

无粘结预应力技术在厂房结构中的综合应用

蒋应龙 张逸青

摘 要:介绍无粘结预应力混凝土技术在工业厂房结构中综合应用技术,简述大跨度超长 141m 连续梁、宽扁梁、反梁、平板等结构的设计特点、施工要点及技术经济评价。

关键词:无粘结预应力 连续梁 宽扁梁 雨蓬反梁 集束配置 组合排列

1 工程概况

华新藤仓光纤光缆车间工程,位于南京新生圩港口开发区,平面尺寸 $141 \times 48\text{m}$,柱网尺寸 $12 \times 24\text{m}$,建筑面积 9700m^2 ,系全现浇混凝土工业厂房,结构比较新颖,其中:主厂房屋盖采用大跨度、超长预应力混凝土框架梁板结构,六层的抽丝塔楼盖采用无粘结预应力混凝土宽扁梁板结构;附房(1-2轴)夹层楼盖采用无粘结预应力混凝土平板结构;出入口的外挑的大雨蓬采用无粘结预应力混凝土反梁结构,无粘结预应力技术在本工程中应用比较全面,结构主要参数如下表 1:

表 1 预应力混凝土构件尺寸配筋情况表

结构部位	预应力 构件名称	跨数×跨度(M)	梁(板)断面尺寸 (mm)	预应力筋配量 (无粘结钢绞线)	非预应力配筋量	
					上部	下部
主厂房	主梁	24+24	400×1500~2000	4-6UΦ15.24	4Φ25	11Φ25
	次梁	11×12+1×9	300×650	2-4UΦ15.24	4Φ25	4Φ25
抽丝塔	主梁	15	1200×550	5-6UΦ15.24	6Φ25	11Φ25
雨蓬	反梁	5	250×700~800	1-4UΦ15.24	8Φ25	3Φ25
附房	平板	12	24×250	UΦ15.24@100	Φ18@100	Φ18+Φ14

根据台、日业主要求,预应力筋采用江阴华新钢缆有限公司生产的 $\Phi 15.24$, 1860 级无粘结钢绞线,预应力混凝土设计强度标准值为 C40,预应力混凝土结构布置示图 1:

2 结构设计特点

①主厂房纵向 141m,横向 24m 双跨,工艺要求不设伸缩缝,由于工期紧、施工上不具备留置后

浇带的条件,为解决大面积、超长混凝土结构的温度收缩和徐变,以及提高楼盖结构承载力及抗裂度,本工程采用部分预应力混凝土框架结构,在主要、梁中均设置预应力筋,纵向 12 跨、横向 2 跨,均为连续梁。

②抽丝塔楼 6 层、跨度 15m,为降低总建筑标高,在不影响工艺使用要求的基础上改用预应力混凝土宽扁梁结构,使梁高降低 1m 左右,总标高 +21.47m,比原方案降低了 5m,在建筑立面效果上更为协调。

③附房办公室楼面采用预应力混凝土平板结构,便于平面组合和增加室内净空高度。

④采用预应力混凝土反梁结构,提高大雨蓬悬挑结构抵抗倾覆和根部抗剪的能力,大雨蓬外挑 5m,采用上述方案较好的解决了上述问题。

⑤综合应用了无粘结预应力混凝土技术,采用国产 OVM 锚固体系。

3 预应力混凝土结构施工技术

本工程预应力结构部件交替错位,根据施工总进度和施工段的划分,预应力专项施工步骤如下:(1)完成 1-2 轴附房预应力混凝土平板和雨蓬反梁以及框架梁,(2)完成主厂房预应力混凝土屋盖结构,先张拉主梁、后张拉次梁,(3)最后自上而下完成塔楼预扁梁的预应力张拉,主要施工技术如下:

①超长无粘结钢绞线的铺设:无粘结钢绞线

蒋应龙 张逸青 江苏新筑预应力工程有限公司

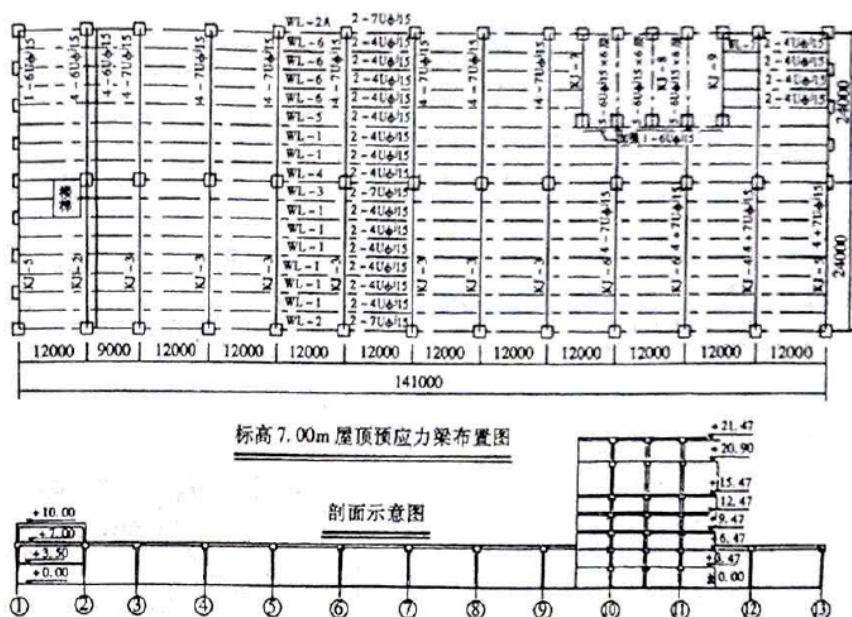


图1 华新藤仓光纤缆车间结构示意图

采用通长下料,分段铺设的方式,本工程分三个施工段,留置二条施工缝,每个施工段间隔十天,无粘结钢绞线在非预应力钢筋骨架初步成型后进行,先铺设主梁预应力钢绞线,后铺设次梁预应力钢绞线,主梁预应力钢绞线一次安置到位,次梁连续12跨,预应力钢绞线长达141m之多,采取端部逐根助力导入,穿束到位后,预应力钢绞线位于钢筋骨架、钢管排架,拖挂在地各占三分之一,第一(二)施工段混凝土完成后,把预应力钢绞线翻置于屋面上,进行下段施工以利施工和避免钢绞线污染和表皮损坏,穿束前根据翻样矢高图在最高点、反弯点、最低点并每隔1m用 $\Phi 10$ 短筋在钢筋骨架上烧焊标高筋,穿束后校正预应力钢绞线位置并用铅丝绑牢。

②无粘结钢绞线集束配置单根张拉:鉴于无粘结钢绞线之间受油脂和包塑的隔离,只要铺设理顺,相互之间的摩阻力几乎为零,不会发生有粘结预应力钢绞线束的夹持现象,同时屋面主、次梁张拉控制应力 $\sigma_{con}=0.75f_{pk}$ 算得理论伸长值分别为318mm和722mm,受千斤顶缸体行程限制,需要多次重复张拉才能到位,由于安装时锚固夹片松紧不可能完全一致,这增加了集束预应力钢绞线的应力不均匀性,对结构是不利的,为此本工程无粘结钢绞线采用集束配置单根张拉,同时为了减少由于张拉力使混凝土压缩造成的预应力损失,每束预应力钢绞线张拉完成后,再对每一根钢

绞线复张一遍,以补足后张对先张预应力筋由于混凝土压缩变量产生的预应力损失。

③梁筋、柱筋、预应力筋的组合排列:为了确保预应力钢绞线正确的位置,以建立对结构有益的预加应力,施工前必须对梁、柱钢筋(包括:附加筋、锚固筋、构造筋等),在不影响结构质量前提下,进行组合排列,以确保预应力筋和张拉锚固件的安置,满足张拉工作位置,以本工程24m双跨主梁为例,见图2,通过排列主要解决了两大问题:第一,通过柱筋的排列并把预应力束张拉端在柱中适当分开,解决了螺旋筋的位置和穴模(锚具)安装空间;第二,对梁筋和附加筋的排列,使预应力筋位置通畅并确保了最高点距梁面80mm的设计要求,通过事先的组合排列,使土建和预应力工序配合默契,避免了任何切割主筋满足张拉的做法。

④“顺向浇筑、逆向张拉”确保总工期:本工程抽丝塔6层预应力混凝土扁梁框架结构采用由下而上逐层浇筑完毕后,再由上而下(逆向)逐层张拉,这种方法减少了混凝土养护对工期影响,使张拉工作不占总工期,但增加了支撑数量,在体量不大的结构部位为宜,尚需注意上层的支撑和下层支撑对齐,拆除支撑以中间向梁边对称原则,自上而下逐层拆除。

⑤“一端张拉、正反向布筋”:12m跨平板单向设置预应力无粘结钢绞线,布筋曲率不大,当采

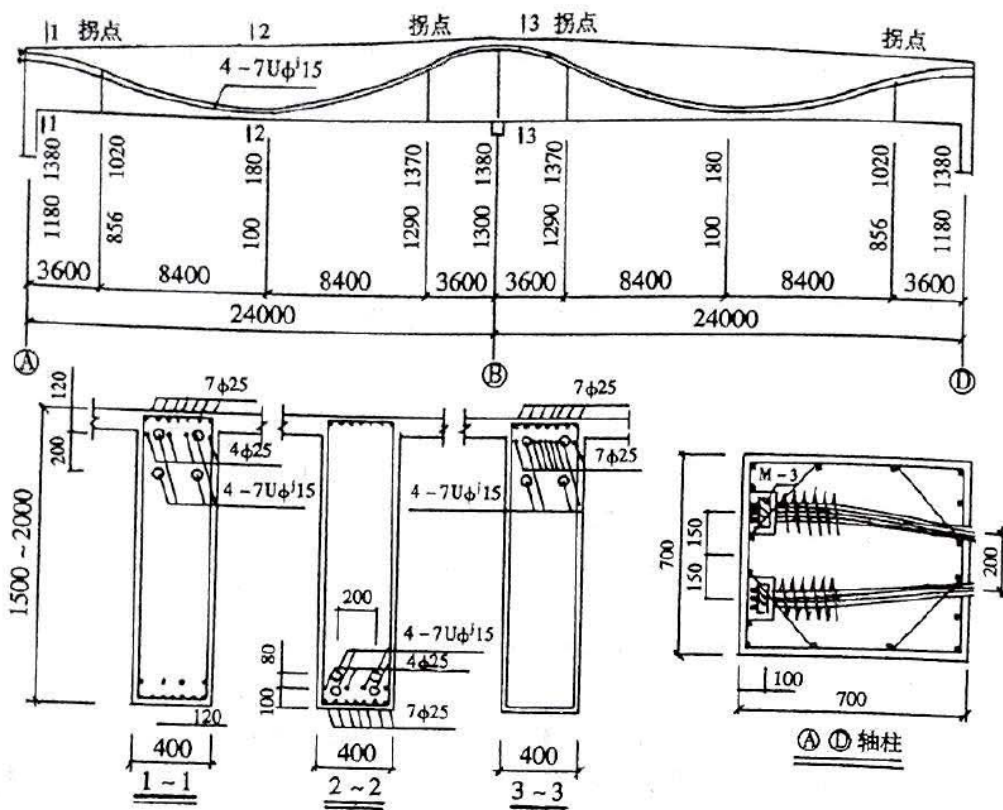


图2 主梁、梁筋、柱筋、预应力筋组合排列图

用一端张拉时自张拉端至固定端,由长度效应(Kx)和曲率效应($\mu\theta$)引起的摩擦损失约为5.76%,而张拉端根据锚固时预应力钢绞线影响区段内总应变与内缩量(λ 值)相协调原理估算出锚具内缩损失约为10.24%,且锚具内缩损失的影响长度超过跨中,因此本工程采用一端张拉,以确保有效预应力值的建立和降低成本,同时预应力钢绞线间距 $a-a100\text{mm}$,张拉端采取平台两边间隔布置,解决了张拉工作面的问题,同时使整体预应力相对均匀。

⑥无粘结预应力混凝土反梁:大雨蓬 $7.80 \times 5.00\text{m}$,从受力合理和减轻自重出发在悬挑方向布置了四根变截面预应力混凝土反梁如图3,每根梁上部配置1-4U ϕ 15.25无粘结钢绞线,施工时张拉端配置OVM15-4锚具,集束张拉,固定端由OVM15P挤压锚、垫板、螺旋筋组成,单根分散锚固在柱子或边梁内,锚固长度 $>1000\text{mm}$,为了避免内埋式锚具垫板位置,梁上部部分非预应力筋旋转45度,锚固在边梁中如图3a-a剖面,

梁端起拱2‰,支撑在张拉前不能有任何松动,张拉在混凝土达到设计强度后进行,由中间向两边对称分阶段进行,第一次张拉至控制应力50%,第二次张拉至100%,张拉前清除雨蓬上积水、模板等杂物。

4 工程评价

本工程在国内较早的综合应用了无粘结预应力技术,其水平结构几乎全部使用了无粘预应力混凝土结构,国内不多见,工程建成于1998年,一次投产成功,为我国最大光纤光缆生产基地之一,和日本国内通过标准厂房全钢结构组装相比,节省投资约40-60%,减少了钢结构使用阶段的维护费用,主体封顶仅用62天,解决了超长工业厂房水平结构不设伸缩缝、大雨悬挑、构筑物层高压缩、大开间附房组合等问题,投产以来,工艺运行良好,厂房结构可靠,深受业主和中、外专家好评,并扩建了成品库、铜通信、光纤车间等三项同类型无粘结预应力混凝土结构工程。

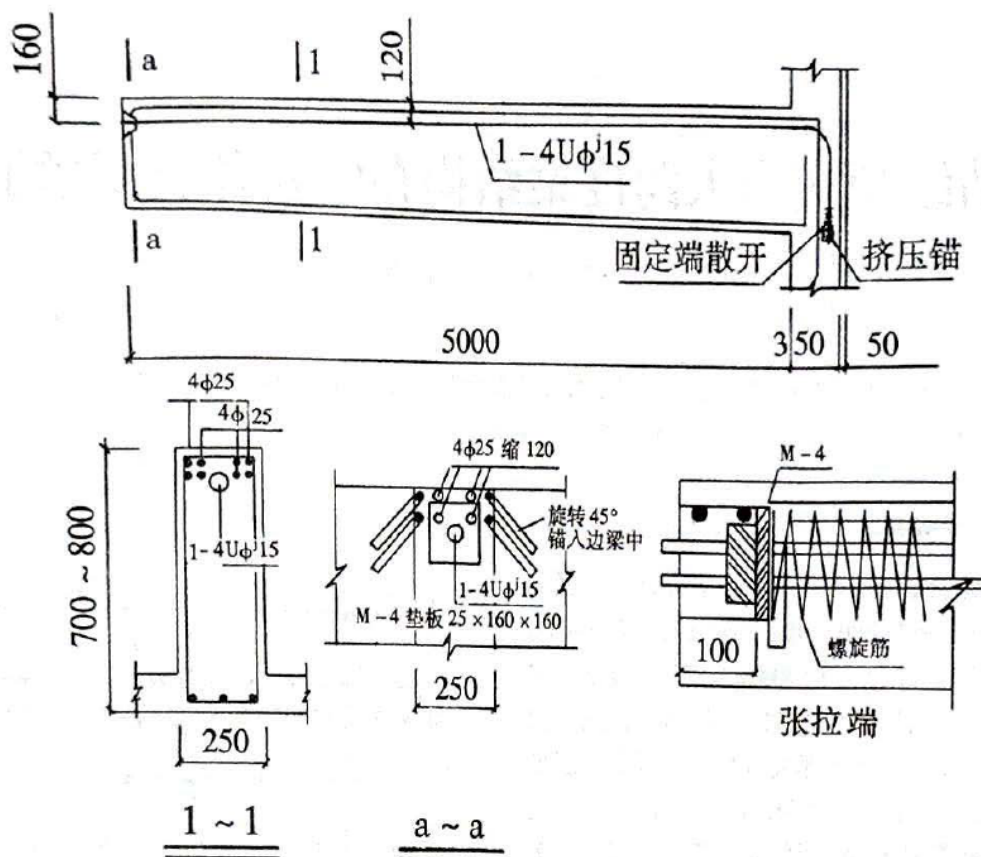


图3 雨蓬反梁节点处理方式

(上接第31页)

内,为保证其接头密封性,在钟形口内施加环氧树脂,再用一根遇热可伸缩性套管将接口处套牢,如图4所示。

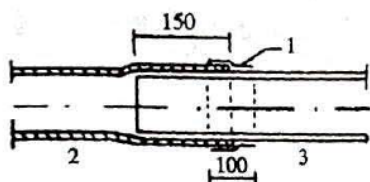


图4 刚性导管间的连接

- 1 - 热伸缩套管; 2 - 刚性导管有钟形扩口的一端;
3 - 刚性导管无钟形扩口的一端

(2) 半刚性导管间的连接

用配套的半刚性导管接头套管,将两根半刚性导管直接拧入接头套管内,然后在接头套管两端接口处用2个热伸缩性套管套牢,如图5所示。

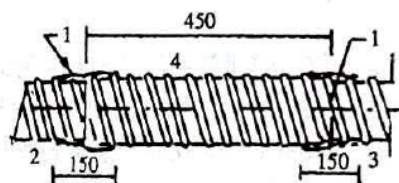


图5 半刚性导管间的连接

- 1 - 热伸缩套管; 2 - 第一阶段半刚性导管;
3 - 第二阶段半刚性导管; 4 - 套管

7 预应力张拉次序

为避免钢绞线张拉过程中因局部受力不均而引起混凝土开裂甚至损坏,安全壳预应力张拉应严格遵循一定的张拉顺序。本工程预应力张拉顺序为:1/3 垂直钢束→部分外圈水平钢束→部分内圈水平钢束→剩余垂直钢束→1/5 穹顶钢束→全部剩余水平钢束→全部剩余穹顶钢束。