

S<sub>HUANGQU GONGQIAO</sub>  
**双曲拱桥**

**拆除施工安全控制**

CHAICHU SHIGONG ANQUAN KONGZHI

史增朝 邬晓光 编著  
王宪利 李小利



人民交通出版社  
China Communications Press

S<sub>HUANGQU GONGQIAO</sub>  
**双曲拱桥**

**拆除施工安全控制**

CHAICHU SHIGONG ANQUAN KONGZHI

史增朝 邬晓光  
王宪利 李大利 编著



人民交通出版社  
China Communications Press

## 内 容 提 要

本书系统介绍了双曲拱桥拆除施工安全控制关键技术。全书共分九章,主要内容包括:双曲拱桥的结构特点及其拆除施工安全控制,连拱桥梁计算分析理论,双曲拱桥技术状况检测与量化评估,拆除施工安全控制体系建立,拆除施工方案编制,拆除施工控制模拟仿真计算,拆除施工现场安全监测,拆除施工对邻近建筑物的影响,拆除施工安全措施及控制指南。

本书适合于从事桥梁工程设计、监控、监理及施工等工作的技术人员参考使用,亦可作为从事土木工程的相关专业人员的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

双曲拱桥拆除施工安全控制/史增朝等编著. —北京:人民交通出版社, 2013.4  
ISBN 978-7-114-10524-1

I. ①双… II. ①史… III. ①双曲拱桥—拆除—安全技术 IV. ①U448.225.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 065971 号

书 名: 双曲拱桥拆除施工安全控制  
著 作 者: 史增朝 邬晓光 王宪利 李小利  
责任编辑: 高 培 温鹏飞  
出版发行: 人民交通出版社  
地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号  
网 址: <http://www.ccpres.com.cn>  
销售电话: (010) 59757973  
总 经 销: 人民交通出版社发行部  
经 销: 各地新华书店  
印 刷: 北京交通印务实业公司  
开 本: 787×1092 1/16  
印 张: 7.25  
字 数: 164 千  
版 次: 2013 年 4 月 第 1 版  
印 次: 2013 年 4 月 第 1 次印刷  
书 号: ISBN 978-7-114-10524-1  
定 价: 30.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

# 前 言

桥梁拆除施工是一项非常复杂的工程,具有高风险、高技术、高难度的特征。一般来说,只有桥梁结构本身存在问题以及使用功能不能满足要求时才考虑实施拆除工作,这种情况下,桥梁本身的受力状况和潜在的安全隐患很难掌握。旧桥经过多年的运营和维修加固,其强度、刚度和稳定性都有不同程度的下降,且拆除过程中桥梁结构体系不断变化,使得结构受力非常复杂,又无施工经验可循,不能对桥梁的拆除施工进行可控的分析计算,特别是设计不成熟的拆除方案,拆除难度和风险会非常大。和新建桥梁相比,新建桥梁从第一个构件就位开始到建设交工,仅需要考虑1%的安全问题,而拆除桥梁从第一个构件拆除开始到拆除结束,一直需要考虑99%的安全问题,可以说拆除无施工质量问题,但有较大的安全风险。一旦拆除施工组织管理和技术层面稍有不慎,就会酿成惨痛的人员伤亡事故。

双曲拱桥于20世纪70年代由我国首创,其设计理念为:以主拱圈“化整为零”的方法分别预制,再以“集零为整”的形式现场组合而成,从而减轻吊装重量,降低机械要求,适合于我国当时受限的建桥条件。由于此类桥梁接缝多,导致整体性能差、易开裂,且桥梁承载力富余量小,因此双曲拱桥已被我国现行桥梁设计规范淘汰。而大部分在役双曲拱桥亟须进行相应的改造,也有些桥梁需要进行全部或部分拆除。这类桥梁数量多,结构受力复杂,边界条件多样,拆除难度较大,技术风险高。此类桥梁的拆除现已呈增长趋势,任务非常艰巨。因此,如何对双曲拱桥安全可靠地拆除显得越来越重要,拆除施工安全控制即具有了重大的现实意义。

据此,邯郸市交通运输局公路养护管理处与长安大学公路学院联合成立课题组,专项研究双曲拱桥破坏性试验及拆除施工安全控制关键技术,被河北省交通运输厅列为2012年度重点科技项目攻关课题。本项目除双曲拱桥破坏性试验研究外,重点研究双曲拱桥拆除施工安全控制关键技术,其主要研究内容包括:双曲拱桥的结构特点及其拆除施工安全控制内容,连拱桥梁计算分析理论,双曲拱桥技术状况检测与量化评估,拆除施工安全控制体系建立,拆除施工方案编制,拆除

施工控制模拟仿真计算,拆除施工现场安全监测,拆除施工对邻近建筑物的影响,拆除施工安全措施及控制指南编写等。

本书是根据“双曲拱桥拆除施工安全控制关键技术研究”课题主要内容编写的,由邯郸市交通运输局公路养护管理处史增朝、王宪利、李小利与长安大学公路学院邬晓光共同编写。其中,史增朝编写第一章、第二章、第三章,王宪利编写第四章、第五章,邬晓光编写第六章、第七章、第八章,李小利编写第九章。

限于时间和编者水平,本书难免有疏漏和错误之处,恳请读者批评指正。

邬晓光

2012年12月 西安

# 目 录

|                    |    |
|--------------------|----|
| 第一章 绪论             | 1  |
| 第一节 概述             | 1  |
| 第二节 双曲拱桥的主要构造和受力特点 | 2  |
| 第三节 国内外桥梁拆除方法及现状   | 4  |
| 第四节 典型桥梁拆除实例       | 6  |
| 第五节 拆除施工控制内容       | 10 |
| 第二章 拱桥连拱分析理论       | 12 |
| 第一节 拱桥连拱理论         | 12 |
| 第二节 拱的面内屈曲         | 17 |
| 第三节 拱的面外侧倾屈曲       | 19 |
| 第三章 依托工程及检测评定      | 25 |
| 第一节 矿山大桥           | 25 |
| 第二节 马河大桥           | 31 |
| 第四章 双曲拱桥安全控制体系     | 34 |
| 第一节 拆除安全控制影响因素     | 34 |
| 第二节 安全控制体系建立       | 35 |
| 第三节 安全控制措施         | 38 |
| 第五章 双曲拱桥拆除施工方案     | 42 |
| 第一节 双曲拱桥拆除原则       | 42 |
| 第二节 依托工程拆除顺序       | 42 |
| 第三节 拆除方案比选         | 42 |
| 第四节 依托工程实施方案       | 45 |
| 第六章 拆除施工控制仿真计算     | 49 |
| 第一节 矿山大桥计算         | 49 |
| 第二节 马河大桥计算         | 53 |
| 第七章 拆除施工现场监控       | 56 |
| 第一节 拆除监控内容         | 56 |
| 第二节 施工现场监测系统建立     | 57 |
| 第三节 监控设备仪器         | 59 |

第四节 监控过程 ..... 60
 第五节 结果分析及结论 ..... 62
 第八章 拆除施工对邻近建筑物的影响 ..... 81
 第一节 拆除现场周边情况 ..... 81
 第二节 评估模型建立 ..... 81
 第三节 实桥评价分析 ..... 86
 第四节 评估结论 ..... 87
 第九章 拆除施工安全控制指南 ..... 88
 第一节 总则 ..... 88
 第二节 术语 ..... 88
 第三节 施工准备 ..... 92
 第四节 施工监控 ..... 93
 第五节 安全措施 ..... 96
 第六节 拆除细则 ..... 99
 第七节 环境保护..... 103
 第八节 其他..... 105
 参考文献..... 106

# 第一章 绪 论

## 第一节 概 述

20 世纪末,中国桥梁事业发展很快,基于特殊的国情及社会背景,许多钢筋混凝土拱桥以其结构刚度大、施工方便、工期短、跨越能力大、造价经济等特点,得到广泛应用。但是受施工工艺、施工水平(管理水平和技术水平)、建筑材料本身限制、施工控制不严等多重因素的影响,建成后的许多钢筋混凝土拱桥出现了顶板、底板、腹板开裂及跨中下挠的现象,轻者影响结构耐久性和美观,严重者限制了桥梁的正常使用,甚至导致结构丧失承载力。其中,部分拱桥可以通过维修加固继续使用,另一部分拱桥则无法加固或不具备加固价值不得不进行拆除。另外有些拱桥因为使用功能的改变或线路升级改造,亟须进行相应的改造,需全部拆除或部分拆除。因此,拱桥拆除现已呈增长趋势,任务非常艰巨。这类拱桥数量多、结构受力复杂、边界条件多样、拆除难度较大、技术风险高,如何对这些拱桥进行安全可靠的拆除显得越来越重要,具有重大的现实意义。

从拱桥拆除设计的经验来看,我国拱桥拆除研究很少,尚无相关的指南可供参考,国内拱桥拆除工程实例不多。由于桥梁拆除方式本身机动灵活,且桥梁拆除设计缺乏理论指导和经验保证,各类拆除设计均是套用现有新建桥梁的设计规范,因此设计出来的桥梁拆除方案往往可实施性差、经济性能指标低。这种情况下,只有设计方和施工方联合起来,不断地优化和调整拆桥方案,才能使桥梁拆除方案做到安全、文明、经济和合理,这种桥梁拆除设计方案的方式是未来发展的趋势,但就目前来讲,此种理念还不太适合中国的国情。过多的变更和评审往往会影响工程工期的进展,加之目前各设计单位的设计水平和各施工单位的施工能力参差不齐,如出现设计和施工的不利组合状态,桥梁拆除势必会引发一些不可预见的安全问题。因此,必须结合已有桥梁拆除工程,对现有的桥梁拆除设计理论进行合理的安全性、经济性和适应性论证,并加快桥梁拆除设计理论的研究和桥梁拆除设计规范的制定。

从施工的角度来讲,拱桥拆除施工是一项非常复杂的工程,具有高风险、高技术、高难度的特征。一般来说,只有拱桥结构本身存在问题以及使用功能上不能满足要求时才考虑实施拆除工作,这种情况下拱桥本身的受力状况和潜在的安全隐患很难掌握。旧桥经过多年的运营和维修加固,其强度、刚度、稳定性都有不同程度的下降,且拆除过程中拱桥结构体系不断变化,使得结构受力非常复杂,不能对拱桥梁的拆除施工进行可控的分析计算,特别是设计不成熟的拆除方案,拆除难度和风险会非常大。和新建桥梁相比,新建桥梁从第一个构件就位开始到建设交工,仅需要考虑 1% 的安全问题,而拆除桥梁从第一个构件拆除开始到拆除结束,一直需要考虑 99% 的安全问题,可以说拆除无施工质量问题,但有较大的安全风险。一旦

施工组织管理和技术层面把握不慎,就会酿成惨痛的人员伤亡事故。例:昆明小庄立交桥位于昆曲高速公路下行东二环3号匝道的下段,于2008年12月9日拆除期间突然发生坍塌,造成2人死亡、4人受伤;浙江温州方隆桥是一座建于20世纪70年代的双曲拱桥,于2009年2月11日拆除期间突然发生坍塌,造成1人死亡,2人受伤;湖南省首座城市高架桥——红旗路高架桥于2009年5月17日发生了试爆以后的坍塌事故,造成9人死亡,多人受伤。短短不到半年的时间里,相继发生的拆桥悲剧更让桥梁工程师清醒地认识到了桥梁拆除安全的重要性,必须加快拱桥拆除施工方法和技术的总结及研究,以及桥梁拆除施工规范、施工指南的编制。

总结当前的拱桥拆除施工方面的成绩和过失,为满足安全实施拱桥拆除工程,防止悲剧重演,积累类似桥梁拆除设计施工方面的宝贵经验,对拱桥拆除安全控制体系建立、最优施工方案比选、实桥仿真计算、拆除对邻近建筑物的影响等进行深入的、有针对性的研究是非常必要的。

## 第二节 双曲拱桥的主要构造和受力特点

### 一、双曲拱桥的上部主要构造

双曲拱桥的上部结构主要由主拱圈、拱肋、拱波、拱板和横向联系几部分组成,其外形在纵、横两个方向均呈弧形曲线。主拱圈的特点是“化整为零”,再“集零为整”,以适应无支架吊装施工且无大型起吊机具的情况。“化整为零”就是将主拱圈分成拱肋、拱波、拱板几部分,分别施工,并使先安装的构件起到安装或浇筑下一道工序的支架作用。“集零为整”就是拱肋、拱波、拱板组成组合截面,从而保证主拱圈的整体性,在承受荷载时有足够的刚度和强度,不致开裂。

#### 1. 主拱圈的截面形式

主拱圈截面基本形式主要有单波、多波、多波高低肋等形式,常用的公路双曲拱桥的截面形式为上肋多波组合截面、U形多波组合截面、双箱单波截面等。

#### 2. 拱肋

拱肋是双曲拱桥主拱圈的骨架。在砌筑拱波和浇筑拱板过程中起支架作用;施工完成后,拱肋成为组合截面的重要组成部分。拱肋的截面形式主要有矩形、倒T形、I形、L形、槽形、薄壁箱形等。拱肋一般为钢筋混凝土构件。设计时,除应满足吊装阶段的强度和纵横稳定外,还须满足截面在组合过程中各阶段荷载作用下的强度要求。

#### 3. 拱波

拱波主要是将拱肋联结成整体,使外荷载可以在拱肋间互相传递。拱波一般采用混凝土预制成圆弧形,矢跨比一般为 $1/5 \sim 1/3$ ,拱波的净跨以 $1.3 \sim 2.0\text{m}$ 为宜,单波截面以 $3 \sim 5\text{m}$ 为宜。

#### 4. 拱板

拱板基本上采用现浇混凝土,使拱肋和拱波结合成整体。拱板顶面做成波形或折线形,使

主拱圈截面刚度均匀,截面形心居中,受力合理。拱板必须配置纵向构造钢筋。

### 5. 横向连接构件

横向连接构件可提高主拱圈的整体性,使主拱圈在活载作用下受力比较均匀。在无支架施工时,可提高裸拱的横向稳定性,并承受砌筑拱波和浇筑拱板时的水平力。横向连接构件一般采用钢筋混凝土预制件,常用横向连接构件有横隔板和横系梁两种。

### 6. 拱上建筑

主拱圈以上的部分称为拱上建筑,用以构成平缓的桥面,并与主拱圈共同承受活载。拱上建筑由腹孔、横墙或立柱、底梁与盖梁、拱上填料、桥面、侧墙及其他组成。拱上建筑分为空腹式和实腹式两种,一般均采用空腹式,跨径 13m 以下采用实腹式。为了利于无支架施工,空腹式拱上建筑的挖空范围应争取达到  $L/3$  左右( $L$  指拱桥的计算跨径,下同)。

## 二、双曲拱桥的受力特点

双曲拱桥是我国公路上使用较广泛的一种桥形。双曲拱桥与梁桥的区别不仅在于外形的不同,更重要的是两者的受力性能有着较大的差异。由力学知识可知,在竖向荷载作用下,梁式结构支承处只产生竖向反力,而拱式结构在竖向荷载作用下,拱圈两端支承除了有竖向反力外,还将产生水平推力。正是这个水平推力,使得拱内产生轴向压力,从而大大减小了拱圈的截面弯矩,使之成为偏心受压构件,截面上的应力分布与受弯梁的应力相比,较为均匀。因此,可以充分利用主拱截面材料特性,使跨越能力增大。

### 1. 双曲拱桥的主要优点

- (1) 跨越能力大。
- (2) 与混凝土梁式桥相比,可以节省大量的钢材和水泥。
- (3) 耐久性能好,维修、养护费用少。
- (4) 外形美观。
- (5) 构造较简单。

### 2. 双曲拱桥的主要缺点

(1) 自重较大,相应的水平推力也较大,这增加了下部结构的工程量,对地基条件要求较高。

(2) 双曲拱桥(尤其是圬工拱桥)一般都采用有支架施工的方法修建,随着跨径和桥高的增大,支架或其他辅助设备的费用相应地加大,从而增加了双曲拱桥的总造价。

(3) 由于双曲拱桥水平推力较大,在连续多孔的大、中桥梁中,为防止一孔破坏而影响全桥的安全,需要采用较复杂的措施,如设置单向推力墩,也会增加造价。

(4) 与梁式桥相比,上承式双曲拱桥的建筑高度较高。当用于城市立交及平原地区时,因桥面标高提高,使两岸接线长度增长,或者使桥面纵坡增大,既增加了造价又对行车不利,因此也使双曲拱桥的使用范围受到一定的限制。



## 第三节 国内外桥梁拆除方法及现状

### 一、国内外拆除方法

国内外桥梁拆除的方法主要有爆破法和机械拆除法。目前,国内外的爆破方法主要有控制爆破法、切割爆破法、水压爆破法、无声静态爆破法等。机械拆除法主要有机械破碎法、机械调拆法、推力臂拆除或机械牵引拆除法、重锤撞击法、综合拆除法等。下面对爆破拆除法和机械拆除法进行详细介绍。

#### 1. 爆破拆除法

两种常用的爆破拆除法。

##### (1) 控制爆破拆除法

根据工程要求和爆破环境、规模、对象等具体条件,通过精心设计,采用各种施工与防护等技术设施,严格控制爆破能的释放过程和介质的破碎过程,既达到预期的破坏效果,又将破坏范围、方向以及爆破的地震波、空气的冲击波、噪声和破碎物飞散等危害控制在规定的限度之内,这种对爆破效果和爆破危害进行双重控制的爆破,称为控制爆破。控制爆破主要是以可控制雷管或炸药为媒介,对爆破进行设计,在结构相应的位置埋设引爆点,通过各种不同的起爆顺序,对结构进行有目的爆破的一种拆除方法。本拆除方法实施需要满足以下要求:要能控制被爆破体的破碎程度、爆破破坏范围以及控制爆破所产生的有害效应。该拆除方法的优点是:一次成功、速度快、效果明显,倒塌方向、破坏范围等参数可以通过爆破设计进行控制。缺点是:噪音大,爆破后的块石有可能飞散超出控制范围,在城市建筑物密集、人口众多的区域会危及人身及财产安全。

##### (2) 静态爆破拆除法

我国从20世纪80年代初期开始研制破碎剂,很快就达到国外(日本和德国)先进水平。静态爆破工艺的关键技术是静态爆破剂,静态爆破剂又称静态胀裂剂、静态破碎剂、无声炸药等,其主要成分是 $\text{CaO}$ 和 $\text{MgO}$ ,它和水按一定的比例搅拌成流体状态,装入炮孔后,产生水化反应,体积膨胀,在炮孔中产生巨大的膨胀力(30~50MPa),远远大于各种岩石(5~25MPa)及混凝土的抗拉强度(1.5~3.0MPa),必然导致各种岩石及混凝土的开裂。该工艺具有配制简单、安全、无振动、无飞石、无粉尘、无噪声等特点,但是在桥梁拆除中可能会对河流水质造成污染,对施工人员造成危害,因此较少采用。

#### 2. 机械拆除法

拱桥有时要跨越通航河流,有时需要进行部分拆除等,将爆破的方法应用于拱桥拆除就受到限制。因此,在有些条件下爆破法就不适合拱桥拆除,这时可以考虑采用机械拆除法。

机械拆除法是应用最早的方法,也是现行最广泛、应用最多的拱桥拆除方法。机械拆除法可以单独作为一种方法,又可以作为其他拆除方法的辅助方法。机械拆除法有很多,常用的是以下几种方法:

### (1) 机械破碎法

用作破碎的机械主要有风镐、混凝土破碎机、岩石破碎机以及大型破碎机等。混凝土破碎机重 24 ~ 40kg, 适合垂直作业, 可用于楼板、基础的破碎等。混凝土破碎机一般为风力, 压力为 0.5 ~ 0.6MPa, 也有液压与电动的。以上设备都是通过反复冲击, 把混凝土或砖砌体打碎或打穿, 破碎时注意需要让钢筋露出, 以便用其他方法切断。

### (2) 机械吊拆法

机械吊拆法是指在构件切断后, 用吊车进行吊拆的方法。对于工业厂房中装配式单层厂房, 采用这种方法, 飞渣少, 清渣快, 拆除时间短, 效果较好。

### (3) 推力臂拆除或机械牵引拆除法

借助机械力量, 将建筑物冲击破坏。可迅速完成拆除工作, 效率较高, 但需要一定的场地, 拆除高度也有一定的限制。

### (4) 重锤撞击法

将重锤用履带式吊车或汽车吊吊起, 利用其动能对结构进行破坏解体。重锤作用方式有两种: 一种是垂直下落, 适合于拆除楼板、梁及建筑物倒塌后的破碎; 另一种是通过吊车的旋转, 使重锤摆动, 以摆动的力量把建筑物撞碎, 适合于拆除墙壁、柱子等建筑物。此法的优点是技术简单, 费用较低, 只需少数人工; 缺点是振动较大, 有可能危及相邻建筑物, 有一定的危险性, 粉尘也较大。

### (5) 综合拆除法

综合拆除法就是利用以上多种方法的一种综合的拆除方法, 它视具体拆除情况, 对各种方法的优点进行组合优化、扬长避短, 可以降低施工成本, 减轻劳动强度, 缩短工期。

## 二、桥梁拆除现状

一般桥梁结构的拆除除了借鉴建筑物的拆除方法(爆破法, 机械拆除法等), 还有一些只适用于桥梁结构拆除的方法(如龙门吊拆除, 浮桥拆除等)。桥梁根据其桥型及拆除原因不同应采用不同的方法。直接支撑凿除和控制爆破法为梁桥拆除最常规的拆除施工方法。如施工条件许可, 在有安全防护的前提下, 首选直接支撑凿除拆除方式, 特别对于净空高度较低的箱梁桥, 这种拆除方式最为直接, 也最节省。若施工条件许可, 对环境影响要求不高, 可选工期短、费用较低的爆破拆除方式。对于双曲拱桥, 在不影响交通的情况下, 可考虑经济性较好的顶推施工拆除方案。对于等截面和变截面的跨线箱梁桥, 若地形合适、交通许可, 可考虑工期更短、经济性更好的液压系统平衡法拆除方式。新加坡 AdamRoad/PIE 为双向 6 车道的立交桥, 在保证 PIE 高速公路正常运营的情况下, 采用该方法在 8h 内成功地将 45m 箱梁移至桥台进行第二次分解、破碎。

对于交通组织难度高的城市混凝土箱形互通、立交以及大跨径分离式梁桥, 可选择采用对交通干扰小, 对原结构损伤小, 但成本相对较高的静力切割拆除方法(液压切割法)。如原北京西直门立交桥、主跨 65m 的原锡澄运河大桥变截面连续梁(采用浮吊吊装主跨切割节段, 汽车吊吊装边跨切割节段)、主跨 45m 的锡北运河大桥变截面连续梁(采用浮船渡运法吊装主跨切割节段)、主跨 75m 的合宁高速上南淝河大桥老桥(采用型钢拼装成桥面吊架吊装主跨切割节段, 驳船运输到码头对接拖拉上岸, 汽车吊吊装边跨切割节段)、主跨净跨径 94.4m 的京杭

运河无锡城区航段红星桥固端梁老桥(采用贝雷架拼成的桥面吊架吊装切割节段,大型运输船托运)、主跨 44m 的陇西互通主线三号桥老桥(采用汽车吊吊装中跨 10m 切割节段)和主跨跨径 31.6m 的陇西立交匝道三号桥(跨路箱梁采用汽车吊吊装切割节段,第 11~12 跨采用型钢组合拼成的悬吊挑梁吊装切割梁段,连续千斤顶整跨下放)均采用了分节段或分块切割拆除的方案。

随着科技的不断进步以及大力提倡文明环保施工,各拆除工程正不断地采用较为人性化的拆除施工方法与技术进行施工。针对桥梁拆除,主要有控制爆破法、化学爆破法、顶推法、液压系统平衡法和液压切割法(其中液压切割法最为机动灵活,可以和不同的吊装方式结合,适应性最广)等新型的拆除方法,这些拆除方法在桥梁拆除中发挥了越来越重要的作用。

## 第四节 典型桥梁拆除实例

### 一、国内外典型桥梁的拆除方法

下面简要介绍一些国内外典型桥梁的拆除实例。

#### 1. 攀枝花渡口大桥

渡口大桥又名 02 号桥,是跨越金沙江的公路桥,位于四川省攀枝花市大渡口处。大桥全长 304.5m,共 6 孔,主桥单跨 180m,上部结构为等截面悬链线钢箱肋拱,桥面净宽  $8\text{m} + 2 \times 1.5\text{m}$ ,1966 年建成通车,见图 1-1。为攀枝花钢铁基地建设立下了大功的渡口大桥,安全运营 35 年之后拆除。

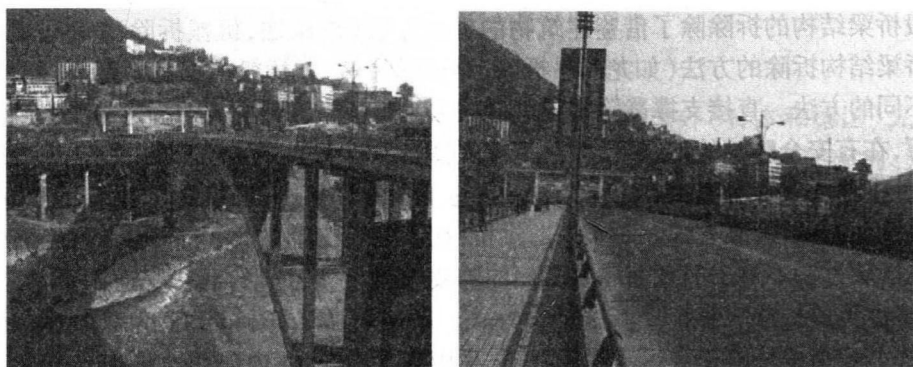


图 1-1 拆除前和拆除中的攀枝花渡口大桥

**拆除原因:**经过多年的运营,桥梁本身结构的强度、刚度、稳定性有所降低,已达不到要求,威胁桥梁结构的安全。

**拆除方法:**由于旧桥的大部分墩台用于新桥的建设,并考虑到旧桥的材料还有一定的回收利用的价值,再加上该桥位于人口和建筑较为密集的市区,因而舍弃爆破法拆除而采用缆索吊装的方法进行拆除。

## 2. 广东佛山澜石一桥

广东佛山澜石一桥为 325 国道上的一座 5 跨连拱桥,桥跨布置  $45\text{m} + 70\text{m} + 85\text{m} + 70\text{m} + 45\text{m}$ ,桥梁总长  $315\text{m}$ ,桥面宽度为  $7\text{m}$ (行车道)  $+ 2 \times 1.5\text{m}$ (人行道),见图 1-2。该桥于 1969 年竣工,使用了 37 年后,在 2006 年拆除。桥梁上部构造:边跨为净跨  $45\text{m}$  的混凝土空心板拱,次边跨为净跨  $70\text{m}$  的双曲拱,主跨为净跨  $85\text{m}$  的混凝土箱形拱。

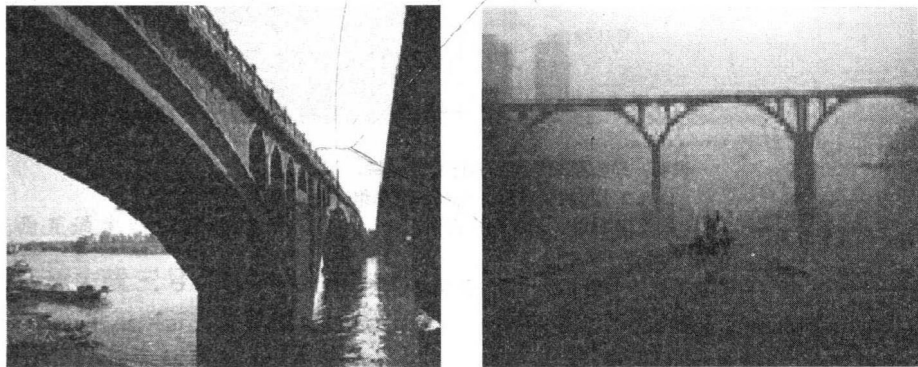


图 1-2 拆除前和拆除中的广东佛山澜石一桥

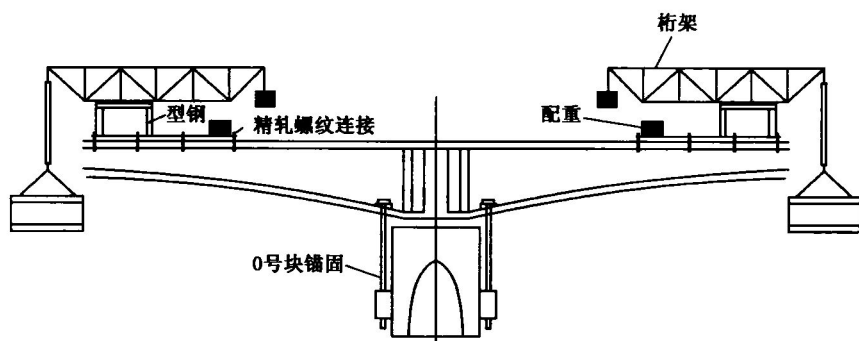
拆除原因:随着当地经济的发展,该桥下通航净空满足不了航道升级的要求,从而制约了水上运输的发展,需要进行拆除。

拆除方法:为确保澜石二桥、澜石三桥的安全和东平航道不受影响,不能采取爆破方案。同时,为确保东平航道在拆桥施工期间不受或尽量少受干扰,施工中也不宜采用大型浮吊及其辅助设备,因为在拆除过程中,浮吊及其配套的船只占用河道,影响航运。因此,对于主跨  $85\text{m}$  和次边跨  $70\text{m}$  的拱圈拆除,通过搭设与其跨径、矢跨比和拱轴线相同的贝雷拱,将拱圈“横向分块、纵向分段”地吊挂在贝雷拱上,然后用吊机在澜石二桥上逐块进行拆除;边跨  $45\text{m}$  拱圈,利用满堂脚手架作为拱圈承重结构进行拆除;桥墩采用静态爆破法进行拆除。

## 3. 宁沪高速公路锡澄运河大桥

运河大桥位于锡山市堰桥与前州的交界处,跨越锡澄运河。桥梁全长  $416.44\text{m}$ ,预应力混凝土梁式桥,主桥跨径组成  $42.5\text{m} + 65.0\text{m} + 42.5\text{m}$ ,全长  $150\text{m}$ 。桥梁全宽  $26\text{m}$ ,中央分割带宽  $3.0\text{m}$ ,其中行车道宽为  $2 \times 10.75\text{m}$ ,为双幅单向车道分离式桥梁。主桥上部结构采用单箱单室大悬臂截面连续梁,顶宽  $12.50\text{m}$ ,底宽  $6.50\text{m}$ ,两侧悬臂长  $3.00\text{m}$ ,顶板设  $2\%$  的单向横坡,底板水平。跨中中心梁高  $2.00\text{m}$ ,主墩顶部梁高  $4.50\text{m}$ ,梁底曲线在跨中  $9\text{m}$  段为等截面,然后采用两段光滑连接的二次抛物线变更到支点;箱梁混凝土设计为 C50,按三向预应力设计。该桥曾于 2001 年采用增加箱内体外索、箱外贴钢板等方式加固,加固后桥梁运行良好。现阶段,业主鉴于多方原因,决定对该桥实施拆除。

主梁拆除是本拆除工程的重点及难点,施工时沿着原主梁施工悬浇节段位置将主梁划分为若干节段,按照与原施工相反的方向,从主墩两侧向主墩方向对称将主梁各节段逐段予以拆除。引桥采用切割机配合风镐进行拆除,拆下的梁体采用两台吊车吊放至桥下,分解成小段后,用汽车运走。拆除、吊装布置示意图见图 1-3。



- 说明：1. 桁架采用M形万能杆件组拼。  
2. 用 $\phi 22$ 钢丝绳，穿10线滑车组，采用10t卷扬机。  
3. 拆除、吊放对称进行。

图 1-3 拆除、吊装布置示意图

#### 4. 三台涪江大桥

原涪江大桥是我国第一座预应力斜拉桥,见图 1-4。始建于 1976 年,1980 年 10 月建成通车,设计寿命 20 年。全桥共 11 孔,全长 560.3m。该桥主桥为双塔混凝土斜拉桥,其孔跨为  $56\text{m} + 128\text{m} + 56\text{m}$ 。在主跨 128m 的中央部分设有跨径为 16m 的简支挂梁,斜拉桥部分采用梁、塔、墩固结体系,桥面总宽 12.5m(车行道 7m,即两侧人行道各 2.25m)。2001 年 7 月和 2002 年 3 月,对“超龄”的大桥检测鉴定后发现,该桥盐亭岸桥台的四根连杆支座已经有 3 根被拉断或脱落,桥塔也发生了 14cm 偏移,斜拉索钢丝有一定程度的锈蚀。因此,在 2002 年 10 月采用爆破法拆除此斜拉桥,在原桥位修建新桥,引桥保留。

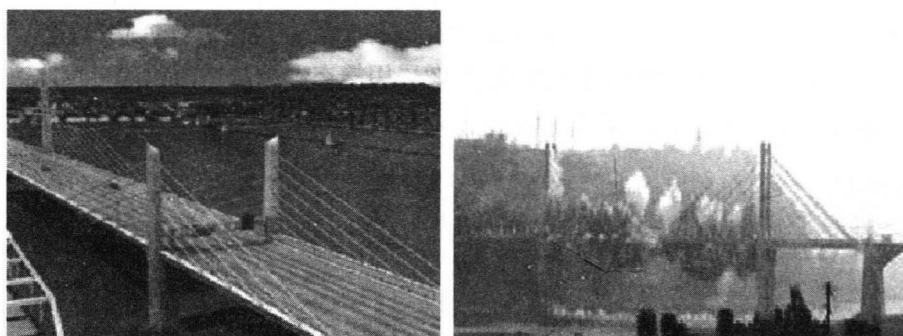


图 1-4 拆除前和拆除中的三台涪江大桥

#### 5. 上海外白渡桥

此次拆除的外白渡桥建于 1907 年,见图 1-5。是上海第一座钢结构桥,桥型为简支桁架桥,跨度 52.16m,宽 18.3m。因为桥梁结构寿命达到设计使用寿命 100 年,故于 2008 年拆除后进行全面检修和保养。

拆除方法:将驳船托至外白渡桥体的正下方,等潮水上涨时进行顶推作业,当桥体被顶起至高出桥墩 1.4m 时,驳船转向将桥体运至码头进行维修。

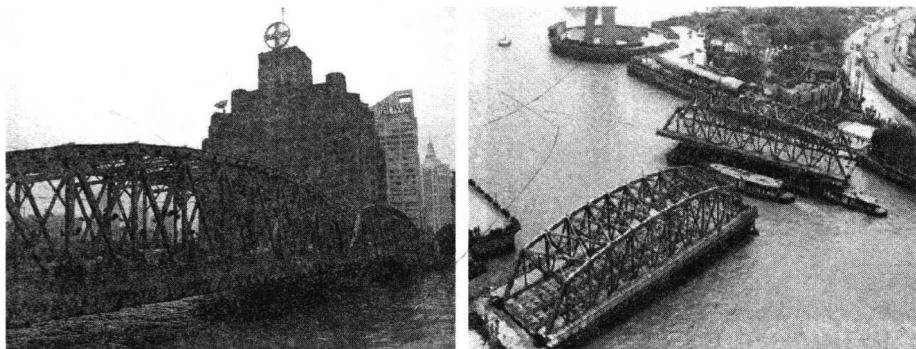


图 1-5 拆除前和拆除中的外白渡桥

### 6. 陇西互通主线三号桥老桥

陇西互通主线三号老桥为薄壁斜腿刚构桥,全桥长 98.9m,桥面宽 33.5m,跨径组成: 22.4m+44.0m+22.4m。桥梁梁体之前出现了一些的病害,已经进行了加固。合宁高速公路实施“四改八”扩建的技术标准,经多方论证,陇西互通主线三号桥老桥需进行拆除。先拆除南京到合肥的单幅桥(左幅),等新桥建设完以后,再拆除合肥到南京的另一幅桥(右幅)。各幅拆除期间,下跨的合芜高速和合徐高速要做 3 次交通组织转换。全桥拆除采用切割和凿除相结合的方法,正式切割和凿除前应先将斜腿打断落架,进行第一次体系转换。通过切除 7m 范围内的箱梁,进行第 2 次体系转换。桥下支撑采用贝雷架,主跨纵桥向每隔 4.5~7m 搭设一排贝雷支架,边跨桥下采用支架支撑。桥梁拆除前状况与体外预应力解除情况如图 1-6 所示。

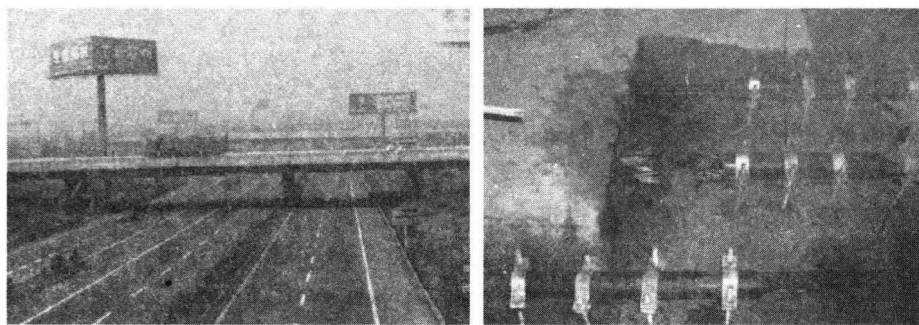


图 1-6 桥梁拆除前与体外预应力的解除

## 二、国外典型桥梁的拆除方法

美国格兰特桥(US Grant Bridge)修建于 1927 年,位于美国俄亥俄州,为一座钢桁架结构悬索桥,桥全长 722m,主跨 213m,塔高 86m,见图 1-7。2001 年拆除该悬索桥,新建一座钢混组合的双塔双索面斜拉桥,新桥总长 617m,主跨 267m,塔高 89m,于 2006 年通车。

拆除方法:采用机械拆除与爆破拆除组合的方法。拆除前将桥面板和桁架切割成 11m 长的小块,然后利用浮吊按照预定的顺序拆除主梁。主梁拆除完成后,缆索和桥塔采用爆破拆除法拆除,并将其清除出河道至完成整座桥梁的拆除。

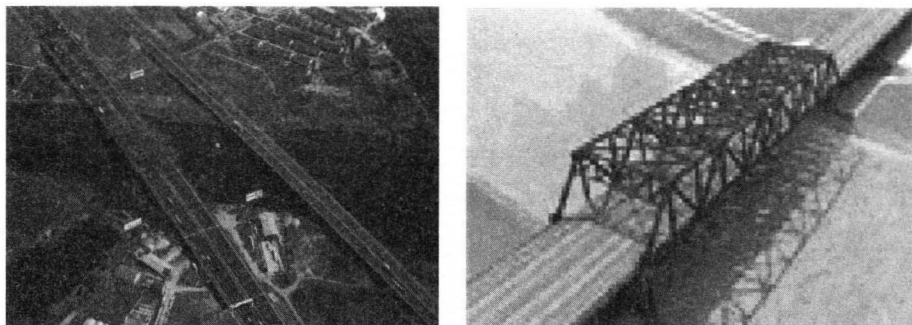


图 1-7 拆除前和拆除中的美国格兰特桥

## 第五节 拆除施工控制内容

### 一、拆除施工组织方案制定

拆除施工方案是拆除施工项目的纲领性文件,体现整个工程的管理思路和工艺。施工方案是指导项目建设和工程施工的重要文件,是建筑施工企业单位能以高质量、高速度、低成本、少消耗完成工程项目建设的有力保证措施;也是加强管理、提高经济效益的重要手段;还是正确处理施工中人员、机器、原料、方法、环境及工艺与设备、消耗与供应、管理与生产等各种各样的矛盾,科学合理、计划有序、均衡地组织项目施工生产的重要保障。

### 二、安全控制措施

分析建筑施工中存在安全隐患的成因以及采取必要措施进行施工安全管理是非常重要的,在建筑施工全过程都应该树立起“安全第一”的思想。将安全控制系统化、规范化,不仅有利于提高工作的效率,而且有利提高建筑企业的管理层次和管理水平,更能防患于未然,节约成本和减少不必要的损失。安全控制对建筑施工的整个过程具有极其重要的意义。

施工安全控制措施是在施工项目生产活动中,根据工程特点、规模、结构复杂程度、工期、施工现场环境、劳动组织、施工方法、施工机械设备、变配电设施、架设工具以及各项安全防护措施等,针对施工中存在的不安全因素进行预测和分析,找出危险点,为消除和控制危险隐患而采取的措施。从技术和管理上采取措施加以防范,消除不安全因素,防止事故发生,确保项目安全施工。

### 三、拆除施工控制仿真计算

通过建立空间有限元模型进行仿真计算,可以得到关键截面上的应力分布及挠度大小,这对了解处于复杂受力状态下的拱桥各处的应力状况和挠度变化是很有意义的。对比理论计算和实测数据,可以判定结构是否处于安全可控状态。仿真计算提供一个量化的标尺,尤其是对拆除工程,能够让拆除监控有据可循。