

超长大规格高强度悬索桥主缆 索股编制装备技术研究

段素敬¹, 张海良¹, 朱金林¹, 沈 旺², 毛优达²

(1. 上海浦江缆索股份有限公司, 上海 201314; 2. 浙江省舟山连岛工程建设指挥部, 浙江舟山 316000)

[摘要] 阐述了超长大规格高强度悬索主缆索股编制装备, 为悬索主缆单元索股的工厂化制作提供可靠的工业装备, 满足了大规模生产的需要。

[关键词] 超长大规格高强度; 悬索; 主缆索股; 编制装备

[中图分类号] U448.25 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2010)07-0018-04

1 前言

随着国内外桥梁多向跨海方向发展, 悬索桥主缆索股跨度也随之越来越大, 超长大规格高强度主缆单元索股的工厂化制造技术要求也相应提高。针对这种超长大规格高强度单元索股的特点, 需要开发出合适的编制装备来满足大规模工厂化生产。

PPWS法(预制平行钢丝索股法)编制主缆单元索股在工厂内制作, 精度高, 钢丝排列紧密(无交叉现象), 主缆的孔隙率减少到18%, 平行钢丝束架设时不易受风的影响, 垂度的调整以主缆单元索股为单位进行, 工期比纺丝法缩短1/2至1/3, 平行钢丝束的长度不受施工现场的限制。此外, 与纺丝法

相比, 还可节约架设费用。采用工厂化生产是桥梁界公认的最先进的生产方法^[1]。

2 超长大规格高强度主缆单元索股的编制流程

单元索股制作是将包含有标准丝和标记丝的一定数量的钢丝, 使其通过配列成型板集束成为正六边形排列, 再经过成型机压紧、缠带和缠丝并转移标记点, 最后成圈^[2]。研究以1 860 MPa等级强度 $\phi 5.1 \times 169$ 规格, 4 250 m长度, 标准钢丝制作精度应达到1/15 000, 主缆单元索股制作精度达到1/15 000的超长大规格高强度主缆单元索股的编制进行叙述。主缆单元索股编制流程见图1。

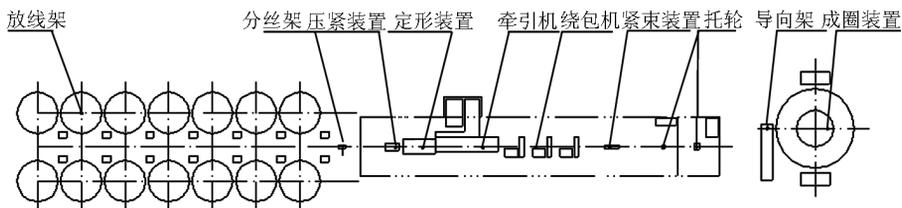


图1 生产设备布置示意图

Fig.1 Layout of production equipment

[收稿日期] 2010-04-20

[基金项目] 国家科技支撑计划项目(2008BAG07B03)

[作者简介] 段素敬(1982-), 女, 江苏徐州市人, 工程师, 研究方向为悬索桥单元索股生产制造设备和悬索桥主缆单元索股制造技术;
E-mail: duansujing06@163.com

主缆单元索股生产。在主缆单元索股生产过程中,85个双层放线盘中的钢丝必须是相同倍尺的钢丝(包括标准钢丝)。

1) 工艺流程:放线→分丝→聚并→整形→矫直→绕包→颜色标记→牵引→卷收。

2) 放丝:把钢丝分别放入85只双层放线盘中,并调节好张力,以避免钢丝在索股内长短不齐的产生,索股内钢丝间的长度允许误差为钢丝抗拉强度1.0%的应力伸长值。

3) 分丝:把169根钢丝穿入分丝板进行分丝。

4) 聚并和整形:通过六角形模使钢丝成束,并调整六角形形状。

5) 矫直:通过一组矫直模来矫直钢丝束。

6) 绕包:绕包间距为1.8m,层数为 10 ± 0.25 层左右;绕包须有足够的张紧力,且每根索股的绕包位置必须相互错开。

7) 颜色标记:对于索股,在标准钢丝上做出明显标记的对应于两端标记点,涂上红蓝两种油漆各20mm,红蓝分界线为标记截面。标记点间距离精度应在1/15 000以上。

8) 牵引:通过一套履带牵引机械装置牵引钢丝束行进。

9) 主缆索股应以标准长度钢丝为准进行切断,在基准温度(15℃)及零应力状态下,平行钢丝索股的测长精度应在1/15 000以上。

10) 成圈:索股成圈后,直接存放于索股运输用的托盘上,托盘表面采用4mm绒布铺垫,防止镀锌钢丝与托盘产生擦伤。

3 大规格主缆单元索股编制装备的优化设计

大规格主缆单元索股编制装备的优化设计目的:满足超长高强度大规格主缆单元索股的生产需求,使单元索股保持良好的形状,排除施工现场出现呼啦圈、鼓丝等问题。针对研究单元索股的特点进行了如下重新设计和改造。

3.1 标准丝和标记丝的生产过程中装备的优化设计

在标准丝生产线上,以前的滚轮机构的间距设置较远,松张时钢丝易接触到机架,会对镀锌层带来不利影响。另外,滚轮的表面未作特殊处理。新生产线上的滚轮机构每隔1m设置一组。滚轮的材料为优质钢,经表面高频淬火后磨削而成,表面粗糙度为0.8,硬度为HRC50。实验与经验表明,钢丝以不大于50m/min的速度在滚轮表面摩擦移动时不会损伤其表面的镀锌层,标准丝生产线示意图见图2。

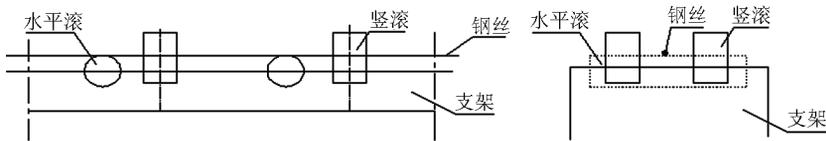


图2 标准丝生产线示意图

Fig. 2 An assembly line of standard wire

3.2 放线盘的重新设计

重新设计的多层放线盘是在原一个放线盘的基础上叠放了多个放线盘,以节省空间,并且多层放线盘共用一个底盘和固定轴,保证在放丝同时可以同步制动控制。以往生产用放线盘的最大下料重量为1t,约合6000m的长度,此长度如果用于大规格单元索股的生产只可选用单倍尺。重新设计的放线盘可以承载的钢丝长度达到12000m以上,可以承放3倍尺的钢丝,这样在生产中显著地提高了生产效率。放线盘底部安装的刹车装置可以满足生产过程出现停顿(如换绕包带)的情况,此时的放线盘也应立即停止,以保证过线架上的钢丝不乱。同时刹车装置的张紧力控制也十分重要,张紧力过大,会使钢丝与放线盘的摩擦环过度摩擦,张紧力过小,会引起

乱丝,重新设计的刹车装置充分考虑了这些方面,结构合理,能提供均衡的制动力,稳定地收放丝,为索股的编索精度打下基础,是保证索股编制精度控制的第一步(见图3、图4)。

3.3 放线过程装备的设计

对原有滚轮或滚筒进行重新设计,克服容易出现的“拥挤”和“跳丝”现象,新设计的过线架将原来的双层过线架设计改制成4层,这样分丝格挡增多了一倍,能够使钢丝根据预设位置进行下料,每组过线架能容纳两百多根钢丝通过。钢丝在过线架上通过时层次分明,滚轮旋转灵活,且表面经过特殊处理。为了确保放料盘内钢丝放线质量,4层导向架格挡都设计成平滚及竖滚结构,钢丝与滚轮的接触面产生的摩擦将会降到最低,确保钢丝表面无损伤,

使钢丝表面镀锌层得到有效保护(见图5、图6)。

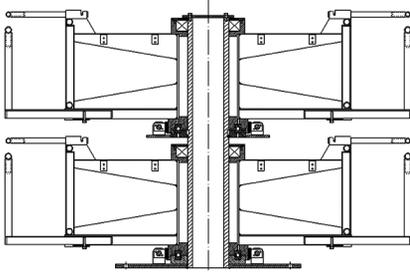


图3 双层放线盘结构示意图

Fig. 3 Schematic figure of a double-layered

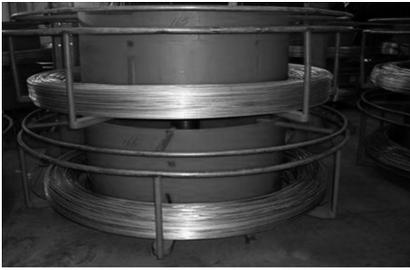


图4 双层放线盘

Fig. 4 A double-layered cable reeling frame cable reeling frame

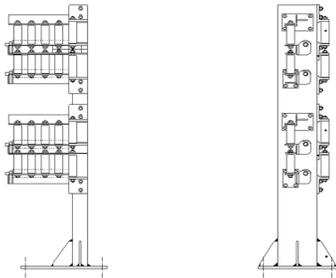


图5 过线架示意图

Fig. 5 Schematic figure of a thread

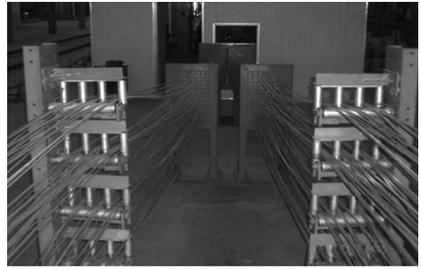


图6 过线架及分丝板

Fig. 6 Thread take-up eyelet holder and wire dividing plate take-up eyelet holder

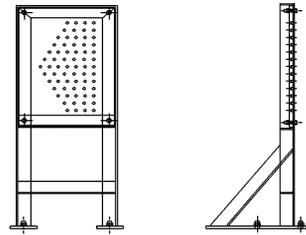


图7 分丝设备示意图

Fig. 7 Schematic figure of a wire dividing plate

列,每列3只,6只压轮均匀地分布在360°的圆周,即每只60°均布,这样可以使每只压轮对六角形钢丝索股的每个接触面施加压力,6个面同时受力,并且是4组同时整型,使索股成型更加紧密,提高索股钢丝之间的平行度,从而将169根钢丝长度差减到最低,是保证索股精度要求的第二步(见图8、图9)。

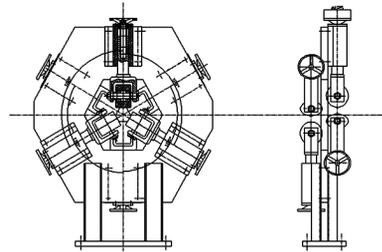


图8 六角整形压轮装置单组示意图

Fig. 8 Schematic figure of a hexagonal pressing wheel device

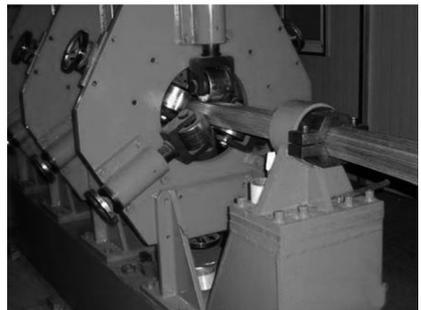


图9 六角整形压轮

Fig. 9 Hexagonal pressing wheel devices

3.4 分丝装备的优化设计

原有设备符合生产最大规格127丝钢丝,此大规格索股为169丝,需要将原来的127分丝板孔进行改制,将穿丝孔中的衬套进行替换,钢丝通过的每一个孔位安装有拉丝模,此模的材质为钨钢,模孔具有极高的光洁度和硬度。拉丝模嵌入丝板的小圆孔内,防止摩擦造成钢丝保护层损坏,镀锌钢丝表面具有良好的润滑性能,钢丝通过此孔时,不会对其表面带来任何损伤(见图6、图7)。

3.5 形状控制装备

为了更好的保持索股形状,在生产线上设计了3组六角整形压轮装置,这种整形模是6只压轮分成两

3.6 索股牵引力与编制精度的优化

此次编制索股的特点是特长、大规格和高强度,牵引力的控制是索股编制精度的保证。牵引力过大,产生过大的摩擦力损伤镀锌钢丝表面,导致镀锌层脱落,使防腐能力下降,同时索股形状和精度难以控制,若牵引力过小,会拉不动索股。因此需对牵引设备进行调整,结合以往生产经验和西堍门大桥长度 2 881 m 索股牵引力控制方法,同时对索股长度、重量与牵引力的关系进行分析,及多次试制经验的总结,得出合理的牵引设备调整数据和适合的牵引力数据,是保证索股编制精度控制的第三步。

单元索股规格的增大使索股外形尺寸也随之增大,牵引机夹具内腔口径也将增大,经过笔者等的反复试验,设计开发出一种适配多种规格索股的多功能牵引机夹具,来满足大规格索股生产的需要。夹具使用高硬度钨钢制成,固定在牵引机链条上,当牵引机开动时,链条带动上下夹具循环前进,另外在夹具上安装了气压缸,使夹紧力能够有效夹紧索股,169 根钢丝在牵引中同步行走,使其达到 1/15 000 的设计精度要求,即可保持六边形形状,又不会损伤索股钢丝表面镀锌层,是保证索股编制精度控制的第四步(见图 10 至图 12)。

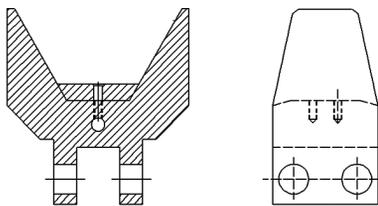


图 10 多功能牵引夹具

Fig. 10 A multifunctional traction fixture

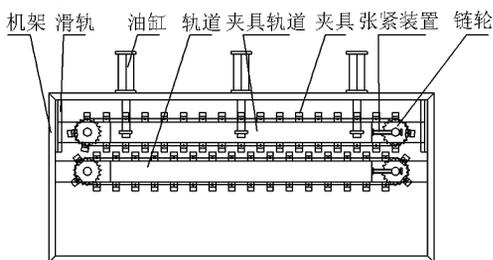


图 11 牵引束股牵引装置机示意图

Fig. 11 Schematic figure of a traction device for traction cable stand

3.7 绕包设备

经过多次编索和放索试验,发现原有绕包间距 1 500 mm 在成圈时会因为索股张紧力过大,使包带崩断,绕包间距太大,包带又不能很好地保持索股的形状,将绕包间距调整为 1 800 mm,另外索股钢丝

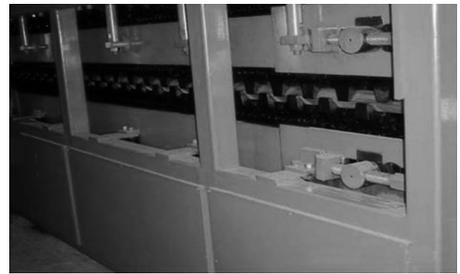


图 12 牵引装置

Fig. 12 Traction devices

太多,钢丝间的张紧力太大,钢丝层数也由 8 层调整为 10 层。通过对循环式绕包机进行整改,将绕包机重新排列,然后重新设定绕包机程序。另外在绕包机两侧增设了机械自动夹紧装置,保证索股六角形成圈过程中无变形,经过多次试验验证,这种间距既可以保持合适的张力,又可以很好地保持索股形状(见图 13)。

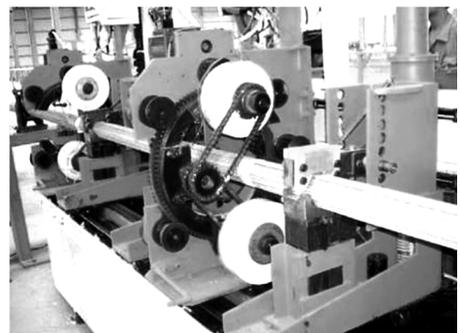


图 13 循环绕包机

Fig. 13 Circular automatic winding machines

4 结语

大跨径悬索桥是国民经济和社会发展的重要基础设施,也是交通行业技术集中应用和创新的用武之地。目前中国已发展成为世界桥梁大国,然而要进入桥梁强国,在超大跨径悬索桥主缆编制方法和编制设备方面仍需做更深更细的研究,主缆编制设备的研究开发,正是为了加快产业技术进步,缩小与发达国家的差距,为我国成为桥梁强国奠定坚实的基础,从而使我国的悬索主缆制造和架设施工技术走上国际前沿。

参考文献

- [1] JTT 395 - 1999, 悬索桥预制主缆丝股技术条件[S].
- [2] 王福敏. PWS 法主缆索股制作与架设中的关键技术[J]. 公路交通技术, 2003, (6): 58 - 61

(下转 46 页)