

福州淮安大桥

体系静力计算报告

计算:

复核:

2010年06月

目录

1. 设计概况	1
1.1 总体布置	1
1.2 结构体系	1
1.3 加劲梁	1
1.4 主塔、辅助墩及基础	2
1.5 斜拉索	3
1.6 边跨混凝土梁预应力布置	3
2. 主要材料	3
3. 主要技术标准及参考设计规范	5
3.1 主要技术标准	5
3.2 参考设计规范	5
4. 静力计算参数及荷载取值	6
4.1 恒载	6
4.2 活载	7
4.3 温度荷载	8
4.4 风荷载	8
4.5 支座沉降	11
5. 结构纵向静力计算	11
5.1 计算模型	11
5.2 荷载组合	12
5.3 混凝土主梁施工阶段验算	12
5.3.1 施工步骤	12
5.3.2 计算结果	12
5.4 使用阶段验算	14
5.4.1 静力计算结果	14
5.4.2 应力计算结果	25

5.4.3	位移计算结果	32
5.4.4	支反力计算结果	33

淮安大桥体系静力计算书

1. 设计概况

1.1 总体布置

淮安大桥北起闽侯侧浦里排涝站附近，止于淮安侧地面道路落地点，横跨闽江。桥梁孔跨布置为 $(45+67)\text{m}+416\text{m}+(67+45)\text{m}$ ，边跨设置一个辅助墩，主桥全长640m。

主桥桥型为双塔双索面钢-混凝土混合梁斜拉桥，边跨采用混凝土箱型加劲梁，中跨采用扁平钢箱加劲梁。主塔采用A型塔，主塔基础承台采用分离式承台之间设置系梁。斜拉索空间双索面布置，每塔两侧各16对索，全桥共128根。桥面铺装采用60mm 改性沥青混凝土 (SMA13) 抗滑表面层+ 80mmC40 聚丙烯纤维混凝土底层。

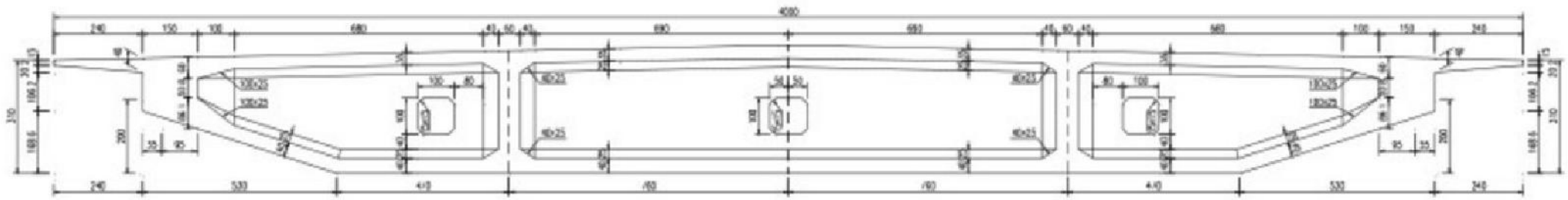
1.2 结构体系

本桥支撑采用半漂浮体系，设置纵、横向活动支座，主塔及两侧梁端设置横向限位挡块。桥台侧设有纵向消能阻尼器。在辅助墩两侧设置一定范围的压重以防止在运营阶段辅助墩支座出现负反力，降低支座设计难度。

1.3 加劲梁

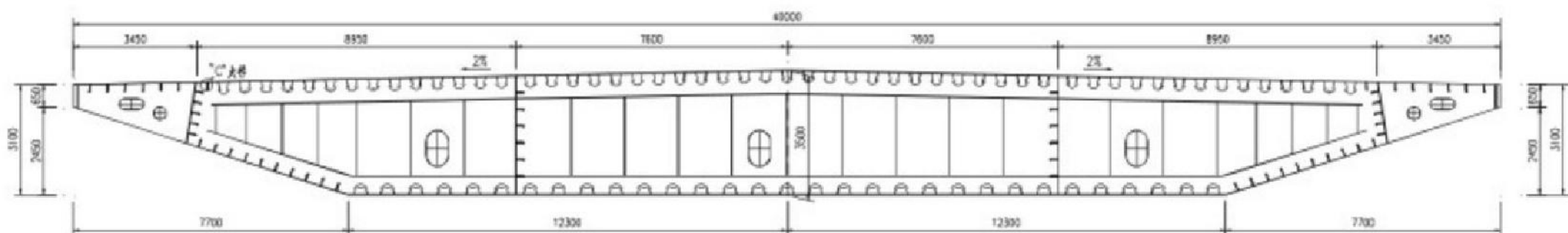
加劲梁采用等高度箱梁，设置2%双向横坡，单箱三室截面，梁高3.5m，顶宽40.0m，混合梁体系。其中边跨混凝土梁长121.6m，钢梁长396.0m。钢-混凝土结合面设在主跨，距塔中心10.0m处，结合段长2.0m。

箱顶宽4000cm, 箱底宽3520cm , 悬臂长度 **240cm**; 标准截面中线处梁高**350cm**, 顶板厚35cm, 底板厚40cm; 中腹板厚 **60cm**, 箱宽1460cm; 边腹板厚**150cm**, 箱宽820cm; 悬臂端部板厚15cm, 悬臂根部板厚40cm。采用C50 混凝土。



边跨混凝土箱梁标准节段横断面

主跨钢梁为全焊钢箱梁结构，钢梁桥面板采用正交异性板构造。箱梁顶宽40000mm，中线处梁高3500mm，中室宽15200mm；边室宽8950mm，悬臂板长3450mm。钢箱梁标准节段长为12300mm，每3075mm设一道横隔梁，钢箱梁顶板板厚采用14mm，底板板厚12mm，中腹板厚度14mm，边腹板厚度32mm。钢材采用 Q345qD



主跨钢箱梁标准节段横断面

钢混结合面位于中跨侧距主塔中心线 10 m 处，结合段梁端设 150cm 端横梁。辅助墩横梁两侧箱室设有C15 素混凝土压重。

1.4 主塔、辅助墩及基础

主塔为A型塔，总塔高为115 m，塔顶高程+125.0 m。桥面以下塔柱高度15.799 m，桥面以上塔高99.201m。在高程+89.827m 以下为倾斜塔柱，高79.827m，倾斜度为1:5.51； 往上至高程+115.718m位置，主塔塔柱线形位于R=145m 的圆弧段；其余至高程+125.0m 塔顶部分主塔为竖直线形。上塔柱作为索锚区采用整体箱形截面，两边箱顺桥向长度6.5m，壁厚为130cm，横桥向宽度3.6m，壁厚分别为70cm、80cm；中箱为塔柱横向连接构件，壁厚50cm；斜拉索锚固点纵向间距分别为3.3 m、3.1m、2.5m，对称于塔柱中心线设置，采用混凝土齿块进行锚固；为了承受斜拉索巨大的张力，索锚区塔柱截面采用“井”字型预应力，顺桥向采用预应力钢绞线、夹片式锚具，钢束规格分别采用9- ϕ^5 15.2和7- ϕ^5 15.2；横桥向采用光面钢丝、墩头锚，钢丝规格分别采用48- ϕ 7和36- ϕ 7。塔身采用C50 混凝土。

主塔基础承台采用分离式，单个承台平面尺寸14.4x14.4m，厚度5.5m，台下行列式布置9根 $\phi 2.5\text{m}$ 钻孔灌注桩，分离式承台横向净距**26m**，台间设置横向系梁连接成整体以抵抗分离式塔柱的横向水平力。系梁宽度4m，高度5.5m。采用C40混凝土。

辅助墩采用分离式矩形截面独柱式墩，墩柱截面尺寸为1.8x3.6m。每墩设2根

φ 2.0m 的钻孔桩，桩基根据地质情况选用端承桩，桩基全截面进入中风化花岗岩不少于6.0m。桩顶设承台，承台平面尺寸为3.2×7.8m，承台厚度为3.0m。墩身采用C40 混凝土，承台及基础采用C30 混凝土。

1.5 斜拉索

斜拉索采用空间扇形索面布置，索面在主梁处的横向锚固点间距：中跨为**34.04m**，边跨为34.1m。斜拉索梁上索间距：边跨(混凝土梁)侧6.0m，中跨(钢梁)侧12.3m。塔上竖向间距 2.0m。

斜拉索采用常用的双层热挤 PE 护套半平行钢丝拉索体系，外层为彩色，外层颜色建议采用白色或与业主及有关部门协商后确定。斜拉索护套表面采用双螺旋线。采用 φ 7mm 高强环氧涂层平行钢丝 ($f_x=1670\text{Mpa}$)。

斜拉索规格共6种，分别为：PES7-151、PES7-187、PES7-211、PES7-253、PES7-283、PES7-301。

1.6 边跨混凝土梁预应力布置

边跨混凝土梁设置纵、横双向预应力束。横向预应力束布置在相应横梁处腹板及顶板，标准横梁钢束采用 **15-15** 和 **15-7** 型高强度、低松弛钢绞线，边墩、辅助墩横梁钢束采用**15-22** 型高强度、低松弛钢绞线，制孔均采用金属波纹管。纵向预应力束采用顶底板直线配束，钢束均采用 **15-12** 型高强度、低松弛钢绞线，制孔采用金属波纹管。纵向预应力钢束根据设计需要在节段线处部分张拉接长。钢束张拉顺序按照横向—纵向的顺序进行张拉。各类型钢束的具体张拉顺序详见各部分施工图，各钢束横桥向应对称同步进行张拉。

2. 主要材料

(1) 混凝土

主梁、主塔采用 C50 混凝土，其主要力学性能如下：

弹性模量 $E=3.45 \times 10^4 \text{MPa}$

剪切模量 $G=1.38 \times 10^4 \text{MPa}$

泊松比 $\nu_c=0.2$

轴心抗压强度设计值 $f_{ca}=22.4\text{MPa}$

轴心抗拉强度设计值 $f_a=1.83\text{MPa}$

热膨胀系数: $0.00001/^\circ\text{C}$

(2) 普通钢筋

采用光圆钢筋 R235 (相当于原标准 I 级钢筋)和带肋钢筋 HRB335 (相当于原标准 II 级钢筋),其技术标准应符合《钢筋混凝土用热轧光圆钢筋》(GB13013-1991)、《钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》(GB1499-1998)。

(3) 预应力钢筋

预应力钢绞线主要力学性能如下:

弹性模量 $E_p=1.95\times 10^5\text{MPa}$

抗拉强度标准值 $f_{pk}=1860\text{MPa}$

张拉控制应力 $\sigma_{con}=1395\text{MPa}$

钢筋松弛率 $\zeta =0.045$

孔道摩阻系数 $\mu=0.25$

孔道偏差系数 $k=0.0015$

锚具变形及钢束回缩值 $\Delta l=0.006\text{mm}$

(4) 斜拉索

斜拉索采用 $\Phi 7$ 高强低松弛镀锌平行钢丝:

弹性模量 $E_p=2.05\times 10^5\text{MPa}$

抗拉标准强度 $f=1670\text{MPa}$

热膨胀系数 $0.000012/^\circ\text{C}$

(5) 钢箱梁

钢箱梁采用 Q345qD:

弹性模量 $E_p=2.06\times 10^5\text{MPa}$

热膨胀系数 $0.000012/^\circ\text{C}$

3. 主要技术标准及参考设计规范

3.1 主要技术标准

- 1) 道路等级：主线桥为城市快速路。
- 2) 计算行车速度：快速路： $V=80\text{km/h}$ ；匝道和城市次干路： $V=40\text{km/h}$ 。
- 3) 大桥设计基准期： 100年。
- 4) 荷载等级：公路 I 级
人群荷载： 3.5KN/m^2
- 5) 道路净空： $\geq 5.0\text{m}$ ；
- 6) 行车道宽度：大型车车道 3.75m / 条，小型车车道 3.5m / 条。
- 7) 标准桥面布置：双向8车道、两侧各2.5m人行道，总宽40m。
- 8) 通航技术标准：
规划航道等级为国家内河IV级航道。
通航净空尺度：通航净宽 ≥ 60 米；通航净高 ≥ 8 米；
航道最小水深 $T=2.1$ 米；
航道最小转弯半径 $R_{\min}=480$ 米
最高通航水位：十年一遇洪水水位10.70米
- 9) 地震烈度及抗震要求：按地震安评要求进行设计。
工程场地地震基本烈度为V II度。
场地50年超越概率10%的基岩水平地震动峰值加速度为 $0.075g$ 。
场地100年超越概率3%的基岩水平地震动峰值加速度为 $0.175g$ 。
桥梁抗震设防类别为A类，抗震设防措施等级为8度。
- 10) 风荷载：设计基本风速 $V_0=37.4\text{m/s}$ 。
- 11) 主要排水标准：设计暴雨重现期：主桥 $P=3$ 年。
- 12) 工程环境类别： II类。

3.2 参考设计规范

- 1) 《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2004)

- 2) 《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62—2004)
- 3) 《公路桥涵钢结构及木结构设计规范》(JTJ025—86)
- 4) 《公路斜拉桥设计细则》(JTG D65-01—2007)
- 5) 《公路桥梁抗风设计规范》(JTG /T D60—01—2004)
- 6) 《斜拉桥热挤聚乙烯高强钢丝拉索技术条件》GB/T 18365-2001
- 7) 《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG D63—2007)
- 8) 《公路工程技术标准》(JTG B01—2003)
- 9) 《城市桥梁设计准则》(CJJ 11—93)

4. 静力计算参数及荷载取值

4.1 恒载

1) 一期恒载

一期恒载：含主梁、主塔、斜拉索等自重，按结构实际截面尺寸计入。各材料容重取值如下：

边跨混凝土梁、主塔：容重取 26.5 kN/m³

主跨钢梁：一个标准节段重 180520.1+14707.3×4=239349.3kg，平均每个标准节段锚箱重(85562.9+16952.4)/64=1601.8kg，则标准节段每平米平均重：

$$(239349.3+1601.8)/12.3/40=489.74\text{kg/m}^2$$

按490kg/m²计，箱梁断面面积 1.842m²，则换算容重为 **490×40/1.842/1000×10=106.4 kN/m³**

斜拉索：按78.5kN/m³计算重量为1051380kg，实际总重1199799kg，换算容重 1199799/1051380×78.5=89.58kN/m³

边跨横隔板集中力：80.7×26.5×0.5=1068.7kN

边跨端横梁均布力：74.93×26.5×4.35/4.1=2106.9 kN/m

边跨中横梁均布力： $73.06 \times 26.5 \times 3 / 2.75 = 2112.2 \text{ kN/m}$

主塔处横梁均布力：

结合段横隔板集中力： $65.41 \times 26.5 \times 0.5 = 866.7 \text{ kN}$

结合段横梁均布力： $(62.57 \times 26.5 + 450) / 1.5 = 1733.4 \text{ kN/m}$

辅助墩压重：设置在辅助墩边跨方向侧两个隔板范围内，中跨方向侧一个隔板范围内，按800kN/m计

2) 二期恒载

(1) 车行道桥面铺装

采用80mm 聚丙烯纤维混凝土+60mmSMA 改性沥青混凝土，车行道宽2x15.5m,

$$q=(32-1) \times (0.08 \times 26.5 + 0.06 \times 24) = 110.36 \text{ kN/m}$$

(2) 人行道铺装

采用按60mmSMA 改性沥青混凝土， $q=(4-0.25-0.15-0.4) \times 2 \times 0.06 \times 24 = 9.22 \text{ kN/m}$ 。

(3) 防撞护栏与人行道栏杆

钢梁：2.8+3.0+2.0=7.8kN/m

混凝土梁：5.1+3.0+21.4=29.5 kN/m

①400给水管：2+2.3=4.3 kN/m

钢梁二期恒载总重：110.36+9.22+7.8+4.3=131.7 kN/m

混凝土梁二期恒载总重：110.36+9.22+29.5+4.3=153.4 kN/m

4.2 活载

1) 汽车荷载：主跨加载跨度>150m，活载车辆荷载标准按《公路工程技术标准》取定，荷载等级为公路I级

2) 多车道折减系数

按8车道设计，多车道折减系数取0.50

主跨为416m，纵向折减系数为0.96

3) 偏载系数：按照实际车道最大偏载位置加载考虑偏载影响

4) 冲击系数

一阶竖弯频率为0.379 Hz<1.5 Hz, $1+\mu=1.05$

5) 人群荷载

人群荷载集度按3.5kN/m²考虑，单侧人行道宽2.5m，单侧人行道

$$q=3.5 \times 2.5 = 8.75 \text{ kN/m}$$

4.3 温度荷载

据福州气象台资料统计，福州市区年均气温 19.7°C ，最能月（一月）平均气温 10.6°C ，最热月（七月）平均气温 28.8°C ，历年极端最高气温 39.9°C ，极端最低气温 -1.7°C 。计算基准温度取年平均温度 20°C 。

考虑整体升降温、主塔左右侧日照温差、索梁温差及桥面板梯度温差：

整体升降温差取 $\pm 20^{\circ}\text{C}$ ；

斜拉索、钢主梁与混凝土主梁、索塔的温差取 $\pm 10^{\circ}\text{C}$ ；

钢梁及斜拉索整体升温温差取 30°C ，整体降温温差取 -30°C ；

主塔左右侧日照温差取 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ ；

桥面铺装 80mm 聚丙烯纤维混凝土+ 60mm SMA改性沥青混凝土，取 $T_1=14^{\circ}\text{C}$ ， $T_2=5.5^{\circ}\text{C}$ ，竖向日照反温差为正温差乘与 -0.5 。

4.4 风荷载

1) 根据《公路桥梁抗风设计规范》附录A查得福州地区基本风速： $V_0=37.4\text{m/s}$

根据3.2.2条，地表分类为B类。地表粗糙度系数为0.16。

2) 成桥阶段设计静阵风风速计算（不参与活载组合）：

(1) 主梁：

取桥面处风速值为计算风速， $Z=21.3\text{m}$ （平均高度）。

$$V_4=37.4 \times (21.3/10)^{0.16}=42.2\text{m/s}$$

根据《公路桥梁抗风设计规范》JTG/T D60-01—2004表4.2.1，主梁静阵风系数：

$$G_y=1.24$$

$$V_8=G_y V_4=1.24 \times 42.2=52.3\text{m/s}$$

(2) 主塔：

根据《公路桥梁抗风设计规范》(JTG/T D60-01—2004)第3.2.3条:桥塔基准高度取水面以上塔高的65%高度处。塔高基准高度: $Z=120.5 \times 0.65=78.32\text{m}$ 。

$$V_4=37.4 \times (78.32/10)^{0.16}=52.0\text{m/s}$$

根据《公路桥梁抗风设计规范》JTG/T D60-01—2004表4.2.1,主塔静阵风系数:

$$G_y=1.24$$

$$V_8 = G_1 V_2 = 1.24 \times 52.0 = 64.5 \text{ m/s}$$

(3) 斜拉索:

根据《公路桥梁抗风设计规范》(JTG/T D60-01—2004) 第3.2.3条: 吊杆、缆索基准高度取跨中主梁底面到塔顶的平均高度处。缆索基准高度: $21.3 + 102.8/2 = 72.7 \text{ m}$ 。

$$V_a = 37.4 \times (72.7/10)^{0.16} = 51.4 \text{ m/s}$$

根据《公路桥梁抗风设计规范》JTG/T D60-01—2004表4.2.1, 主缆梁静阵风系数:

$$G_y = 1.24$$

$$V_8 = G_v V_2 = 1.24 \times 51.4 = 63.7 \text{ m/s}$$

3) 运营阶段设计静阵风风速计算(参与活载组合):

参与活载组合时设计基本风速为25m/s,

(1) 主梁:

取桥面处风速值为计算风速, $Z = 21.3 \text{ m}$ (平均高度)。

$$V_a = 25 \times (21.3/21.3)^{0.16} = 25.0 \text{ m/s}$$

根据《公路桥梁抗风设计规范》JTG/T D60-01—2004表4.2.1, 主梁静阵风系数:

$$G_y = 1.24$$

$$V_8 = G_v V_2 = 1.24 \times 25.0 = 31.0 \text{ m/s}$$

(2) 主塔:

根据《公路桥梁抗风设计规范》(JTG/T D60-01—2004) 第3.2.3条: 桥塔基准高度取水面以上塔高的65%高度处。塔高基准高度: $Z = 120.5 \times 0.65 = 78.32 \text{ m}$ 。

$$V_a = 25 \times (78.32/21.3)^{0.16} = 30.8 \text{ m/s}$$

根据《公路桥梁抗风设计规范》JTG/T D60-01—2004 表4.2.1, 主塔静阵风系数:

$$G_y = 1.24$$

$$V=G_1V_2=1.24\times 30.8=38.2\text{m/s}$$

(3)斜拉索:

根据《公路桥梁抗风设计规范》(JTG/T D60-01—2004)第3.2.3条:吊杆、缆索基准高度取跨中主梁底面到塔顶的平均高度处。缆索基准高度: $21.3+102.8/2=72.7\text{m}$ 。

$$V_4=25 \times (72.7/21.3).16=30.4\text{m/s}$$

根据《公路桥梁抗风设计规范》JTG /T D60-01—2004表4.2.1,主缆梁静阵风系数:

$$G_y=1.24$$

$$V_8=G_y V_2=1.24 \times 30.4=37.7\text{m/s}$$

4) 风荷载计算

(1) 运营阶段风荷载计算(活载不参与组合)

横桥向风荷载计算表

部位	空气密度	顺风向投影面积	阻力系数	最大静阵风风速	风速	静阵风系数	横向单位长度最大风荷载值
	P (kg/m ³)	An (m ²)	Cn	V ₀ (m/s)	V ₂	G _v	Fn (KN/m)
主塔	1.25	6.5	2.2	64.5	52.0	1.24	37.1
主梁	1.25	4.5	1.3	52.3	42.2	1.24	10.0
斜拉索	1.25	0.15	0.8	63.7	51.4	1.24	0.30

纵桥向风荷载计算表

部位	空气密度	顺风向投影面积	阻力系数	最大静阵风风速	风速	静阵风系数	纵向单位长度最大风荷载值
	p (kg/m ³)	An	Ch	V ₉ (m/s)	V ₂	G _v	Fn (KN/m)
主塔	1.25	3.6	2.2	64.5	52.0	1.24	20.6

根据《公路桥梁抗风设计规范》4.3.7条,主梁纵桥风荷载:

$$F=0.5pV^2c_{ys}=0.5 \times 1.25 \times 52.3^2 \times 0.01 \times 83.0/1000=1.4\text{kN/m}$$

(2) 运营阶段风荷载计算(活载参与组合)

横桥向风荷载计算表

部位	空气密度	顺风向投影面积	阻力系数	最大静阵风风速	风速	静阵风系数	横向单位长度最大风荷载值
	p (kg/m ³)	An (m ²)	Ch	V ₉ (m/s)	V ₂	G _v	Fn (KN/m)
主塔	1.25	6.5	2.2	38.2	30.8	1.24	13.0

福州市淮安大桥

主梁	1.25	4.5	1.3	31.0	25.0	1.24	3.5
斜拉索	1.25	0.15	1	37.7	30.4	1.24	0.1

纵桥向风荷载计算表

部位	空气密度	顺风向投影面积	阻力系数	最大静阵风风速	风速	静阵风系数	纵向单位长度最大风荷载值
	ρ (kg/m ³)		Ch	V_9 (m/s)		V_2	Gv
主塔	1.25	3.6	2.2	38.2	30.8	1.24	7.2

根据《公路桥梁抗风设计规范》4.3.7条，主梁纵桥风荷载：

$$F=0.5pV^2c_{rs}=0.5\times 1.25\times 31.0^2\times 0.01\times 83.0/1000=0.5\text{kN/m}$$

4.5 支座沉降

支座沉降按主塔2cm、辅助墩1.0cm计，按最不利情况进行组合。

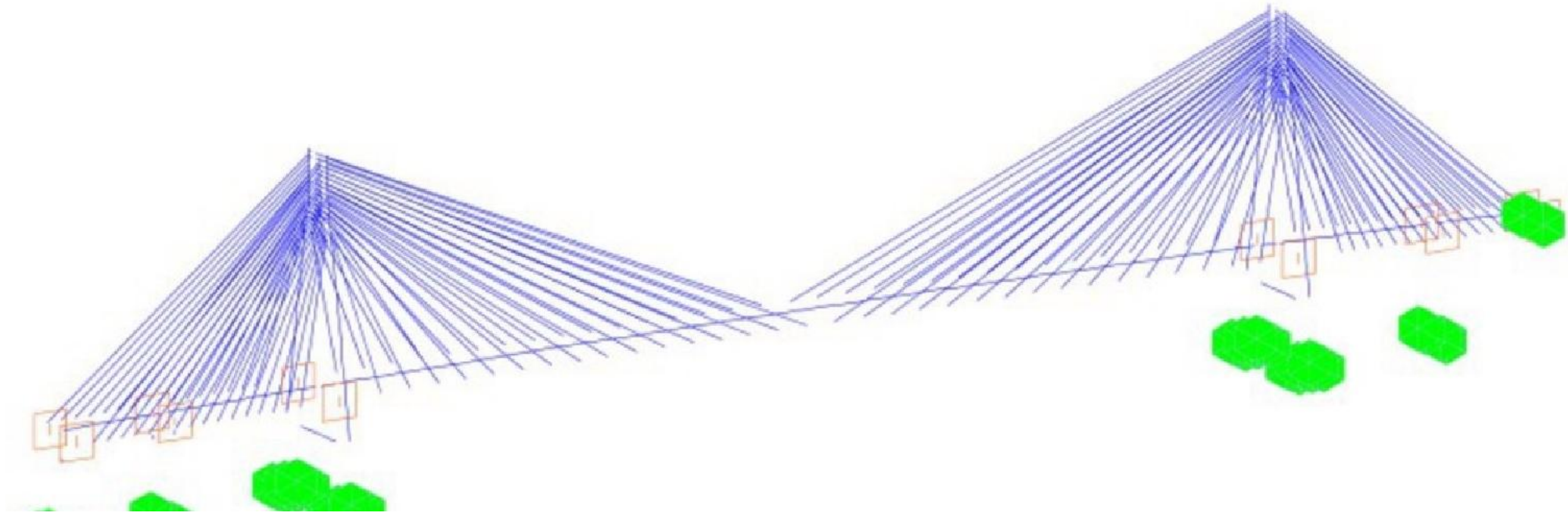
5. 结构纵向静力计算

5.1 计算模型

采用有限元软件 MIDAS/CIVIL 2006 建立淮安大桥空间静力模型。加劲梁、混凝土主塔、承台及基础采用梁单元，斜拉索采用桁架单元。纵向为漂浮体系，加劲梁采用单主梁模型，支座均采用多向活动支座，在过渡墩、桥台及桥塔处设置横向橡胶限位挡块，斜拉索与主梁、主塔之间采用刚性连接，柱底底固结，主塔处及梁端设置竖向和横向约束，辅助墩处设置竖向约束。全桥共2324个节点，2048个单元，支座布置图及计算模型如下图所示：



支座布置图



全桥计算模型

5.2 荷载组合

- 1) 组合I: 恒载+纵向极限风
- 2) 组合II: 恒载+横向极限风
- 3) 组合III: 恒载+活载+纵向运营风+温度荷载+支座沉降
- 4) 组合IV: 恒载+活载+横向运营风+温度荷载+支座沉降

5.3 混凝土主梁施工阶段验算

5.3.1 施工步骤

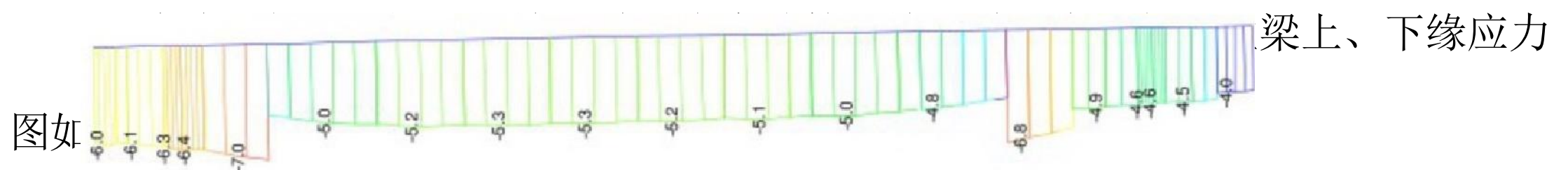
根据拟定施工工序，全桥共分以下几个大的施工步骤：

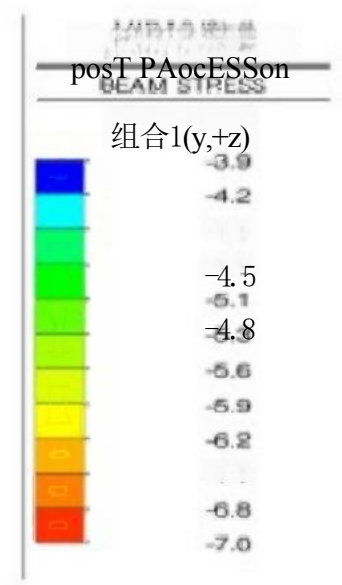
- 1) 基础、过渡墩及主塔施工
- 2) 边跨混凝土梁施工，采用分段现浇施工
- 3) 主跨钢箱梁施工
- 4) 施工桥面系

其中边跨混凝土主梁施工有以下几个步骤：

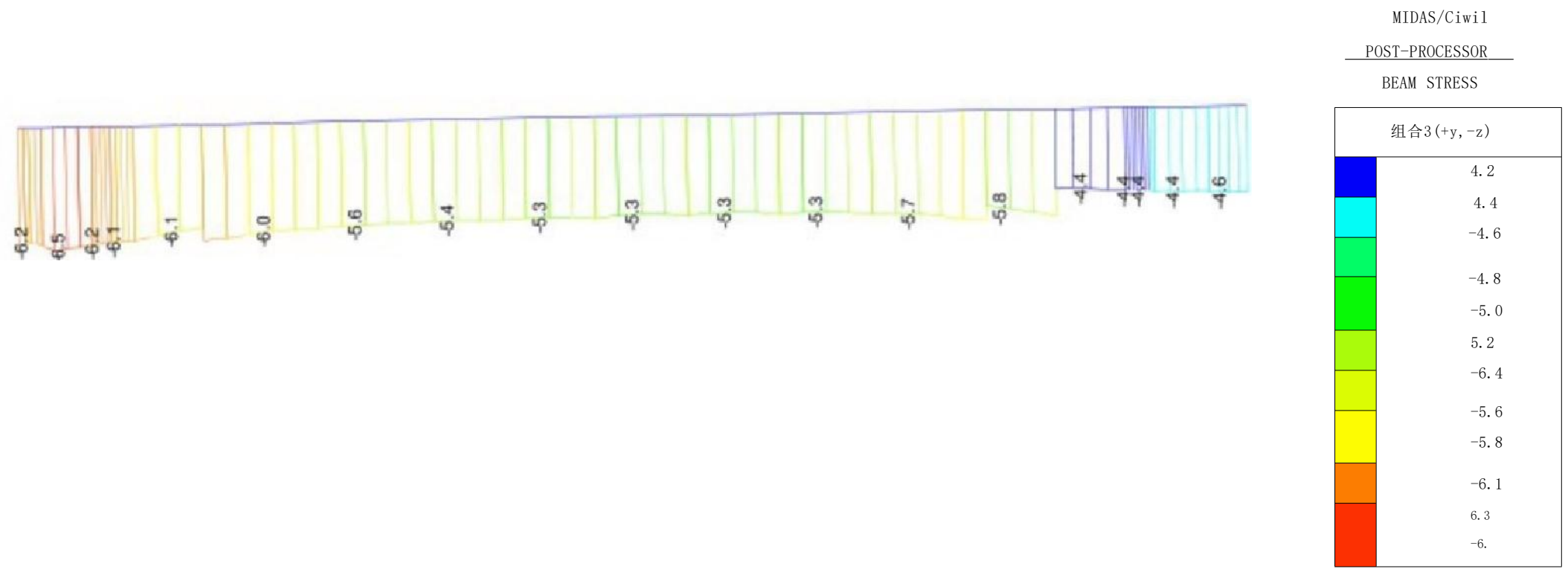
- 1) 混凝土主梁 B 节段施工
- 2) 混凝土主梁 C 节段施工
- 3) 混凝土主梁 A 节段(结合段)施工

5.3.2 计算结果

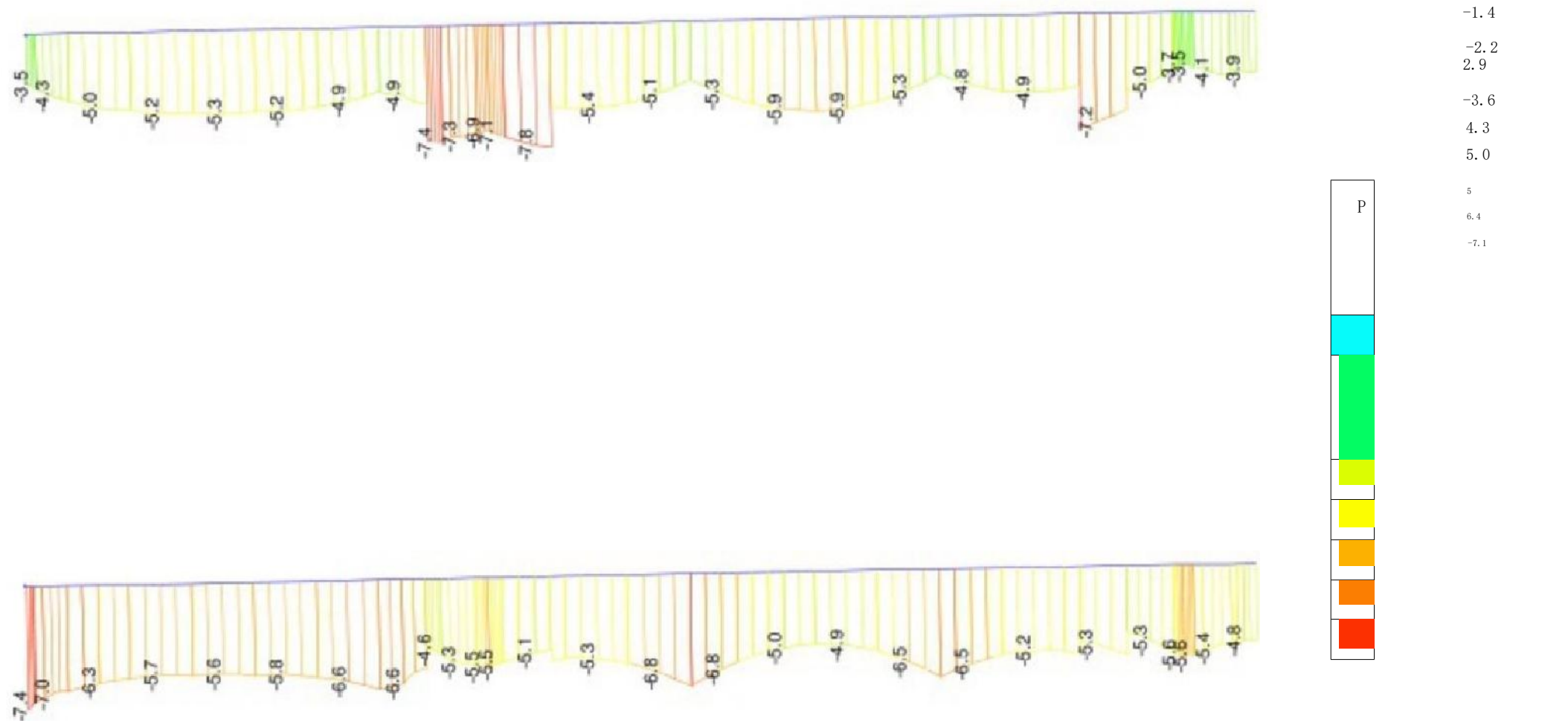




1/2 混凝土主梁B 节段施工上缘应力图 (MPa)



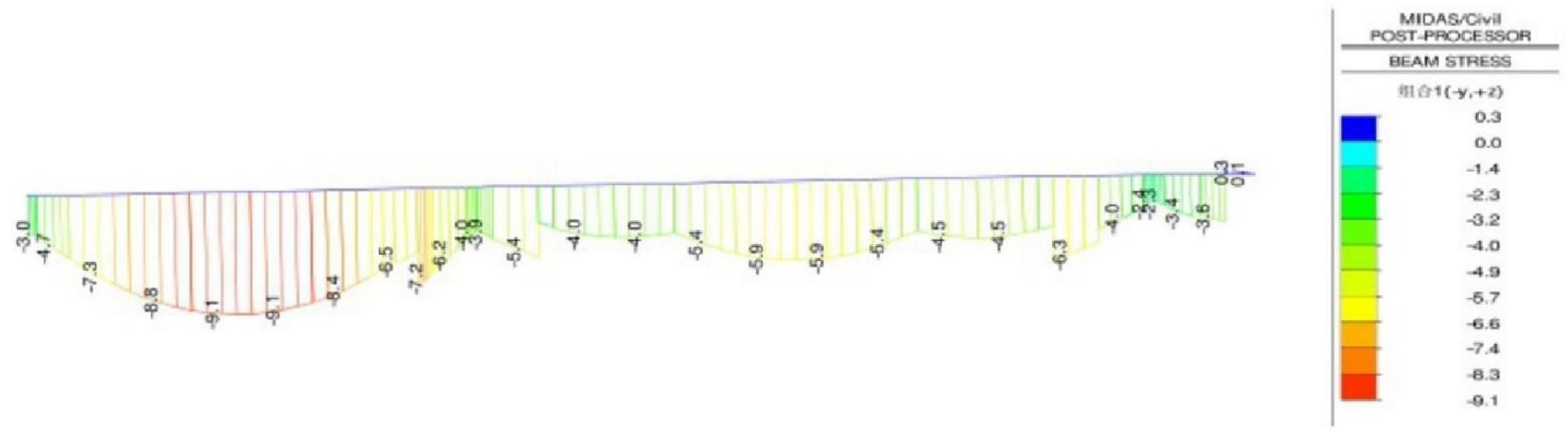
1/2 混凝土主梁 B 节段施工下缘应力图 (MPa)



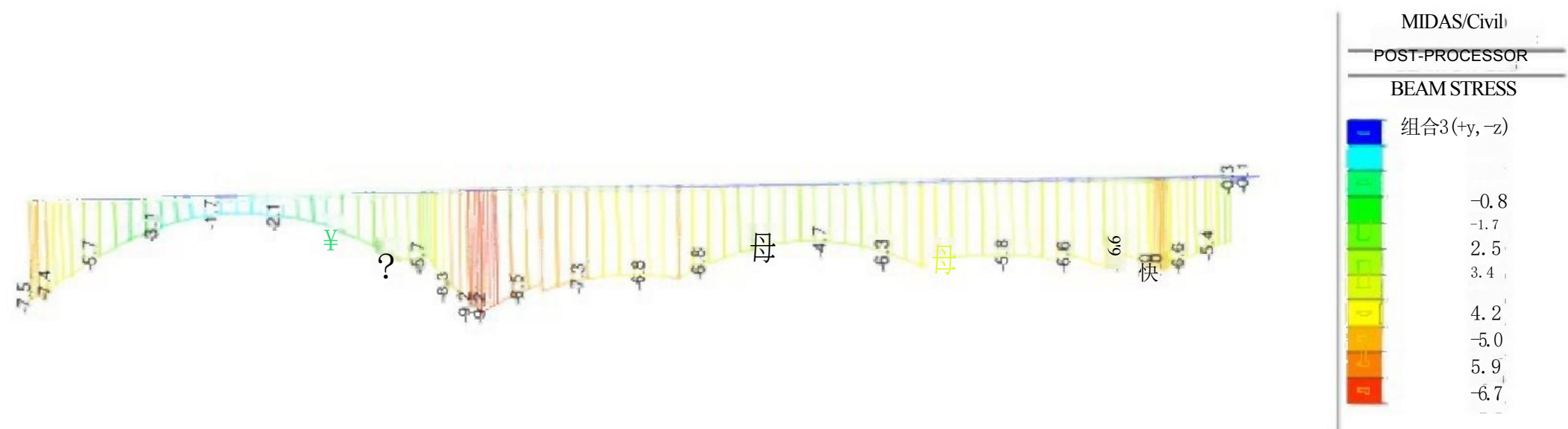
1/2 混凝土主梁C 节段施工上缘应力图 (MPa)



1/2 混凝土主梁C 节段施工下缘应力图 (MPa)



1/2 混凝土主梁 A 节段(结合段)施工上缘应力图 (MPa)



1/2 混凝土主梁 A 节段(结合段)施工下缘应力图 (MPa)

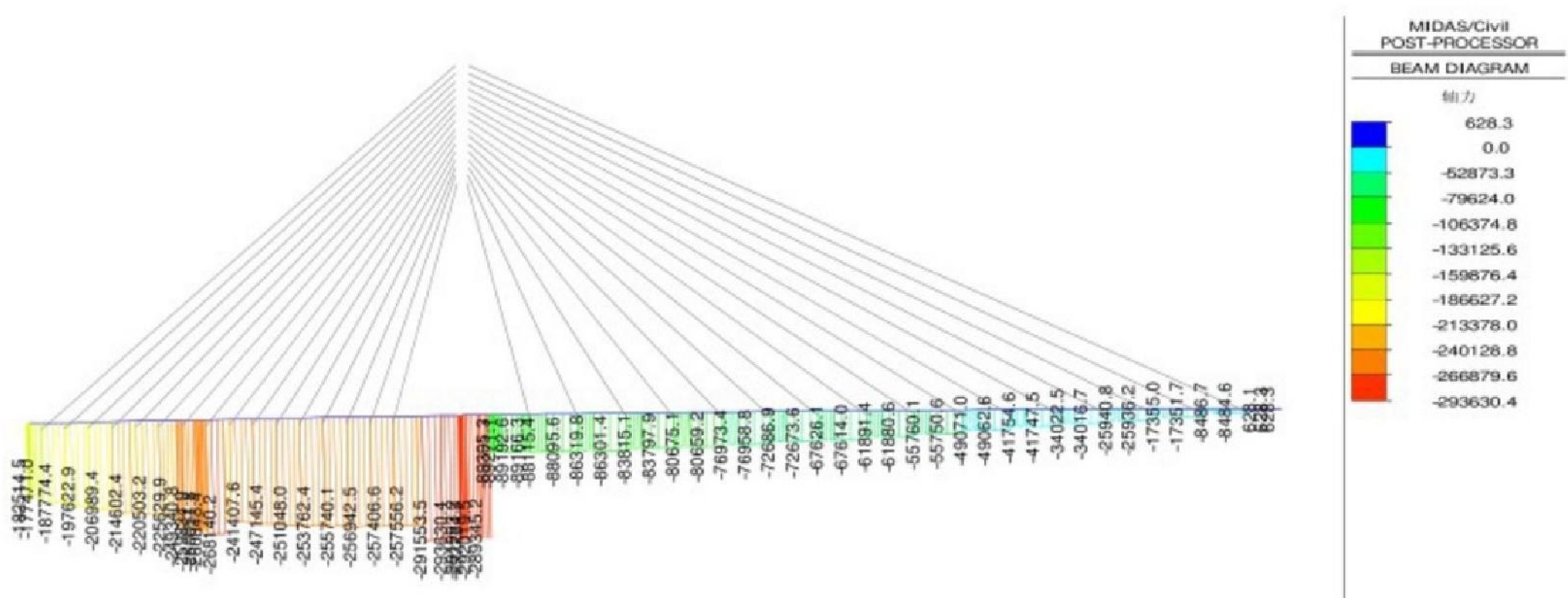
由计算结果可知主梁除结合段上缘出现0.3Mpa 拉应力外，上、下缘应力均为压应力，最大压应力为9.2Mpa，满足规范要求。

5.4 使用阶段验算

5.4.1 静力计算结果

1) 主梁、主塔在成桥及运营阶段组合下，轴力、剪力和弯矩图(单位：kN、kN-m)

如下图所示：



1/2 成桥阶段主梁轴力图 (kN)

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：
<https://d.book118.com/588101021061006055>