下逐步解除结构体系的顺序进行。

**条文说明：**

本条对桥梁拆除顺序总体要求进行了规定。

**3.1.6** 拱桥如需采用配合机械、爆破拆除的人工拆除作业时，宜按桥面及附属工程、上部结构、下部结构的顺序进行。

**3.1.7** 公路钢筋混凝土拱桥拆除工程应根据不同的结构形式、受力特性和技术状况及拆除过程中受力体系转换等，分析拆除措施对桥梁结构的影响，制定合理的拆除方案。

**3.1.8** 公路钢筋混凝土拱桥拆除工程开工前，应开展施工安全风险评估，并应编制专项施工方案、合同段施工专项应急预案和现场处置方案。

**3.1.9** 对于特大桥及技术复杂的公路钢筋混凝土拱桥拆除工程，尚应编制施工监控方案。拆除施工监控方案应根据结构特点与拆除施工方法，对桥梁结构的内力状态与几何状态进行监测与控制，确保拆除施工安全。

**条文说明：**

本条说明了应单独编制施工监控方案的拱桥类型。参考《建筑与桥梁结构监测技术规范》(GB 50982)要求，建议技术复杂的桥梁包括单孔跨径大于 100m 的大跨拱桥，施工过程体系转换复杂或受力不明确的拱桥，跨越铁路、公路、水源保护区等敏感区域的拱桥，结构本身存在病害或拆除方案特别复杂的拱桥以及技术状况等级为 5 类的桥梁等。其中依据《公路桥梁技术状况评定标准》(JTG/T H21)，技术状况等级为 5 类的桥梁，其主要构件存在严重缺损，不能正常使用，危及桥梁安全，桥梁处于危险状态。

通过施工监控动态掌控拆除安全，内力监测是关键：直接监测主拱圈等关键部位的应力变化，是从本质上判断结构是否安全的依据，实现事前预警。几何监测是直观反映：位移、变形等数据是内力变化的直观体现，用于快速评估结构整

体稳定性与刚度。监控需有针对性：监控方案必须与具体的拆除方法（如切割、爆破）相匹配，重点关注其特有的风险点（如体系转换、振动影响）。

**3.1.10** 桥梁拆除方式应根据待拆部位、拆除规模、结构形式、技术状况及周边环境条件等进行综合分析后确定，可采用一种或多种方式的组合，并应遵循下列原则：

1、宜优先采用构件整体移除或分段切割的拆除方式，当施工条件具备时也可采用原位破碎方式；

2、如遇特殊情况需进行爆破拆除时，应编制爆破拆除专项施工方案并通过专家论证、审查，爆破作业应符合现行《爆破安全规程》（GB 6722）的有关规定。

**条文说明：**

本条规定了拱桥拆除的优先选用方法，优先采用非爆破拆除方法。

**3.1.11** 公路桥梁结构部分拆除、部分保留时，应考虑拆除部分对保留结构的影响，拆除时应采取措施保证留存结构外观和内部构造的完好，部分拆除的专项方案应经设计核查确认。

**条文说明：**

本条旨在规范“部分拆除”这一特殊工况，部分拆除会根本性改变原结构的受力体系，导致留存部分的内力重分布，可能引发不可预见的应力集中、变形或失稳。此外，拆除施工的振动、冲击也可能对界面处的混凝土和钢筋造成隐性和显性损伤。措施的针对性：为保证留存结构完好，必须采取针对性措施。这通常包括：

施工前：对留存部分进行加固或设置临时支撑，建立新的独立受力体系。

施工中：在交界区域采用机械切割等低影响工法分离构件，严禁暴力破碎；并对留存部分进行严密监测。

施工后：对留存部分的界面进行凿毛、植筋等处理，确保其与新结构的可靠连接和长期耐久性。

**3.1.12** 对于上跨公路、铁路、航道或通航水域等的公路钢筋混凝土拱桥拆除工程，应事先与相关单位部门沟通，制定完备的安全保障与应急措施，履行行政许可手续。

**条文说明：**

本条旨在明确跨越重要交通设施的公路钢筋混凝土拱桥拆除工程，必须履行法定管理程序，其核心是保障下方设施的安全、畅通，并明确管理责任。由于此类工程风险极高，必须在施工前完成与所有相关产权或管理单位的对接与许可。

**3.1.13** 公路钢筋混凝土拱桥拆除工程宜考虑绿色施工，废弃物处置应按现行标准《工程施工废弃物再生利用技术规范》（GB/T 50743）和《建筑垃圾处理技术标准》（CJJ/T 134）等有关规定执行，应遵循减量化、结构化、资源化和再生利用的原则。

**条文说明：**

为推进创新、协调、绿色、开放、共享五大发展理念，公路钢筋混凝土拆除工程应优先考虑绿色施工，积极响应国家和行业的相关生态环保政策与法规。桥梁拆除工程应在保证安全等基本要求的前提下，通过科学管理和技术进步，最大限度地节约资源与减少对环境影响的施工活动，实现四节一环保（节能、节地、节水、节材和环境保护）。

**3.1.14** 公路钢筋混凝土拱桥拆除应积极采用并推广智能化、信息化施工技术，提升拆除作业的安全性、可控性与效率。

**条文说明：**

本条旨在引导桥梁拆除工程向数字化、智慧化方向发展。

## **3.2 主要施工方法**

**3.2.1** 公路钢筋混凝土拱桥常见拆除方法包括人工拆除、机械拆除、爆破拆除等，宜根据不同桥梁结构特点、位置以及周围环境等因素选择合适的拆除工艺。

**条文说明：**

主要拆除方法如下：

序号	一级分类	二级分类	适用范围	工艺要点
1	人工拆除	直接破碎法	桥面及附属结构、保护性拆除的拱桥等	采用手持设备对逐步拆解破碎拱桥结构
2	机械拆除	机凿倒塌法	低位、中小型拱桥	利用液压破碎锤、长臂挖机、液压钳等机械设备拆除拱桥
		支架拆除法	中、下承式拱桥、组合体系拱桥	在合适位置搭设支架，利用浮吊船或挂篮设备依次拆除风撑、主拱圈跨中部分、系梁及横梁跨中部分、拱脚处主拱圈及系梁横梁。
		整体吊装拆除法	适用于通航干线水域的跨航道拱桥拆除或桥下交通便利的跨线桥	利用大吨位浮吊或履带吊将拱桥拱片或拱段整体吊离原位，运输至安全区域后解体，
		SPMT 整体驮运法	桥下净空较小的跨高速公路主线拱桥、小推力拱桥、系杆拱桥	通过在模块车上设置可调托架，直接顶起主拱圈或系杆后移除至场外进行拆除；或采用浮箱、驳船等设施，利用浮力将桥跨结构整体顶起后移除。
		斜拉扣挂缆索吊拆除法	多应用于原位重建的大跨径拱桥、大跨径跨峡谷江河的拱桥	采用斜拉扣挂系统开拱，利用缆索吊逐段将切割梁段移运到位，新建拱桥可以利用原扣挂及缆索吊系统。
		回填自塌法	多应用于复杂环境（邻近建筑物、加油站等对振动敏感区域）的小跨径拱桥拆除	通过回填荷载逐步增加拱桥恒载，降低结构安全储备，最终使拱桥在自身重力作用下自然垮塌。
3	爆破拆除	动态爆破法	桥位偏僻、工期要求短、环境不敏感的拱桥	通过在爆破点位精确放置炸药、雷管等实现对桥梁的破碎。
		静态爆破法	一般为对环境敏感的城市拱桥	采用静态爆破剂或水压爆破等实现对拱桥的破碎拆除。

## 1 人工拆除

**3.2.2** 人工拆除主要适用于拱上建筑、桥面系、附属结构、文物或历史保护性拱桥或需要特殊保护的拱桥拆除及部分保护性拆除等。同时适用于配合机械、爆破拆除作业的局部人工拆除。

### 条文说明：

本条指出了人工拆除的适用范围。人工拆除主要适用于小跨径拱桥、桥面系和附属结构等，文物或历史保护性拱桥需要对特定构件进行“解剖式”拆除，以便回收利用有历史价值的构件（如石雕、特定砌块），这必须依赖人工精细操作。

**3.2.3** 人工拆除施工应从上至下逐层拆除，并应分段进行，不得垂直交叉作业。

**3.2.4** 当进行人工拆除作业时，桥面上严禁人员聚集或集中堆放物料，作业人员应在安全的环境施工。

**3.2.5** 人工拆除作业人员应按规定配备合格的劳动防护用品并正确使用，登高作业应系好安全带，并确保挂点牢靠。

**3.2.6** 当拆除拱桥的桥面铺装、栏杆及防撞护栏等构件时，应与结构整体拆除进度相配合，不得先行拆除。

**3.2.7** 施工平台的搭设与防护应符合下列规定：施工平台的结构形式、材料规格及承载能力必须经过专项设计验算，确保其在最不利施工荷载组合下具有足够的强度、刚度和稳定性。平台搭设完成后应组织验收，合格后方可使用。

**3.2.8** 对人工拆除施工作业面的孔洞，应采取防护措施。

## 2 机械拆除

**3.2.9** 机械拆除主要适用于机械有效作业高度内或结构稳定、承载能力满足机械高处站位要求的公路钢筋混凝土拱桥拆除。

**3.2.10** 机械拆除主要包括原位破碎法、分块切割法、整体移除法等，其中分块切割法分为支架拆除法、斜拉扣挂缆索吊拆除法等。整体移除法包括浮船移位拆除法、浮吊移位拆除法、SMPT 拆除法等

**3.2.11** 机械拆除作业中，对大块构件或物料进行吊运时，其吊点位置、支承点布置及吊运工艺应经过专项验算确定。验算应确保拆除部件及剩余结构在吊运过程中的自身稳定，并满足移除、运输能力及周边环境安全的要求。

**3.2.12** 对拆除施工使用的机械设备，应符合施工组织设计要求，严禁超载作业或任意扩大使用范围。供机械设备停放、作业的场地应具有足够的承载力。

**3.2.13** 拆除作业的起重司机，必须执行吊装操作规程。信号指挥人员应按现行国家标准《起重吊运指挥信号》GB5082 的规定执行。

**3.2.14** 采用分块切割法拆除时，应先拆拱上结构或主梁结构、后拆主拱圈、拱片或拱肋。

**3.2.15** 桥梁拆除机械设备进场前应进行检验，确认其性能、安全装置及技术状况符合相关要求。机械的安装、拆卸应制定专项方案；使用与维护过程应符合现行行业标准《建筑机械使用安全技术规程》(JGJ 33) 的规定及定型机械出厂使用说明书(操作指南)的要求。操作人员应经过专业培训并考核合格，取得相应操作证，经安全技术交底后方可上岗作业。

**3.2.16** 吊运过程中，应采用辅助措施使被吊物处于稳定状态。

**3.2.17** 桥墩及盖梁一般宜采用分块切割法，低矮桥墩也可采用原位破碎法凿除。

**3.2.18** 桥台台身机械拆除时应采取支挡或卸载等有效措施保证台后填方的稳定。

**3.2.19** 基础宜采用分块切割法拆除，其中深水基础拆除时宜设置围堰；当周边环境条件许可时，也可采用直接破碎或爆破方式拆除。

### **3 爆破拆除**

**3.2.20** 爆破拆除仅适用于爆破有害效应（爆破振动、飞散物、冲击波、噪声等）能够控制在现行国家标准《爆破安全规程》（GB 6722）允许范围内的公路钢筋混凝土拱桥拆除施工。当爆破可能危及重要建（构）筑物、公共设施或人员安全，且无法采取有效防护措施时，严禁采用爆破作业。

**3.2.21** 公路钢筋混凝土拱桥爆破拆除设计前，应对爆破对象进行勘测，对爆区影响范围内地上、地下建筑物、构筑物、管线等进行核实确认。

**3.2.22** 公路钢筋混凝土拱桥爆破拆除工程应编制爆破设计书，爆破设计书应由具备相应设计资质的单位和设计人员编制，并根据爆破拆除工程分级标准（GB 6722）确定爆破设计书相应的编制和审核要求。

**3.2.23** 公路钢筋混凝土拱桥爆破施工组织设计由爆破拆除施工单位编写，编写负责人所持爆破工程技术人员安全作业证的等级和作业范围应与爆破拆除工程相符。

**3.2.24** 爆破拆除工程中必须经公安机关审批的爆破作业项目，提交爆破作业项目许可申请时，应由符合《爆破作业单位资质条件和管理要求》GA 990 要求具有相应资质的爆破作业单位进行安全评估。

**3.2.25** 爆破拆除工程实施爆破作业时，应由符合《爆破作业单位资质条件和管理要求》GA990 要求具有相应资质的爆破作业单位进行安全监理。

**3.2.26** 公路钢筋混凝土拱桥爆破拆除工程应根据结构的特点、环境条件等因素，综合确定倒塌方式。

**3.2.27** 爆破作业预处理不得影响公路钢筋混凝土拱桥结构稳定。

**3.2.28** 拆除爆破实施后，应对盲炮、爆堆、爆破拆除效果以及对周围环境的影响等进行检查，发现问题应及时处理。

## 4 拆除专项方案设计

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 桥梁拆除方案设计内容应包含桥梁现状分析、拆除方式选择、拆除顺序确定、主要设备选型、拆除计算分析等。

**4.1.2** 公路桥梁拆除工程应按照法律法规和有关标准落实安全生产条件并严格履行审查程序，并应经审批通过后方可组织施工。

**4.1.3** 对公路桥梁拆除工程影响范围内的交通，应编制临时交通导行方案并报有关主管部门批准，开工前应向社会公告。

**4.1.4** 公路桥梁拆除应优先选择安全性高、污染小、交通影响低的拆除方法，不得使用危及结构安全、施工作业安全或生态环境安全的施工工艺、设备和材料进行桥梁拆除施工。

**4.1.5** 拆除前，应查明下部结构内部是否存在空洞、预埋件或与其他地下构筑物相连的情况。

**4.1.6** 下部结构拆除应充分考虑对邻近边坡、河岸、路基或既有建筑物的影响，并采取有效的防护措施。

**4.1.7** 桥梁拆除方案拟定之后应进行安全性计算分析，当计算结果不满足安全性要求时，应对拆除方案进行调整并重新计算分析。桥梁拆除计算分析应包括下列内容：

- 1、拆除各工况下桥梁结构的安全性计算分析；
- 2、拆除各工况下临时设施的安全性计算分析。

### 4.2 桥梁拆除结构计算

**4.2.1** 制定公路钢筋混凝土拱桥拆除方案时，应对拆除各工况下结构的受力状态和几何状态进行安全性计算分析，拆除计算应包括下列内容：

- 1、持久状况构件的承载能力极限状态计算；
- 2、短暂状况构件的应力计算；

### 3 拆除构件的稳定性计算。

#### 条文说明：

本条对待拆桥梁结构计算内容进行了规定。待拆桥梁结构的安全状态可分为受力状态和几何状态，受力状态主要指各工况下结构的应力、轴力、弯矩、剪力等强度状态，几何状态主要指各工况下结构的竖向变形、横向偏位、抗倾覆稳定性等空间状态。依据《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG 3362)，新建公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥梁应进行极限状态计算(持久状况承载能力极限状态计算、持久状况正常使用极限状态计算)和构件的应力计算(持久状况构件的应力计算、短暂状况构件的应力计算)。相对新建桥梁工程，桥梁拆除工程仅需在拆除过程中进行必要的力学控制，无生产运营阶段，因此对于待拆桥梁结构，考虑可不进行持久状况正常使用极限状态计算和持久状况构件的应力计算，只进行持久状况承载能力极限状态计算和短暂状况构件的应力计算。持久状况承载能力极限状态是对应于结构及其构件达到最大承载力或出现不适于继续承载的变形或变位的状态；短暂状况构件的应力是在施工阶段由自重、施工荷载等引起的正截面和斜截面的应力。

**4.2.2** 公路钢筋混凝土拱桥拆除计算应采用以概率理论为基础、按分项系数表达的极限状态分析方法对拆除各工况下桥梁结构进行安全性分析，并应符合现行《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG 3362)、《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG 3363)及《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3350)的有关规定。

**4.2.3** 公路钢筋混凝土拱桥拆除中待拆构件承载能力极限状态应满足下式要求：

$$\gamma' S_d \leq R$$

式中：

$\gamma'$ ——待拆拱桥结构安全性系数，根据桥梁评估状态取值，一至四类桥 1.0，四、五类桥取 1.1；

$S_d$ ——构件拆除过程中作用效应设计值，依据《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60)取值，作用工况考虑作用基本组合；

$R$ ——拱桥拆除各工况对应的构件承载能力评定值。

**条文说明：**

本条规定的待拱桥结构安全性系数，参考工程结构重要性系数，根据桥梁技术状况评定等级进行取值。

**4.2.4** 公路钢筋混凝土拱桥拆除计算分析时，应结合材质劣化、预应力损失、结构损伤等实际技术状况进行计算模型修正，混凝土材料强度应按实际检测评定结果确定，材质状况与状态参数的选取应符合现行《公路桥梁承载能力检测评定规程》（JTG/T J21）的有关规定。

**条文说明：**

本条明确了拆除计算分析的根本原则——“基于现状，实事求是”，旨在确保计算模型能够真实反映桥梁结构的实际承载能力和力学性能，从而准确预测拆除过程中的结构行为。

**4.2.5** 公路钢筋混凝土拱桥拆除计算中的各种荷载取值及组合方式应符合现行《公路桥涵设计通用规范》（JTG D60）及《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3350）的有关规定，并应符合下列规定：

- 1、应根据拆除工况考虑结构重力、施工荷载、风荷载等各种可能存在的作用并取其最不利组合；
- 2、结构重力应根据待拆桥梁结构的实际尺寸及材料重度计算确定；
- 3、施工荷载应计入施工设备、施工材料、施工人群荷载及施工产生的动荷载；
- 4、风荷载计算应符合现行《公路桥梁抗风设计规范》（JTG/T 3360-01）的有关规定。

**4.2.6** 主拱圈拆除计算验算截面的位置及数量应根据拱桥形式、跨径规模及拆除方法综合确定，验算截面的选择应符合下列规定：

- 1、中小跨径钢筋混凝土拱桥，应验算拱顶和拱脚截面。
- 2、大跨径混凝土拱桥，除拱顶和拱脚外，应增加验算 1/4 截面。
- 3、采用无支架施工方法拆除的大跨径拱桥，应在第 2 款基础上，增加验算 1/8 和 3/8 截面。

**4.2.7** 公路钢筋混凝土拱桥拆除计算过程中，应进行各工况下短暂状况构件的应力验算，短暂状况构件的应力验算应参照现行《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》（JTG 3362）取值。

条文说明：为防范拆除过程中拱桥因压应力超限发生脆性破坏，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），短暂状况混凝土构件正截面的最大压应力限值不宜大于  $0.7 f_{ck}$ ， $f_{ck}$  应采用实际评估结果折减值。

**4.2.8** 拆除施工各工况下，公路钢筋混凝土拱桥下部结构抗倾覆、抗滑动稳定性系数取值应符合现行《公路桥涵地基与基础设计规范》（JTG 3363）的规定；主梁留存结构横向抗倾覆稳定性系数取值应符合现行《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》（JTG 3362）的规定；拱桥单肋的裸拱、开拱等施工状态横向稳定性系数、吊杆索力安全系数取值应符合现行《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3350）的规定。

**条文说明：**

稳定性系数取值充分考虑拱桥拆除安全风险系数高的特点，参考现行《公路桥涵地基与基础设计规范》（JTG 3363）、《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》（JTG 3362）、《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3350）中的相关规定进行取值，其中下部结构抗倾覆、抗滑动稳定性系数应不小于 1.2；主梁留存结构横向抗倾覆稳定性系数应不小于 2.5；拱桥单肋的裸拱、开拱等施工状态横向稳定性系数应不小于 4.0；吊杆索力安全系数应不小于 1.5。

**4.2.9** 上承拱桥拆除计算时，可不考虑拱上建筑的联合作用，其仅作为荷载施加并考虑其对主拱圈的影响效应。

**4.2.10** 对于分段拆除的系杆拱桥，应验算系杆拆除过程中拱肋的受力安全，必要时设置临时系杆。

**4.2.11** 多孔桥应考虑连拱效应的影响，建立全桥模型进行整体计算分析。

**条文说明：**

对于多孔连拱桥梁，拆除设计及施工必须考虑连拱效应的影响。严禁跳跃式拆除。必要时应采取有效措施抵抗拱脚不平衡水平力。施工过程中，应将相邻孔拱圈及共用桥墩的受力和变位作为监测重点。

**4.2.12** 拆除计算时，预应力作用应根据检测评估结果，并综合考虑结构既有损伤、几何变形等情况，对预应力损失予以折减。

**条文说明：**

本条明确了拆除计算中预应力作用的取值原则。老旧拱桥运营多年，其有效预应力通常因混凝土收缩徐变、钢筋松弛、锚具失效及结构损伤而低于设计值。因此，计算时必须依据桥梁检测报告（如有效预应力检测、裂缝普查、线形测量等）所反映的实际状态，对预应力进行合理折减，以准确模拟结构的真实受力。折减方法与幅度可参考《公路桥梁承载能力检测评定规程》（JTG/T J21）。

### **4.3 临时结构与计算**

**4.3.1** 公路钢筋混凝土拱桥拆除的临时设施计算内容应符合下列规定：

1、除爆破拆除外，应对支撑、吊装及移运系统的强度、刚度、稳定性和支撑的基础承载力进行验算，验算结果应符合《公路桥涵施工技术规范》JTG/T 3650 相关规定的要求。

2、采用水中围堰拆除时，应对围堰结构安全性进行验算。

3、采用整跨移除法拆除时，应对支撑的顶升、移动同步性、吊运设备的抗倾覆稳定性进行验算。

4、采用斜拉扣挂缆索吊拆除时，应对扣挂系统、缆索吊装移运系统及连接锚固构造的强度、刚度、稳定性等进行验算。

**4.3.2** 公路钢筋混凝土拱桥采用的临时结构计算应考虑桥梁结构重力、临时设施自重、风荷载、施工荷载、拆除瞬间产生的不平衡荷载及冲击荷载的作用，荷载取值及组合方式应符合现行《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3650）的有关规定。

**4.3.3** 吊车、卷扬机、架桥机、浮吊、车载装备及顶升提升系统应考虑动力系数，动力系数应按《公路桥涵设计通用规范》（JTG D60）及《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3650）计取。

**4.3.4** 临时支撑结构应进行稳定性验算，弹性屈曲系数应满足现行《钢结构设计标准》（GB 50017）的有关规定。

**4.3.5** 对采用千斤顶同步顶升或同步提升的桥梁拆除，各顶升点或提升点的安全系数不应低于 2.0。

**4.3.6** 采用斜拉扣挂缆索吊法进行公路钢筋混凝土拱桥时，对缆索吊装系统应进行专项设计，采用斜拉扣挂缆索吊装逆序悬臂拆除拱圈，主拱圈拆除节段划分应根据拱圈跨径、起吊装置的起吊能力。缆索吊装及斜拉扣挂系统应符合现行《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3650）及《缆索起重机》（GB/T 28756）的有关规定。

**4.3.7** 采用斜拉扣挂缆索吊法进行公路钢筋混凝土拱桥时，风缆的设置与安装应符合现行《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3650）的有关规定。

## **4.4 专项施工方案**

**4.4.1** 公路钢筋混凝土拱桥拆除施工前，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）：

- 1、桥梁拆除专项施工方案；
- 2、拆除现场平面布置图；

- 3、交通组织方案；
- 4、施工计划；
- 5、施工安全保证措施；
- 6、绿色文明施工与环境保护措施；
- 7、应急预案。

**4.4.2** 公路钢筋混凝土拱桥拆除前，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 F 90）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。

**4.4.3** 公路钢筋混凝土拱桥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后方可实施。

**4.4.4** 公路钢筋混凝土拱桥拆除施工前，应依据专项方案对相关人员进行技术交底和安全交底。

**4.4.5** 公路钢筋混凝土拱桥拆除施工前，宜采用建筑信息模型（BIM）技术进行全过程施工仿真模拟。

#### **条文说明**

仿真分析宜贯穿于方案比选、施工设计、技术交底与现场控制的全阶段，可以为拆除施工提供可视化的决策依据和量化的安全控制指标。

## 5 拆除施工

### 5.1 一般规定

#### 5.1.1 拱桥拆除顺序应符合下列规定：

- 1、拱桥拆除应遵循“逆序、对称、均衡”的基本原则，总体顺序宜按桥面系及附属设施、拱上建筑、主拱圈（拱肋）、下部结构的顺序进行。
- 2、主拱圈（拱肋）与拱上建筑的拆除应分步进行，不宜同时拆除。主要承重结构（主拱圈、拱肋）宜最后拆除。
- 3、拆除施工应遵循纵向、横向对称平衡的原则，均匀卸载。拱肋拆除顺序宜从中间向两侧进行。
- 4、多跨连拱结构拆除时，各跨的卸载与拱肋拆除顺序应通过结构分析计算确定，并采取措施确保桥跨内及相邻跨间的平衡卸载，防止因连拱效应引发意外连续垮塌。
- 5、拱桥拆除不应采用直接破除下部结构（如桥墩、拱座）导致桥梁整体坍塌的危险方式。

#### 5.1.2 拱桥拆除工程完工后，应按设计文件、专项施工方案及相关规范要求组织验收。验收应符合下列规定：

- 1、验收前，施工单位应完成现场清理，排除安全隐患，并提交完整的竣工资料。
- 2、验收应核查拆除工程是否按经批准的专项施工方案执行。
- 3、对部分拆除的拱桥，应验收留存结构的完好状况，确认其满足设计要求。
- 4、验收应包括下列主要内容：
  - a) 河道清理：水中墩柱、基础等残留结构应拆除至设计或航道管理部门要求的高程以下，河床应按规定进行疏浚或清理。
  - b) 现场清理：施工区域内的建筑废弃物、废弃物料应清理完毕。
  - c) 交通设施恢复：涉及的道路路面、防撞护栏、标志标牌、照明及通信管线等设施应恢复完好。
  - d) 环境保护：应落实防尘、降噪、水污染防治等环保措施，施工造成的污染已消除。

e) 周边交通：受影响的陆上及水上交通应恢复正常通行。

5、验收应由建设单位组织，设计、施工、监理等单位参加，并根据工程特点邀请交通管理、航道管理、环境管理等相关职能部门参与。

6、验收合格后，应形成书面验收文件。

**5.1.3** 拱肋或系杆在拆除或运输过程中，应有可靠的临时固定措施，确保吊装构件以及剩余桥体的横向、竖向稳定性。当采用搭设满堂支架或设置支撑的方式进行拆除时，支架或支撑的布置应经过验算复核。

**5.1.4** 对于需要保留的部分结构，应做好保护措施后方可拆除。

## **5.2 桥面及附属工程拆除**

**5.2.1** 本节适用于支座、伸缩装置、桥面防水与排水、桥面铺装、桥面防护设施及桥头搭板等的拆除施工。

**5.2.2** 桥面及附属工程的拆除顺序应符合下列规定：

1、桥面系拆除应在主体结构拆除前实施，拆除前应明确拆除界面，不得损害主体结构；

2、拆除前应对施工影响范围内的各类过桥管线进行迁移或保护；

3、拆除时应先拆除易倾倒和易坠落的附属设施或附属结构，交通标志牌、防抛网、声屏障等附属设施应先拆除，相关用电设施应在确认断电后方可拆除。

**5.2.3** 采用机械设备进行桥面拆除时，应符合下列规定：

1、应选择功率适当的机械设备，不宜使用自重或振动较大的机械设备；

2、当机械设备停放在桥面上作业时，应合理安排施工顺序并采取措施分散施工荷载，并应在作业前对桥梁结构承载力进行验算。

**5.2.4** 拆除桥面结构时，应在临边护栏的外侧搭设临时防护网用于防止混凝土块等拆除物迸溅至桥梁外侧。

**5.2.5** 桥面铺装拆除过程中，应采取措施避免横向联系失效后板梁的倾覆及结构的整体稳定破坏。

**5.2.6** 桥面沥青混凝土铺装拆除应符合下列规定：

- 1、沥青混凝土铺装宜采用铣刨机铣刨法进行拆除并回收利用；
- 2、桥面沥青混凝土铺装可全桥一次性拆除。

**5.2.7** 桥面水泥混凝土铺装拆除应符合下列规定：

- 1、水泥混凝土铺装宜根据主梁拆除进度逐跨拆除，当不影响主梁拆除作业安全时也可与主梁一并拆除；
- 2、拆除主梁有保护要求的水泥混凝土铺装时，应采取措施防止梁体结构受损。

**5.2.8** 混凝土护栏、防撞墙拆除过程中应保证桥梁主体结构的稳定性，并应符合下列规定：

- 1、混凝土护栏、防撞墙宜横向对称、均衡拆除；
- 2、拆除曲线段桥梁的混凝土护栏、防撞墙时，应对拆除过程中桥梁主体结构的抗倾覆稳定性进行验算。

**5.2.9** 伸缩装置拆除应符合下列规定：

- 1、伸缩装置拆除前应先解除与上部结构之间的连接，但不得进行可能影响主梁承载力的破拆作业；
- 2、单缝式伸缩装置可在切开橡胶止水带后随梁拆除。

## **5.3 上部结构拆除**

**5.3.1** 上部结构拆除的核心是保证主拱圈在卸载过程中的平衡与稳定。拆除方案必须明确卸载顺序、分级卸载量及相应的控制指标。

**5.3.2** 采用机械分段切割拱桥时，应符合以下规定：

1、应根据主拱圈的结构受力特点（如铰的位置）和吊装能力，将主拱圈合理分块。分块线应尽量设置在弯矩较小处。

2、切割作业前，必须在待拆除块件上方设置吊装设备并预紧，确保切割分离后能立即安全吊离。

3、切割顺序必须严格遵循“对称、同步、均衡”的原则，通常由拱顶向拱脚方向进行。

4、拱顶截面打开前，必须采取综合措施，确保结构在由拱体系转换为悬臂体系的瞬间及后续最大悬臂状态下保持稳定。

**5.3.3** 采用斜拉扣挂缆索吊装拆除拱桥时，应符合以下规定：

1、宜按照与原桥施工相反的顺序进行逐段对称拆除，并应对拱肋体系转换过程的安全性进行评估。

2、拱顶截面打开前，应通过调整各道扣索的索力，使该截面处于或接近零内力（轴力、剪力、弯矩）状态，以确保打开瞬间不发生上下、左右错动，也不会产生突然崩开或重新抵紧的现象。

3、缆索吊装系统应严格按照设计图纸及相关规范要求安装，在试吊及验收合格后方可进行正式吊装。

4、拱肋拆除前，应综合考虑桥宽及刚度等因素，必要时设置横向风缆。

**5.3.4** 采用机械法拆除多跨连拱结构，各跨卸载和拱肋的拆除顺序，应经验算复核；拆除时应确保桥跨内、相邻跨间平衡卸载，使结构受力状态满足要求。

**5.3.5** 采用爆破拆除法拆除拱桥时，应符合以下规定：

1、拆除基本要点为破坏拱轴和解除支撑，爆破设计应确保拱圈能充分解体并塌落至预定范围，同时严格控制爆破振动、冲击波和飞石对周边环境的影响。

2、选择拱肋与桥墩连接处、拱肋与跨中连接处等受力节点部位进行爆破；为改善破碎效果，可对墩柱、拱柱等构件实施松动爆破；

3、在确保结构整体稳定性前提下，为保证爆破效果，爆破前宜凿除肋脚处底部及两侧混凝土，并切断钢筋；

4、水平炮孔和垂直深孔应结合拱肋及拱柱尺寸确定。

**条文说明：**

本条明确了爆破拆除法用于拱桥时的核心原则、关键技术与安全控制要求。

第1款规定了爆破拆除的基本力学原理和安全目标。第2款明确了爆破切口的位置选择原则。第3款强调了爆破前的预处理工作。

第4款规定了炮孔布置的技术要求。拱肋、拱柱等构件的尺寸和形状决定了其抗弯模量和最小破坏高度，进而决定了所需的炮孔深度、间距和排数。

水平炮孔：通常用于爆破切口高度的形成，垂直于构件侧面钻进，利于破坏构件截面，是实现弯矩破坏和形成铰接的主要手段。

垂直深孔：通常用于截面尺寸较大的墩柱或实腹式拱肋，自上而下钻进，利于对大体积混凝土进行充分破碎和解体。

结合使用：在实际设计中，常需根据构件的几何特征和破坏目标，将水平孔与垂直孔有机结合，以达到最佳的破碎效果和失稳模式。

**5.3.6** 针对存在支座的拱桥细分：支座拆除应在拱桥上部结构拆除后单独进行，解除支座与拱脚之间的连接操作时间应根据结构形式、拆除方式及拆除进度进行确定，并应符合下列规定：

1、当采用整梁吊运方式拆除时，应在上部结构拆除前先解除支座与上部结构之间的连接；

2、当采用分段切割方式拆除时，应在墩顶上部结构拆除后再解除支座与上部结构之间的连接。临时限位

**5.3.7** 主拱圈需要保留时，拱上建筑应采用人工配合小型机械设备的方式进行拆除。

**5.3.8** 当采用整体吊装拆除法时，吊点或支承点位置应经计算确定，对于多机（船）起吊工况，需要重点考虑协同作业。

**5.3.9** 拆除拱肋间横向联系时，应采取可靠的措施保持拱肋稳定。

**5.3.10** 主拱圈或拱肋分段切割时，应根据留存结构安全性及吊装能力合理确定切割点及分段长度。

**5.3.11** 先拆系杆、后拆拱肋的系杆拱桥，应验算系杆拆除后的水平推力，确保结构受力状态满足要求，不满足时，应设置临时系杆或其他安全措施。

**5.3.12** 对于跨越繁忙航道或高速公路主线的拱桥，拆除方案应优先选择对下方交通干扰小、作业时间短的工艺，并应符合下列规定：

1、宜优先采用 SPMT 整体驮运法、整体吊装拆除法或夜间快速直接破碎等工艺，最大限度压缩占用航道或道路的作业时间。

2、拆除作业应安排在交通流量低谷时段进行。直接影响通行的工序，其作业时间应严格控制。

3、必须在下方的通行区域上方搭设坚固的防坠落防护平台或采取等效防护措施，确保施工碎块、构件不侵入通行限界。

4、施工前应编制专项交通组织方案并获相关部门批准，明确封闭、导改、预警等措施。采用整体移除时，应精确规划移运路径与时间窗口。

**5.3.13** 风撑完全拆除前宜根据桥梁跨径、结构形式及现场条件选择适宜的临时横向稳定措施。

#### **条文说明：**

本条旨在预防和控制拱桥风撑（横向联系）拆除过程中可能发生的横向失稳风险。可以采用在两片拱肋之间设置型钢或钢管剪刀撑，形成临时刚性连接。此法刚度大，适用于多数情况。或是在拱肋顶部向两侧桥面或地面锚碇拉设钢丝绳，通过手拉葫芦或千斤顶张紧，提供弹性约束。此法适用于大跨径或通航河道等不便于设置刚性支撑的工况。对于大型或复杂拱桥，可同时采用刚性支撑和缆

风索，形成多重保障。

**5.3.14** 公路钢筋混凝土拱桥柔性吊杆拆除作业应符合下列规定：

1、拆除前，宜采用热熔、千斤顶牵引或分级卸载等方法，使吊杆应力缓慢释放至接近无应力状态，避免骤然卸载对剩余结构造成冲击。

2、切割前，必须在待拆除吊杆及其相邻吊杆上设置可靠的临时固定装置。可采用专用抱箍、钢丝绳捆绑或设置临时限位拉索等方式，防止吊杆切割后发生弹动、飞溅或失稳。

3、切割点宜设置在便于操作且对结构影响小的位置，通常位于桥面以上1.0m~1.5m处或靠近拱肋锚端。严禁在吊杆受力复杂或锚固区直接切割。

4、应采用砂轮机、液压剪切器或氧割设备进行切割。采用氧割时，应先对切割区域进行预热，使钢丝在拉力下缓慢拉伸变形后再行切断。钢绞线吊杆宜逐根切割。

**5.3.15** 当人工拆除腹拱横墙时，宜自上而下逐步拆除，严禁采用底部掏掘或推倒的方法。

**条文说明：**

本条是保障拱上建筑拆除作业安全的关键强制性规定，腹拱横墙是支撑腹拱圈并将其上部荷载传递至主拱圈的重要竖向构件。若采用底部掏掘或整体推倒的方法，横墙会因失去底部支撑而瞬间失稳，发生突然性的坍塌。这种坍塌是不可控的，其产生的巨大冲击荷载会猛烈地砸向下方的主拱圈，可能对主拱圈结构造成无法预料的损伤，严重威胁主拱圈的稳定与安全。

## 5.4 下部结构拆除

**5.4.1** 公路钢筋混凝土拱桥下部结构（桥墩、桥台、基础）的拆除，应在上部结构拆除完毕、现场清理完成后进行。

**5.4.2** 下部结构的拆除应按自上而下的顺序拆除，宜按拱座、墩柱或桥台、承台、桩基础的顺序进行。

**5.4.3** 对于常规桥墩，可使用液压锤、绳锯等设备从墩顶开始向下拆除，并应设置稳固的工作平台。

**5.4.4** 对于环保要求较高的城区，墩身拆除可以采用静态爆破法。

### 条文说明：

静态爆破法适用于对振动、噪音有严格限制的区域。

**5.4.5** 对于大型墩体，可采用控制爆破技术。需精确设计爆破参数，确保定向倒塌和破碎效果。

**5.4.6** 桥台拆除前应验算其侧向土压力和背后填土的稳定性，必要时应对台后填土进行支护或卸载处理。

### 条文说明：

本条旨在强调桥台拆除过程中对背后土体稳定性的控制，这是桥台拆除安全的关键，区别于其他桥梁构件拆除的特殊性。桥台（尤其是重力式桥台）在运营期间长期承受着台后填土的主动土压力，其自身稳定性是维持该土体平衡的核心支挡结构。一旦开始拆除桥台，尤其是底部或前墙部分，将直接破坏这一平衡体系，极有可能引发台后填土的突发性坍塌或滑移。这种坍塌不仅会淹没作业面、造成机械设备倾覆，更会对作业人员生命构成极大威胁。

为防止上述风险，必须在拆除前根据现场地形、填土高度、土质条件及地下水情况，对台后填土采取针对性的稳定措施，放坡处理适用于施工场地充裕的情况。通过将台后填土开挖至稳定的坡度，从根本上消除土压力对拆除作业的威胁。这是最安全、最经济的处理方式。当现场不具备放坡条件（如紧邻建筑物、道路等）时，必须对开挖面进行可靠的支护。常用措施包括打入式钢板桩、设置排桩支护或土钉墙等。支护结构需进行专门设计，确保其能承受拆除过程中释放的土

压力。

**5.4.7** 拱桥桥台拆除时，应先行拆除背墙、侧墙，再拆除台身。拆除过程应严格控制对台后路基的扰动，并应根据现场条件对台后填土采取有效的稳定措施。

**5.4.8** 明挖基础可采用机械直接破碎清除。

**5.4.9** 桩基础应按照设计要求拆除。对于水下桩基，可采用水下切割或爆破等方法。

**5.4.10** 基础拆除后形成的坑穴应及时回填压实，恢复原地貌或满足新的规划要求。

**5.4.11** 基础拆除完成后，应清理至设计或水利部门要求的河床标高。

**条文说明：**

本条旨在规范桥梁基础拆除后的河床处理标准，其核心目的在于保障河道行洪安全、通航安全及水域生态环境，是桥梁拆除工程履行社会责任、满足法规要求的关键环节。

## 6 施工监控与监测

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 为实时掌握并控制公路钢筋混凝土拱桥在拆除过程中的结构状态，保障施工安全，必须对拆除工程涉及的临时结构及待拆构件实施全过程施工监控与监测。监控与监测工作应遵循“动态跟踪、信息化施工”的原则，并应贯穿拆除施工前的初始状态调查、拆除过程中的各关键工况以及拆除完成后的最终状态确认。

#### 条文说明：

本条明确了施工监控与监测工作必须实现全过程、全覆盖，其根本目的在于建立一个完整的、基于数据驱动的安全控制闭环，为拆除施工的每一个阶段提供决策依据。

**6.1.2** 拆除施工期间，应对施工影响区域内的毗邻建（构）筑物、地下管线、轨道交通设施及自然环境实施监测，评估施工活动对其安全与正常使用的影响，并及时采取处置措施。

**6.1.3** 施工监测所用测试设备及传感器的精度应满足拆除施工监测的需要。

**6.1.4** 监控与监测工作应包括以下核心内容：

监控计算：通过理论计算预测结构响应，确定监控指标与预警值。

施工监测：通过现场仪器设备量测结构的实际响应。

数据分析与反馈：对比理论值与实测值，评估结构安全状态，指导施工决策。

**6.1.5** 应建立快速、有效的信息传递与预警机制。监测数据应及时分析，一旦发现异常或超过预警值，必须立即逐级报告，并启动相应的应急预案。

## **6.2 监控计算**

**6.2.1** 监控计算/评审程序/应在拆除施工前完成，其目的是通过建立精确的计算模型，模拟整个拆除过程的结构行为，为监测工作提供理论依据和控制目标。

**6.2.2** 公路钢筋混凝土拱桥拆除计算模型应尽可能真实地反映结构的实际状态，应根据施工前的桥梁检测鉴定结果进行初步修正，并在拆除过程中，依据关键工况的现场监测数据对模型进行动态反馈调整与验证。

### **条文说明：**

本条确立了拆除计算分析的根本原则——“基于现状，实事求是”，旨在确保计算模型能够真实反映桥梁结构的实际技术状况与承载能力，从而准确预测拆除过程中的结构行为。

**6.2.3** 公路钢筋混凝土拱桥拆除几何状态控制计算结果应包括下列内容：

- 1、主拱圈拆除施工阶段线形；
- 2、拱座位移
- 3、墩台与基础变位；
- 4、斜拉扣挂缆索吊法拆除施工阶段索塔偏位及锚碇变位；
- 5、支架拆除时的支架沉降。

**6.2.4** 公路钢筋混凝土拱桥拆除内力状态控制计算应包括下列内容：

- 1、上部结构拆除时主拱圈截面应力、系杆应力及吊索索力；
- 2、斜拉扣挂缆索吊法拆除施工阶段的扣索和背索索力、扣塔应力与内力。

**6.2.5** 监控计算应对拆除过程中的每一个关键工况进行模拟分析，包括但不限于：

- 1、初始状态（拆除前）的应力、变形。
- 2、拱上建筑拆除过程中的荷载效应。
- 3、主拱圈分块切割或破碎时的体系转换工况。

- 4、悬臂拆除各施工阶段。
- 5、临时支撑体系的受力状态。

**条文说明：**

本条明确了监控计算必须覆盖拆除全过程中的所有关键受力阶段，其目的在于通过精准的仿真分析，预先识别和控制各类工况下的结构性风险，为施工决策提供定量化依据。

**6.2.6** 公路钢筋混凝土拱桥拆除施工应根据监控计算结果，设定监测指标的预警值和报警值。预警值和报警值的设定应满足现行《公路桥梁结构安全监测系统技术规程》（JT/T 1037）及《建筑与桥梁结构监测技术规范》（GB 50982）的有关规定。

### **6.3 施工监测**

**6.3.1** 公路钢筋混凝土拱桥拆除施工监测的参数应包括几何状态参数和内力状态参数两类。

**6.3.2** 公路钢筋混凝土拱桥拆除施工监测的几何状态参数应包括主拱线形，墩台与基础偏位、斜拉扣挂缆索吊拆除的锚碇变位。

**6.3.3** 公路钢筋混凝土拱桥拆除施工监测的内力状态参数应包括主拱、桥墩、拱座等构件控制截面的应力、吊索、系杆等构件的内力，以及支撑体系、吊装系统等临时结构关键构件的应力和变形。

**6.3.4** 当温度、风等环境参数对公路钢筋混凝土拱桥拆除过程的结构几何状态或内力状态有明显影响时，应对环境参数进行监测。

**6.3.5** 对温度变化敏感的参数，应在温度场稳定的时间段进行监测。

**6.3.6** 监测频率应与施工进度紧密结合。

**条文说明：**

在关键拆除工序进行期间，应实施连续或加密监测（如每 30 分钟一次）；在非作业时段或稳定期，可适当降低频率（如每日一次）。每一施工工况开始前和完成后，均应进行观测，以获取该工况下的完整变化数据。

**6.3.7** 监测点应设置醒目标志并妥善保护，避免施工机械碰撞或损坏，确保监测数据的准确性、连续性及完整性。

## 7 环境保护与固废利用

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 为贯彻绿色施工理念，降低钢筋混凝土拱桥拆除工程对环境的负面影响，提高资源综合利用水平，特制定本章规定。

**7.1.2** 公路拱桥拆除工程应遵循“资源化、结构化、无害化”的原则，对建筑废弃物进行分类管理、分级处理、再生利用。

**7.1.3** 公路拱桥拆除工程应在专项施工方案中独立成章编制《环境保护与固废处理方案》，明确环保目标、具体措施、管理职责和资源化及结构化利用路径。

**7.1.4** 工程项目的建设、施工、监理单位应对环境保护和建筑废弃物利用工作负相应责任，并接受环保部门和交通主管部门的监督。

### 7.2 环境保护

**7.2.1** 拆除施工前，应对施工区域及周边敏感点（如居民区、水源地、农田等）进行环境现状调查，确定保护目标。

**7.2.2** 施工现场应设置明显的环保标识牌，公示环保措施和负责人。

**7.2.3** 基础拆除后，应及时清除河道内的建筑废弃物与障碍物，恢复原有行洪断面，确保河道通畅功能符合水利主管部门的管控要求。

**7.2.4** 为控制公路钢筋混凝土拱桥拆除施工产生的扬尘污染，应遵循“全程控制、综合防治”的原则，制定并执行扬尘控制专项方案。

#### 条文说明：

拆除作业前，应对桥面、拱上建筑等易产生扬尘的部位进行预湿处理。拆除过程中，应配备移动式雾炮机、洒水车等降尘设备，实施湿法作业。对于集中堆放的废弃物料，应采取覆盖、喷淋等抑尘措施。运输车辆出场前应进行冲洗，密闭运输，防止遗撒。拆除作业时，必须制定除尘降尘措施，场内必须严格按照施工组织设计要求配置雾炮机，作业面配备降尘水管和喷雾喷水装置。作业面在拆除前应对拟拆除物进行喷水湿润，拆除作业中根据需要进行喷水雾降尘。爆破法

拆除时应在拆除前对拟拆除物内外洒水润湿，拆除完成、解除信号发出后及时洒水降尘。

**7.2.5** 公路钢筋混凝土拱桥拆除施工应采取有效的降噪与减振措施，最大限度减少对周边敏感区域的影响。

**条文说明：**

应选用低噪声的施工机械设备。合理安排高噪声作业时间，避免在夜间或午间等敏感时段进行强噪声作业。对高振动设备，应采取减振基础等措施，减少对周边建筑物及环境的影响。拆除作业时必须严格控制，场界噪音昼间不得超过70dB（A），夜间不得超过55dB（A）。在选择拆除设备时，应选用低噪音设备，对于高噪音设备，应采取隔声、消声、减声等措施降低噪音，同时在作业时应尽量避免制造人为噪音。

**7.2.6** 对于跨越水体或邻近水源的公路钢筋混凝土拱桥拆除施工中，应制定有效措施保证不发生水体污染。

**条文说明：**

严禁向水体直接排放施工废水、废浆或倾倒垃圾。应在施工区域设置沉淀池，收集处理施工废水，达标后方可排放或循环利用。制定防止建筑材料、油品等泄漏入水的应急措施。

**7.2.7** 公路钢筋混凝土拱桥拆除施工应采取有效的爆破振动与冲击波控制措施，其排放应符合《爆破安全规程》（GB 6722）及相关环保标准的规定。

**条文说明：**

通过精确计算装药量和采用延时爆破技术，将爆破振动速度和冲击波超压控制在国家标准允许范围内，保护邻近建（构）筑物安全。对爆破部位进行全覆盖防护（如使用柔性炮被、钢丝网等），设立安全警戒区，确保飞石不外泄。爆破前后对爆破区域进行充分洒水降尘，减少爆破瞬间产生的粉尘云。

**7.2.8** 施工结束后，应对临时占地及开挖区域实施生态修复，优先选择乡土植物进行植被重建，恢复区域生态功能与自然景观。

## 7.3 固废利用

**7.3.1** 拆除后的建筑废弃物，应遵循资源化、结构化、无害化的原则进行处理。

**条文说明：**

按照拆除废弃物分类收集相关技术标准进行现场分类堆放，并进行破碎处理。可采用破碎筛分设备对废弃物进行粉碎、筛分，以备二次利用。现场处理利用的，应对建筑废弃物现场处理设备能力、建筑废弃物再生产品种类、数量及使用计划予以说明。

**7.3.2** 应对拆除产生的建筑废弃物进行源头分类存放，并按照废弃物资源化、结构化利用要求进行规范化处置。

**条文说明：**

现场宜设置废弃混凝土（含石材）、金属、木材、其他杂物（如沥青路面材料）等分类堆放区域。

**7.3.3** 结构化利用前，必须对构件的结构性能进行检测评估，确保其承载能力满足使用要求。

**7.3.4** 鼓励采用现场移动式破碎筛分设备，对废弃混凝土进行就地加工利用，减少运输成本和场地占用。

**7.3.5** 拆除产生的大型完整构件，经技术鉴定满足要求的，宜优先用于小型结构物建设或景观工程。

**条文说明：**

对于石材或混凝土砌筑的拱桥，尺寸完整、强度满足要求的拱券石块或预制混凝土节段，可经检验后用于历史遗迹修复、园林景观建设或地方小型构造物。拆除产生的完整性较好的梁、板、墩台帽等大型构件，可用于河道护坡、防波堤构筑或施工临时道路的铺垫材料。

**7.3.6** 固废利用过程中，应做好计量统计工作，记录各类建筑废弃物的产生量、利用量和去向，确保可追溯性。

**7.3.7** 运往固定厂或其他处置场所进行综合利用的废弃物，应说明运输路线、数量及处置地点；无利用价值的废弃物，须按当地规定进行处置，并对其运输路线、数量及最终处置去向予以说明。