

# 钢绞线竖向预应力锚固体体系的研究

苏强, 龙跃, 陆明俊

(柳州欧维姆机械股份有限公司, 广西柳州 545005)

**摘要:**通过分析目前桥梁箱梁腹板中经常出现裂缝的原因,说明现有的精轧螺纹锚固体系存在回缩量过大的缺陷,提出一种可行的能有效解决回缩量过大的锚固体系——钢绞线竖向预应力锚固体系,并对其张拉工艺、设备进行改进,使张拉操作方便可靠。钢绞线竖向预应力锚固体系能确保箱梁腹板中设计的预应力,能有效提高箱梁腹板的耐久性。

**关键词:**钢绞线竖向预应力锚固体系; 低回缩量; 撑脚限位装置

**中图分类号:**U444 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-7716(2007)02-0097-03

## 1 桥梁箱梁腹板裂缝危害及原因

大量的工程实践与理论分析表明,目前桥梁箱梁腹板中经常出现裂缝,裂缝的数量与宽度往往超过规范允许的范围。裂缝的出现导致混凝土碳化、保护层剥落、钢筋腐蚀,进而削弱混凝土的强度与刚度,耐久性下降,严重时甚至发生垮塌事故。这种裂缝与其危害是一种“常见病”与“多发病”,经常困扰桥梁工程设计人员。

裂缝的出现有各种各样的原因,如荷载变化、温度变化、收缩徐变、地基变形、钢筋锈蚀、施工材料质量和施工质量等。但实际上,不管什么原因,采用预应力或部分预应力是限制混凝土开裂最有效办法。目前有些桥梁腹板中除了有沿桥纵向的预应力外,在竖向也设有预应力。精轧螺纹钢筋因安装、张拉操作方便,价格低廉,所以在已建的、在建的桥梁中得到大量采用。但从出现裂缝的腹板中检查发现,大多数精轧螺纹钢筋的预应力很低,低于设计要求的预应力,有的甚至为零。也就是说,自张拉锚固后,精轧螺纹钢筋的张拉伸长量越来越小,产生了过大的回缩,导致过大的预应力损失。比如长3m的 $\Phi 25$ 精轧螺纹钢筋,即使张拉至屈服强度930MPa,如果回缩5mm,其预应力损失达到36%。可见在短束预应力中,很小回缩量也会导致很大的预应力损失。实际损失大于计算值,将影响到使用荷载下的性能(如变形、反拱、开裂荷载),所以必须保证钢筋的回缩量尽可能少且精确。

精轧螺纹钢筋回缩量过大有各种各样的原因。首先是本身的结构原因,两端精轧螺纹钢筋的锚垫板安装后不可能完全平行,加上精轧螺纹钢筋是刚性的,所以精轧螺纹钢筋与锚垫板不可能

是完全垂直的。如图1中角 $\alpha$ 所示,在锚固时和锚固后,螺母端面与垫板端面不能很好贴合,钢筋产生了过大的锚固变形损失。如果把螺母与垫板做成球面接触,这在一定程度上能减少锚固变形量,但试验表明其作用是有限的。精轧螺纹钢筋的螺纹是轧制出来的,螺纹精度差,加上强度低,这也会导致回缩量大且不稳定。另外还有很多体系外的因素,如管道压浆不密实、温度应力、混凝土收缩与徐变等。所以,基于以上精轧螺纹钢筋的缺点,更基于随着预应力技术的发展,钢绞线锚固体系在技术上、在张拉操作上越来越成熟,特别是成本上越来越低,接近于精轧螺纹钢筋体系,所以在箱梁腹板中应用钢绞线锚固体系已成为可能。下面就介绍这种新型的应用于桥梁竖向预应力中的钢绞线锚固体系。

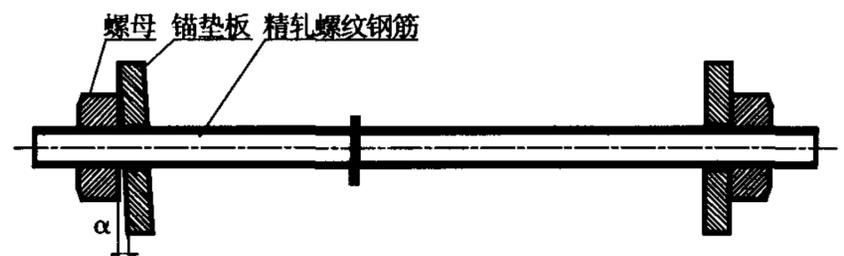


图1 精轧螺纹钢筋体系

## 2 低回缩量钢绞线锚固体系锚具设计

### 2.1 与精轧螺纹钢筋的比较

与精轧螺纹钢筋相比,钢绞线柔性大、强度高。钢绞线的柔性能有效消除预留孔道偏差的影响,锚固时锚板端面与锚垫板端面能很好贴合,减少回缩变形量。因钢绞线强度高,面积小,其张拉应力高,伸长量相对长,在同样回缩量下,其余下有效应力大。比如长3m的 $\Phi 15.2$ 钢绞线,张拉至 $0.8f_{pk}$ ,如果回缩5mm,其预应力损失为22%,相对精轧螺纹钢筋小了许多。下面是钢绞线体系与精轧螺纹钢筋体系的一些性能对比。

(1)有效预应力大。

相同面积的钢绞线提供的有效预应力远大于

收稿日期:2006-11-05

作者简介:苏强(1973-),男,广西容县人,工程师,从事预应力技术开发工作。

精轧螺纹钢筋提供的有效预应力。如精轧螺纹钢筋抗拉标准强度按 930 MPa 计,根据规范要求,张拉力一般为 0.9 倍标准强度,为 837 MPa。考虑各种因素,设计中的有效预应力为张拉控制应力的 85% (<5 m 时为 75%),为 711 MPa(628 MPa)。采用标准强度为 1 860 MPa 的钢绞线时,其张拉应力按 0.75 倍标准强度计算,为 1 395 MPa。考虑各种因素后,钢绞线的有效预应力约为精轧螺纹钢筋有效预应力的 1.7~2 倍。

(2)单位有效预应力单价比。

过去,由于钢绞线及锚具的价格较高,精轧螺纹钢筋因价格低得到大量采用。目前,钢绞线价格已接近于精轧螺纹钢筋价格。经粗略计算,可知当预应力材料长度 >4 m 时,采用钢绞线比采用精轧螺纹钢筋经济,但 4 m 以下现在还是精轧螺纹钢筋经济。

(3)钢绞线预应力质量容易保证。

因钢绞线能有效解决锚固回缩大且不稳定的问题,只要锚板、夹片质量可靠,其锚固质量就可得到有效控制。

(4)钢绞线预应力布置更加灵活。

精轧螺纹钢筋规格少,设计中只能通过调整间距来满足受力要求,而钢绞线可以通过调整每束索中钢绞线的数量和索间距这两种方法来满足

受力要求,这使预应力布置更加灵活。

2.2 低回缩量锚具结构设计

普通钢绞线锚具的张拉不管是限位锚固或顶压锚固,其钢绞线锚固回缩量都较大且不稳定。回缩量少的有 4 mm,多的有 7 mm。对于桥梁腹板短预应力束来说,4~7 mm 的回缩量无法满足有效预应力的设计要求。因此,锚具的结构应改为有螺母的结构形式,如图 2 所示,此结构与常规锚具相比,不同之处是工作锚板外圆开螺纹,并外加一锚固螺母,其余结构、尺寸完全与常规锚具一致。为增加有效钢绞线长度,固定端锚具可以采用圆 P 型锚具,如图 3 所示。柳州欧维姆机械股份有限公司设计生产的 M15DHS 型钢绞线低回缩量锚具的结构尺寸如表 1 所示。

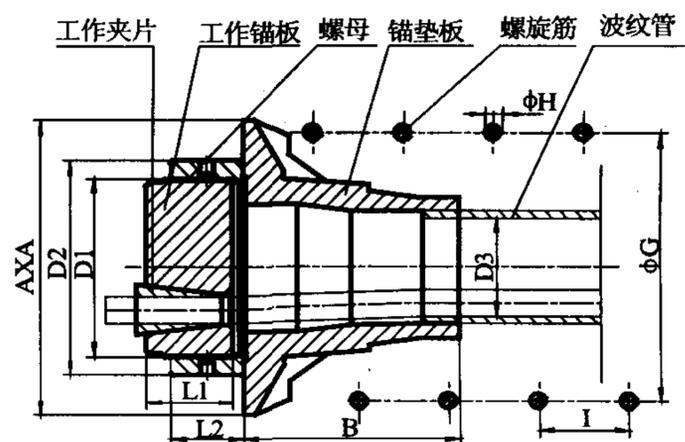


图 2 钢绞线低回缩量锚具

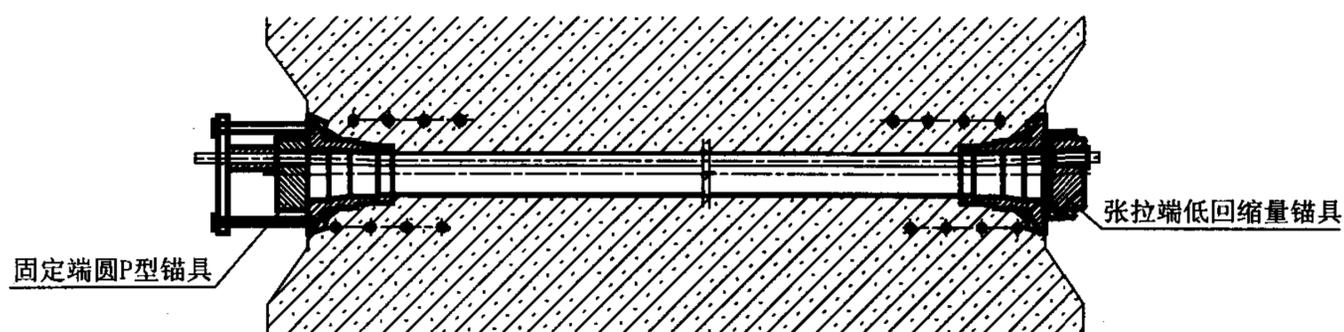


图 3 竖向预应力整体构造

表 1 OVM.M15DHS 型钢绞线低回缩量锚具参数

锚具规格	锚板		螺母		锚垫板	波纹管	螺旋筋		
	D1	L1	D2	L2	A × A × B	D3(内径)	ΦG	ΦH	I G
M15DHS-1	M48 × 3	48	Φ60	40	80 × 80 × 14	-	Φ80	Φ8	30 4
M15DHS-2	M85 × 3	48	Φ100	40	115 × 115 × 100	45	Φ115	Φ8	40 4
M15DHS-3	M85 × 3	48	Φ100	40	135 × 135 × 110	50	Φ130	Φ10	50 4
M15DHS-4	M100 × 4	48	Φ120	40	165 × 165 × 120	55	Φ150	Φ12	50 4
M15DHS-5	M115 × 4	48	Φ135	40	180 × 180 × 130	55	Φ170	Φ12	50 4
M15DHS-6	M126 × 4	48	Φ155	43	210 × 210 × 160	70	Φ200	Φ12	50 4
M15DHS-7	M126 × 4	50	Φ155	45	180 × 180 × 160	70	Φ200	Φ12	50 4
M15DHS-9	M152 × 4	53	Φ185	45	240 × 240 × 180	80	Φ240	Φ14	50 5
M15DHS-12	M166 × 6	60	Φ205	55	270 × 270 × 210	90	Φ270	Φ16	60 5
M15DHS-15	M200 × 6	68	Φ240	60	300 × 300 × 240	90	Φ300	Φ16	60 5
M15DHS-19	M205 × 6	75	Φ245	65	310 × 310 × 250	100	Φ310	Φ18	60 6

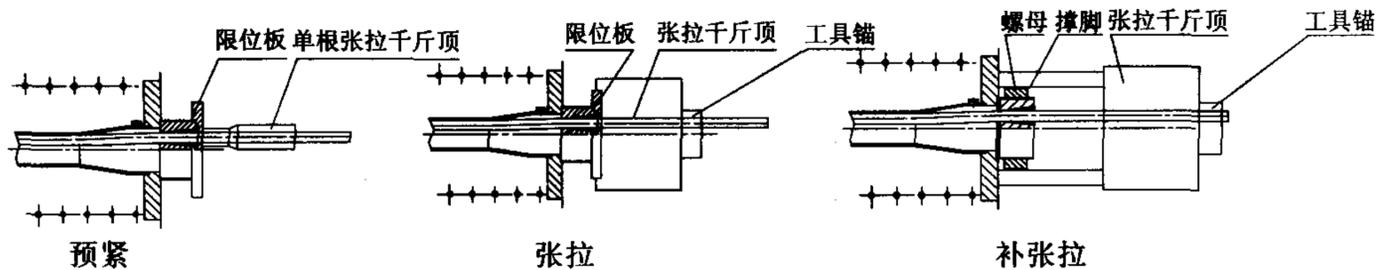


图4 低回缩量锚具传统张拉过程

### 3 钢绞线低回缩量锚具张拉设计

传统的张拉方法是预紧—张拉—补张拉，如图4所示。

(1)预紧。安装好锚板、夹片后装上限位板，用小型张拉千斤顶对每根钢绞线进行预紧，预紧力5%~10%标准强度。

(2)张拉。预紧好后，安装整体张拉千斤顶和工具锚，张拉至控制力(如75%标准强度)放张锚固，锚板端面受力，此时钢绞线正常回缩，回缩量约5mm。

(3)补张拉。拆卸工具锚与千斤顶后，先把螺母旋至锚板约中间位置，装上带有撑脚的张拉千斤顶和工具锚。重新张拉至控制力后，锚板会离开垫板端面约几毫米的距离，放张锚固前旋紧螺母至垫板端面。旋紧后放张锚固，此时螺母端面受力，钢绞线回缩约1mm。

从张拉过程看，以上张拉方法复杂，在补张拉时需要先卸下原千斤顶后，再装上带撑脚的千斤顶。为了方便张拉操作，我们设计了一种撑脚限位装置，使张拉与补张拉能在一台千斤顶上进行，不必更换千斤顶。这种带撑脚限位装置千斤顶的张拉如图5所示。撑脚限位装置由撑脚、支承螺母、限位板组成，张拉时按图4组装锚具与张拉设备。张拉前旋动支承螺母使之顶紧限位板，并使工作锚板靠紧锚垫板端面。张拉到控制应力放张时，钢绞线正常回缩，回缩量约5mm。要补张拉时先向后旋动支承螺母使之离开限位板约10~20mm，然后重新张拉至控制力，此时工作锚板会离开垫板端面即可旋紧螺母至垫板端面，旋紧后放张锚固，此时螺母端面受力，钢绞线回缩约1mm。

从以上张拉过程看出，撑脚限位装置实现了

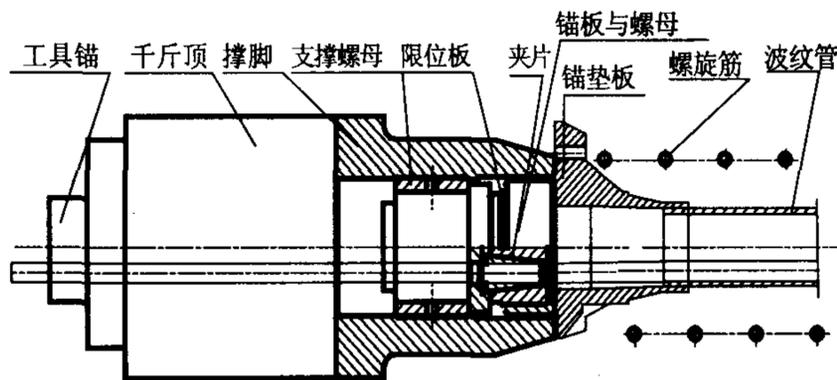


图5 带撑脚限位装置千斤顶的张拉示意图

在不更换千斤顶的情况下完成张拉与补张拉操作，这在实际工程施工中大大提高了效率，有较大的推广使用价值。

### 4 结语

(1)在桥梁腹板中的预应力束一般很短，锚具变形与钢筋回缩引起的损失占竖向预应力损失的比重较大，精轧螺纹钢筋锚固体系在工程使用中产生过大的预应力损失。

(2)低回缩量锚固体系采用柔性的、高强度的预应力钢绞线，有效解决了原精轧螺纹钢筋体系因其钢性与强度低而导致锚固回缩量过大且不稳定的问题。

(3)低回缩量锚固体系的张拉采用了撑脚限位装置，在补拉时不必更换千斤顶，方便了张拉操作。

(4)采用钢绞线低回缩量锚固体系对桥梁短预应力束的预应力损失及失效现象的改善将有积极的作用。该体系具有锚固可靠性、施工便利性及经济性，将会在预应力结构中广泛推广使用。

#### 参考文献

[1]杜官民,陈爱萍.混凝土结构竖向预应力筋锚固应力损失的控制[J].桥梁建设,2006(增刊1).

[2]刘玉兰,吴初平.桥梁竖向预应力施工质量控制[J].中外公路,2006(4).

## 广东省佛山平胜大桥建成通车

广东省佛山平胜大桥建成通车，主桥长680.2 m，为单跨四索面自锚式悬索桥，主梁为刚性加劲梁结构，350 m的主跨跨径在同类型桥梁中属世界第一。