

环氧喷涂钢绞线在悬索桥锚碇中的应用

谢永红 罗志恭

(柳州欧维姆机械股份有限公司 柳州 545005)

摘要:桥梁建设中体内预应力对索体防腐性能及强度要求不断提高,环氧喷涂钢绞线因符合上述要求而被广泛应用,体内预应力应用环氧喷涂钢绞线更有其优越性,本文介绍环氧喷涂钢绞线在润扬长江公路大桥悬索桥锚碇中的具体应用。

关键词:环氧喷涂钢绞线 连接器

1 前言

随着国民经济的不断增长,国家基础设施建设特别是公路桥梁建设方面得到了很大的发展,桥梁结构由于其所处的内陆和海洋环境的外界因素作用,都存在不同程度的腐蚀倾向。而预应力筋的腐蚀是关系到现有结构耐久性的重要问题。各种物理和化学物质对混凝土结构中的预应力筋的破坏作用,引起建筑业的广泛关注。

由于PC钢绞线等预应力钢材的腐蚀破坏而导致各种事故时有发生,一般的防腐技术已很难适应需要。因为普通预应力筋的周围握裹层(浆体)一旦开裂,即造成防腐失效,特别是应力状态下腐蚀会加快;而镀锌防护,PC钢绞线经过镀锌处理后机械性能均有所下降(如1860MPa级的,钢绞线镀锌后降为1770MPa),镀锌钢绞线被刮伤后,在受伤处产生阴极反应,会使腐蚀速度加快。为了提高PC钢绞线的腐蚀性能和耐久性,经过几年的研究实践,柳州欧维姆机械有限公司开发了一种全新的环氧涂层钢绞线,经过大量试验并通过技术鉴定,并成功应用于我国的许多桥梁以及其它建筑结构中,得到专家们的认可和好评。

2 环氧喷涂钢绞线的特点

(1)具有优异的防腐能力。环氧喷涂钢绞线是引进日本高环保无污染高压静电喷涂技术,将环氧树脂粉末喷射于钢绞线上,然后加热、固化、冷却,从而在钢丝表面形成一层致密的环氧涂膜而成的。喷涂前必须先将钢绞线各钢丝暂时打散,喷涂好后再将其复扭成形。

(2)对构成钢绞线的各根钢丝都进行充分的表面材质调整,各钢丝一边旋转一边进行涂装,因此与其它涂装法相比,膜厚较薄(平均150~180 μm),且均匀,致密性好,可靠性高。

(3)与涂装前的钢绞线相比,环氧喷涂钢绞线的柔软性基本上没有降低;涂膜无气泡、剥落、龟裂等现象。环氧涂层能-70 $^{\circ}\text{C}$ 至+100 $^{\circ}\text{C}$ 的环境中工作而不影响涂层性能。

(4)光面钢绞线涂装后外径变化较小,以往所用的锚具、夹片仍可使用,无需改用专用的锚具、夹片,施工方便,费用低。

3 环氧喷涂钢绞线的工程应用实践

下文以江苏润扬大桥为例,介绍环氧涂层钢绞线用于南北锚碇中施工情况。

3.1 工程概况

润扬长江公路大桥南汊桥为悬索桥,主跨为1390米,主塔高215米,为目前国内第一跨。该桥锚碇锚固系统是连接主缆索与锚碇锚体之间,并将来自主缆的荷载传递至锚体的关键结构。锚碇锚固体系设计采用预应力锚固体系,锚碇内索体采用环氧涂层钢绞线,强度 $R_y^b=1860\text{MPa}$ 。锚具采用OVMT15-19、OVMT15-31两种,南北锚碇内共有31孔锚具576套,共288束,19孔锚具320套,共160束,预应力管道采用无缝钢管成孔。预应力束为一端张拉,张拉控制应力为 $0.71R_y^b$ 。

3.2 施工流程

预应力施工准备→预应力筋下料→定位连接器和预应力筋编束→预应力筋穿束→安装锚具预

应力张拉→切除多余钢绞线→前后锚面的密封→灌浆→锚头防护安装保护罩→二次补浆。

4 施工工艺

4.1 施工准备工作

(1) 进行千斤顶配套标定, 对标定数据进行线性回归, 找出回归方程。

(2) 核实施工机具及材料等是否与实际需要相符。

(3) 搭设施工平台及必要施工便道, 采用甲方提供的脚手钢管在锚碇前后锚面分别搭设张拉、压浆操作平台, 平台上垫铺竹筏、麻袋和安全网; 上锚碇通道设在锚碇锚体前部。钢管脚手架拼装示意图1:

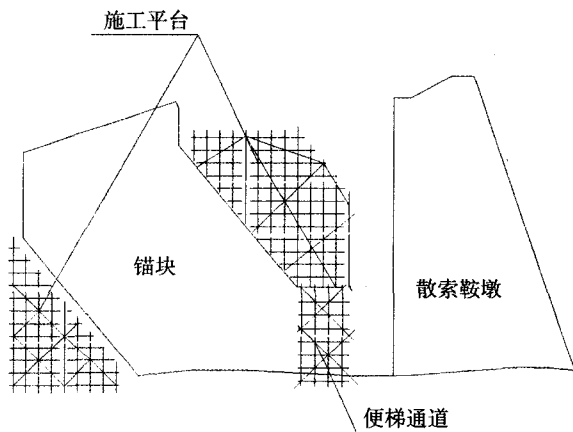


图1 钢管脚手架拼装示意图

4.2 环氧喷涂钢绞线下料

(1) 下料前检查钢绞线是否满足施工图纸的要求。

(2) 下料选择在一块平整干净且能防潮防雨, 面积约为 $15 \times 40\text{m}^2$ 的场地上进行, 为了吊索及穿束方便, 利用上下游锚碇间的空场地进行下料。

(3) 下料长度按照施工图中“预应力束明细表”中规定的长度加上工作长度进行。

(4) 下料宜采用砂轮切割机, 切割时用力均匀, 以保证切口平整, 不散股。

(5) 用土工布垫在索盘及散盘牵引的钢绞线下面, 防止下料时钢绞线受破坏。下好的钢绞线也要下垫土工布, 上盖土工布或彩条布防护。

4.3 环氧喷涂钢绞线编束

(1) 先定位连接器和锚板, 然后把钢

绞线穿过连接器和锚板, 锚板前预留1.2米钢绞线作为工作长度。

(2) 下好料后, 根据每束每根钢绞线的长度及根数进行编束。

(3) 编束时, 利用扎丝将钢绞线按排捆扎, 保持每根钢绞线平行且顺直, 扎丝间距宜根据施工情况而定, 两端不宜过密。

(4) 经编束好的钢绞线, 必须做好标记, 采用钢绞线两端单根标记和整束编号相结合。

4.4 环氧喷涂钢绞线穿束

(1) 穿束前, 在孔道口垫橡胶或土工布, 并将绞线束穿入端用封箱带或彩条布捆扎好, 注意核对编号与孔道的对应关系。

(2) 采用整束穿入, 塔吊配合, 穿索时应将后端抬高, 以减少摩擦。

4.5 安装连接器及锚具

(1) 利用塔吊配合, 装好连接器, 接着装上前锚面工作锚板及工作夹片。

(2) 装好后锚面工作锚板及工作夹片。

(3) 锚板必须与孔道中心线相垂直, 且与锚垫板密贴, 位于锚垫板止口内。

4.6 环氧喷涂钢绞线束预紧

用YDC240Q千斤顶进行单根预紧, 油压控制为5MPa, 同时调整连接器的方向及位置, 每排水平和纵向方向一致, 而且连接器的齿口要进入锚垫板的槽口。后锚面同时要将工作夹片打紧。

4.7 预应力束张拉

(1) 张拉前根据千斤顶的标定曲线, 计算出初应力的油压、控制应力的油压以及超张拉的油压, 作为张拉控制依据。

(2) 接到甲方的正式张拉通知后开始张拉施工。张拉按设计图进行对称张拉。

(3) 用葫芦或吊车将千斤顶、油泵等机具吊上工作平台, 接好各种电源和油路。

(4) 将各种机具移到位, 按照预先规定的各根钢绞线对应相应的锚孔依次安装上工作锚板, 工作夹片、限位板、千斤顶、工具锚和工具夹片, 保证各安装件贴紧、对中, 即开始张拉。同一个锚面采用左右对称张拉, 用两台YCW400B

千斤顶和两台YCW650千斤顶分别张拉19孔和31孔锚具。

(5) 张拉控制程序为：0→初应力（15% σ_{con} ）→100% σ_{con} （持荷2min锚固）。

(6) 预应力钢绞线的加载按设计载荷分级进行，同时测量每级的伸长值。张拉采用双控法，以控制应力为主，应变（伸长值）为校核，若钢绞线的伸长值与计算值超过 $\pm 6\%$ ，应暂停张拉，查明原因，并采取措施调整后，方可继续张拉。

4.8 锚头密封

(1) 手持砂轮切割机，切除夹片外多余钢绞线（夹片外保留约4cm外露）。

(2) 用胶水、水泥混和成胶状，把后锚面的锚板包括夹片、绞线全部密封。

4.9 孔道灌浆

4.9.1 灌浆前准备工作

(1) 水泥浆先做配比试样试验，试样指标达到设计规定的力学指标后再应用于施工。根据实验确定的浆体配合比，采用高速制浆机拌制水泥浆，浆体参数如下：

a、配合比（按重量）：水泥：外加剂：水=1：0.16：0.41

b、流动性：12~18秒

c、泌水率：搅拌后3小时基本无泌水

d、流动性保持时间：不小于1小时

水泥浆终凝后的强度不小于设计强度。

(2) 灌浆前必须在辅助垫板与联接垫板接触处沿联接垫板四周缝涂环氧树脂，起密封浆体作用。

4.9.2 搅拌水泥浆

(1) 搅拌要求：搅拌水泥浆之前，加水空转数分钟，将积水倒净，使搅拌机内壁充分湿润。搅拌好的灰浆要做到基本卸尽。在全部灰浆卸出之前不得再投入未拌和的材料，更不能采取边出料边进料的方法。

(2) 首先将称量好的水和添加剂倒入搅拌机，搅拌均匀，然后慢慢加入水泥进行搅拌直到搅匀（所有材料加入后开始计时，一般需3~5分钟）为止。

(3) 水泥浆出料后应尽量马上进行泵送，否则要不停地搅拌。

(4) 对未及时使用而降低了流动性的水泥浆，严禁采用增加水的办法来增加灰浆的流动性。

4.9.3 正式灌浆

(1) 灌浆前，应检测浆体流动性及和易性，只有满足要求的浆体方可使用。

(2) 将灰浆放入到存浆桶中，从后锚面灌浆孔灌入水泥浆，启动灌浆泵，打出灌浆管内初始稀浆，待流出的浆体浓度与盛浆桶中的浆体浓度一样时，接上灌浆管。

(3) 打开灌浆阀，启动灌浆泵，开始灌浆。

(4) 观察连接器上排气管的出浆情况，当浆体稠度和灌入之前的稠度基本一样时，停止灌浆。

(5) 灌浆的同时，应留好试块及试样，以备检测浆体其它性能。

(6) 拆卸灌浆设备及管道，并及时清理干净。当浆液由前锚面排气孔流出后（如有稀浆，继续灌注，打出稀浆，直到流出的浆体浓度与盛浆桶中浆体浓度一致时），及时关紧前锚面跑浆阀（或排气阀）、后锚面进浆阀及灌浆泵，灌浆结束。

(7) 拆除灌浆设备并清洗干净，待浆液初凝后，拆下后锚面进浆阀并洗净，24小时后进行补浆。

4.9.4 预应力孔道二次补浆

待浆液初凝后，拆下后锚面进浆阀并洗净，24小时后进行补浆。

在前锚面，对于31孔预应力管道，采用M16螺栓或外缠棉纱的木楔堵死锚板上的2个M16螺孔（31孔锚板有2个M16螺孔，在安装锚板时将这2个M16螺孔设置在竖直方向，下孔为补浆孔，上孔作补浆时的排气孔），以防灌浆时被浆液堵死，同时留着连接器底盘上的孔作排气孔；对于19孔预应力管道，采用外缠棉纱的木楔堵死锚板中间及上侧绞线空缺席位（19孔锚板有3个绞线空缺席位，在安装锚板时将这3个绞线空缺席位设置在竖直方向，中孔为补浆孔，上孔作补浆时

（下转第18页）

(4) 预应力施工顺序: 先施工顶板扁锚纵向短束预应力, 完成后才能施工梁体群锚纵向长束预应力。

(5) 张拉采用张拉吨位与引伸量双控, 并以张拉力控制为主。

(6) 张拉应力控制: 两端张拉, 设计为超张拉, 预应力筋的张拉控制应力比设计要求提高5%, 但在任何情况下不得超过设计规定的最大张拉控制应力。预应力筋采用应力控制方法张拉时以伸长值进行校核, 实际伸长值与理论伸长值的差值符合设计要求, 无设计规定时, 实际伸长值与理论伸长值的差值控制在 $\pm 6\%$ 以内, 否则暂停张拉, 待查明原因并采取措施予以调整后后方可继续张拉。

3.5.3 管道压浆与封锚

为了提高箱梁的耐久性, 预应力筋张拉完成后采用C50水泥浆对预应力孔道进行真空灌浆。压浆的时间应控制在完成张拉后24h之内, 防止预应力筋锈蚀。

压浆前首先用清水加压冲洗孔道, 以排除孔内粉碴等杂物, 冲洗后再用空压机吹去孔内积水, 并检查压浆设备是否处于良好状态。密封孔道两端后, 在孔道一端用真空泵抽吸孔道内空气, 使孔道内的真空度达到80%以上, 随后在孔道另一端用压浆泵将拌制好的水泥浆压入孔道, 待到浆体充满整个孔道, 并保持1.0MPa左右的压力, 持续一定时间, 确保孔道灌浆的饱满与密实, 完成真空灌浆。由于孔道内只有极少的空气, 很难形成气泡, 同时, 由于孔道与压浆机之间的正负压力差, 大大提高了孔道压浆的饱满度和密实度。实际施工中, 孔道压浆的水泥浆要搅拌, 宜先压注下层孔道后再压注上层孔道。压浆应缓慢、均匀地进行, 不得中断。比较集中和邻近的孔道, 应尽量连续压浆一次完成, 以免串到相邻孔道的水泥浆凝固, 堵塞孔道。不能连续压浆时, 后压浆的孔道在相邻孔道压浆后用高压水冲洗以保持通畅。

压浆完成后用砂轮切割机切断预应力筋的张拉端部外露钢绞线, 然后将其周围冲洗干净并凿毛。待管内水泥浆终凝后, 卸下压浆嘴, 即可进行封锚作业。按设计图纸绑扎封锚钢筋, 钢筋不

得焊在锚具上。合格后, 支立模板并浇筑与梁体同号混凝土, 完成封锚作业。

4 结束语

现浇预应力混凝土箱梁是一个系统工程, 工序复杂, 施工工艺对工程质量有直接而重大的影响。要提高箱梁的施工质量就必须有好的施工工艺, 施工中每一道工序都必须严格控制, 操作准确, 才能保证箱梁整体质量。

参考文献

- [1] 汪溯, 廖维. 60m支架现浇段箱梁及基础施工. 公路2007(6)
- [2] 孙霞. 预应力现浇混凝土连续箱梁施工. 北方交通2007(3)
- [3] JTG D62-2004. 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范. 北京: 人民交通出版社, 2004. 9

(上接第10页)

的排气孔), 以防灌浆时被浆液堵死, 同时留着锚板下侧的绞线空缺孔作排气孔; 补浆时, 采用漏斗(漏斗置高约1.0米, 可用带刻度的水桶底部钻孔来代替漏斗)重力注浆法进行自然补浆, 水泥浆由锚板低端补浆孔补入, 待锚板高端排气孔排出浓浆后, 停止补浆, 并堵死排气孔, 然后, 堵死进浆孔和排气孔, 并记录补浆容量。

4.10 锚头防护

(1) 补浆结束后, 安装前锚面保护罩, 安装时应在连接器和保护罩之间垫橡胶环。

(2) 封锚时, 采用漏斗注浆法进行自然灌浆封锚, 浆液由保护罩的注浆孔(在下端)注入, 罩内空气由保护罩的排气孔(在上端)排出。

(3) 在保护罩内灌满水泥浆, 灌注结束, 应采用密封盖封严灌注孔及排气孔, 封锚结束。

(4) 拆卸灌浆设备及灌浆管道、球阀等, 及时将其清洗干净, 清洗制浆机, 并将所有设备归类存放。

5 结束语

环氧喷涂钢绞线在润扬大桥成功的运用, 提高了桥梁的耐久性能。该成功的范例将有利于促进环氧喷涂钢绞线在桥梁工程上的推广应用。