

# 原油泊位工程主体结构应力监测 测试报告



## 目录

1 工程概况.....	1
1.1 自然条件.....	1
1.1.1 气象.....	1
1.1.2 水文.....	1
1.2 工程设计概况.....	1
1.2.1 平面主尺度.....	1
1.2.2 相关结构设计.....	2
2 结构监测的内容和意义.....	2
2.1 结构检测方面的工作.....	3
2.1.1 建立永久水准观测网.....	3
2.1.2 护舷变形检测.....	3
2.1.3 动态检测.....	4
2.2 结构监测方面的工作.....	4
2.2.1 靠船墩沉箱钢筋混凝土结构内部应力监测.....	4
2.2.2 施工进度及传感器布设:.....	10
2.3 2#主引桥光纤光栅应力传感器的布设.....	15
2.3.1 传感器布设位置 A.....	17
2.3.2 传感器布设位置 B.....	18
2.3.3 传感器布设位置 C.....	18
2.4 施工工艺说明.....	19
3 靠船墩及引桥监测结果分析.....	21
3.1 靠船墩实时监测结果分析.....	21
3.1.1 靠船墩在波浪荷载作用下监测结果分析.....	22
3.1.2 靠船墩在船舶靠岸后监测结果分析.....	24
3.2 主引桥实时监测结果分析.....	28
3.2.1 引桥静载监测结果分析.....	28
3.2.2 引桥动载监测结果分析.....	29

## 1 工程概况

### 1.1 自然条件

#### 1.1.1 气象

##### (1) 气温

多年平均气温：10.5℃

年平均最高气温：14.8℃

年平均最低气温：6.5℃

极端最高气温 35.3℃（1972年6月10日）

极端最低气温 -21.1℃（1970年1月4日）

##### (2) 相对湿度

多年平均相对湿度：67%；

最大相对湿度：100%；

最小相对湿度：3%。

#### 1.1.2 水文

##### (1) 设计水位

本工程的设计水位如下（大连筑港零点起算，下同）：

设计高水位：4.06m

设计低水位：0.44m

极端高水位：5.16m

极端低水位：-1.08m

##### (2) 波浪

重现期50年设计波高  $H1\% = 7.8\text{m}$ ， $T = 9.4\text{s}$ 。

### 1.2 工程设计概况

#### 1.2.1 平面主尺度

码头长度为447m，引桥长度为197m。

6#工作平台顶面高程：12.0m。1#~3#、9#~11#系缆墩顶面高程：9.0m。4#、

5#、7#、8# 靠船墩顶面高程：9.0m。

### 1.2.2 相关结构设计

码头设置 11 个墩（共 14 个沉箱），包括 6 个系缆墩、4 个靠船墩、1 个工作平台墩（4 个沉箱）。其中系缆墩和靠船墩沉箱直径为 16.75m，靠船墩沉箱直径为 18.0m。码头各墩之间采用钢箱梁人行桥连接。

引桥共设置 3 个墩（共 2 个沉箱），其中 13#、14#墩沉箱直径为 16.75m。各墩之间通过钢桥上部结构连接。其中 1#、3#主引桥为钢箱梁桥，2#主引桥为钢管系杆拱桥。码头和引桥结构图由图 1.1 和图 1.2 所示。

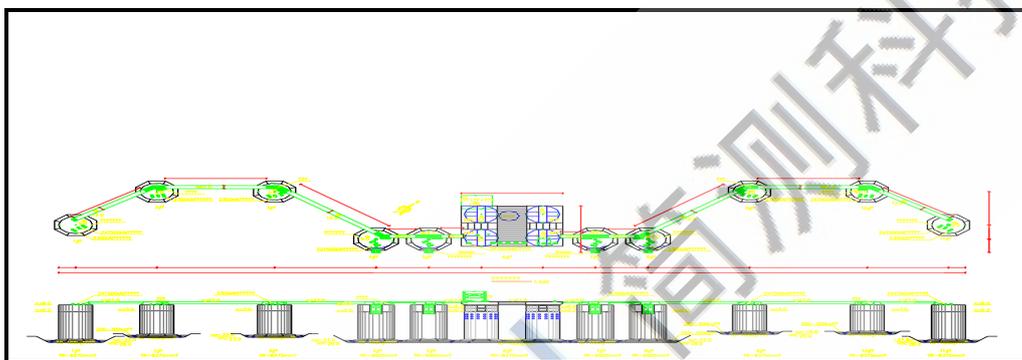


图 1.1 码头结构图

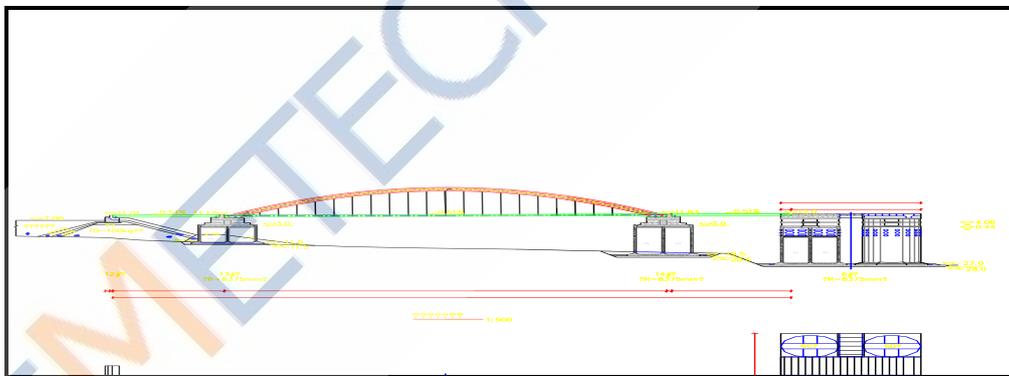


图 1.2 引桥结构图

## 2 结构监测的内容和意义

22 号原油泊位工程主体结构监测实际上可分为检测和监测两个大部分内容，主要目标是为工程建立基准数据库，为油港安全运行提供保障；远期目标是积累数据，验证设计理论，对结构进行全寿命安全监测。

## 2.1 结构检测方面的工作

### 2.1.1 建立永久水准观测网

为码头、引桥上部和下部结构以及附属结构（如护舷、输油臂和桥上管线等）在环境荷载、工作荷载和特殊荷载（包括地震、船撞和今后建设中的近场爆破炸礁等）的结构变位和变形观测建立基准，也为将建立的光纤应力监测系统提供相应位移、倾斜和变形数据和验证系统的精度、可靠性提供依据。

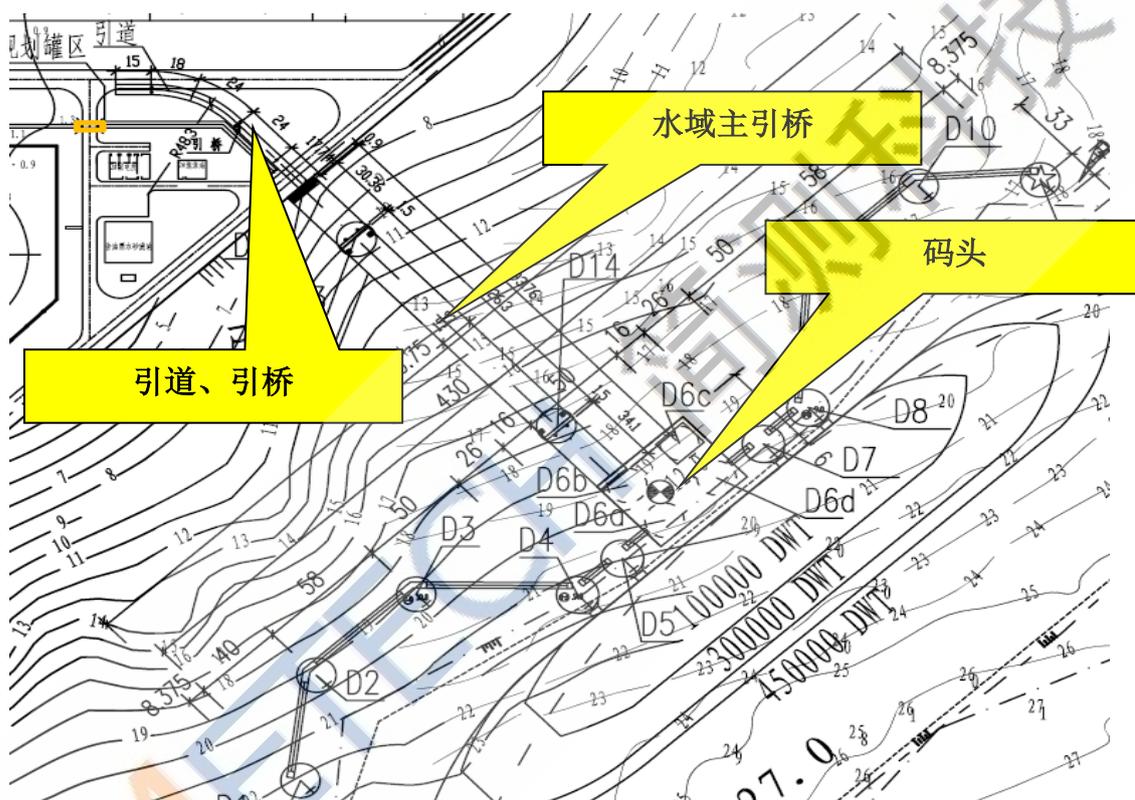


图 2.1 主体工程平面图

控制点可以从最近的国家水准点引出，在每个码头墩、引桥墩和工作平台上各设 4 个永久观测点，在靠船和大浪下的沉降和倾斜观测。

在两侧引桥的拱顶上各设置 5 个水准观测点，以便多次对拱桥的变形进行观测。

### 2.1.2 护舷变形检测

检测在不同吨位的船在不同靠船速度靠港时护舷的变形，由此推出靠船力，建立荷载和结构应变的关系。

### 2.1.3 动态检测

动态检测工作的主要内容是测取新建成的引桥和码头结构进行动态特性，建立主体结构初始状态指纹数据库（也可以称基准数据库），包括引桥每根拉杆的频率（轴力）、桥跨以及上弦拱的振动频率、阻尼等动态特性参数，为今后的运行定检提供原始数据，通过对照可以确定结构的灾变程度和安全度。同时对光纤应力监测系统也是完善和验证。

主要加速度测点如图 2.2 所示。

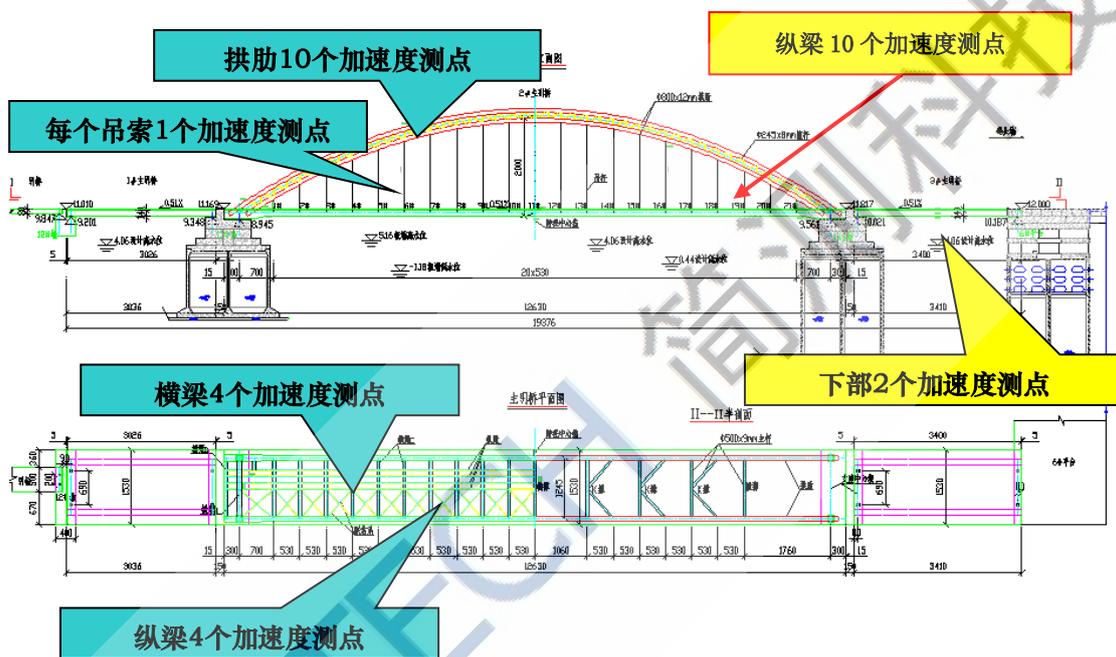


图 2.2 引桥加速度测点示意图

## 2.2 结构监测方面的工作

拟建立主体结构应力监测系统（光纤）监测靠船墩沉箱（1 个）和 2#主引桥（1 跨）的长期应力变化。

对靠船墩沉箱，监测范围为沉箱底板，外壁，隔墙各工况下各内力相对较大点处的钢筋应力应变情况以及外壁的裂缝扩展情况。

对主引桥，监测各主要受力构件钢材的应力应变状况。

### 2.2.1 靠船墩沉箱钢筋混凝土结构内部应力监测

沉箱分为底板，外壁，隔墙三部分。底板为八边形，厚度 1m，外壁为圆柱形壳体，厚度 0.4m，隔墙为十字形板，厚度为 0.3m。

## 2.2.1.1 底板监测测点布置方案

### (a) 底板内力分布

底板受基床反力以及上部外壁和隔墙作用力及填料压力，内力以弯矩和剪力为主。在它于外壁及隔墙相交处，负弯矩最大（以上部受拉为正）；各隔仓中部，正弯矩最大；趾根部，剪力最大，详见图 2.3，图 2.4，图 2.5。

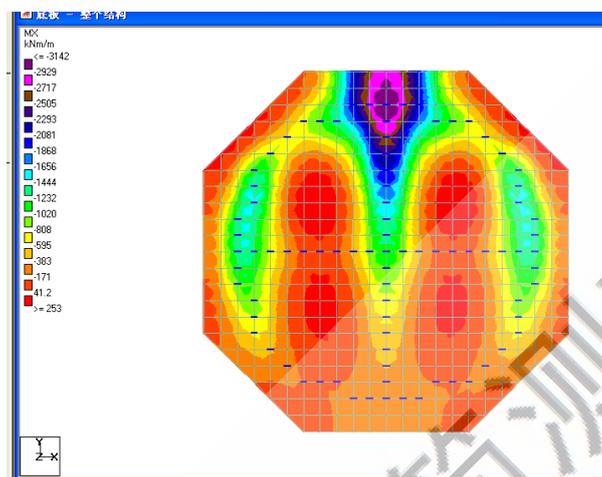


图 2.3 底板 X 方向弯矩云图

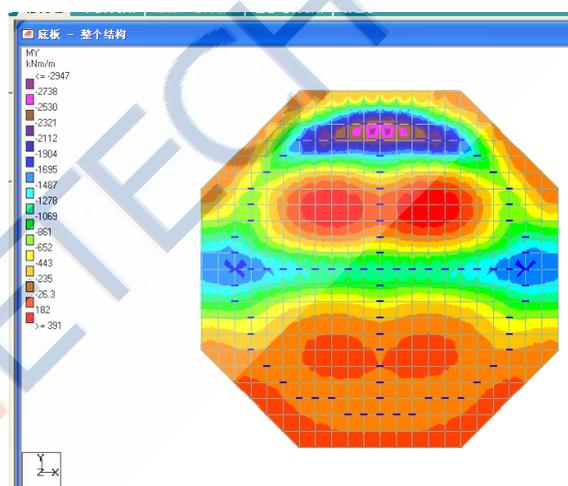


图 2.4 底板 Y 方向弯矩云图

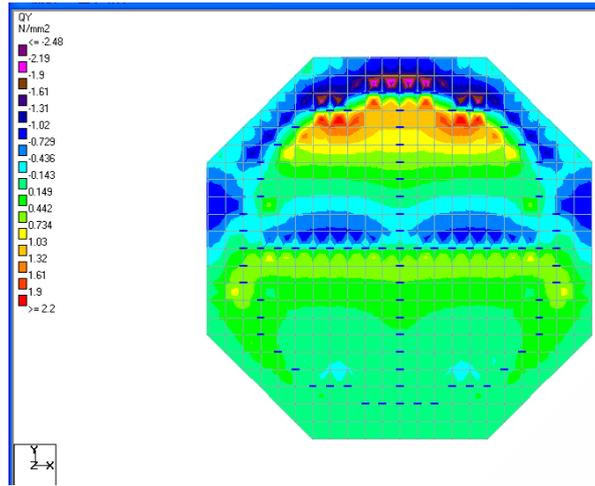


图 2.5 底板剪力云图

**(b) 底板测点布置**

根据底板内力分布云图，测点布置方式如下：

在底板最下层径向主受力钢筋上，沿底板与外壁的相交线，均匀布置 16 个应力测点，每个测点布一个光纤光栅应变传感器，详见图 2.6。

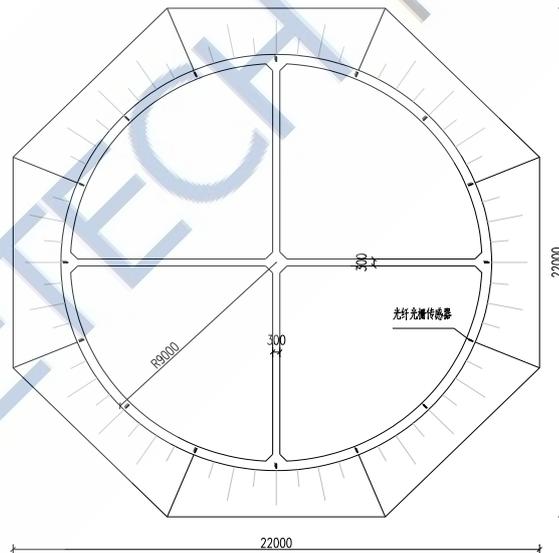


图 2.6 底板底部传感器布置图

经过优化，在底板最上层径向和环向主受力钢筋上，于沉箱每个隔仓中部，布置 4 个应力测点，每个测点布两个光纤光栅应变传感器，一个在径向钢筋上，一个在环向钢筋上，详见图 2.7。

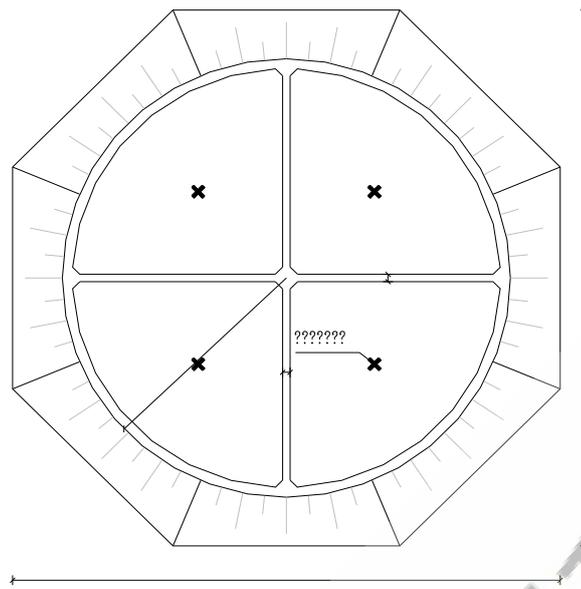


图 2.7 底板顶部传感器布置图

在趾根部的混凝土中，距离底板底部 0.75m 高程面上，沿底板与外壁的相交线，均匀布置 16 个应力测点，每个测点布一个光纤光栅应变传感器，详见图 2.8 所示。

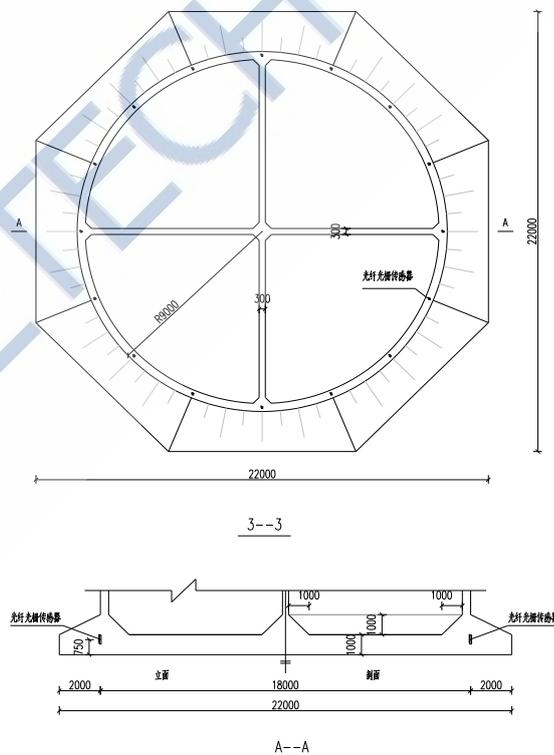


图 2.8 趾根部传感器布置图

## 2.2.1.2 外壁监测测点布置方案

### (a) 外壁内力分布

外壁在填料贮仓压力和波浪力等外力共同作用下，在水平方向以受拉和受弯为主，在竖向以受压和受弯为主。

外壁水平向弯矩（用以配水平钢筋的弯矩），在外壁与隔墙两个相交点之间的四分之一圆形的中间部位和外壁与隔墙交点处最大。除底部一小段外，沿高度方向分布较为均匀，详见图 2.9。

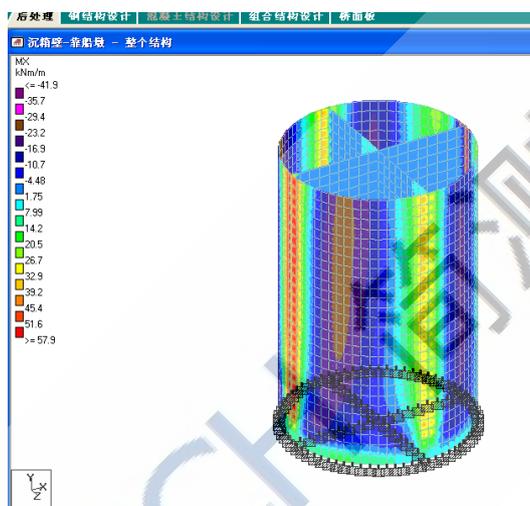


图 2.9 外壁水平向弯矩云图

外壁竖向弯矩（用以配竖向钢筋的弯矩）在外壁与底板相交处最大，沿高度的增加，迅速变小，详见图 2.10

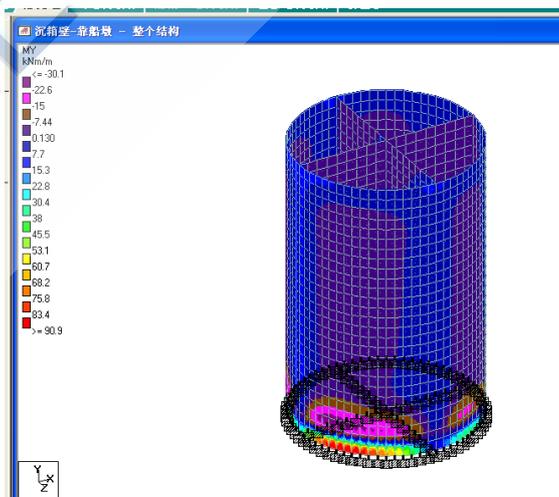


图 2.10 外壁竖向弯矩云图

外壁拉力在整个外壁上沿高度方向均匀分布，沿环向在受波压力的部位小，

在受波吸力的部位大，详见图 2.11。

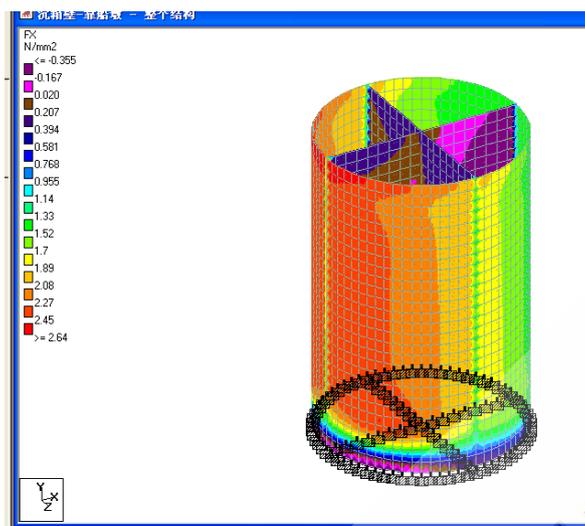


图 2.11 外壁拉力云图

(b) 外壁测点布置

根据外壁内力分布云图，外壁的测点布置如下：

在外壁距底板底面 2.5m 高程处的竖向内外层钢筋上，沿沉箱壁环形均匀布置 4 个测点，测点均位于外壁与隔墙的两个交点的中间。在每个测点上沿内外两层竖向主受力钢筋分别布置一个光纤光栅传感器(一个测点共布置 2 个)；详见图 2.12。

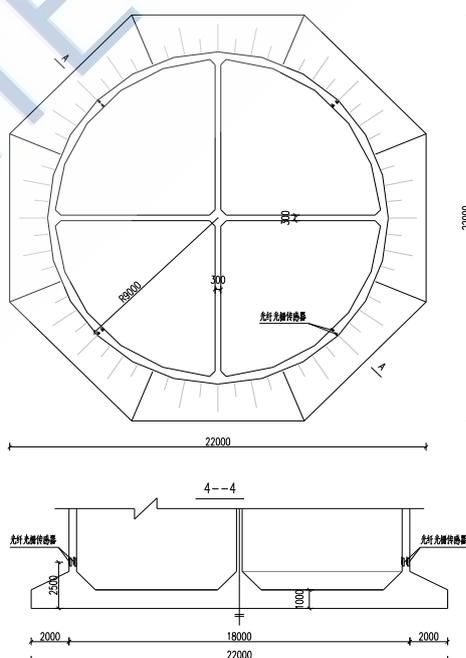


图 2.12 外壁传感器布置图 1

在外壁距底板底面 4m 高程处的竖向和环向内外层钢筋上，沿沉箱壁环形均匀布置 8 个测点。其中与隔墙相交处的 4 个测点，只沿内外两层环向主受力钢筋分别布置一个光纤光栅传感器（一个测点共布置 2 个）；另外 4 个测点，沿内外两层环向和径向主受力钢筋均分别布置一个光纤光栅传感器（一个测点共布置 4 个）。详见图 2.13。

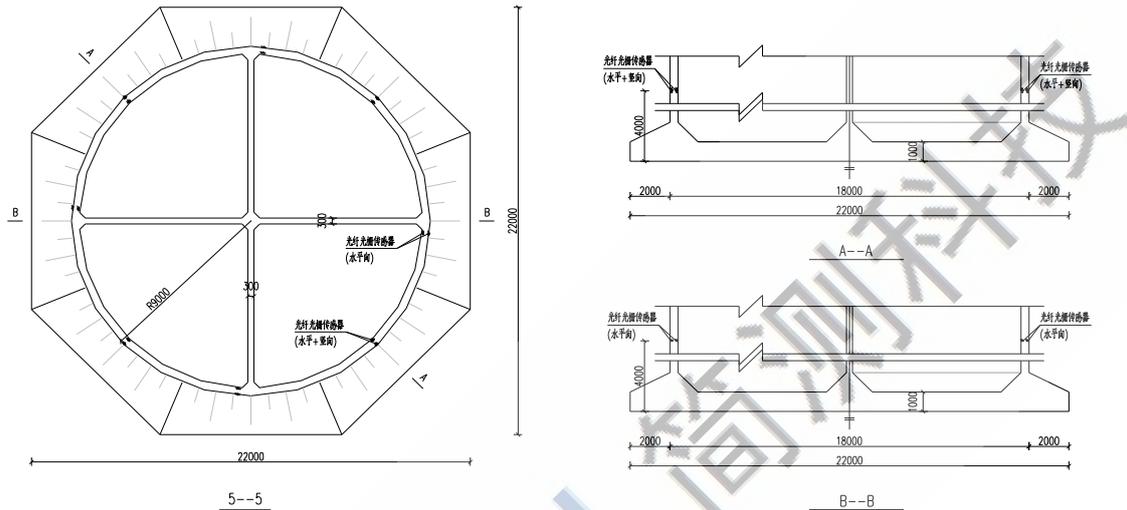
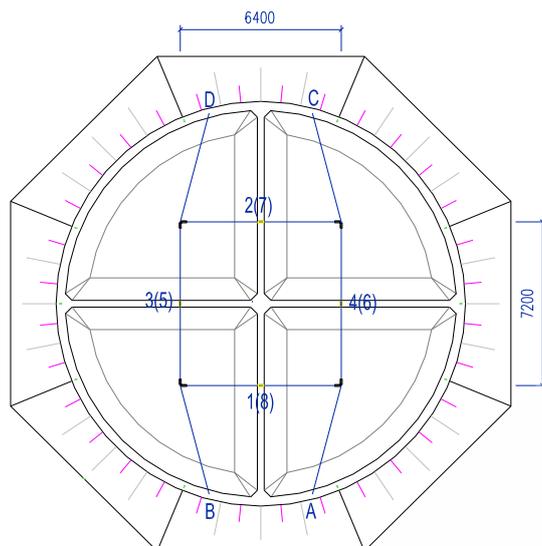


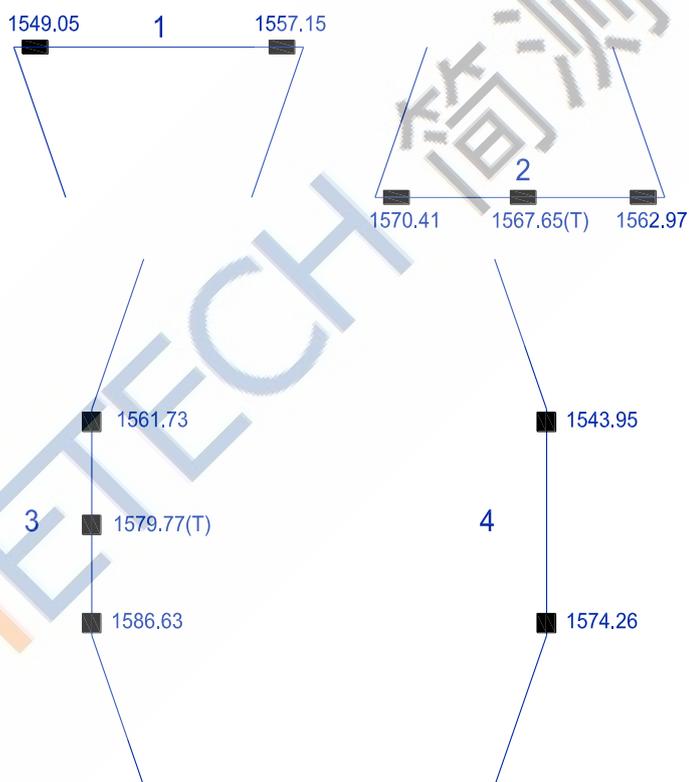
图 2.13 外壁传感器布置图 2

### 2.2.2 施工进度及传感器布设：

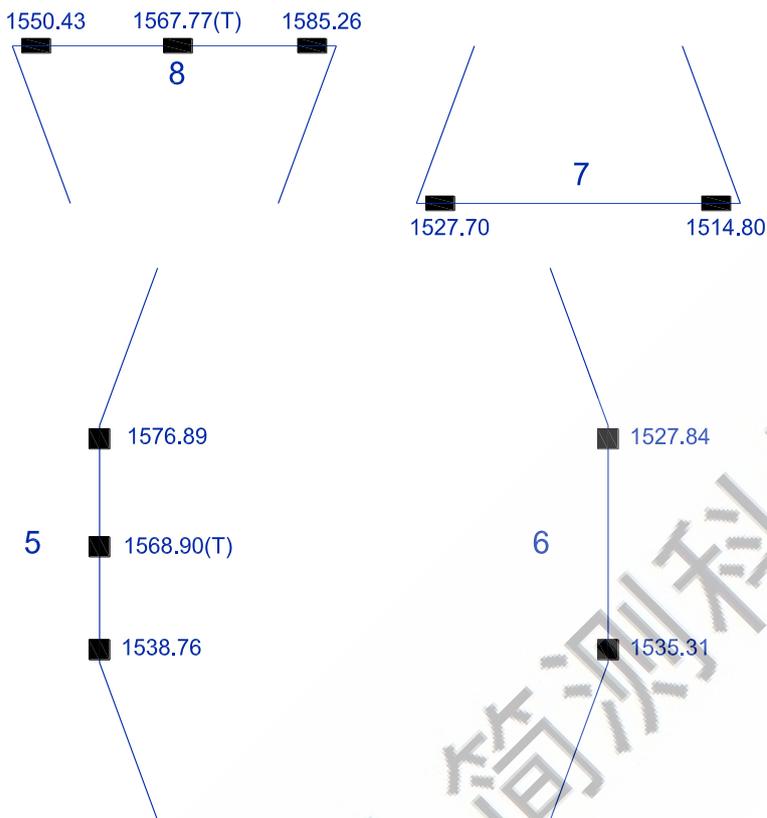
1、6月4日至6月5日，分别布置底板下层与上层传感器。测点位于沉箱每个隔舱中部，在底板上下层横向和纵向主受力钢筋上，每个测点横向和纵向各布置一个光纤光栅应变传感器。共分为 8 条通道（图中 1-8），每条通道串联两个应变传感器。在 2、3、5、8 通道中，于测点中部各布置一个光纤光栅温度传感器。传感器布设方法及初始波长如下：



2.14 底板上（下）层传感器布置

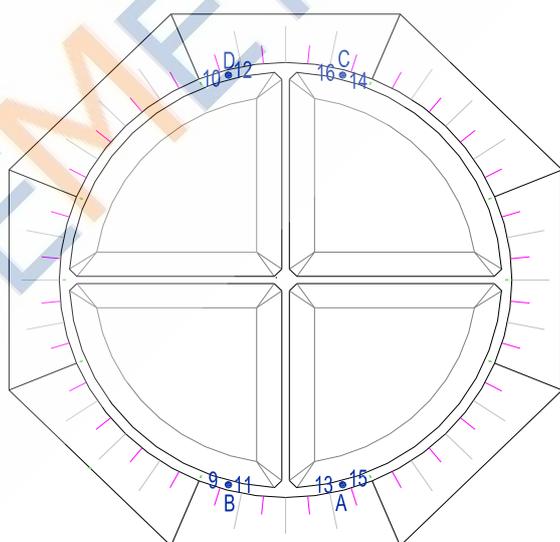


2.15 下层传感器布置详图及初始波长



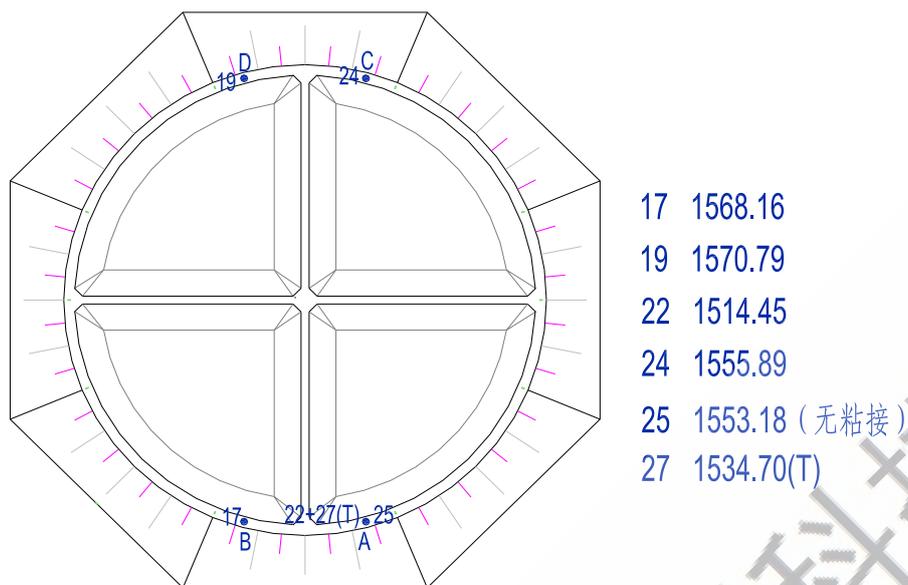
2.16 上层传感器布置详图及初始波长

2、6月6日至6月10日，分别于2.45m，4.35m，6.25m，8.15m高程处布设光纤光栅应变传感器。沿沉箱壁环形均匀布置布置4个测点，测点均位于外壁与纵向隔墙交点的两侧约2m处。在每个测点上沿外层竖向主受力钢筋分别布置一至两个光纤光栅应变传感器。

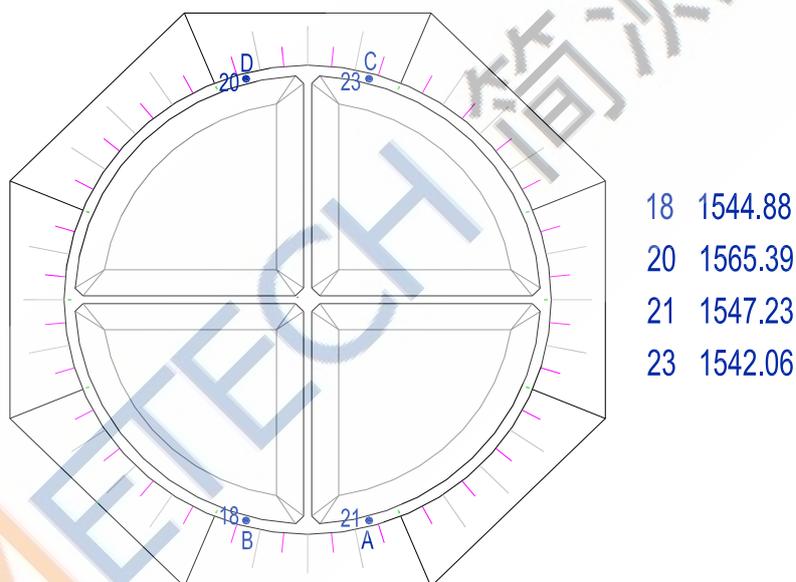


9	1529.50	13	1517.38
10	1523.86	14	1570.00
11	1564.40	15	1520.00
12	1539.15	16	1526.33

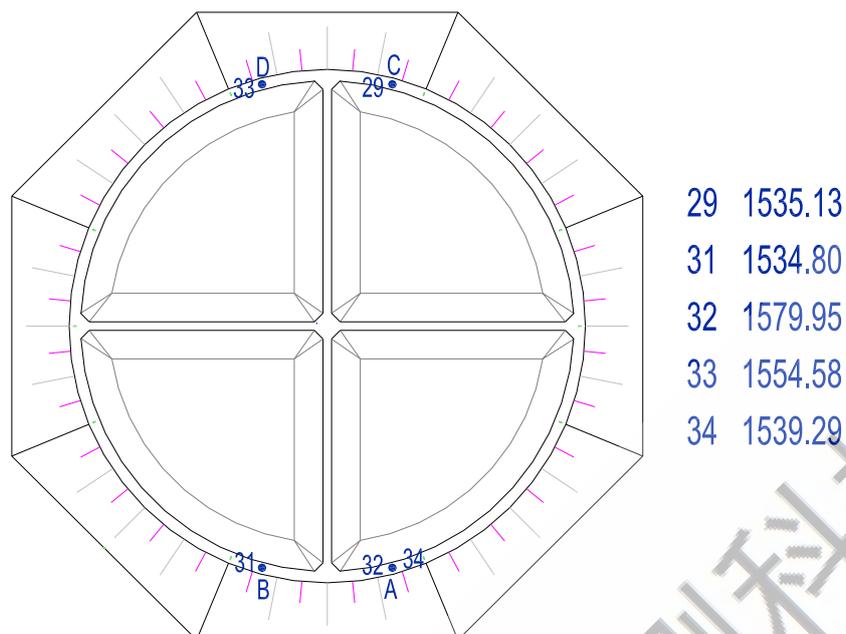
2.17 2.45m 高程传感器布置及初始波长



2.18 4.35m 高程传感器布置及初始波长



2.19 6.25m 高程传感器布置及初始波长



2.20 8.15m 高程传感器布置及初始波长

3、6月11日至6月20日，走线。将A、B、C、D各点出的全部铠装光缆穿入镀锌钢管，在每层钢筋笼下放后（3.625m，顶层为4.25m），将光缆穿入3.6m（1.2m一节，共3节）的镀锌钢管中，以保证出线位置始终位于该层浇注的混凝土之上，确保了线路的安全。穿管后，将剩余光缆装入铁皮箱，并用橡胶管套在镀锌钢管出头位置，以免混凝土浆进入钢管。浇注混凝土前，将铁皮箱固定在外模防护栏上，以免影响施工。



2.21 光缆走线过程中的保护

4、6月21日，将铠装光缆在顶部沿外壁向旁边延伸，并穿入铝塑管保护（由于需要弯折一定的弧度，故用铝塑管代替镀锌钢管）。护舷端的线路分别向两边

延伸，以免护舷盖住线路；另一端的线路汇总到一个测点。将铠装光缆装入现场提供的铁桶中，表面覆盖木屑及牛皮纸，再将铁桶口紧贴在外模板上，以免灌浆。



2.22 光缆保护

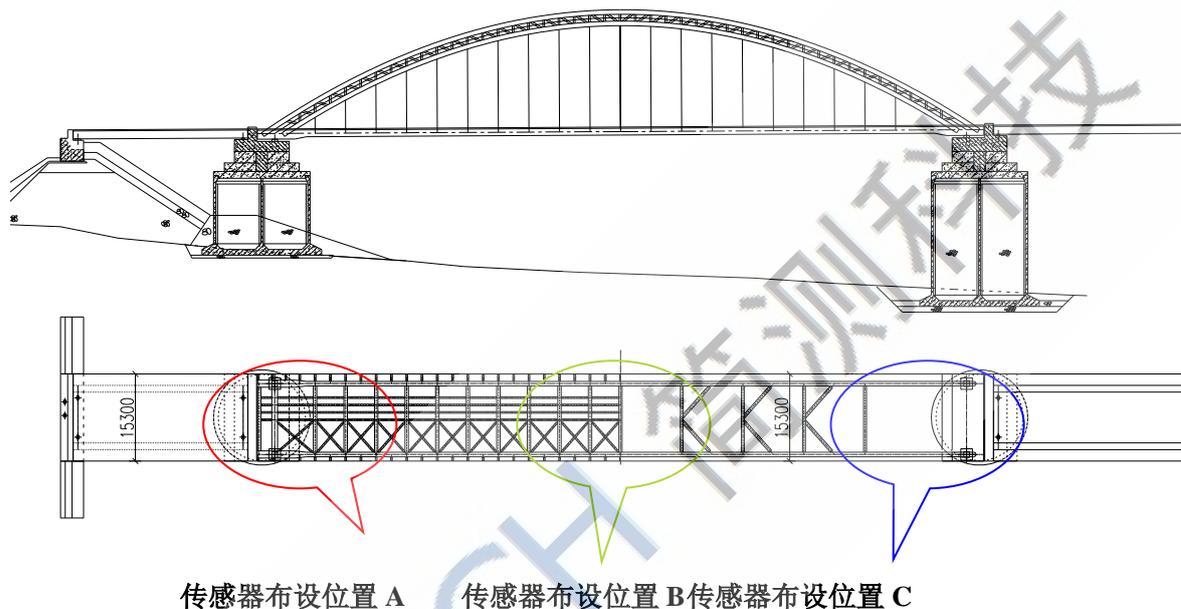
5、7月1日，铁桶加盖，预制场施工阶段完毕。

### 2.3 2#主引桥光纤光栅应力传感器的布设

主引桥的监测采用光纤光栅应力传感器，用于实时监测引桥的静力变形。考虑到引桥跨度较长，因此根据有限元模型计算的结果拟在应力较大的部位，如：拱肋，吊索，刚性系杆，横梁，纵梁，横撑等。由于吊索是预制结构，外有保护，无法布设，所以本次监测用的应力传感器主要布设与引桥的横梁，纵梁，横撑等关键部位。传感器分别在各部件的相应位置对称布设，这样可以经

过数据处理后得到引桥的整体应力分布状况。

分别在引桥两端的刚性系杆、横梁、纵梁、横撑等布设了 24 个光纤光栅应力传感器和 8 个光纤光栅温度传感器，在引桥的中部布设了 2 个光纤光栅应力传感器和 2 个光纤光栅温度传感器，所有的传感器均对称布设。传感器之间采用串联的方式连接，传输光缆用铝塑管保护，并用卡子固定。传感器的编号及位置如下图：



项目	构件名称	位置	数量	监测功能
2#桥	拱肋	对称布置	4	拱角轴向正应力
	刚性系杆	一侧布置	10	底板正应力
	横梁	端部两个及跨中	12	底板正应力，腹板主应力

表 2.1 传感器的布点位置及数量。

## 2.3.1 传感器布设位置 A

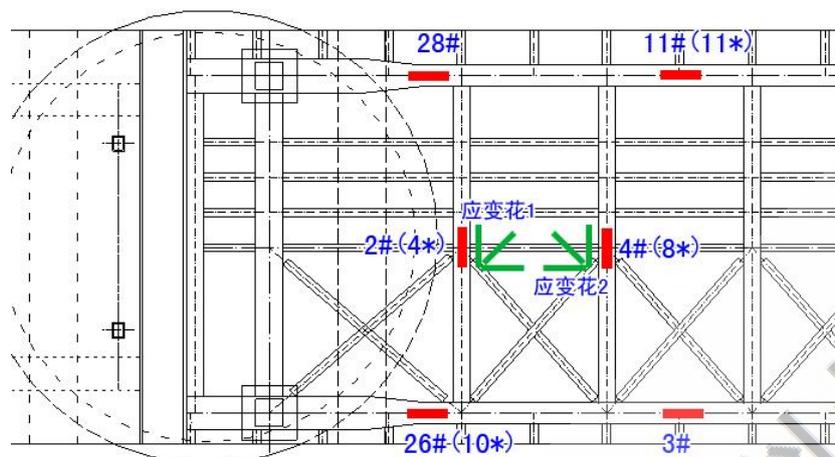


图 2.23 A 位置传感器布位置及编号

其中#为应力传感器，\*为温度传感器

		传感器编号	传感器初始波长	桥吊至现场后波长	
传感器布设位置 A	应变	2#	1569.26	1569.578	
		3#	1557.43	1557.715	
		4#	1535.85	1535.639	
		11#	1543.33	1543.359	
		26#	1533.76	1533.862	
		28#	1514.03	1514.069	
		应变花 1	水平方向 9#	1533.03	1532.997
			45 度方向 6#	1542.85	1542.858
			垂直方向 14#	1549.06 (增敏)	1549.009
		应变花 2	水平方向 12#	1551.65	1551.529
	45 度方向 17#		1544	1543.951	
	垂直方向 22#		1540.94	1541.76	
	温度	4*	1537.9	1537.936	
		8*	1529.88	1529.935	
10*		1541.99	1541.964		
11*		1549.5	1549.577		

## 2.3.2 传感器布设位置 B

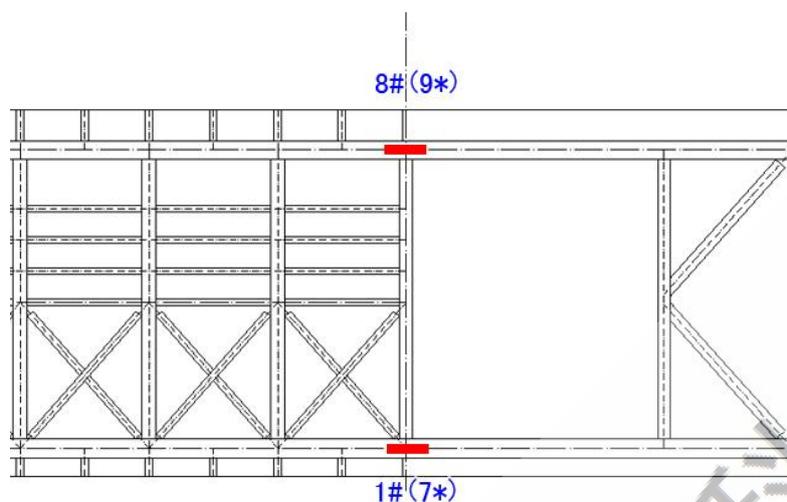


图 2.24 B 位置传感器布位置及编号

其中#为应力传感器，\*为温度传感器

		传感器编号	传感器初始波长
传感器布设位置 B	应变	7#	1542.61
		15#	1544.6 (增敏)
	温度	1*	1549.9
		2*	1569.8

## 2.3.3 传感器布设位置 C

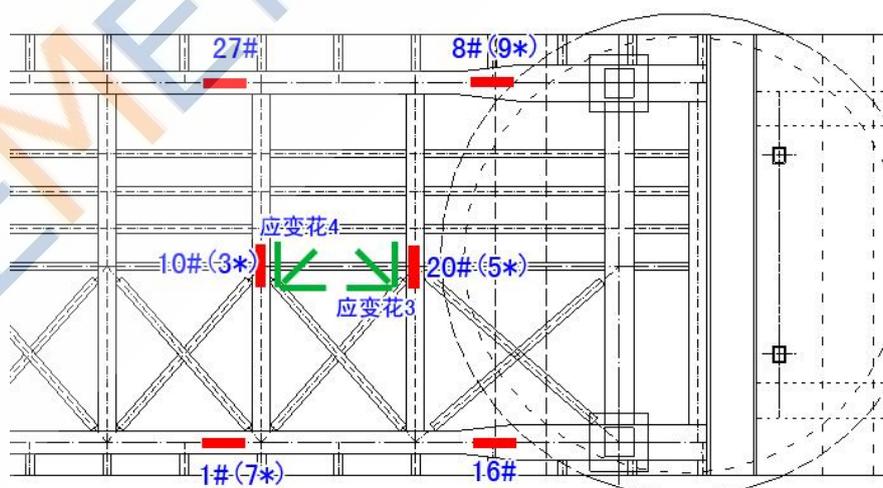


图 2.25 C 位置传感器布位置及编号

其中#为应力传感器，\*为温度传感器

		传感器编号	传感器初始波长	桥吊至现场后波长	
传感器布设位置 C	应变	1#	1540.9	1540.859	
		8#	1536.51	1536.514	
		10#	1560.85	1561.564	
		16#	1526.2	1526.3	
		20#	1544.14	1544.127	
		27#	1529.51	1529.589	
		应变花 3	水平方向 24#	1569.16	1569.144
			45 度方向 23#	1512.14	1512.217
			竖直方向 25#	1538.41	1538.348
		应变花 4	水平方向 13#	1579.88	1579.871
	45 度方向 18#		1535.42	1536.45	
	竖直方向 21#		1529.4	1529.553	
	温度	3*	1549.7	1549.844	
		5*	1554.7	1554.686	
7*		1544.42	1544.419		
9*		1542.94	1542.897		

## 2.4 施工工艺说明

在引桥的施工现场，安装光纤光栅传感器，安装步骤如下：

1. 首先按照事先设计好的布设图在桥的刚性系杆和横梁的相应位置做标记，在传感器之间的光缆布设处每隔 1 米做标记，标记处用打磨机打磨，焊接 100 长镀锌管。



图 2.26 现场确定传感器的安装位置及镀锌管焊接位置

2. 在焊接好镀锌管中穿铝塑管，用以保护传输光缆。



图 2.27 已安装的铝塑管

3. 安装光纤光栅传感器，现在用快干胶将传感器粘贴于已打磨好的系杆或横梁上，在用环氧树脂胶将传感器密封住，这样做的好处是可以使得传感器与结构粘贴的更加牢固，同时也起到了防水和防止海水腐蚀的作用。

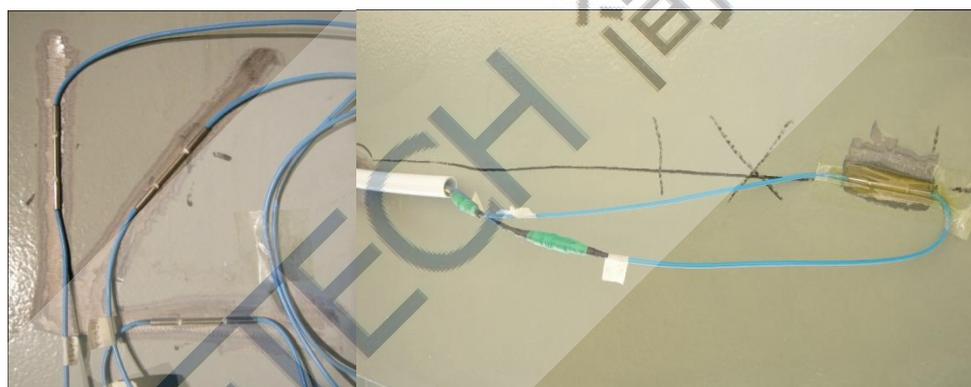


图 2.28 应变花的安装及用环氧树脂保护了的传感器

4. 将传输光缆穿入铝塑管内，并与传感器连接，接头处用防水胶布保护，用密封胶将铝塑管的两头封住，以防海水进入，腐蚀光缆。



图 2.29 用防水胶布保护的传感器与光缆接头 图 2.30 已安装完成的光缆

5. 将所有的光缆穿入软管，并装入桥两侧的安放柜之中，已方便引桥竣工后的工作状态实时监测。最后对引桥进行监测，采得其在施工现场时，安装的各个传感器初值。



图 2.31 光缆走线及桥两端的安放柜 图 2.32 刚性系杆到横梁处的光缆走线

### 3 靠船墩及引桥监测结果分析

#### 3.1 靠船墩实时监测结果分析

7月31日和8月14日，经过两次仪器调试，最后确认靠船墩监测系统成活传感器数目为31个。传感器布置具体位置如表3.1所示，图3.1为传感器编号示意图。

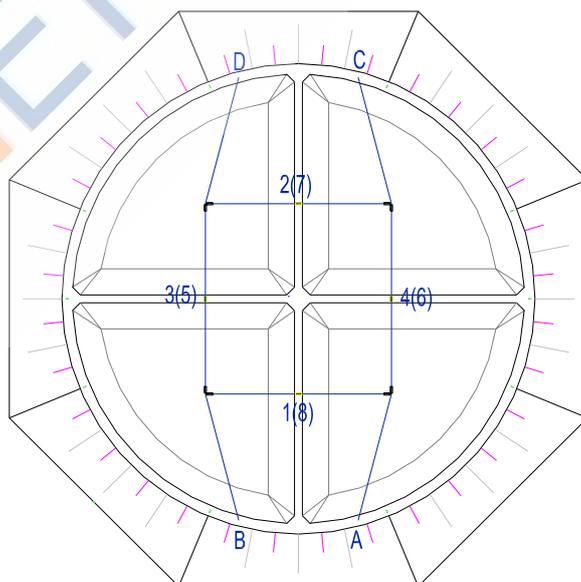


图 3.1 传感器位置编号示意图

表 3.1 传感器位置

编号 部位波长		传感器位置			
		A	B	C	D
底板	下层	1#1557.15/ 4#1574.26	1#1549.05/ 3#1586.63/ 1579.77T	4#1543.95/ 2#1562.97/ 1567.65T	3#1561.73/ 2#1570.11
	上层	6#1535.31/ 5#1585.26/ 1567.77T	5#1538.76/ 8#1550.43/ 1566.90T	7#1514.80/ 6#1527.70	7#1576.69/ 5#1576.69
外壁	2.45m 高程	13#1517.38/ 15# 1520.00	9# 1529.50/ 11# 1564.40	14#1570.00/ 16# 1526.33	10#1523.86/ 12# 1539.15
	4.35m 高程	22#1514.45/ 25# 1553.18/ 27# 1534.70T	17# 1568.16	24# 1555.89	19# 1570.79
	6.25m 高程	21# 1547.23	18# 1544.88	23# 1542.06	20# 1565.39
	8.15m 高程	32#1579.95/ 34# 1539.29	31# 1534.80	29# 1535.13	33# 1554.58

下面对各个位置传感器采集到的波浪荷载和在 30 万吨油轮靠岸后对靠船墩的冲击响应进行数据分析，监测系统采集到的每个位置的应变情况均可以在图中看到明显的得出。下列个图分别为底板的上下底面及 2.45m, 4.35m, 6.25m, 8.15m 高程的 A、B、C、D 位置传感器应变时域图。

### 3.1.1 靠船墩在波浪荷载作用下监测结果分析

靠船墩在波浪荷载作用下应变图（单位：X-时间 S / Y-应变  $\mu\epsilon$ ）

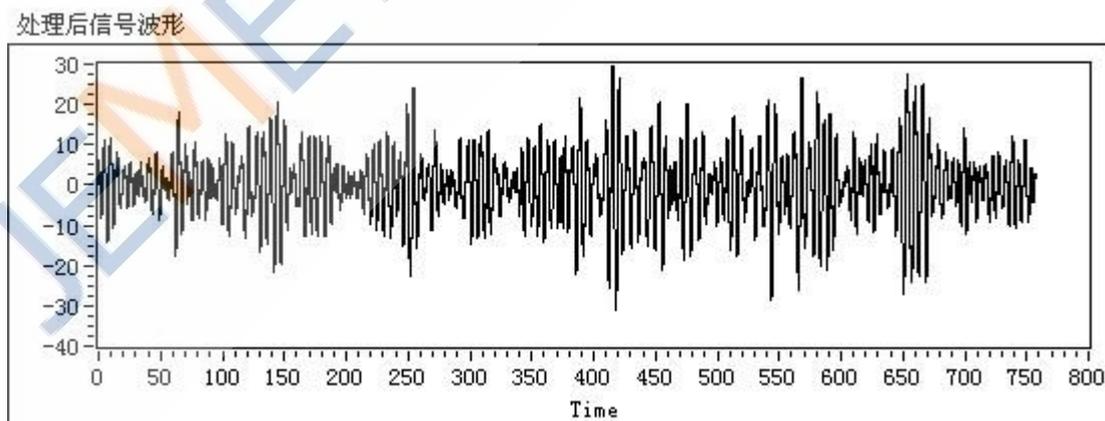


图 3.2 靠船墩 2.45m 高程 C 位置时域应变图

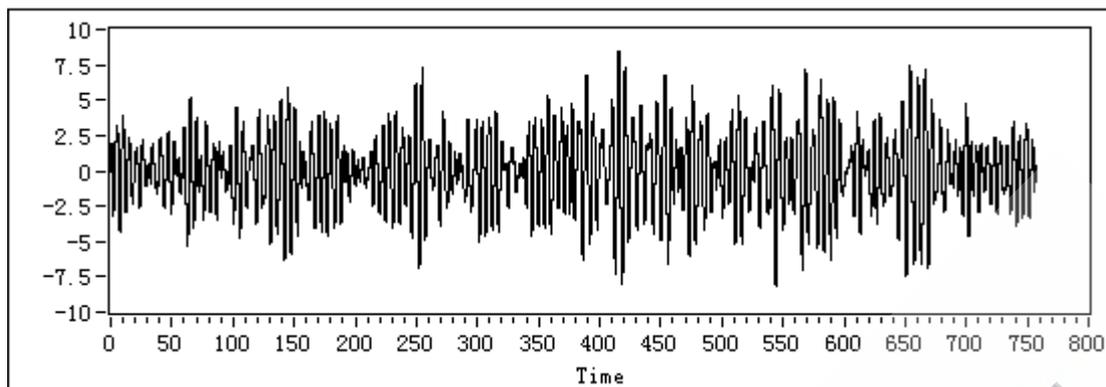


图 3.3 靠船墩 4.35m 高程 C 位置时域应变图

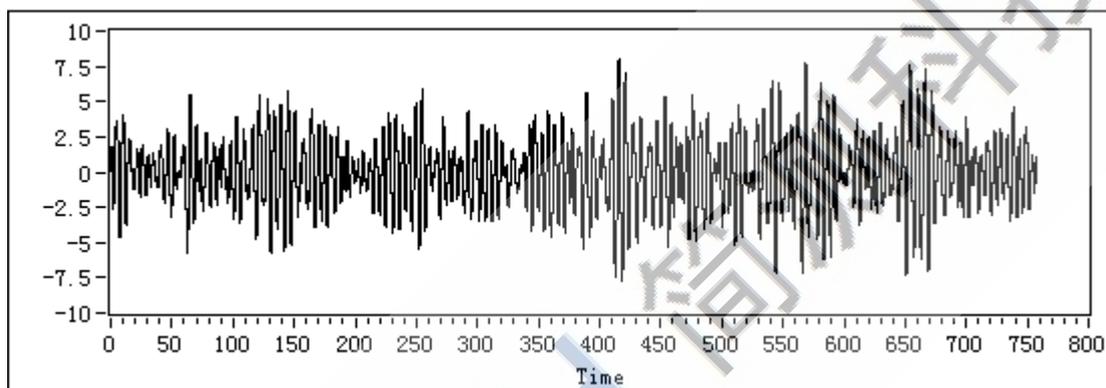


图 3.4 靠船墩 6.25m 高程 C 位置时域应变图

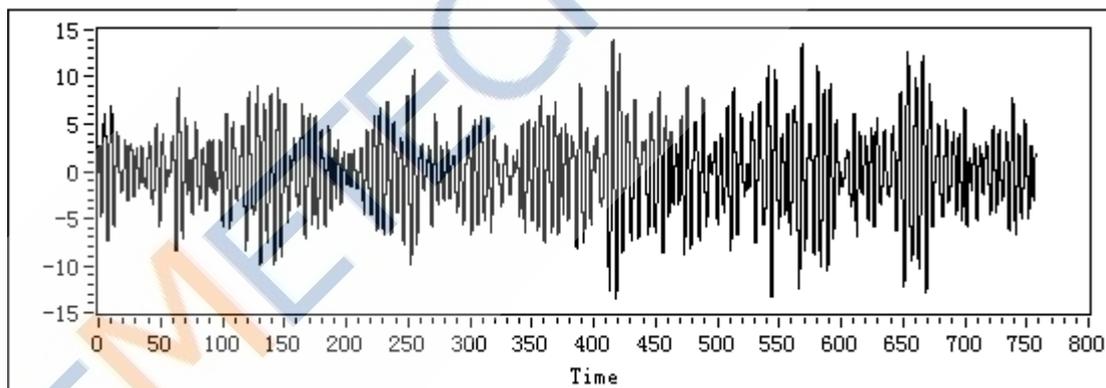


图 3.5 靠船墩 8.15m 高程 C 位置时域应变图

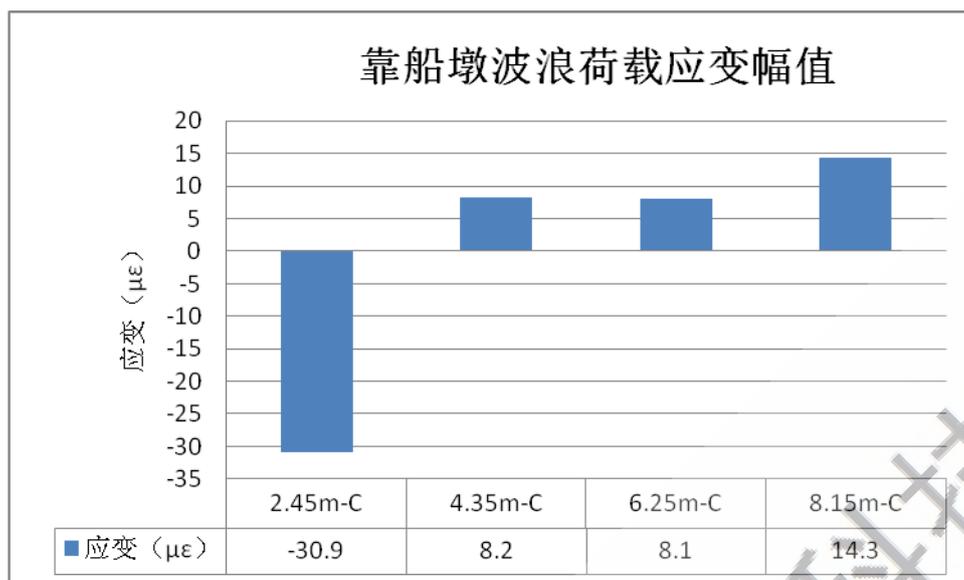


表 3.2 靠船墩波浪荷载应变幅值

由以上的分析可以看出，在波浪荷载冲击下波形呈正弦波形式变化，这和实际的波浪荷载完全相符。靠船墩的最大应变出现在 2.45m 高程，达到  $-30.9 \mu\epsilon$ ，其他位置应变也有明显的变化趋势。

### 3.1.2 靠船墩在船舶靠岸后监测结果分析

8 月 14 日，监测到靠船墩在船舶靠岸后的时域应变图（单位：x-时间 S / y-应变  $\mu\epsilon$ ）

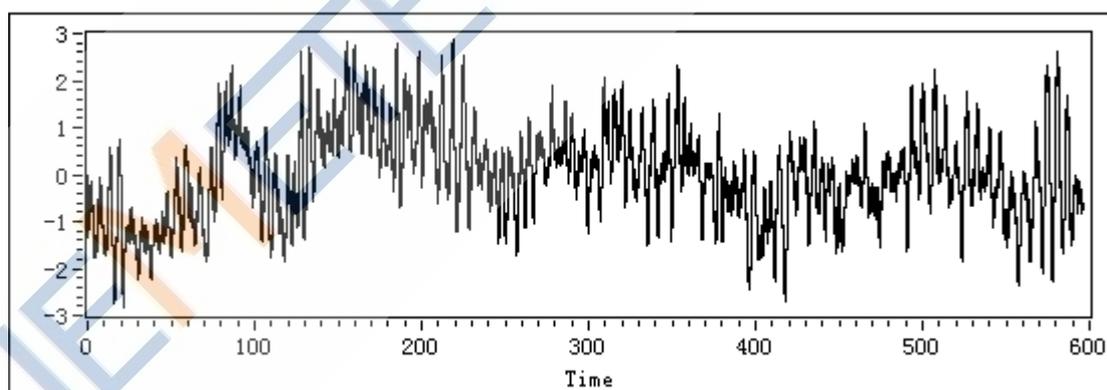


图 3.6 靠船墩 8.15m 高程 A 位置时域应变图

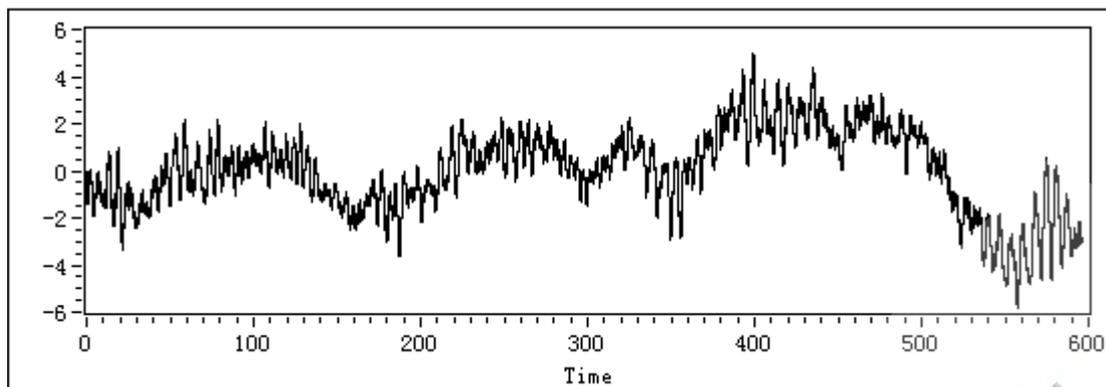


图 3.7 靠船墩 6.25m 高程 B 位置时域应变图

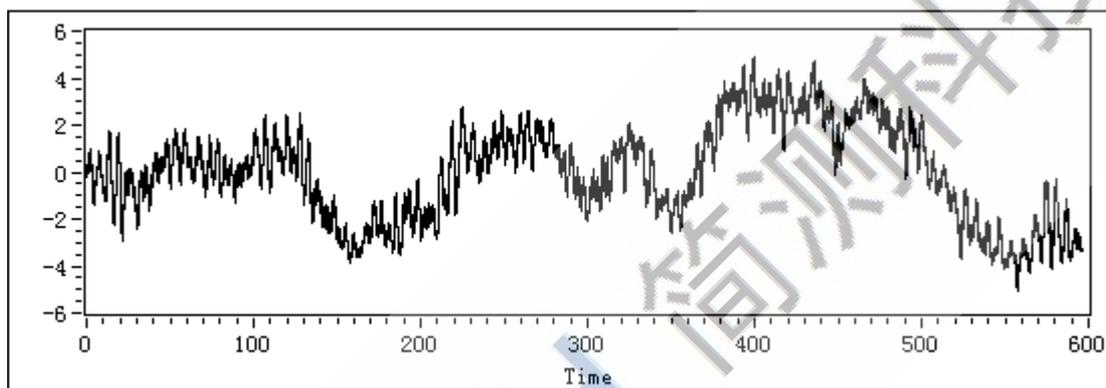


图 3.8 靠船墩 4.35m 高程 A 位置时域应变图

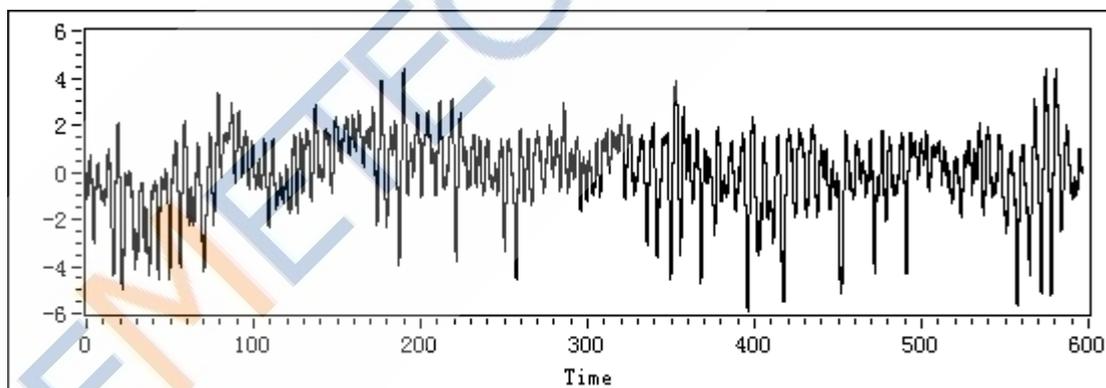


图 3.9 靠船墩 4.35m 高程 B 位置时域应变图

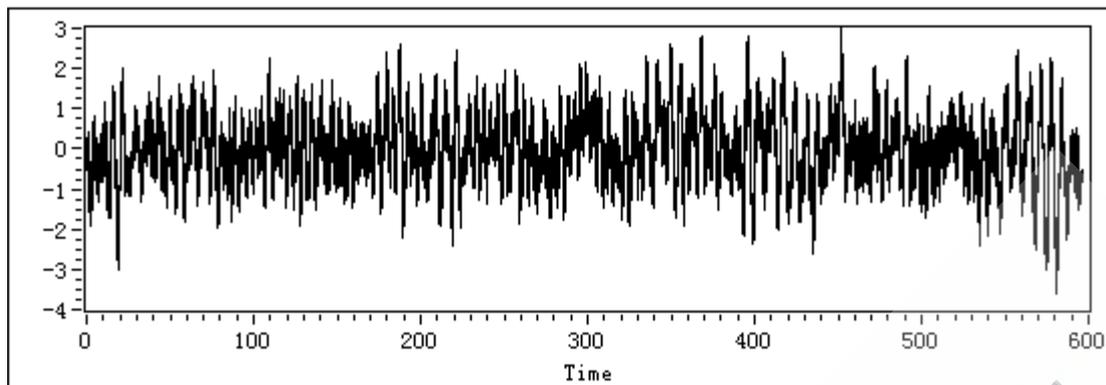


图 3.10 靠船墩 8.15m 高程 C 位置时域应变图

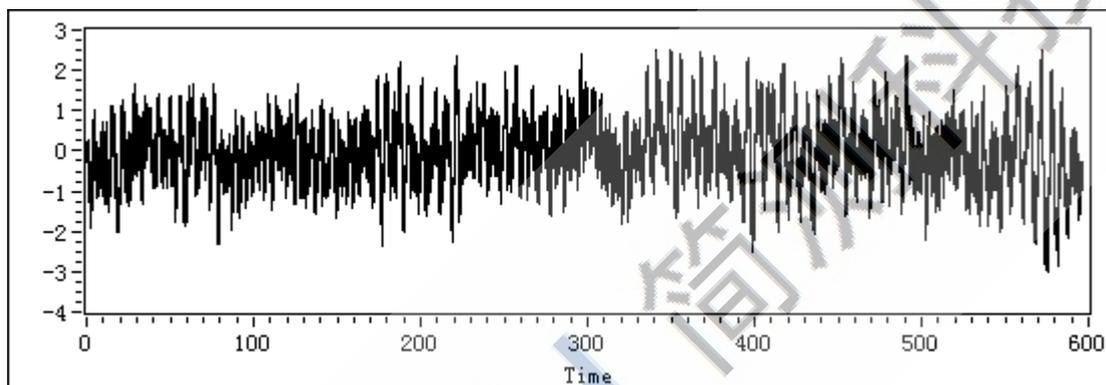


图 3.11 靠船墩 4.35m 高程 C 位置时域应变图

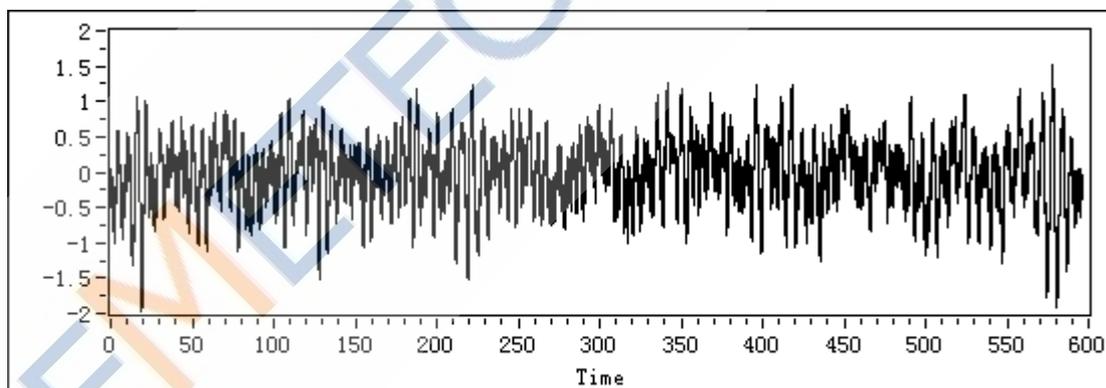


图 3.12 靠船墩 6.25m 高程 D 位置时域应变图

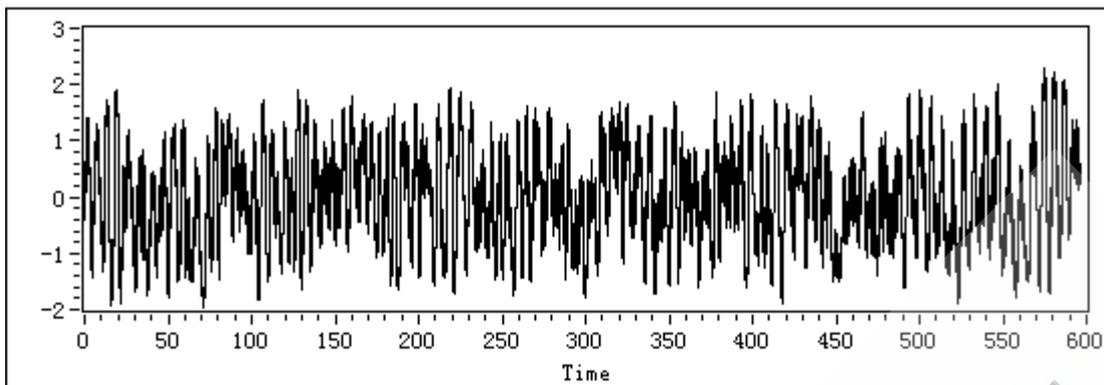


图 3.13 靠船墩 2.45m 高程 A 位置时域应变图

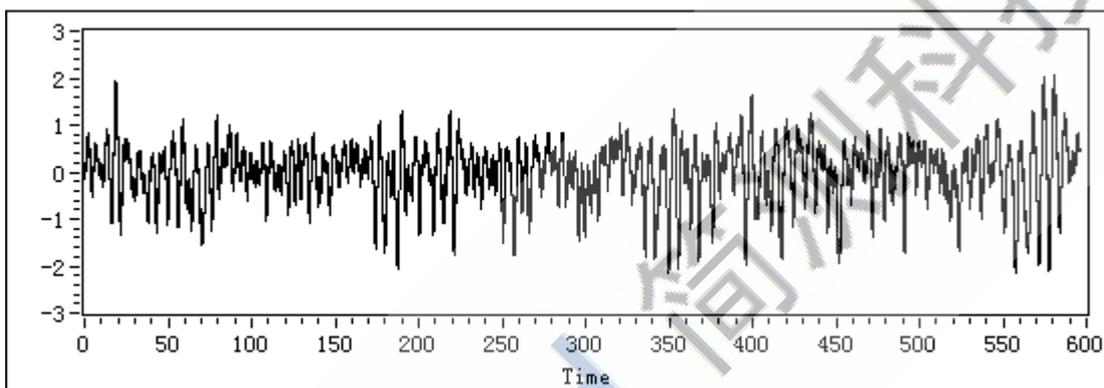


图 3.14 靠船墩 2.45m 高程 B 位置时域应变图

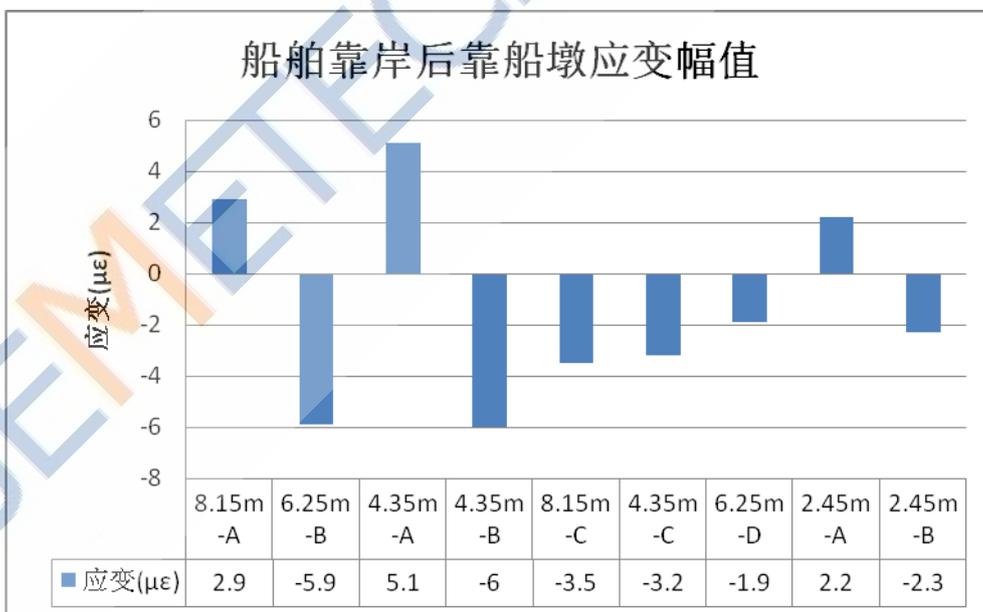


表 3.3 船舶靠岸后靠船墩应变幅值

在 30 万吨油轮靠岸后，采集到各个位置应变明显的变大，出现在 4.35m 高程 B 位置，达到  $-6 \mu\epsilon$ ，其它位置应变也比波浪荷载冲击下的变大很多，说明监

测系统运行良好，能合理的采集到外部冲击荷载响应。

### 3.2 主引桥实时监测结果分析

4月9日监测到了一辆1.4吨中汽车经过引桥时及静态条件下的应变响应，FBG传感器采集到5S和16S时刻汽车对引桥有明显的冲击，不同位置传感器采集的应变幅值变化趋势基本一致。

#### 3.2.1 引桥静载监测结果分析

当桥在建设没有任何外在荷载作用时安装了每一个FBG传感器，而在桥梁安装了管道后导致了传感器发生了初应变，如表3.4所示。1#和16#传感器布置在桥梁安装管道的一边，在管道静荷载作用下传感器位置桥体表现为拉应力，而8#和27#传感器所测得的数据表现为压应力。另外，由于不同的构件尺寸所引起的1#和27#传感器的应力明显的比16#和8#传感器位置的大。



表 3.4 引桥静载监测应变幅值

引桥在吊装完以后，由于受到所加管道的静力荷载，传感器初始波长发生变化，又由于管道的不对称布置，监测到桥体各个位置的应力变化大小不一，这和结构力学理论基本吻合，也验证了此系统运行良好。

### 3.2.2 引桥动载监测结果分析

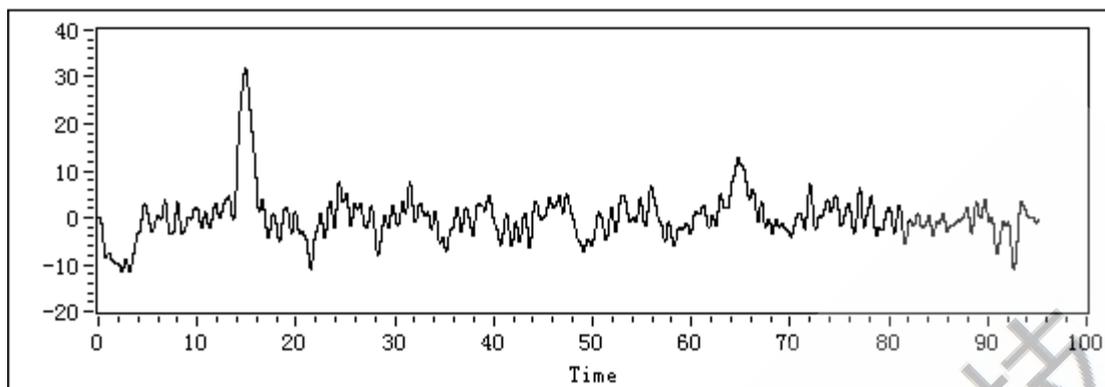


图 3.15 引桥 C 位置应变花 3 水平方向 24#传感器测得应变时域图

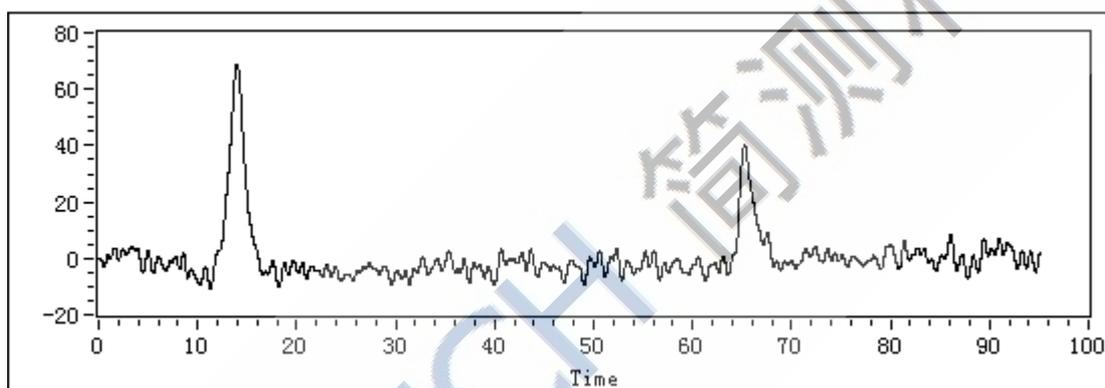


图 3.16 引桥 C 位置 10#传感器测得应变时域图

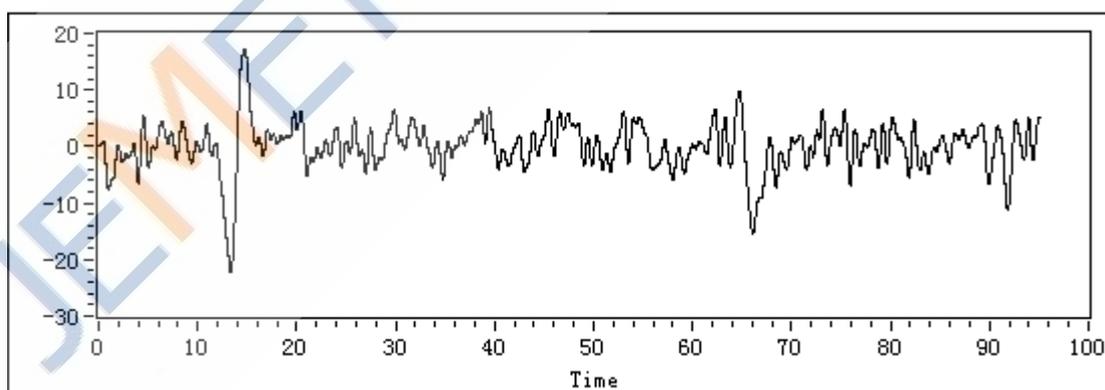


图 3.17 引桥 C 位置 27#传感器测得应变时域图

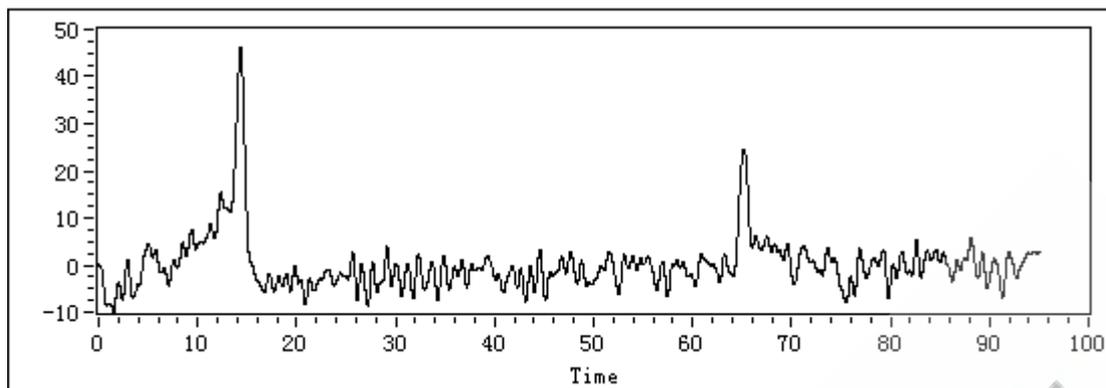


图 3.18 引桥 C 位置 8#传感器测得应变时域图

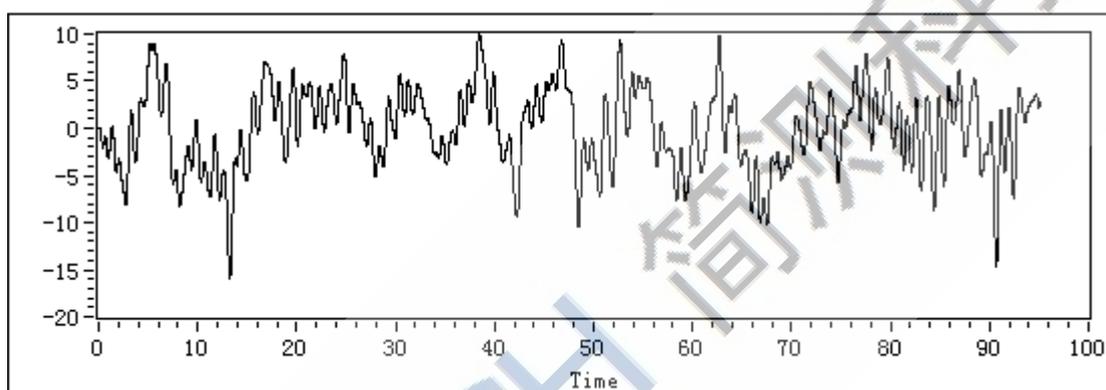


图 3.19 引桥 C 位置 16#传感器测得应变时域图

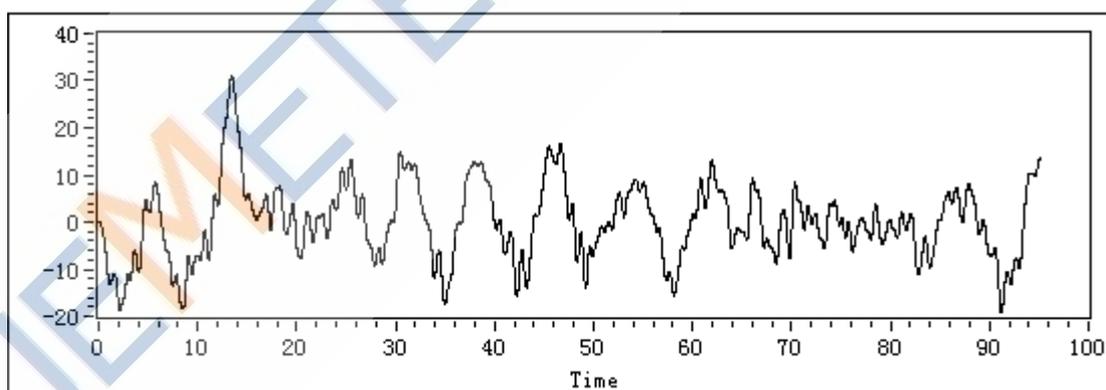


图 3.20 引桥 C 位置 1#传感器测得应变时域图

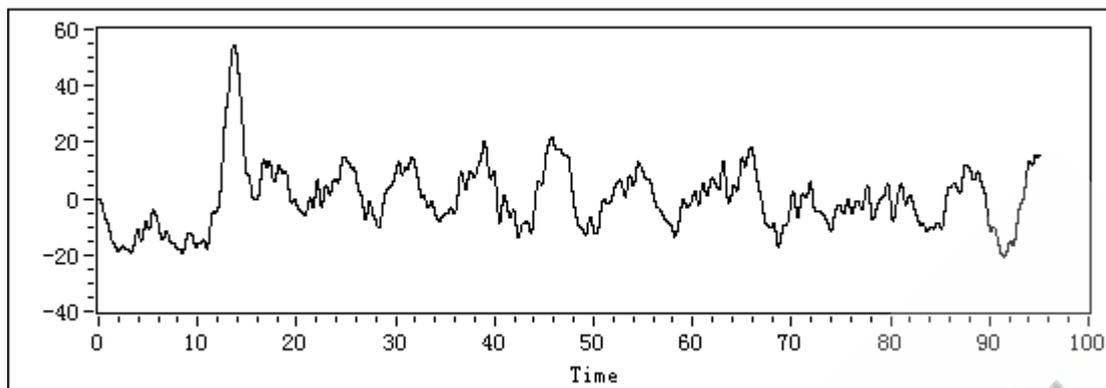


图 3.21 引桥 C 位置应变花 4/竖直方向 21#传感器测得应变时域图

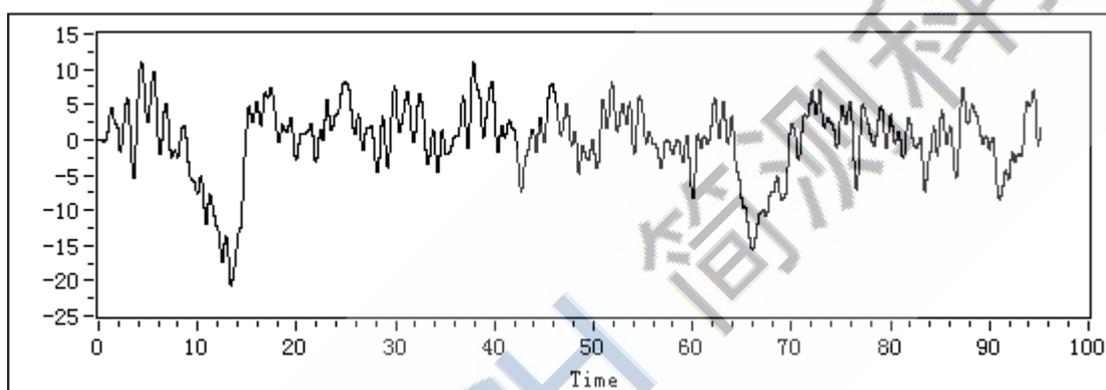


图 3.22 引桥 C 位置应变花 4/45 度方向 18#传感器测得应变时域图

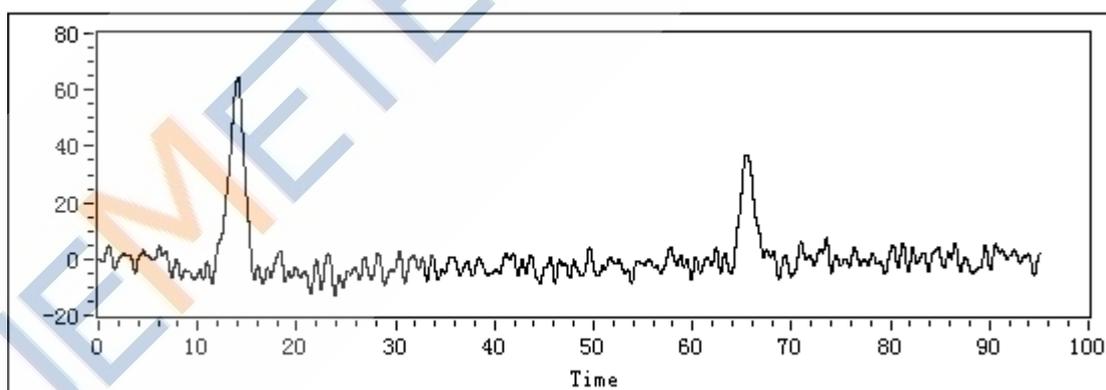


图 3.23 引桥 C 位置 10#传感器测得应变时域图

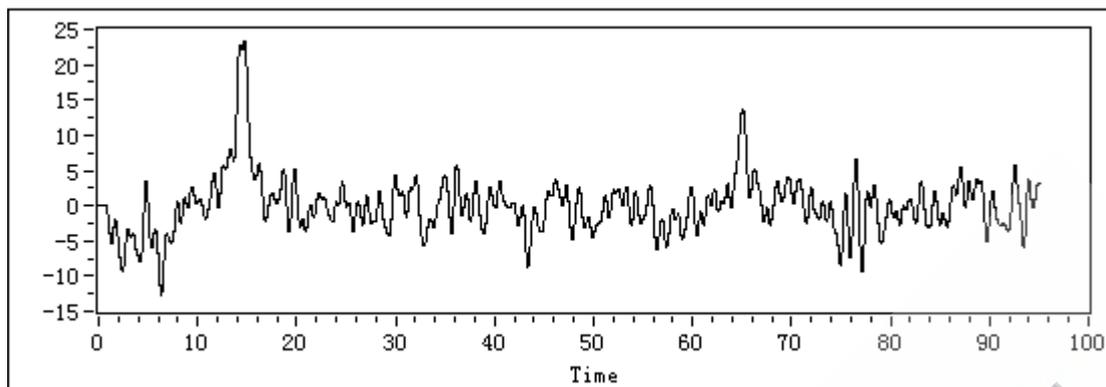


图 3.24 引桥 C 位置应变花 3/45 度方向 23#传感器测得应变时域图

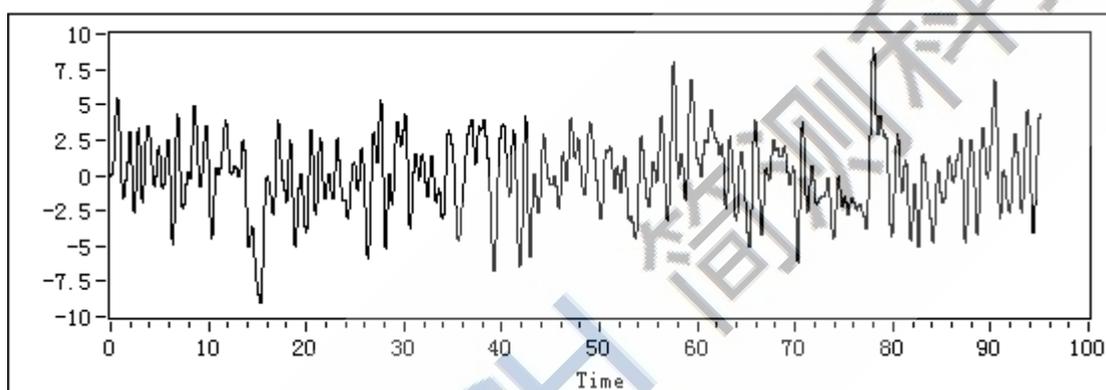


图 3.25 引桥 C 位置应变花 3/垂直方向 25#传感器测得应变时域图

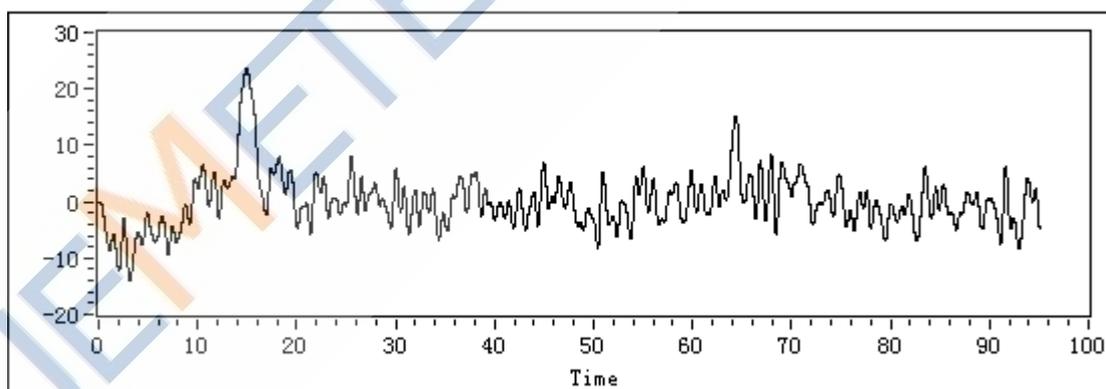


图 3.26 引桥 C 位置 20#传感器测得应变时域图

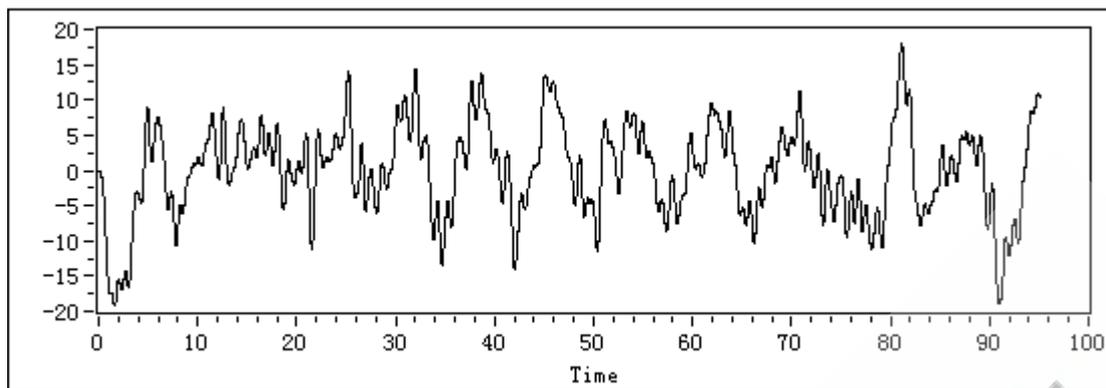


图 3.27 引桥 C 位置 7#传感器测得温度时域图

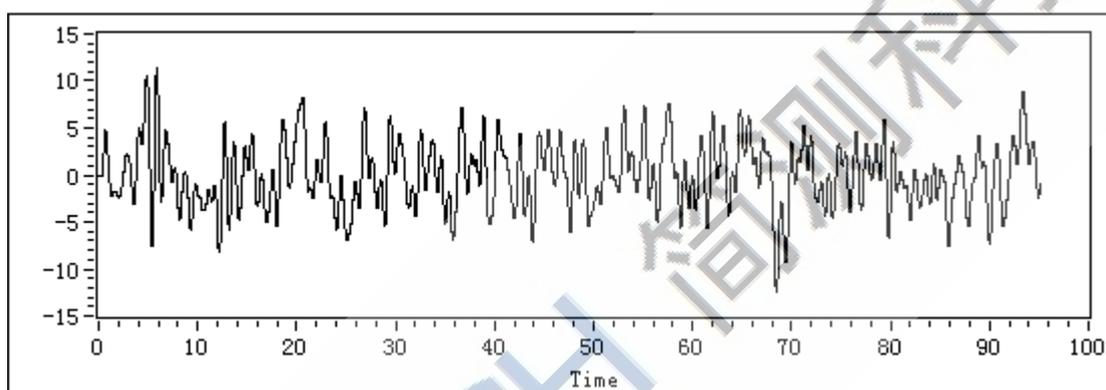


图 3.28 引桥 C 位置 9#传感器测得温度时域图

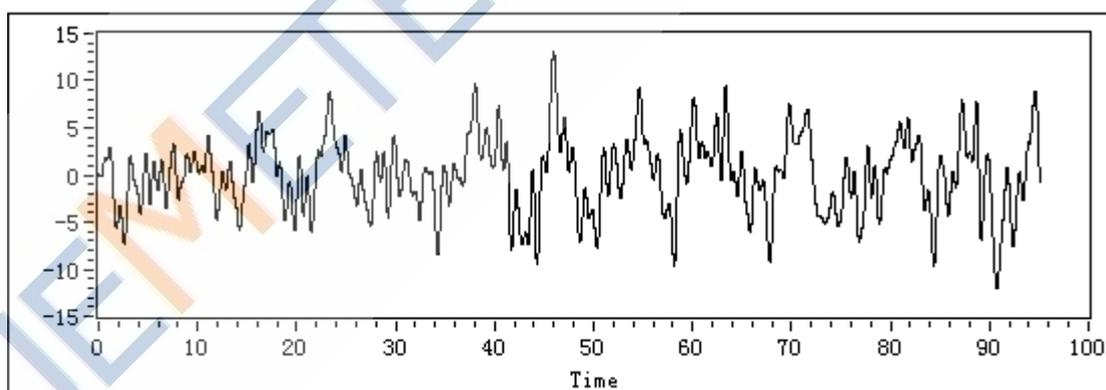


图 3.29 引桥 A 位置 3#传感器测得应变时域图

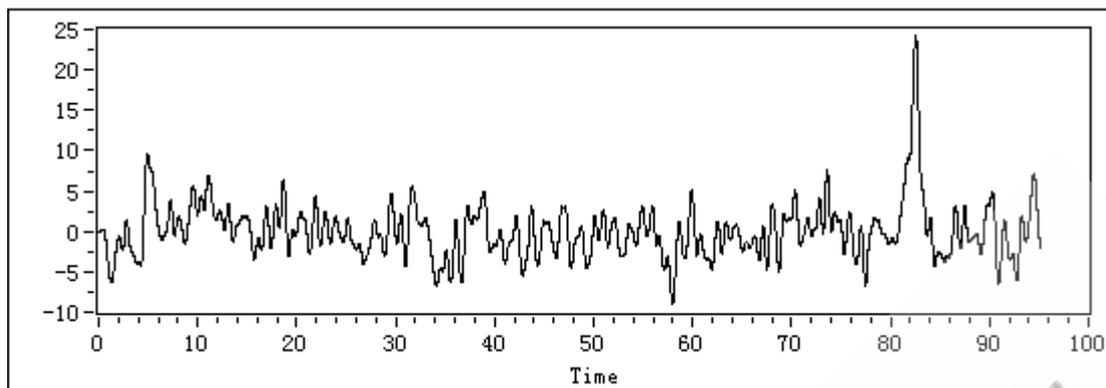


图 3.30 引桥 A 位置 26#传感器测得应变时域图

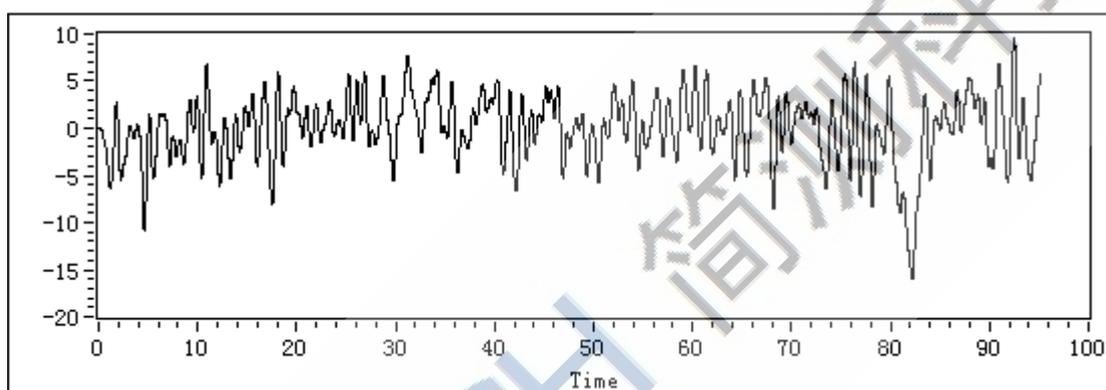


图 3.31 引桥 A 位置应变花 1/竖直方向 14#传感器测得应变时域图

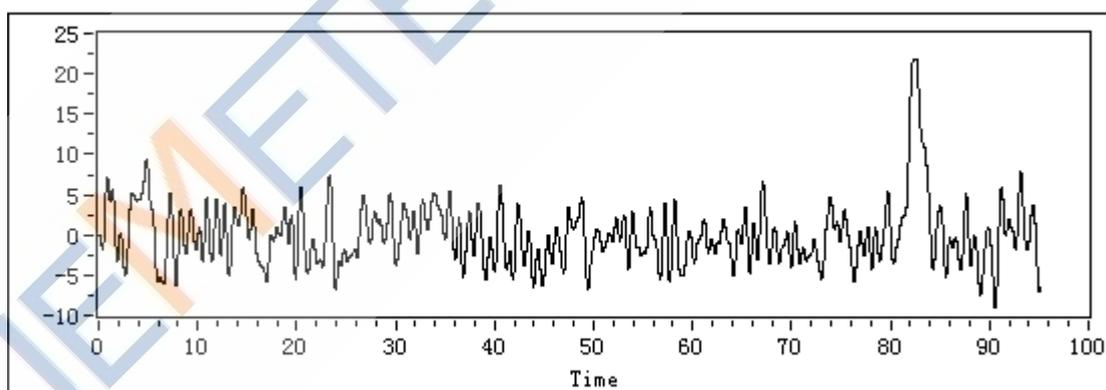


图 3.32 引桥 A 位置 2#传感器测得应变时域图

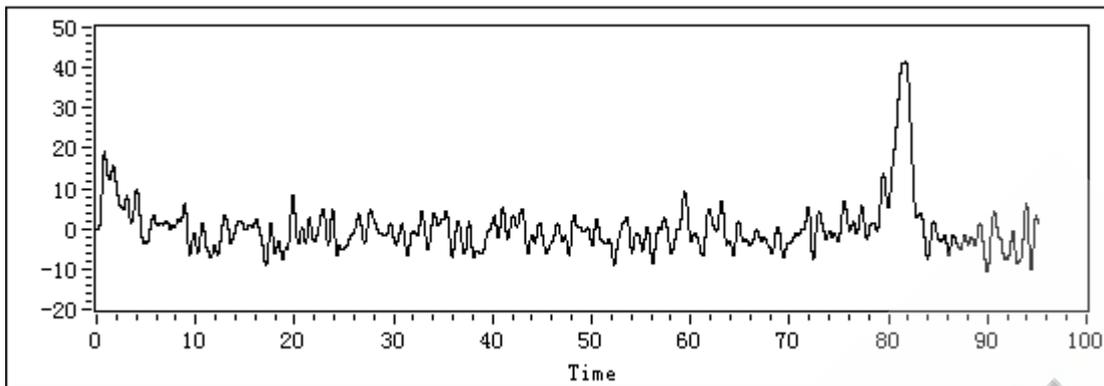


图 3.33 引桥 A 位置 4#传感器测得应变时域图

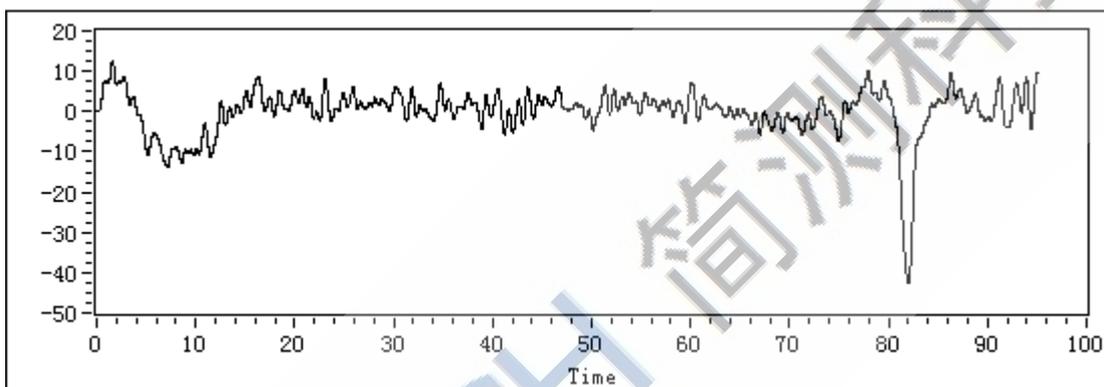


图 3.34 引桥 A 位置应变花 2/竖直方向 22#传感器测得应变时域图

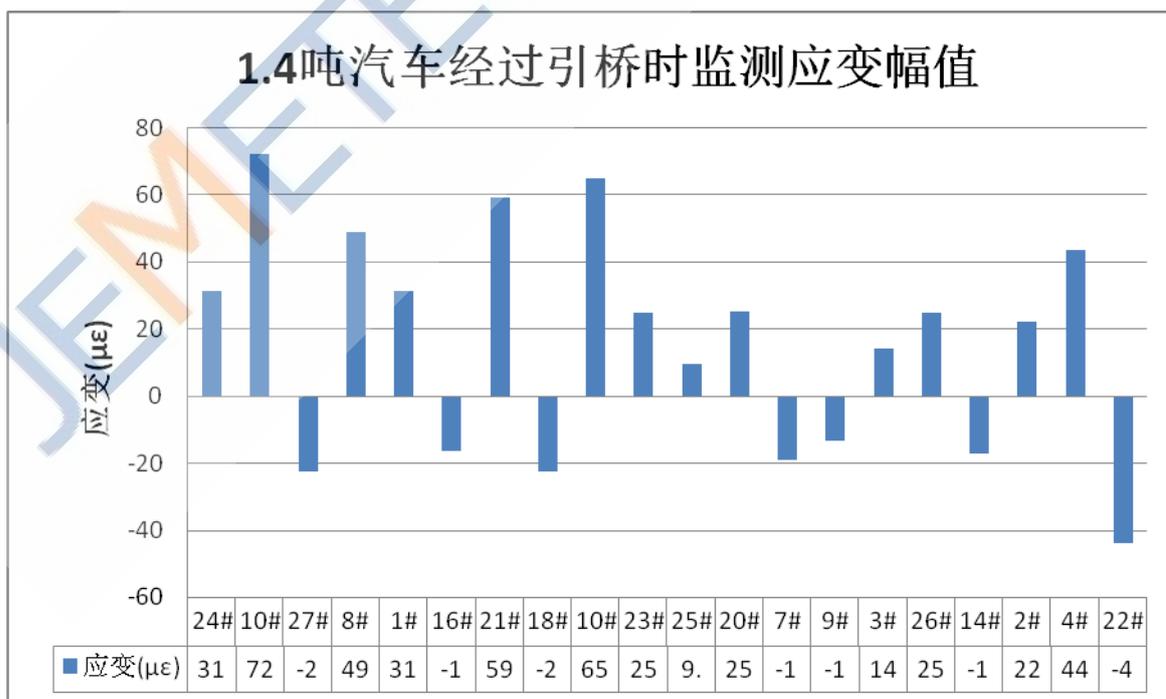


表 3.5 1.4 吨汽车经过引桥时监测应变幅值

经过上面对桥面汽车荷载的响应分析可以看出监测系统运行良好，很好的监测到了汽车经过引桥时的动力响应，而且每个位置的传感器都表现出良好的灵敏性，最大应变出现在 10#传感器所测得的桥体 C 位置，达到  $72 \mu\varepsilon$ 。

JEMETECH 简测科技