

# 后张预应力新型模具化封锚施工技术<sup>\*</sup>

胡富贵, 张仁朋

(湖南建工交通建设有限公司, 湖南 长沙 410004)

**摘要:** 针对后张预应力锚头损坏的成因, 提出了采用高性能专用封锚材料配合专用封锚模具封锚的施工方式, 阐述了该方式的基本工艺原理与施工过程; 通过湖南马迹塘至安化高速公路第二合同段预应力砼梁桥的实际应用, 分析了其应用效果, 验证了其可靠性与实用性。

**关键词:** 桥梁; 后张预应力; 封锚材料; 封锚模具

中图分类号: U445.7

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2019)04-0132-04

后张预应力锚头封锚的作用主要是保护预应力锚固系统免遭锈蚀, 保证预应力结构的耐久性。预应力筋及锚固体系在高应力状态下更易锈蚀(约为普通状态下的 6 倍), 如不及时采取防锈措施, 会很快因锈蚀而损失可靠的锚固性能。目前实际工程施工中采用普通水泥浆或原子灰封锚在压浆完成后并不会马上进行封端砼施工, 锚固系统较长时间暴露在空气中, 大多要等到 28 d 龄期后架梁, 甚至存梁期几个月, 在这段时间内锚固体系不作特别保护, 导致锚固系统进入锈蚀阶段。这种现象在施工阶段并不能明显看到, 但在运营十几年或更长时间后锚头锈蚀现象将普遍存在。因此, 施工阶段对封锚施工材料与工艺应引起足够重视。

## 1 预应力锚固体系腐蚀的原因

预应力锚固体系的腐蚀主要有两方面原因, 即化学腐蚀和应力腐蚀。化学腐蚀是由金属表面与环境发生化学作用所引起, 服从化学动力学的基本规律, 如金属在干燥气体或非电解质溶液中发生腐蚀。应力腐蚀是由于锚固系统受到拉应力与侵蚀环境的作用, 引起锚固系统变脆的一种腐蚀。预应力锚固系统受到高应力作用, 钢绞线、锚夹具表面产生微裂缝, 结构中存在多种薄弱带, 为侵蚀介质的入侵开辟了许多通道。侵入性介质进入微裂缝腐蚀钢绞线、锚夹具锚固结构, 腐蚀沿裂缝深入, 应力再促进裂缝发展, 如此反复循环, 最终导致锚固系统丧失功能。化学腐蚀与应力腐蚀是同时起作用的, 尽管锚固系统在出厂前已采取相应防腐措施, 但在高应力状态下若不及时进行封闭处理, 在两者共同作用下腐蚀

发展将很快。

## 2 新型模具化封锚施工工艺原理

### 2.1 基本工艺原理

新型模具化封锚的实现过程主要依赖两方面, 分别为专用高性能材料和配合专用高性能材料使用的专用配套模具。用专用高性能材料制备的浆液具有高流动性, 可通过自流平渗入锚固体系(工作锚、工作夹片、钢绞线)中, 且浆液在凝固过程中不泌水、不产生细小泌水通道及孔洞, 可保证密实不存在导致锚固系统钢材锈蚀的因素(空气、水), 同时浆液凝固过程中产生微膨胀, 可挤入锚固系统各部件之间的细小接触空间之间(如工作夹片与工作锚之间), 成型后的高强度可保证高应力状态下锚固系统锚固端的可靠性。浆液的这些性能, 尤其是其高流动度要求专用配套锚具必须能保证在浆液灌注过程中恰当地包裹锚固系统的各部件, 尤其是工作锚、工具胶片、工作钢绞线连接部位而不向外流淌。浆液的早强, 2 h 达到拆模强度, 使专用模具可频繁使用。根据工作锚的不同, 如直径、孔外数量及分布的不同, 专用模具需进行相应设计以满足现场施工的需求。

### 2.2 材料性能要求

专用高性能封锚材料专为封锚设计, 具有低水胶比、高流动性、零泌水、微膨胀、早强高强、对钢绞线及锚夹具无锈蚀等特点, 其技术指标见表 1, 满足相关规范要求。

### 2.3 专用封锚模具设计

如图 1 所示, 专用封锚模具外形为空心圆柱形, 高度  $H$  为工作锚厚度的 2 倍, 直径  $D$  等于工作锚

<sup>\*</sup> 基金项目: 湖南省建设科技项目(201714)

表 1 高性能封锚材料的技术性能指标

项目		性能指标
流动度(25℃)/s	初始流动度	0~25
	15 min 损失值	≤40
	30 min 损失值	≤55
操作时间/min	初凝时间	≥30
	终凝时间	≤120
泌水率/%	2 h 自由泌水率	0
自由膨胀率/%	2 h 自由膨胀率	0~2
抗压强度/MPa	2 h	≥2
	1 d	≥20
	28 d	≥50
抗折强度/MPa	2 h	≥0.5
	1 d	≥4
	28 d	≥10
对钢筋的锈蚀作用		无锈蚀

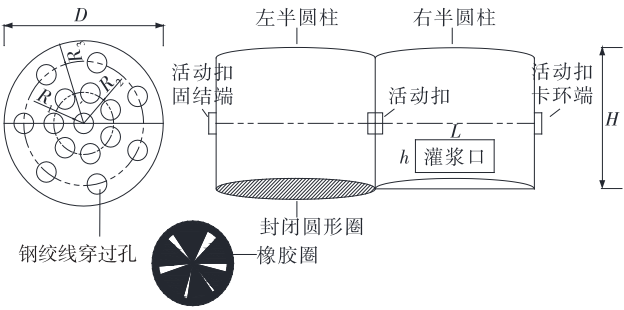


图 1 专用封锚模具设计示意图

直径,上端为空心,下端为封闭圆形圈。打开后分为左半圆柱与右半圆柱,中间以活动扣连接。左半圆柱的左侧居中设置活动扣固结端,右半圆柱的右侧居中设置活动扣卡环端,左半圆柱与右半圆柱合并后以活动扣固结端与活动扣卡环端连接成整体。在右半圆柱下端设置灌浆口用于灌入封锚用浆液,灌浆口高度  $h$  为  $(1/3 \sim 1/2)D$ ,弧形开口长度为  $(1/2 \sim 2/3)D$ 。封闭圆形圈焊接在左半圆柱下端,封闭圆形圈上设置钢绞线穿过孔,孔直径随所用钢绞线型号的不同而不同。钢绞线穿过孔布置与工作锚分布孔位置相同,分布规则如下:钢绞线穿过孔按照不同分布圆直径与每个分布圆上的钢绞线穿过孔个数均匀分布,设第 1 个分布圆直径为  $R_1$ 、分布圆上钢绞线穿过孔个数为  $n_1$ ,第 2 个分布圆直径为  $R_2$ 、分布圆上钢绞线穿过孔个数为  $n_2$ ,第  $i$  个分布圆直径为  $R_i$ 、分布圆上钢绞线穿过孔个数为  $n_i$ ,则全部钢绞线穿过孔个数为  $n_1 + n_2 + \dots + n_i$ 。钢绞线穿过孔内设置橡胶圈,用于在钢绞线穿过后定位钢绞线,

并保证在该装置内灌浆时不会渗漏。

### 3 模具化封锚施工过程

模具化封锚施工工艺流程为施工准备(设备准备、材料准备)→材料称重→器具安装→浆液制备(加水搅拌、分批加料)→浆液灌注→拆装模具→锚头养护→进入下道工序。

(1) 施工准备。准备好搅拌机需使用的二相电源线、搅拌锅、10 kg 电子秤、专用高性能封锚材料、专用封锚模具、清洁自来水;检查专用高性能封锚材料是否干燥、无颗粒物、无吸潮;选择可靠的放置电子秤的位置,保证称量过程的准确性。

(2) 材料称量。按照拟加入的封锚材料数量,以 0.28 水胶比计算搅拌用水量,用电子秤称量搅拌用水,精确到 1 g;用电子秤称量拟用于搅拌的封锚材料重量,精确到 1 g。

(3) 器具安装。根据拟封锚的预应力锚头的工作锚尺寸、孔位数量及分布加工专用封锚模具;在专用封锚模具内涂刷涂膜剂,确保涂抹均匀无死角;打开专用封锚模具锁扣将其分成两个连接在一起的半圆柱体,将钢绞线尾端穿过专用封锚模具尾端封闭圆形圈上的钢绞线穿过孔并用橡胶圈塞满钢绞线与钢绞线穿过孔之间的缝隙;将专用封锚模具的前端伸至与工作锚的底面齐平,合龙专用封锚模具并将锁扣扣紧成整体,注意灌浆口应朝上(见图 2)。



图 2 封锚罩的安装

(4) 浆液制备。将称量好的搅拌用水倒入搅拌锅,加入约 50% 的封锚材料,人工稍微搅拌均匀;先以搅拌机手动控制缓慢搅动,再逐步加速至全速搅拌,并逐步加入剩余的封锚材料;封锚材料加完后,继续高速搅拌 3~5 min,完成浆液制备。现场测试浆液的初始流动度,要求表面无泌水、桶底无沉淀(见图 3)。



图3 浆液的制备

(5) 浆液灌注。将浆液由灌浆口倒入封锚罩模具内,通过其自重自密实并流平,保证浆液倒满至灌浆口顶面;自加水计时至 30 min 后流动度经时损失不满足要求的浆液一律不使用,按废浆处理。同批次封锚的制作 3 组试件,选用 160 mm×160 mm×40 mm 试模进行同条件养护(见图 4)。

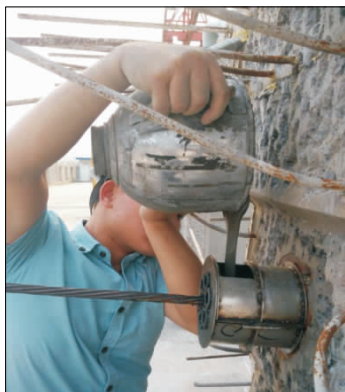


图4 浆液灌注

(6) 拆除模具及养护。25℃条件下 2 h 后,浆液可完成终凝,在灌浆口表面以手指下压,表面无下沉则终凝已完成,具备拆模条件,低于该温度时根据实际情况延长拆模时间。打开专用封锚罩锁扣,拆开半圆柱,取下封锚罩(见图 5),以土工布裹住封锚完毕的锚头并将土工布表面打湿,定时往土工布上洒水保持其湿润,温度较高时增大洒水频率。

#### 4 应用实例

湖南省马迹塘至安化高速公路第二合同段共设计预应力砼梁桥 5 座,上部结构为 20 m 预应力砼空心板、30 m 预应力砼 T 梁,集中预制,采用高性能封锚材料及专用封锚模具施工。

以羊角塘互通桥左 4-2 号梁为例,材料配比为高性能灌浆材料:水=1:0.28,高速搅拌时间 3 min,



图5 拆模完成

转速 2 400 r/min,标准流坠测试初始流动度为 21.3 s,环境温度为 25.6℃。制作 2 组 160 mm×40 mm×40 mm 试件,自搅拌加水开始计时 2 h 后进行强度测试,抗压强度为 3.1 MPa、抗折强度为 0.82 MPa,28 d 抗压强度为 61.3 MPa、抗折强度为 11.2 MPa。压浆施工在封锚 2 h 46 min 后开始,进浆压力 0.8 MPa,出浆压力 0.5 MPa,持压 4 min,锚头无破损(见图 6、图 7)。



图6 封锚过程照片

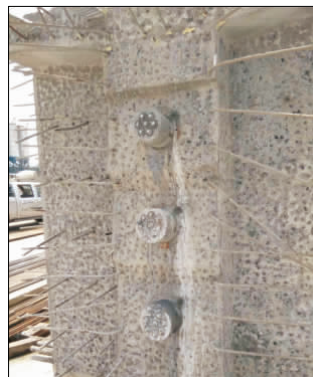


图7 封锚后照片

采用相同方法进行 200 多片梁共计 1 700 多个

锚头的封锚施工,灌浆施工在封锚结束后2~4 h完成,均未出现锚头破裂现象,锚头出现渗浆的数量为11个,封锚完好率达98%。出现渗浆的原因为操作时间过长,流动性下降,未能完全包裹钢绞线。

## 5 结语

采用高性能封锚材料及专用封锚模具进行后张预应力封锚施工,压浆施工后锚头的完好率超过98%,25℃及以上温度下2 h可进行压浆施工,可大大缩短工艺间歇时间和预制梁施工工期,提高台座周转速度,压浆时间比传统水泥胶砂封锚提前约8 h。模具化封锚安装快捷,拆卸简单,密封性好,且可实现快速周转,成本投入小。高性能封锚材料不仅可早强实现压浆施工提前,且其后期强度可达50~65 MPa,与预应力砼梁强度接近。模具化封锚配合使用高性能封锚材料可解决以往水泥砂浆等封锚方式存在的破损、渗漏、强度不足、锚固系统易锈蚀的问题,保证锚固系统的可靠性。

## 参考文献:

- [1] JTG/T F50—2011,公路桥涵施工技术规范[S].
- [2] 郑国.低水胶比高流动度预应力管道压浆材料试验研究[J].公路工程,2015,40(5).
- [3] 宋德新,陈三喜,黄勇军,等.用于后张预应力锚头的封锚材料及其制备方法[P].中国专利:CN106830825A,2017-06-13.
- [4] 陈三喜,黄勇军,张洪亮,等.后张预应力锚头专用封锚装置[P].中国专利:CN206521874U,2017-09-26.
- [5] 林荣峰.聚羧酸高性能灌浆料试验研究[D].济南:山东建筑大学,2012.
- [6] 王彩荣.客运专线预应力铁路箱梁封锚技术应用实践[J].铁道建筑技术,2010(10).
- [7] 张强.预制混凝土箱梁预应力及压浆封锚工程[J].交通标准化,2013(17).
- [8] 张云强.箱梁预制压浆封锚施工技术在桥梁中的应用[J].华东公路,2017(5).

收稿日期:2018-09-26

\*\*\*\*\*

(上接第100页)

体造成大面积开挖需做好防护,工程经济性、安全性低,故不宜老路右侧加宽开挖;以老路左侧加宽,由于老路为高路堤,地形陡峭,靠近万溶江,若按路基设计,受地形条件所限,不适宜做高挡墙,而分级放坡会侵占河道。经综合分析,该断面采用半路半桥形式,路线左侧按半幅桥设计,可有效避免侵占河道及路基容易失稳的问题,右侧基本靠近山脚线,又可避免对山体顺层坡开挖造成滑坡现象。桥梁段需设置0.25 m安全带、0.5 m防撞墙、0.25 m栏杆,故该段的标准横断面宽为27.5 m。

## 3 结语

公路改市政项目在设计过程中应注重老路现状

条件,结合城市路网规划,因地制宜,与沿线地区相协调,同时注重与周边景观的协调,避免大填大挖和破坏生态景观,使项目融于规划、融于环境景观。

## 参考文献:

- [1] CJJ 37—2012,城市道路工程设计规范[S].
- [2] 赵佩.公路结合城市道路设计特点分析[J].公路与汽运,2018(4).
- [3] 张金波.普通公路改扩建工程路线设计的探讨[J].黑龙江交通科技,2017(7).
- [4] JTG D20—2017,公路路线设计规范[S].
- [5] 程杰.以青峰大道项目谈公路市政化改造设计[J].公路与汽运,2018(4).

收稿日期:2019-03-19

\*\*\*\*\*

(上接第111页)

配式预应力砼小箱梁桥。

## 参考文献:

- [1] 广东省交通规划设计研究院股份有限公司.长深高速公路葵岗互通立交工程可行性研究报告[R].广州:广东省交通规划设计研究院股份有限公司,2017.
- [2] JTG B01—2014,公路工程技术标准[S].

- [3] JTG D20—2017,公路路线设计规范[S].
- [4] JTG/T D21—2014,公路立体交叉设计细则[S].
- [5] 付胜余.小间距互通式立交设计方法探讨[J].北方交通,2015(3).
- [6] 张晓芬.山区高速公路互通立交选型定位研究[D].西安:长安大学,2017.

收稿日期:2019-03-02