

# 大直径高强螺纹钢筋在预置承台项目试验的应用

杨开壮 黄建国 刘琳琳 甘国荣 付委

(柳州欧维姆机械股份有限公司 柳州 545005)

**摘要:**预应力高强螺纹钢筋大量应用于桥梁、网架建筑、船坞、隧道及堤坝加固等工程建设中,随着我国建筑结构的不断发展,大型结构及其构件的安装也不断增多,对预应力高强螺纹钢筋的强度和直径的要求也不断提高。介绍了由柳州欧维姆机械股份有限公司开发的大直径高强螺纹钢筋在港珠澳大桥预置承台足尺项目试验的应用及其配套锚具产品的施工工艺流程。高强螺纹钢筋的应用促进了钢筋产业及机械制造业的技术进步,对国内外桥梁以及其它领域的建设具有重大的意义,具有较好的经济效益和深远的社会效益。

**关键词:**港珠澳 大直径 螺纹钢筋 张拉 防腐

## 1 概况

港珠澳大桥跨越珠江口伶仃洋海域,是连接香港特别行政区、广东省珠海市、澳门特别行政区的大型跨海通道,是国家高速公路网规划中珠江三角洲地区环线的组成部份和跨越伶仃洋海域的关键性工程。该工程是中国交通建设史上技术最复杂、环保要求最高、建设要求及标准最高的工程之一。

港珠澳大桥(见图1)建设内容包括:海中主体工程(粤港分界线至珠海口岸之间区段)、香港界内跨海桥梁、香港口岸、珠海口岸、香港连接线、珠海连接线及澳门连接线。大桥全长约50km,其中主体工程“海中桥隧”长达35.6km,超越杭州湾跨海大桥,将成为世界上最长的跨海大桥;总工期计划为六年,预计2015年至2016年建成通车。



图1 港珠澳大桥效果图

本文主要介绍柳州欧维姆机械股份有限公司研制的大直径高强螺纹钢筋在港珠澳大桥埋置承台足尺试验研究墩台上的应用。该墩台位于主线里程桩

号K22+853m以北约150m处,墩台为承台和墩身整体预制,承台尺寸为 $10.6\text{m} \times 10.1\text{m} \times 4.5\text{m}$ ,其中预留4个作为桩和承台结合的直径3.8m的预留孔;墩身为空心薄壁结构,尺寸为 $3.5\text{m} \times 5.0\text{m} \times 13.4\text{m}$ 。墩台内预埋8套大直径高强螺纹钢筋预应力锚固系统,每套预应力锚固系统总长度为19.05m,如图2。



图2 埋置承台足尺试验研究墩台

## 2 大直径高强螺纹钢筋简介

大直径高强螺纹钢筋外形为连续滚压全螺纹,具有强度高、低松弛、握裹力可靠和锚固回缩小的优点,因其技术成熟为国外freyssinet、wilanmosi等广泛应用。

OVM公司通过前期研制,成功开发了屈服强度达835MPa以上的 $\phi 75$ 大直径高强螺纹钢筋锚固体系,其主要性能指标(见表1)达到国外同类产品要求。

表1 大直径高强螺纹钢主要力学性能

公称直径d mm	屈服强度 $R_{eH}$ MPa	抗拉强度 $R_m$ MPa	断后伸长率A %	公称截面积 mm <sup>2</sup>	重量 kg/m
75	≥835	≥1035	≥6	4418	36.0

根据工程需要, OVM公司还提供其他直径系列的高强螺纹钢, 如比较常用的25、32、40、50、65等直径系列, 或特殊定制的89直径系列。OVM公司经过持续的研制, 高强螺纹钢及其锚具体系产品试验已满足相关国标和国际标准的要求。

### 3 高强螺纹钢锚固系统的设计、安装、张拉及防腐

#### 3.1 锚固系统的设计

OVM公司大直径高强螺纹钢锚固系统主要由张拉端锚固系统、固定端锚固系统、钢筋连接和塑料波纹管的预埋系统组成。其主要技术参数如下:

(1)  $\phi 75$ 大直径高强螺纹钢母材性能满足屈服强度 $\geq 835$ MPa, 抗拉强度 $\geq 1035$ MPa, 断后伸长率 $\geq 6\%$ ;

(2) 大直径高强螺纹钢锚具及连接器组装件满足GB/T 14370-2007中的静载、周期荷载和疲劳试验要求;

(3) 大直径高强螺纹钢锚固系统电隔离防护性能满足BS EN1537: 2000永久防护电阻值 $R \geq 0.1 M\Omega$ ;

(4) 大直径高强螺纹钢锚具张拉回缩值 $< 1.5$ mm;

(5) 塑料波纹管连接密封防水压力 $\geq 0.2$ MPa, 配套塑料波纹管规格为: 内径 $\phi 130$ mm, 外径 $\phi 160$ mm, 环刚度 $\geq 8$ kN/m<sup>2</sup>;

(6) 采用孔道真空灌浆技术, 注浆材料采用无收缩纯水泥浆, 浆体强度 $\geq 50$ MPa。

##### 3.1.1 张拉端锚固系统的预埋

张拉端锚固系统设在墩身的顶部, 系统密封采用波纹管和水泥浆双重防腐; 隔离垫板能有效地将大直径螺纹钢与墩身混凝土进行永久性电隔离; 此锚固系统设计合理、安装方便简单, 如图3所示。

##### 3.1.2 固定端锚固系统的预埋

固定端锚固系统设在承台内, 且距离承台上

表面为2m, 此系统为预埋在承台内, 浇筑混凝土时将注浆连接管伸出承台外以备后期灌浆密封用; 固定端螺母与钢垫板之间用绝缘板隔离, 如图4所示, 高强螺纹钢与混凝土之间能有效地进行永久电隔离。



图3 张拉端锚固系统示意图

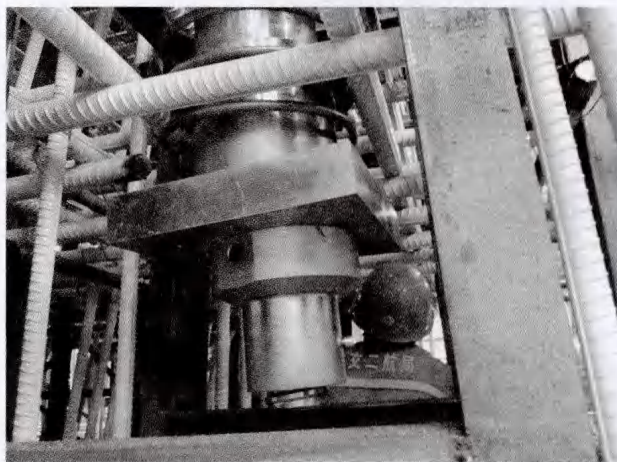
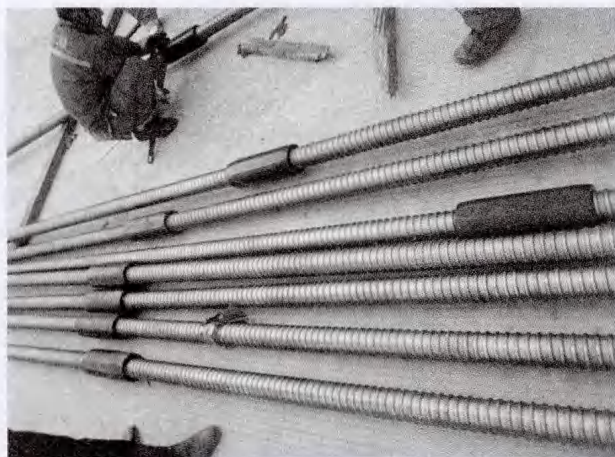


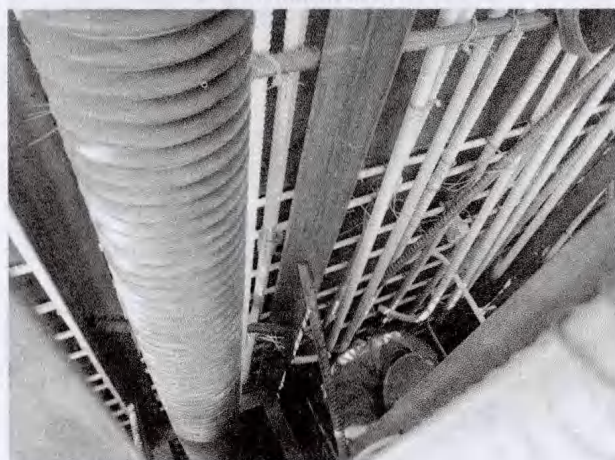
图4 固定端锚固系统结构示意图

##### 3.1.3 钢筋连接和塑料波纹管的预埋

根据客户的需要, OVM公司可以生产长度不等的大直径高强螺纹钢, 并且通过连接器将大直径高强螺纹钢连接起来, 很大程度地满足客户的需求, 如图5所示; 另外墩身的密封系统除两节段墩身连接缝之间均匀涂抹环氧树脂外, 还采用超耐久性的O形密封圈, 保证在墩身使用期间的良好密封性。



a 钢筋连接示意图



b 塑料波纹管安装示意图

图5 钢筋连接及塑料波纹管安装示意图

### 3.2 大直径高强螺纹钢筋的安装

(1) 整套大直径高强螺纹钢筋安装工艺次序如下: 螺纹钢在地上接长→吊装钢筋至承台钢架内→安装波纹管→安装承台内螺旋筋、密封筒、钢垫板、隔离板、固定端螺母、保护罩(含注浆连接管)→安装墩身顶面的螺旋筋、密封筒、钢垫板、隔离板、张拉端螺母。

(2) 波纹管的连接使用大一规格的长为300mm的波纹管进行连接, 并用内含热熔胶的热缩套进行热熔密封。

由于整套螺纹钢锚固系统设计简单实用, 安装起来既安全又快捷, 且安装时只要保证高强螺纹钢良好的垂直度及其与波纹管的同轴度, 其余安装精度要求不高, 这为后面墩身的预应力张拉工作奠定了基础。

### 3.3 张拉

张拉工作分墩台吊装前张拉及吊装后张拉。

#### 3.3.1 墩台吊装前张拉

预制墩台重量约为1500t, 由8000t平板驳船直接运输至墩位处, 并停靠于600t浮吊边上。墩台的吊装采用三维吊具与预埋在墩台内的竖向预应力大直径高强螺纹钢筋进行连接, 并在吊具顶面对八套预应力高强螺纹钢筋进行分级张拉, 张拉控制力为220t, 张拉设备采用OVM公司专门研制的型号为GLG75-ZL.0张拉千斤顶装置, 其配套设备可调式旋扭装置能有效地对预应力系统进行锁定。

张拉结束后, 用2200t浮吊起吊安装, 墩台起吊至钢管桩上方后进行初步导向定位, 以确保钢管桩顺利穿入承台预留孔, 初导向定位完成后, 缓慢下放墩台, 直至吊具及悬挂系统搁置在桩顶的支撑桩帽上, 待悬挂系统的竖向千斤顶受力均匀后, 浮吊落钩完成墩台的初安装。利用悬挂系统的水平油缸组、竖向油缸组及预留孔内的水平油缸组精确调整, 直至墩台准确安装到位, 如图6所示。



a 安装三维吊具



b 吊装试验墩台

图6 安装吊具及吊装试验墩台示意图

吊装过程中, 预应力高强螺纹钢筋受力约为1300t(扣除吊具重量), 每套高强螺纹钢筋受力

约为186t(按7根计算),张拉力控制为220t,应力安全系数大于2.25倍。

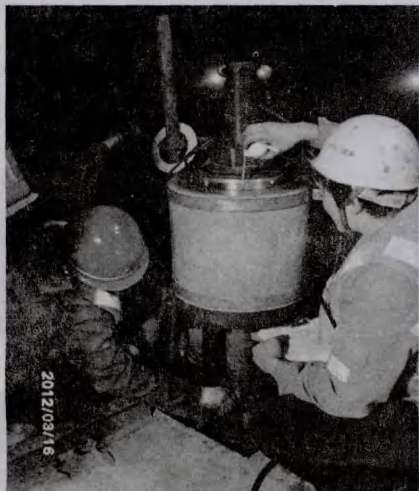
### 3.3.2 墩台吊装后张拉

墩台吊装安装到位后,进行墩台的止水施工,止水完成后进行抽水作业,使墩台内形成干施工条件,然后进行墩台的体系转换。主要工作包括:胶囊止水、墩台抽水、剪力键焊接、焊缝检测、墩顶预应力螺纹钢筋松张、吊具拆除、钢管桩割除、桩头混凝土凿除等工作。

墩台吊装后的张拉是悬挂系统拆除并割除高出的大直径高强螺纹钢筋后在墩台顶部直接张拉,如图7所示;张拉控制力为185t,由于张拉千斤顶、张拉撑脚与张拉杆连成一整体,因此变换张拉时用吊车缓慢吊起,缓慢下放连接到另一套高强螺纹钢筋上,这种施工方法既安全又方便操作。



a 大直径高强螺纹钢筋预埋



b 预应力系统的张拉

图7 大直径高强螺纹钢筋张拉施工示意图

### 3.4 防腐

大直径高强螺纹钢筋采用“波纹管+真空灌浆”的防腐方法。具体方法如下:

(1) 安装张拉端保护罩。安装保护罩时特别要注意保护罩与钢垫板之间的O形密封圈是否正确安装,确保密封以免灌浆时水泥浆泄漏;

(2) 检查孔道是否堵塞。由于墩台制作时已安装好固定端锚固系统,则检查孔道时将压缩空气与固定端锚固系统的注浆连接管连接起来,开启空压机,此时若张拉端保护罩上通气孔有气体喷出,则证明固定端与张拉端整个孔道是连通的,若没有气体喷出,则不通,在不通的情况下若注浆进去,会使水泥浆在孔道内流动受到阻滞,且没有充满整个孔道,导致预应力螺纹钢筋没有得到有效的防腐保护,因此,检查孔道是否堵塞是施工过程非常关键的一个步骤。

(3) 孔道抽真空。将张拉端保护罩的通气孔用螺塞扭紧密封好,然后用真空泵与注浆连接管连接起来,开启真空泵即可以对孔道抽真空。

(4) 注浆。将预应力管道高性能灌浆料与自来水按一定的比例混合,用高速搅拌机搅拌均匀后,测定其流动粘度,合格后,用柱塞泵将水泥浆通过与固定端注浆连接管连接起来,自下而上进行灌浆或者从张拉端保护罩通气孔连接,亦可以灌浆。

## 4 小结

港珠澳大桥前期埋置试验研究墩台由预制到成功吊装整个过程比较顺利,效果理想,突现了试验墩台预应力锚固系统所使用的大直径高强螺纹钢筋安装简便、操作安全的特点,其在技术指标及力学性能方面均比较成熟,达到国外同等产品的水平,具有很高的使用价值,并且将会得到更广泛的应用。

### 参考文献

- [1] 柳州欧维姆机械股份有限公司企业标准. Q/OVM039-2012 预应力混凝土高强螺纹钢筋[S]. 2012
- [2] 中华人民共和国国家标准. GB/T20065-2006 预应力混凝土用螺纹钢筋[S]. 北京: 国家质量监督检验检疫总局, 2006