

全国送电线路杆型会议技术资料

2

# 110千伏送电线路 预应力混凝土电杆

西安电力设计院编

水利电力出版社

## 內 容 提 要

本书介绍了35及110千伏送电线路预应力混凝土直线单杆的设计、加工制造及試驗經驗。

本书可供送电线路的研究、设计、制造、运行人员参考。

## 110千伏送电线路预应力混凝土电杆

西安电力设计院编

\*

2134D613

水利电力出版社出版(北京西郊科学馆二里内)

北京市书刊出版业营业许可證出字第105号

水利电力出版社印刷厂排印

新华书店科技发行所发行 各地新华书店經售

\*

787×1092 $\frac{1}{2}$ 开本\*1 $\frac{1}{4}$ 印張\*28千字

1959年10月北京第1版

1959年10月北京第1次印刷(0001—1,500册)

統一书号: 15143·1710 定价(第9类)0.19元

# 目 录

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 第一章 緒論 .....                    | 2  |
| 第二章 預应力混凝土单杆設計 .....            | 6  |
| 2-1. 概述 .....                   | 6  |
| 2-2. 杆型選擇 .....                 | 7  |
| 2-3. 設計条件及計算原則 .....            | 9  |
| 2-4. 电杆断面及高度的确定 .....           | 12 |
| 2-5. 技术及經濟指标 .....              | 13 |
| 第三章 預应力混凝土单杆空心矩形截面的加工制造 .....   | 14 |
| 3-1. 所用的材料 .....                | 14 |
| 3-2. 制作先張法預应力混凝土电杆的張拉設備 .....   | 15 |
| 3-3. 空心矩形截面模板的制作与加工 .....       | 16 |
| 3-4. 先張法空心矩形預应力混凝土电杆的制作工艺 ..... | 19 |
| 第四章 預应力混凝土单杆的試驗 .....           | 24 |
| 4-1. 部件試驗 .....                 | 24 |
| 4-2. 整基試驗 .....                 | 29 |
| 第五章 結論 .....                    | 37 |

## 第一章 緒 論

在送電綫路工程中，廣泛採用鋼筋混凝土電杆，不但可以節約大量鋼材和降低綫路造價，而且可以減少運行維護工作量。我國在送電綫路建設中，對於鋼筋混凝土電杆的使用問題予以很大的重視，在設計、製造、施工和運行上都取得了巨大的成績。幾年以來，已被廣泛應用於35~110千伏的送電綫路上。目前正在進一步研究試驗，以期運用於220千伏的超高压綫路上去。

在110千伏電壓的送電綫路上，以往均採用Ⅱ型分節電杆。自1958年大躍進以來，採用了轉動橫担和使用了拉綫，大大地減輕了電杆在事故情況下的荷載，就為單杆替代Ⅱ杆創造條件，這樣，可以節約鋼材40~50%、節約混凝土50%和進一步降低造價。因而，在綫路中已得到了普遍的推廣與採用。

預應力混凝土電杆與其他預應力構件一樣，如與普通鋼筋混凝土相比，它具有一系列的優越性，可以節省用材（特別是能節約大量的鋼材），增加結構的抗裂性能和剛度、提高結構耐久性、延長電杆使用年限，在送電綫路上研究和應用預應力混凝土電杆更有重大意義。

預應力混凝土電杆由於應用了高強度的鋼材及高標號混凝土，電杆及配筋截面可減小、自重可減輕。採用預應力混凝土單杆可比非預應力單杆節約鋼材20~50%；其在技術和經濟上的特點可以綜述如下：

一、節約鋼材，防止裂縫。在送電綫路上採用預應力混凝土電杆不僅可以減少鋼含量，還可在構件起吊、運輸、安裝、

运行的过程中均能避免裂缝发展，根本上解决了普通钢筋混凝土电杆始终存在的缺陷。

二、预应力混凝土电杆所采用的材料是高强度的钢丝（或钢筋）、高标号混凝土因此构件有效截面可减少，用钢量少，刚度反而增加。因钢材标号愈高，钢材的“应力单价”愈小，从而得到了良好的经济效益。

三、预应力混凝土电杆截面可设计成最理想经济的截面，如变截面工字型、空心矩形等。按电杆不同方向设计不同配筋，因此往往较圆环形截面均匀配筋来得经济。

四、预应力混凝土电杆的加工制造可在各地的混凝土加工厂就地制造，视不同的条件采用各种不同的方法，不需离心设备和特制的钢模，既可进行生产又可节约运输费用，保证电杆质量。

根据其他使用预应力结构的经验，其造价一般较普通钢筋混凝土结构经济，而使用预应力混凝土电杆是否经济，现在还很难下结论。可以预料，在起初推广时其造价可能稍高些，随着今后推广使用范围扩大、机械化程度的提高，其造价一定会相应降低的，甚至可能较钢筋混凝土电杆为经济。

最后的结论还有待于今后通过试点工程使用后在实践中总结。

由于预应力混凝土电杆具有很多的优点，在国外已取得了普遍的应用。苏联在 35~110 千伏线路上已采用（如图 1-1 所示）。在 110 千伏双回路线路上采用了预应力混凝土直杆，主杆分成二节，环形拔梢断面。主杆内配置 60 $\phi$ 6 的

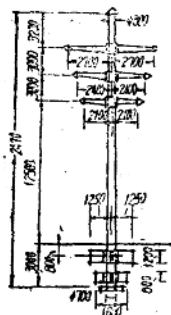


图 1-1 苏联 110 千伏双回路线路采用预应力混凝土直杆杆型

高强度冷拔变形鋼絲 $\sigma_p = 13,500$ 公斤/厘米<sup>2</sup>。用先張法施加預应力，張拉控制应力 $\sigma_{ak} = 8,775$ 公斤/厘米<sup>2</sup>（相当于 $0.65\sigma_p$ ），混凝土标号 600 号。導綫横担也是預应力混凝土的，断面为有圓錐形的拔梢環形断面，主杆与横担用特制的鋼筋混凝土套固定。基础采用上下卡盘以抵抗傾复，卡盘用普通鋼筋混凝土制成。

匈牙利已在20~35千伏的綫路上广泛采用預应力混凝土杆，它比普通鋼筋混凝土杆省鋼材30%，比鉄塔省70%。图1-2

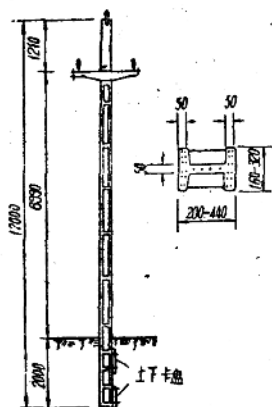


图 1-2 匈牙利的20~35 千伏預应力混凝土电杆

所示为20~35千伏預应力混凝土电杆。电杆用工厂台座先張法生产，主筋为 $\phi 5$ 毫米的鋼絲，极限强度 $\sigma_p = 15,000$ 公斤/厘米<sup>2</sup>，控制应力为10,500 公斤/厘米<sup>2</sup>，400 号的混凝土用 500 号及600 号的水泥配制，鋼箍用 $\phi 5.5$ 毫米的普通鋼筋。混凝土用附着式振搗器搗实。導綫横担也是預应力混凝土的。安装时将横担套入主杆。

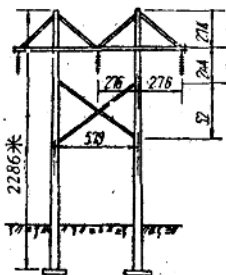
捷克在送电綫及电气化鉄道的接触网上也采用了預应力混凝土电杆，它比普通鋼筋混凝土杆可以节约鋼材及混凝土50%。預应力混凝土一般采用工字形截面，应力筋为扭結鋼絲，极限强度为 11,000 公斤/厘米<sup>2</sup>，混凝土用 600 号。电杆用工厂台座先張法生产，模板用鋼板做成。

在阿尔及利亚，于1941年即开始生产和采用預应力混凝土电杆，杆高从11米至20.5米。根据多年的运用經驗，认为在技术上和经济上都具有很大的优点。造价方面較之鋼結構及普通

钢筋混凝土为廉，运行维护费用则更为经济。在1941年架设在海滨地区的预应力混凝土电杆，于1953年进行观测时，未发现不良情况，电杆仍然好象新的一样。

阿尔及利亚采用的30千伏线路预应力混凝土电杆，应力筋为特制的 $\phi 5$ 毫米的钢丝，极限强度为14,000公斤/厘米<sup>2</sup>，混凝土为450~550号，采用先张法施加预应力，混凝土用高频振捣。横担也是先张法预应力混凝土结构，与主杆的联接是用套入的办法加以固定的。

图1-3所示为美国110千伏送电线路上采用预应力混凝土II型杆。横担也是预应力混凝土的，主杆与横担均系工字型截面，采用先张法生产。整基电杆自重约为11吨；每一根主杆重4.54吨，横担重1.8吨。应力筋为9.5毫米直径的钢丝索，横向钢箍用直径6毫米的钢筋间，隔10厘米。



我国送电线路采用预应力混凝土电杆问题的研究，西安电力设计院、长春电力设计院等单位作了许多工作，他们先后对110及220千伏的预应力混凝土电杆作了设计和试验研究。随后，电力建设科学技术研究所也对330千伏后张法预应力混凝土电杆进行了研究试验；还研究试制了预应力芯棒环形电杆和离心浇制的先张法预应力环形电杆，并进行了部件试验。

在研究试验110千伏线路II型预应力混凝土电杆之后，即开始对预应力使用单杆方案进行分析和研究。在研究单杆方案中，对拉线与无拉线二个方案进行了分析。无拉线方案因其荷载较大，最后只选定空心矩形一种进行研究试验，并已取得初

步結果。

总的說来，我們对于預应力混凝土电杆已經进行几年的研究試驗工作，也取得了一些結論；但是还未在具体工程中实际运用，还缺乏大量制作和架設运行的經驗。希望能根据具体情况，选定在某几个工程中使用，以便累积經驗，为今后大量推广与使用創造条件。

本文旨在介紹 110 伏預应力混凝土单杆的設計、試制和試驗情况，并附有一般的設計理論和无拉綫杆的計算书，以供参考。

## 第二章 預应力混凝土单杆設計

### 2-1. 概 述

目前在 110 千伏的送电綫路上广泛采用轉动横担的普通钢筋混凝土单杆。II 型电杆只是在大荷載、重冰、重雷以及居民区使用。单杆一般都安装拉綫，以承受正常及事故情况下的荷載，与无拉綫相比較可以節約鋼材 15%，降低造价約 10% 左右。但从施工安装、运行維護、占据耕地等方面而言，显然以无拉綫为优，因此二者互有利弊，必須同时加以研究設計，以便根据具体情况来选用。

本設計的单杆方案包括打拉綫和无拉綫两种。头部布置考虑了带电作业的要求，横担为轉动横担。

无拉綫电杆，高 20 米，分成 10 米二节，电焊接头，主杆为带有坡度的空心矩形，頂部  $20 \times 20$  厘米，底部  $60 \times 40$  厘米，壁厚 4.0 厘米，在实际制作时为了便于施工短边方向改为 4.5 厘米，长边方向仍为 4.0 厘米。每米平均重 132 公斤。

打拉綫单杆采用等截面預应力芯棒环形电杆及空心正方形电杆两种。芯棒环形电杆高24米，分成 $9+9+6$ 米三节电焊連接，环形断面外徑30厘米，壁厚5.5厘米，每米重110公斤。

拉綫空心正方形电杆高24米， $25\times 25$ 厘米，壁厚4厘米，每米重88.5公斤，分成 $3\times 8$ 米三节，电焊接头。如运输条件許可，可以分为12米二节。

預应力混凝土电杆的应力筋为极限强度 $14,000\sim 16,000$ 公斤/厘米<sup>2</sup>的鋼絞綫及高强度鋼絲，其他鋼材均为 Ct-3 普通鋼材。所需用鋼材如与普通鋼筋混凝土电杆相比，可以节约鋼材50%左右。

預应力混凝土单杆导綫横担与主杆的联結是这样的：在主杆內預埋的鋼板上焊上托板，导綫横担搁置于托板上。当电焊或气焊时鋼板发热膨胀与混凝土表面脫开，故联結不好。改善的方法是設置抱箍，使得导綫横担搁置于抱箍上。或将托板与預埋的鋼板先行焊牢，再一起埋入电杆內。

## 2-2. 杆型选择

110千伏单杆的导綫排列方式以“上字形”和“克里米亚型”二种为最普遍。克里米亚型，在电气上較对称；同时又可在部分山岳地区利用地形；大风地区减少导綫碰綫机会。以受力情况而言，无拉綫杆采取上字型較好，可以减小控制弯矩。对拉綫杆，如拉綫打在下横担以下，則上字型弯矩較小。

在本設計中，如果采用上字型排列較克里米亚型排列其控制弯矩减少仅3%，故选定了克里米亚型的导綫排列方式。

根据最近召开的西安杆型會議的意見，认为拉綫单杆的拉綫宜打在下横担以下，又为了加工制造的方便，少一个預埋鉄管穿孔零件。单杆推荐采用上字型排列。

考虑带电作业导线间的垂直距离为 3.8 米。导线对杆身中心的距离为 1.9 和 2.5 米。均可满足正常电压及过电压条件下导线对杆塔接地部分(包括对拉线)的间隙要求。结合在大气过电压条件下导地线间要保持一定空气间隙的要求,对无拉线杆其保护角为  $27.2^\circ$ , 拉线杆则为  $23.5^\circ$ 。

(接地引下线在本设计中未列入,使用时可用 C-35 铜绞线沿杆身引入接地装置,或在电杆内预埋  $\phi 9$  的洋元作为引下线。)

单杆的杆型图分别见图 2-1。

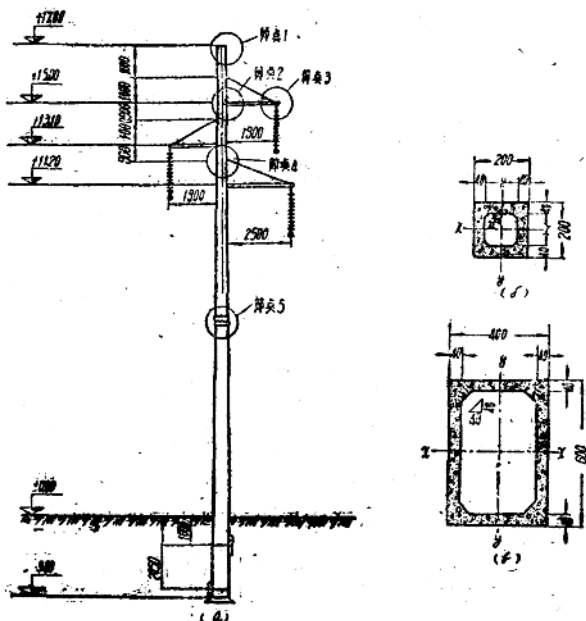


图 2-1 110千伏预应力混凝土单杆杆型图

| 构 件 名 称                | 鋼 材<br>(公斤)CT <sub>3</sub> | 鋼 絞 綫<br>(公斤) | 混 凝 土<br>(立方米) |
|------------------------|----------------------------|---------------|----------------|
| 主 杆                    | 90.00                      | 109           | 1.056          |
| 导 綫 橫 担                | 68.49                      |               |                |
| 基 础                    | 30.20                      |               | 0.241          |
| 每 基 总 和                | 188.69                     | 109           | 1.375          |
|                        | 297.69                     |               |                |
| 100 公 里 总 和<br>(鋼材以吨計) | 9300                       | 53.80         | 679            |
|                        | 146.80                     |               |                |
| 100 公 里 杆 基 数          | 494 (档距利用系数0.9)            |               |                |

注：实际制作时电杆短边方向改为4.5毫米。

### 2-3. 設計条件及計算原則

1. 为了使本設計能有較大的适用范围和有一定代表性，气象条件选定为常用1級气象区，导綫牌号为AC-150，地綫C-35。导綫安全系数2.5，地綫最大应力36公斤/毫米<sup>2</sup>。

导綫綫夹采用固定綫夹，轉动橫担，启动力200公斤。也可加强橫担的保險螺栓，作为固定橫担，采用釋放綫夹。

2. 采用档距：水平档距为225米，垂直档距为300米。

3. 張拉方法的选定：施加預应力的方法一般有先張法和后張法两种。先張法宜用于較小截面的預应力混凝土构件，可在工厂成批生产，生产效率高，能保証質量。后張法宜用于較大截面混凝土的构件，一般在施工現場張拉，生产效率較低。由于电杆构件一般截面不大，施工現場过于分散、条件較差、交通运输不便、流动性也大。故电杆适宜于工厂成批生产，运至工地后組立安装。

考虑到线路工程的特点，同时结合国外的建设经验，我们采用先张法制造预应力混凝土电杆。

4. 应力筋的选定和数据：一般以采用高强度钢丝和高强度钢绞线较为经济，而采用钢绞线优点更为显著。绞线表面呈螺旋形增加与混凝土的粘结力，不需表面加工处理。能在先张法结构中自锚可以降低成本；较钢筋和钢丝束柔软，便于操作运输；弹性模量较低，由于混凝土收缩徐变所引起的应力损失较小。所以采用 C-50 不镀锌的钢绞线作为应力配筋电杆中的主筋。

C-50 钢绞线的极限应力，经试验  $\sigma_p = 14,000$  公斤/厘米<sup>2</sup>，弹性模量  $E_a$  取用  $1.8 \times 10^5$  公斤/厘米<sup>2</sup>。

控制应力取：

$$\sigma_{ak} = 0.685 \quad \sigma_p = 9,600 \text{ 公斤/米}^2。$$

考虑蒸汽养护，温差  $\Delta t = 250^\circ\text{C}$ ，如温差较大，可以提高控制应力，但以不超过  $0.7\sigma_p$  为宜。

应力损失：

$$\sigma_n = 1,500 + 20\Delta t = 1,500 + 500 = 2,000 \text{ 公斤/厘米}^2；$$

$$\text{钢筋中预应力：} \sigma_{an} = \sigma_{ak} - \sigma_n = 7,600 \text{ 公斤/厘米}^2。$$

受压区钢筋中应力：

$$\begin{aligned} \sigma'_a &= \sigma'_{an} - \sigma_{ap} = 7,600 - 1.8 \times 10^5 \times 2 \times 10^{-3} \\ &= 4,000 \text{ 公斤/厘米}^2。 \end{aligned}$$

应力配筋电杆的混凝土为 400 号。张拉浇灌后当混凝土强度达到 70% 以上的设计强度时，允许放松钢筋和起吊。

5. 无拉线电杆以纯弯构件计算；在地面外增大纯弯弯矩 10%，以考虑产生挠度后所引起的附加弯矩。

事故断线时，在本设计中不考虑地线的支持作用。

6. 除了计算正常、事故（包括地线拉力差）情况下的抗弯强

度和抗裂性外，还驗算了断綫及地綫拉力差时同时受扭及受弯的重迭作用，受扭时考虑混凝土的塑性系数1.6。

同时受扭受弯的主拉应力初步驗算的方法如下：

1) 由于扭矩引起的剪力： $\tau = \frac{M_k}{1.6W_k}$

( $M_k$ 及 $W_k$ 分别为扭矩及抗扭断面系数)

2) 由于弯矩在受拉区域边缘混凝土的应力

$$\sigma_s = \sigma_{s1} + \frac{M_y}{J_n} = \sigma_{s1} + \frac{M}{W_n}$$

( $\sigma_{s1}$ 为混凝土的預压应力， $\frac{M_y}{J_n}$ 是拉应力，所以 $\sigma_s$ 可能是拉应力也可能是压应力)

3) 主拉应力  $\sigma_{sp} = \frac{\sigma_s}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_s}{2}\right)^2 + \tau^2} \leq \frac{\sigma_k}{k}$

## 7. 土壤特性

假定：容重 $\gamma = 1.7$

安息角 $\varphi = 30^\circ$

地耐力25吨/米<sup>2</sup>

电杆的恢复弯矩很大，埋設上下卡盘以抵抗之。

## 8. 结构的安全系数

普通鋼筋混凝土及鉄件的安全系数同一般設計。

預应力构件(按H-143-52规范破坏理論設計)

| 工作情况     | 安全系数 |       |      | 备 注       |
|----------|------|-------|------|-----------|
|          | 强 度  | 抗 裂 性 | 主拉应力 |           |
| 正 常 情 况  | 2.1  | 1.2   | 2    | 考虑动力系数1.5 |
| 事 故 情 况  | 2.0  | 1.2   | 1.8  |           |
| 放松鋼筋部件起吊 | 1.5  | 1.1   | —    |           |

注(1)事故情况考虑横担绝缘螺栓不均匀质的影响, 所以强度及抗裂性的安全系数较一般稍大。地线拉力差作用的时间并不是短暂的, 由于作用于顶部, 所引起的挠度也较大, 所以安全系数与事故情况下的相同, 较一般稍大。

(2)电杆所承受的风力荷载, 与一般的动力荷载不同, 在使用荷载下, 受压区边缘纤维混凝土压应力, 不考虑需满足小于 $0.4R$ 的规定。

9. 电杆整基起吊, 经验算后, 采用二支点起吊, 可以保证强度及抗裂性。在具体安装起吊时, 需另按实际情况进行核算, 考虑动力系数1.5后须保证: 抗裂安全系数1.1; 强度安全系数1.5。

## 2-4. 电杆断面及高度的确定

1. 电杆断面曾考虑空心矩形、圆环形及工字形三种, 经分析比较结果, 工字形断面抗扭性较差未加采用。

如采用拔梢芯棒环形断面, 需配置的芯棒较多(耗钢量多), 芯棒间距过小, 浇制外围混凝土很难保证质量, 所以未加采用, 因此选用了带有坡度的空心矩形断面。该截面抗扭、抗弯性能好, 特别是在受弯、扭重迭作用下强度较其他截面大, 而且用材经济。

2. 电杆高度按照现场运输、施工起吊、杆身稳定及经济效益比较后, 不宜高于22米, 经用18、20、22米三杆高作经济比较结果, 其相对百分数如表2-1所示:

表 2-1

| 杆 高<br>(米) | 钢 材 用 量 | 混 凝 土 用 量 | 絕 緣 子 用 量 |
|------------|---------|-----------|-----------|
| 18         | 102     | 113.5     | 125       |
| 20         | 100     | 100       | 100       |
| 22         | 102.5   | 101       | 84        |

注: 以百公里比较, 包括金具、接地装置等在内。

由表 2-1 可知，以用鋼量及混凝土量而言，以杆高 20 米为最經濟，就整个投資而言，以 22 米較為經濟，但投資相差甚微，約为整个投資的 1%，考虑到电杆的細长比不宜过大及耗鋼量二方面，故取用 20 米，档距为 225 米。

綜上所述，我們采用下列断面：

电杆頂部断面  $20 \times 20$  厘米，底部  $60 \times 40$  厘米，壁厚 4 厘米，分为二节  $2 \times 10$  米，采用鋼板电杆接头。最重部件重量为 1,600 公斤。

电杆的加工制造图，列于图 2-2 (見书末插頁)。

## 2-5. 技术及经济指标

采用預应力混凝土单杆，与普通钢筋混凝土单杆相比較，其經濟效益列于表 2-2 中。

表 2-2 中所列数据，只考虑主杆、拉綫、卡盘及拉綫盘的指标，并取档距利用系数为 0.9。其預应力混凝土杆需用一部分鋼材为高强度鋼絲(約 12~36%)。表中沒包括造价指标。

表 2-2

| 比較項目<br>电杆类别   | 鋼 材              |      | 混 凝 土            |       | 每 百 公 里 指 标 |      |            |       | 备 注                                       |
|----------------|------------------|------|------------------|-------|-------------|------|------------|-------|-------------------------------------------|
|                | 整基<br>用量<br>(公斤) | (%)  | 整基<br>用量<br>(米³) | (%)   | 鋼 材         |      | 混 凝 土      |       |                                           |
|                |                  |      |                  |       | 用量<br>(吨)   | (%)  | 用量<br>(米³) | (%)   |                                           |
| 預应力空心<br>矩 形   | 298              | 78.4 | 1.375            | 101.8 | 146.8       | 78.4 | 679        | 101.8 | 其中有36.6%的<br>用鋼量为鋼絞<br>綫<br>水平档距相同来<br>比較 |
| 非預应力环<br>形 断 面 | 380              | 100  | 1.351            | 100   | 187.5       | 100  | 667        | 100   |                                           |

根据比較，应用預应力混凝土单杆可以节约鋼材 22~46%。在技术上也有一系列的优点，特別在运输、起吊和安装的过程

中，可以防止裂縫的开展，根本上解决了送电工程中电杆裂縫的問題。

关于造价問題，由于开始采用时，工厂不能大量生产和操作不够熟練等原因，可能要比一般混凝土杆稍高。但随着大量采用及生产工厂化后，造价也是可以进一步降低的。

### 第三章 預应力混凝土单杆空心 矩形截面的加工制造

#### 3-1. 所用的材料

預应力混凝土单杆的制作与加工較为复杂，有关这方面的生产制造方法及經驗介紹不多，我們結合了已有一些制造經驗，利用土設備土办法簡化預应力混凝土电杆的加工制造工艺，現簡述如下：

电杆截面內配筋是采用 C-50，即  $7\phi 3.0$  不鍍鋅鋼絞綫，破坏强度  $\sigma_p = 14,000$  公斤/平方厘米。并施加預应力。自錨与混凝土粘結。主杆下段配有 16 根 C-50 鋼絞綫。鋼絞綫的彈性模量約为  $1,800,000 \sim 1,900,000$  公斤/平方厘米。上段配有 10 根 C-50 鋼絞綫。

混凝土采用 400 号。石子要求花崗碎石，其最大粒徑为鋼絲間淨距的 85%，粒徑为 5~15 毫米。

混凝土配合比設計为 1:1.28:3.53 (重量比) 水灰比 0.4。每立方米混凝土內的用水量 185 公斤，500 号水泥 462 公斤，砂子 592 公斤，石子 1,632 公斤。通过 28 天后，混凝土試块强度基本上滿足要求。

### 3-2. 制作先張法預应力混凝土电杆的張拉設備

我們設計截面配筋內採用了鋼絞綫，因而配筋量显著地減少，大大簡化了施加預应力的工序。单杆受力大，配筋較多，全部傳遞預应力有80吨左右，宜用槽形台座。拉力架用型钢或鋼板并焊即成。我們制作預应力混凝土所用的一套張拉設備均是利用原有的一些旧料加以改裝即成；用最簡單的工具，土办法制造加工預应力混凝土电杆，施加預应力是用拉力表，倒鏈通过滑輪控制預应力值。

1. 槽形台座：是用現有  $\phi 400$  水泥杆（每段長5米）对焊并成水泥杆。壁厚60毫米，全長25米，台座壁間距1.6米，利用10个杆段并接，在台座內可同时加工两个10米杆段。

台座两端用澆筑混凝土墩加大，增强台座与拉力架支承面积，通过驗算  $\phi 400$  水泥杆，是能保証張拉时强度安全。台座壁沿全長每隔一定距离对縱、橫方向需作加固防止受力后变形与撓曲。

2. 拉力架：是利用原有 I 型钢板并梁，用二个鋼梁迭起同时使用，要求拉力架与台座壁接触良好。避免由于接触不良引起局部应力使台座端头呈現裂縫。

3. 拉力杆：是用  $\phi 25$  螺杆，一端套有絲扣通过拉力架，待施加預应力后擰紧螺母傳遞于拉力架上一端与夹具相联与預应力鋼絞綫鉗固。張拉是单根进行的，单根張拉不但省去千斤頂、油泵等設備，而且簡單准确，易控制施加力量，使所有預应力鋼絞綫力量均等。将好几根鋼絞綫一起同时張拉难以保証每根絞綫預应力的一致性。

4. 夹具：用鋼絞綫作預应力配筋对鉗固夹具处理較为困难，因每根絞綫受預应力大，就 C-50 鋼絞綫而言，单根絞綫所