# 竖向预应力在地下室工程中的施工

陆晓明　方美财
(宁波华丰建设集团股份有限公司，315040)

## 一 前 言

在电视塔、灯塔、吊塔等高耸结构中，为了抵抗水平荷载引起砼塔身中的拉应力，往往在砼塔体的受拉区布置竖向预应力筋。该竖向予应力筋一般锚固于高耸结构的地下室底板中，而其地下室底板则由一群抗压或抗拔桩支承。这种竖向予应力筋的长度一般为 60～200m，对于这类竖向超长予应力筋，一般采用大吨位低松驰钢绞线束及夹片锚固体系、有粘结后张法施工。下面通过工程实例介绍竖向予应力在地下室工程中的施工。

## 二 工程概况

浙江省黄龙体育中心主体育场，建筑面积 8 万平方米，由东西看台和南北吊塔组成。东西看台的屋盖网壳结构系由悬索斜拉于巾塔，即南北吊塔通过 36 根斜拉索支承着总面积为 22000 平方米屋盖的大部分荷载。吊塔为 88.5 米高的予应力钢筋砼筒体结构，内外墙体均为厚约 30cm～50cm 的钢筋砼结构。吊塔地上二十四层，地下室二层，底板厚度 1.9 米，底板由数十根人工挖孔桩支承。吊塔用于承担斜拉索巨大的水平的作用力。为保证塔高耸结构的强度与刚度，吊塔设计为有粘结竖向予应力结构，南北吊塔各采用 60 束予应力筋，每束为 7 $\phi^j$15.2，束径 45.6mm。予应力筋为低松驰钢绞线组成，强度为 $f_{ptk}$=1860N/mm²。根据吊塔及拉索施工工艺，吊塔中予应力束张拉施工分为以下几个阶段：

1：±0.00 以下予应力束予埋及张拉；
2：±0.00 至塔顶予应力束予留管道及穿束；
3：挂索前张拉十二层处一半予应力束；
4：挂索一半后，张拉十二层处另一半予应力束；
5：挂完索并调整索力后张拉二十四层一半予应力束；
6：屋面安装后张拉二十四层另一半予应力束。

## 三 吊塔地下室竖向予应力施工

竖向予应力在地下室结构中，从标高-9.10m 至-0.20m 标高为地下段，由于予应力束一端须埋入 1.9m 厚的砼底板中，因此予应力束的下端作为固定端，采用 QMJ 挤压式固定

端锚具，整个予应力束的制作与常规施工不同，它须将予留孔道、钢绞线、锚具、承压板等部件在地面制作组装好后，以约 10m 高的整束装置垂直放入予定位置，然后逐段绑扎非予应力筋和浇注砼，直至-0.20m 标高，待砼达到设计张拉强度后，进行予应力张拉灌浆工程，然后才可进行吊塔±0.00 以上砼施工，详见图 1。竖向予应力在地下室阶段的施工工艺流程见图 2。

予留孔道采用高频焊管，钢管直径 2.5″，钢管分段连接，见图 1。钢管长度按地下

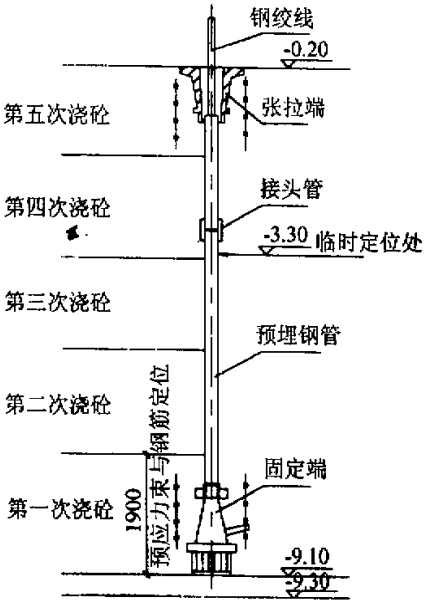



图1 预应力束安装示意图

室楼层高度配置，接头采用大一号管焊接连接，钢管与固定端喇叭形锚具的接口处采用胶带密封。钢管与灌浆管焊接连接，竖向采用分段灌浆。钢管定位沿竖向用 U 形卡焊接固定，每层设二个定位点，管口及灌浆口加盖密闭。

地下室的予应力筋束与管道及固定端锚具整套组装后予埋于墙板中。地下室底板上的外墙板(500 厚)施工缝须留设钢板止水带，钢板止水带遇到予留钢管处往外移位。固定端锚具和墙板中暗柱钢筋矛盾处，暗柱钢筋移位。±0.00 以上的予应力筋束分两种长度，一种在十二层楼面处张拉，束长 43.6m，一种在二十四层楼顶处张拉，束长 88.92m，两种长度的钢绞线均采用自上至下地穿束。穿束时，牵引钢丝绳与竖向予应力筋的连接是一项关键技术，应用专门的连接头。予应力筋采用单根穿筋后集合成束的方法，上端使用放线盘与动力及控制装置(临时卡具)，慢慢放入，下端至±0.00 处与连接器兼锚具 QML15－7 连接，使之传力至地下室底板。

予应力筋张拉顺序和原则。每个吊塔的两个塔肢内予应力筋应基本同步对称地张拉，张拉顺序为先张拉外墙板后张拉内墙板，先张拉轴线节点后张拉其余处，以确保受力均匀。

挂索后，南、北吊塔应对称施工，须至少配置四套 YCQ－150 千斤顶等张拉设备，以保证两塔四肢同步施工。

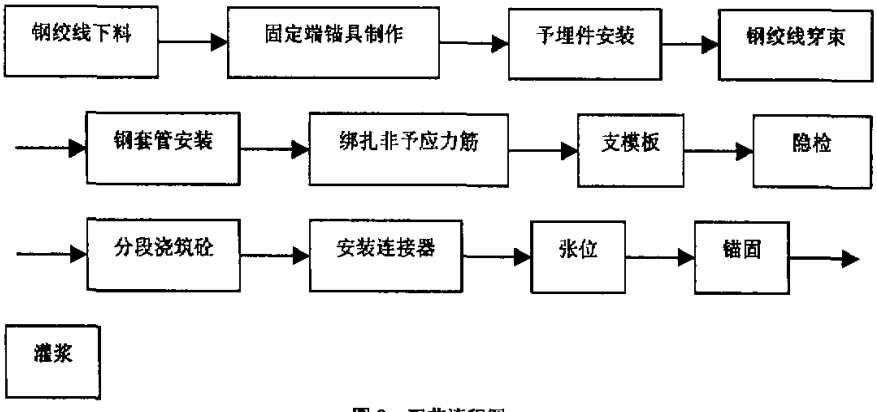



图 2　工艺流程图

## 四　几点技术措施

1.地下室予应力施工的难点：竖向予应力束组装件的安装定位，穿束后的钢筋组装件，在竖向除了用 U 形卡焊接固定于模板上之外，须在标高为－3.30 位置搭设固定予应力束(钢筋)的临时定位架，见图 1。穿束钢套管在安装中须保证其垂直度，垂直度就≤1 / 1000。地下室施工，如吊运钢筋和Φ48 钢管、模板及浇捣砼时，均应保护好已定位的高达 10m 的穿束钢筋。穿束后的钢套管，应杜绝再焊接，以免损伤其内的钢绞线。

2. 予应力筋的张拉

予应力筋的张拉控制应力：$\sigma_{con}=0.75f_{ptk}$

予应力筋的张拉控制拉力：$N_{con}=\sigma_{con}A_p$

予应力筋的张拉伸长值：$\Delta L=N_p \cdot L/A_p \cdot E_S$

式中：$f_{ptk}$——予应力筋强度标准值；

$A_p$——予应力筋截面积；

$N_p$——计算张拉力；

$E_s$——予应力筋弹性模量；

$L$——予应力筋长度。

采用先进的变角张拉技术，变角器为 BZQ15－7，予应力筋严格按 0～1.03 $\sigma_{con}$ 直接锚固制度执行。地上部分的予应力束长度很长，须要多次倒换张拉千斤顶的行程，因此锚具的夹片应能满足多次重复张拉的要求。竖向也宾摩擦损失由于孔道材料和竖向转角不同应事先测定。

3.竖向孔道灌浆:张拉后及时灌浆，间隔时间不超过 7 天，采用 UB－3 灌浆灌浆。水泥浆采用水灰比 0.4~0.45，525#普通硅酸盐水泥外加水泥重量 10%的 UEA 密实剂。灌浆由下至上，接力灌浆，在地下室底板上第一次灌浆。地上予应力筋张拉后，在±0.00 处灌

浆，然后每隔 20m 一段接力灌浆。对孔道上端泌水，采用二次补浆法。

4.张拉端予留施工洞处理地下室顶板(结构标高为－0.20m)上的内外墙板中，须留置张拉及连接器孔洞，如图 3 所示。此洞二侧的墙板钢筋被截断，待地下室竖向予应力张拉后，并在地上结构的予应力筋穿束固定后，方可连接墙板水平钢筋，并用高一级强度的砼封堵该施工洞。

## 五 结 语

1.地下室工程竖向予应力施工的重点是竖向予应力束组装件的安装定位，本工程由于作业指导书(施工方案)和技术交底详尽到位，垂直度及在倾斜墙体中的倾斜度得到保证，地下室施工中对组装件保护得好，故整个施工过程包括予应力束张拉均比较顺利。

2.竖向予应力束的固定端在地下室底板之中，应考虑砼的局部承压问题。本工程在底板锚固区，除在承压板上方附加了螺旋形钢筋外，还沿墙体水平方向附加了非予应力构造筋，确保砼局部抗压区的强度和邻近区的整体性。在地下室顶板上墙体中的张拉端，同样放置了非予应力构造筋及承压板，增强砼的局部抗压能力。

3.考虑到吊塔承受斜拉索巨大的水平作用力，吊塔地下室中离底板中性轴最远处的工程桩中是否出现拉应力?桩中拉应力多大?另一侧桩中压应力多大?故每个吊塔底板下有 4 根桩设了传感器，以检测其受力状态。

4.本工程地下室 120 束竖向予应力束，每束均在下端予留灌浆管，见图 1。在浇捣底板砼时，只有 2 支灌浆管被堵塞，后用电动冲击钻打通局部砼，清除堵塞的灌浆管，灌浆以后再用高一级强度的砼封堵。堵塞主要原因是灌浆钢管和固定端喇叭形锚具的连接不牢。