

# 拉压双作用预应力混凝土简支梁设计与施工

章太校

(上海市第一市政工程有限公司, 上海市 200083)

**摘要:** 该文主要介绍了先压法拉压双作用预应力混凝土简支梁的基本概念、设计原理以及先压法拉压双作用梁在实际工程(花辰中路油墩港大桥工程)应用中的施工技术。拉压双作用梁与同类型简支梁桥比较, 具有跨越能力强、轻巧、美观及节省整体工程造价等鲜明特点, 很有推广价值。

**关键词:** 先压法; 拉压双作用简支梁; 高跨比; 高强合金无缝钢管

**中图分类号:** U448.217 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-7716(2007)01-0071-03

## 0 引言

随着社会经济、科学技术的进步, 桥梁发展的基本趋势为大跨径、轻巧、美观及经济合理。简支梁桥是梁式桥梁中应用最早、使用最广泛的一种桥型。在钢筋混凝土简支梁中, 经济合理的常用跨径在 20 m 以下, 高跨比(梁高: 跨径) 1/16 ~ 1/23; 预应力混凝土简支梁中标准跨径在 40 m 以下, 高跨比为 1/16 ~ 1/22。常规的简支梁桥受结构自身受力特点的局限, 制约了该类型桥梁朝大跨度、轻型美观的方向发展。而采用先压法拉压双作用预应力混凝土简支梁桥则很好地满足了桥梁建设发展的要求。

早在 20 世纪 50 年代, 欧洲各国就开始研究拉压双作用预应力混凝土简支梁, 直到 1977 年, 奥地利建成世界上第一座采用后压法拉压双作用预应力混凝土简支梁桥——阿尔姆(ALM)桥, 创造了预应力混凝土简支梁计算跨径 76 m 和高跨比 1/30.4 的世界纪录。日本从 20 世纪 80 年代起开始研究并应用, 从 1984 ~ 1989 年, 已建成后压法拉压预应力混凝土简支梁桥约 20 座, 高跨比为 1/29.2 ~ 1/33.3。计算跨径 57.58 m 的川端人行桥, 梁高仅 1.55 m, 高跨比仅为 1/37.1。

我国对拉压双作用简支梁的研究应用起步较晚。20 世纪 90 年代初期, 同济大学开始进行先压法拉压双作用预应力混凝土简支梁研究。目前我国建成的拉压双作用预应力混凝土简支梁桥仅有 6 座, 其中花辰中路油墩港大桥工程主跨采用 48.8 m 拉压双作用预应力混凝土简支梁, 梁高 1.6 m, 高跨比 1/30.5, 为目前国内该类型简支梁式桥梁之最。

## 1 拉压双作用预应力混凝土简支梁桥设计原理

所谓拉压双作用预应力混凝土简支梁, 即在简支梁下缘(受拉区)施加预压应力, 并在简支梁上缘(受压区)施加预拉应力。桥梁在使用阶段荷载作用下, 拉压双作用梁截面正应力分布如图 1。

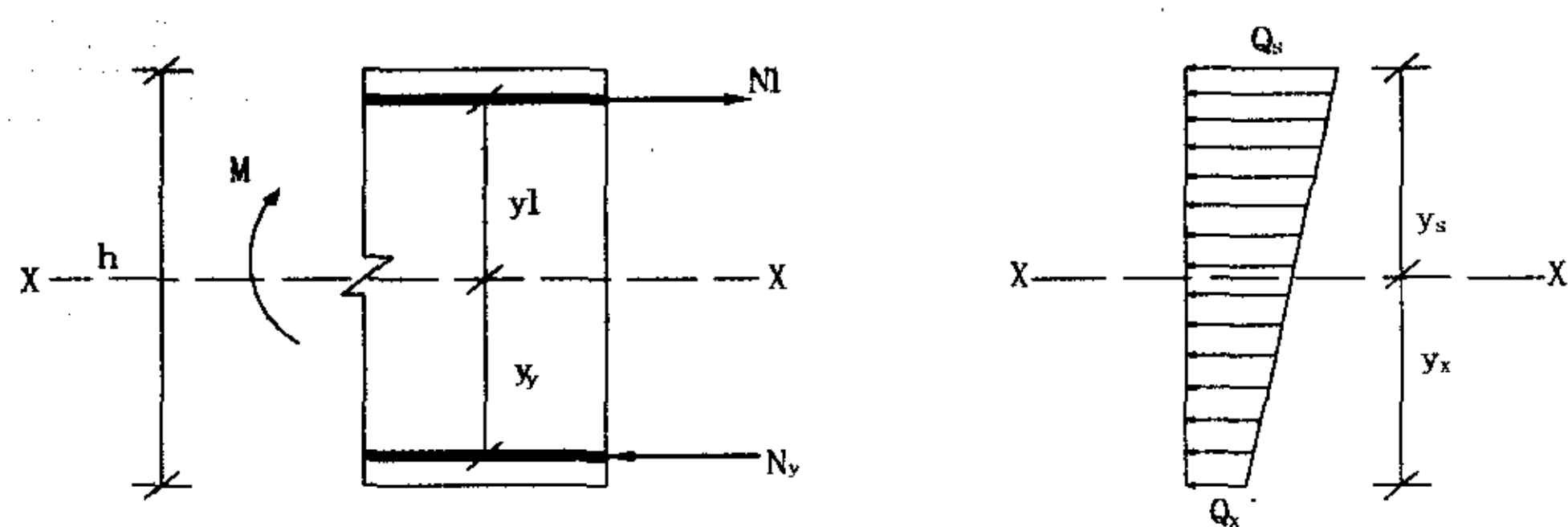


图 1 拉压双作用梁截面正应力分布图

$$\sigma_s = (N_y - N_l) / A - (N_y Y_y + N_l Y_l) \times Y_s / I + M \times Y_s / I \leq [\sigma_{ha}] \quad (1)$$

$$\sigma_x = (N_y - N_l) / A + (N_y Y_y + N_l Y_l) \times Y_x / I - M \times Y_x / I \geq 0 \quad (2)$$

式中:  $\sigma_s$ ——混凝土梁体上边缘正应力

$\sigma_x$ ——混凝土梁体下边缘正应力

$N_y$ ——受拉区等效预压力

$N_l$ ——受压区等效预拉力

$Y_y$ ——等效预压力至截面形心距离

$Y_l$ ——等效预拉力至截面形心距离

$Y_s$ ——截面形心距离至截面上边缘距离

$Y_x$ ——截面形心距离至截面下边缘距离

$A$ ——截面面积

$I$ ——截面惯性矩

$M$ ——荷载作用产生的截面弯矩

$[\sigma_{ha}]$ ——混凝土容许压应力

$h$ ——梁高

$x-x$ ——截面中性轴

式(2)中  $\sigma_x$  取最小值 0, 则  $M/I = (N_y - N_l)/A \times Y_x + (N_y Y_y + N_l Y_l)/I$  代入式(1)有:

$$\sigma_s = (N_y - N_l) / A - (N_y Y_y + N_l Y_l) \times Y_s / I + (N_y - N_l) \times Y_s / Y_x + (N_y Y_y + N_l Y_l) \times Y_s / I = (N_y - N_l) (1 + Y_s / Y_x) / A = (N_y - N_l) \times h / A \times Y_x \quad (3)$$

式(3)中, 普通预应力混凝土梁  $N_l = 0$ , 随着桥梁跨度增大, 截面弯矩将大幅度增加, 为确保等式(2)中  $\sigma_x$

收稿日期: 2006-06-10

作者简介: 章太校(1973-), 男, 上海人, 工程师, 从事建设工程施工与技术管理工作。



大于0(不出现拉应力),  $N_y$  必须大幅度增大, 此时若降低梁高  $h$ , 式(3)中  $h/Y_x$  一般也会增大, 截面面积  $A$  减小, 上边缘正应力  $\sigma_s$  必定会超出  $[\sigma_{ha}]$ 。普通预应力混凝土简支梁高跨比在  $1/16 \sim 1/25$  左右, 如果高跨比太小无法满足梁体上边缘混凝土正应力  $\sigma_s \leq [\sigma_{ha}]$  条件。而采用拉压双作用预应力混凝土梁, 式(3)中  $N_l \neq 0$ , 通过调整预应力  $N_y$  与  $N_l$  的大小, 可以使梁体上边缘混凝土正应力  $\sigma_s \leq [\sigma_{ha}]$  条件满足。因此采用拉压双作用预应力混凝土梁能够减小梁体高跨比。

拉压预应力并用使梁体轴向预应力抵消, 弯曲预应力叠加, 使梁体正截面承载力大幅度提高, 从而可以增大桥梁跨径, 同时降低梁体高度, 适合在城市及高速公路需要低高度梁的场所中使用。在日本, 通过拉压预应力双作用的方法使桥梁高跨比减小到  $1/33$  左右, 与以往用一般后张法或先张法修建的预应力混凝土简支梁桥相比, 梁高度可以减小  $25\% \sim 55\%$  左右。

## 2 (先压法)拉压双作用预应力混凝土梁技术的实际应用

### 2.1 工程概况

花辰中路油墩港桥主跨跨越市级(通航等级Ⅲ)航道, 采用(先压法)拉压双作用预应力混凝土简支梁, 跨径  $48.8\text{ m}$ , 梁高度  $1.6\text{ m}$ , 梁横截面呈工字型, 全桥共计 26 片。中梁上翼缘宽  $1.1\text{ m}$ , 下翼缘宽  $0.9\text{ m}$ , 自重  $106.55\text{ t}$ ; 边梁上翼缘宽  $1.36\text{ m}$ , 下翼缘宽  $0.9\text{ m}$ , 自重  $111.28\text{ t}$ , 梁间距  $1.53\text{ m}$ , 每隔  $6\text{ m}$  设置一道横膈梁, 梁体斜交  $25^\circ$ 。

主梁顶板内布置 10 根先张法预压应力钢管, 钢管为  $\Phi 32 \times 8\text{ mm}$  30 GrMnSi 热处理高强合金无缝钢管, 屈服强度为  $885\text{ MPa}$ ; 主梁底、腹板内布置 5 束 15-9 和 1 束 15-7 后张法预应力钢绞线, 预应力钢绞线为  $\Phi_j 15.24$  高强度低松弛钢绞线, 标准强度为  $1860\text{ MPa}$ 。梁体构造及预应力筋布置见图 2。

### 2.2 拉压双作用预应力混凝土梁施工技术

花辰中路油墩港桥全桥 26 片拉压双作用预

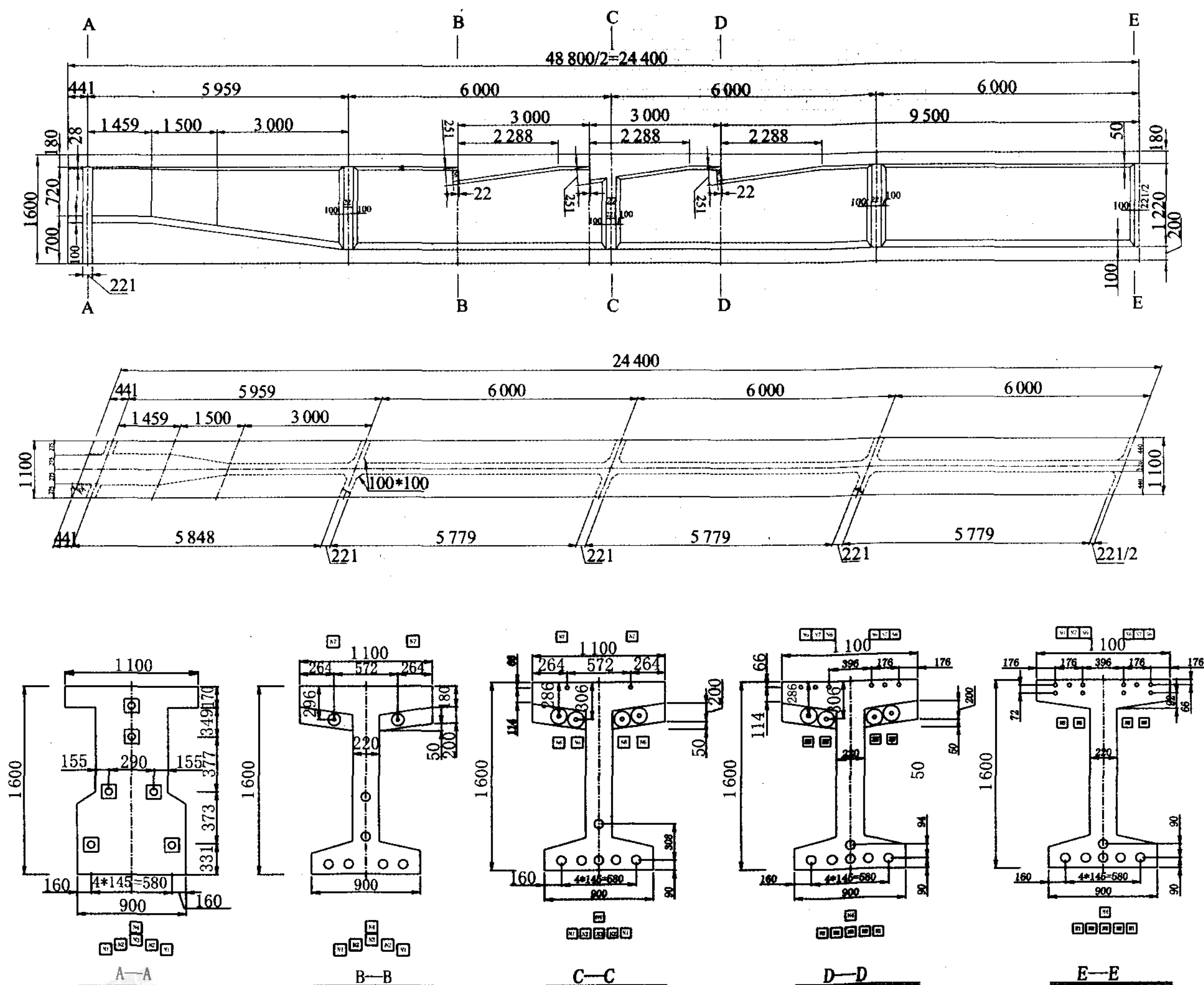


图 2 梁体构造及预应力筋布置图



应力混凝土梁采取现场预制, 每片梁完成后通过平面滑移至油墩港岸边, 由两艘浮吊架设至桥墩上, 然后再完成各梁体横向整体连接。主要施工工艺流程如下: 订购 30 GrMnSi 高强合金无缝钢管→合金无缝钢管冷拔→合金无缝钢管热处理→合金无缝钢管精加工→锚固筋及锚板、夹具加工→预压合金无缝钢管(先张法)→铺设工字梁底模板→安放后张法预应力波纹管、绑扎工字梁底、腹板非预应力钢筋→安装工字梁侧模板、端模板→安装后张法预应力钢绞线→安放预压合金无缝钢管→绑扎工字梁顶板非预应力钢筋→浇筑混凝土、养生、拆模→张拉预应力钢束(后张法)→预压合金无缝钢管放张→压浆→工字梁平移、吊装架设→工字梁横膈梁及桥面施工。

### 2.2.1 高强合金无缝钢管加工

(1)  $\Phi 32 \times 8$  mm 30 Gr MnSi 热处理高强合金无缝钢管由专业生产厂家加工生产, 每根合金钢管的配料长度为成品长度(设计值)、轴向压缩量(预压应力产生)、调质夹具夹住的长度、加工余量四者之和。

(2) 合金钢管采用冷拔无缝方法制造, 外径 32 mm, 内径 16 mm, 壁厚 8 mm, 合金钢管质量应符合 GB/T 8162-1999 质量标准。合金钢管的内径尺寸加工误差控制尤其是重点, 钢绞线直径为  $\Phi 15.24$ , 穿进合金钢管后仅有 0.76 mm 的间隙, 间隙若太小, 施工时钢绞线穿不进, 间隙太大, 合金钢管预压时容易产生偏心而弯曲。

(3) 合金钢管调质的目的主要是使合金钢管本身材质均匀, 使其轴向受压时压缩量均匀。合金钢管按批量进行检查和验收, 每批钢管按 2 根取一个试样的频率抽检试验, 结果应符合设计和规范要求。

(4) 合金钢管精加工: 合金钢管冷拔后, 端部受夹具握裹的影响而变形, 必须将端头切除, 并用车床将端部面车平, 端部面与轴心成  $90^\circ$  垂直; 合金钢管端部面对轴线的垂直度误差不大于 0.04 mm, 平整度误差  $\geq 0.02$  mm; 在合金钢管端面车削后, 应用刮刀或锉刀将内外两条棱边倒角 2 mm。

(5) 合金钢管接长及锚板、夹具: 合金钢管的接头采用分段拼装的干接缝形式, 但在合金钢管预压前, 需先用夹具将接头夹紧对中, 保证相连接的两钢管的同轴性; 预压合金钢管同一截面接头率不大于 50%, 接头用包布密封, 防止混凝土浇筑时渗入水泥浆; 锚板及锚固筋均采用 Q345 钢, 锚板与直锚筋的焊接采用埋弧压力焊接, 焊缝厚度  $\delta = 10$  mm, 锚板设置  $\Phi 17$  压缝孔。

(6) 合金钢管施加预压应力: 张拉千斤顶采用 2 台 YDC240Q 型前卡式千斤顶, 锚具采用由锚环与夹片组成的  $\Phi 15$  型工具锚, 在钢管穿束时涂牛油润滑(两端工作长度范围除外), 预压应力钢束施压控制力为 200.2 kN, 千斤顶将两端钢绞线同时张拉, 至控制吨位后, 千斤顶放松, 工作锚夹片将钢绞线锁定, 张拉根据张拉力和伸长量控制。

### 2.2.2 工字梁预制施工

(1) 工字梁底模采用素混凝土台座(若施工场地允许, 每片工字梁各自设置一个台座), 台座两端部采用钢筋混凝土扩大基础加固, 防止后期张拉施工梁体端部沉陷, 侧模采用整体式钢模, 用对拉螺栓固定。钢模上每隔 2 m 左右设置一个附着式振捣器。

(2) 钢筋施工顺序: 操作平台上安放纵向钢筋, 绑扎箍筋, 安装下翼缘板水平分布筋, 穿下翼缘板下排钢筋, 安放后张法预应力波纹管, 再穿下翼缘板上排钢筋, 然后安置经过预压的高强合金无缝钢管, 最后绑扎上翼缘板钢筋。

(3) 混凝土浇筑施工: 混凝土分层浇筑, 按照先浇筑下翼缘板, 然后是腹板, 紧接再浇筑上翼缘板的顺序, 振捣以插入式振捣器振捣为主, 附着式振捣器振捣为辅。

(4) 后张预应力钢束张拉施工: 待梁体混凝土强度达到设计强度 100% 后, 对工字梁进行后张法预应力张拉施工。该道工序关键技术控制难点是, 工字梁跨度大, 横竖向刚度(EI)均较小, 梁体除起拱度(达 110 mm)很大外, 极易容易产生侧向弯曲和压缩变形, 因此张拉施工时一定要尽量确保同时对称张拉, 以减小偏心和钢束的预应力损失。对于不能同时对称张拉的钢绞线, 应分级张拉到设计值。

(5) 预压高强合金钢管放张: 后张预应力钢束张拉施工完毕后进行预压高强合金钢管放张, 将退锚器及穿心式前卡千斤顶穿入钢绞线, 运行千斤顶, 使其对钢绞线的拉应力超过锚固时控制应力约 2%~3%, 将松动夹片退下, 千斤顶回程。

(6) 工字梁吊装架设: 由于梁体高跨比及刚度都比较小, 工字梁吊装时, 索具与梁体必须垂直, 不得产生水平分力, 因此施工时采用 2 艘 100 t 浮吊进行架设, 吊车起吊、转向、行走应保持协调统一。

## 3 结语

综上所述, 虽然拉压双作用预应力混凝土简支梁制作工序比常规工字梁(T形梁)繁



# 钻孔灌注桩施工监理的质量控制

邹俊勇

(嘉兴市中路交通设计监理咨询有限公司, 浙江嘉兴 314000)

**摘要:** 该文通过论述钻孔灌注桩施工监理质量控制要点, 介绍了钻孔桩各质量控制要素的检测方法, 并通过施工实例说明钻孔灌注桩常见质量事故的成因、预防措施和事故处理方法, 较完整地阐述了钻孔灌注桩整个施工过程的质量控制。

**关键词:** 钻孔灌注桩; 施工监理; 质量控制

**中图分类号:** U445 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-7716(2007)01-0074-05

## 0 前言

钻孔灌注桩作为结构工程最常见的深基础之一, 目前在桥梁等工程中应用普遍。由于钻孔灌注桩为隐蔽工程, 发生质量问题, 处理困难, 补救的成本很高, 有些甚至无法在原地进行补救, 故在施工过程中, 需严格执行相关规范和标准。监理工程师作为质量监控和把关的主体, 通过开工报告审批、原材料抽检, 钻孔桩施工过程中旁站、工序检查、验收等方式, 达到钻孔灌注桩质量控制的目的。

## 1 钻孔灌注桩施工工艺

钻孔灌注桩由于使用钻孔设备不同, 施工工艺流程也不一样, 现以冲击钻或回旋钻机成孔为例, 其主要施工工艺流程为: 桩位测量放样→场地准备(搭设钻孔平台)→护筒制作与埋设→泥浆制备→钻孔→清孔→检孔器检孔→插放钢筋笼→灌注水下混凝土→检测。

## 2 施工准备阶段监理控制

(1) 做好施工组织设计审核工作。

施工组织设计审核应重点指出工程的特殊性、施工方法等, 施工方案应控制钻孔机械设备是否适合地质需要, 投入设备能否保证施工进度需

要, 水中桩钻孔平台搭设是否符合安全要求。

(2) 测量定位控制。

要采取施工单位自检及监理人员复检、验收相结合的措施, 严格控制其偏差在设计或规范允许的范围内。在测量放线时, 应选用全站仪采用坐标定位法放样; 桩位测量后, 还要用钢尺与相邻的桩位进行校核, 看所测距离与计算值是否一致, 以杜绝错误的发生。

(3) 护筒埋设控制。

护筒内径一般应比设计直径大 20 ~ 40 cm, 护筒一般采用钢护筒, 护筒顶面应高出地面 30 cm, 高出施工水位 1.5 ~ 2.0 m。护筒进入河床深度应进行计算, 以防止底端穿孔向外漏水、漏浆或由护筒外向内翻砂而导致底脚悬空坍塌, 并防止灌注混凝土时由底端向外漏失混凝土。

(4) 泥浆控制。

泥浆有稳定和保护孔壁的作用, 它可使孔内钻渣呈悬浮状态, 有利于将钻渣排出孔外, 质量控制时, 主要控制泥浆的技术指标。

相对密度检测方法: 可用泥浆相对密度计测定, 若工地无泥浆相对密度计, 可用一口杯先称其质量为  $m_1$ , 再装满清水称其质量为  $m_2$ , 再倒去清水, 装满泥浆并擦去杯周溢出的泥浆, 称其质量为  $m_3$ , 则泥浆相对密度为  $(m_3 - m_1) / (m_2 - m_1)$ 。

粘度检测: 用工地标准漏斗粘度计测定, 用两端开口量杯分别量取 200 ml 和 500 ml 泥浆, 通过滤网滤去大砂粒后, 将泥浆 700 ml 均注入漏斗, 然后使泥浆从漏斗中流出, 流满 500 ml 量杯所需

收稿日期: 2006-08-14

作者简介: 邹俊勇(1972-), 男, 浙江武义人, 工程师, 从事公路桥梁工程咨询工作。

琐, 而且部分工序操作难度较大, 要求也高, 但是该类型桥梁可以提高简支梁桥跨越能力, 增大桥跨下通航净空(缩短引桥长度, 节省投资造价); 尤其是该桥梁较小的高跨比使桥梁建成后让人感觉轻巧美观。目前拉压双作用预应力混凝土简支梁在国内各个地区大力

推广, 具有很好的应用前景。

## 参考文献

- [1] 范立础. 桥梁工程[M]. 北京: 人民交通出版社, 1980.
- [2] 贾金青. 桥梁工程设计计算方法及应用[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2003.