

现浇预应力混凝土框架结构的施工工艺

冯良慈 栾文彬

摘要 本文就多层现浇预应力混凝土框架结构的施工工艺、操作方法、锚固体系进行了系统的论述,并提出了设计施工参数以及质量控制方法、标准。

关键词 预应力 锚固体系 施工工艺

现代工业与民用建筑需要提供明快、舒适的空间和灵活多变的平面组合。普通混凝土框架结构由于跨度小、柱网密,往往无法满足多种功能的需要,使用中经常受到结构自身各种条件的限制。近十几年来我国兴起的预应力技术可以有效地解决上述问题。本文将就多高层预应力混凝土框架结构施工工艺进行论述和探讨。

一、模板与支撑

模板体系是影响后张法预应力施工经济、速度以及质量的主要因素。由于多高层现浇预应力混凝土框架结构具有大跨、重载、柱距大、需要施加预应力等特点,所以施工中对模板及支撑的承载力、刚度、稳定性提出了较高的要求。

1. 地基处理

预应力混凝土框架结构常见的地基处理方法有以下三种:

(1)混凝土地基。该地基是在框架梁支撑范围内,按照混凝土地坪构造进行施工。受力性能好,稳定可靠,适用于跨度大、荷载大或地表土较差的预应力框架结构。

(2)道渣、垫木地基。此种地基是在压实后的地表土上,沿梁轴线两侧一定宽度范围内铺设道渣,压实后直接铺放垫木。施工简便、成本适中、受力性能较好,适用于施工荷载较大、工期较紧的预应力工程。

(3)原土、垫木地基。该种地基是在压实后的地表土上直接铺放垫木的一种处理方法。该种方法成本低,适用于地表土质较好或施工荷载较小

的预应力混凝土框架结构。

2. 支撑方案的选择

(1)扣件式钢管排架(见图1)。采用该种方案,主梁与次梁支撑在不同的钢管上,张拉前可以先松开次梁支撑的钢管,使主梁预先承受由次梁传来的自重荷载,从而抵消部分由于预应力张拉而引起的反拱。

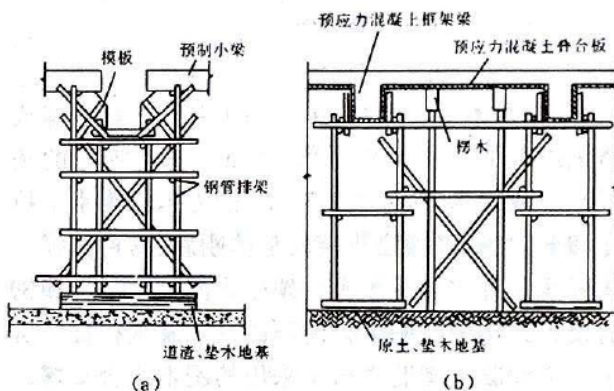


图1 框架梁支模形式

(2)门式脚手架。门式脚手架是近年来应用的一种新型脚手架。具有安装方便,承载能力大等优点,但一次性投资较大。其布置方案应根据结构形式、层高和施工工艺等确定。图2为安徽纺织一厂纺纱车间预应力框架梁所采用的门式支架布置示意图。

(3)可调独立钢(管)支撑。可调钢管支撑单根承载能力大,装卸方便。但施工时上下层的支撑要布置在同一垂直线上,预应力筋张拉前不得有松动现象。图3为徐州帆布厂捻线车间地下室框架梁所采用的该种支撑方案(梁底净高3m)。

冯良慈 南京三建预应力公司 总工程师

栾文彬 南京三建预应力公司 经理

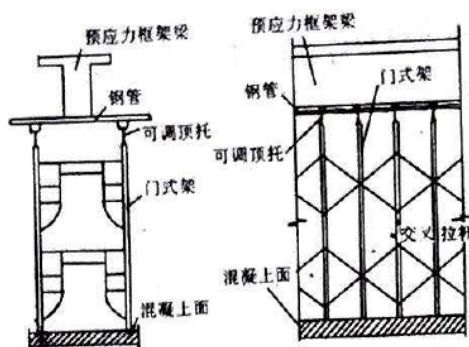


图2 门式脚手架布置示意图

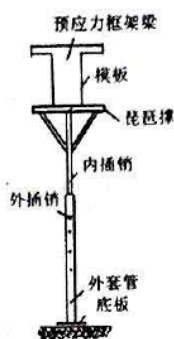


图3 可调独立钢管支撑

(4)圆木组合支撑。采用圆木制作的琵琶撑或槽钢组合的顶撑组成排架，下部支撑在砖砌的条形基础或垫木上，并用 25×75 的方木作为水平拉杆和剪力撑，以增强排架的整体刚度。这种支撑方式因地制宜主要用于多层预应力混凝土平板和密肋楼板结构中。图4为溧阳昆仑开发区标准厂房预应力混凝土密肋楼板所采用的圆木组合支撑。

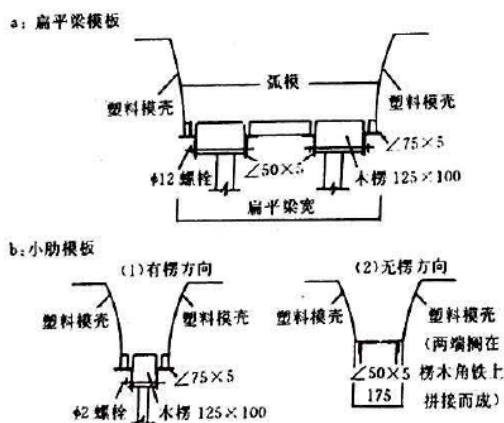


图4 圆木组合支撑示意图

3. 模板的预起拱

预应力筋张拉后可使梁产生一定的反拱，抵消部分梁自重荷载作用下产生的挠度。因此，预应

力框架梁模板的预起拱可以比普通混凝土梁小。建议多层现浇预应力混凝土框架梁的模板预起拱取跨度的 $0.5\sim 1\%$ 。

4. 模板的拆除

预应力混凝土框架梁楼板底模、次梁模板以及主梁的侧模应在预应力筋张拉前拆除，并检查框架梁混凝土的外观质量和孔道留设情况。预应力框架梁底模及支撑应在预应力筋张拉结束，孔道灌浆水泥强度达 15MPa 后方可拆除。若为多高层建筑，则应等该层及上一层预应力筋张拉结束，并且该层孔道灌浆结束（水泥浆强度达 15MPa ）后，方可拆除该层模板及支撑。

二、孔道预留

预应力孔道预留方法有：钢管抽芯、胶管抽芯、预埋金属管等方法。其中钢管抽芯及胶管抽芯法比较经济，但施工较为复杂，且施工质量较难保障，因而如今只在屋架、吊车梁等直线型孔道构件中少量采用。目前较多的是采用预埋金属管法，并且绝大多数以金属波纹管为主（薄壁钢管成本较高，一般只在重要构件少量采用）。

金属螺旋波纹管是冷轧钢带通过专用的卷管机压波后咬合而成的一种半刚性管，具有一定刚度和柔性，在一定范围内可作任意弯曲。波纹管按钢带材料不同可分为镀锌和不镀锌两类；按波纹情况（即波纹数量）又可分为单波、双波两种；根据钢带的厚度又可分为标准型和增强型两类。常用的圆形波纹管内径为 $50\sim 100\text{mm}$ ，大多以五进制分规格（即直径相隔 5mm ），也有以七进制分的。由于波高、波距不同，不同厂家产品一般不宜混用。厂家为了便于运输，一般定尺 6m 生产，也可根据用户需要定尺生产，数量较多时可现场生产，图5为常用波纹管的外形。

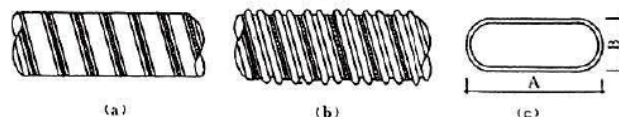


图5 金属螺旋波纹管外形

(a)单波 (b)双波 (c)扁管

1. 波纹管管径的选择

每束钢绞线的根数不同，所采用的波纹管管径也不同，目前国内没有统一的规定。一般情况下满足预应力筋穿束和孔道灌浆条件即可。当预应

力孔道较短时,波纹管管径可略小些,反之,为了便于超长束穿束,波纹管管径可略大些。

2. 波纹管的连接及灌浆孔的留设

由于运输关系,波纹管的长度一般为4~6m(但如果现场卷管,长度则不受限制)。波纹管的连接采用大一号同型波纹管连接,接头管长度一般为200~300mm。为了防止接头缝隙渗入水泥浆影响张拉和灌浆,可用密封胶带封口。见(图6)。

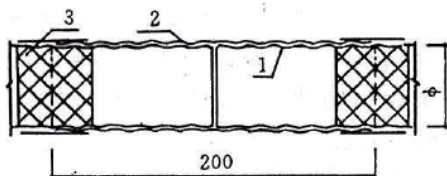


图6 螺旋管的连接

灌浆孔宜设置在构件的中部或两端,间距不宜大于18m。其做法如下:在波纹管上开洞(一般为 $\phi 20$ 左右),其上覆盖海绵垫片与带嘴的塑料弧形压板并用铁丝扎牢,再用塑料管插在嘴上并将其引出梁顶面(一般高出梁顶面400mm),如图7所示。

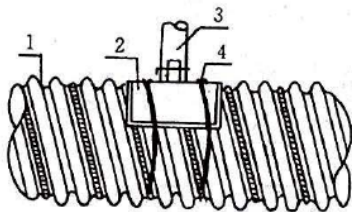


图7 灌浆孔的设置

3. 金属波纹管的定位

(1)在侧模上弹线法。即先安装一侧模板,并在其上按照曲线筋坐标弹出波纹管的位置线(以管底为准),待梁钢筋骨架绑扎完毕后,在箍筋上按所弹的线每隔一定距离(一般不大于1000mm)点焊钢筋托架,然后将波纹管卡在托架内并用铁丝扎牢。

(2)箍筋上划线法。即先绑扎钢筋骨架,并在箍筋上标出波纹管位置,其余操作同上。

(3)网片定位法。即用 $\phi 6 \sim \phi 8$ 的钢筋,按足尺孔道轴线标高焊成网片,不同标高应作好标记,使用时只需把网片逐片放入梁中固定,然后波纹管对照就位便可。

三、常用的锚固体系

1. 夹片式锚固体系

该体系的锚具是通过夹片把钢绞线分别锚固在锚板内不同的锚孔中。其中QM锚固体系采用直夹片,张拉时无需顶压,而XM锚固体系采用斜夹片,张拉时需要顶压,但它可以锚固7 $\phi 5$ 钢丝束。目前国内类似QM产品还有HVM、OVM、YM、JM等体系。

2. 锥锚体系

该种体系的锚具是通过张拉顶压,将钢丝夹持在锚环与锚塞之间。其特点是:锚具加工简单、等长下料不严格,但张拉时需顶压,组装时需要分丝头等附加件,所以张拉工作较为繁琐。该种锚固体系适用于12~24根 $\phi 5$ 钢丝组成一束的预应力构件。

3. 镦头锚固体系

该种体系的锚具是通过将钢丝加以镦头后进行张拉来达到锚固的目的。其有锚杯与锚板之分,锚杯用于张拉端,锚板用于固定端。其特点是锚具加工简单、成本较低、张拉不需顶压等。但是必须严格等长下料,增加了镦头工艺,张拉端需预留扩大孔,施工难度较大。

四、预应力框架结构混凝土施工

1. 混凝土配合比设计

预应力构件的混凝土强度等级不宜低于C30。因此,在设计混凝土配合比时,水泥用量不宜过低。在梁柱接头钢筋密集部位,宜采用细石(5~20mm)混凝土浇筑,同时混凝土的砂率以及塌落度应比常规要大。

2. 混凝土浇筑顺序

预应力混凝土框架结构的浇筑顺序可归纳为:顺向浇筑、相向浇筑、背向浇筑、双向浇筑。施工中根据施工对象、设备、人员配备等情况确定。

3. 浇筑方法

混凝土浇筑过程中,应注意关键部位或特殊部位混凝土的密实。梁柱节点处、梁的端部、埋件及水电管道密集处等部位切勿漏振,以免发生张拉时端头埋件内陷等质量事故。

4. 施工缝的留设

梁柱混凝土分开浇筑时,施工缝一般留在梁底20~50mm处或梁上200~400mm处,预应力框架梁一般不允许留设施工缝。梁板分开浇筑时,施工缝一般留在板底20~30mm处。

五、预应力张拉工艺

1. 张拉前的准备工作

(1) 关于千斤顶与油压表的配套标定

根据“油压值→输出力”的关系对千斤顶与油表进行配套标定,以确定工作时张拉力所对应的油表值。由于不同类型、不同工作条件下千斤顶自身的摩阻力不同,名义的张拉力(即千斤顶活塞面积×油压表读数)均低于实际的张拉力(因为千斤顶输出的力包括了摩阻力损失),因此必须进行校验。因为千斤顶正反向摩阻不等,所以后者又有主动态和被动态两种。主动态与实际工作状态相同,因而,目前张拉中都采用主动态标定的数值。

(2) 关于张拉平台的搭设

张拉平台必须有一定的工作面和围护装置,以满足操作及安全的需要。一般平台宽度不宜小于千斤顶工作长度的两倍。当梁高小于1.5m时,可搭设一层平台,当梁高大于1.5m,且锚具上下距离较大时,为方便操作建议搭设两层平台。

2. 预应力梁的张拉施工顺序

在制定多层现浇预应力混凝土框架结构施工方案时,首先应安排好框架梁混凝土施工与预应力施工两个主导工序之间的顺序关系,以决定施工顺序。

(1) 逐层浇筑、逐层张拉:浇筑一层框架梁混凝土后,张拉同一层预应力筋,自下而上逐层完成的施工顺序称为“逐层浇筑,逐层张拉”。

(2) 数层浇筑、逆向张拉:自下而上逐层浇筑几层框架混凝土后,自上而下(逆向)逐层张拉各层框架梁预应力筋的施工顺序称为“数层浇筑、逆向张拉”。

(3) 数层浇筑、顺向张拉:自下而上逐层浇筑混凝土后,自下而上(顺向)逐层张拉各层框架梁预应力筋的施工顺序称为“数层浇筑、顺向张拉”。

3. 预应力筋张拉伸长值的计算

(1) 张拉伸长值的影响因素

① 预应力筋弹性模量(E_g)的影响。《混凝土结构设计规范》GBJ10-89规定,钢绞线的弹性模量为: $1.8 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$,而许多论文中建议:钢绞线弹性模量取 $1.8 \times 10^5 \sim 2.0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ 。因而钢绞线弹性模量的波动幅度达10%以上,即使张拉力施加十分精确,也可能出现伸长值误差超标的情况。根据多个工程的抽检,建议 E_g 取 $1.95 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ 。

② 孔道偏差系数(K值)及摩擦系数(μ 值)的

影响:我国设计规范规定:预埋波纹管成型的孔道,其K值为0.0015, μ 值为0.25。综合实测数据建议在正常施工情况下:K值取0.003, μ 值取0.25(钢丝束)、0.30(钢绞线束)、0.40(高强钢筋)。

(2) 张拉伸长值的计算。我国现行规范GB50204-92中张拉伸长值 $\Delta L = (P \times L_T) / (A_p \times E_g)$,其中 $P/A_p = \sigma$ (平均应力)的计算尚无统一的模式,目前曲线孔道预应力筋的伸长值参照“华东预应力技术联合开发中心”推导的曲线预应力筋分段叠加的原理计算。对于特殊线型的预应力筋同样可套用曲线公式,也可以通过微积分得出较为精确的张拉伸长值。

5. 张拉质量控制

(1) 用最小二乘法计算张拉油表读数

通过万能试验机或传感器,标定出相应吨位的油表读数。由于万能机和油泵之间不可能十分精确地同步,瞬时读数也有误差。因此,可通过对校验的油压表与相应的千斤顶吨位的数值进行分析,从而找出两个变量之间的密切程度。

设Y为张拉力(kN),X为油表值(MPa),n为标定级,r为相关系数。

相关方程为: $Y = AX + B$

$$B = \frac{\sum XY \cdot \sum X - \sum Y \cdot \sum X^2}{(\sum X)^2 - n \sum X^2} \dots\dots (1)$$

$$A = \frac{\sum X \cdot \sum Y - n \sum XY}{(\sum X)^2 - n \sum X^2} \dots\dots (2)$$

$$r = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[n \sum X^2 - (\sum X)^2] \times [n \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}} \dots\dots (3)$$

(2) 初拉力以下推算值的偏差

一般施工时测得的张拉伸长值为预应力筋在 $0.2\sigma_{con} \sim 1.03\sigma_{con}$ 范围内的伸长值。而 $0.2\sigma_{con}$ 以下的伸长值,通常根据预应力筋弹性范围内,张拉力与伸长值成正比的关系,用图解法或计算法确定。由于是推算值,所以会有一定的误差,一般在工程正常施工条件下,推算值所引起的误差较小,不会影响工程的张拉质量。但是对于孔道预留质量较差,预应力筋摩阻损失较大或连续跨度较多、较长的预应力筋,由于张拉力施加到0.2P时,所有的力并不会按照理想状态传到另一端,此时,预应力筋就只有部分产生变形。随着张拉逐步克服摩阻,伸长也会逐步达到正常状态。但是,0.2P以下的部分形变就会被误计入0.2P以上的形变中,而

计算或图解时又未加以调整,所以无形中会造成预应力筋张拉值偏大。因此,对于重要构件,建议张拉前应测定摩阻,然后确定张拉和应力。

(3) 抽动预应力筋对摩擦损失的影响

抽动可以降低摩擦损失,这是因为它改变了预应力筋与孔道壁接触状态,同时施工中发生孔道渗浆固结的部位可得以松动。理想的施工方法是把预应力筋来回抽动1~2次,抽动可以结合在张拉过程中进行,尤其是多跨连续梁。

(4) 重复张拉对伸长值的影响

只要在控制应力范围内,锚具及预应力筋无损伤,重复张拉对预应力筋的伸长值基本没有影响。从而推出:有时由于千斤顶行程不够,需要多次分阶段张拉时,此种方案是可行的。

六、孔道灌浆

目前大多数预应力工程孔道灌浆材料都采用水泥净浆,极少数采用水泥砂浆。灌浆宜采用不低于425号的普通硅酸盐水泥为好,以减少净浆泌水和硬化收缩,水灰比宜为0.4~0.45,流动度

120~170mm,这样可满足可灌性要求。为了使孔道密实,施工时可采取以下措施:(1)采取“二次”灌浆措施,即第一次净浆充满孔道,间隔一段时间(一般约0.5~2h),在净浆初凝前再进行一次压浆,以排除第一次灌入净浆的泌水及空气;

(2)在孔道波峰处设置泌水孔并应引出梁面,灌浆后用漏斗不断注入净浆,直至泌水孔内水泥浆不再下降为止。

(3)在水泥净浆中加入减水剂,以加大水泥用量,减少泌水。

七、结束语

由于预应力框架梁结构一般均为大跨、重载构件,因而预应力施工质量的好坏,将直接影响结构自身的耐久性、安全性。施工中务必精心组织,精心施工,对预应力材料要严格把关,确保工程质量。同时,由于预应力工程一般为隐蔽工程,后期若发生质量问题很难进行处理,因而监理人员也应监督到位,共同消灭质量隐患。

HVM 信息

新型高效灌浆设备—UBL-3 型螺杆式灌浆机

灌浆对后张预应力工程的质量影响很大,在灌浆施工中,大多采用活塞泵来向管道输送水泥浆体,水泥浆体极易使活塞磨损,使单向阀失灵,堵塞管道。对此,柳州海威姆建筑机械有限公司研制出一种新型高效灌浆设备—UBL-3 型螺杆式灌浆机。其结构见图1,技术参数看见表一

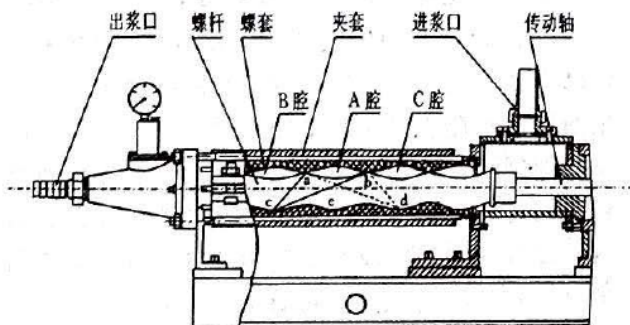


图1 UBL-3 型螺杆式灌浆机结构图

表1 UBL-3 螺杆式灌浆机参数表

输送量	最大工作压力	水泥浆输送距离	电动机功率	输入转速	减速机输出转速	整机重量
3m ³ /h (50L/min)	2.5MPa	水平:400m 垂直:90m	3KW	1450r.p.m	224r.p.m	200kg

该机具有以下特点:

1. 结构简单:螺杆泵的特征部件在于螺杆与螺套。螺杆是钢件,螺套内衬橡胶外包钢壳,容易密封,螺杆在螺套内转动时,一端将浆体吸入,另一端将浆体压出,不需任何阀类。由于结构简单,可靠性大为提高,使用维护也十分方便。

2. 压力无级可调:由于螺套内衬橡胶外包钢壳,用夹套将螺套收紧,就可以提高出口压力。

3. 自吸力强:螺杆在螺套中转动时,不断将空气排出,从而使吸浆口及管道具有很低的压力,水泥浆的吸程可达9米。

4. 压力平稳:活塞式灌浆机工作时,活塞往复运动,吸浆压浆,出口处压力波动大。螺杆式灌浆机工作时,螺杆将浆体连续不断的送出,出口处压力平稳,有利于提高灌浆密实度。

螺杆式灌浆机已成功应用于杭州黄龙体育中心、武汉轻轨工程、舟山桃天门大桥的灌浆施工中,保证了灌浆质量,取得了良好的效果。

(刘克勤 陈良飞)