

# 大跨径连续梁桥分段切割拆除施工监控方案研究

邹建

中铁大桥局武汉桥梁特种技术有限公司 湖北武汉 430205

**【摘要】**通过对310国道中运河大桥主桥拆除过程中主梁线型、关键截面应力、立柱反力等进行监控量测，掌握大跨径连续梁桥分段切割拆除过程中受力状态的变化。本文运用现代控制理论，通过实际值与理论值及相关规范要求的比较，减少模拟和实际施工不同带来的误差，确保结构拆除施工在安全可控范围内进行，并通过理论分析，找到结构薄弱点，以提前确定敏感和关键部位布置挠度测点，安装应变传感器，通过实际监测的具体应力变化值与计算值的对比，确保整个施工过程中结构处于安全可控的状态。

**【关键词】**连续梁；现代控制理论；拆除；施工监控。

## 引言

近年来，随着我国科技的快速发展，社会的不断进步，我国的桥梁建设在不断的完善，对于过去的一些桥梁，由于其设计标准较低、现场施工技术落后、工程质量的把控也相对落后，使得部分桥梁无法继续胜任现代交通发展的需要。因此，对这部分桥梁进行拆除重建。在桥梁改造过程当中，因各种原因导致的事故时有发生，因此，为确保桥梁拆除施工过程安全可控，施工监控必不可少。

## 1 工程概况

徐州310国道中运河大桥位于邳州，跨越中运河，

连接邳州戴庄镇山头村和车辐山镇山南村，是两岸的重要互通要道。该桥于2007年9月开工建设，2009年10月通车。

中运河大桥全长1077.4米，桥梁总宽15米，分别由连云港侧引桥，主桥，徐州侧引桥三部分组成。连云港侧引桥为部分预应力组合箱梁，跨径布置为 $(29.92+4 \times 30+29.92)$  m；主桥为三跨变截面预应力混凝土连续箱梁，跨径布置为 $(60+100+60)$  m；徐州侧引桥为部分预应力组合箱梁与普通钢筋混凝土连续箱梁，跨径布置分别为 $(19.92+6 \times 20+19.92)$  m +  $(19.92+5 \times 20+19.92)$  m。

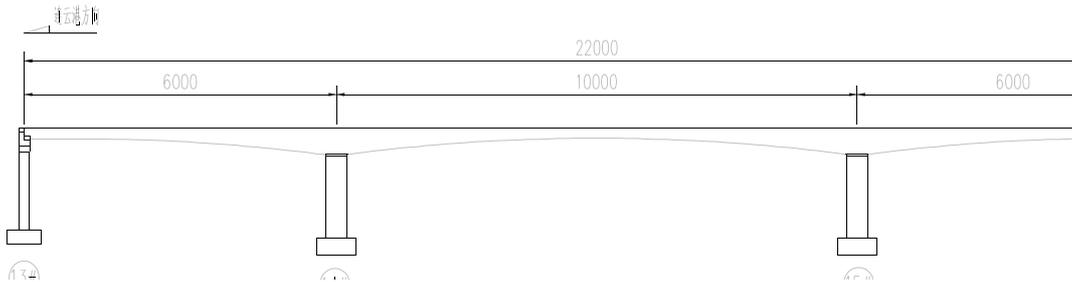


图 1-1 主桥布置图

主桥上部为单箱单室C50预应力混凝土箱型梁。箱梁顶板全宽15m，翼缘板悬臂长为3.5m，底板宽8m，支点附近截面梁高5.75m，按照抛物线变化至跨中合拢段，其截面高2.95m。

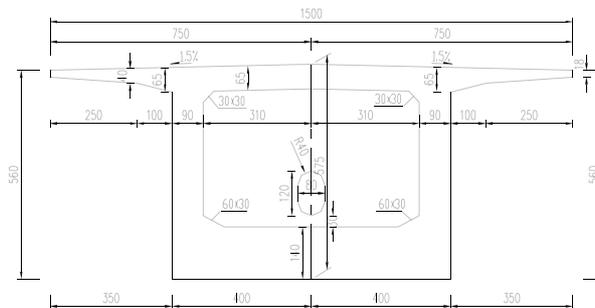
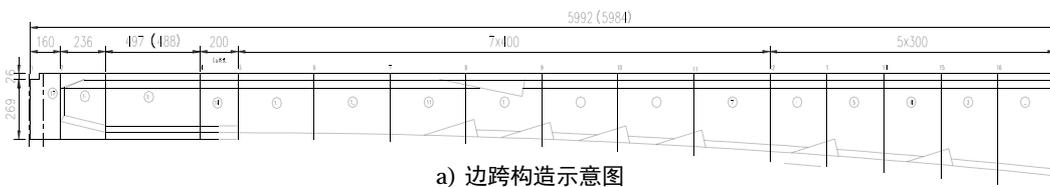
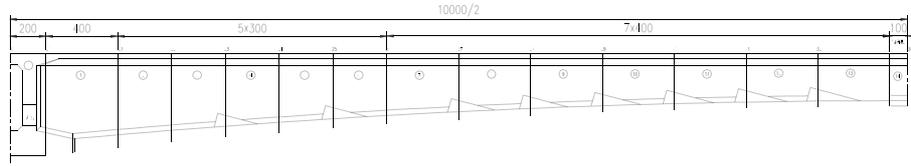


图 1-2 主桥构造示意图 (cm)



a) 边跨构造示意图



b) 中跨构造示意图

图 1-3 连续梁构造示意图

## 2 拆除方案及监控指标

### 2.1 连续梁拆除施工方案

310 国道中运河大桥主桥连续梁拆除采用设置边跨支架 + 双悬臂不对称分块 (分块编号见图 2.1-1) 切割

拆除的施工方案, 总体施工方案如下: (1) 拆除桥面系及翼缘板; (2) 搭设两边跨梁底支撑支架, (3) 拆除跨中合拢段, 分为两个作业面同步进行连续梁拆除。主桥拆除施工工艺如图 2.1-2 所示。

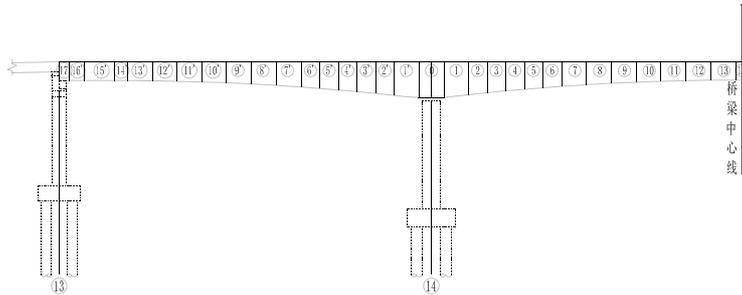


图 2.1-1 连续梁拆除分块编号

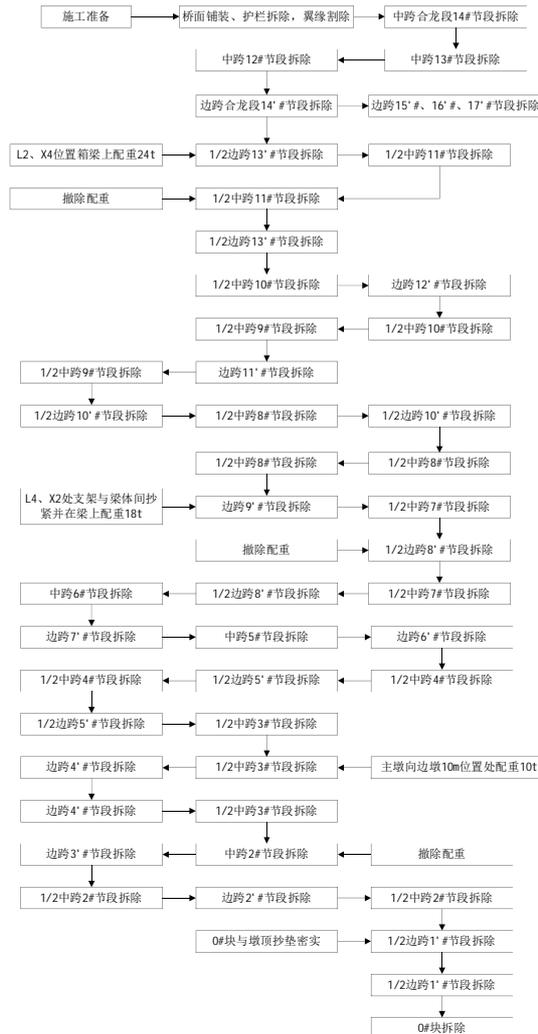


图 2.1-2 连续梁分段切割拆除施工工艺框图

## 2.2 监控指标

原连续梁拆除过程中的施工监控是保障桥梁施工安全的重要手段，它在桥梁建造过程中起着安全预警、方案复核、关键工程参数确定以及辅助施工方案优化的作用，是桥梁建设的重要组成部分，对确保工程的安全、保障设计目标实现具有重要的意义。

监控量测主要指标有：

(1) 线形测量：施工过程中主梁的线形；

(2) 位移观测：墩身偏位情况观测；

主梁线形监测测点，每一个梁段布置一个截面，为避开切割截面，测点截面向各墩0#块方向偏移1米，具体如图2.2-1所示。测点横向位置避开防冲击挑梁路径，横向布置图见图2.2-2。梁段线形监测测点用AB胶粘上普通盖型螺母，并喷以红漆予以醒目。

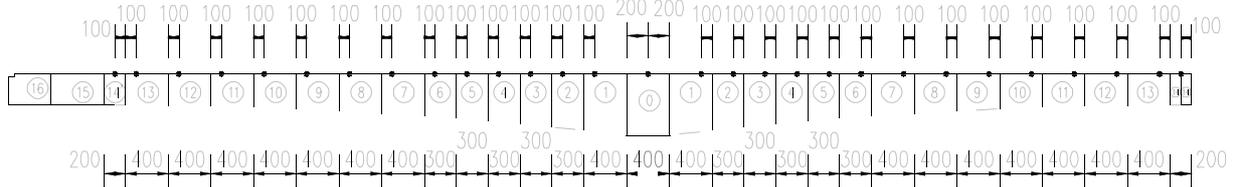


图 2.2-1 主梁线形测点截面纵向布置图 (单位: cm)

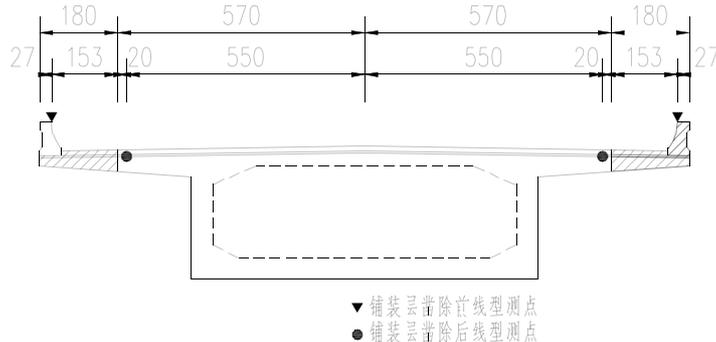


图 2.2-2 主梁线形测点横向布置图 (单位: cm)

310国道中运河大桥从中跨的合拢段开始进行拆除，依次进行各节段的拆除，中跨拆除完成后，在边跨支架上进行边跨各节段的拆除。在此过程中，特别是中跨的拆除，由于是悬臂状态拆除，需对中跨各节段的主梁的挠度进行实时监测，分析主梁在荷载的不断变化过程中，桥梁实际线形变化与理论变化是否一致。保证桥梁拆除过程中的安全。

### 2.2.2 应力测试

在桥梁施工控制中，通常通过应力的监测来了解结构实际受力状态。鉴于其拆桥过程中关的重点及特点，在施工监控中，重点监测主梁及临时支架体系的应力变

(3) 应力测试：包括主梁、边跨临时支架的应力测试。

(4) 结构状态观测：包括梁体混凝土外观（是否开裂破损、裂纹是否发展），墩顶抄垫状态观测，支座状态观测等。

#### 2.2.1 主梁线形监测

由于前期铺装层及箱梁 1.8m 范围内翼缘板已拆除完毕，主梁线形测点考虑布置在桥面翼缘边缘上（临时测点）。根据防翼缘板测点的挠度变化，反算主梁桥面的高程变化。

测点截面向各墩0#块方向偏移1米，具体如图2.2-1所示。测点横向位置避开防冲击挑梁路径，横向布置图见图2.2-2。梁段线形监测测点用AB胶粘上普通盖型螺母，并喷以红漆予以醒目。

化值，通过监测的应力变化值与计算值的比较，了解结构应力波动范围，若发现波动范围过大或者与理论应力变化状态的差别超越限制范围，就要及时原因查找并实施调控，使之在允许范围内变化，确保工程的安全。

## 3 测点布置及具体监测方案

### 3.1 测点布置

#### 3.1.1 主梁应力测点布置

考虑具体主梁拆除由中跨合拢段开始拆除，逐步拆除至0号块，重点关注施工刚开始时，受力最大截面处的0号块。

拟在各墩0#块两侧根部布置应力传感器，另在中跨13#块中部截面布置一组应力传感器，布置截面如图3.1-1。应力测点布置在截面上缘表面和箱室内底板上，如图3.1-2。主梁应力传感器拟共布置20个。

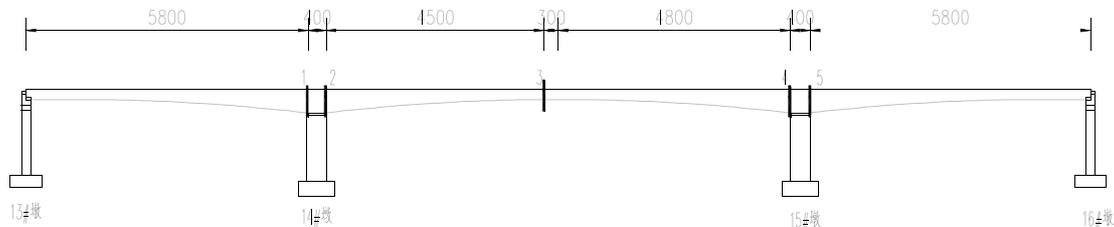


图 3.1-1 主梁应力传感器布设截面

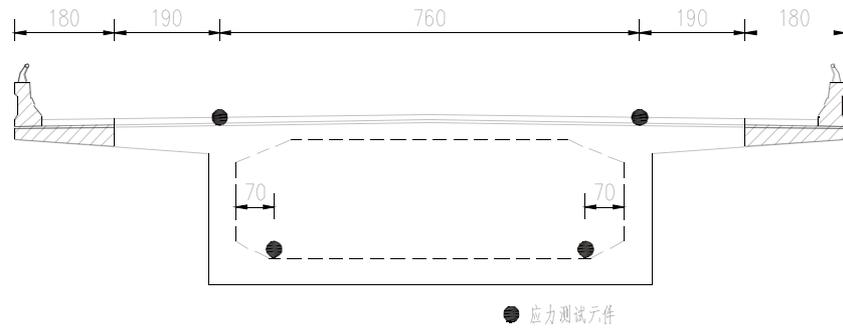


图 3.1-2 主梁应力传感器布置横截面图

### 3.1.2 钢管立柱应力测点布置

两岸各侧有 5 排钢管立柱，分别选取靠近主墩的 4 排钢管立柱作为应力监测截面，如图所示 3.1-3。徐州

侧和连云港侧钢管立柱应力测点横向布置如图 3.1-4 所示。钢管立柱应力传感器拟共布置 16 个。

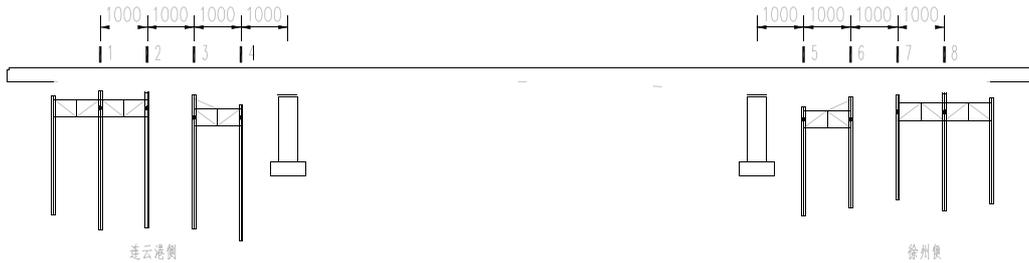


图 3.1-3 钢管立柱应力测点布设截面 (单位: cm)

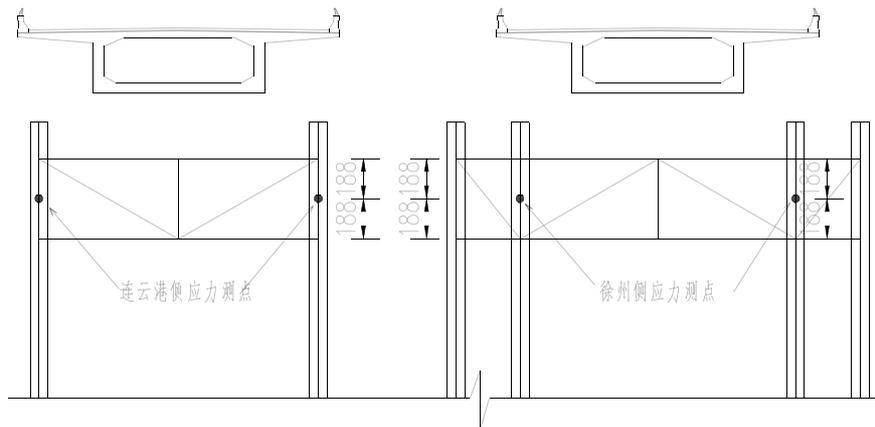


图 3.1-4 两岸应力测点横向布设示意图 (单位: cm)

### 3.1.3 支架横梁 1 应力测点布置

为了掌握支架横梁 1 具体变形情况，验证其安全性，特此，对支架横梁 1 也进行监测。两岸各侧有 5 道横梁 1，各选取其中 4 道横梁进行监测，如图 3.1-5 所示，共布置 16 个测点。

限制，再加上整个支撑体系本身有一定的弹性和非弹性变形量，若用一般的全站仪等观测其跨中挠度变化，精度将达不到要求，且起不了有效的预警作用。现以监测横梁跨中应力变化的方式来掌握该梁的受力状态。支架横梁 1 应变测点布置见图 3.1-6。

横梁 1 测点处于支架体系内侧，由于现场客观条件

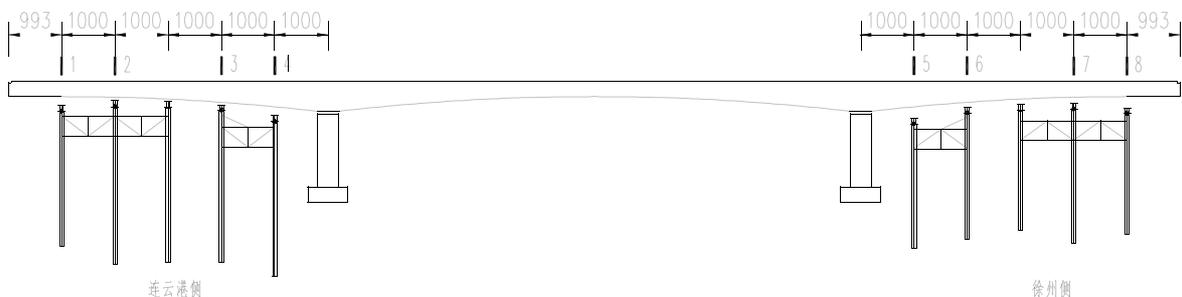


图 3.1-5 支架横梁 1 测点位置示意图 (单位: cm)

徐州侧/连云港侧横梁应力测点

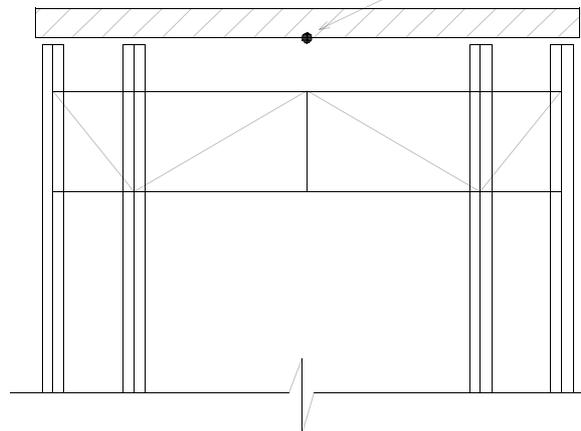


图 3.1-6 支架横梁 1 应力测点横向布置图

### 3.2 具体监测方案

施工监控活动通过监控计算、监控量测、误差分析

调整和参数识别、指令下达、实施反馈等步骤完成。施工监测的具体流程见图 3.2-1。

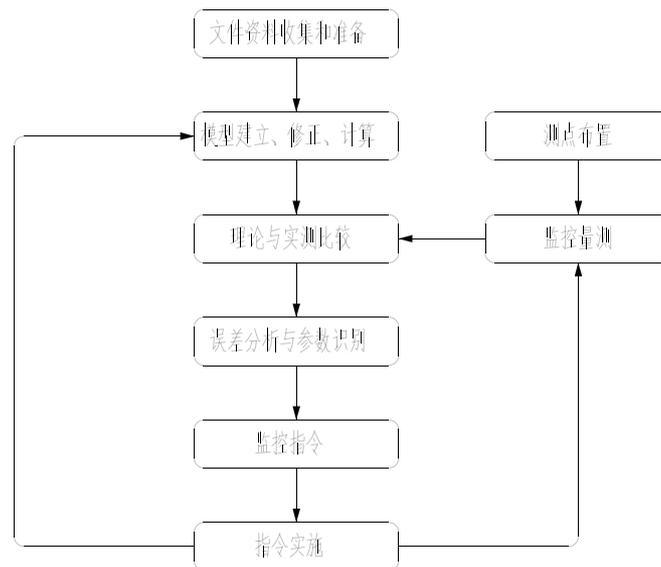


图 3.2-1 施工控制流程图

#### 3.2.1 计算资料的准备与收集

收集项目施工图纸、施工组织方案、临时施工设施、气候环境等方面的资料，并对所得资料进行分析确认。

#### 3.2.2 监控计算

利用建立的监控计算体系对桥梁施工过程中各阶段结构应力和位移状态等施工控制参数进行计算，计算出相关参数理论轨迹，为施工提供控制目标值，同时与监控测试所得的重要参数相互比较，得出桥梁实际状态，以保证施工的顺利进行，保证施工过程的安全。

其监控计算主要包括：

- (1) 理想状态的全桥拆除过程仿真分析、各主要工况应力和变形复核；
- (2) 边跨支架体系在不同工况下的结构强度及稳定性分析；
- (3) 主梁在各拆除工况下的受力状态分析；
- (4) 施工过程中（包括临时荷载不利工况）的校核计算。

本项目拟采用三维有限元分析软件 Midas Civil 建立包括主梁的力学分析模型，重点分析在拆除过程中，相关控制点的挠度变化值及主梁关键部位的应力变化值，以及支架体系在拆除当中的受力状况分析，通过理论分析，找到结构薄弱点，以提前确定敏感和关键部位布置挠度测点，安装应变传感器，通过实际监测的具体应力变化值与计算值的对比，确保整个施工过程中结构处于安全可控的状态中。

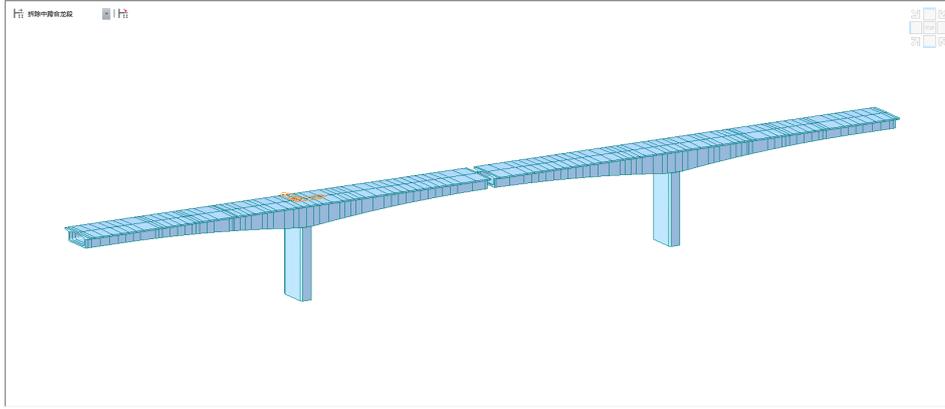


图 3.2-2 拆除工况模拟

### 3.2.3 测试工况及频率

根据施工监控控制目标的需要,拟定在下述条件下进行重点监测,对主梁、边跨支架的线形和应力进行测试:

(1) 在全部工程开始前,对主梁及支架进行一次线形、应变测量,作为全桥的初始状态。拆铺装及拆翼缘板工况采集桥面线形及应变,结合计算,用于判断当前预应力损失情况;

(2) 中跨开始拆除合拢段开始,每拆除1个节段,进行全桥线形测点、应变测点的数据采集工作;

(3) 拆除过程中的其他不利工况中,对涉及的敏感部件进行变形和应力测量。

为保证监测工作的有效性,重点在每一种专项施工前期,密集观测,积极寻找规律,以利指导后期施工。

### 3.2.4 监控误差分析与调整

桥梁拆除施工过程问题多、困难大,影响参数复杂,如:结构刚度、施工荷载、环境影响、温度等。在施工控制初期进行理论计算时,都取这些参数值为理想设计值。为了消除因设计参数取值的不定性所引起的施工中

设计与实际的偏差,我们在施工过程中通过监测这些参数实际值,并与计算值比较后,在分析后对各参数进行识别和正确估计。对重要的设计参数有较大的偏差时,提请设计方进行理论设计值的修改,对于常规的参数误差,通过优化进行调整。本项目采用现代控制理论中的自适应控制方法进行监控。

### 3.2.5 监控预警机制

中运河大桥已被定为危桥,其挠度变形,裂缝发展状况,预应力损失等问题,已使其基本状态偏离设计预期状态。前期的监控计算使用的基本参数以及由此算出的理论值是基于结构正常使用状况下而来的,这将导致计算结果与实际结果有所差距。所以,最开始的仿真计算结果不能作为预警值的参考,而是作为分析结构实际状况与设计理想状况差异程度的参考。而在中跨合拢段断开后,由仿真计算结果和实测(挠度、应变)结果共同作为之后拆除工况预警值的参考。预警机制如图3.2-3所示。

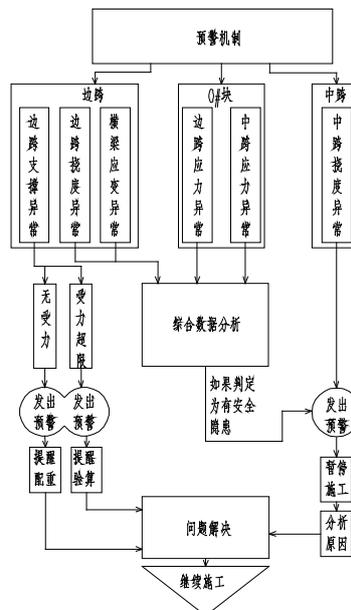


图 3.2-3 监控预警机制示意图

拆除工况预警条件:

(1) 梁端变形: 当上挠量 < 10% 理论值, 下挠量 > 90% 理论值时;

(2) 支架体系:

① 横梁1中间底部: 累计应变值  $> +485 \mu \epsilon$  ( $+100 \text{MPa}$ );

②钢管立柱轴向：累计应变异常。

## 4 实测数据分析

### 4.1 梁端变形

各工况下变形实测情况如图 4.1-1 所示。通过监控数据我们可以看出，在 310 国道中运河桥主桥分段切割拆除过程中，下工况相对上一工况梁端变形值与理论值相差不大且均在预警值范围内。

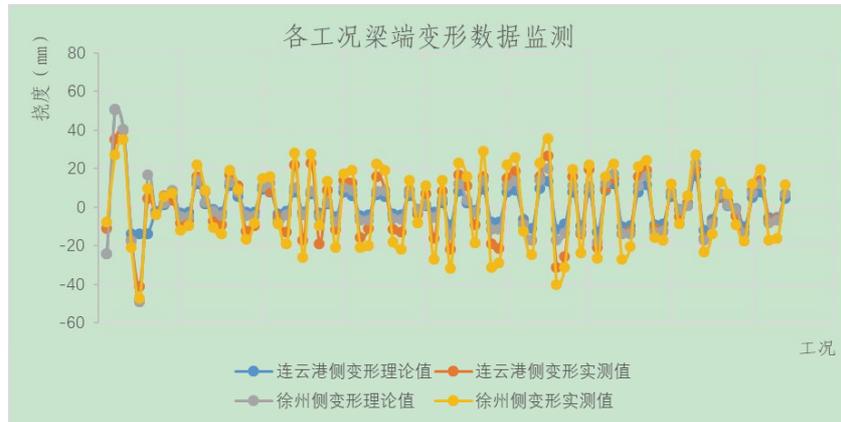


图 4.1-1 各工况下梁端变形监测结果

### 4.2 立柱反力

各工况下立柱反力监测结果如图 4.6-1 所示。从监

测结果来看，在连续梁分段切割拆除过程中，立柱反力实测数据与理论值基本吻合。

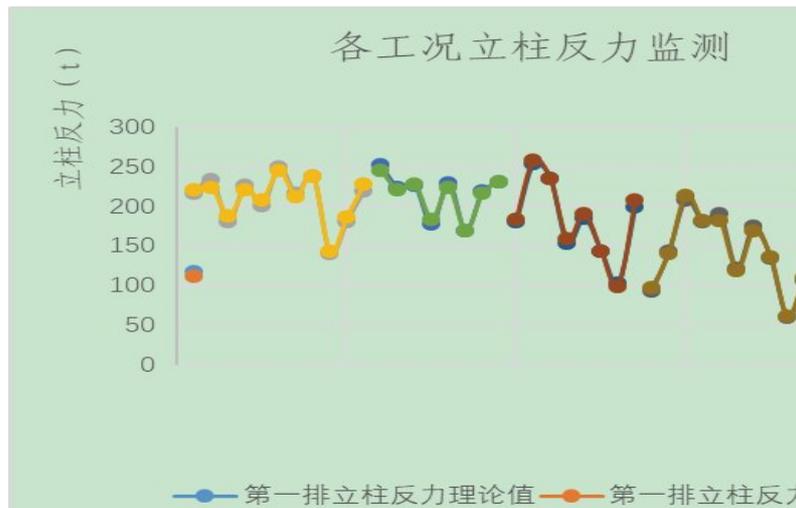


图 4.2-1 各工况下梁端变形监测结果

数据分析总结：从监测数据来看，在连续梁分段切割拆除施工过程中，各项监控指标实际值和理论值变化趋势基本一致，施工过程中梁体应变未出现异常变化，拆桥过程无异常，总体安全可控。

## 5 小结

徐州 310 国道中运河大桥主桥已于 2020 年 5 月底拆除完毕，通过对主梁线型、关键截面应力、立柱反力等重要指标的监测，掌握大跨径连续梁桥在分段切割拆除过程中受力状态的变化，并通过监测所得实际值与理论值及相关规范要求的比较，得出中运河大桥主桥分块切割拆除施工过程中主梁变形量、梁体及支架应力等变化值与理论计算值基本吻合，桥梁结构受力状况基本正常，结构拆除施工在安全可控范围内。

### 【参考文献】

[1] 谭德盼. 预应力混凝土连续梁桥施工控制技术与应用 [D].

广东工业大学, 2007.

[2] 赵森. 浅谈桥梁施工安全控制与安全监理 [J]. 江西建材, 2014(08):134.

[3] 钟虹. 关于施工项目成本管理和控制的探讨 [J]. 科技信息, 2012(21):369-370.

[4] 张郁. 桥梁施工技术控制 [J]. 技术与市场, 2012, 19(06):268.

[5] 宋士新. 大跨度连续刚构桥梁施工控制关键问题分析与研究 [D]. 华南理工大学, 2012.

[6] 温天卿. 泗河兴隆大桥施工关键技术研究 [D]. 山东大学, 2014.

[7] 朱强. 廊桥拱圈下挠对上部框架结构的影响 [D]. 重庆交通大学, 2017.

[8] 林旭. 屈家庄连续刚构桥施工中的力学分析 [D]. 石家庄铁道大学, 2016.

[9] 钟纯耀. 连续刚构梁桥分段切割拆除施工监测方案研究 [J]. 公路与汽运, 2014(04):198-201+216.