

空间预应力索桥结构制索及调索工法

(TGJGF-03·04-06)

中铁十一局集团有限公司

一、前言

空间预应力索桥结构是桥梁结构的一种新形式,它是应用现代索结构技术,使桥梁既保证了使用功能,又具有造型优美、用料省、自重轻、跨度大等特点,特别适合跨越海峡、深谷、急流以及对景观要求较高的场所建造大跨度、轻荷载桥梁的需要。

针对浙江平湖通天桥工程开发的空間预应力索桥结构制索及调索工法属国内首次应用,于2002年12月通过专家鉴定:“空間预应力索桥结构制索及调索施工技术”居国内领先水平。

二、工法特点

1. 制索和调索施工技术,采用索长和索力双控,通过制索、安装及调索使各索索力和全桥各结点空间位置准确,成桥后具有较大强度、刚度、良好的耐久性和抗风稳定性。
2. 所需要的机具设备较少,多为常规机具,操作简便。
3. 施工工艺容易掌握,施工速度较快,劳动强度较低,便于推广应用。
4. 与悬索桥相比,猫道及塔架等临时工程量较小,无需其它辅助设施,省工、省料,提高了经济效益。
5. 施工安全可靠,受天气影响较小。

三、适用范围

本工法适用于各种缆索桥结构的施工,也可用于悬索桥以及具有“悬带”和“悬索”相结合特征的悬吊斜拉桥的施工。以环氧涂装钢绞线束作为承重索结构的施工亦可参照本工法实施。

四、施工工艺

(一)工艺原理

空間预应力索桥结构制索、安装及调索时采用索长和索力双控,以保证索力和结点坐标准确,施工中以索力控制为主,索长控制为辅,索长控制通过结点空间坐标来反映。

制索时在桥址两岸间架设一组猫道,作为缆索制作的场地和交通便道,缆索在猫道上编制成型后整体吊装与撑杆顶结点连接或者锚固于锚碇锚架上。

调索施工分初步调整和最终调整两个阶段。调索时根据索力影响系数以及索力监测结果,确定调索顺序,调整索力大小,及时跟踪监测,再根据监测结果调整调索顺序及索力大小,直至达到设计要求索力和线形。调索时,利用压力传感器和张拉千斤顶进行读数控制。

(二)工艺流程

空間预应力索桥结构制索及调索施工工艺流程见图1。

(三)施工要点

1. 钢绞线下料

按照“下料长度=修正后的无应力长度+施工长度”来进行控制。根据安装工艺,下料时,通过设置的一根基准索股来控制索股索夹及接头安装位置和索股索长。

2. 索股制作

索股预制宜根据成桥座标,平卧安装索夹及接头。索股编束前,应先放基准索股确定各钢绞线的无应力长度;编束时,每根钢绞线均需调整成与基准索股相同的跨度和垂度。为保证钢绞线在安装过程中不

缠扭,可根据钢绞线设计的排列顺序制作一限位架,使同一根钢绞线在每个索夹中的位置一致。安装索夹时,利用木制楔形块实现相邻索夹间的相对转角,索夹夹板夹槽内用环氧树脂坐浆,钢绞线呈矩阵排列,钢绞线与夹板分层安装并用螺栓夹紧,安装完后,两端用环氧砂浆封头。各钢绞线从1号索夹按照“就近排列”的原则穿过连接头底板,1号索夹与连接头间钢绞线要顺直,不得扭绞、交叉;准确控制挤压锚具安装位置,使主缆内该段钢绞线长度一致。挤压施工时挤压力不得小于260kN,确保挤压套与钢绞线之间的握裹力。

3. 索股安装

主索编制成束后,两端利用卷扬机牵引连接头至顶结点并与顶结点销结。主索各索夹间存在相对倾角,吊装时将发生扭转,须注意主索吊装的安全。

桥面系由桥面框架、桥面索、桥面拉板网组成。桥面索分南北两段。桥面框架位于桥面索下方,由U型螺栓与桥面索连接固定,拉板网直接铺在桥面索上。根据监控长度,设置三根定位索,分别安放在框架中部及两端,用U型螺栓固定,作好标记。将各钢绞线搬运至安装位置,顺序排放在桥面框架上并用U型螺栓将各索与桥面框架紧固定位,U型螺栓稍松以便桥面索张拉调索。在跨中桥面框架两端将各桥面索挤压锚固,南北塔处各索穿过塔墩体预留孔后用夹片锚锚固于墩体背面。

抗风索呈上拱,制作工艺与主索基本相同,原猫道不能满足抗风索安装的线形要求,因此,利用桥面框架及桥面索铺装木板作为抗风索制作转型猫道。在转型猫道上、桥面框架立柱外侧制作抗风索,索夹防护后,由安置在南北两岸的卷扬机分别牵引抗风索两端至抗风锚碇锚架上,用夹片锚锚固。在牵引抗风索就位的过程中,同时安装抗风索与钢框架、抗风索与主索间的系索。

4. 调索

调索工作分初步调整和最终调整两个阶段。初步调整是在制索和安装阶段,使各索均参与受力,结点基本到位,索桥基本成形;最终调整是使各索钢绞线达到设计要求索力和成桥线形。

根据各索索力的影响系数关系,确定调索的顺序为:背索→撑杆位置→撑杆与抗风锚碇间系索→桥面索→抗风索→栏杆索。

(1) 背索调索

背索由钢绞线排列成六角形断面,背索上端通过连接头与塔顶结点销接,下端用夹片锚锚固于锚架,锚架通过后张预应力索锚于主锚碇中。调索时利用压力传感器和张拉千斤顶进行读数控制。具体调法是:从一束缆索中受力最大的一根钢绞线开始调整,调整到适当的索力时,利用单孔锚具将传感器锚固,再利用张拉千斤顶进行第二根钢绞线的调整,使第二根钢绞线的索力(通过标定过的张拉千斤顶读数反映)调整到与锚固在第一根钢绞线的传感器上显示的索力相同为止;按此方法进行其余各钢绞线索力调整,每根索力均与锚固在第一根钢绞线的传感器上读数相同,直至整根缆索全部调整完毕。最后一次显示的索力即为单索的平均索力。

(2) 桥面索调索

桥面索张拉时,先张拉3根定位索并带动桥面框架就位,再对称张拉其余各索,之后将U型螺栓与桥面框架拧紧。由于桥面各索索力相互影响较小,张拉调索施工时,考虑索力折减系数后,可从一侧顺序进行调整至另一侧,直至达到设计要求。

(3) 抗风索调索

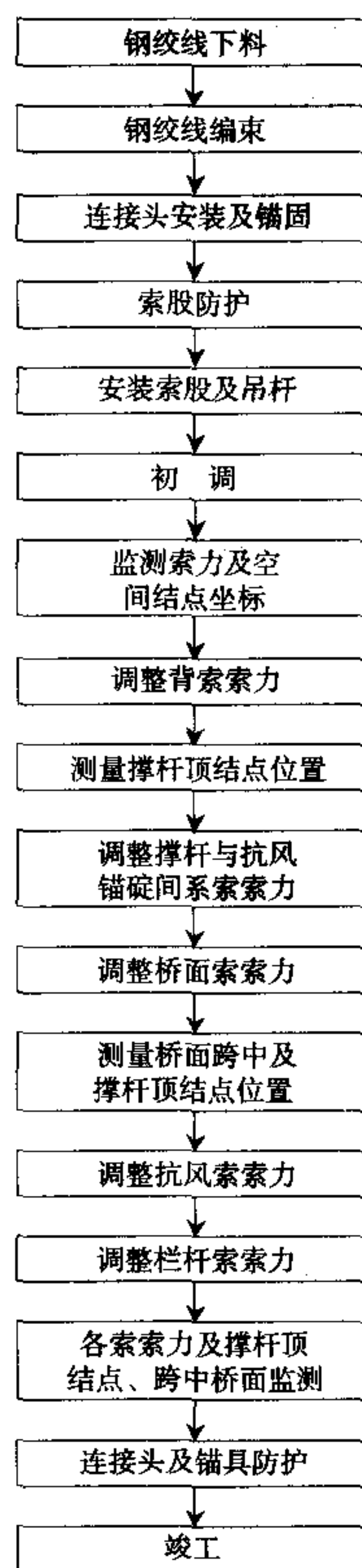


图1 制索及调索施工工艺流程

抗风索于抗风锚碇前端以连接器进行连接,安装抗风索后,先用锚碇后端夹片锚调索,再浇注后浇混凝土,待后浇混凝土达到设计强度后,将锚固段索张拉至0.8倍标准强度。这样,连接器前段抗风索索力较小,连接器后段锚固索索力较大,满足了结构受力和构造要求。调索方法与背索调索方法相同。

五、机具设备(见表1)

表1 制索及调索施工机具设备

序号	名称	规格	单位	数量	说明
1	塔架	贝雷片搭设	座	2	根据工程具体情况进行猫道、转型猫道和塔架设计,确定猫道和塔架尺寸及结构构造
2	猫道	208m×3m	组	1	
3	转型猫道	208m×4m	组	1	
4	卷扬机	30kN、50kN	台	各2	
5	砂轮切割机	125mm	台	1	钢绞线下料
6	莱卡全站仪	TC1610	套	1	放样、空间结点坐标测量
7	经纬仪	DJ2	台	1	放样、空间结点坐标测量
8	水准仪	DS3	台	1	放样及水准测量
9	倒链	30kN	个	10	制索及索股安装
10	卷扬机	JR-1.5T	台	2	索股牵引安装
11	张拉千斤顶	200kN	台	2	张拉调索
12	油泵	ZB-630	台	2	张拉调索
13	千斤顶	YC-70	台	2	张拉调索
14	挤压机	260kN	台	2	挤压锚挤压施工
15	镦头机	φ5mm	台	1	镦头施工
16	应力监测设备	JMZX-300	台	1	配合传感器使用
17	压力表	60MPa	支	2	张拉读数
18	电脑		台	1	监控及监测计算

六、劳动组织(见表2)

表2 制索及调索施工劳动组织

序号	工种	工作内容	人数	说明
1	缆索制作及吊装	钢绞线下料制作、场内运输、拼装及吊装	30	指挥1人
2	预应力施工	预应力张拉及锚固、锚具防护	16	指挥1人
3	模板及架子工	搭设支架、立模及浇注混凝土	20	安全员检查
4	试验员	进行试验控制、索力量测	2	技术人员配合
5	测量员	进行长度及坐标测量	3	技术人员配合
6	安全员	检查施工过程中各种安全隐患,并及时处理	1	专职
7	技术人员	负责制索、调索各项技术质量工作	3	

七、质量标准及控制

1. 必须确保设计要求索力,索力误差±5%。

2. 索桥线形既是结构造型要求,又是结构受力的保证。通过制索、按合理顺序调索控制索力及撑杆顶结点坐标来实现索桥6张网形索面外观轻盈优美,桥型美观。

3. 钢绞线经环氧树脂与高密度聚乙烯工程塑料双层防护。环氧树脂保护钢绞线避免锈蚀,高密度聚乙烯工程塑料既能保护钢绞线又能防止环氧树脂老化,使结构具有良好的耐久性。施工时要采取措施,防止破坏保护层。索夹及锚具处采用环氧砂浆浇注防护。

八、安全注意事项

施工时,除遵守有关工程施工安全规则外,重点作好以下安全防范工作。

1. 严格遵守施工现场临时用电安全技术规范,电缆严禁直接从桥面通过,经常检查电路,防止发生事故。因故停工时,切断电源,保护设备。

2. 进入场地人员均需戴安全帽,在猫道上施工时须穿防滑鞋,高空作业人员须系安全带。严禁从高

空向下抛掷杂物。

3. 高空作业所用吊篮、吊笼等设备均需经过计算检验,合格后使用。

4. 拼装塔架及搭设猫道时,及时拉缆风绳,以防塔架失稳或猫道倾覆。

5. 吊装缆索时,桥下禁止行人、船只通过;重要受力部位必须有专人负责观察,一旦发现问题立即停止吊装,待妥善处理后再继续操作。要设专人负责指挥和安全检查,加强通讯联络。

6. 起重吊装设备的绳索及滑轮等零件应经常检查并涂油保养。

7. 张拉时,严禁非作业人员进场。操作人员不得站在千斤顶后,以防飞锚伤人。高压油管接头要严密,且要随时检查,防止高压油喷出伤人。

8. 安装索股及调索施工时,随时检查撑杆的稳定性,防止撑杆失稳。

9. 大雨天及六级以上大风天停止作业,夜间禁止高空作业。

九、效益分析

1. 经济效益

该桥在建造中采用的一系列施工新技术,所需要的机具设备少,操作简单,工艺容易掌握,劳动强度低,既保证了施工质量和安全,同时节约了大量的人力、物力,缩短了工期,直接降低成本 51.8 万元。

2. 社会效益

通天桥建成之后,成为连接九龙山旅游度假区内陆和外蒲山的一条重要通道。通过大桥的施工,锻炼了队伍,提高了职工的技术素质,大桥建成后,多家新闻单位和媒体进行了广泛的宣传报道,提高了企业知名度,具有良好的社会效益。

十、应用实例

通天桥工程位于浙江省平湖市乍浦镇九龙山旅游度假区内,跨越小龟山与外蒲山之间海峡。由于桥址位于海峡风口,风力大,潮水急,海底深达 30 余 m,设计为空间预应力索桥结构。该结构型式为国内首创,设计所采用的钢板式索夹及销接式结点在国内首次应用。2000 年 12 月开工,2002 年 8 月竣工。建成后的通天桥美观、轻盈、品位高;坚固、稳定、安全,跨越能力大;具有较大的强度和刚度以及良好的耐久性和抗风稳定性,充分体现了现代结构技术的巧妙和新奇,为旅游区增添了又一亮丽景点。根据工程特点采用的制索和调索施工新技术,产生了较好的社会效益和经济效益。

执笔:刘学庆