

預应力混凝土变电架構

電力建設科學技術研究所著

水利電力出版社

內 容 提 要

本文扼要地介紹了水利电力部在电力工业建設中研究、推广使用預应力混凝土变电架構方面的主要情况及成果，并着重地介紹了对 220 千伏預应力混凝土变电架構研究、試驗的主要結果，同时借以闡明所探討的設計理論、構造、工艺的正确程度和实用价值。

預应力混凝土变电架構

电力建設科学技术研究所著

*

1586D452

水利电力出版社出版（北京西郊科學路二里路）

北京市書刊出版業營業許可證出字第100号

水利电力出版社印刷厂排印 新华書店发行

*

787×1092 $\frac{1}{32}$ 开本 * $\frac{1}{4}$ 印張 * 12 千字

1958年10月北京第1版

1958年10月北京第1次印刷（0001—3,100册）

統一書号：15143·1238 定价（第9类）0.08元

目 录

§1	序言	1
§2	預应力混凝土变电架構的結構及張拉方案	5
§3	应力分析与断面計算	10
§4	預应力筋的錨固	12
§5	荷重試驗的主要結果	14
§6	技术經濟指标及比較	18
§7	小結	20

§1 序 言

在我国社会主义建设的年代里，电力工业巨大发展的结果，就是大、中容量电厂，高压和超高压输、变电工程建设任务日益繁重。在建设中，更节约地使用钢材和资金，是保证我国各项建设能以更高速度发展的重要条件。日益发展的装配式钢筋混凝土建筑向我们实际提出需要和可能走予应力道路。如所周知，在我国电力工业建设中早就成功的和广泛的使用装配式钢筋混凝土送电线路杆塔、变电架构、大跨度屋架，输煤、供热及压力水管等建筑中；装配式钢筋混凝土送电线路杆塔的生产工厂已遍布全国各主要地区，特别是近几年来，几乎在所有的高压输、变电工程中全面推行装配式钢筋混凝土结构代替钢结构，为国家节约了大量的钢材和资金。

图 1、2、3 为

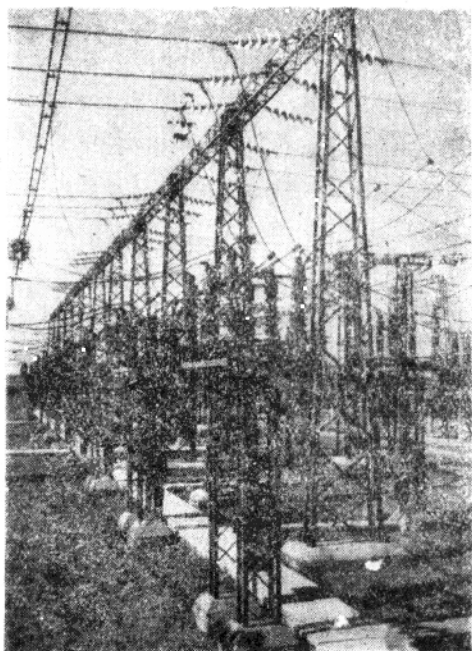
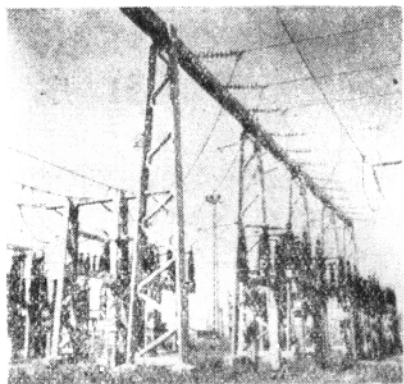


图 1 46千伏钢结构变电架构

几种不同的鋼筋混凝土架構和鋼結構：

为进一步滿足电力建設需要，更严格的節約鋼材和資金，根本提高鋼筋混凝土結構質量和扩大裝配式鋼筋混凝土使用範圍；我們以很大的力量和兴趣，对予应力混凝土的推广使用展开了全面的研究，并大力进行新产品的試制和試驗工作。从已經获得的部分研究成果来看，效果是很大的。我們曾作过这样的統計：建設一个12万千伏安的220千伏变电所，采用鋼結構变电架構，全部屋外配电裝置消耗鋼材約为360吨，合3公斤/千伏安；建設一个4万千伏安的110千伏变电所，采用“161型”裝配式鋼筋混凝土变电架構，消耗的鋼材約为65

吨，合1.6公斤/千伏安；容量为2万千伏安的35千伏变电，采用“144型”裝配式鋼筋混凝土变电架構，鋼材消耗为0.8公斤/千伏安；容量为2万千伏安的110千伏变电所，采用“АП型”



〔图2 110千伏“161型”鋼筋混凝土变电架構

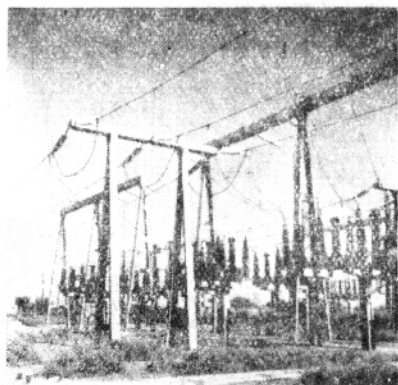


图3 110千伏“АП型”鋼筋混凝土变电架構

鋼筋混凝土变电架構，鋼材消耗0.6公斤/千伏安；而采用預应力混凝土变电架構建筑的110千伏变电所，容量也是2万千伏安，鋼材消耗仅为0.3公斤/千伏安左右。

第二个五年計劃內建設的变电所总容量將不下二亿千伏安。設以采用鋼結構、鋼筋混凝土結構和預应力混凝土的变电架構平均消耗的鋼材分別为3.0, 0.6和0.3公斤/千伏安来計算，則采用預应力混凝土变电架構比鋼結構節約鋼材54万吨，比裝配式鋼筋混凝土变电架構節約鋼材6万吨。6万吨鋼材可以建設110千伏送電綫杆塔6~10万公里，相当于第二个五年計劃中送電杆塔建設任务一半左右。

图4、5、6、7为几种不同的預应力混凝土架構：

預应力混凝土在我国发展速度是任何資本主义国家所望尘莫及的，1956年我們还只是主要在研究阶段，1957年就使用1万多公尺³，在1958年則將使用30~40万公尺³；在这方面，我們不是需要十几年而只是要很短的时间就可以把英国、美国都

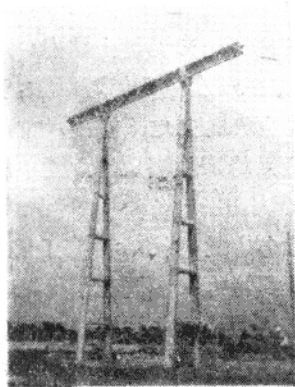


图4 裝配式預应力混凝土220千伏綫架構

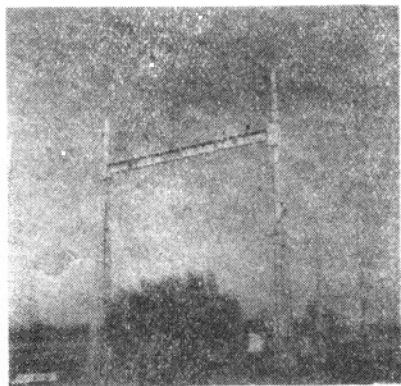


图5 裝配式預应力混凝土220千伏出綫架構

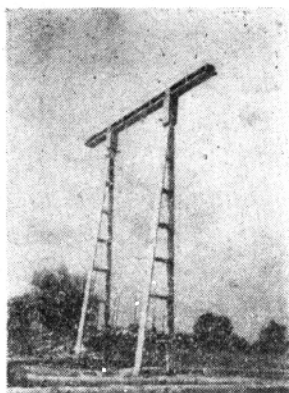


图6 装配整体式预应力混凝土 220 千伏母线架构

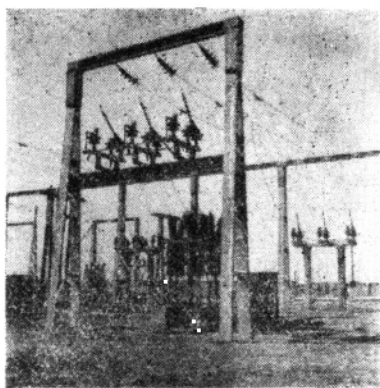


图7 装配整体式预应力混凝土 35千伏变电架构

抛在后面。

在电力建设方面，特别是在送变电方面广泛采用预应力混凝土结构更具有最优越的条件和最迫切的需要；设计标准化和生产工厂化是保证最大限度的推广使用预应力混凝土结构；减轻结构重量，增强混凝土抗裂性，特别是使得送电杆塔运输，安装工作大为简化；在 220 千伏及更高电压的变电架构中，如果不是预应力混凝土架构，则会不可避免的产生严重的裂缝，因而不能使用。

我们生活在这样“一天等于二十年”的时代，我们有光荣的中国共产党的领导，我们是六亿人民办电，我们有最优越的社会制度和无比的冲天干劲，预应力混凝土变电架构在我国必将用最快的速度蓬勃发展，并不断的改进和不断完善，在我国和世界和平建设事业中起到应有的作用。

在我部、预应力混凝土还很年青，经验不多，系统的研究

試驗工作作得还不够，特别是对各部及国外的新技术和先进經驗了解和学习不够，迫切需要交流經驗，虛心学习，以茲提高。

§2 預应力混凝土变电架構的結構及張拉方案

預应力混凝土变电架構是采用簡單的 A 形桁架和 π (或 II) 形剛架超靜定結構。

在順綫路方向用 A 形柱来担負导綫水平張力和正面风力。这种正面水平荷重主要集中于柱頂，即 A 形桁架兩弦杆中心綫交点处，于是腹杆应力很小，可以忽略而按構造設置水平腹杆；这种桁架的弦杆不会由于采用水平腹杆而产生危險的弯矩，所以弦杆可以作得很薄，一般用 $b=5\sim 8$ 公分或 $b\approx \frac{l}{30}$ (b 为弦杆厚度， l 为腹杆层距)。

在垂直于綫路方向組成 π 形剛架結構来担負側面风力、导綫分力(当导綫帶有角度时)及垂直荷重。采用剛架結構显著的減小了側向弯矩和增加架構的刚度，使得構件的基本断面可能作得很小，一般采用 $a\approx \frac{l}{20}$ 及 $a_{cp}\approx \frac{h}{30}$ (a 为梁高， l 为梁的跨度； a_{cp} 为柱弦杆平均寬度， h 为柱高，自基础頂面算起)。

梁与柱的连接用予埋角鋼电焊(見图 8)；柱脚則嵌固于杯型基础中(見图 9)，靠后灌混凝土的粘結力来担負柱弦杆的拉力而不再設置任何鋼的零件。

220 千伏变电架構一般的尺寸大，用裝配式块体組成，块体内按照予应力筋位置予留孔洞，用灰漿拼縫，用張拉預应力

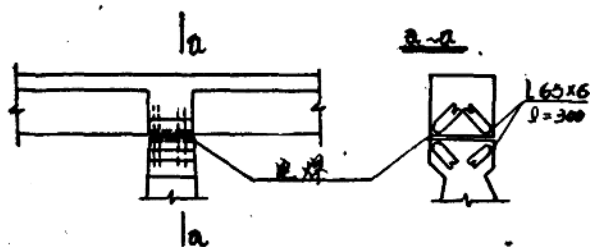


图 8 預应力混凝土220千伏母綫架構梁、柱連接大样

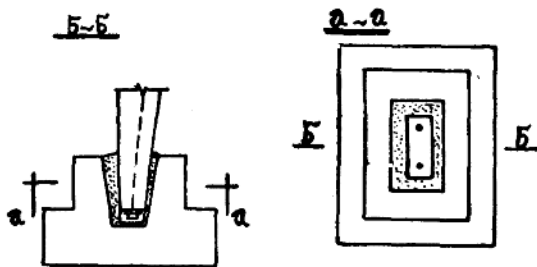


图 9 預应力混凝土220千伏母綫架構柱脚与基础連接大样

筋的方法把块体組成構件而不再为块体連接設置任何鋼的零件；在鋼筋張拉完后再向孔道內补充灌漿以恢复預应力筋的粘結力。

在所拟定的結構方案中即已考慮到采用直綫形的預应力筋以便采用任何种类預应力筋，包括中等強度的螺紋鋼筋和高強度的鋼絲束或鋼絞綫。設計实用鋼絞綫 $19\phi 2.6$ 公厘(外徑 $d=13$ 公厘)，預应力筋的布置見图10, 11。

采用鋼絞綫作預应力筋的主要优点是：(1)比一般鋼筋節約大量鋼材，如比尤。節約2倍左右(2)比高絲束制作簡單，鋼絞綫是工厂加工好的，工地不需再整直鋼絲、編織鋼絲束等，

节约大量劳动率(3)粘結力好(4)布置紧凑,孔洞小等。对于电力工业部門來說,还可利用輸电綫路的旧地綫、拉綫等作到物尽其用。

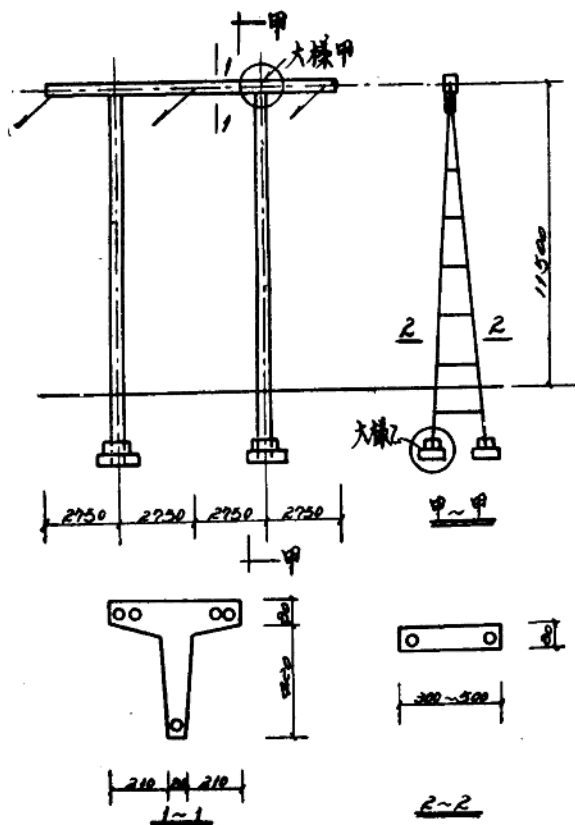
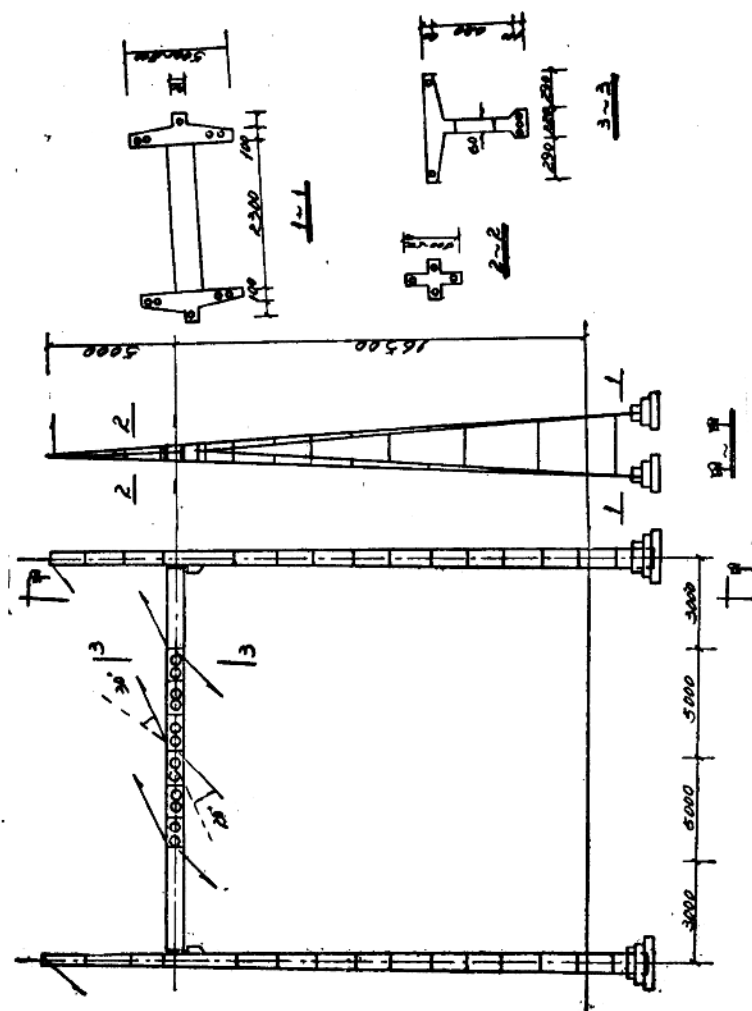


图10 装配式預应力混凝土220千伏母綫架構構造图



35~110千伏变电架構一般的尺寸較小，且使用数量更多，要求有較高的生产效率，采用裝配整体式預应力混凝土变电架構。其預应力部件用矩形断面的簡單外形，可在長綫台座上大量生产。設計采用高强度鋼絲作預应力筋。但考虑我国鋼絲供

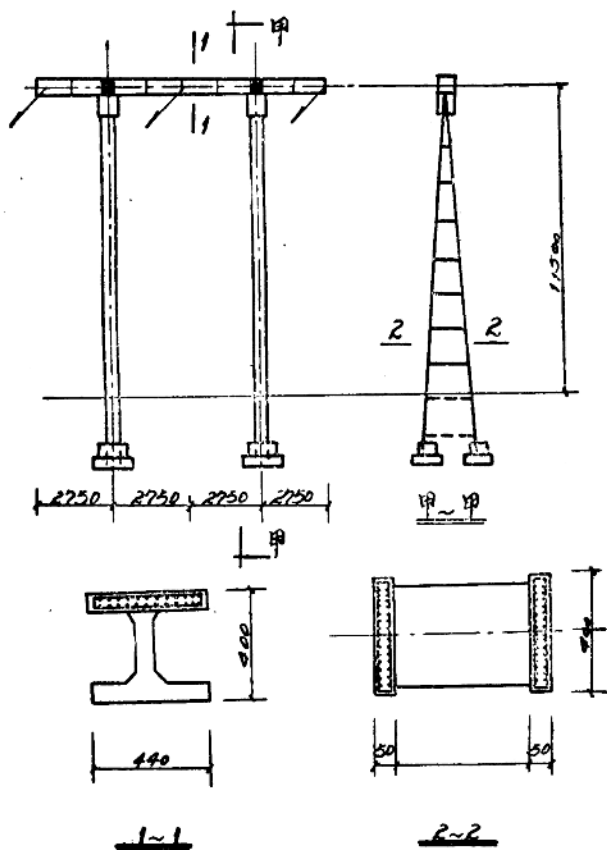


图12 裝配整体式預应力混凝土220千伏母綫架構構造图

应实际情况，允許采用任何中等强度的冷拔鋼絲（25rc 尤，或尤₃等）来代替。

对于220千伏母綫架構來說，尺寸不大，和一般110千伏配綫架構相仿；而在一般变电工程中，220千伏变电架構往往和110千伏、甚至35千伏变电架構同时建設，所以也考虑了裝配整体式預应力的方案(图12)。

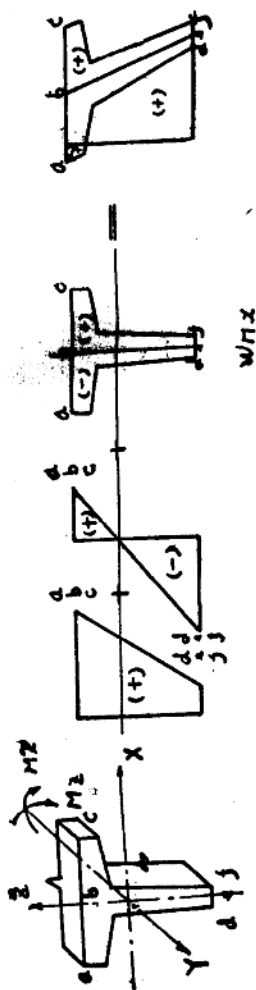
裝配整体式預应力混凝土220千伏母綫架構具有更低的經濟指标，在可能情况下將尽先采用。

§3 应力分析与断面計算

考虑这种結構在混凝土出現裂縫前認為是勻質彈性体，構件断面在承受复杂荷重情况下采用叠加应力分析方法，計算图式如下：

在混凝土出現裂縫后，特別是支柱拉力弦杆大量出現裂縫后，其刚度发生显著变化，將被合理的認為这种拉力弦杆的刚度已接近消失，不能担負側向弯矩而处于担負軸向拉力状态；这时所謂刚架結構可認為是由橫梁和支柱压力弦杆部分組成，故压力弦杆应能担負全部側向弯矩(偏心受压)。構件在承受复杂荷重情况下，仍按破坏阶段設計原理計算其强度安全。断面計算图形如图14所示。

考虑在这种結構中，混凝土断面尺寸一般按構造決定的。橫向力（剪应力、主拉应力）不受控制。橫向力的分析也是采用迭加应力分析方法，即采用剪应力的向量和来核算主应力。



$$\delta_{01} + \frac{K_m M_x}{W_{n2}} + \frac{K_m M_y}{W_{nx}} = \delta_{0m} \leq r_{Rp}$$

图13 变电架断面抗裂性计算图式

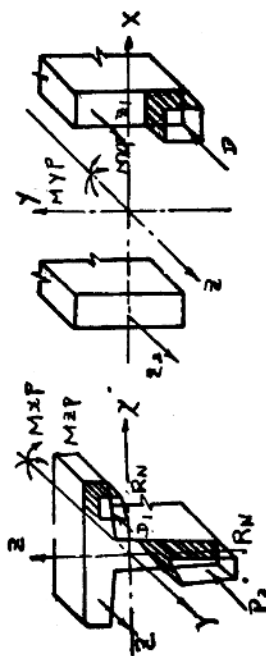


图14 变电架断面强度计算图形

§4 預应力筋的錨固

單根鋼絞線的錨固裝置用低碳軟鋼(尤。)作成特殊壓接管，分固定端和張拉端兩種；張拉端帶有絲扣和螺絲母，以便張拉和固定，固定端僅帶有預留突出的翼緣作固定用。

鋼絞線穿入壓接管內即在 100 吨水壓機上壓緊。施壓時，鋼材經過塑流而緊緊壓住鋼絞線。實用面積壓縮率約為 14%，錨固長度實用 8~12 公分即已足夠。

鋼絞線在下料前應預拉一下，預拉時的控制應力最好略大於張拉時的控制應力（一般可取 $0.70\delta_p$ 左右）。預拉的效果是多方面的，即克服鬆弛及徐變現象，使張拉時預應力筋延伸為最少，預應力筋被拉直，便於下料，此外還能保證更安全的施加預應力。

圖15是鋼絞線及

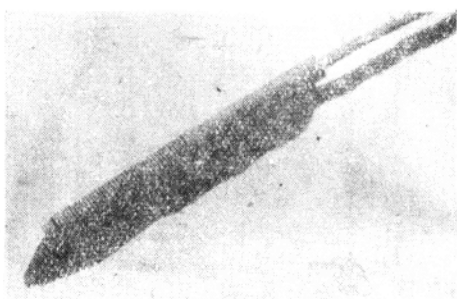


圖15 鋼絞線及其錨固裝置

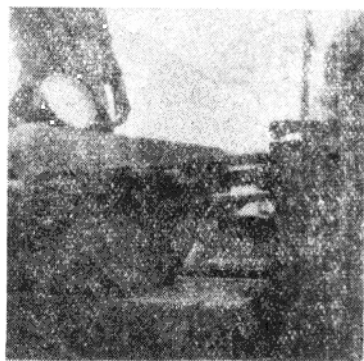


圖16 張拉鋼筋

其錨固裝置；圖16是張拉鋼筋的情況。

鋼絲的夾具是固定在張拉橫梁上的，即在張拉橫梁上翼板預留方洞，另用小方楔（中炭鋼淬火）夾緊四根鋼絲。洞和方楔均帶有 $\frac{1}{8}$ 坡度，方楔抹去四角并帶細齒紋。在試制和生產中均表明這種夾具效果很好，打緊方楔後鋼絲即不會滑動（圖17）。

與這種夾具相適應的鋼絲等長問題是在下料中解決的。即鋼絲在具有相同的初應力情況下下料并考慮溫度差校正數（當有顯著溫度差時）。此後在安裝鋼絲入夾具時只留出相等長度鋼絲頭即可。考慮在台座旁固定檔距之間集中下料，裝入夾具

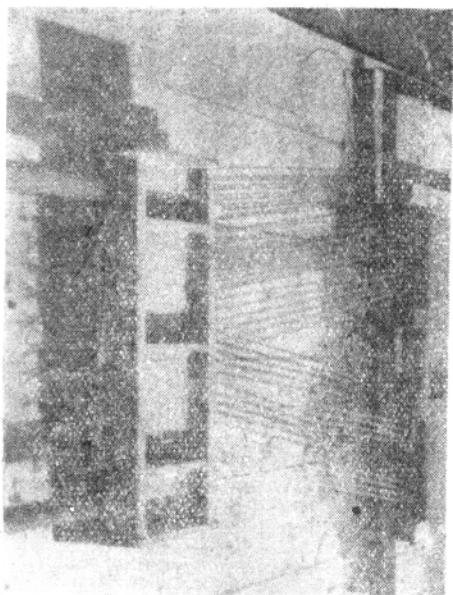


圖17 鋼絲夾具

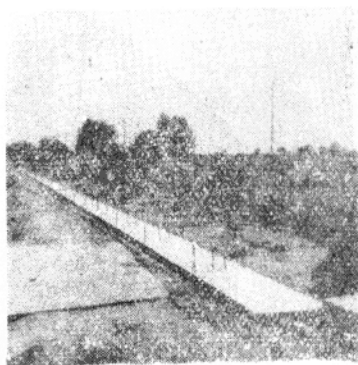


圖18 預应力混凝土板

(張拉橫梁)，而后連同夾具搬上台座，即可張拉。

在180公尺長的長綫台座上生产这种110千伏变电站的全部預应力混凝土变电架構的初步經驗說明工序簡單，使用方便，还没有发现由于鋼絲等長問題或鋼絲滑動現象造成的質量事故。

图18是預应力混凝土板。

§5 荷重試驗的主要結果

用荷重試驗結果来檢驗設計原則，下列三組变电架構試驗結果都很滿意，其强度安全皆超过設計要求，抗裂性安全也都符合或超过設計要求。主要試驗結果如下：

1. 裝配整体式預应力混凝土

220 千伏母綫架構荷重試驗主要結果見下表：

表1 裝配整体式220千伏母綫架構荷重試驗主要結果

序 号	試驗項目	加 荷 重		卸 荷 重		備 注
		时 間	%	时 間	%	
1	正面拉力	1957年 8月 27日下午	100	28日上午	0	1~4試驗无裂縫正 側面荷重为 150 % 时發現兩条裂縫 (图20),其中右方 即預应力板上者寬 度为0.01公分;左 方(非預应力板上) 者寬0.0125公分。 荷重为 245 %时橫 梁折断繼續拉兩根 綫至~260 %，支 柱折断。
2	正面拉力加側风压	28日下午	100	30日上午	0	
3	正面拉力	30日下午	130	31日上午	0	
4	正面拉力加側风压	31日下午	120	9月2日上 午	0	
5	正面拉力加側风压	3日下午	240			
6	正面拉力加側风压	3日下午	~260			