

主跨348m+348m三塔单索面PC梁斜拉桥

杨进 邵长宇 孙叔禹 邓青儿

(中铁大桥勘测设计院 湖北 武汉 430050)

摘要: 宜昌市夷陵长江大桥采用三塔斜拉桥, 总体布置为(128.08+348+348+120.35)m。介绍了该桥的合理性及结构特点。

关键词: 斜拉桥 桥塔 展翅梁 斜拉索 桥梁设计

1. 桥型

宜昌夷陵长江大桥位于繁华市区, 其跨江主桥为一座三塔、中心索面、预应力混凝土箱形截面展翅梁斜拉桥。是目前出现在万里长江上一座独一无二的新桥型结构的桥梁。它与双塔双索面斜拉桥相比, 又是另一种的技术层次。就本桥的结构特色和技巧而言, 是目前国内外正在开发多塔斜拉桥的少数实例之一。这样一种桥式在宜昌长江上的出现, 完全是出于适应工程环境条件所促成, 并非刻意标新, 而是在设计理念上推陈出新和观念上重视对价值工程的运用。桥址处航行水面的有效宽度略小于700m, 上下行船舶在此的习惯性走行线分道明显。在历年高、中、低不同的水位情况下, 中央水面均属航行盲区。在江心设一墩, 两侧各以跨度348m的大桥孔覆盖整个分道航行水域, 无疑是最为合理和经济性好的选择。通过在初步设计中的多种不同布置的方案比选, 证实了上述论断。

主桥整长936.43m, 其总体布置为:120.08m+348m+348m+120.35m。根据受力平衡的要求, 在位于两岸的边跨内, 大体上以40m的间距, 各布置有2个单支点辅助性桥墩, 见图1。全桥即将合龙的照片见图2。

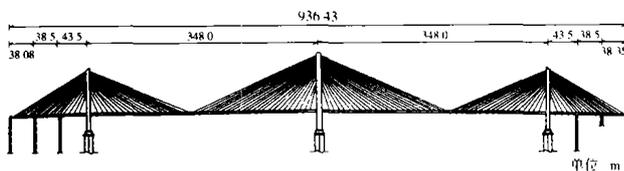


图1 主桥总体布置

2. 主塔

主塔为钢筋混凝土结构。中塔与两座边塔采取高度不等的错落布置。中塔高出两座边塔约20m, 承担着主跨桥长56%时荷载, 并与主梁固

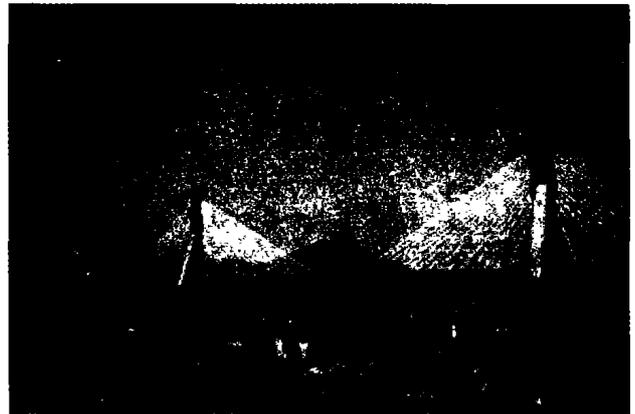


图2 全桥即将合龙

20m, 承担着主跨桥长56%时荷载, 并与主梁固结, 成为对全桥的纵向水平约束和抗扭转的刚性节点。布局上有意地使其承受较大的竖向荷载, 促成截面尺寸的增大而具有较大的约束刚性; 从而使主梁在长大双悬臂施工中具有良好的稳定性。两座边塔因负担较轻而截面尺寸相对柔细, 依靠岸跨具有较大的竖向刚度和斜索的后锚作用, 从而在整体上保证了全桥的竖向刚度。两座边塔均位于岸边, 基础各采用11根直径2m的钻孔桩。中塔基础是全桥唯一的一座深水基础, 采用16根直径2m的钻孔桩。虽处江心但基岩埋深比北岸更浅, 提供了较易制成嵌岩固结桩的工程条件, 而便于高承台基础结构的合理采用。施工方案也就得以改变在长江中已经习以为常的深水围堰法, 使用简便节省的平台吊箱方案。该种设计始用于武汉长江白沙洲大桥的主塔基础, 具有工期短、用料省的巨大技术优势, 正在被推广应用。

三座主塔在造型上基本一致, 只是因其受力的作用不同在尺寸上有变化。塔身上段为适应中心索面的格局采用倒置的Y字形构造。塔身下段考虑到顺应水深涨落变化幅度大等流态因素, 采

用实腹宽肩式梯形墩身。整座主塔形状象一柄竖立的长剑，直插天际。三塔并列江面，对因长江三峡而闻名于世的宜昌城，极具标志性的作用见图3。

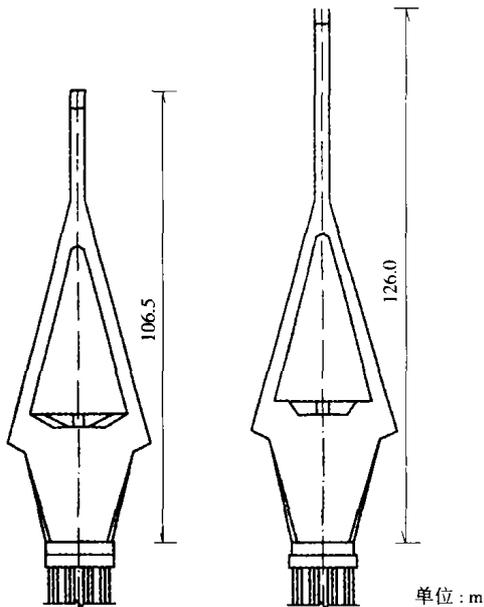


图3 边、中塔立面布置

3. 主梁

主梁为预应力钢筋混凝土结构。其技术特色是在纵向以采用连续配置的体外预应力束为主，是一种具有发展前景的体系。主梁截面形状则以适应中心索面直接传力和横向双伸臂的荷载条件，采用了简洁合理的倒梯形箱展翅梁新构造，见图4。在主塔与斜拉索的承托之下，形同提篮横跨在江面之上，结构本身的造型具有既轻盈又稳重的景观美感，是目前在长江上众多桥梁中一种结构风格独具的主梁形式。

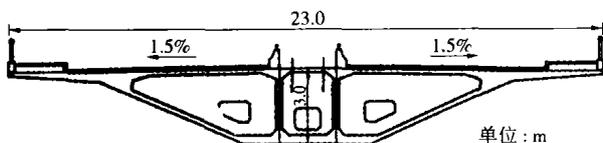


图4 主梁一般截面

4. 斜拉索

斜拉索的可靠与耐用是斜拉桥梁长期安全运营的关键。本桥的斜拉索采用了反映当今世界上技术进步新水平的全封闭钢绞线拉索新体系，是一种更为耐久使用和施工便捷的构造。它是采取在镀锌钢绞线空隙满注油性蜡和用高密度聚乙烯（HDPE）单根封闭的高强度钢绞线按所需根数平行组合，再套以全圆形高密度聚乙烯（HDPE）护筒，而形成的具有多层严密防护的

新构造，见图5。承受高强拉力的钢绞线从镀锌、绞线、注蜡和封闭均在工厂由一条流水线连续完成，避免了因制索工艺中间环节过多辗转而致伤的意外因素，因而极大地保证了多层防护的可靠性。外护筒除为保护内部不受紫外线和环境意外行为等伤害外，并以其表面所附的凸出螺线对斜索的雨振现象自行发挥抑制作用。它的施工安装基本上是一种轻便的放线式作业，单根逐一挂和张拉，用专门的夹片群锚直接在桥上进行锚固。从而也就免除了须在工厂精确测长下料、浇制锚头和整索预张拉等作业。工艺装备和转运操作等均因而简化。整索张力的建立是通过“等张力法”的理论概念进行逐根张拉并以传感器监控，达到单根受力基本一致，见图6。在最终作全桥调整中，如须放索则应采用整索大顶进行。在桥梁的长期运营中，可以使用小型轻便的千斤顶，随时对斜索中的单根钢绞线的受力分组抽样检测，进行监控。

主跨梁上斜拉索的间距按8m一对均匀布置。

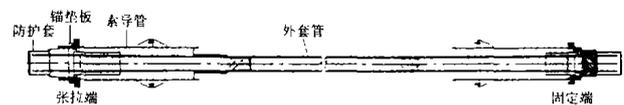


图5 斜拉索构造示意

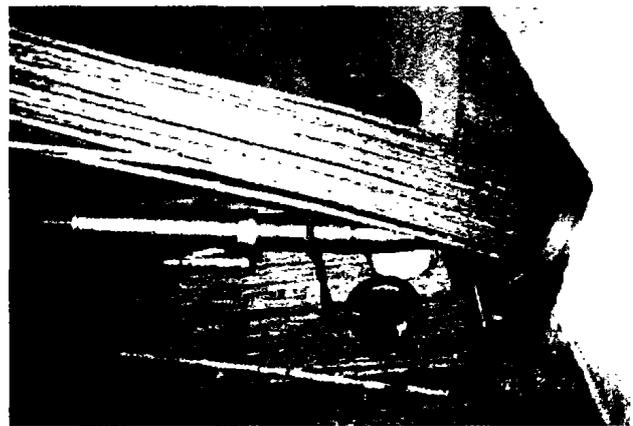


图6 单根钢绞线张拉

5. 主梁的制作与安装

主桥全长936.43 m。两端的边跨受两岸地形的限制长约120m，为了与348m的主跨保持平衡，在箱梁内采用后填低标号混凝土予以压重。从避免该段梁体在施工过渡期间超重量受力和施工可行方面出发，全梁段在满布膺架上建造。主跨梁段为保证截面尺寸和重量的准确，则采取分节段在制梁场内匹配预制，然后逐段下水运至安

(下转第37页)

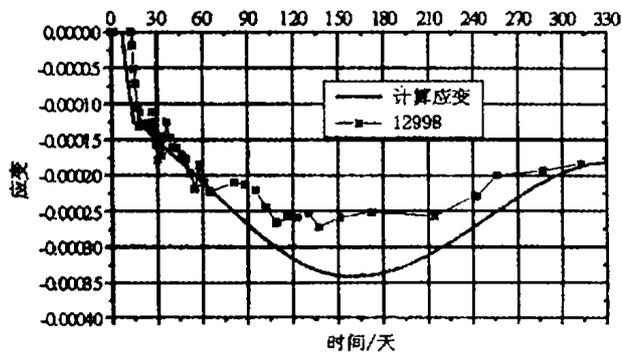


图9 实测应变与计算应变的比较

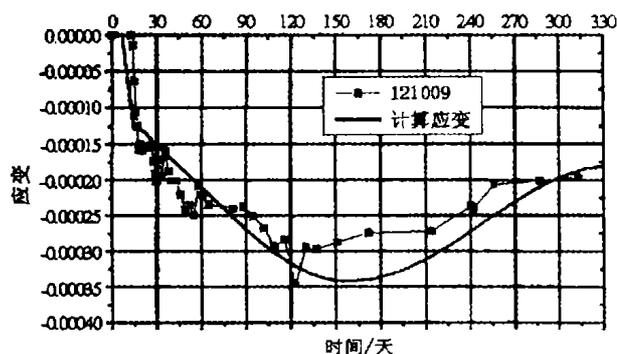


图10 实测应变与计算应变的比较

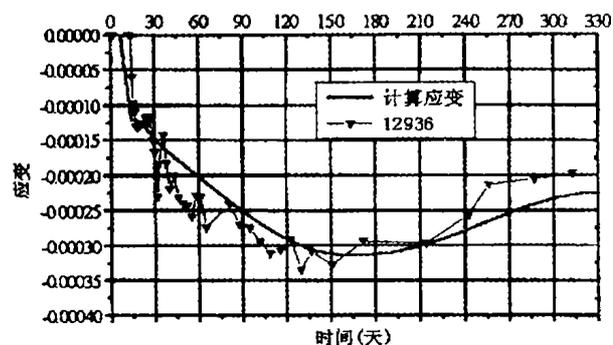


图11 实测应变与计算应变的比较

另外从测试与计算的对比可以发现，以徐变应力折减系数为基础的框架徐变应力分析方法不但简单可行而且具有相当的精度。

参考文献

[1] GBJ10-89混凝土结构设计规范[S].
 [2] 过镇海, 钢筋混凝土原理[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999.
 [3] 周履, 陈永春, 收缩徐变[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1994.
 [4] 游宝坤, 陈富银等. UEA水泥砂浆与混凝土长期性能的研究[A]. 第二届全国混凝土膨胀剂学术交流会议论文集[C1, 北京: 中国建材工业出版社, 1998.
 [5] 王铁梦. 工程结构裂缝控制[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997.
 [6] 韩重庆. 大面积预应力混凝土梁板结构不设温度缝研究[D]. 东南大学, 2001.

(上接第39页)

装位置进行起吊安装的方案, 见图7。每个预制节段的长为4 m, 重约160 t。由于在中塔处为塔梁固结, 两端的边孔主梁已在膺架上现浇定形, 主跨的梁段拼装分别从4个出发点向2个主跨中心点合龙, 在各拼装段之内按约50 m间隔预留一处湿接缝, 以备对施工误差引起的线形变化作及时的调整。其施工要求与过程中的监控技术要求高, 是三塔斜拉桥在安装技术上不同于双塔斜拉桥的又一特点。

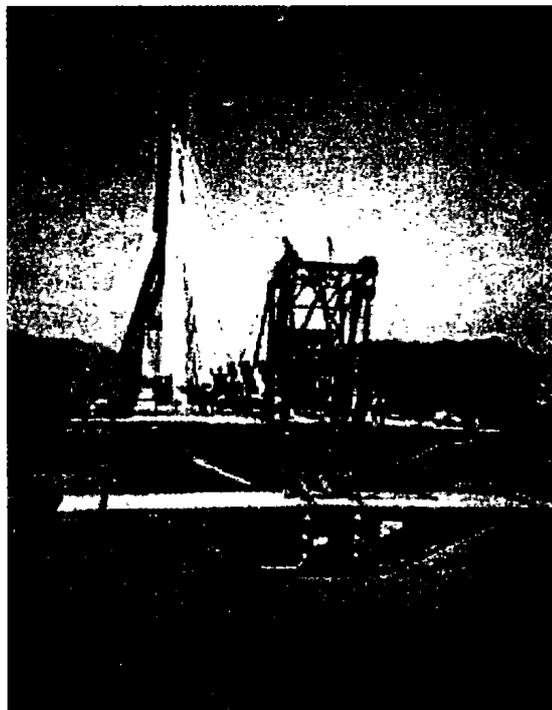


图7 拼装主梁预制板件

6. 技术经济指标

主桥工程总量: 各类混凝土共计35640m³, 各类钢材共计5850 t, 斜拉索高强度镀锌钢绞线1070 t。主梁用料指标: 混凝土0.67m³/m², 普通构造钢筋118kg/m³, 各类预应力钢材43 kg/m³。每平方米主桥造价0.89万元, 设计工期27个月。本工程项目的建设业主单位为宜昌市夷陵长江大桥建设开发有限公司, 于1998年中组织招标事宜, 同年11月正式开工建设。至2001年8月底主桥合拢, 10月底全部建成通车。

参考文献

[1] Michel Virlogeus. Bridge with Multiple Cable-stayed Spans [J]. Structural Engineering International, 2001, 11 (1).