

五、天津电视塔预应力工程施工组织设计

(一)工程概况

天津广播电视塔预应力工程分为环板承台基础、钢筋混凝土塔身和钢筋混凝土桅杆三部分。环板承台基础外径 54m, 在半径 26.3m 和 26.7m 处设置两圈 8 层预应力钢绞线, 设计上采用 180° 包角相错 90° 夹角布置, 设置四只锚固柱、8 个张拉面, 共 64 束, 总长 5700m 左右。环板承台基础平、剖面图见图 2.3.5(1), 图 2.3.5(2)。

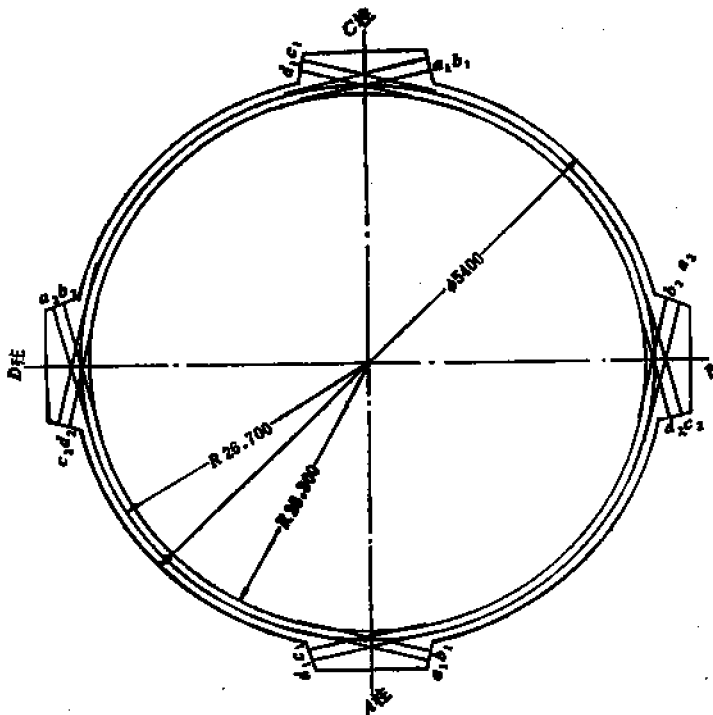


图 2.3.5(1) 环板承台基础平面图

钢筋混凝土塔身从 -7.5~+291m, 预应力筋按三种长度在圆周上不均匀布置, 其中第一段长度 89m(-7.5~+81.5m), 共 44 束; 第二段度 209m(-7.5~201.5m), 共 16 束; 第三段长度 298.5m(-7.5~+291m), 共 54 束, 总计 114 束。孔道总长 2300 余米。

钢筋混凝土桅杆分为两节, 第一节从 +288.2~+314m, 共 20 束; 第二节从 +312~+335.5m, 共 16 束。另外从 330.5m 至第二节桅杆顶部(+335.5m) 埋设 52 根无粘接单根预应力钢绞线。

钢筋混凝土塔身及桅杆预应力筋布置见附图 2.3.5(3)。

预应力工程所用材料均为我国生产, 孔道预埋采用 $\phi 68\text{mm}$ 镀锌钢管, 端头安装特制铸

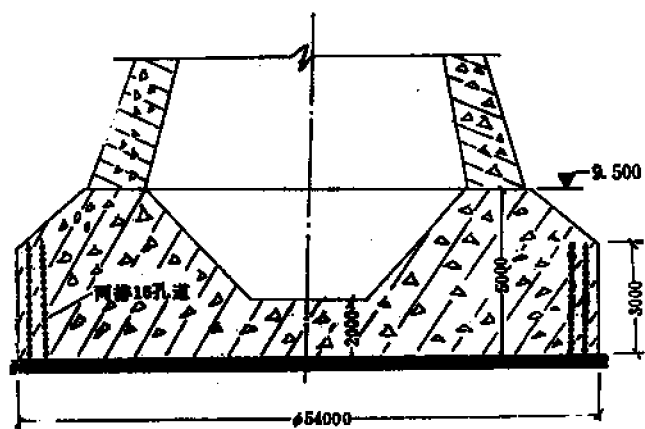


图 2.3.5(2) 环板承台基础剖面图

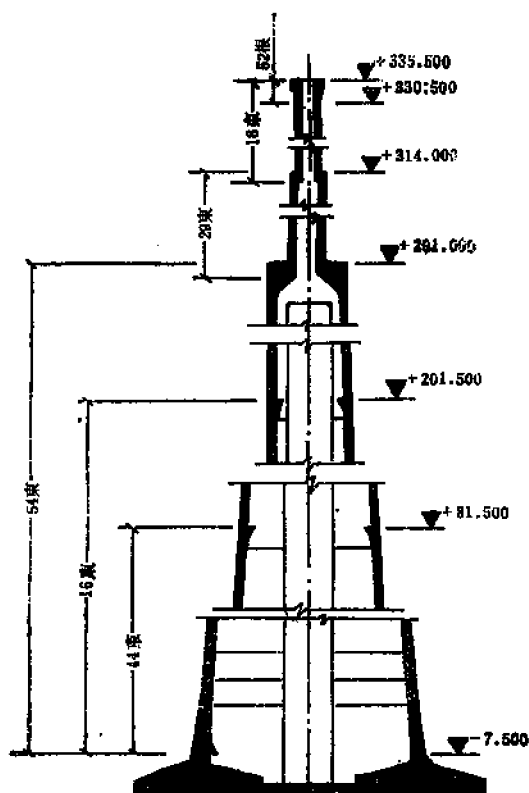


图 2.3.5(3) 纵向预应力筋布置图

铁喇叭管,孔道内穿 7 根 7 ϕ j5 预应力钢绞线,标准抗拉强度 $R_b=1470\text{MPa}$,理论重量 1.091 kg/m,设计控制应力 $\sigma_k=1029\text{MPa}$,总张力 $N=1008\text{kN}$,锚固用 QM15-7 型锚具及相应配套材料。

无粘接预应力筋采用 7 ϕ j5 钢绞线,外部包塑,使用单孔锚具。

孔道灌浆采用 525 $\#$ 水泥净浆,外掺膨胀剂和综合减水剂。

(二) 施工组织及工艺流程

预应力工程的施工,由科研所所长、高级工程师及有关人员组成项目班子,负责领导、管理和指挥。

预应力工程的施工安排主要分为材料加工与制作,孔道埋设,穿束,预应力张拉,水泥灌浆,封头施工,具体部署详见工艺流程图(图 2.3.5(4))。

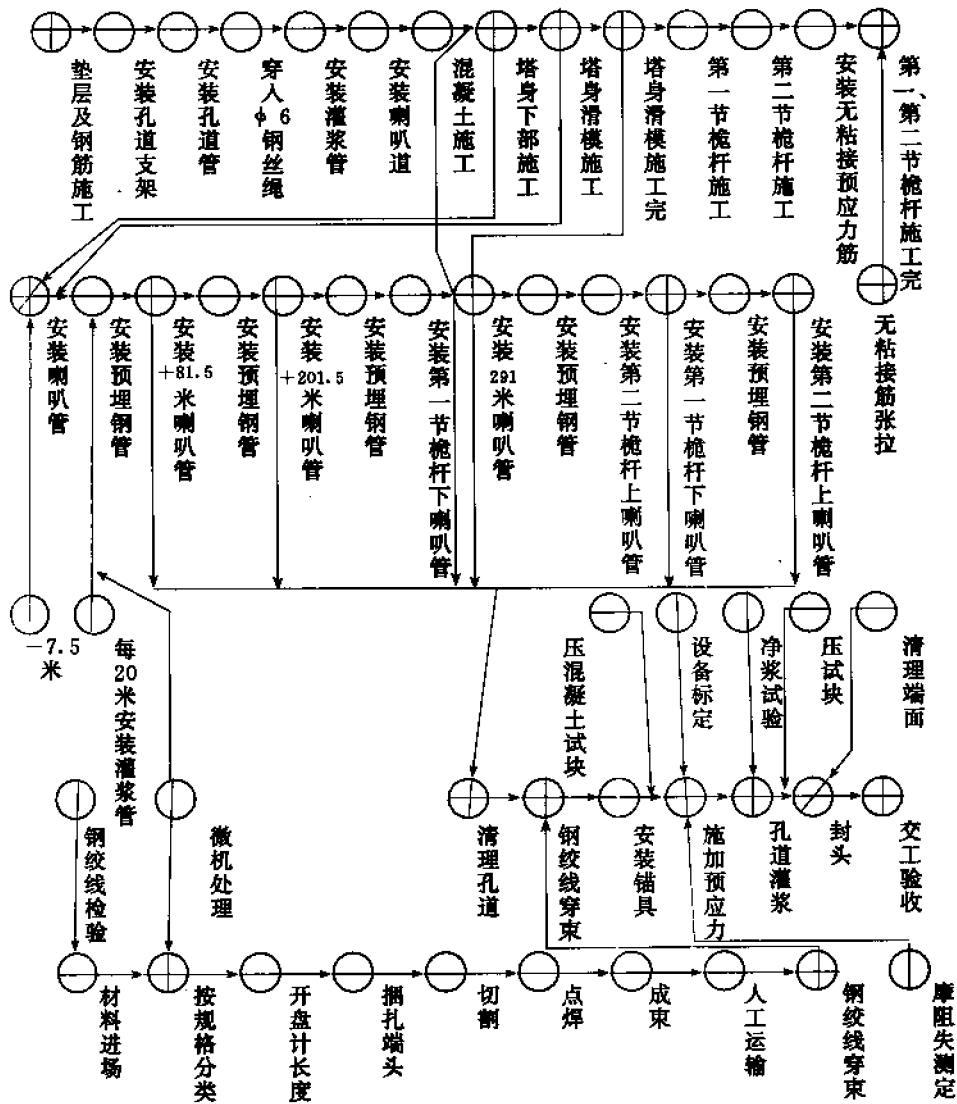


图2.3.5(4) 预应力工艺流程图

(三)主要施工方法及措施

1. 材料加工与制作

主要包括钢绞线下料、孔道管、灌浆管制作,各种辅助材料的加工。

钢绞线下料在施工场地进行,利用水平放线盘进行人工放线。

下料时采用砂轮切割机并用电焊封头。由7根钢绞线组成一束,每隔1.5~2m用铁丝捆扎。

预埋孔道钢管按要求进行弧度加工,接口采用大一号钢管加工成承插口,灌浆管采用 $1\frac{1}{4}$ 英寸钢管,根据具体情况制作、开孔、安装。

其他支架,螺旋筋等材料应同时进行加工,土建钢筋绑扎同时插入安装。

2. 孔道预埋

水平孔道预埋时要进行标高测定,支架调整,孔道一次成形,在安装孔道时预先穿入 $\phi 6$ 钢丝绳,并焊接承插口,灌浆管按全长分段,每根孔道安装4根,其位置设在孔道外侧斜上方,各灌浆相错10cm,孔道预埋后用 $\phi 6$ 钢丝绳及时清理孔道。

垂直孔道随塔身滑模施工逐步成型,每隔10m高用经纬仪或线锤进行测量校正,安装时承插口向上,在每层结构平台(20m)内安装两个灌浆管,灌浆管相距50cm,相错 180° ,在圆周方向开孔,并引至塔身内表面外。孔道埋设时,要防止杂物落入,预埋完的孔道要进行通球试验。灌浆管要编号。

桅杆孔道预埋方法与塔身相同,灌浆管在各节桅杆下部相应平台处设置一个(+291m和+314m标高)。

3. 钢绞线穿束

钢绞线穿束采用5t慢速卷扬机为牵引动力,水平孔道利用预穿 $\phi 6$ 钢丝绳将牵引绳带入门道,用专用双保险网套连接器将钢绞线与牵引钢丝绳连接,将钢绞线逐束穿入门道,保证两端外露长度相等。

纵向穿束在我国还是首次,由于我们施工前进行了充分准备,经过试验研究,选择自下而上穿束。以重球将引导钢丝绳($\phi 6$)牵引到上部,再将牵引钢丝绳带到下部,利用专用双保险网套连接器与钢绞线联接。上下使用无线电对讲机联系。穿束时用卷扬机牵引。当到达预定位置时,使用专用“V”型夹具固定钢绞线,拆换工作锚具,用手动葫芦安装到位。其余孔道依次类推。

4. 施加预应力

施加预应力是预应力工程的关键工序,由于钢绞线较长,采用4套设备对称张拉,根据规范要求,在达到控制应力后要进行超张拉,按现场实际情况,选择采用 $0 \rightarrow 103\%$ 的张拉程序。

张拉前要进行设备配套标定,并随机选择几孔进行摩阻损失测定,其值必须达到规范和设计要求,根据摩阻损失大小,计算相应的钢绞线伸长值,并符合规范在 $-5\% \sim +10\%$ 范围以内。

千斤顶行程为 15cm,对于张拉长钢绞线需进行多次反复张拉,才能达到要求,伸长值按 $0.2\sigma_k$ 计算,加各次张拉时的伸长值之和作为总伸长值。

锚夹具使用前要进行清洗,安装时应表面平整,各间隙均匀,特别是齿面不得有损坏、锈蚀等。

施加预应力时,保证两端张拉同时进行。

无粘接预应力筋是在桅杆混凝土施工时同时预埋,当混凝土达到设计强度后,即用单孔锚具进行张拉。

基础环板承台预应力张拉按顺时针将四只锚固柱分为 A、B、C、D 柱,其中 AC 柱为一组,BD 柱为一组,每个锚固柱张拉面分两排 8 孔,张拉顺序自下而上,先内再外,即 AC 柱内圈张拉完成后,进行 BD 柱内圈张拉,再返回 AC 柱外圈张拉,最后进行 BD 柱外圈张拉。

纵向预应力是先施工最短一段。而后逐步上升,最后张拉桅杆段,张拉采用 4 套设备,按逆时针对称进行,为了提高工效,保证质量、安全,对千斤顶安装根据上下工作面情况,制作了两种四套安装支架,保证千斤顶安装准确,使用灵活、安全、可靠。

5. 孔道灌浆

孔道灌浆在张拉后检查无误后进行,施工前对所使用的材料,包括水泥、水、膨胀剂、综合减水剂进行计量,并堆放到位。配合比按试验确定,水灰比为 0.4。

环板承台基础的灌浆是从孔道一侧的灌浆管开始,按逐节推进方法,最后控制灌浆压力在 0.7MPa 即可封闭孔道,此时,锚具端应冒出水泥浆方为合格。

纵向灌浆是采用全断面同时分层进行,按每天一个结构层,从下向上压浆,灌浆时控制灌浆压力在 0.7MPa 左右。每根孔道在上一层第二灌浆管冒浆时,即可停止灌浆。在第二天施工时从第一灌浆管开始,将前一天所灌的浆体与当天的浆体混合,保证孔道密实。在最后的灌浆段施工完后,进行局部或整体二次压浆,以保证上部端头浆体密实。一次压浆时间控制在 7~20h 内。

纵向灌浆管口采用球形阀门,逐层倒换使用,阀门拆卸后要及时清洗,管口同时用木塞重新封闭。

灌浆时按每班取样一组,进行流动度、强度等试验,试件强度要大于设计要求。

6. 封锚固端头

灌浆施工完成后,应及时对锚固头进行封闭处理,其方法是用砂轮机或气焊在离锚具 10cm 外切除多余钢绞线,而后用与塔身相同强度等级混凝土进行封闭端头,保证锚具及钢绞线不外露。

(四) 工期控制和进度安排

预应力工程是整个工程的一部分,因此在工期上应保证总工期正常实施的情况下制定进度计划,由于总进度安排中没有单独安排预应力施工时间,所以只能插入施工为主,整个预应力工程将分三个阶段进行,第一阶段施工基础环板承台部分,第二阶段施工塔身 80m 段部分,第三阶段施工 200m 段、291m 段、桅杆段部分。预埋孔道及无粘接预应力筋随主体施工时同步进行。

在各阶段施工中,对有交叉作业的情况,要以安全为前提,本着各工种互相支援、配合,在保证总工期顺利进行时妥善处理,内部要严格控制施工进度实施,具体工作内容及要求见表 2.3.5(1)。

表 2.3.5(1) 工作内容及要求

序号	名 称	规 格	数 量	劳 力	用 工	时 间	备 注
1	弯管	$2\frac{1}{2}''$	1150	3	18 根/班	64	—
2	套管	3''	5500	6	50 个/班	110	下料、焊接
3	支架		180	3	5 根/班	33	下料、焊接
4	套丝	$1\frac{1}{4}''$	4292	4	72 个/班	60	两端丝
5	灌浆管口	$2\frac{1}{2}''$	4548	4	72 个/班	63	开口、除毛刺、焊接
6	安装						随主体施工进行
7	钢绞线下料	7φ15	1498	18	12 根/天	84	
8	穿束	7×7φ5	214	20~90	4 根/天	54	长、短束平均
9	张拉	7×7φ5	214	16	7 束/天	31	两端张拉
10	测试		3	6	0.5 次/天	6	
11	灌浆	525#	64	20	3 根/天	8	不包括材料运输
12	灌浆	525#	25 层/次	20	1 层/天	25	
13	封头	400#	308	12		22	支模、浇混凝土

注:1. 用工、劳力项不包括技术管理人员;
2. 按总工期安排,分三个阶段进行。

(五)主要安全技术措施

预应力工程大部份施工都在隐蔽、高应力状态下工作,因此除常规安全措施外,还有些特殊要求,以保证工程顺利进行。

预埋孔道的接口处要保证平滑、无毛刺、无漏浆现象,安装完毕要及时清理孔道。

穿束用各种机具设备材料,必须严格检验,重要部件还应进行负荷试验。穿束时孔道正前方严禁站人。

张拉区前方不准站人,非施工人员不得靠近,对进行操作的人员要进行培训,严格执行操作规程。

对高空作业人员,在工作前要进行体检,不符合条件人员,不得上高空操作。

施工时要保证通讯工具完好,在没有联络好时不得随意进行施工。

各种设备机具在使用前要作全面运转检查,不得“带病”工作,使用时不允许超负荷工作。

灌浆操作人员应配备特殊防护用品。

在各项施工以前要进行全面技术安全交底,做到全体工作人员心中有数。

(六)主要机械设备材料

根据工程特点,工程中使用的机械设备主要分三大部分,即材料加工,张拉机具,灌浆设备。有些设备由于和土建配合作业使用,以及有些设备利用率较低,以现场配合使用和租赁解决,施工机械设备见附表 2.3.5(2)。

表 2.3.5(2) 主要机械设备材料表

序号	名 称	单 位	规 格	数 量	备 注
1	张拉设备	套	200t	5	包括油泵、顶压器、千斤顶、支撑架
2	张拉设备	套	20t	2	包括油泵、顶压器、千斤顶、支撑架
3	灌 浆 机	台	2m³/h	1	包括料斗,胶管
4	搅 拌 机	台	50l	2	
5	卷 扬 机	台	5t	1	配 450m 钢丝绳
6	切 割 机	台	400mm	1	
7	切 割 机	台	125mm	1	
8	电 焊 机	台		1	
9	气 焊	套		1	
10	手动葫芦	个	1t	6	
11	手动葫芦	个	5t	2	
12	对 讲 机	套		4	
13	台 座	个	150t	1	
14	台 座	个	10t	1	
15	承 力 架	个	200t	1	
16	φ6 钢丝绳	根	m	6200	
17	网套连接器	套		2	配若干网套
18	滑 轮	个	5t	6	

(执笔 叶渝)