

# 目 录

1 桥梁概况.....	1
2 桥梁质量检查的目的和意义.....	2
2.1 桥梁外观质量检查的目的和意义.....	2
2.2 桥梁荷载试验的目的和意义.....	3
3 桥梁检测及荷载试验的依据.....	4
4 桥梁质量检测的主要内容.....	5
5 投入本次检测的主要技术人员.....	6
6 投入本次检测的主要仪器设备.....	7
7 桥梁外观检查情况.....	8
7.1 主桥桥墩及盖梁检测情况.....	8
7.2 主桥系梁检测情况.....	9
7.3 主桥拱肋检测情况.....	9
7.4 主桥吊杆检测情况.....	12
7.5 主桥防撞护栏检测情况.....	14
7.6 主桥桥面线形检测情况.....	14
7.7 主桥伸缩缝检测情况.....	16
7.8 主桥桥面铺装层检测情况.....	16
7.9 主桥主要构件截面尺寸.....	17
8 桥梁无损检测结果.....	17
8.1 混凝土强度及碳化深度检测.....	18
8.2 钢筋保护层厚度检测.....	19
9 桥梁静力荷载试验检测结果.....	20
9.1 测试截面.....	20
9.2 应力测点布置.....	23

9.3 位移测点布置.....	23
9.4 加载车辆.....	24
9.5 加载工况.....	25
9.6 试验工作的准备与试验过程.....	30
9.6.1 内业准备工作.....	30
9.6.2 现场的准备工作.....	30
9.6.3 试验加载分级控制及安全措施.....	31
9.6.4 测试方法.....	32
9.7 静力荷载试验成果的整理与分析.....	32
9.7.1 桥梁状况的评定方法.....	32
9.7.2 静载试验数据的整理和分析.....	34
10 主桥评定结果.....	43
11 主要结论.....	47
11.1 桥梁外观检查结论.....	47
11.2 无损检测结论.....	48
11.3 静载试验检测结论.....	48
12 养护和维修建议.....	48
13 附件.....	50
13.1 附件一：全桥回弹数据.....	50
13.2 附件二：钢筋保护层厚度测试原始数据.....	65

# 省道 239 水阳江大桥主桥质量检测报告

## 1 桥梁概况

该桥主桥采用下承式预应力混凝土系杆拱桥结构，计算跨径 63m，矢高 11.34m，矢跨比为 1/5.56，拱轴线为二次抛物线。引桥采用 20m 一跨钢筋混凝土简支 T 梁，下部结构为柱式墩，肋式台，钻孔灌注桩基础。桥梁横断面布置为 0.5m（防撞护栏）+11m（行车道）+0.5m（防撞护栏）=12m。

主桥设两片拱肋，拱肋采用钢筋砼工字形截面，高 120cm，宽 100cm；系梁采用预应力砼箱形截面，高 150cm，宽 120cm；中横梁高 100~112cm，宽 50cm，设牛腿置主跨行车道板；端横梁高 120~132cm，均为预应力混凝土构件。吊杆间距 5.25m，内设预应力钢绞线，外套直径为 220mm、厚 10mm 的无缝钢管。

桥梁纵坡为 3.0%，变坡点位于主跨跨中，设置 R=3040m 竖曲线；桥面横坡为 2.0%，主桥通过变化横梁高度调整，引桥通过桥墩盖梁和桥台台帽调整。

桥梁纵横断面如下图所示：

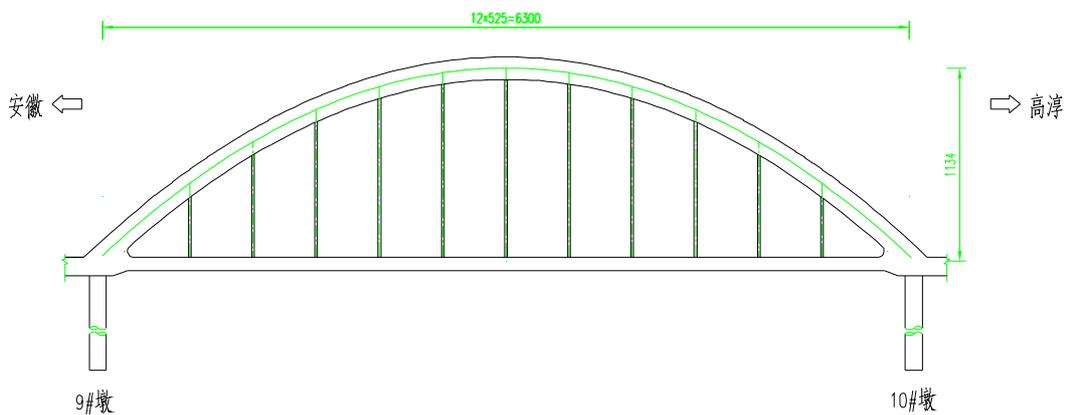


图 1.1 主桥纵断面图

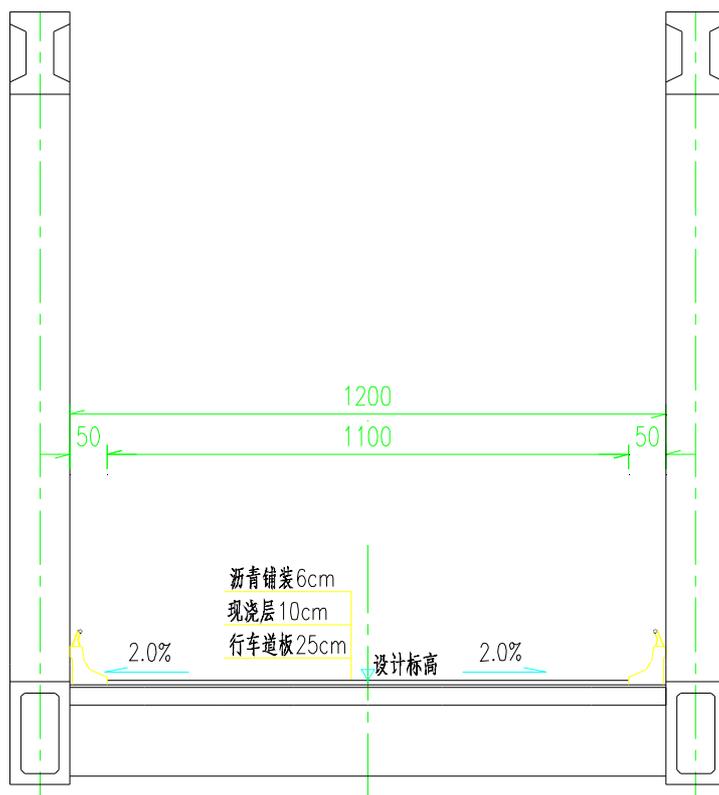


图 1.2 主桥横断面图

技术标准:

- 1、设计荷载：汽车-20级，挂车-100；
- 2、地震烈度： 7度；
- 3、桥面横坡： 2%；
- 4、通航等级：六级航道，通航净空 40X5m。

## 2 桥梁质量检查的目的和意义

### 2.1 桥梁外观质量检查的目的和意义

随着我国公路通车里程的迅速增加，如何管好、养好公路，充分发挥公路的社会效益，成为人们愈来愈关心的问题，全面调查、检查公路的运营、使用及结构物现状，建立公路现状数据库，为公路的养护管理提供依据，能使公路更好地发挥其功效。

---

通过桥梁检查，可以积累技术资料，建立桥梁数据库。现有桥梁资料不全，或缺乏资料，需通过检查，重新建立和积累技术资料，为加强科学管理和提高桥梁技术水平提供必要条件；系统地收集桥梁技术数据，建立桥梁数据库，为桥梁计算机管理系统做好基础工作，以便更好地养护管理好桥梁，并能指导今后的桥梁养护、加固与维修工作。

桥梁检查是桥梁养护的主要依据。桥梁由于营运使用后，主要部位可能出现缺陷，如裂缝、错位、沉降等，通过检查可确定桥梁各部损坏的程度及实际承载能力。随着我国现代化工业建设的发展，特大型工业设备、集装箱运输，逐渐频繁，超重车辆必须过桥的情况时有发生，通过检查评价，可确定超重车辆是否能安全通过，并为临时加固提供技术资料；桥梁在遭受特大灾害时，如因地震、洪水等而受到严重损坏或在建造、使用过程中发生严重缺陷等，需要通过检查评价，为进行桥梁的修复加固提供可靠依据。

因此，桥梁检查除发现桥梁现况的结构是否损坏或服务功能是否降低外，还可达到以下的目的：

- 1、提供桥梁状况信息，桥梁状况若有危及公共安全时，可实时采取限制部分车辆通行或封闭交通等管制措施；
- 2、提供桥梁劣化程度的信息，如劣化形成的原因与劣化对桥梁构件的影响程度；
- 3、使桥梁具有完整的时序状况记录，该桥梁历史纪录可供研究分析桥梁结构的变化；
- 4、适时的检查桥梁结构劣化，可使桥梁维护计划更具效率性，并降低维修成本；
- 5、及时维修，消除危害桥梁状况，提高公共安全保障。

## 2.2 桥梁荷载试验的目的和意义

桥梁荷载试验，是通过对桥梁结构物直接加载后进行有关测试、记录和分析工作，包括试验准备、理论计算、现场试验以及对试验结果分析整理等一系列内

---

容，以达到了解桥梁结构在试验荷载作用下的实际工作状态。

1、检验桥梁现状下的结构强度、刚度、稳定性和抗裂性；

2、了解桥梁的荷载横向分布规律和受力性能，在荷载作用下测试其实际工作响应；

3、通过静载试验研究和理论计算分析，对使用荷载作用下桥梁的响应及工作状况作出综合评价；

4、通过静载试验来检验桥梁结构的质量，说明桥梁综合质量状况，为桥梁后期的养护以及长期监测等积累资料。

### 3 桥梁检测及荷载试验的依据

检测评定主要依据如下：

1、签订的桥梁检测与试验的有效合同及其附件；

2、被检测桥梁的主管部门及质检部门对该桥有关的指令、意见、要求等；

3、《高淳水阳江大桥及接线工程施工图设计》（第二册 共三册）（江苏省交通规划设计院，1997.09）；

4、国家部委颁布的有关规范、标准等，主要有：

1) 《公路桥涵养护规范》（JTG H11-2004）；

2) 《公路工程技术标准》（JTJ001-97）；

3) 《公路工程技术标准》（JTG B01-2003）（参照）；

4) 《公路工程抗震设计规范》（JTJ004-89）；

5) 《公路桥涵设计通用规范》（JTJ021-89）；

6) 《公路桥涵设计通用规范》（JTG D60-2004）（参照）；

7) 《公路砖石及混凝土桥涵设计规范》（JTJ022-85）；

8) 《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》（JTJ023-85）；

9) 《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》（JTG D62-2004）（参照）；

- 
- 10) 《工程建设标准强制性条文（公路工程部分）》（2002年版）；
  - 11) 《钢结构设计规范》（GBJ 50017—2003）；
  - 12) 《市政桥梁工程质量检验评定标准》（GJJ02-90）（参照）；
  - 13) 《城市桥梁养护技术规范》（CJJ99-2003/J281-2003）；
  - 14) 《市政桥梁工程质量检验评定标准》（GJJ02-90）；
  - 15) 《公路桥涵钢结构及木结构设计规范》（JTJ 025-86）；
  - 16) 《公路桥涵施工技术规范》（JTJ041-2000）；
  - 17) 《公路桥涵地基与基础设计规范》（JTJ024-85）；
  - 18) 《公路斜拉桥设计规范（试行）》（JTJ027-96）；
  - 19) 《公路旧桥承载能力鉴定方法》中华人民共和国交通部发布，1988年，北京；
  - 20) 《公路桥梁承载能力检测评定规程》（报批稿），交通部公路科学研究所（参照）；
  - 21) 《大跨径混凝土桥梁的试验方法》（交通部公路科学研究所 1980.10 北京）；

除上面列举的外，还会涉及到另外一些规范、标准、规程和规定。如《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》，《超声法检测混凝土缺陷技术规程》等。

## 4 桥梁质量检测的主要内容

### （1）外观检查

- Ø 桥面系：桥面铺装、伸缩装置、排水系统、人行道、护栏等；
- Ø 上部结构：拱肋、系梁、横梁等；
- Ø 下部结构：支座、盖梁、墩身等；
- Ø 桥面线形。

### （2）无损检测

Ø 混凝土强度、碳化深度、砼保护层厚度检测等。

Ø 吊杆索力测试：由于本桥吊杆为刚性吊杆，外套钢管，吊杆钢绞线索力无法测试，仅以通过荷载试验测试外套钢管应力作为索力变化的参考。

### (3) 主桥静载试验测试项目

Ø 主拱肋关键截面的应力和挠度（应力是衡量桥梁结构强度的一个重要指标，挠度是衡量整体桥梁结构实际刚度的重要指标之一）；

Ø 系梁关键截面的应力和挠度；

Ø 系梁关键截面的应力；

Ø 横梁关键截面的应力。

## 5 投入本次检测的主要技术人员

结合本次桥梁定期检查和桥梁荷载试验观测项目多，试验人员和设备众多的特点。为保证桥梁检测和试验工作有条不紊地进行，成立了8个职能小组。如下表所示：

表 5.1 荷载试验人员分组表

序号	工作组	人数	工作内容	负责人	备注
1	领导小组	2	桥梁荷载试验的指挥和协调工作	1人	
2	桥梁检查组	3	桥梁外观总体的检查	1人	
3	测点布设组	5	布设应力、挠度测点	1人	
4	应力测试组	2	应力的数据采集和处理	1人	
5	几何测量组	5	桥面及拱顶挠度测量	1人	1组×2人 1组×3人
6	车辆调度组	2	所有加载车辆的编号、就位及卸载的指挥和协调	2人	
7	计算组	1	控制计算	1人	
8	后勤保障组	2	荷载试验期间的后勤工作	1人	驾驶员1人

桥梁质量检查和桥梁荷载试验主要技术人员名单及分工如下表所示：

表 5.2 主要技术人员及分工

序号	姓名	职务	专业分工	职称
1	孙大松	总经理,项目总负责人, 荷载试验现场总指挥	总协调	硕士、高级工程师
2	刘九生	分管项目负责人	协调	硕士、工程师
3	张贻能	桥梁检测组负责人	桥梁质量检查工作	工程师、一级建造师
4	温天宇	计算组负责人	控制计算	工程师
5	杜高明	应力测试组负责人	应力的数据采集和 处理	硕士、工程师
7	余韬	测点布设组负责人	布设测点	工程师
8	杨辉	几何测量组负责人	主梁挠度测量	硕士、工程师
9	赵昕	车辆调度组负责人	所有加载车辆的编 号、就位及卸载的 指挥和协调	助理工程师
10	花葆峰	后勤保障组负责人	荷载试验期间的后 勤工作	助理工程师

## 6 投入本次检测的主要仪器设备

为满足本桥外观检查,无损检测和荷载试验检测等检测工作的需要,保证工程质量,投入的主要检测仪器设备如下表所示:

表 6.1 投入本项目实施的主要仪器设备一览表

序号	仪器设备名称	仪器设备测试精度或数量	仪器设备产地
1	DH3815N 静态数据采集仪	1 <i>me</i>	靖江
2	笔记本电脑	2	国产
3	计算机	4	国产
4	Leica 精密水准仪	0.01mm	瑞士
5	TCM1800 全站仪	—	瑞士
6	电阻式应变片 (120 $\Omega$ )	1 <i>me</i>	浙江
7	3m 直尺	mm	—
8	30m 钢卷尺	mm	—
9	对讲机	10 台	苏州
10	数显回弹仪	2 台	山东
11	混凝土钢筋检测仪	2 台	北京
12	混凝土超声检测仪	2 台	北京
13	裂缝观测仪	2 台	北京
14	测距仪	2 台	北京
15	碳化尺	—	南京
16	电钻	—	苏州
17	发电机	—	苏州

序号	仪器设备名称	仪器设备测试精度或数量	仪器设备产地
18	浮箱	—	—
19	锤子	—	—
20	鍍子	—	—
21	加载车辆	30t/3 辆	—
22	依维柯工具车	1 辆	南京
23	桑塔纳辅助作业车	1 辆	上海

为了保证测量数据的可靠性和精度，在试验入场前进行仪器的标定。

## 7 桥梁外观检查情况

### 7.1 主桥桥墩及盖梁检测情况

- 1、东南侧主墩表面露筋 8 处，合计长度 2m，见图 7.1.1。
- 2、东南侧主墩顶处盖梁 1 处露筋，长度 0.7m，见图 7.1.2。



图 7.1.1 墩柱露筋照图



7.1.2 盖梁露筋照

- 3、西侧主墩顶盖梁水迹，见图 7.1.3。



7.1.3 盖梁水迹照

## 7.2 主桥系梁检测情况

1、南侧系梁顶面距 4#吊杆（吊杆编号按从西往东依次编号 1#、2#...11#）东侧 1.5m 处露筋，长 0.15m，见图 7.2.1。

2、南侧系梁顶面距 6#吊杆东侧 2.0m 处露筋，长 0.1m，见图 7.2.2。



图 7.2.1 系梁露筋照 1



7.2.2 系梁露筋照 2

## 7.3 主桥拱肋检测情况

采用长臂吊车（如图 7.3.1 所示），人工高空近距离对拱肋进行检查。检测情况如下：



图 7.3.1 拱肋外观检查照

1、南侧拱肋西侧拱脚上缘 1 处露筋，长 0.15m，见图 7.3.2。

2、南侧拱肋靠近西侧拱脚处上缘混凝土 2 处夹杂木块，面积各为  $0.20 \times 0.15\text{m}^2$ ，见图 7.3.3。

3、南侧拱肋靠近西侧拱脚处侧面 1 处露筋，长 0.15m，见图 7.3.4。

4、南、北侧拱肋下缘两侧大量水迹，见图 7.3.5。



图 7.3.2 南侧拱肋西侧拱脚露筋图



7.3.3 南侧拱肋混凝土夹杂木块



图 7.3.4 南侧拱肋侧面露筋图



7.3.5 拱肋下缘水迹照

5、北侧拱肋距 8#吊杆东侧 2m 处，混凝土破损  $0.25\text{m} \times 0.15\text{m} \times 0.05\text{m}$ ，见图 7.3.6。

6、南侧拱肋东侧拱脚处 1 处露筋，长 0.05m，见图 7.3.7。

7、拱肋混凝土表面粗糙，质量较差。

8、北侧拱肋东侧拱脚顶面 5 处露筋，各长 0.1m，见图 7.3.8。

9、北侧拱肋侧面多处砼剥落、露筋，见图 7.3.10。

10、北侧拱肋西侧拱脚 1 处露筋，长 0.1m，见图 7.3.9。

12、北侧拱肋侧面距 10#与 11#吊杆间夹杂红砖，见图 7.3.11。



图 7.3.6 北侧拱肋砼破损照



7.3.7 南侧拱肋东侧拱脚露筋照



图 7.3.8 北侧拱肋东侧拱脚顶面露筋照



7.3.9 南侧拱肋东侧拱脚露筋照



7.3.10 北侧拱肋侧面露筋照





7.3.11 拱肋砼夹杂红砖

## 7.4 主桥吊杆检测情况

- 1、吊杆不锈钢管防腐质量较好，未发现明显锈蚀现象。
- 2、各吊杆端部钢板均锈蚀。



图 7.4.1 吊杆照



7.4.2 吊杆端部钢板锈蚀照

- 3、吊杆下端封锚处混凝土表面未见水迹及白化现象。



图 7.4.3 系梁底封锚混凝土表面照

4、本次检查共对 5 个吊杆上锚头进行开凿检查。通过现场检查，上锚头无渗水现象，钢绞线无明显锈蚀，吊杆上锚头封锚质量较好，如图 7.4.4~7.4.8 所示。



图 7.4.4 东北侧 11#吊杆上锚头检测照



7.4.5 东南侧 11#吊杆上锚头检测照



图 7.4.6 西北侧 1#吊杆上锚头检测照



7.4.7 西南侧 1#吊杆上锚头检测照



图 7.4.8 西南侧 2#吊杆上锚头检测照



图 7.4.9 开凿后封锚照

## 7.5 主桥防撞护栏检测情况

南侧防撞护栏钢管防护漆有 2 处剥落，面积  $0.5 \times 0.15\text{m}^2$ 。



图 7.5.1 护栏钢管防护漆剥落

## 7.6 主桥桥面线形检测情况

### 1、桥面线形检测原始数据

桥面线形检测采用精密水准仪按二等工程水准测量要求进行测试，测试原始数据如下：

表 7.1 北侧护栏边缘线形数据（单位：m）

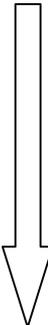
	点号	距离	高程	位置
西  东	1	-0.95	8.3299	伸缩缝
	2	5.25	8.3909	1#吊杆
	3	10.50	8.4439	2#吊杆
	4	15.75	8.4863	3#吊杆
	5	21.00	8.5141	4#吊杆
	6	26.25	8.5301	5#吊杆
	7	31.50	8.5406	6#吊杆
	8	36.75	8.5535	7#吊杆
	9	42.00	8.5544	8#吊杆
	10	47.25	8.5430	9#吊杆
	11	52.50	8.5280	10#吊杆
	12	57.75	8.5153	11#吊杆
	13	63.95	8.4646	伸缩缝

表 7.2 南侧护栏边缘线形数据 (单位: m)

点号	距离	高程	位置
1	-0.95	8.3296	伸缩缝
2	5.25	8.3950	1#吊杆
3	10.50	8.4404	2#吊杆
4	15.75	8.4901	3#吊杆
5	21.00	8.5100	4#吊杆
6	26.25	8.5305	5#吊杆
7	31.50	8.5444	6#吊杆
8	36.75	8.5490	7#吊杆
9	42.00	8.5584	8#吊杆
10	47.25	8.5501	9#吊杆
11	52.50	8.5278	10#吊杆
12	57.75	8.5010	11#吊杆
13	63.95	8.4700	伸缩缝

## 2、桥面线形测试图

根据以上检测数据绘制桥面纵断面图如下:

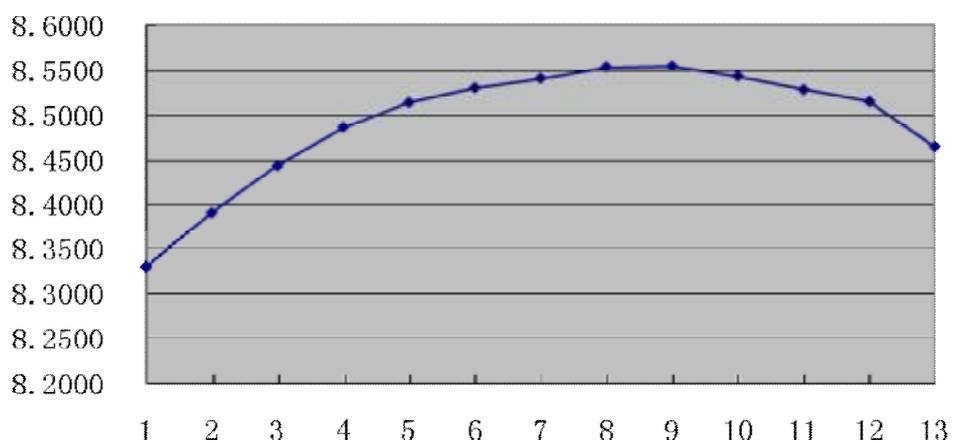


图 7.6.1 北侧护栏边缘桥面线形

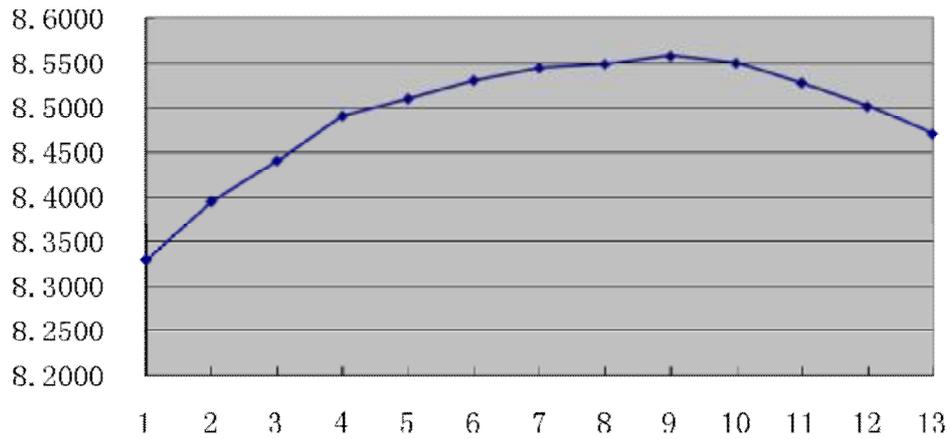


图 7.6.2 南侧护栏边缘桥面线形

### 3、桥面线形测试分析

根据以上测试数据可知，本桥桥面线形基本平顺，梁体无明显变形。

### 7.7 主桥伸缩缝检测情况

伸缩缝情况良好，与桥面无明显高差。



图 7.7.1 伸缩缝

### 7.8 主桥桥面铺装层检测情况

- 1、混凝土桥面在 7#吊杆处横向开裂，长 11.0m。
- 2、桥面混凝土铺装层磨损较严重，局部粗骨料外漏。
- 3、9#吊杆处桥面混凝土破损  $1.0 \times 0.05 \times 0.05\text{m}^3$ 。



图 7.8.1 桥面横向开裂



图 7.8.2 桥面破损



图 7.8.3 桥面磨损、粗骨料外漏

## 7.9 主桥主要构件截面尺寸

经现场测量，本桥主要构件截面尺寸基本满足设计要求。

## 8 桥梁无损检测结果

在本桥的无损检测过程中，着重对桥梁的各构件混凝土强度、钢筋保护层厚度进行了检测。检测时桥面构件时可直接检测，对于横梁及系杆底面等位置通过支架接近构件进行检测，对于拱肋采用吊车接近构件进行检测。



图 8.1 现场检测工具

## 8.1 混凝土强度及碳化深度检测

全桥混凝土强度共检测 14 个构件，共 140 个测区，混凝土强度测试原始数据详见附件 1，检测结果详见下表：

表 8.1 混凝土强度检测结果

编号	构件名称	混凝土抗压强度换算值 (MPa)			现龄期混凝土强度推定值 (MPa)	设计强度	碳化深度 (mm)
		平均值	标准差	最小值			
1	北侧系梁顶面	44.6	3.90	40.0	38.2	C50	2
2	南侧系梁顶面	45.7	3.47	38.5	40.0	C50	2
3	北侧系梁底面	32.8	1.53	30.8	30.3	C50	2
4	南侧系梁底面	37.0	2.40	34.0	33.0	C50	2
5	东南侧拱肋	31.9	2.69	25.9	27.5	C40	2
6	西南侧拱肋	34.6	2.88	28.2	29.9	C40	2
7	东北侧拱肋	30.6	2.65	25.3	26.2	C40	2
8	西北侧拱肋	29.5	1.38	27.4	27.2	C40	2
9	1#中横梁	55.7	3.00	51.8	50.8	C40	1
10	2#中横梁	54.8	2.85	51.8	50.1	C40	1
11	端横梁	55.9	2.76	51.8	51.4	C50	1
12	东侧盖梁	32.9	1.54	31.1	30.4	C30	1
13	西侧盖梁	34.0	1.59	32.0	31.4	C30	1
14	桥面板	33.0	1.64	30.4	30.3	C30	1

上述结果与构件的混凝土设计强度相比较，水阳江大桥主桥系梁、拱肋桥混凝土强度削弱较大，横梁、盖梁混凝土强度基本合格，混凝土表面碳化深度 1.0~2.0mm。



图 8.1.1 碳化深度测试照

## 8.2 钢筋保护层厚度检测

全桥钢筋保护层厚度共检测 36 组，每组 20 个点，其中系梁测试 8 组，拱肋测试 8 组，横梁测试 16 组，盖梁侧面测试 4 组，检测原始数据详见附件 2。



图 8.2.1 保护层厚度测试照

检测结果如下表：

表 8.2 钢筋保护层厚度测试结果

序号	构件名称	设计厚度(mm)	最大厚度(mm)	最小厚度(mm)	平均厚度(mm)	合格率
1	北侧系梁顶面 1	36	65	34	47.4	45%
2	北侧系梁顶面 2	36	49	31	41.5	80%
3	南侧系梁顶面 1	36	59	29	42.9	65%
4	南侧系梁顶面 2	36	68	29	44.8	60%
5	北侧系梁底面 1	36	43	31	37.2	100%
6	北侧系梁底面 2	36	48	31	41.3	95%
7	南侧系梁底面 1	36	49	20	36.8	90%
8	南侧系梁底面 2	36	50	29	40.3	85%

序号	构件名称	设计厚度(mm)	最大厚度(mm)	最小厚度(mm)	平均厚度(mm)	合格率
9	东南侧拱肋顶面	25	52	10	37.2	35%
10	西南侧拱肋顶面	25	71	3	44.1	25%
11	东北侧拱肋顶面	25	59	21	40.6	35%
12	西北侧拱肋顶面	25	42	18	27.8	95%
13	东南侧拱肋底面	25	47	23	37.1	35%
14	西南侧拱肋底面	25	71	19	44.8	40%
15	东北侧拱肋底面	25	73	31	47.1	10%
16	西北侧拱肋底面	25	53	31	47.6	20%
17	1#中横梁底面	23	53	5	39	5%
18	1#中横梁侧面	23	50	10	31.4	55%
19	2#中横梁底面	23	45	15	24.7	85%
20	2#中横梁侧面	23	32	12	23.1	95%
21	3#中横梁底面	23	50	10	27.4	70%
22	3#中横梁侧面	23	48	12	29.7	60%
23	4#中横梁底面	23	36	14	24.9	90%
24	4#中横梁侧面	23	54	12	28.9	50%
25	9#中横梁底面	23	32	16	24.6	100%
26	9#中横梁侧面	23	48	12	26	75%
27	10#中横梁底面	23	47	15	29.5	50%
28	10#中横梁侧面	23	32	17	23	100%
29	11#中横梁底面	23	49	14	23.8	80%
30	11#中横梁侧面	23	46	15	28.5	65%
31	东侧端横梁侧面	23	47	15	26.5	75%
32	西侧端横梁侧面	23	45	15	27.8	60%
33	东侧盖梁侧面 1	21	47	14	25.2	80%
34	西侧盖梁侧面 1	21	73	31	27.2	75%
35	东侧盖梁侧面 2	21	43	15	25.0	90%
36	西侧盖梁侧面 2	21	49	16	28.9	75%

根据测试结果可知，主桥钢筋保护层厚度合格率较低，局部保护层厚度与设计值相差较大，应采取相应的防护措施，以防止钢筋锈蚀，保证结构耐久性。

## 9 桥梁静力荷载试验检测结果

### 9.1 测试截面

本桥结构计算采用桥梁空间线性与非线性分析程序 MIDAS Civil V 2006，拱肋、系梁采用梁单元进行模拟，刚性吊杆采用桁架单元进行模拟，计算图式如图 9.1.1 所示。根据计算结果（详见图 9.1.2~9.1.4），桥梁设计中主要控制截

面为拱肋跨中 ( $1/2L$ )、四分点 ( $1/4L$ )、拱脚附近以及吊杆索力、系杆内力、横梁跨中内力。下承式系杆拱桥主要传力途径为：桥面活载等通过桥面系传至横梁，再由横梁两端的吊杆传到主拱圈（拱肋），因此拱肋、吊杆、横梁为主要受力构件，荷载试验主要测试这些构件在荷载作用下的应力、位移等响应和变化。本桥荷载试验选取系杆拱桥拱肋跨中、拱肋四分点 ( $1/4L$ )、拱脚处、系杆跨中、系杆四分点 ( $1/4L$ )、横梁跨中截面作为测试截面，同时测量荷载作用处吊杆的内力增量。

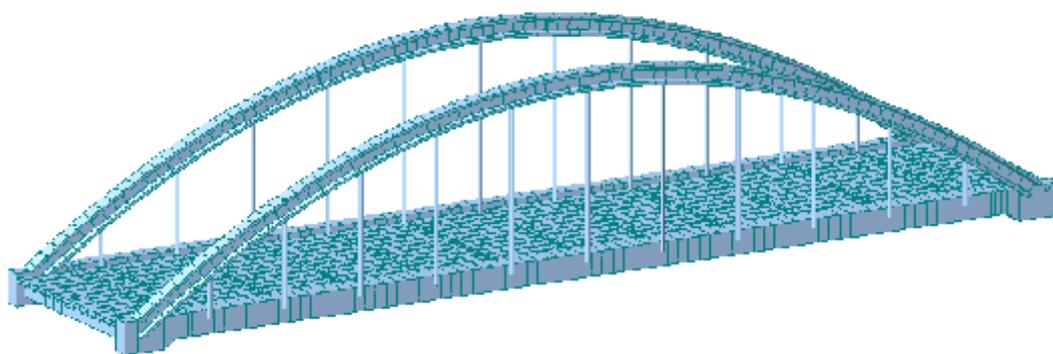


图 9.1.1 单元模型图

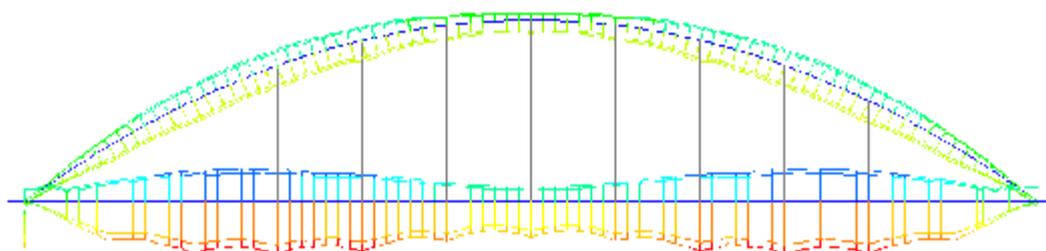


图 9.1.2 活载弯矩包络图

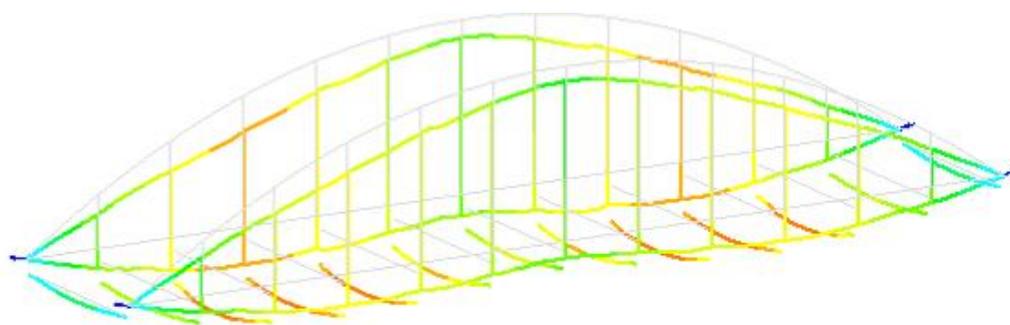


图 9.1.3 活载竖向最大位移图

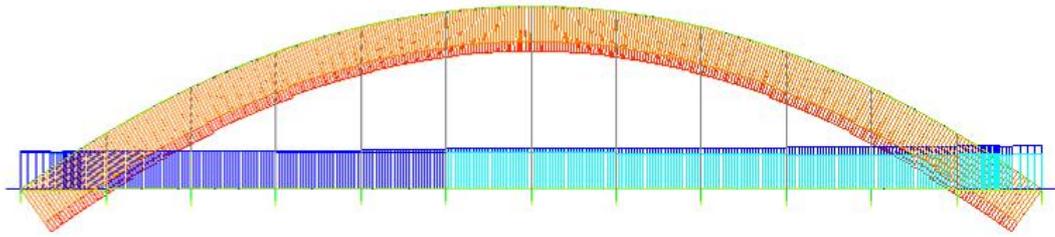
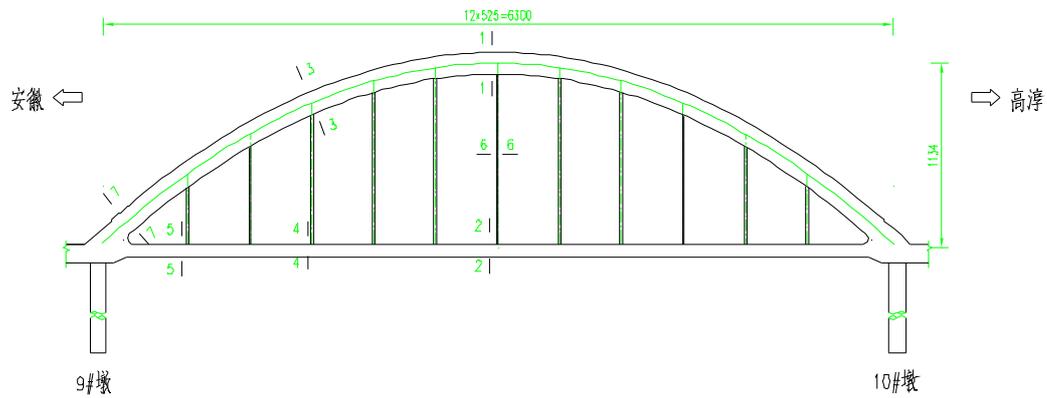
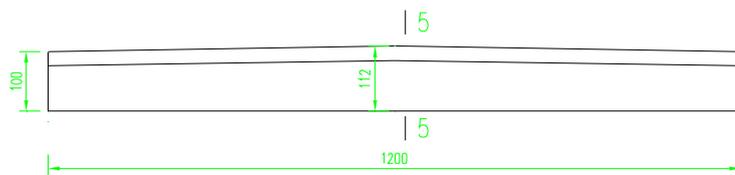


图 9.1.4 活载轴力包络图

各截面的测点布置见图 9.1.5。



A. 拱肋和吊杆



B. 横梁跨中截面

图 9.1.5 测试截面位置图

图 9.1 测试截面和测试项目表

截面编号	位 置	测试项目	备 注
1-1	拱肋跨中	挠度和应力	正弯矩控制
2-2	系杆跨中	挠度和应力	正弯矩控制
3-3	拱肋 (L/4)	挠度和应力	正、负弯矩控制
4-4	系杆 (L/4)	挠度和应力	正、负弯矩控制
5-5	1#吊杆对应处中横梁跨中截面	应力	正弯矩控制
6-6	6#吊杆	应力	轴力控制

7-7	拱脚	应力	负弯矩控制
-----	----	----	-------

## 9.2 应力测点布置

应力采用混凝土表面式电阻应变片测量。系杆拱桥的拱肋断面、系杆、横梁及吊杆断面应变测点布置示意图 9.2.1 如下（附注：由于吊杆外套钢管，吊杆钢绞线索力无法测试，仅以测试钢管应力 作为索力变化的参考）：

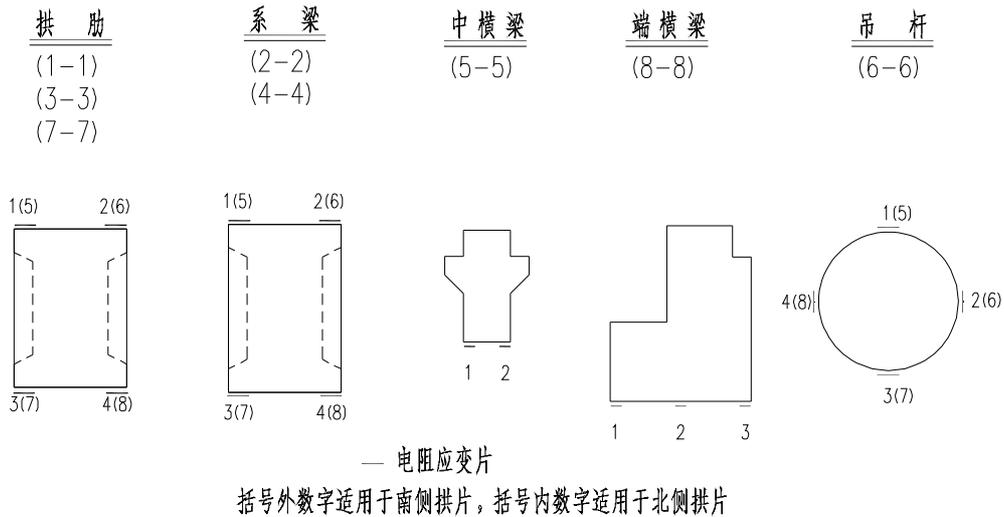


图 9.2.1 测试断面应变传感器布置图

## 9.3 位移测点布置

桥梁位移测量采用精密水准仪和全站仪进行测试。在桥面上，采用精密水准仪按工程二等水准测量要求对测试截面相应处桥面位移进行测量；同时采用全站仪按四测回测试拱肋截面在试验荷载作用下的位移。测点布置如下图所示：

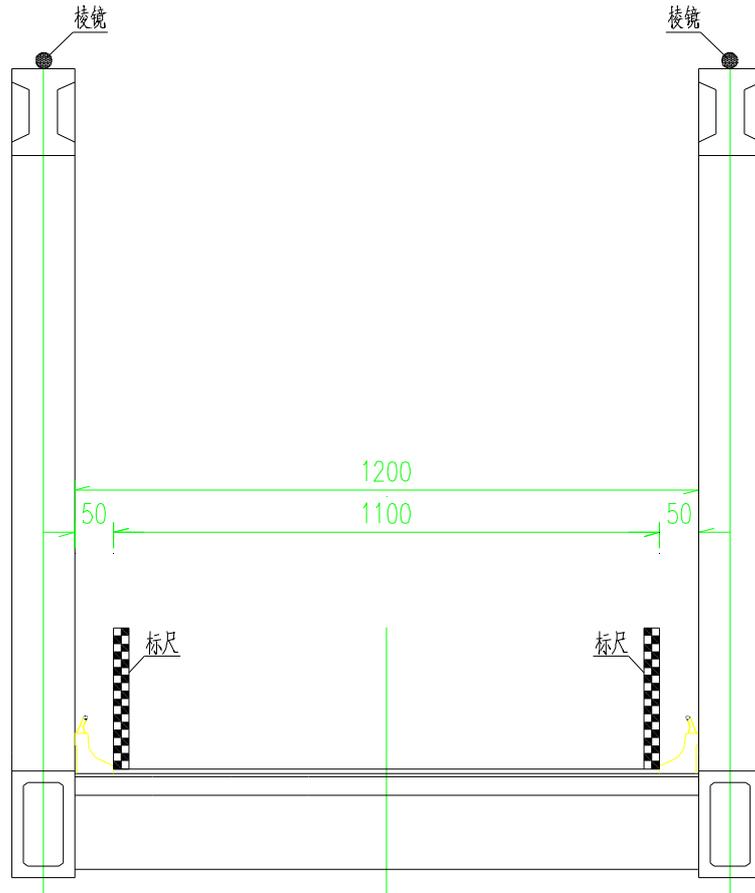


图 9.3.1 各截面位移测点横向布置

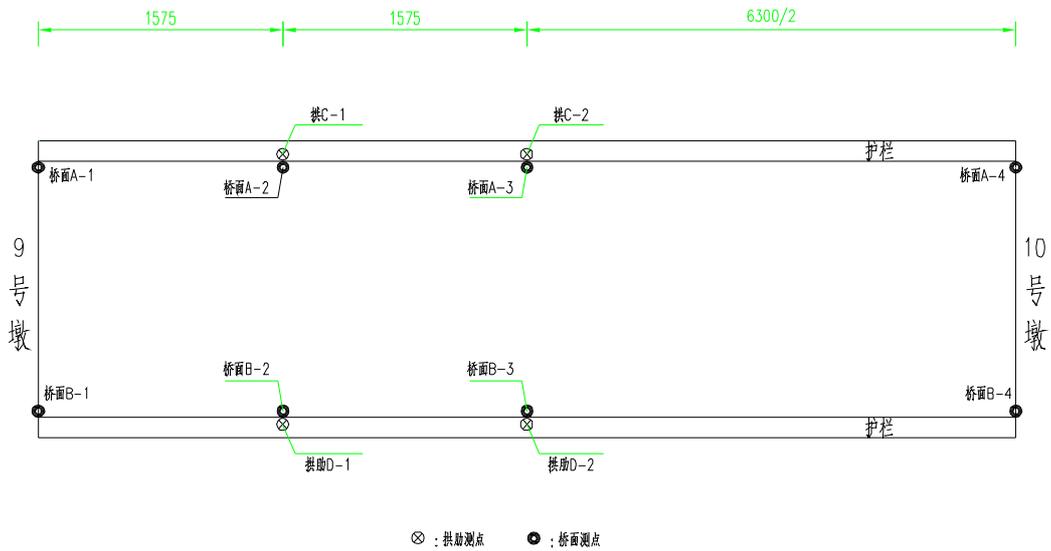


图 9.3.2 各截面位移测点纵向布置

## 9.4 加载车辆

车队纵向布置按各控制截面的影响线布载，控制截面的理论计算值（最大弯

矩或轴力)除以其在设计汽车荷载作用下的计算值得到荷载效率系数  $\eta$ ，由于实际车重的偏差以及设计理论计算中考虑多车道折减等因素，其荷载效率系数  $\eta$  可能偏离较大，在实际荷载试验中通过控制相应的加载车辆的数量及位置使该检验项目的荷载效率系数  $\eta$  满足： $0.8 \leq \eta \leq 1.05$ ，并尽可能使其荷载效率系数在  $0.9 \sim 1.0$  之间。

本次静载试验采用等效荷载法，由标准重 30t 的汽车组成的汽车车队进行加载。加载车辆进场前先称量每辆车的轴重并记录编号，要求车辆总重误差不超过 5%。试验时记录每个工况各加载车辆的位置图。

标准 30t 重车尺寸参数以及各车轴重量如图 9.4.1~9.4.2 所示：

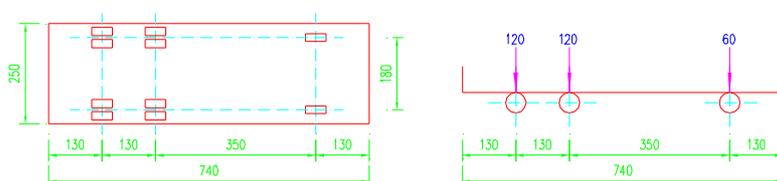


图 9.4.1 加载重车车型图 (1) (单位: kN、cm)

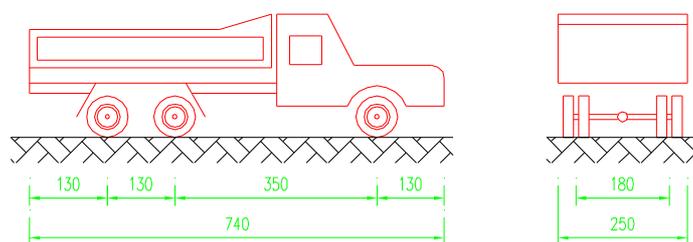


图 9.4.2 加载重车车型图 (2) (单位: kN、cm)

试验前各加载车辆的轴重进行称重，各加载车辆编号及轴重如表 9.4.1 所示：

表 9.4.1 加载重车轴重表

编号	车牌号	前轴 (t)	中轴 (t)	后轴 (t)	总重 (t)
1	9X061486	6.62	12.22	12.06	30.90
2	18482	5.43	12.05	12.02	29.50
3	05334	5.04	11.95	12.01	29.00

## 9.5 加载工况

采用桥梁结构 MIDAS/CIVIL 2006 计算软件进行结构计算，根据计算得到的

结构相应截面的内力影响线进行加载。

(1) 工况一：测试在试验荷载作用下 1-1 截面、2-2 截面、6-6 截面应力以及位移变化。

测试项目：测试在试验荷载作用下 1-1 截面、2-2 截面应力变化及 6-6 截面应力变化以及 A1、A3、A4、B1、B3、B4、C2、D2 位移测点位移变化。

各测试截面内力影响线如下图所示：

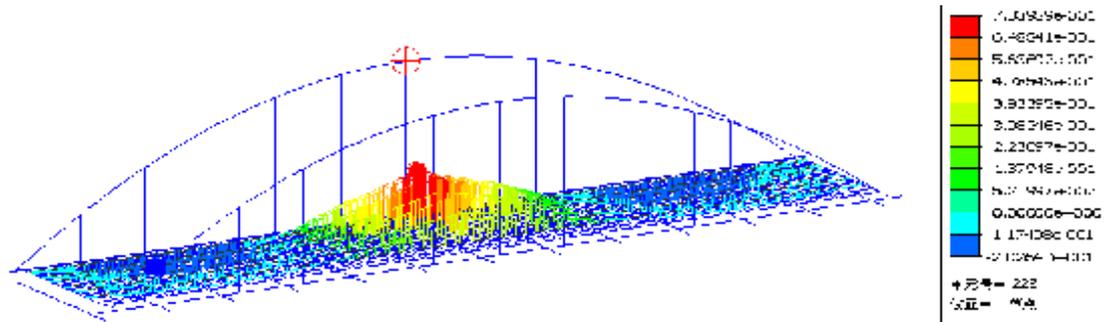


图 9.5.1 1-1 截面弯矩影响线

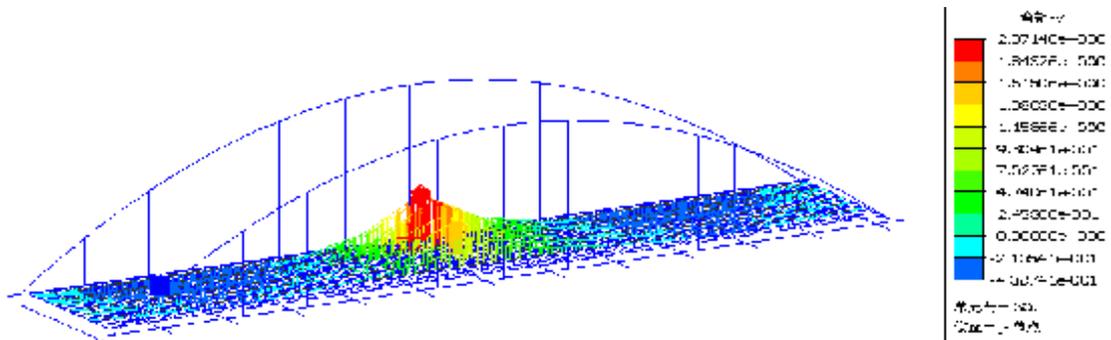


图 9.5.2 2-2 截面弯矩影响线

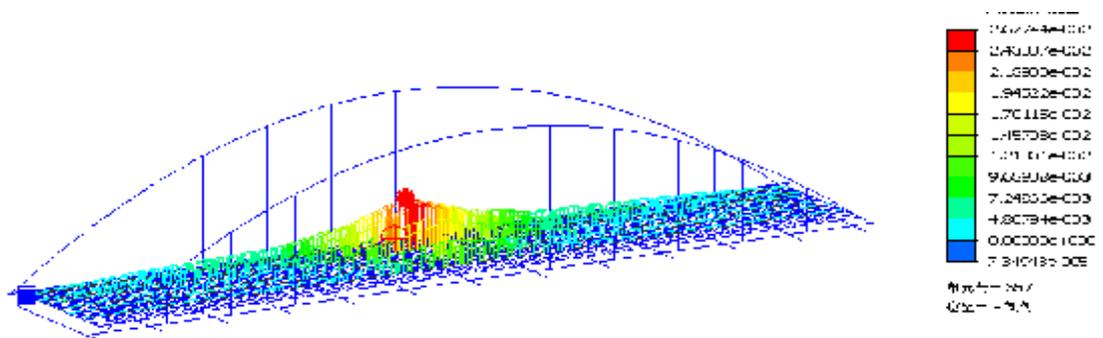


图 9.5.3 6-6 截面轴力影响线

根据截面的影响线对结构进行加载如下：

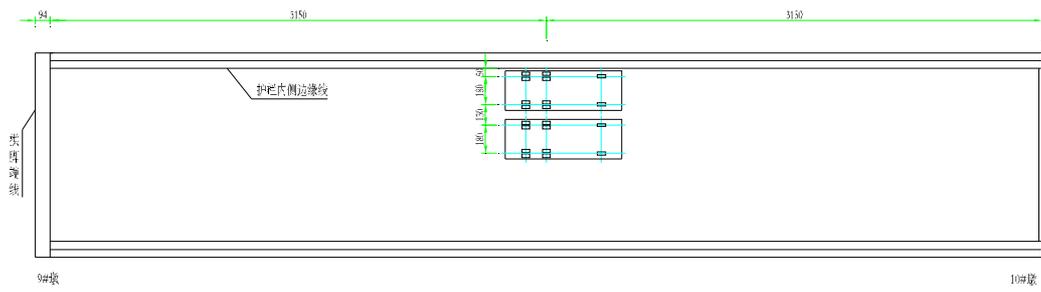


图 9.5.4 工况一加载车辆位置图

(2) 工况二：测试在试验荷载作用下 3-3、4-4 截面应力和位移。

测试项目：测试在试验荷载作用下 3-3、4-4 截面应力变化（正弯矩控制）以及 A1、A2、A4、B1、B2、B4、C1、D1 位移测点位移变化。

各测试截面内力影响线如下图所示：

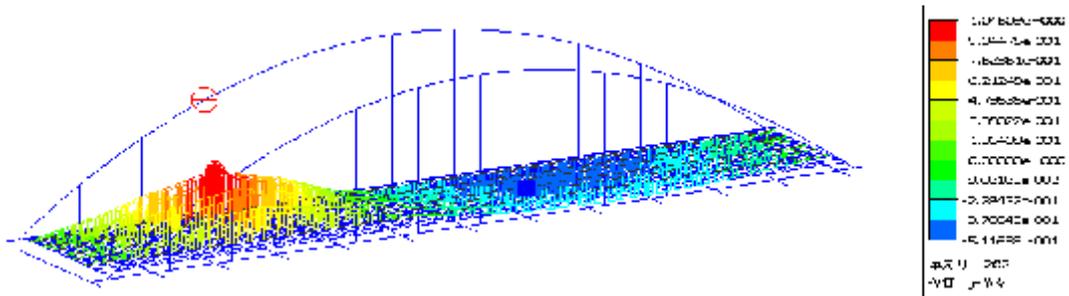


图 9.5.5 3-3 截面弯矩影响线

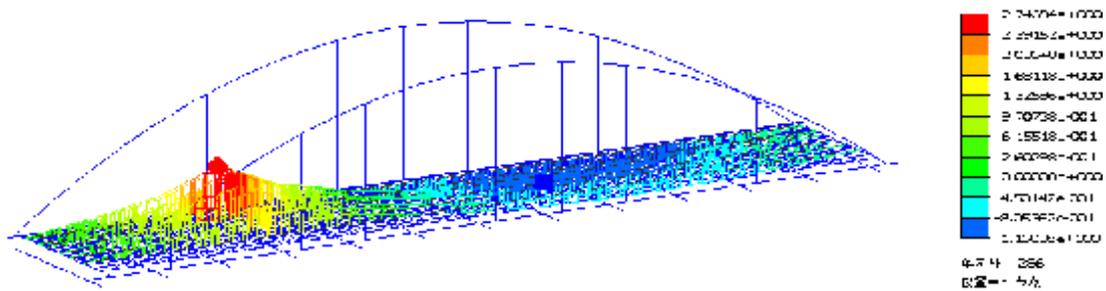


图 9.5.6 4-4 截面弯矩影响线

根据截面的影响线对结构进行加载如下：

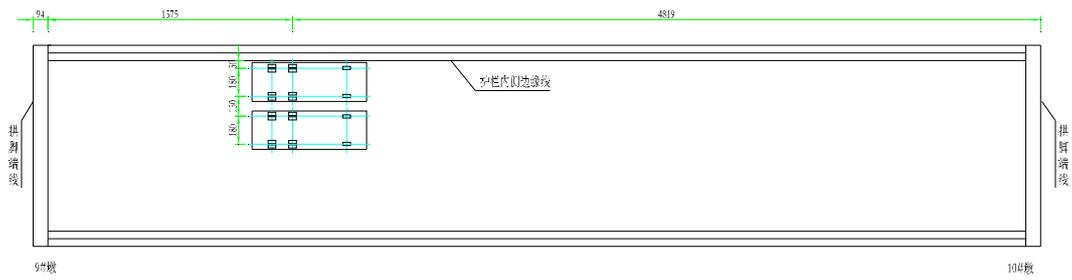


图 9.5.7 工况二加载车辆位置图

(3) 工况三：测试在试验荷载作用下 4-4、5-5 截面应力和位移。

测试项目：测试在试验荷载作用下 4-4、5-5 截面应力变化（负弯矩控制）以及 A1、A2、A4、B1、B2、B4、C1、D1 位移测点位移变化。

各测试截面内力影响线如上图 9.5.6~9.5.7 所示。

根据截面的影响线对结构进行加载如下：

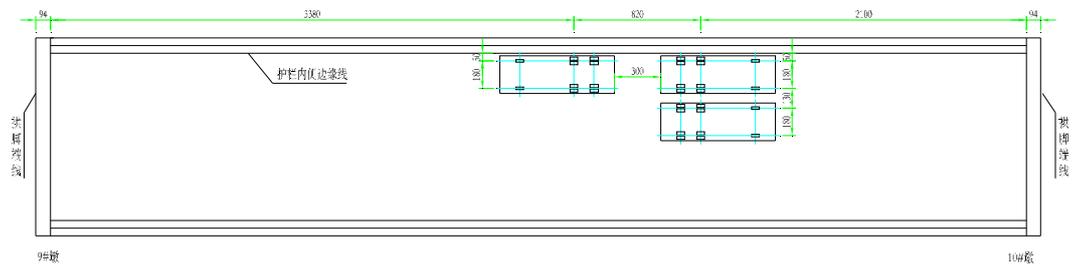


图 9.5.8 工况三加载车辆位置图

(4) 工况四：测试在试验荷载作用下 7-7 截面应力。

测试项目：测试在试验荷载作用下 7-7 截面的应力变化。

各测试截面内力影响线如下图所示：

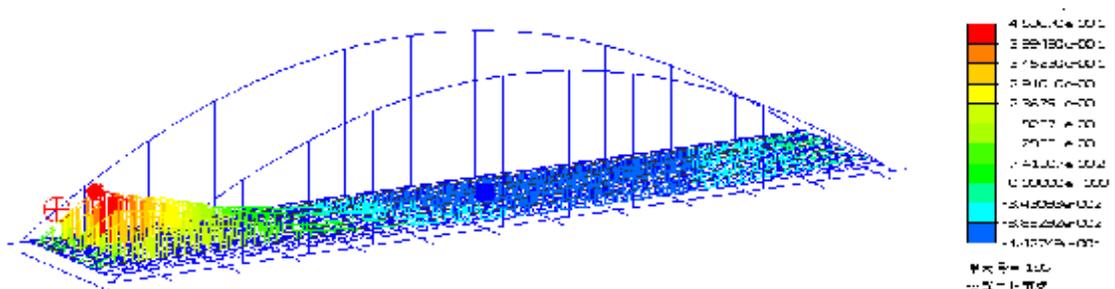


图 9.5.9 7-7 截面弯矩影响线

根据截面的影响线对结构进行加载如下：

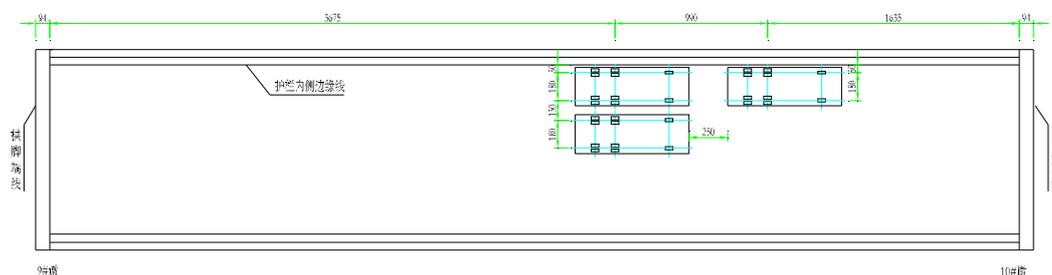


图 9.5.10 工况四加载车辆位置图

(5) 工况五：测试在试验荷载作用下 5-5 截面应力。

测试项目：测试在试验荷载作用下 5-5 截面的应力变化。

各测试截面内力影响线如下图所示：

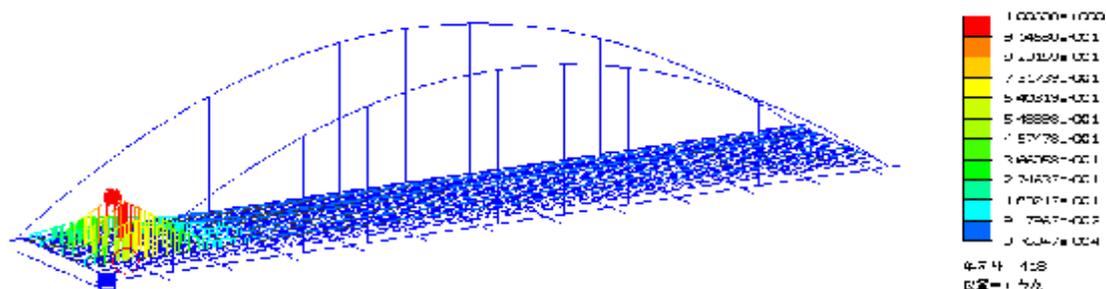


图 9.5.11 5-5 截面弯矩影响线

根据截面的影响线对结构进行加载如下：

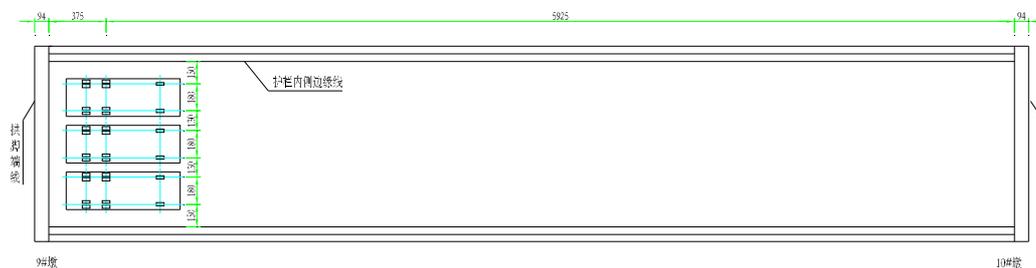


图 9.5.12 工况五加载车辆位置图

以上各种荷载工况的荷载效率系数如表 9.5.1 所示：

表 9.5.1 各加载截面的加载控制值及试验效率表

截面位置	设计活载效应值	试验荷载效应值	单位	试验荷载效率系数	加载工况	备注
1-1	763.40	653.20	kN×m	0.86	工况 1	正弯矩控制
	-7.41	-7.30	mm	0.99	工况 1	最小挠度控制
2-2	1102.11	939.00	kN×m	0.85	工况 1	正弯矩控制
	-8.32	-8.20	mm	0.99	工况 1	最小挠度控制
3-3	1324.02	1340.60	kN×m	1.01	工况 3	正弯矩控制
	8.88	7.10	mm	0.80	工况 2	最大挠度控制
	-942.36	-809.00	kN×m	0.86	工况 1	负弯矩控制
	-12.87	-13.50	mm	1.05	工况 3	最小挠度控制
4-4	1986.56	1732.40	kN×m	0.87	工况 3	正弯矩控制
	8.72	7.00	mm	0.80	工况 2	最大挠度控制
	-1199.68	-1065.20	kN×m	0.89	工况 1	负弯矩控制
	-13.56	-14.30	mm	1.05	工况 3	最小挠度控制
5-5	732.30	680.40	kN×m	0.93	工况 3	正弯矩控制
6-6	119.00	96.40	kN	0.81	工况 3	最大索力
7-7	496.36	401.60	kN×m	0.81	工况 4	正弯矩控制
	-340.07	-309.00	kN×m	0.91	工况 1	负弯矩控制
8-8	917.70	868.60	kN×m	0.95	工况 5	正弯矩控制

以上各工况荷载效率系数均满足 0.8~1.05 之间的要求。

## 9.6 试验工作的准备与试验过程

### 9.6.1 内业准备工作

内业工作在进场之前全部完成，主要包括仪器的标定、编制测试数据表格、应力测点和位移测点的布置及编号，加载分级的确定以及各工况各级加载结构的相应的响应（包括内力、应力和位移），全面的内业准备工作为荷载试验的顺利和安全的进行提供了可靠的技术数据保证。

### 9.6.2 现场的准备工作

2008 年 4 月 8 日试验人员进场进行试验的准备工作；开始进行测量放样，确定各测试截面的位置，确定各应力测点、位移测点准确位置。全部准备工作于 4 月 10 日傍晚结束。



图 9.6.1 工作人员现场布置应力和位移测点



图 9.6.2 布置好的应力和位移测点

4月9日上午完成了加载车辆位置的放样标记工作,把所有加载车的加载位置准确的标记于桥面上。4月10日下午项目组连接好应变片导线,并对所有的应变片进行调试,及时替换了存在问题的应变片。确保所有的仪器和仪表均处于正常工作状态。4月10日晚上10点荷载试验准时开始,于次日凌晨1点结束荷载试验。

### 9.6.3 试验加载分级控制及安全措施

为了加载安全和了解结构的应变和位移随试验荷载增加的变化关系,对桥梁荷载试验的各工况进行分级加载,根据加载车辆数量的不同,每一工况均分为二级或三级加载。

#### 1. 分级控制的原则

每级加载时,车辆荷载逐排驶入预定的加载位置,必要时在加载车辆未达到预定加载位置前分次对控制测点进行读数监控,以确保试验安全。

---

在安排分级加载时,要特别注意加载过程中其他截面内力增加不应超过控制荷载作用下的最大内力。采用分级加载方法,等到桥梁结构变形趋于稳定后,再增加下一级荷载,直至达到最大荷载后逐级卸载。

## 2. 车辆荷载分级加载的方法

加载时,车辆荷载一列一组驶入预定加载位置,待桥梁变形稳定后驶入下一组车辆荷载;卸载时同样逐级卸载,顺序与加载顺序相反。

## 3. 安全措施

对加载试验的控制点应随时观测,随时计算并将计算结果及时报告指挥人员,如实测值超过计算值较多,则应暂停加载,待查明原因后再决定是否继续加载。试验人员如发现其他测点的测值有较大的反常变化也应查找原因,并及时向指挥人员汇报。同时在加载过程中指定人员随时观测结构各部位是否产生新的裂缝。

## 9.6.4 测试方法

### 1. 应变测试方法

应变测试采用应变片,读数仪器采用 DH3815N 静态应变仪。

### 2. 挠度及位移测量方法

在桥面上,采用精密水准仪按工程二等水准测量要求对测试截面相应处桥面位移进行测量。同时采用全站仪按四测回测试拱肋截面在试验荷载作用下的位移。

## 9.7 静力荷载试验成果的整理与分析

### 9.7.1 桥梁状况的评定方法

主要通过以下指标来反映桥结构的相关工作性能:

---

## 1. 实测结构的校验系数 $x$

实测结构的校验系数  $x$  是挠度或应力试验值与理论计算值之比，他反映了结构的实际工作状态。

$$\text{对于应力值: } x = \frac{\text{实测应力}}{\text{理论应力}}; \text{ 对于挠度值: } x = \frac{\text{实测挠度}}{\text{理论挠度}};$$

实测结构校验系数是评定桥梁结构工作状态，确定桥梁承载能力的一个重要指标，一般要求校验系数  $x \leq 1$ 。

## 2. 相对残余变位或应变 $S'_p$

根据量测数据作下列计算：

$$\text{总变位（或总应变）: } S_t = S_l - S_i;$$

$$\text{弹性变位（或弹性应变）: } S_e = S_l - S_u;$$

$$\text{残余变位（或残余应变）: } S_p = S_t - S_e = S_u - S_i;$$

$$\text{相对残余变位或应变: } S'_p = \frac{S_p}{S_t} \times 100\%;$$

$$\text{其中: } \begin{cases} S_i \rightarrow \text{加载前测值;} \\ S_l \rightarrow \text{加载达到稳定时测试值;} \\ S_u \rightarrow \text{卸载后达到稳定时测试值;} \end{cases}$$

相对残余变位或应变小，说明主梁处于弹性工作状态。按规程要求，相对残余变形应小于 20%。

## 9.7.2 静载试验数据的整理和分析

### 9.7.2.1 工况一加载

(1). 工况一加载时 1-1 截面的应力数据分析

表 9.7.1 工况一加载 1-1 截面应力数据分析

编号	初读数	100%加载	卸载	总应力	弹性应力	平均值	理论值	应力校验	残余应力	相对残余应变
	( $\mu\epsilon$ )	( $\mu\epsilon$ )	( $\mu\epsilon$ )	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	系数	(MPa)	(%)
1-1	7	34	12	0.89	0.73	0.79	0.89	0.89	0.17	18.52
1-2	2	33	7	1.02	0.86				0.17	16.13
1-3	3	-33	6	-1.19	-1.29	-1.19	-1.76	0.68	0.10	8.33
1-4	0	-30	3	-0.99	-1.09				0.10	10.00
1-5	2	12	1	0.33	0.36	0.33	0.52	0.63	-0.03	10.00
1-6	2	10	1	0.26	0.30				-0.03	12.50
1-7	5	-19	6	-0.79	-0.83	-0.78	-0.93	0.83	0.03	4.17
1-8	-1	-20	2	-0.63	-0.73				0.10	15.79

注：规定拉应力为正，压应力为负，下同。

(2). 工况一加载时 2-2 截面的应力数据分析

表 9.7.2 工况一加载 2-2 截面应力数据分析

编号	初读数	100%加载	卸载	总应力	弹性应力	平均值	理论值	应力校验	残余应力	相对残余应变
	( $\mu\epsilon$ )	( $\mu\epsilon$ )	( $\mu\epsilon$ )	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	系数	(MPa)	(%)
2-1	0	40	2	1.40	1.33	1.37	2.43	0.56	0.07	5.00
2-2	0	45	5	1.58	1.40				0.18	11.11
2-3	0	-30	2	-1.05	-1.12	-0.96	-1.75	0.55	0.07	6.67
2-4	0	-20	3	-0.70	-0.81				0.11	15.00
2-5	-2	30	1	1.12	1.02	0.98	1.39	0.71	0.11	9.38
2-6	0	25	-2	0.88	0.95				-0.07	8.00
2-7	0	-17	1	-0.60	-0.63	-0.68	-0.84	0.81	0.04	5.88
2-8	0	-19	2	-0.67	-0.74				0.07	10.53

(3). 工况一加载时 6-6 截面的应力数据分析

表 9.7.3 工况一加载 6-6 截面应力数据分析

编号	初读数	100%加载	卸载	总应力	弹性应力	平均值	理论值	应力校验	残余应力	相对残余应变
	( $\mu\epsilon$ )	( $\mu\epsilon$ )	( $\mu\epsilon$ )	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	系数	(MPa)	(%)
6-1	0	28	0	5.60	5.60	5.50	10.67	0.52	0.00	0.00
6-2	0	27	0	5.40	5.40				0.00	0.00
6-3	-1	22	2	4.60	4.00	3.10	5.14	0.60	0.06	1.30
6-4	0	15	4	3.00	2.20				0.08	2.67

(4). 工况一加载时 1-1 截面挠度数据分析

表 9.7.4 工况一加载 1-1 截面挠度数据分析

测点	初读数 (m)	100%加载 (m)	总位移 (mm)	卸载 (m)	弹性位移 (mm)	理论值 (mm)	位移校验 系数	相对残余变位 (%)
1-1	16.709	16.705	-4.00	16.710	-4.50	-4.89	0.92	-12.50
1-2	16.689	16.687	-2.00	16.689	-2.00	-2.82	0.71	0.00

注：本初读数数字为自定义，与大地标高无关。

(5). 工况一加载时 2-2 截面挠度数据分析

表 9.7.5 工况一加载 2-2 截面挠度数据分析

测点	初读数 (m)	100%加载 (m)	总位移 (mm)	卸载 (m)	弹性位移 (mm)	理论值 (mm)	位移校验 系数	相对残余变位 (%)
2-1	10.000	9.9949	-5.10	10.000	-5.10	-5.68	0.90	0.00
2-2	10.000	9.9977	-2.30	10.000	-2.30	-3.13	0.73	0.00

注：本初读数数字为自定义，与大地标高无关。

由上各表知，工况一加载下各截面应力校验系数均小于 1.0，挠度校验系数小于 1，结构满足荷载试验规程的要求；相对残余应变和相对残余变位均小于 20%，结构处于弹性工作阶段。

### 9.7.2.2 工况二加载

(1). 工况二加载时 3-3 截面的应力数据分析

表 9.7.6 工况二加载 3-3 截面应力数据分析

编号	初读数	100%加载	卸载	总应力	弹性应力	平均值	理论值	应力校验	残余应力	相对残余应变
	( $\mu\epsilon$ )	( $\mu\epsilon$ )	( $\mu\epsilon$ )	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	系数	(MPa)	(%)
3-1	-3	20	-6	0.76	0.86	0.89	1.64	0.54	-0.10	13.04
3-2	-6	21	-7	0.89	0.92				-0.03	3.70
3-3	0	-38	0	-1.25	-1.25	-1.27	-2.39	0.53	0.00	0.00
3-4	0	-41	-2	-1.35	-1.29				-0.07	4.88
3-5	0	28	0	0.92	0.92	0.99	1.09	0.91	0.00	0.00
3-6	0	35	3	1.16	1.06				0.10	8.57
3-7	0	-35	2	-1.16	-1.22	-1.32	-1.43	0.92	0.07	5.71
3-8	0	-39	4	-1.29	-1.42				0.13	10.26

(2). 工况二加载时 4-4 截面的应力数据分析

表 9.7.7 工况二加载 4-4 截面应力数据分析

编号	初读数	100%加载	卸载	总应力	弹性应力	平均值	理论值	应力校验	残余应力	相对残余应变
	( $\mu\epsilon$ )	( $\mu\epsilon$ )	( $\mu\epsilon$ )	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	系数	(MPa)	(%)
4-1	-3	35	-8	1.33	1.51	1.72	3.41	0.50	-0.18	13.16
4-2	-1	49	-6	1.75	1.93				-0.18	10.00
4-3	0	-41	-2	-1.44	-1.37	-1.52	-3	0.51	-0.07	4.88
4-4	0	-51	-3	-1.79	-1.68				-0.11	5.88
4-5	0	61	2	2.14	2.07	1.86	2.21	0.84	0.07	3.28
4-6	0	53	6	1.86	1.65				0.21	11.32
4-7	0	-26	1	-0.91	-0.95	-0.98	-1.67	0.59	0.04	3.85
4-8	0	-27	2	-0.95	-1.02				0.07	7.41

(3). 工况二加载时 3-3 截面挠度数据分析

表 9.7.8 工况二加载 3-3 截面挠度数据分析

测点	初读数 (m)	100%加载 (m)	总位移 (mm)	卸载 (m)	弹性位移 (mm)	理论值 (mm)	位移校验系数	相对残余变位 (%)
3-1	13.915	13.908	-7.00	13.915	-7.00	-9.74	0.72	0.00
3-2	13.823	13.817	-6.00	13.823	-6.00	-6.55	0.92	0.00

注：本初读数数字为自定义，与大地标高无关。

(4). 工况二加载时 4-4 截面挠度数据分析

表 9.7.9 工况二加载 4-4 截面挠度数据分析

测点	初读数 (m)	100%加载 (m)	总位移 (mm)	卸载 (m)	弹性位移 (mm)	理论值 (mm)	位移校验系数	相对残余变位 (%)
4-1	10.000	9.9928	-7.20	10.001	-8.20	-10.27	0.80	-13.89
4-2	10.000	9.9955	-4.50	10.000	-4.50	-6.76	0.67	0.00

注：本初读数数字为自定义，与大地标高无关。

由上各表知，工况二加载下 3-3 和 4-4 截面挠度校验系数小于 1，结构满足荷载试验规程的要求；相对残余变位均小于 20%，结构处于弹性工作阶段。

### 9.7.2.3 工况三加载

#### (1). 工况三加载时 3-3 截面的应力数据分析

表 9.7.10 工况三加载 3-3 截面应力数据分析

编号	初读数	100%加载	卸载	总应力	弹性应力	平均值	理论值	应力校验	残余应力	相对残余应变
	( $\mu\epsilon$ )	( $\mu\epsilon$ )	( $\mu\epsilon$ )	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	系数	(MPa)	(%)
3-1	-10	-36	-6	-0.86	-0.99	-1.27	-2.36	0.54	0.13	15.38
3-2	2	-39	8	-1.35	-1.55				0.20	14.63
3-3	0	23	4	0.76	0.63	0.58	0.97	0.60	0.13	17.39
3-4	0	17	1	0.56	0.53				0.03	5.88
3-5	0	-25	0	-0.83	-0.83	-0.94	-1.32	0.71	0.00	0.00
3-6	0	-32	0	-1.06	-1.06				0.00	0.00
3-7	2	22	0	0.66	0.73	0.58	0.81	0.71	-0.07	10.00
3-8	0	15	2	0.50	0.43				0.07	13.33

#### (2). 工况三加载时 4-4 截面的应力数据分析

表 9.7.11 工况三加载 4-4 截面应力数据分析

编号	初读数	100%加载	卸载	总应力	弹性应力	平均值	理论值	应力校验	残余应力	相对残余应变
	( $\mu\epsilon$ )	( $\mu\epsilon$ )	( $\mu\epsilon$ )	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	系数	(MPa)	(%)
4-1	0	-34	0	-1.19	-1.19	-1.49	-2.23	0.67	0.00	0.00
4-2	0	-58	-7	-2.03	-1.79				-0.25	12.07
4-3	2	48	6	1.61	1.47	1.70	3	0.57	0.14	8.70

编号	初读数	100%加载	卸载	总应力	弹性应力	平均值	理论值	应力校验	残余应力	相对残余应变
	( $\mu\epsilon$ )	( $\mu\epsilon$ )	( $\mu\epsilon$ )	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	系数	(MPa)	(%)
4-4	7	59	4	1.82	1.93				-0.11	5.77
4-5	0	-25	2	-0.88	-0.95	-1.07	-1.19	0.90	0.07	8.00
4-6	0	-32	2	-1.12	-1.19				0.07	6.25
4-7	-1	37	0	1.33	1.30	1.42	2.03	0.70	0.04	2.63
4-8	0	48	4	1.68	1.54				0.14	8.33

(3). 工况三加载时 3-3 截面挠度数据分析

表 9.7.12 工况三加载 3-3 截面挠度数据分析

测点	初读数 (m)	100%加载 (m)	总位移 (mm)	卸载 (m)	弹性位移 (mm)	理论值 (mm)	位移校验系数	相对残余变位 (%)
3-1	13.915	13.919	4.00	13.915	4.50	7.33	0.61	-12.50
3-2	13.823	13.826	3.00	13.823	3.00	5.18	0.58	0.00

注：本初读数数字为自定义，与大地标高无关。

(4). 工况三加载时 4-4 截面挠度数据分析

表 9.7.13 工况三加载 4-4 截面挠度数据分析

测点	初读数 (m)	100%加载 (m)	总位移 (mm)	卸载 (m)	弹性位移 (mm)	理论值 (mm)	位移校验系数	相对残余变位 (%)
4-1	10.000	10.0054	5.40	10.001	4.40	7.05	0.62	18.52
4-2	10.000	10.0042	4.20	10.000	4.20	5.10	0.82	0.00

注：本初读数数字为自定义，与大地标高无关。

由上各表知，工况三加载下各截面应力校验系数均小于 1.0，挠度校验系数小于 1，结构满足荷载试验规程的要求；相对残余应变和相对残余变位均小于 20%，结构处于弹性工作阶段。

#### 9.7.2.4 工况四加载

工况四加载时 7-7 截面的应力数据分析

表 9.7.14 工况四加载 7-7 截面应力数据分析

编号	初读数	100%加载	卸载	总应力	弹性应力	平均值	理论值	应力校验	残余应力	相对残余应变
	( $\mu\epsilon$ )	( $\mu\epsilon$ )	( $\mu\epsilon$ )	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	系数	(MPa)	(%)
7-1	0	-25	0	-0.83	-0.83	-0.74	-1.46	0.51	0.00	0.00
7-2	0	-19	1	-0.63	-0.66				0.03	5.26
7-3	0	-9	-1	-0.30	-0.26	-0.26	-0.33	0.80	-0.03	11.11
7-4	0	-7	1	-0.23	-0.26				0.03	14.29
7-5	0	-19	1	-0.63	-0.66	-0.69	-0.74	0.94	0.03	5.26
7-6	0	-27	-5	-0.89	-0.73				-0.17	18.52
7-7	1	3	1	0.07	0.07	0.08	0.1	0.83	0.00	0.00
7-8	0	3	0	0.10	0.10				0.00	0.00

由上表知，工况四加载下 7-7 截面应力校验系数均小于 1.0，结构满足荷载试验规程的要求；相对残余应变小于 20%，结构处于弹性工作阶段。

### 9.7.2.5 工况五加载

#### (1). 工况五加载时 5-5 截面的应力数据分析

表 9.7.15 工况五加载 5-5 截面应力数据分析

编号	初读数	100%加载	卸载	总应力	弹性应力	平均值	理论值	应力校验	残余应力	相对残余应变
	( $\mu\epsilon$ )	( $\mu\epsilon$ )	( $\mu\epsilon$ )	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	系数	(MPa)	(%)
5-1	-2	78	0	2.64	2.57	2.44	4.74	0.52	0.07	2.50
5-2	0	71	1	2.34	2.31				0.03	1.41
5-3	0	-35	-1	-1.16	-1.12	-1.19	-2.11	0.56	-0.03	2.86
5-4	0	-40	-2	-1.32	-1.25				-0.07	5.00

#### (2). 工况五加载时 5-5 截面挠度数据分析

表 9.7.16 工况五加载 5-5 截面挠度数据分析

测点	初读数 (m)	100%加载 (m)	总位移 (mm)	卸载 (m)	弹性位移 (mm)	理论值 (mm)	位移校验系数	相对残余变位 (%)
5-1	10.000	10.0030	3.00	10.000	3.00	3.54	0.85	0.00

注：本初读数数字为自定义，与大地标高无关。

由上各表知，工况五加载下各截面应力校验系数均小于 1.0，挠度校验系数小于 1，结构满足荷载试验规程的要求；相对残余应变和相对残余变位均小于 20%，结构处于弹性工作阶段。

---

## 10 主桥评定结果

根据《公路桥涵养护规范》(JTG H11-2004)检查评定的有关要求,桥梁一般评定采用两种方法实施:

- 一、对重要部件病害严重的桥梁,按重要部件最差的缺损状况进行评定。
- 二、对于一般病害的桥梁,则采用桥梁各部件权重综合评定方法进行评定。

根据缺损程度(大小、多少或轻重)、缺损对结构使用功能的影响程度(无、小、大)和缺损发展状况(趋向稳定、发展缓慢、发展较快)等三个方面,以累加评分方法对各部件缺损状况做出等级评定,然后按照养护规范对桥梁各部件的推荐权值及综合评定方法做出最终全桥总体技术状况评定。

下表 10.1 和表 10.2 是桥梁部件缺损状况评定方法和推荐的桥梁各部件权重及综合评定方法。

表 10.1 桥梁各部件缺损状况评定方法

缺损状况及标度			组合评定标准					
缺损程度及标度		程 度	小 大 少 多 轻度 严重					
			标度	0	1	2		
缺损对结构使用功能影响	无、不重要	0	0	1	2			
	小、次要	+1	1	2	3			
	大、重要	+2	2	3	4			
以上两项评定组合标度			0	1	2	3	4	
缺损发展变化情况的修正	趋向稳定	-1	0	1	2	3		
	发展缓慢	0	1	2	3	4		
	发展较快	+1	1	2	3	4	5	
最终评定结果			0	1	2	3	4	5
桥梁技术状况及分类		完好 良好 较好 较差 差的 危险						
		一类 二类 三类 四类 五类						

注：“0”表示完好状态，或表示没有设置的构造部件。当缺损程度标度为“0”时，不再进行叠加；“5”表示危险状态，或表示原未设置，而调查表明需要补设的部件。

根据桥梁技术状况评定等级分为一类、二类、三类、四类、五类，各类桥梁的主要养护对策如下：

一类桥梁：进行正常养护；

二类桥梁：需进行小修；

三类桥梁：需进行中修，酌情进行交通管制；

---

四类桥梁:需进行大修或改造,及时进行交通管制,如限载、限速通过,当缺损较严重时应关闭交通;

五类桥梁:需要进行改建或重建,及时关闭交通。

表 10.2 推荐的桥梁各部件权重及综合评定方法

部件	部件名称	权重 $W_i$	桥梁技术状况评定方法
1	翼墙、耳墙	1	<p>(1)综合评定采用下列计算式</p> $D_r = 100 - \sum_{i=1}^n R_i W_i / 5$ <p>式中：<math>R_i</math>-按表 1.1 方法对各部件确定的评定标准(0—5)；</p> <p><math>W_i</math>—各部件权重，<math>\sum W_i = 100</math>；</p> <p><math>D_r</math>—全桥结构技术状况评分(0—100)；评分高表示结构状况良好，缺损少。</p> <p>(2)评定分类采用下列界限</p> <p><math>D_r \geq 88</math>      一类</p> <p><math>88 &gt; D_r \geq 60</math>      二类</p> <p><math>60 &gt; D_r \geq 40</math>      三类</p> <p><math>40 &gt; D_r</math>      四类五类</p> <p><math>D_r \geq 60</math> 的桥梁，并不排除其中有评定标度 <math>R_i \geq 3</math> 的部件，仍有维修的需要。</p>
2	锥坡、护坡	1	
3	桥台及基础	23	
4	桥墩及基础	24	
5	地基冲刷	8	
6	支座	3	
7	上部主要承重构件	20	
8	上部一般承重构件	5	
9	桥面铺装	1	
10	桥头及路堤连接部	3	
11	伸缩缝	3	
12	人行道	1	
13	栏杆、护栏	1	
14	灯具、标志	1	
15	排水设施	1	
16	调治构造物	3	
17	其他	1	

根据上述评定方法，对桥梁检查数据进行汇总、评分，见表 10.3。根据评定结果，该桥为三类桥，需要进行中修，酌情进行交通管制。

表 10.3 全桥结构技术状况评分

部件	部件名称	缺损程度及标度	缺损对结构使用功能的影响程度	缺损发展变化状况的修正	最终评定结果 (R <sub>i</sub> )	各部件权重 (W <sub>i</sub> )	$R_i \cdot W_i / 5$	全桥结构技术状况评分	桥梁评定分类
1	翼墙、耳墙	0	0	0	0	1	0	54.8	三类
2	锥坡、护坡	0	0	0	0	1	0		
3	桥台及基础	0	0	0	0	0	0		
4	桥墩及基础	1	1	1	3	47	28.2		
5	地基冲刷	0	0	0	0	8	0		
6	支座	0	0	0	0	3	0		
7	上部主要承重构件	2	2	0	4	20	16		
8	上部一般承重构件	0	0	0	0	5	0		
9	桥面铺装	1	1	1	3	1	0.6		
10	桥头与路基连接部	0	0	0	0	3	0		
11	伸缩缝	0	0	0	0	3	0		
12	人行道	0	0	0	0	1	0		
13	栏杆、护栏	1	1	0	2	1	0.4		
14	灯具、标志	0	0	0	0	1	0		
15	排水设施	0	0	0	0	1	0		
16	调治构造物	0	0	0	0	3	0		
17	其他	0	0	0	0	1	0		

## 11 主要结论

### 11.1 桥梁外观检查结论

1、经检测，水阳江大桥主桥的拱肋混凝土表面粗糙，局部夹杂红砖、木块，整体质量较差；局部粗骨料外露，多处露筋、破损。

2、系梁混凝土表面粗糙，整体质量较差，局部露筋。

3、吊杆不锈钢管防腐质量较好，吊杆端部钢板锈蚀。

4、桥面混凝土铺装层磨损较严重，局部破损、开裂。

5、防撞护栏钢管局部锈蚀。

6、主墩局部环向露筋，盖梁局部露筋并有水迹。

---

## 11.2 无损检测结论

1、经检测，构件的混凝土实测强度与设计强度相比较，水阳江大桥主桥系梁、拱肋混凝土强度偏低，达不到原设计要求的标号，横梁、盖梁混凝土强度基本合格；混凝土表面碳化深度 1.0~2.0mm；

2、根据测试结果可知，水阳江大桥主桥钢筋保护层厚度合格率较低，局部保护层厚度与设计值相差较大，应采取相应的防护措施，以防止钢筋锈蚀，保证结构耐久性。

## 11.3 静载试验检测结论

1、各测试截面的应力校验系数  $x$  均小于 1，满足相关规范的要求。

2、各挠度测试截面的挠度校验系数  $x$  均小于 1，结构的刚度满足设计的要求，刚度较好。

3、各测试截面的相对残余变位和相对残余应力均小于 20%，说明主梁处于弹性工作状态。

## 12 养护和维修建议

根据检测结果，水阳江大桥主桥的养护和维修建议如下：

1、根据本桥一般评定结果，该桥为三类桥，需要进行中修，酌情进行交通管制。

2、根据无损检测结果，本桥主桥主要承重构件系梁和拱肋混凝土强度偏低，荷载试验结果表明位移校验系数最大达 0.92，接近 1.0，建议对本桥进行结构安全评估，确定当前状况下的实际承载能力是否满足正常使用要求。

3、对主桥系梁、拱肋混凝土破损处进行修补，其中有钢筋锈蚀处，先进行钢筋的除锈、阻锈处理，然后进行混凝土修补；对主墩及盖梁露筋处进行除锈防锈处理，然后进行混凝土修补。

- 
- 4、对主桥拱肋及系梁涂刷混凝土保护涂料，以增加结构的耐久性。
  - 5、对护栏钢管及吊杆端部钢板锈蚀处进行除锈、阻锈处理。
  - 6、对桥面混凝土铺装层破损、开裂处进行修补。
  - 7、严格按照设计荷载汽车-20级，挂车-100的要求进行限载。
  - 8、加强桥梁定期检查，按照《公路桥涵养护规范》规定，定期检查周期根据技术状况确定，最长不超过3年，建议每2年检查一次。

---

## 13 附件

### 13.1 附件一：全桥回弹测试原始数据

总构件数：14

测区总数：140

有效构件总数：14

有效测区总数：140

构件名称: 北侧系梁顶面

构件有效性: 有效

强度等级: C50

测区数: 10

测试角度: -90

测试面类型: 表面

混凝土类型: 非泵送

构件碳化深度平均值: 2.0mm

各测区强度平均值: 44.6MPa

各测区强度标准差: 3.90MPa

各测区强度最小值: 40.0MPa

构件推定强度: 38.2MPa

测区	16个回弹值															碳化(mm)	平均回弹	修正回弹	换算强度	强度	
1	42	41	41	44	42	43	50	44	42	44	44	42	44	42	42	42	2.0	42.7	45.6	44.4	44.4
2	44	40	43	42	42	43	41	42	43	43	43	41	42	44	43	43	2.0	42.6	45.5	44.2	44.2
3	41	39	40	39	41	38	41	45	37	40	42	41	45	35	39	40	2.0	40.1	43.3	40.0	40.0
4	42	42	45	40	35	40	43	41	45	46	40	40	39	37	38	42	2.0	40.9	44.0	41.3	41.3
5	44	39	42	39	40	42	44	42	47	42	40	44	36	38	42	39	2.0	41.2	44.3	41.9	41.9
6	47	43	39	39	47	38	40	45	41	41	41	45	44	43	42	45	2.0	42.5	45.4	44.0	44.0
7	46	48	44	44	37	36	43	36	44	43	42	39	40	42	36	36	2.0	41.0	44.1	41.5	41.5
8	45	47	52	47	43	51	45	47	48	48	44	45	45	47	44	45	2.0	46.1	48.8	50.9	50.9
9	43	45	53	42	44	42	45	45	42	46	43	46	48	42	47	39	2.0	44.1	46.9	47.0	47.0
10	45	46	45	43	43	44	50	47	51	45	46	44	49	49	49	46	2.0	46.2	48.9	51.1	51.1

构件名称: 南侧系梁顶面  
 构件有效性: 有效  
 强度等级: C50  
 测区数: 10  
 测试角度: -90  
 测试面类型: 表面  
 混凝土类型: 非泵送  
 构件碳化深度平均值: 2.0mm  
 各测区强度平均值: 45.7MPa  
 各测区强度标准差: 3.47MPa  
 各测区强度最小值: 38.5MPa  
 构件推定强度: 40.0MPa

测区	16个回弹值															碳化(mm)	平均回弹	修正回弹	换算强度	强度	
1	46	46	46	46	47	48	45	47	46	47	43	42	43	47	42	41	2.0	45.5	48.3	49.8	49.8
2	45	43	41	45	38	43	43	44	44	43	43	43	43	45	42	41	2.0	43.1	46.0	45.2	45.2
3	47	45	44	39	41	39	44	44	44	44	43	44	40	41	41	43	2.0	42.9	45.8	44.8	44.8
4	42	36	42	43	37	36	37	38	35	39	38	43	43	42	40	35	2.0	39.1	42.5	38.5	38.5
5	41	40	40	41	37	41	45	44	45	46	41	22	44	40	40	46	2.0	41.7	44.6	42.4	42.4
6	41	50	42	40	42	42	41	42	48	44	41	44	42	50	45	43	2.0	42.7	45.6	44.4	44.4
7	50	45	40	47	47	40	46	50	39	47	41	39	39	50	47	50	2.0	45.0	47.8	48.8	48.8
8	48	41	43	45	45	47	42	46	40	41	41	47	43	42	41	48	2.0	43.5	46.3	45.7	45.7
9	40	42	48	49	47	43	45	41	43	45	40	47	46	46	48	48	2.0	45.2	48.0	49.2	49.2
10	40	43	41	41	44	50	42	47	51	48	43	49	45	44	44	45	2.0	44.5	47.3	47.8	47.8

构件名称: 北侧系梁底面

构件有效性: 有效

强度等级: C50

测区数: 10

测试角度: 90

测试面类型: 表面

混凝土类型: 非泵送

构件碳化深度平均值: 2.0mm

各测区强度平均值: 32.8MPa

各测区强度标准差: 1.53MPa

各测区强度最小值: 30.8MPa

构件推定强度: 30.3MPa

测区	16个回弹值																碳化(mm)	平均回弹	修正回弹	换算强度	强度
1	45	41	42	40	42	40	40	41	43	40	41	46	47	45	44	45	2.0	42.4	39.1	33.2	33.2
2	46	46	40	45	39	43	45	46	41	43	43	40	44	43	43	43	2.0	43.3	40.0	34.5	34.5
3	43	46	45	45	42	42	42	43	41	41	42	40	44	42	42	40	2.0	42.3	39.1	33.2	33.2
4	48	43	40	42	40	40	41	47	39	37	40	42	45	48	40	49	2.0	42.0	38.8	32.7	32.7
5	48	49	46	46	44	42	44	50	45	40	41	41	41	45	45	46	2.0	44.4	41.0	36.0	36.0
6	45	39	36	45	36	40	43	45	36	40	41	44	43	44	42	43	2.0	41.9	38.7	32.6	32.6
7	42	38	45	44	45	44	40	45	38	35	44	44	37	37	40	42	2.0	41.6	38.4	32.1	32.1
8	44	35	39	39	44	43	42	35	42	43	43	41	43	37	40	44	2.0	41.5	38.3	32.0	32.0
9	40	44	45	41	39	34	42	36	41	42	37	45	43	43	38	41	2.0	41.0	37.8	31.2	31.2
10	39	41	43	47	38	42	36	43	40	39	45	39	34	43	39	43	2.0	40.8	37.6	30.8	30.8

构件名称: 南侧系梁底面

构件有效性: 有效

强度等级: C50

测区数: 10

测试角度: 90

测试面类型: 表面

混凝土类型: 非泵送

构件碳化深度平均值: 2.0mm

各测区强度平均值: 37.0MPa

各测区强度标准差: 2.40MPa

各测区强度最小值: 34.0MPa

构件推定强度: 33.0MPa

测区	16个回弹值																碳化(mm)	平均回弹	修正回弹	换算强度	强度
1	45	45	46	47	45	46	44	48	46	46	47	48	46	48	47	46	2.0	46.2	42.7	38.8	38.8
2	50	46	47	44	45	47	48	47	46	47	48	45	45	44	45	47	2.0	46.2	42.7	38.8	38.8
3	43	44	43	44	48	46	45	45	45	43	43	47	45	43	44	42	2.0	44.1	40.8	35.7	35.7
4	41	46	47	45	40	46	46	47	43	45	46	46	47	44	45	43	2.0	45.2	41.8	37.2	37.2
5	47	42	46	47	52	48	48	47	49	49	50	51	49	49	48	45	2.0	48.1	44.5	42.2	42.2
6	43	45	45	45	45	41	40	42	44	36	48	42	42	44	42	41	2.0	43.0	39.7	34.0	34.0
7	43	43	40	43	45	44	45	42	40	40	45	44	45	48	43	46	2.0	43.7	40.4	35.1	35.1
8	42	48	45	44	45	43	44	39	42	45	44	45	47	41	44	44	2.0	44.0	40.7	35.6	35.6
9	43	41	45	48	45	43	48	52	44	46	52	42	46	45	42	49	2.0	45.3	41.9	37.4	37.4
10	45	43	43	42	49	43	36	37	48	49	39	50	43	41	48	44	2.0	44.0	40.7	35.6	35.6

构件名称: 东南侧拱肋

构件有效性: 有效

强度等级: C40

测区数: 10

测试角度: 0

测试面类型: 侧面

混凝土类型: 非泵送

构件碳化深度平均值: 2.0mm

各测区强度平均值: 31.9MPa

各测区强度标准差: 2.69MPa

各测区强度最小值: 25.9MPa

构件推定强度: 27.5MPa

测区	16个回弹值																碳化(mm)	平均回弹	修正回弹	换算强度	强度
1	38	35	37	40	39	32	34	34	42	36	33	44	45	32	38	45	2.0	37.3	37.3	30.4	30.4
2	34	42	35	35	35	33	45	35	39	41	32	30	42	35	40	40	2.0	36.9	36.9	29.7	29.7
3	33	34	39	37	39	45	42	40	44	41	38	44	37	45	40	39	2.0	39.9	39.9	34.4	34.4
4	35	33	30	33	35	38	30	33	33	41	33	36	41	40	32	34	2.0	34.3	34.3	25.9	25.9
5	39	40	40	40	39	42	39	40	39	40	42	40	38	40	40	40	2.0	39.8	39.8	34.2	34.2
6	42	39	38	42	39	37	38	41	47	42	36	36	39	40	45	45	2.0	40.0	40.0	34.5	34.5
7	41	35	33	30	40	35	43	40	45	38	39	41	41	39	33	45	2.0	38.9	38.9	32.8	32.8
8	45	35	30	40	40	40	35	39	39	37	39	41	37	38	39	40	2.0	38.8	38.8	32.7	32.7
9	40	42	41	38	35	35	42	42	44	42	40	32	31	41	38	35	2.0	39.2	39.2	33.3	33.3
10	40	35	42	39	38	41	30	41	41	30	33	42	39	35	37	31	2.0	37.8	37.8	31.2	31.2

构件名称: 西南侧拱肋

构件有效性: 有效

强度等级: C40

测区数: 10

测试角度: 0

测试面类型: 侧面

混凝土类型: 非泵送

构件碳化深度平均值: 2.0mm

各测区强度平均值: 34.6MPa

各测区强度标准差: 2.88MPa

各测区强度最小值: 28.2MPa

构件推定强度: 29.9MPa

测区	16个回弹值																碳化(mm)	平均回弹	修正回弹	换算强度	强度
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16					
1	40	34	36	36	38	37	38	37	34	39	42	35	34	33	33	35	2.0	36.0	36.0	28.2	28.2
2	36	36	40	42	37	41	40	32	32	39	45	43	41	40	35	41	2.0	39.1	39.1	33.2	33.2
3	36	41	43	37	42	40	32	38	37	35	37	36	42	32	45	47	2.0	38.6	38.6	32.4	32.4
4	43	47	48	42	43	43	39	43	41	40	39	41	36	40	44	45	2.0	42.0	42.0	37.6	37.6
5	39	43	45	46	35	43	41	42	39	36	45	51	40	36	37	47	2.0	41.4	41.4	36.6	36.6
6	45	45	40	41	39	44	44	40	43	40	42	35	42	41	39	40	2.0	41.3	41.3	36.4	36.4
7	44	34	45	43	37	44	37	44	43	40	44	44	43	34	42	39	2.0	41.9	41.9	37.4	37.4
8	42	43	36	38	41	38	40	35	41	37	42	38	37	44	41	39	2.0	39.5	39.5	33.8	33.8
9	37	42	42	41	40	42	38	45	38	39	41	45	43	37	45	42	2.0	41.0	41.0	36.0	36.0
10	43	37	39	42	44	34	38	40	42	36	37	41	45	39	36	42	2.0	39.7	39.7	34.0	34.0

构件名称: 东北侧拱肋

构件有效性: 有效

强度等级: C40

测区数: 10

测试角度: 0

测试面类型: 侧面

混凝土类型: 非泵送

构件碳化深度平均值: 2.0mm

各测区强度平均值: 30.6MPa

各测区强度标准差: 2.65MPa

各测区强度最小值: 25.3MPa

构件推定强度: 26.2MPa

测区	16个回弹值																碳化(mm)	平均回弹	修正回弹	换算强度	强度
1	39	40	36	39	40	40	33	41	40	38	40	38	35	36	39	41	2.0	38.9	38.9	32.8	32.8
2	40	39	41	39	41	38	40	39	36	38	40	39	39	38	38	37	2.0	38.9	38.9	32.8	32.8
3	30	33	31	30	39	35	38	34	30	34	33	32	35	37	33	40	2.0	33.7	33.7	25.3	25.3
4	39	44	35	37	41	37	41	38	41	39	41	36	36	36	25	42	2.0	38.5	38.5	32.2	32.2
5	42	24	38	34	30	38	38	31	37	43	35	43	35	43	34	43	2.0	37.4	37.4	30.5	30.5
6	42	39	34	32	39	33	31	38	36	40	40	35	30	41	35	42	2.0	36.9	36.9	29.7	29.7
7	42	43	39	33	40	30	36	34	30	30	39	32	39	41	36	30	2.0	35.8	35.8	28.0	28.0
8	40	38	37	37	40	37	35	30	36	31	32	35	41	36	35	36	2.0	36.2	36.2	28.6	28.6
9	36	40	36	38	41	42	41	39	39	41	38	39	34	38	41	41	2.0	39.4	39.4	33.6	33.6
10	45	37	41	33	41	35	41	35	35	41	40	36	39	34	39	41	2.0	38.4	38.4	32.1	32.1

构件名称: 西北侧拱肋

构件有效性: 有效

强度等级: C40

测区数: 10

测试角度: 0

测试面类型: 侧面

混凝土类型: 泵送

构件碳化深度平均值: 2.0mm

各测区强度平均值: 29.5MPa

各测区强度标准差: 1.38MPa

各测区强度最小值: 27.4MPa

构件推定强度: 27.2MPa

测区	16个回弹值																碳化(mm)	平均回弹	修正回弹	换算强度	强度
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16					
1	34	31	39	34	37	33	36	36	39	37	30	30	35	37	38	32	2.0	35.1	35.1	26.8	29.8
2	40	34	33	39	34	30	30	33	34	36	32	30	32	32	35	35	2.0	33.4	33.4	24.9	27.9
3	40	34	38	38	31	29	40	40	32	31	34	40	36	34	37	30	2.0	35.4	35.4	27.3	30.3
4	36	40	30	40	38	37	32	39	29	33	34	36	31	39	36	32	2.0	35.3	35.3	27.2	30.2
5	29	29	39	31	35	31	34	32	37	33	35	31	40	35	30	34	2.0	33.1	33.1	24.4	27.4
6	38	33	33	37	35	35	38	34	40	37	34	37	29	39	40	39	2.0	36.4	36.4	28.9	31.9
7	32	30	29	38	34	36	33	29	36	32	35	36	38	32	40	30	2.0	33.6	33.6	25.2	28.2
8	38	33	29	30	36	39	39	32	39	35	36	34	30	32	32	36	2.0	34.4	34.4	26.0	29.0
9	31	37	40	36	38	31	32	38	35	39	30	31	31	40	32	38	2.0	34.8	34.8	26.4	29.4
10	40	30	32	35	38	39	34	39	30	35	36	36	29	33	39	38	2.0	35.6	35.6	27.6	30.6

构件名称: 端横梁

构件有效性: 有效

强度等级: C50

测区数: 10

测试角度: 90

测试面类型: 底面

混凝土类型: 非泵送

构件碳化深度平均值: 1.0mm

各测区强度平均值: 55.9MPa

各测区强度标准差: 2.76MPa

各测区强度最小值: 51.8MPa

构件推定强度: 51.4MPa

测区	16个回弹值															碳化(mm)	平均回弹	修正回弹	换算强度	强度	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15						16
1	53	50	51	47	52	50	55	51	57	49	54	49	50	49	53	57	1.0	51.3	47.6	54.3	54.3
2	55	53	57	58	58	48	52	57	55	50	58	47	56	49	49	49	1.0	53.3	49.8	59.4	59.4
3	52	52	53	48	47	52	49	56	56	50	48	54	54	53	53	51	1.0	51.9	48.2	55.7	55.7
4	50	50	49	47	53	55	53	49	49	48	57	50	57	54	52	58	1.0	51.5	47.8	54.7	54.7
5	49	53	48	54	57	50	51	51	51	50	55	54	47	53	47	53	1.0	51.5	47.8	54.7	54.7
6	47	49	55	52	49	53	49	49	58	57	51	48	54	49	51	50	1.0	50.7	46.9	52.6	52.6
7	56	52	58	55	51	54	50	55	57	54	50	51	57	50	54	48	1.0	53.2	49.7	59.2	59.2
8	53	49	54	50	53	55	48	57	50	54	52	58	55	50	56	56	1.0	53.2	49.7	59.2	59.2
9	57	55	54	55	51	52	49	55	47	52	49	55	49	49	52	57	1.0	52.4	48.8	57.1	57.1
10	47	49	54	47	49	58	52	47	53	53	47	49	55	47	56	50	1.0	50.3	46.5	51.8	51.8

构件名称: 1#中横梁

构件有效性: 有效

强度等级: C40

测区数: 10

测试角度: 90

测试面类型: 底面

混凝土类型: 非泵送

构件碳化深度平均值: 1.0mm

各测区强度平均值: 55.7MPa

各测区强度标准差: 3.00MPa

各测区强度最小值: 51.8MPa

构件推定强度: 50.8MPa

测区	16个回弹值																碳化(mm)	平均回弹	修正回弹	换算强度	强度
	14	52	47	46	53	45	52	44	60	59	57	60	62	60	57	50					
1	14	52	47	46	53	45	52	44	60	59	57	60	62	60	57	50	1.0	53.3	49.8	59.4	59.4
2	52	51	53	53	58	53	44	48	50	45	52	52	36	48	54		1.0	51.1	47.4	53.8	53.8
3	51	55	52	51	56	56	49	57	52	50	51	53	49	50	46	50	1.0	51.5	47.8	54.7	54.7
4	56	50	54	47	48	57	54	54	55	48	48	48	52	56	55	56	1.0	52.6	49.0	57.5	57.5
5	47	53	50	55	52	55	54	56	53	47	51	55	49	53	55	57	1.0	53.1	49.6	58.9	58.9
6	54	55	49	53	46	53	46	49	53	57	48	54	48	55	49	56	1.0	51.7	48.0	55.2	55.2
7	48	46	49	54	48	52	55	54	52	48	48	54	50	48	51	55	1.0	50.6	46.8	52.4	52.4
8	56	50	47	50	54	57	57	57	55	49	55	54	49	57	56	47	1.0	53.6	50.1	60.0	60.0
9	46	49	53	57	57	49	52	52	51	50	46	57	46	47	51	49	1.0	50.3	46.5	51.8	51.8
10	52	56	47	56	47	50	54	52	52	54	46	57	51	46	47	51	1.0	51.0	47.3	53.6	53.6

构件名称: 2#中横梁

构件有效性: 有效

强度等级: C40

测区数: 10

测试角度: 90

测试面类型: 底面

混凝土类型: 非泵送

构件碳化深度平均值: 1.0mm

各测区强度平均值: 54.8MPa

各测区强度标准差: 2.85MPa

各测区强度最小值: 51.8MPa

构件推定强度: 50.1MPa

测区	16个回弹值															碳化(mm)	平均回弹	修正回弹	换算强度	强度	
1	52	52	53	47	54	52	46	57	57	49	52	53	53	52	47	51	1.0	51.9	48.2	55.7	55.7
2	53	54	52	49	50	56	49	46	55	51	51	50	49	53	57	55	1.0	51.8	48.1	55.4	55.4
3	50	53	50	52	47	53	50	51	49	52	48	52	56	56	56	46	1.0	51.2	47.5	54.0	54.0
4	56	49	56	48	50	49	49	57	47	51	55	47	54	46	46	54	1.0	50.6	46.8	52.4	52.4
5	54	51	51	56	47	57	46	50	53	57	50	55	56	56	50	57	1.0	53.2	49.7	59.2	59.2
6	54	52	47	46	55	49	52	56	46	51	53	56	46	55	49	47	1.0	50.9	47.1	53.2	53.2
7	55	56	55	48	51	55	48	55	54	54	55	57	47	55	54	47	1.0	53.6	50.1	60.0	60.0
8	50	47	50	54	46	51	55	55	50	50	48	46	50	46	53	56	1.0	50.3	46.5	51.8	51.8
9	49	53	57	52	56	46	48	50	53	49	48	49	51	51	57	48	1.0	50.5	46.7	52.2	52.2
10	53	56	49	47	52	51	50	54	55	49	47	56	57	47	48	51	1.0	51.2	47.5	54.0	54.0

构件名称: 东侧盖梁

构件有效性: 有效

强度等级: C30

测区数: 10

测试角度: 0

测试面类型: 侧面

混凝土类型: 非泵送

构件碳化深度平均值: 1.0mm

各测区强度平均值: 32.9MPa

各测区强度标准差: 1.54MPa

各测区强度最小值: 31.1MPa

构件推定强度: 30.4MPa

测区	16个回弹值																碳化(mm)	平均回弹	修正回弹	换算强度	强度
1	33	39	32	36	40	35	40	38	36	41	36	34	38	34	31	32	1.0	35.9	35.9	31.1	31.1
2	36	34	37	34	39	34	39	32	39	34	34	40	38	41	36	31	1.0	36.1	36.1	31.4	31.4
3	42	32	33	40	37	40	36	33	32	35	40	42	31	39	32	38	1.0	36.3	36.3	31.8	31.8
4	33	32	39	39	39	38	31	39	38	39	32	36	37	42	38	42	1.0	37.6	37.6	34.1	34.1
5	35	39	34	34	35	41	35	32	31	40	41	33	39	36	35	39	1.0	36.1	36.1	31.4	31.4
6	35	40	35	37	38	39	42	39	37	39	33	38	42	36	33	32	1.0	37.3	37.3	33.6	33.6
7	38	41	33	36	37	32	39	32	36	36	43	41	35	43	35	42	1.0	37.4	37.4	33.8	33.8
8	38	33	40	34	42	42	41	37	41	33	37	35	41	37	32	42	1.0	38.1	38.1	35.0	35.0
9	40	40	36	39	32	33	39	39	40	43	32	38	39	33	41	38	1.0	38.1	38.1	35.0	35.0
10	35	33	33	37	37	40	43	38	39	35	35	37	32	38	38	34	1.0	36.4	36.4	32.0	32.0

构件名称: 西侧盖梁

构件有效性: 有效

强度等级: C30

测区数: 10

测试角度: 0

测试面类型: 侧面

混凝土类型: 非泵送

构件碳化深度平均值: 1.0mm

各测区强度平均值: 34.0MPa

各测区强度标准差: 1.59MPa

各测区强度最小值: 32.0MPa

构件推定强度: 31.4MPa

测区	16个回弹值																碳化(mm)	平均回弹	修正回弹	换算强度	强度
1	39	33	43	43	38	33	41	34	37	43	32	39	40	33	41	38	1.0	38.0	38.0	34.9	34.9
2	35	30	42	36	42	42	40	34	37	31	31	28	38	38	33	43	1.0	36.4	36.4	32.0	32.0
3	37	38	42	42	41	38	35	33	41	32	40	36	37	34	40	35	1.0	37.7	37.7	34.3	34.3
4	32	42	35	41	35	41	41	37	36	32	43	43	31	34	43	32	1.0	37.4	37.4	33.8	33.8
5	43	43	39	35	34	37	38	39	36	42	38	41	33	29	37	32	1.0	37.4	37.4	33.8	33.8
6	37	37	35	43	36	36	40	32	35	35	43	32	36	29	42	42	1.0	36.9	36.9	32.8	32.8
7	38	35	37	39	36	43	36	37	42	34	37	34	33	32	38	41	1.0	36.7	36.7	32.6	32.6
8	33	42	35	37	42	33	42	37	42	41	40	43	40	33	35	40	1.0	38.9	38.9	36.6	36.6
9	39	40	35	32	38	39	35	35	38	34	37	42	32	33	42	43	1.0	37.0	37.0	33.0	33.0
10	35	39	34	40	42	39	41	42	41	37	41	33	41	35	34	42	1.0	38.9	38.9	36.6	36.6

构件名称: 桥面板

构件有效性: 有效

强度等级: C30

测区数: 10

测试角度: 90

测试面类型: 表面

混凝土类型: 非泵送

构件碳化深度平均值: 0.5mm

各测区强度平均值: 33.0MPa

各测区强度标准差: 1.64MPa

各测区强度最小值: 30.4MPa

构件推定强度: 30.3MPa

测区	16个回弹值																碳化(mm)	平均回弹	修正回弹	换算强度	强度
1	41	42	36	35	38	44	34	38	44	43	39	44	39	36	34	41	0.5	39.3	36.2	33.0	33.0
2	41	43	35	36	38	42	36	41	34	42	34	45	38	36	44	39	0.5	38.9	35.8	32.3	32.3
3	44	40	34	37	36	38	41	38	37	42	43	42	39	40	36	35	0.5	38.8	35.7	32.1	32.1
4	42	37	35	38	36	43	41	34	44	35	38	44	38	38	42	43	0.5	39.3	36.2	33.0	33.0
5	34	37	40	40	45	44	41	43	37	36	35	42	42	40	42	35	0.5	39.7	36.6	33.8	33.8
6	44	40	43	41	34	35	37	41	35	44	41	39	34	44	37	39	0.5	39.3	36.2	33.0	33.0
7	36	34	43	39	36	45	36	42	40	34	36	36	41	34	37	41	0.5	37.8	34.7	30.4	30.4
8	37	43	39	36	42	40	34	44	40	44	43	37	41	40	44	36	0.5	40.2	37.1	34.6	34.6
9	35	45	37	38	39	35	44	43	43	35	34	35	36	41	37	44	0.5	38.4	35.3	31.3	31.3
10	37	36	43	45	42	45	36	34	36	39	39	45	45	42	45	43	0.5	41.1	37.9	36.2	36.2

---

## 13.2 附件二：钢筋保护层厚度测试原始数据

构件名称: 北侧系梁顶面 1  
 设计保护层厚度: 36mm  
 预设直径: 25mm  
 测点总数: 20  
 合格点数: 9  
 合格率: 45.00%  
 保护层厚度最大值: 65  
 保护层厚度最小值: 34  
 保护层厚度平均值: 47.4mm  
 保护层厚度标准差: 10.22mm

点号	保护层厚度 (mm)
0	57
1	38
2	59
3	53
4	54
5	51
6	36
7	59
8	36
9	52
10	38
11	63
12	65
13	45
14	34
15	35
16	45
17	47
18	47
19	34

构件名称: 北侧系梁顶面 2  
 设计保护层厚度: 36mm  
 预设直径: 25mm  
 测点总数: 20  
 合格点数: 16  
 合格率: 80.00%  
 保护层厚度最大值: 49  
 保护层厚度最小值: 31  
 保护层厚度平均值: 41.5mm  
 保护层厚度标准差: 4.94mm

点号	保护层厚度 (mm)
0	43
1	48
2	43
3	49
4	35
5	42
6	43
7	39
8	44
9	40
10	32
11	41
12	45
13	31
14	48
15	39
16	40
17	39
18	47
19	42

构件名称: 南侧系梁顶面 1  
 设计保护层厚度: 36mm  
 预设直径: 25mm  
 测点总数: 20  
 合格点数: 13  
 合格率: 65.00%  
 保护层厚度最大值: 59  
 保护层厚度最小值: 29  
 保护层厚度平均值: 42.9mm  
 保护层厚度标准差: 9.73mm

点号	保护层厚度 (mm)
0	31
1	36
2	52
3	31
4	37
5	45
6	43
7	53
8	55
9	43
10	41
11	30
12	39
13	33
14	40
15	29
16	55
17	52
18	59
19	54

构件名称: 南侧系梁顶面 2  
 设计保护层厚度: 36mm  
 预设直径: 25mm  
 测点总数: 20  
 合格点数: 12  
 合格率: 60.00%  
 保护层厚度最大值: 69  
 保护层厚度最小值: 29  
 保护层厚度平均值: 44.2mm  
 保护层厚度标准差: 10.99mm

点号	保护层厚度 (mm)
0	55
1	43
2	59
3	69
4	44
5	53
6	53
7	51
8	49
9	43
10	42
11	53
12	39
13	34
14	30
15	43
16	31
17	32
18	29
19	32

构件名称: 北侧系梁底面 1  
 设计保护层厚度: 36mm  
 预设直径: 25mm  
 测点总数: 20  
 合格点数: 20  
 合格率: 100.00%  
 保护层厚度最大值: 43  
 保护层厚度最小值: 31  
 保护层厚度平均值: 37.2mm  
 保护层厚度标准差: 3.55mm

点号	保护层厚度 (mm)
0	39
1	36
2	36
3	43
4	41
5	38
6	36
7	35
8	33
9	31
10	39
11	36
12	31
13	32
14	39
15	39
16	37
17	40
18	42
19	41

构件名称: 北侧系梁底面 2  
 设计保护层厚度: 36mm  
 预设直径: 25mm  
 测点总数: 20  
 合格点数: 19  
 合格率: 95.00%  
 保护层厚度最大值: 48  
 保护层厚度最小值: 31  
 保护层厚度平均值: 41.3mm  
 保护层厚度标准差: 4.03mm

点号	保护层厚度 (mm)
0	40
1	39
2	39
3	31
4	43
5	38
6	42
7	44
8	43
9	48
10	44
11	45
12	45
13	43
14	42
15	42
16	33
17	42
18	44
19	39

构件名称: 南侧系梁底面 1  
 设计保护层厚度: 36mm  
 预设直径: 25mm  
 测点总数: 20  
 合格点数: 18  
 合格率: 90.00%  
 保护层厚度最大值: 49  
 保护层厚度最小值: 20  
 保护层厚度平均值: 36.8mm  
 保护层厚度标准差: 3.89mm

点号	保护层厚度 (mm)
0	49
1	36
2	36
3	43
4	41
5	38
6	36
7	35
8	33
9	31
10	39
11	36
12	31
13	32
14	39
15	39
16	37
17	40
18	42
19	20

构件名称: 南侧系梁底面 2  
 设计保护层厚度: 36mm  
 预设直径: 25mm  
 测点总数: 20  
 合格点数: 17  
 合格率: 85.00%  
 保护层厚度最大值: 50  
 保护层厚度最小值: 29  
 保护层厚度平均值: 40.3mm  
 保护层厚度标准差: 4.07mm

点号	保护层厚度 (mm)
0	50
1	39
2	49
3	31
4	43
5	38
6	42
7	44
8	43
9	48
10	44
11	45
12	45
13	43
14	42
15	42
16	33
17	42
18	44
19	29

构件名称: 东南侧拱肋顶面  
 设计保护层厚度: 25mm  
 预设直径: 10mm  
 测点总数: 20  
 合格点数: 7  
 合格率: 35.00%  
 保护层厚度最大值: 52  
 保护层厚度最小值: 10  
 保护层厚度平均值: 37.2mm  
 保护层厚度标准差: 9.25mm

点号	保护层厚度 (mm)
0	52
1	46
2	48
3	42
4	31
5	35
6	35
7	25
8	10
9	30
10	32
11	39
12	43
13	42
14	32
15	44
16	42
17	39
18	41
19	36

构件名称：西南侧拱肋顶面  
 设计保护层厚度：36mm  
 预设直径：10mm  
 测点总数：20  
 合格点数：5  
 合格率：25.00%  
 保护层厚度最大值：71  
 保护层厚度最小值：3  
 保护层厚度平均值：44.1mm  
 保护层厚度标准差：20.52mm

点号	保护层厚度 (mm)
0	57
1	50
2	71
3	61
4	69
5	41
6	23
7	21
8	71
9	3
10	63
11	63
12	45
13	39
14	35
15	36
16	20
17	10
18	54
19	50

构件名称：东北侧拱肋顶面  
 设计保护层厚度：25mm  
 预设直径：10mm  
 测点总数：20  
 合格点数：7  
 合格率：35.00%  
 保护层厚度最大值：59  
 保护层厚度最小值：21  
 保护层厚度平均值：40.6mm  
 保护层厚度标准差：10.99mm

点号	保护层厚度 (mm)
0	26
1	35
2	37
3	44
4	43
5	43
6	45
7	47
8	50
9	55
10	59
11	51
12	52
13	49
14	42
15	31
16	21
17	29
18	27
19	26

构件名称：西北侧拱肋顶面  
 设计保护层厚度：25mm  
 预设直径：10mm  
 测点总数：20  
 合格点数：19  
 合格率：95.00%  
 保护层厚度最大值：42  
 保护层厚度最小值：18  
 保护层厚度平均值：27.8mm  
 保护层厚度标准差：6.45mm

点号	保护层厚度 (mm)
0	29
1	18
2	19
3	22
4	21
5	26
6	34
7	21
8	21
9	26
10	42
11	30
12	33
13	25
14	35
15	32
16	25
17	29
18	33
19	35

构件名称：东南侧拱肋底面  
 设计保护层厚度：25mm  
 预设直径：10mm  
 测点总数：20  
 合格点数：7  
 合格率：35.00%  
 保护层厚度最大值：47  
 保护层厚度最小值：23  
 保护层厚度平均值：37.1mm  
 保护层厚度标准差：7.20mm

点号	保护层厚度 (mm)
0	45
1	47
2	31
3	46
4	42
5	42
6	36
7	28
8	35
9	43
10	42
11	40
12	41
13	30
14	37
15	39
16	41
17	23
18	24
19	30

构件名称：西南侧拱肋底面  
 设计保护层厚度：36mm  
 预设直径：10mm  
 测点总数：20  
 合格点数：8  
 合格率：40.00%  
 保护层厚度最大值：71  
 保护层厚度最小值：19  
 保护层厚度平均值：44.8mm  
 保护层厚度标准差：21.13mm

点号	保护层厚度 (mm)
0	29
1	31
2	19
3	27
4	30
5	30
6	29
7	29
8	30
9	24
10	27
11	69
12	69
13	69
14	69
15	69
16	32
17	71
18	71
19	71

构件名称：东北侧拱肋底面  
 设计保护层厚度：25mm  
 预设直径：10mm  
 测点总数：20  
 合格点数：2  
 合格率：10.00%  
 保护层厚度最大值：73  
 保护层厚度最小值：31  
 保护层厚度平均值：47.1mm  
 保护层厚度标准差：8.72mm

点号	保护层厚度 (mm)
0	31
1	73
2	49
3	52
4	49
5	53
6	52
7	47
8	43
9	36
10	50
11	48
12	47
13	46
14	44
15	48
16	49
17	46
18	48
19	31

构件名称：西北侧拱肋底面  
 设计保护层厚度：25mm  
 预设直径：10mm  
 测点总数：20  
 合格点数：4  
 合格率：20.00%  
 保护层厚度最大值：53  
 保护层厚度最小值：31  
 保护层厚度平均值：47.6mm  
 保护层厚度标准差：8.92mm

点号	保护层厚度 (mm)
0	31
1	53
2	49
3	52
4	49
5	53
6	52
7	37
8	43
9	36
10	50
11	48
12	47
13	46
14	34
15	48
16	49
17	46
18	48
19	31

构件名称：1#中横梁底面  
 设计保护层厚度：23mm  
 预设直径：10mm  
 测点总数：20  
 合格点数：1  
 合格率：5%  
 保护层厚度最大值：53  
 保护层厚度最小值：5  
 保护层厚度平均值：39.0mm  
 保护层厚度标准差：14.97mm

点号	保护层厚度 (mm)
0	5
1	11
2	13
3	5
4	19
5	15
6	51
7	47
8	49
9	49
10	49
11	53
12	47
13	42
14	40
15	40
16	43
17	44
18	39
19	42

构件名称：1#中横梁侧面  
 设计保护层厚度：23mm  
 预设直径：10mm  
 测点总数：20  
 合格点数：11  
 合格率：55%  
 保护层厚度最大值：50  
 保护层厚度最小值：10  
 保护层厚度平均值：31.4mm  
 保护层厚度标准差：11.10mm

点号	保护层厚度 (mm)
0	10
1	40
2	32
3	25
4	50
5	27
6	25
7	45
8	45
9	21
10	28
11	42
12	44
13	32
14	44
15	22
16	24
17	30
18	26
19	15

构件名称: 2#中横梁底面  
 设计保护层厚度: 23mm  
 预设直径: 10mm  
 测点总数: 20  
 合格点数: 17  
 合格率: 85%  
 保护层厚度最大值: 45  
 保护层厚度最小值: 15  
 保护层厚度平均值: 24.7mm  
 保护层厚度标准差: 8.09mm

点号	保护层厚度 (mm)
0	15
1	17
2	27
3	23
4	20
5	45
6	17
7	21
8	28
9	22
10	21
11	19
12	24
13	23
14	42
15	18
16	31
17	22
18	31
19	20

构件名称: 2#中横梁侧面  
 设计保护层厚度: 23mm  
 预设直径: 10mm  
 测点总数: 20  
 合格点数: 19  
 合格率: 95%  
 保护层厚度最大值: 32  
 保护层厚度最小值: 12  
 保护层厚度平均值: 23.1mm  
 保护层厚度标准差: 5.91mm

点号	保护层厚度 (mm)
0	31
1	16
2	24
3	32
4	17
5	29
6	31
7	17
8	22
9	30
10	23
11	23
12	20
13	12
14	27
15	20
16	16
17	24
18	19
19	28

构件名称: 3#中横梁底面  
 设计保护层厚度: 23mm  
 预设直径: 10mm  
 测点总数: 20  
 合格点数: 14  
 合格率: 70%  
 保护层厚度最大值: 50  
 保护层厚度最小值: 10  
 保护层厚度平均值: 27.4mm  
 保护层厚度标准差: 9.89mm

点号	保护层厚度 (mm)
0	10
1	17
2	19
3	25
4	42
5	23
6	30
7	30
8	31
9	45
10	50
11	27
12	36
13	27
14	23
15	23
16	25
17	27
18	23
19	15

构件名称: 3#中横梁侧面  
 设计保护层厚度: 23mm  
 预设直径: 10mm  
 测点总数: 20  
 合格点数: 12  
 合格率: 60.00%  
 保护层厚度最大值: 48  
 保护层厚度最小值: 12  
 保护层厚度平均值: 29.7mm  
 保护层厚度标准差: 5.50mm

点号	保护层厚度 (mm)
0	45
1	23
2	21
3	19
4	32
5	38
6	36
7	17
8	28
9	35
10	20
11	30
12	32
13	23
14	48
15	40
16	36
17	30
18	28
19	12

构件名称: 4#中横梁底面  
 设计保护层厚度: 23mm  
 预设直径: 10mm  
 测点总数: 20  
 合格点数: 18  
 合格率: 90%  
 保护层厚度最大值: 36  
 保护层厚度最小值: 14  
 保护层厚度平均值: 24.9mm  
 保护层厚度标准差: 5.46mm

点号	保护层厚度 (mm)
0	14
1	22
2	22
3	26
4	17
5	25
6	27
7	31
8	23
9	32
10	23
11	36
12	23
13	27
14	30
15	26
16	19
17	26
18	18
19	30

构件名称: 4#中横梁侧面  
 设计保护层厚度: 23mm  
 预设直径: 10mm  
 测点总数: 20  
 合格点数: 11  
 合格率: 50%  
 保护层厚度最大值: 54  
 保护层厚度最小值: 12  
 保护层厚度平均值: 28.9mm  
 保护层厚度标准差:  
 11.96mm

点号	保护层厚度 (mm)
0	44
1	28
2	21
3	54
4	29
5	43
6	43
7	31
8	21
9	12
10	23
11	12
12	43
13	27
14	34
15	19
16	27
17	35
18	16
19	15

构件名称: 9#中横梁底面  
 设计保护层厚度: 23mm  
 预设直径: 10mm  
 测点总数: 20  
 合格点数: 20  
 合格率: 100.00%  
 保护层厚度最大值: 32  
 保护层厚度最小值: 16  
 保护层厚度平均值: 24.6mm  
 保护层厚度标准差: 5.03mm

点号	保护层厚度 (mm)
0	26
1	32
2	17
3	25
4	29
5	27
6	27
7	32
8	18
9	23
10	18
11	32
12	23
13	25
14	22
15	20
16	26
17	16
18	24
19	30

构件名称: 9#中横梁侧面  
 设计保护层厚度: 23mm  
 预设直径: 10mm  
 测点总数: 20  
 合格点数: 15  
 合格率: 75%  
 保护层厚度最大值: 48  
 保护层厚度最小值: 12  
 保护层厚度平均值: 26.0mm  
 保护层厚度标准差: 9.6mm

点号	保护层厚度 (mm)
0	19
1	15
2	26
3	30
4	47
5	22
6	24
7	19
8	20
9	25
10	25
11	48
12	29
13	28
14	27
15	23
16	41
17	17
18	23
19	12

构件名称: 10#中横梁底面  
 设计保护层厚度: 23mm  
 预设直径: 10mm  
 测点总数: 20  
 合格点数: 10  
 合格率: 50%  
 保护层厚度最大值: 47  
 保护层厚度最小值: 15  
 保护层厚度平均值: 29.5mm  
 保护层厚度标准差: 9.43mm

点号	保护层厚度 (mm)
0	42
1	47
2	15
3	30
4	24
5	37
6	30
7	39
8	26
9	38
10	41
11	27
12	24
13	25
14	15
15	15
16	32
17	27
18	36
19	20

构件名称: 10#中横梁侧面  
 设计保护层厚度: 23mm  
 预设直径: 10mm  
 测点总数: 20  
 合格点数: 20  
 合格率: 100.00%  
 保护层厚度最大值: 32  
 保护层厚度最小值: 17  
 保护层厚度平均值: 23.0mm  
 保护层厚度标准差: 4.05mm

点号	保护层厚度 (mm)
0	24
1	24
2	23
3	20
4	17
5	22
6	19
7	32
8	21
9	28
10	27
11	17
12	18
13	18
14	24
15	26
16	26
17	27
18	23
19	23

构件名称: 11#中横梁底面  
 设计保护层厚度: 23mm  
 预设直径: 10mm  
 测点总数: 20  
 合格点数: 16  
 合格率: 80%  
 保护层厚度最大值: 49  
 保护层厚度最小值: 14  
 保护层厚度平均值: 23.8mm  
 保护层厚度标准差: 9.98mm

点号	保护层厚度 (mm)
0	16
1	47
2	49
3	30
4	18
5	21
6	19
7	14
8	27
9	16
10	16
11	23
12	31
13	20
14	29
15	19
16	18
17	17
18	31
19	15

构件名称: 11#中横梁侧面  
 设计保护层厚度: 23mm  
 预设直径: 10mm  
 测点总数: 20  
 合格点数: 13  
 合格率: 65%  
 保护层厚度最大值: 46  
 保护层厚度最小值: 15  
 保护层厚度平均值: 28.5mm  
 保护层厚度标准差: 9.05mm

点号	保护层厚度 (mm)
0	46
1	15
2	43
3	23
4	32
5	26
6	22
7	35
8	17
9	22
10	40
11	19
12	17
13	36
14	29
15	32
16	26
17	38
18	23
19	29

构件名称：东侧端横梁侧面  
 设计保护层厚度：23mm  
 预设直径：10mm  
 测点总数：20  
 合格点数：15  
 合格率：75.00%  
 保护层厚度最大值：47  
 保护层厚度最小值：15  
 保护层厚度平均值：26.5mm  
 保护层厚度标准差：9.03mm

点号	保护层厚度 (mm)
0	47
1	22
2	30
3	17
4	20
5	35
6	18
7	30
8	23
9	32
10	16
11	20
12	38
13	40
14	18
15	32
16	28
17	29
18	19
19	15

构件名称：西侧端横梁侧面  
 设计保护层厚度：23mm  
 预设直径：10mm  
 测点总数：20  
 合格点数：12  
 合格率：60%  
 保护层厚度最大值：45  
 保护层厚度最小值：15  
 保护层厚度平均值：27.8mm  
 保护层厚度标准差：9.45mm

点号	保护层厚度 (mm)
0	41
1	29
2	20
3	45
4	15
5	29
6	38
7	17
8	42
9	21
10	23
11	31
12	29
13	35
14	20
15	16
16	32
17	34
18	23
19	15

构件名称：东侧盖梁侧面 1  
 设计保护层厚度：21mm  
 预设直径：10mm  
 测点总数：20  
 合格点数：16  
 合格率：80%  
 保护层厚度最大值：47  
 保护层厚度最小值：14  
 保护层厚度平均值：25.2mm  
 保护层厚度标准差：8.94mm

点号	保护层厚度 (mm)
0	47
1	39
2	18
3	29
4	30
5	20
6	19
7	20
8	25
9	34
10	27
11	29
12	15
13	38
14	17
15	22
16	25
17	14
18	17
19	19

构件名称: 西侧盖梁侧面 1  
 设计保护层厚度: 21mm  
 预设直径: 10mm  
 测点总数: 20  
 合格点数: 15  
 合格率: 75.00%  
 保护层厚度最大值: 49  
 保护层厚度最小值: 15  
 保护层厚度平均值: 27.0mm  
 保护层厚度标准差: 10mm

点号	保护层厚度 (mm)
0	46
1	16
2	26
3	29
4	18
5	37
6	20
7	29
8	23
9	19
10	23
11	43
12	15
13	17
14	28
15	16
16	20
17	45
18	25
19	49

构件名称: 东侧盖梁侧面 2  
 设计保护层厚度: 21mm  
 预设直径: 10mm  
 测点总数: 20  
 合格点数: 18  
 合格率: 75.00%  
 保护层厚度最大值: 43  
 保护层厚度最小值: 15  
 保护层厚度平均值: 25.8mm  
 保护层厚度标准差: 6.52mm

点号	保护层厚度 (mm)
0	21
1	29
2	15
3	16
4	27
5	25
6	25
7	25
8	26
9	17
10	19
11	43
12	26
13	28
14	21
15	32
16	29
17	30
18	30
19	31

构件名称: 西侧盖梁侧面 2  
 设计保护层厚度: 21mm  
 预设直径: 10mm  
 测点总数: 20  
 合格点数: 15  
 合格率: 75.00%  
 保护层厚度最大值: 46  
 保护层厚度最小值: 15  
 保护层厚度平均值: 26.6mm  
 保护层厚度标准差: 9.12mm

点号	保护层厚度 (mm)
0	46
1	24
2	18
3	30
4	23
5	37
6	17
7	16
8	28
9	25
10	23
11	43
12	22
13	23
14	17
15	28
16	15
17	35
18	23
19	39