

第一篇 设计

第一章 概论

第一节 工程概况

西航道桥为位于圆曲线段(半径为 900m)及缓和曲线上的五跨预应力混凝土连续刚构桥,西端与西引桥相接,东端与东航道悬索桥相连,工程范围为 K4+612~K4+992。跨径布置为(78+140+78+2×42)m。上部箱梁采用分离式单箱单室断面,箱梁跨中高度为 2.5m,主墩顶高度为 7.5m,上部结构共计四个 T,施工采用八套挂篮悬臂对称浇筑,边跨现浇段及两孔 42m 的施工采用钢管桩满堂支架现浇施工。

西航道桥的 17、18、19、20 号墩为水中墩,21 号墩支撑于西锚碇上。17、20 号为空心薄壁墩,厚 3.0m;18、19 号墩为双壁实心墩,墩厚为 2.0m;21 号墩为 3.0m 的实心墩。钻孔桩基础的桩径均为 $\Phi 2.0\text{m}$,采用旋转钻机清水法成孔。17、20 号墩基础采用筑岛石围堰施工,18、19 号主墩承台采用有底钢套箱围堰施工方案。

主要工程数量列于表 1-1-1。

主要工程数量表

表 1-1-1

项目 \ 部位	混凝土(m^3)	钢筋(kg)	钢绞线(kg)
上部结构	11 003	1 531 500	770 800
下部结构	22 407	1 789 100	
桥面系	896	56	
合计	34 306	3 320 656	770 800

第二节 建设条件

一、气候

1. 气温

厦门属亚热带海洋气候,冬无严寒,夏无酷暑,年平均气温 20.8°C ,最热月七月份平均气温 28.1°C ,极端最高气温 38.4°C ,最冷月二月份,平均气温 12.4°C ,极端最低气温 2.0°C 。

2. 雨水

历年平均降水量 1 143.5mm,平均蒸发量 1 862.7mm,多年平均相对湿度 77%。一般 3~6 月份为雨季,5~6 月份为雷雨季,9 月至次年 1 月为旱季。常年一般以阴天最多,雨天次之。多年平均雨天 122.8 天,晴天 115.4 天。3~5 月晨时多雾,多年平均雾日 28 天。

3. 风况

一般 6~9 月份为台风季节, 平均每年受台风影响 5~6 次, 风力一般 7~9 级, 最大超过 12 级, 东北风向为主, 西南风向次之, 瞬间风速一般 31~32m/s, 1959 年 8 月 23 日厦门受台风正面袭击时, 最大风速达 60m/s。海沧大桥位于台风频发地区, 桥址处风力大, 风期长, 风况条件恶劣。

二、海洋水文

厦门西港区海域潮汐属规则半日潮, 即一天中有两个周期, 涨潮、落潮历时基本相同, 其特点是潮差较大, 历年最大涨、落潮潮差分别为 6.42m 和 6.34m, 多年平均海平面为 0.34m。多年平均涨、落潮历时分别为 6 小时 07 分和 6 小时 18 分, 落潮历时稍长于涨潮历时。

西航道桥位于西海域海湾的最窄处, 水深流急。桥位的南北部水域均较开阔, 可达数公里。海沧大桥的桥位区航道总宽度仅 850~900m, 形成扼制水流的瓶颈。

涨、落潮时, 海水流速较大, 平均流速大于 0.5m/s。当外海潮波传播进西海域后, 受边界地形的控制和作用, 海湾内潮波接近驻波性质, 潮流基本呈往复流运动。涨潮时, 外海涨潮流进入海湾内, 沿海湾深泓向东北向上溯; 落潮时海湾内落潮流则向西南方向外泄。由于海湾中部狭窄段偏窄, 造成火烧屿两侧涨、落潮流速加大。潮流的强弱与潮差和水深大小密切相关, 大潮流速较大, 小潮流速较小。深水区的流速大于近岸或滩地流速, 落潮的平均流速一般大于涨潮, 中表层流速大于底层流速。

三、工程地质

1. 地层岩性

西航道桥位区范围内除表层覆盖少量第四系 (Q) 人工填土、软土外, 主要出露有侏罗系上统南园组第二段 (J_{3n}^b) 流纹质晶屑熔结凝灰岩和侏罗系下统黎山组 (J_{1L}) 砂岩、泥岩。基岩在东、西岸的潮间带附近普遍出露, 按其风化程度分为全风化、强风化、弱风化和微风化层, 各地层岩性特征分述如下:

1) 第四系 (Q)

人工填筑土 (Q_4^{ml}) 以块石土、大块石土为主, 岩质为花岗岩、熔结凝灰岩等, 分布于西岸水头村码头边, 厚 0~1m。

海相沉积层 (Q_4^m): 淤泥, 深灰、灰黑色, 流塑状, 含贝壳碎片及砂粒。零星分布于西航道海域之表层, 厚 0~3m。

2) 侏罗系上统南园组第二段 (J_{3n}^b)

该地层在西航道桥区, 岩性为流纹质晶屑熔结凝灰岩。由于海水的冲刷作用, 测段内未见全风化带 (W_4); 强风化带 (W_3) 一般厚 30~50m, 最厚 65m 以上, 钻探岩芯呈土夹碎石状, 天然单轴极限抗压强度为 0.2~3.0MPa。中风化带 (W_2) 一般厚 5~30m, 局部大于 45m, 石质较硬, 天然单轴极限抗压强度 1.9~21.4MPa, 饱和单轴极限抗压强度 3.0~18.0MPa; 微风化带 (W_1) 一般埋深大于 50m (标高 -60m~-80m), 岩石坚硬, 完整, 岩芯多呈柱状, 天然单轴极限抗压强度 24.8~111.6MPa, 饱和单轴极限抗压强度 7.6~96.4MPa。该地层岩石在不同部位因其物质成分变化大, 不均一, 受构造影响程度不同等因素, 造成差异风化明显, 钻孔揭示, 强风化带及中风化带时常交替出现, 岩石软硬不均, 均匀性差。该地层分布于西航道桥位区 K4+612~K4+880 段内, 与黎山组地层呈断层接触。

3) 侏罗系下统黎山组 (J_{1L})

该地层在桥位区岩性主要为砂岩、泥岩、泥质粉砂岩夹炭质泥岩、铁锰质砂岩等。该段地层强风化带 (W_3) 一般厚 30~40m, 局部厚 50m 左右。岩芯呈土柱状、碎块状, 手捏易碎, 岩石成分变化较大, 岩石强度差异性大, 天然单轴极限抗压强度 0.2~1.2MPa。中风化带 (W_2) 一般厚 4~20m, 钻探岩芯呈碎块状, 风干单轴极限抗压强度 6.9MPa, 天然单轴极限抗压强度 3~26MPa。微风化带 (W_1) 埋藏较深, 一般在 53m 以下, 标高 -35~-55m, 岩石软硬不均, 单轴极限抗压强度 8.9~46.8MPa。该地层分布于 K4+880 以后地段。

设计采用的岩土层参数见表 1-1-2。

岩土层力学参数采用值

表 1-1-2

地层代号	岩性	风化程度	容许承载力 $[\sigma]$ (kPa)	桩周极限摩阻力 τ (kPa)	饱和单轴极限抗压强度(MPa)
J _{3n}	流纹质熔结凝灰岩	强	400 ~ 500	160	0.2
		中	800		8.0
		微	1500		50.0
J ₁₁	泥质粉砂	强	400 ~ 500	100	
		中	600		3.0
		微	800		8.0
J ₁₁	砂岩	强	400 ~ 500	160	0.2
		中	600		3.0
		微	800		8.0

2. 地质构造

桥位位于‘闽东火山断裂凹陷带’的东缘和‘闽东南沿海变质带’的西南部,受到中生代燕山运动强烈影响,本区的地质构造主要表现为断裂构造、复式向斜、多期岩浆侵入和大规模的火山喷溢。区内岩石在中生代晚期遭受到不同程度的区域变质或动力变质作用,形成大陆边缘构造区著名的高温中压变质带。

从区域构造来看,对桥位区影响较大的断裂带主要是总走向 N40° ~ 50°E,呈弧形展布,长度大于 400km 的长乐—诏安断裂带,其在桥位区的反映主要是厦门西港断裂带,该断裂带分布在厦门西港海域中,在西航道形成一条宽约 300m,由数条小断层组成的构造带,这些小断层规模不大,大致走向平行,均为压性或压扭性逆断层。

四、地震

桥位区域属于东南沿海地震区的泉州—汕头地震活动带。海沧、厦门岛和大、小金门岛南侧海域中的九龙江北西西向断裂带为活动的断裂带,沿该断裂带近期微震活动频繁,本区具有 6~6.9 级地震发生条件。

据有关文献资料记载,厦门本岛在历史上从未发生过震中地震,只是受邻区(泉州湾、南日岛、漳州、漳浦等)强震波及影响。根据 1:400 万《中国地震烈度区划图》(1990),本地区地震烈度为 7 度。

第三节 设计要求

一、通航要求

西航道是厦门港规划的辅航道,根据《全国内河通航标准》的有关规定,结合当地的河床地形、地质条件及未来火烧屿岛的旅游开发等因素,经交通部审批后的通航净空标准为:

西航道通航净宽 120m,净高 37m。
最高设计通航水位 4.178m(20 年一遇潮位)。

二、技术标准

1. 行车速度:80km/h。
2. 桥面纵坡:≤2.5% 桥面横坡 超高变坡 - 3% ~ 2%。
3. 平曲线半径 900m。
4. 设计荷载 汽车—超 20 级,挂车—120,满布人群荷载 3kN/m²。
5. 偶然荷载 船舶撞击力,顺桥向为 1 500kN,横桥向为 3 000kN。
6. 地震烈度 按 8 度设防。

7. 桥面宽度: $50 + 300 + 3 \times 375 + 50 + 150 + 50 + 3 \times 375 + 300 + 50 = 3200\text{cm}$ 。
8. 温度荷载 全桥体系温度按 $\pm 20^\circ\text{C}$, 桥面板温差按 $\pm 5^\circ\text{C}$, 同时参考英国规范 BS 5400 的温度荷载模式
9. 设计风速 20m 高处 100 年一遇基本设计风速为 $v_{20} = 47.4\text{m/s}$; 50 年一遇基本设计风速 $v_{20} = 44\text{m/s}$

三、技术规范

1. 《公路工程技术标准》(JTJ 001—97)
2. 《公路桥涵设计通用规范》(JTJ 021—89)
3. 《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTJ 023—85)
4. 《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTJ 024—89)
5. 《公路工程抗震设计规范》(JTJ 004—89)
6. 《公路桥涵施工技术规范》(JTJ 041—89)
7. 《钢桥、混凝土桥及结合桥》(英 BS 5400: Pt. 5 ~ 10: 1978 ~ 1983 版)

四、设计指标

1. 跨径布置

经初步设计审查确定西航道桥采用预应力连续刚构桥, 其主跨为 140m, 西边跨为 78m, 东边跨为 78m + 2 × 42m 边、中跨比为 0.557 起点桩号为 K4 + 612, 终点桩号为 K4 + 977.432, 处于半径 $R = 900\text{m}$ 的圆曲线和超高缓和曲线段上。

2. 主梁截面形式及主要尺寸

西航道连续刚构桥采用分离的上、下行两座桥, 每幅桥主梁采用单箱单室的箱形断面, 顶板与底板平行, 由于主梁处于超高缓和曲线段上, 横向坡度通过变化底板支座标高来调整; 箱梁顶板宽为 15.4m, 底板宽为 7.0m, 翼缘板悬臂长度为 4.2m。顶板厚度 30 ~ 50cm, 底板厚度 32 ~ 85cm。腹板厚度在 0 号梁段隔板范围内为 80cm, 1 ~ 13 号梁段为 65cm, 14 ~ 20 号梁段及 42m 边跨为 50cm, 边跨现浇段 6.9m 范围内为 65cm。

3. 主梁截面高度变化规律

主梁根部梁高 7.5m, 根部底板厚度 0.85m, 主梁跨中及 42m 边跨梁高 2.5m, 跨中底板厚度 0.32m; 支点截面高跨比 $L/18.67$, 跨中截面高跨比 $L/56$; 箱梁底板上、下缘按二次抛物线变化, 梁高抛物线方程为 $h = 0.001183x^2 + 2.5$, 底板厚度抛物线方程为 $D = 0.0001254x^2 + 0.32$ 。

4. 墩身及桩基础

18、19 号主墩墩身与主梁固结, 为双壁实心墩, 单箱单室, 单幅宽 7.0m, 厚度 2.0m, 墩身高度约为 38.9 ~ 43.0m。17、20 号墩墩身也为单壁空心墩, 单箱双室, 宽度 7.0m, 厚度 3.0m, 壁厚 50 ~ 80cm, 墩身高度约为 43 ~ 50m。墩身与主梁分离, 17 号墩、20 号墩分别通过两个 GPZ5000SX 型盆式支座和两个 GPZ8000SX 型盆式支座与主梁联结, 21 号墩身为实体矩形截面墩, 墩身截面尺寸为 7m × 3m, 墩身高度约为 33.7m, 该墩直接设置在西锚碇上, 墩顶通过两个 GPZ10000SX 型盆式支座与主梁联结。西边跨在 17 号墩与西引桥相接, 东边跨在西锚碇横梁与东航道悬索桥相接, 并设毛勒伸缩缝一道。梁底支座为 GPZ4000SX 型盆式支座。17、18、19、20 号桥墩基础均采用直径 2m 的钻孔桩, 按摩擦桩设计。

5. 主要控制标高

18、19 号主墩承台顶的设计标高为 +2.5m, 承台底设计标高为 -1.5m; 17、20 号墩承台顶标高为 +1.0m, 承台底设计标高为 -2.0m; 21 号墩底标高为 +19.0m。17、18、19、20、21、22 号墩顶桥面的设计标高分别 47.412m、49.362m、52.862m、54.812m、55.862m、56.912m。

6. 预应力体系

主梁采用三向预应力；纵向预应力钢束采用 15-19 大吨位预应力钢绞线群锚体系，设计张拉吨位为 3 711 kN 横向预应力钢束采用 15-3 预应力钢绞线扁锚体系，设计张拉吨位为 588 kN,采用一端张拉,沿箱梁顶板横向布置,纵向间距 1m;竖向预应力采用公称直径 32mm 的冷拉 IV 级钢筋,设计张拉吨位为 54.3t。

7. 桥面铺装

桥面铺装层采用改性沥青 SMA 结构,结构组合为 7cmAC-30-I 沥青混凝土、4.5cm 改性沥青 SMA13。

第二章 总体设计

第一节 桥型选择

西航道桥位于厦门市火烧屿岛,是白鹭重点保护基地。桥位自然环境优美,碧海蓝天,峰峦起伏,怪石嶙峋,千姿百态,具有丰富的旅游资源。海沧大桥的平面线形和桥型与周围环境相协调,不断变化的 S 型曲线不仅顺应了周边地形和自然景观,也给城市带来了动感和活力,体现出城市的现代气息。西航道桥既要配合整体流畅的线形(采用平面曲线桥型,梁底采用抛物线形,形成弯曲连续结构体系),显得结构轻巧、简洁、流畅,同时又具有自己刚劲挺拔的独立个性。

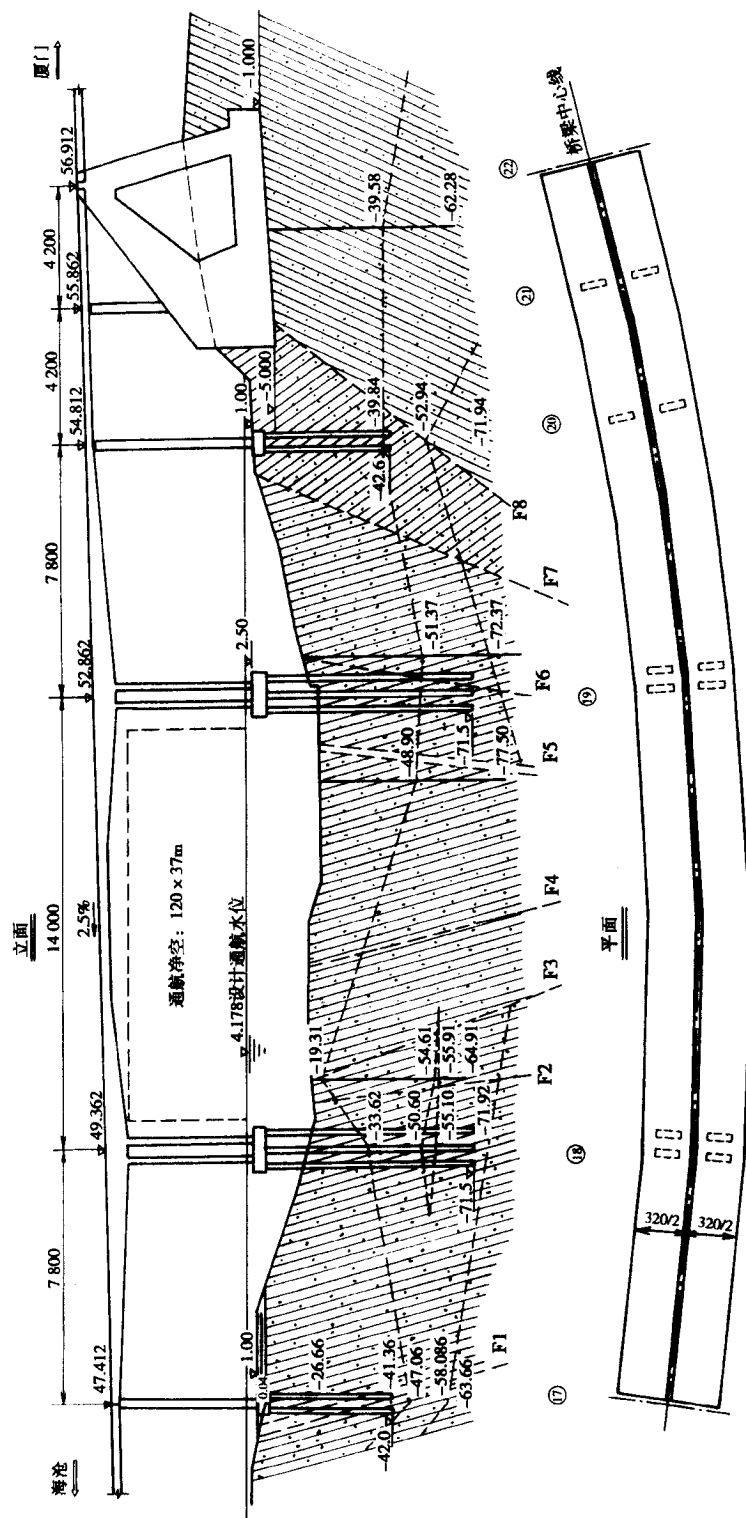
西航道桥位于西海域海湾的最窄处,航道宽为 250 ~ 300m,最大水深达 25m,水深流急,为厦门港规划的辅航道,航道宽度要求大于 120m。根据水文、地质、通航净空条件,初步设计阶段提出了两种桥型方案。第一方案为 78m + 140m + 78m 的三跨预应力混凝土连续刚构桥;第二方案为 78m + 140m + 78m 的三跨预应力混凝土连续梁桥。目前国内已建成广东虎门辅航道桥(主跨 270m)、重庆黄花园大桥(主跨 250m)等大跨径连续刚构桥,设计、施工经验方面都比较成熟。此外本桥处于半径为 900 m 曲线上,连续刚构桥型刚劲挺拔,景观效果好,施工安全度高。连续刚构为墩梁固结体系,便于采用悬臂法施工,而无须进行体系转换,故可不设连续梁施工转换体系时所必须的墩顶临时固结措施;第三,连续梁方案还需设置制动墩或采用价格昂贵的专用抗震支座,造价要比连续刚构方案贵 4%。本着安全、经济、实用、美观的原则,最终施工图设计阶段采用了(78 + 140 + 78 + 2 × 42)m 五跨刚构—连续梁体系,把东航道桥与西航道桥连成一体,取消了一道伸缩缝,汽车行驶更平稳、舒适。

第二节 桥跨布置

西航道桥桥跨总体布置考虑了如下因素:

1. 与东航道主桥在西锚碇相接,中间用大型毛勒伸缩缝连接;
2. 桥面标高、线形与主桥及西引桥协调一致;
3. 根据连续刚构的受力特点确定合理的跨径布置和合理的承台标高;
4. 尽量避开地质断层构造;
5. 跨越西海域主航道海湾,并满足规划通航净宽、净高要求;
6. 上部结构合理、适合对称悬臂施工要求;
7. 下部结构施工工艺成熟、安全可靠。

桥跨布置见图 1-2-1、图 1-2-2;箱梁截面见图 1-2-3;上部构造梁段划分见图 1-2-4,纵向预应力束布置见图 1-2-5;18、19 号主墩构造见图 1-2-2;17 号、20 号、21 号过渡墩构造分别见图 1-2-6、图 1-2-7、图 1-2-8。



设计高程(m)	47.412	48.736	51.193	52.822	54.012	55.862	56.548	56.912
直线路段	L ₁ =145 α=30°33'23.10" R=900 A=361.25 L ₂ =145							
曲线段	L=145 α=30°33'23.10" R=900 A=361.25 L=145							
坡度	2.5%							
竖曲线(m)	1926							
地面高程(m)	47.412	48.736	51.193	52.822	54.012	55.862	56.548	56.912
里程桩号(m)	0+00	0+30	0+60	0+90	1+20	1+50	1+80	2+10
超高	0.00							

注: 本图尺寸除高程以m计外, 余均以cm计。

图 1-2-1 桥跨布置图(尺寸单位:cm)

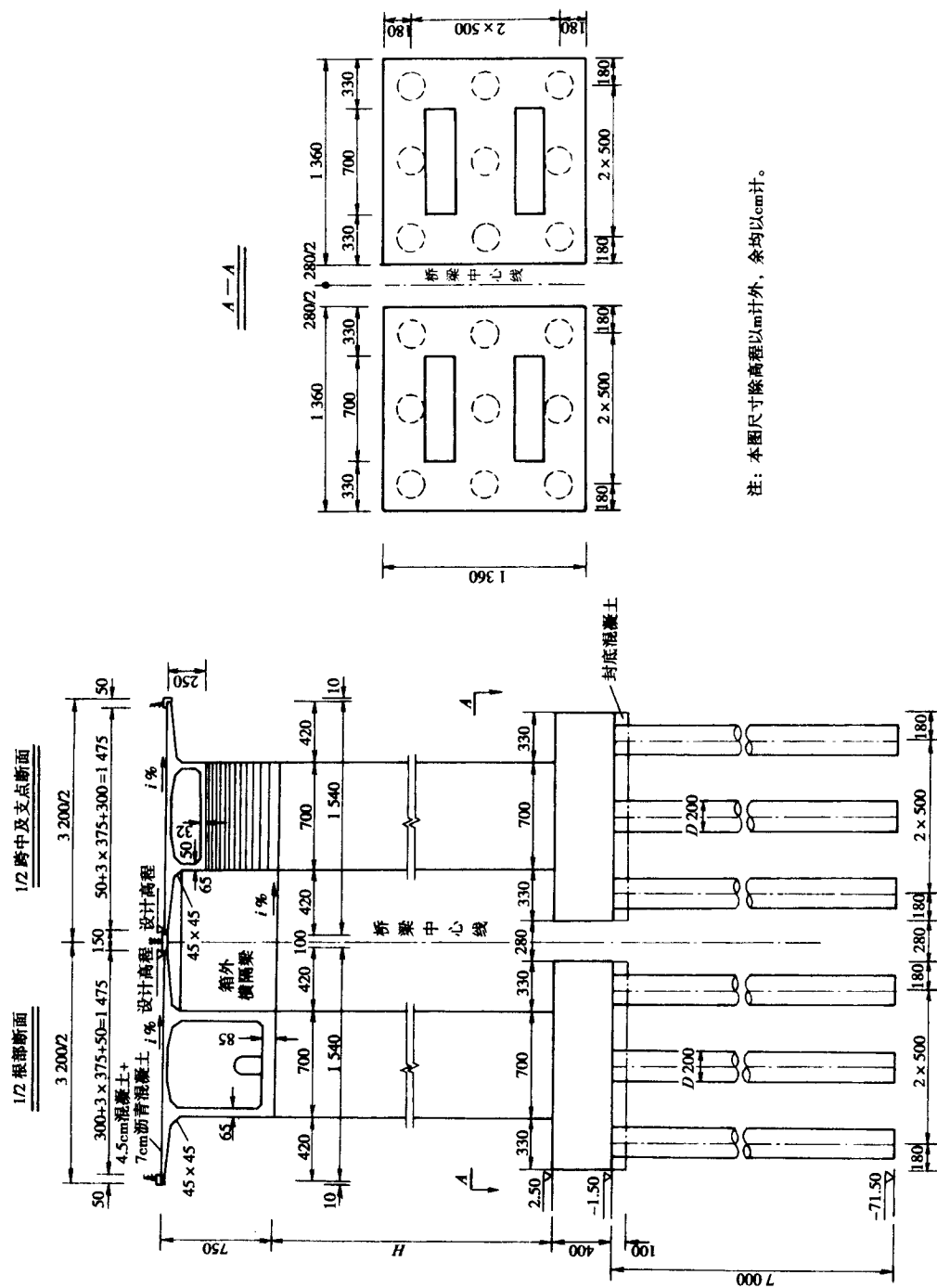


图 1-2-2 横断面图

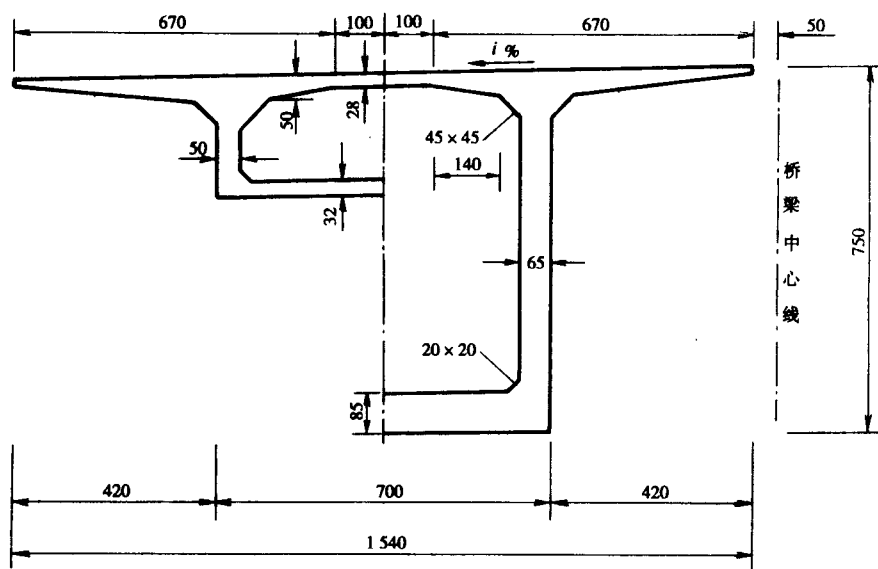
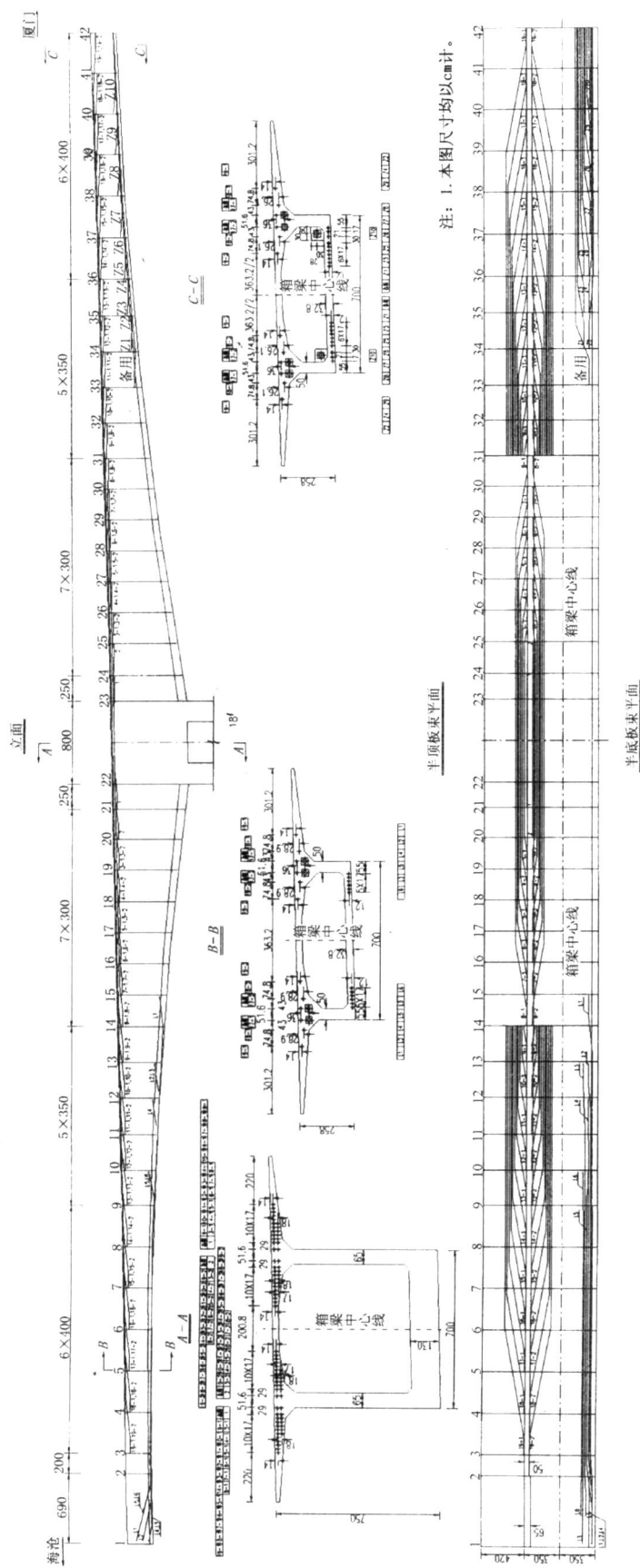
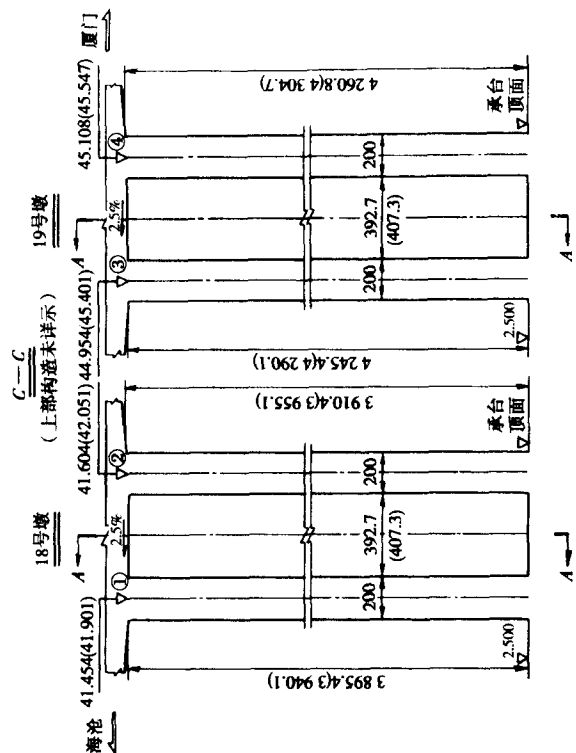


图 1-2-3 箱梁截面(尺寸单位:cm)





注: 1. 本图尺寸除高程以m计外, 余均以cm为单位。
 2. C—C图中, 括号外的标高和尺寸为左幅桥的, 括号内的标高和尺寸为右幅桥的。
 3. 表中编号1、2、3、4分别表示C—C图18、19号墩每个墩身中线顶部与上部构造的连接点。
 4. 本设计18、19号墩均位于曲线段, 桥墩应沿曲线径向布置。

墩位		H (m)	h_1 (cm)	h_2 (cm)
18号墩	左幅桥	41.454	3 905.9	3 884.9
	右幅桥	41.604	3 920.9	3 899.9
	左幅桥	41.901	3 950.6	3 929.6
	右幅桥	42.051	3 965.6	3 944.6
19号墩	左幅桥	44.954	4 255.9	4 234.9
	右幅桥	45.108	4 271.3	4 250.3
	左幅桥	45.401	4 300.6	4 279.6
	右幅桥	45.547	4 315.2	4 294.2

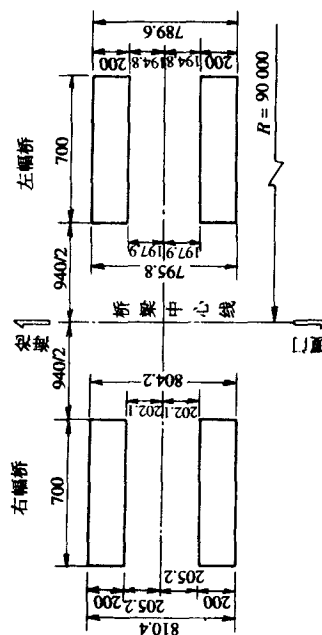
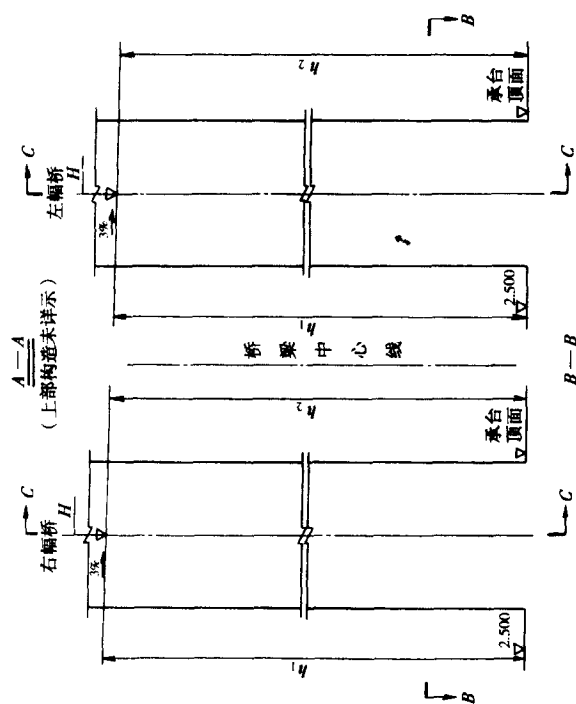


图 1-2-6 18、19 号墩一般构造图

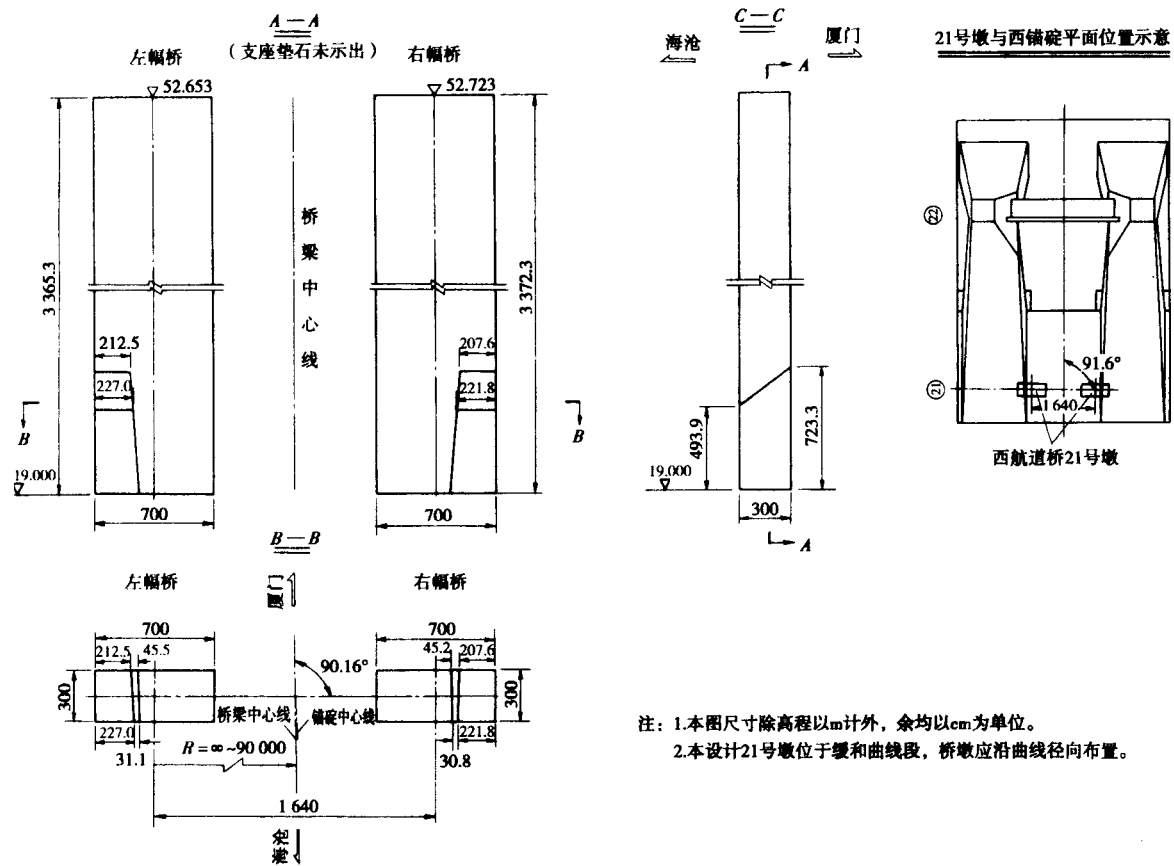


图 1-2-8 21号墩一般构造图

第三节 路线的平纵设计

西航道及西引桥、西引道的平面线位应服从主桥平面线位,在东航道悬索桥桥位线形确定以后,再根据线形连续顺畅、减少拆迁、保护环境、创造景观效果,并结合厦门市城市总体规划要求,确定西引道线位沿太平山南麓布设,依据地形布置成最小平曲线半径为 900m 的 S 型曲线,既避免了水头村的拆迁,线形又颇为美观。

在起、终点高程确定的前提下,全线纵坡设计就较为简单,西航道桥和西引桥、西引道只设一个变坡点,最大纵坡不大于 2.5%。

西航道桥的起点桩号为 K4+612,终点桩号为 K4+992,全长 380m,位于圆曲线段(半径为 900m)及缓和曲线段上,纵向坡度为 +2.5% (未设竖曲线)。横桥向的坡度变化通过变化顶、底板的横坡来调整,顶板和底板平行,桩号 K4+612~K4+832.432(圆缓点 - YH,长度 220.432m),处于圆曲线段上,横桥向为 +3% (-3%)的单向横坡 桩号 K4+832.432~K4+977.43 缓直点 - HZ),长度 144.998m,处于缓和曲线段上,左幅桥横向坡度由 +3%变为 +2%,右幅桥横向坡度由 -3%变为 +2%;桩号 K4+977.43~K4+992(长度为 14.57m),处于直线段上,横桥向为 +2%的双向横坡。

第四节 设计荷载与组合

一、设计荷载

1. 上部结构恒载,其中二部恒载取 54kN/m^2 。
2. 上部结构混凝土收缩、徐变影响力。
3. 活载 汽车—超 20 级、挂车—120,人群荷载 3.5kN/m^2 。
4. 风载:运营阶段按一百年一遇、20m 高处 10min 平均最大风速为 47.4m/s 施工阶段按 50 年一遇、20m 高处 10min 平均最大风速为 44m/s 。上述风速已计入地形、地理条件影响。
5. 汽车制动力 根据《公路桥涵设计通用规范》,按荷载长度内一行汽车车队总重力的 10%的 3 倍计算。
6. 流水压力:按一百年一遇平均流速 1.3m/s 计算。
7. 温度荷载 结构体系温差取 $\pm 20^\circ\text{C}$ 梁内温差效应参照英国规范 BS 5400 计算。
8. 施工荷载 悬臂施工挂篮质量按 89.7t 计算,约为最大悬浇块件质量的 0.4 倍。
9. 船舶撞击荷载 纵桥向为 1 500kN,横桥向为 3 000kN。

二、荷载组合

1. 顺桥向

1) 施工阶段荷载影响因素

最大悬臂状态下各种不平衡荷载的影响因素如下:

- ① 考虑梁体的自重不均匀性的不平衡系数取 1.05;
- ② 考虑挂篮、施工机具质量偏差的不平衡系数取 1.08;
- ③ 考虑梁体块件浇注不同步的块件质量差为 $0.5P$ (P 为最后一块的质量);
- ④ 风荷载取用 50 年一遇频率的风速值,风力作用不均匀性按一侧梁底作用有由风力引起的升举力考虑,基本风压按设计风速换算取为 $1\ 000\text{Pa}$,升举系数取 0.4。

2) 使用阶段荷载组合

组合 I 恒载 + 汽车 - 超 20 级；

组合 II 恒载 + 挂车 - 120；

组合 III 恒载 + 汽车 - 超 20 级 + 制动力 + 体系升温 + 风载(百年一遇) + 沉降；

组合 IV 恒载 + 汽车 - 超 20 级 + 制动力 + 体系降温 + 风载(百年一遇) + 沉降；

组合 V 恒载 + 汽车 - 超 20 级 + 制动力 + 桥面板升温 5°C + 沉降；

组合 VI 恒载 + 汽车 - 超 20 级 + 制动力 + 桥面板降温 5°C + 沉降；

组合 VII 恒载 + 汽车 - 超 20 级 + 制动力 + 体系升温 + 桥面板升温 (BS 5400) + 沉降；

组合 VIII 恒载 + 汽车 - 超 20 级 + 制动力 + 体系降温 + 桥面板降温 (BS 5400) + 沉降。

2. 横桥向

1) 施工阶段荷载影响因素

最大悬臂状态下横向风荷载作用情况考虑如下：

- ① 两侧对称作用设计风荷载；
- ② 一侧为设计风荷载、另一侧为 50% 设计风荷载；
- ③ 一侧为设计风荷载、另一侧风荷载为 0。

2) 使用阶段荷载组合

横向船舶撞击荷载为 3 000kN。

第五节 主要材料

一、混 凝 土

1. 上部结构箱梁采用 50 号混凝土。

2. 18、19 号主墩采用 40 号混凝土。

3. 17、20、21 号墩墩身及所有承台采用 30 号混凝土，钻孔灌注桩除 18、19 号墩桩基础采用 30 号水下混凝土外，其余均采用 25 号水下混凝土。

二、预应力钢材

1. Φ_5 15.24mm 低松弛钢绞线

弹性模量 $E = 1.95 \times 10^5 \text{MPa}$

标准抗拉强度 $R_y^b = 1860 \text{MPa}$

张拉控制应力 $\sigma_K = 0.75 \times R_y^b = 0.75 \times 1860 \text{MPa} = 1395 \text{MPa}$

2. 公称直径 32mm 的冷拉 IV 级钢筋

弹性模量 $E = 2.0 \times 10^5 \text{MPa}$

屈服强度 $R_y^b = 750 \text{MPa}$

张拉控制应力 $\sigma_K = 0.9 \times R_y^b = 0.9 \times 750 \text{MPa} = 675 \text{MPa}$

三、普通钢筋及钢材

I、II 级钢筋，其技术指标应符合 GB 13013—91 和 GB 1499—91 的规定。钢板、型钢采用 Q235A 钢，其技术指标应符合 GB 3274—88 的规定。

第六节 结构分析方法及要点

一、概述

预应力混凝土连续刚构弯箱梁是复杂的三维空间结构，目前采用的常规计算方法是用平面杆系分析方法求得桥梁断面内力，然后运用平截面假定计算断面的应力。诚然，按杆系理论对结构作整体分析是适宜的，对于 T 形断面的小型桥梁结构，采用平截面假定也是行之有效的。然而，对于跨度大、桥面宽、主梁高、断面复杂、零号块的预应力管道集中的大跨度桥梁结构，按平截面假定计算的特殊区段应力就不准确了，也不能反映出箱梁扭转、翘曲、剪力滞等的影响，所以对零号块梁段进行局部空间分析是很有必要的。经过大跨径连续刚构的箱梁桥的设计实践，我们认识到，设计中在选取断面尺寸、配置普通构造钢筋的配置、控制断面应力时应该重视如下问题：

1. 宽箱断面的应力分布情况及剪力滞的影响程度；
2. 零号块内人洞应力集中情况；
3. 零号块受力特点；
4. 横隔板应力分布；
5. 底板立面曲线预应力钢束产生的底板附加荷载。

二、分析及计算模型

计算分析采用先整体后局部的方法，即先按杆系理论将全桥作为平面结构进行总体计算分析，求得各断面的内力，然后按照圣维南原理，对隔离体进行空间有限元分析计算，得到各单元的应力分布图。其计算流程图见图 1-2-9。

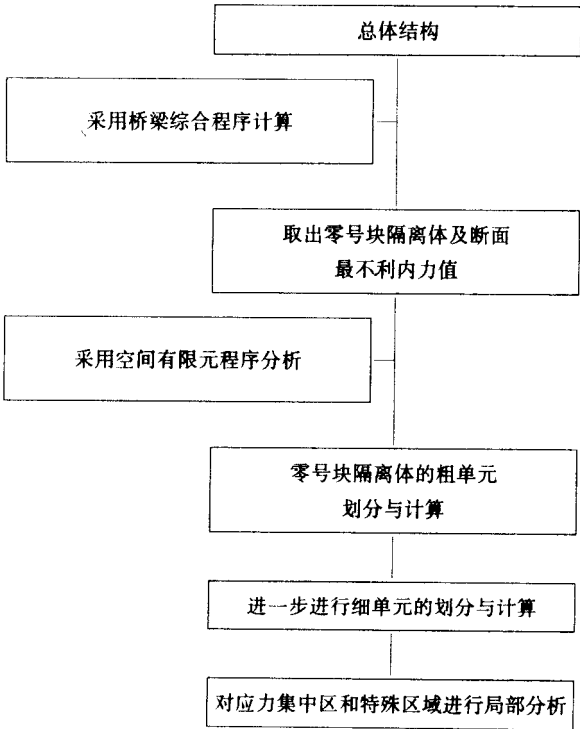


图 1-2-9 结构分析流程图

西航道连续刚构桥设计中,计算分析按 4 步进行：

1. 按照直梁分析各种工况下的主梁的受力情况,运用杆系程序 QJX-IV;
2. 按照曲梁分析最大悬臂施工阶段和合拢成桥运营阶段主梁的受力情况,重点主要是主梁的受扭情况,例如主梁的扭转角和箱梁的剪力。采用空间梁单元,用 SAP5 程序分析。同时按照《曲线梁》(姚玲森著,人民交通出版社)一书中的扭矩影响线公式,计算活载扭矩影响值;
3. 零号块件的空间应力分析,采用块体单元,用 ALGOR 程序分析。
4. 此外还采用高精度圆弧曲杆有限元程序进行对比分析,把箱梁横向划分为两个工字形截面,计算结果用作对照校核。

第三章 下部结构设计

第一节 结构构造

一、18、19号墩构造

1. 基础

18、19号主墩单幅桥采用9根直径2m的钻孔桩群桩基础,见图1-2-1、图1-2-2。根据地质钻探资料,西航道桥区域的岩层风化破碎严重,强风化带厚一般为30~50m,最厚达65m,中风化带一般厚5~30m,微风化带一般埋深大于50m,软弱夹层比较多,有8条地震断裂带,18号墩位于 F_2 断层下盘,19号墩位于 F_5 、 F_6 两条断层之间,故桩基按摩擦桩设计,设计桩长70m。在保证桩基础设计的合理性和安全性的前提下,在基础施工中根据地质的岩性情况可调整桩长。

18、19号主墩处水深达20m,位于西海域海湾的最窄处,海域潮汐属规则半日潮,即一天中有两个周期,涨、落潮历时基本相同,约六个小时,潮差大,历年最大涨、落潮差分别为6.42m和6.34m,多年平均海平面为0.34m,水深流急,考虑到美观及套箱施工便利的要求,设计将承台顶高程定为放在+2.50m,同时采用分离式承台,尺寸为 $13.6\text{m} \times 13.6\text{m} \times 4\text{m}$ 。

钻孔桩采用C30混凝土,承台采用C30混凝土。

2. 墩身

西航道桥18、19号桥主墩墩高约38~43m,其墩身采用双壁实体矩形截面,见图1-2-1、1-2-6。本桥下部结构按分离式设计,单幅桥纵向为两片墩身,每片截面尺寸为 $(2\text{m} \times 7\text{m})$,横桥向宽度与箱梁底宽相同,两片墩中距为6m。

二、17、20号过渡墩构造

西航道桥17、20号墩为过渡墩,高约为43~52m,墩身采用单箱双室截面的空心板,单幅桥墩截面尺寸为 $3\text{m} \times 7\text{m}$,其壁厚为50cm,为保证荷载的有效传递,在墩身底内侧设置 $150\text{cm} \times 20\text{cm}$ 的倒角,见图1-2-7

17、20号过渡墩单幅桥采用4根直径2m的钻孔桩基础,根据地质钻探资料, $F1-1$ 断层通过17号墩,20号墩位于火烧屿岛西岸风化严重的砂岩、泥岩地层中,各墩位处岩体破碎、均匀性差,力学性能普遍较低,地质情况较为复杂。桩基按摩擦桩设计,设计桩长为40m。钻孔桩的横桥向桩距为两倍设计桩径,在纵桥向根据构造要求及施工的可能性进行了适当的调整,桩距为4.0m。