

后張法預应力鋼筋混凝土桩的試制

上海市筑港工程局 編著

上海科学技术出版社

内 容 提 要

本書根据上海市筑港工程局的后張法預应力鋼筋混凝土桩的試制总结編写。包括桩的構造和施工过程等主要內容，并根据試驗介紹桩內預留纜孔时所發生的問題及其解決的办法。本書可供土建施工技術人員参考。

后張法預应力鋼筋混凝土桩的試制

上海市筑港工程局 編著

上海科学技术出版社出版

(上海南京西路2004号)

上海市书刊出版业营业登记证出093号

上海市印刷五厂印刷 新华书店上海发行所总經售

开本787×1092 1/32 印張16/32 字數11,000

1959年11月第1版 1959年11月第1次印刷

印數1 1,300

統一書号: 15119 · 1350

定 价: (1-1)0.09元

目 录

一、 前言.....	1
二、 桩的构造.....	1
三、 施工过程.....	3
四、 几点体会.....	8
对后張法預应力鋼筋混凝土桩內預留繩孔的体会.....	10

后張法預应力鋼筋混凝土桩的試制

前 言

在有条件建立混凝土制品加工厂时，用先張法制預应力鋼筋混凝土桩当然是极为合宜的，但在工地上往往因其設備过于龐大昂貴只好放棄。至于后張法，恰恰相反，具有很大的灵活性和适应性。虽然，在施工上它比先張法較為麻煩，消耗的金屬亦較多，但我們認為目前用后張法制預应力桩仍然有它的实际意义。

这里仅將我們的試制情况作一簡單介紹，希望同志們对錯誤和不完善之处多多地提出改进意見。

二、桩的構造

桩断面为 50×50 公分，中有 $\phi 26$ 公分的空心，桩長（包括桩尖在內）27公尺，采用 $8\phi 18$ 公厘的5号螺紋鋼作为縱向預应力主筋（图1）。鋼箍为 $\phi 6$ 公厘的Ⅲ盤条，鋼箍間距为20公分，桩尖和桩頂处則加密。

縱向主筋均經過冷拉，控制应力 $\sigma_{sk} = 4500$ 公斤/平方公分（ $\sigma_T = 5000$ 公斤/平方公分）。

桩身采用400級混凝土。

設計时只核算了打桩时在桩內产生50公斤/平方公分的拉

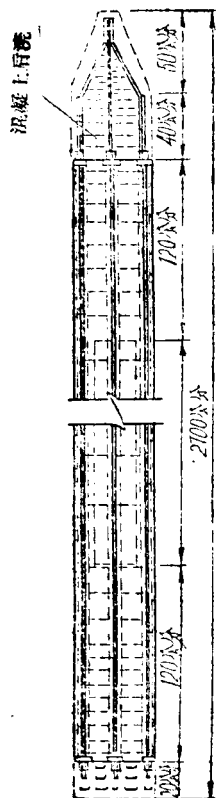
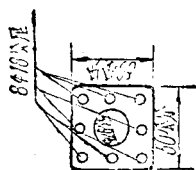


图 1 桩 构造 图

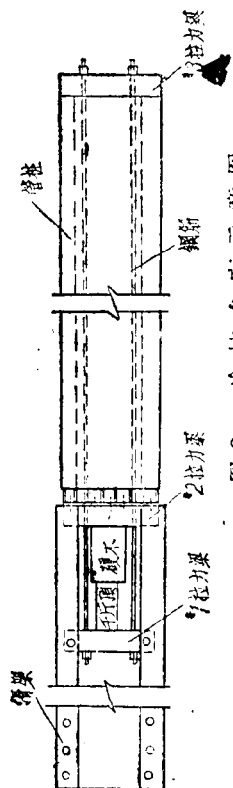
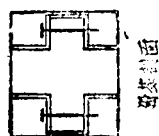


图 2 冷 拉 台 座 示 意 图

应力和吊运时的吊运弯矩两个方面。

三、施工过程

现将桩的制造过程分别叙述如下，至于混凝土、模板等因与普通钢筋混凝土构件的制作相同，不作重复。

1. 钢筋冷拉：

由于冷拉钢筋的数量太少，将工地现有的空心管桩（内径39公分，外径55公分）改装后作为冷拉台座，台座的构造和布置如图2所示。

冷拉前先將钢筋对焊成長为25.56公尺，兩端各焊以20公分 $\phi 32$ 公厘的螺絲杆（尤0），冷拉钢筋的总長为25.96公尺（这一長度系由管桩長度24.01公尺，拉力梁和千斤頂的高度等来决定的）。

將钢筋由滑架一面穿过#1、#2拉力梁和管桩直至另一端，用螺母锚住。穿钢筋时螺絲上套以保护套筒，以免损坏絲扣。

当兩根钢筋全部锚固后，开始用千斤頂張拉。因兩根钢筋上螺母的松紧不同，起初拉力梁会偏斜。此时可讓千斤頂回油，擰紧較松一根钢筋的螺母，使兩根钢筋相同后再冷拉，通常經過一、二次調整就可解决了。

千斤頂活塞的頂程为15公分，頂足时拉力梁上的眼恰与滑架兩边的眼相遇，插入 $\phi 3$ 公分的插銷。千斤頂回油后的力量就經由插銷而傳給管桩。千斤頂后墊以硬木块，再頂15公分。这样一次次地將钢筋拉長1.32公尺（伸長率为5.5%，时效处理后 $\sigma_T = 5200$ 公斤/平方公分）。

2. 鋼箍、空心木籠和彈簧管的安裝：

設計图上的主筋全是預应力的，鋼箍无法与之連系，我們用

鉛絲把鋼箍綁成一串，鉛絲兩端與端模相連，使鋼箍不能在桩長方向走動(圖3)，左右方向則有彈簧管擋住，但鋼箍位置的變動仍然很大。因此感到在后張法中有布置小直徑非預应力主筋的必要。

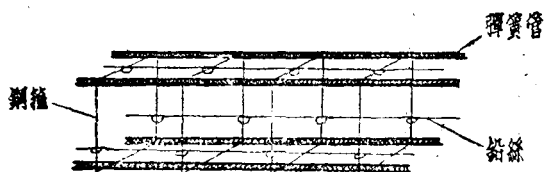


圖3 鋼箍定位示意圖

空心木籠和彈簧管都是用混凝土墊塊來定位的(圖4)。因此墊塊與新澆混凝土之間的結合縫就成為桩體內最薄弱之點。

3. 預留纜孔:

后張法中最困難的一步就是預留纜孔。經過試驗，我們

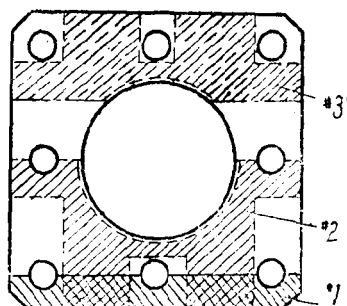


圖4 三種支墊空心木籠和彈簧管的墊塊定位示意圖

採用捷克斯洛伐克建築工作者所提出的螺旋彈簧管法來預留纜孔，改進后使所留纜孔長達25.9公尺。

彈簧管的外徑是40公厘，系用外徑為29公厘的鋼管為芯棒，固定在轉速為36轉/分的蝸輪軸上(用蝸輪和蝸杆組成變速箱來改變馬達的轉速和方向)，再將 $\phi 2.77$ 公厘鋼絲的一端通過鉗子而固定在芯棒上，把鋼絲放在盤條架上，開動馬達就帶動

芯棒旋轉，鋼絲就成彈簧狀繞在芯棒上(圖5)。隨着彈簧管的繞制，推動盤條架，一直到彈簧管的長度滿足要求為止。

彈簧管質量的好壞取決於鉗子上下唇的壓力是否均勻，以及下唇上凹槽(鋼絲通過該槽再繞於芯棒上)與芯棒間的角度。根據我們的試驗，以 81° 左右為最佳。

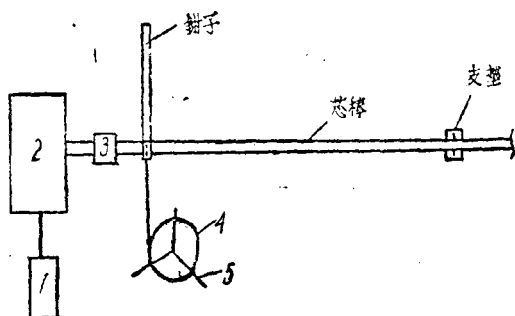


圖5 繞彈簧管裝置與設備示意圖

1. 馬達；2. 變速箱；3. 卡頭；4. $\phi 2.77$ 公厘鋼絲；5. 盤條架。

在彈簧管內穿以 $\phi 29$ 公厘的鋼管(鋼管表面抹一層黃牛油)，裝進模板，澆混凝土，混凝土澆完後就抽出鋼管。

再通進棕繩，刷淨漏進彈簧管內的灰漿(鋼管必須尽早抽出，等漏進的灰漿結硬後，無論是鋼管或彈簧管，就再也不能取出了)，第三天通入 $\phi 29$ 公厘的鋼管，用抽管機抽出彈簧管。

抽彈簧管時只要用卡子將彈簧管的一端夾緊在鋼管上(在抽管機的一端)，開動抽管機的馬達，彈簧管就逐漸縮小、伸長，此時應推動抽管機慢慢向前走，以免彈簧管在鋼管上重迭起來。直至最後一段彈簧管不再纏緊而是在混凝土內打滑，此時彈簧

管就会顺着混凝土上印出的紋路自动縮进，逐漸通过混凝土而在桩的另一端取出。

所用抽管机(图6)的轉速为145轉/分，25.9公尺長的繩孔約45分鐘就能取出。在实际使用过程，我們認為轉速增加到200轉/分是可能的。

4. 預应力鋼筋的張拉：

張拉鋼筋所用的千斤頂为

一般起重用的千斤頂，起重量为50吨。用2台千斤頂在桩的兩头同时張拉，每一千斤頂拉2根鋼筋。这样，8根鋼筋可分兩次張拉完畢（設計時已考虑了第二次張拉时使已拉好的鋼筋产生附加的应力損失）。

張拉时的布置如图7所示。

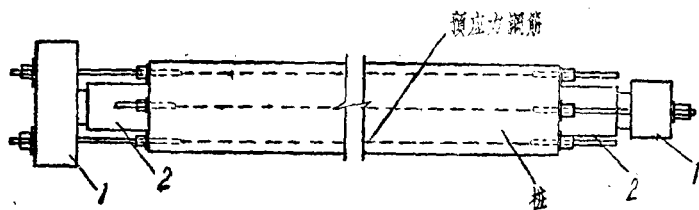


图7 張拉时的位置示意图

1. 拉力架 2. 千斤頂。

鋼筋所受的力可从千斤頂上油表的讀数来控制，其誤差在事先已用压力机进行校驗。

在張拉时采取了超張拉的方法来消除鋼筋由于松弛而引起

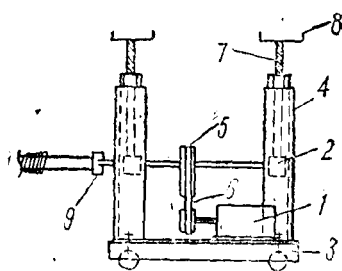


图6 抽管机示意图

1. 馬达；2. 軸承；3. 底座；4. 支架；
5. 皮帶輪；6. 三角皮帶；7. 絲杆；
8. 把手；9. 卡头。

的应力损失(該损失在設計时并未計及)。其步骤为:从0拉至 $1.05\sigma_{ak}$,停5分鐘回到0;再拉到 $1.05\sigma_{ak}$,停5分鐘回到 $0.7\sigma_{ak}$,再張拉到 $1.00\sigma_{ak}$,当最后張拉到 $1.00\sigma_{ak}$ 时拧紧螺母,回油后取下千斤頂。

5. 灌漿:

8根鋼筋張拉完毕立即灌漿。

所用的灌漿泵为北京机器厂制造的往复式灰漿泵(由灰漿攪拌机、空气压缩机和灰漿泵組成一个整体)、一般情况下可单独使用灰漿泵灌漿,此时的压力为5~7公斤/平方公分。如需特別高压时,可和空气压缩机联合使用。

灰漿的水灰比为0.45,掺有水泥用量1%的半水石膏,以求其速凝和微膨脹性。

通过預埋在桩內的白鉄皮三通管向纜孔內灌注灰漿。灰漿是从桩这一端的三通管,灌向另一端。先将噴嘴对准第一个三通管灌漿,直至相鄰三通管流出灰漿时,堵死第一个三通管,把噴嘴对准第二个三通管,直至最后。为保证質量起見,在整个纜孔內都已灌滿灰漿后,噴嘴不能拿开,必須在压力作用下維持一短时期,以便挤出灰漿中一部分水分,并保证灰漿的密实。

灌漿的質量相当滿意,个别地点凿开后,并未发现气孔等现象。

6. 其他:

鋼筋張拉、纜孔內灌漿以后,再按設計圖紙澆筑桩尖和桩頂混凝土,保护錨头。

虽則事先將旧混凝土表面仔細凿毛,但还有一根桩的桩尖混凝土与旧混凝土之間仍有細微的裂痕。

四、几点体会

1. 预应力桩的经济效果:

比较预应力桩和普通钢筋混凝土桩在制造时的经济效果是难于得出正确结论的。因为两者配筋的原则不同（假定桩是摩擦桩，截面积由别的因素来确定），前者是以打桩时在桩内可能产生的拉应力作为控制；后者则以吊运时的弯矩作为依据，大多数情况是当抗拉满足后，对抗弯就显得过于安全。现不考虑这些情况，将预应力桩和普通桩作一比较：

预应力桩节省钢材费用	预应力桩所增加的费用
250公斤 $\times$ 0.5=125元	垫板 12公斤 $\times$ 0.89=10.7元 螺母 4 $\times$ 1.42= 5.7 螺絲杆与钢筋差价18.5 $\times$ 0.92=17.0 灰浆泵租费 10.0 灌浆用水泥 400 $\times$ 0.055=22.0 增加人工 15 $\times$ 2.5=37.5 安装6工日 抽彈簧4工日 張拉鋼筋4工日 灌浆1工日 彈簧管折旧(以1/30作价) 41.7
合計 125元	144.6元

上述費用系根据我局工地实际支出中把一些极不合理因素扣除，工人熟練后效率可能提高等因素考虑在内后得出的，其中尚未包括钢筋冷拉、三通管等費用，因此是极不准确的，只是一个极为粗糙的估计。在大批生产后制造費用可能会降低。

从上述分析来看，预应力桩的制造費用較貴，如果考虑預应

力桩的耐久性很好而增加了建筑物的使用寿命这一深远影响的话，预应力桩是完全值得推广的。

2. 改进意见：

(1) 为了固定钢筋的位置起见，将预应力主筋改为4根，位于四角；另配4根 $\phi 12 \sim \phi 16$ 公厘非预应力钢筋位于四边中间。这样，用钢量虽稍为增加，但却便于施工。至于在这样大断面上只配4根预应力钢筋是否会产生不良后果尚待考虑。

(2) 用5~7大气压来灌浆的长度最少可达15~20公尺，因此可以取消灌浆三通管，改从两端锚头处灌浆(图8)。

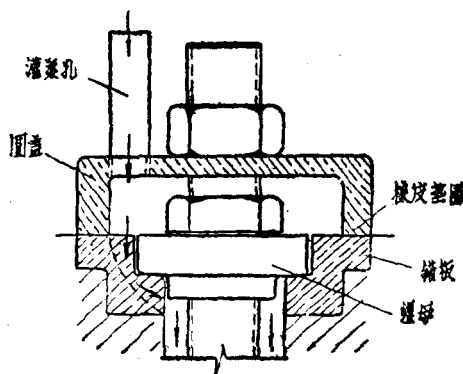


图8 锚头灌浆示意图

(3) 预应力钢筋的断面积与桩的横截面成正比，故桩应采用空心桩。但随之而来的就是空心木箍及弹簧管的定位问题。而混凝土块固然能解决问题，但影响到新旧混凝土的结合，这问题尚需进一步研究解决。

(4) 桩尖桩顶部分混凝土应一起浇完。如为保护锚头，不妨做成图9形式(见技术通讯第7期)，最后用砂浆补上，并改进打

桩替打,使有锚头处不受力。

(5) 兩端螺母应做成图 8 所示形式,以便保証張拉时鋼筋不与鑽孔摩擦,减少因摩擦而造成的应力損失。

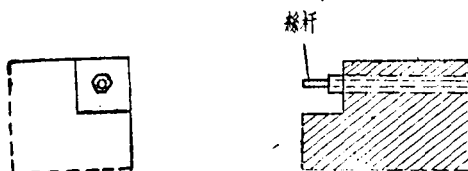


图 9 锚头構造图

对后張法預应力鋼筋混凝土桩內 預留鑽孔的体会

过去我局曾进行了后張法預应力鋼筋混凝土桩內預留鑽孔的試驗,現將試驗情况作一簡單介紹。

我們用无气橡皮管和彈簧管这两种方法进行了一些試驗。現分別叙述如下:

从文献上知道,用彈簧管留孔是相当成功的方法。但是一般只用在11~15公尺長的構件中,我們所試制的桩長为27公尺,除去桩尖和保护锚头的混凝土外尚有25.9公尺。

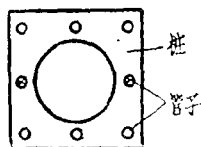
第一次試驗用 $\phi 2.77$ 公厘的鋼絲繞成外徑 50 公厘,長約 27 公尺的彈簧管,管內穿入 $\phi 42$ 公厘的鉄管,桩身采用 400 級混凝土,摻有 4% 半水石膏和 2% 氯化鈣,凝結很快,早期强度极高,期齡 1 天的强度为 145 公斤/平方公分,3 天达 300 公斤/平方公分。为了希望在混凝土澆完后能順利地抽出鉄管,故又将鉄管改用 $\phi 29$ 公厘的无縫鋼管。先将鋼絲繞紧在无縫鋼管上,放进桩內,准备

在混凝土澆完后取出。但混凝土尚未澆完就发觉鋼管已很难轉动,无法抽出了(此时距混凝土开始澆捣約3.5小时,因附着式震動器較少,加以使用中又发生障碍,因此混凝土澆注很慢)。次日虽用50吨千斤頂頂鋼管,甚至將鋼管頂弯(頂至鋼管露出混凝土表面仅10公分),亦未能使之活动,因此第一次試驗失敗。

为了了解失敗的原因,我們將混凝土打碎,取出管子观察,发现鋼管与彈簧管之間的縫隙几乎全为灰漿所填满。正是因为这些灰漿凝固时將管子紧紧地包住,才使得管子抽不出来;此外由于我們所采用的鋼絲較細(一般介紹用 $\phi 4.5$ 公厘的鋼絲),受震動后彈簧松开,灰漿就很順利地通过鋼絲之間的縫隙漏进去。找出这些原因以后,我們便从避免灰漿漏入及破坏漏入的灰漿与鋼管間的粘着力这两方面着手,进行第二次試驗。

第二次用同样的鋼絲繞成外徑40公厘的彈簧管,并在无縫鋼管表面抹一层牛油,再穿入彈簧管内。灌注混凝土时令專人負責,不停地轉动鋼管,以便破坏漏入彈簧管內的灰漿与鋼管之間粘結力。混凝土澆完后(約4小时)立即轉动无縫鋼管,帶动彈簧管使与混凝土脱离,同时纏紧在无縫鋼管上。

我們所用的纏紧彈簧管的机器每次只能帶动一根管子,其他管子只好用人力轉动,但是時間長了,漏进的灰漿逐渐凝結,强度也增高,轉动也就逐渐困难了。其中以中間兩根管子,如图1所示,因离震動器最近,受的震動力最大,灰漿进得最多,以致最后又未能抽出。



在这次試驗中发现位于上部的三根管子 图1 未取出管子的位置
在轉动时,使混凝土表面产生縱向的裂縫,这

是由于彈簧管中的鋼管曲折不平所致。即使彈簧管很紧地纏在鋼管上,但在抽動時,混凝土也會凸起,生产放射狀裂縫(以凸起處为中心),或者根本就沒法抽出,后将混凝土凿开才发现这是抽取彈簧管所采用的方法存在着缺陷。原来我們用机器轉动鋼管使彈簧管纏紧,并用套筒將纏紧的彈簧管固定在鋼管上,想使彈簧管不致松弛(图2);而事实上彈簧管却很难紧紧地纏在鋼管上,在抽出过程中,彈簧管与鋼管壁之間的摩擦力使彈簧管向后移动并逐漸張大,最后退在套筒上(图3)。此时彈簧管的外徑張大到39.5公厘,而纜孔的内徑只有37.3公厘,因而就使混凝土孔漲大表面凸起,并且由于抽出过程所产生的摩阻力使得退在套筒上的鋼絲与混凝土摩擦也被磨平了。

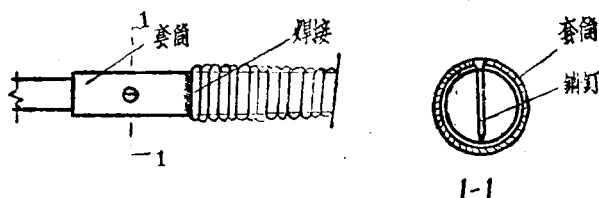


图2 彈簧管尾固定構造图

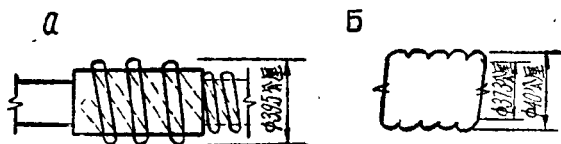


图3

a. 鋼絲退在套筒上的情况 b. 在混凝土內預留纜孔的尺寸

总结这次試驗的經驗認為：一、彈簧管兩端应与鋼管卡紧,震動時虽能因鋼絲排列不同(見图4)而产生縫隙,但比不卡紧却要好些(我們为此做一試驗,观察了卡紧和不卡紧兩種情况下的

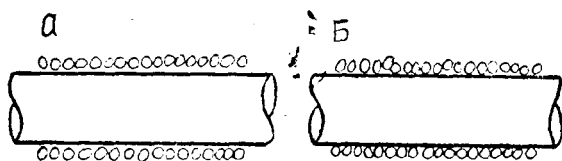


图 4

a. 震动前鋼絲的排列情况 b. 震动后鋼絲的排列情况

漏漿程度)；二、必須在混凝土尚未結硬就抽出彈簧管中的鋼管，以後待混凝土有一定強度后再將原来的鋼管穿入，抽取彈簧管，這樣，即使因機器故障或其他原因耽誤時間，也不致灰漿包住鋼管抽不出來；三、上部三根鋼管的小彎曲，雖不能避免，但只要將其于混凝土尚未凝結前抽出還是不會發生裂縫的（抽出時要稍稍轉動一下），最多使混凝土稍微隆起，或者在混凝土已有相當強度并足以抵抗轉動鋼管時使混凝土產生裂縫的力量時抽出；四、取彈簧管的方法應改進，不能用套筒。

根據上述分析，在第三次試驗時改進操作方法，上部三根管子在混凝土澆至 6 公尺長時就逐漸往外抽，抽出的長度與混凝土澆注的長度相同。其他五根鋼管則在混凝土澆至半桩長后再開始抽動，待混凝土澆注完畢，仍按次序把鋼管全部抽出，在預留孔內（此時彈簧管尚未取出）通以 $\phi 4''$ 的棕繩（繩上有 3—4 處加縛棕繩以加粗）來回抽動，帶出大部分漏進的灰漿。至第三日開始取彈簧管，鋼管表面仍抹一層油，彈簧管的大小均與第二次試驗相同。為避免彈簧管在震動時鬆開，將彈簧管用卡子卡緊在鋼管上，經過這樣改進後，情況尚稱良好。

用 $\phi 29$ 公厘鋼管穿進預留孔中時，在鋼管前端加焊一形如子彈頭的套筒，在通進過程中碰到阻礙，將鋼管稍加轉動，就很順

利地穿进去了。

鋼管穿進之後，在套進機的一端用夾子將彈簧管與鋼管一并夾緊。機器開動後，彈簧管一面纏緊在鋼管上，一面不斷地伸長。此時需推動抽管機，速度一致，緩慢前進，當彈簧管絕大部分纏緊後，剩餘的一段彈簧管就在混凝土內打滑，並逐漸向混凝土內縮進去，這一部分彈簧管就象螺絲一樣沿着孔隙旋出。每根彈簧管抽出的時間決定於機器的轉速以及彈簧鋼絲的直徑、纏孔的長度和彈簧管纏緊前後的直徑。我們所用的機器轉速為145轉/分，則約需45分鐘，25.9公尺長的纏孔就能完整地留出；我們認為轉速加大到200轉/分，也不致有什麼問題。

同時，我們還附帶地解決了鋼絲焊接問題：先將鋼絲繞成彈簧管，將兩彈簧管對上，再復以一散熱鐵板（用角鐵做成），鋼絲接頭恰從鐵板上的小孔中露出（圖5），用氣焊焊接，接上之後繼續用乙炔火焰烘燒接頭處，使溫度慢慢下降，這樣的焊接方法能使鋼絲的退火範圍很小，扭纏後不會變形。

試制的第三根樁是成功的，混凝土表面無裂縫，說明用彈簧管抽芯法預留26公尺長的纏孔，在技術上是可行的，但操作上比較費工——安裝彈簧管、鋼箍、空心木籠需10工，抽鋼管需6工，繞彈簧管需6工，共計22工（所提數字只是估計），我們試驗時用得還要多些。

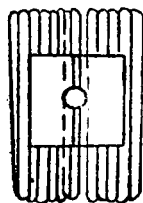


圖5 散熱鐵板

其次，要求較大的場地（留26公尺長的孔最少需60公尺長的場地），正式施工時必須在操作上作進一步的改善。

在用充氣橡皮管預留纏孔（長10公尺）的試驗中，採用普通