

預应力混凝土高压管试制經驗

K31

煤炭工业出版社

預应力混凝土高压管試制經驗

煤炭工业部技术司 預应力混凝土高压管試制小組編
北京上下水道工程局制管厂

煤炭工业出版社

內 容 提 要

本書介紹了預應力混凝土高壓注砂管的製造方法、使用的設備及其主要數據，詳細說明了在製造過程中應注意的事項，並提出了有待今後研究解決的問題。

本書可供管道製造廠工程技術人員參考。

938

預應力混凝土高壓管試制經驗

煤炭工業部技術司 預應力混凝土高壓管試制小組編
北京上下水道工程局制管廠

*

煤炭工業出版社出版(地址：北京東長安街煤炭工業部)

北京市書刊出版業營業許可証出字第084號

煤炭工業出版社印刷廠排印 新華書店發行

*

開本 787×1092 公厘 $\frac{1}{16}$ 印張 $2\frac{1}{16}$ 字數22,000

1958年9月北京第1版 1958年9月北京第1次印刷

統一書號：15035 646 印數：0.001—5,000冊 定價：0.39元

出版者的話

煤炭工业正在蓬勃地开展以水力采煤为中心的技术革命，这将根本上改变煤炭工业的技术面貌，把煤炭工业推向崭新的时期。水力采煤的管路一般都用无缝鋼管，这种鋼管目前还不可能充分供应，因此，創造其他高压水管就成为一个重要的問題。根据这种要求，煤炭工业部技术司和北京市上下水道工程局联合組織試制小組，試制了預应力鋼筋混凝土高压管，取得了良好的效果。这种高压管有許多优点：第一，它有效地利用材料的强度及其性能，節約鋼材，成本較低，用鋼量只有鋼管的8~10%，造价为鋼管的30~40%；第二，制造簡便，能充分利用当地材料就地制造；第三，这种水管对于侵蚀性的地下水有很强的抵抗能力，使用年限长；第四，不生銹、不致增加水头損失。由于有这些优点，在水力采煤矿井和其他工业高压管路中使用这种水管，在經濟上和技术上都是有利的。

这种管子在試制成功后，仍不断进行試驗，耐压性能已达60个大气压，目前正在工业性試驗。本書提供試制的初步經驗，以适应实际工作的迫切需要；試制中还有不完善的地方，書中也提出若干进一步研究的問題，可供讀者参考，并有待今后繼續研究解决。

目 录

出版者的話

一、概述	3
二、預应力鋼筋混凝土高压管的設計和主要数据的要求	3
三、管芯的制造	5
四、纏繞預应力鋼絲	8
五、保护层及內压試驗	13
六、管子的結合	14
七、經濟比較	17
八、結語	17
附录 离心机构件图	

一、概 述

以預应力混凝土高压管代替煤矿中現在使用的鍍鋅鋼、錳鋼、高炭素鋼制成的注砂管（均系無縫鋼管）和鑄鐵制的排水管，特別是在水力采煤高速度發展的今天，用它代替水力采煤、運煤的高壓輸送管，有十分重要的意義。這不僅能節約大量的鋼材，且能大大降低成本。為此，煤炭工業部技術司與北京市上下水道工程局制管廠，從1955年開始進行預应力鋼筋混凝土高壓管的研究與試制工作。幾年來在黨的大力支持下，經過了多次試驗，終於在今年七一前夕試制成了我國第一根預应力石英砂混凝土高壓管。目前，這項工作還在繼續研究與進行工業試驗，為了滿足各單位的迫切需要，乃將試制經過作初步總結。

預加应力，顧名思義，就是在管子未受工作壓力以前，管壁預先施以壓应力，這種壓应力足以抵消由工作壓力所發生的軸心拉应力，其簡單道理正如木桶加箍一樣。但由於混凝土的抗裂性與無滲透性都比較差，而對管子的水密性要求又比較嚴格，因此，為了保證對管子抗裂與無滲透性能的要求，特別是在管子重量不超過鋼管重量以及含筋率極小的前提下，對預加应力的大小和預加方法，都是在制作過程中比較重要的問題。

二、預应力鋼筋混凝土高壓管的設計 和主要數據的要求

設計要求

1. 預应力鋼筋混凝土高壓管可代替現在煤矿中所使用的直徑為178公厘的錳鋼或高炭鋼注砂管，並且可用在垂深400~500公尺的地点，具有高度耐磨性，具體要求就是能通過30~40萬立方公尺的稜角岩石。

2. 預应力鋼筋混凝土高壓管，可代替現在煤矿中使用的輸水無縫鋼管，耐壓性能的要求要達到50—60個氣壓以上，且能具有抗酸、防腐蝕的性能。

3. 考慮到矿井中工作地点空間的限制，並為了移動方便，管子不宜過長，管壁厚度不宜過大，以免重量太大。一般管長以3公尺為宜；管壁厚度視用途而定，注砂管以40公厘、輸水管以25—30公厘較當。

4. 管子內徑，亦應視用途而定，特別是注砂管、水力提升管，應充分考慮到注砂或提升能力以及砂子、煤的粒度。根據目前矿井中所用管子的規格，注砂管內徑以178公厘、輸水管以150、210公厘、水力運煤管以251公厘為宜。

主要數據計算

1. 軸心拉应力。

注砂管或輸水管的管壁受壓最大時間是當管子堵塞水力停止流動時。因此，管壁應

能承受此时之最大軸心拉应力；注砂管为40公斤/平方公分；水力采煤輸水管为60公斤/平方公分，即40或60个大气压。在宽度为1公分之管壁内所引起的环应力是：

$$T_h = P_h \cdot R_i,$$

式中 R_i ——管内半径，等于89公厘（注砂管），

$$\therefore T_h = 40 \text{ (注砂管)} \times 89 = 356 \text{ 公斤}.$$

如用普通圆筋，并采用普通制造方法，则全部軸心拉应力由钢筋承受，而1公分管壁内应含的钢筋截面积是：

$$A_{sr} = \frac{T_h \cdot h}{\sigma_s},$$

$\therefore h$ ——安全系数，等于2。 σ_s ——普通圆筋抗拉强度，等于2500公斤/平方公分。

$$\therefore A_{sr} = \frac{356 \times 2}{2500} = 0.283 \text{ 平方公分}.$$

但为了保证抗渗性能，则必须符合下式：

$$K_T \cdot T_h \leq R_p \cdot A_c + 200 A_{sr}.$$

$\therefore$ 式中 K_T ——安全系数，等于1.3；混凝土压缩强度在400公斤/平方公分以上时，其抗拉强度 R_p 采用27公斤/平方公分（ R_p 约为27—35公斤/平方公分），

$$\therefore K_T \cdot T_h = 1.3 \times 356 = 463 \text{ 公斤}.$$

$$R_p \cdot A_c + 200 A_{sr} = 27 \times 4.0 + 200 \times 0.283 = 165 \text{ 公斤} < K_T \cdot T_h.$$

这证明采用一般制造方法不能保证抗裂与无渗透性能的要求，否则管壁必须加厚到150公厘，或者密扣钢筋，加大含筋率。因此，必须采用最经济有效的办法，即予应力混凝土结构。

预应力环筋采用 $\phi 4-5$ 公厘的冷拉高强度钢丝，其抗拉强度 σ_s ，每平方公分应不小于10,000公斤。

在一公尺管壁内需要含环筋断面，为：

$$A_{s0} = \frac{h \cdot T_h}{\sigma_s} = \frac{2 \cdot 35600}{10000} = 7.12 \text{ 平方公分}.$$

管壁厚维持4公厘时，含筋率为：

$$\mu_s = \frac{7.12}{400} = 0.0178.$$

当选用 $\phi 5$ 钢丝时，每公尺纏繞37根，螺距为27公厘。

当选用 $\phi 4$ 钢丝时，每公尺纏繞57根，螺距为17.5公厘。

环筋预加应力 σ_{ah} 数值应由下式求出：

$$K_T T_h = A_c (R_p + \mu_s \sigma_a) + 300 A_{sr}.$$

$$1.3 \times 35600 = 400 (27 + 0.0178 \sigma_a) + 300 \times 7.12,$$

$$\sigma_a = \frac{46280 - 10800 - 2136}{7.12} = \frac{33344}{7.12} = 4683 \text{ 公斤/平方公分},$$

σ_u ——鋼筋損失拉应力，等于1500公斤/平方公分

$\sigma_{uk} = \sigma_u + \sigma_u = 4683 + 1500 = 6183$ 公斤/平方公分， $< 90\% \sigma_s$ ，适当。

$\phi 4$ 公厘鋼絲需加拉力 $6183 \times 0.1244 \div 769$ 公斤。

$\phi 5$ 公厘鋼絲需加拉力 $6183 \times 0.196 \div 1212$ 公斤。

每根管需要重量（长度以3公尺計， $\phi 4$ 鋼絲 $\sigma_s = 10000$ 公斤/平方公分以上）。

$$W_{sr} = 3 \times 57 \times 2\pi \times 12.4 \times 0.1244 \times 7.8$$

$$= 13000 \text{ (克) }、$$

$$= 13 \text{ (公斤/每根) }。$$

2. 縱筋計算。

管子支承点一般均位于接管处，因此，当管子装好以后，所承受之弯曲力矩可視作連續梁來計算，其最大正、負弯矩之絕對值应为：

$$M = \frac{1}{10} W l^2$$

$$= \frac{1}{10} \times 300^2 \times \left[2.4 \times \frac{\pi}{4} (25.8^2 - 17.8^2) + 1.31 \times \frac{\pi}{4} \times 17.8^2 \right]$$

$$= 88.2 \text{ 公斤-公尺。}$$

式中 W 为單位长度均匀荷載， l 为管长，混凝土比重采用2.4，充填物的混合比重为1.31。

縱筋断面

$$A_{ss} = \frac{KM}{z \sigma_s}。$$

因縱筋位于距内壁2.5公分处，其偏心受压区域不得超过 $0.55 \times 2.5 = 1.4$ 公分。受拉縱筋对受压混凝土之重心为軸抗弯力臂。

$$z = 2.5 - \frac{1}{2} \times 1.4 = 1.8 \text{ 公分。}$$

安全系数 $K = 2$

普通圓筋 $\sigma_s = 2500$ 公斤/平方公分，

$$A_{ss} = \frac{2 \times 8820}{1.8 \times 2500} = 3.95 \text{ 平方公分。}$$

可选用5根 $\phi 10$ 圓筋或6根 $\phi 9$ 圓筋。

三、管芯的制造

管芯系利用离心机制造的（离心机設備和构件如附图）。对于管芯，在技术要求上主要是强度高、抗渗性强。因此，在水泥标号、配合比及制造方法上，都与一般低压管子不同，特别是管芯在未加預应力以前，其耐压能力要在5个气压以上，同时要具有高度耐磨性能，所以原材料的选用，内筋結構以及配合比等都是极为重要的問題。

甲、內筋結構

管子的抗弯能力以及管子結合力全靠縱筋承担，因此，抗弯、抗拉对縱筋的数量和强度都有重要的关系。

縱筋是放在靠近管外壁的 $\frac{2}{6}$ 处，以增加其抗断强度，此外对于注砂管子，由于内部要經常受到磨損，內壁加厚些亦屬必要。管芯在制造前，先纏扎环筋，然后将縱筋焊接或綁扎在环筋上，做为芯管的骨架。由于环筋主要是起固定縱筋的作用，試制中間，靠近管端环筋距为80公厘，中間部分为120公厘。将来間距拟再加大至200公厘以上，亦可以废鋼絲繩的鋼絲代替，但要求綁扎成圆形。鋼筋骨架綁好后，应在两端焊接鉄护头。鉄护头系用 100×10 的扁鋼制成圓筒型，其外径即是管子的外径。焊接时除要与所有縱筋全面焊接外，对焊接質量要有严格要求。鉄护头主要是解决管子的結合問題，但由于管芯两端加預应力时不可能紧靠端部，因之对解决管端的耐压能力，也起主要作用。

鋼筋規格和数量：縱筋： $\phi 8-10$ 公厘，抗拉强度在2500公斤/平方公分以上，等距离布置5—6根。环筋： $\phi 3$ 公厘。

用废鋼絲繩鋼絲或普通黑鉄絲即可。

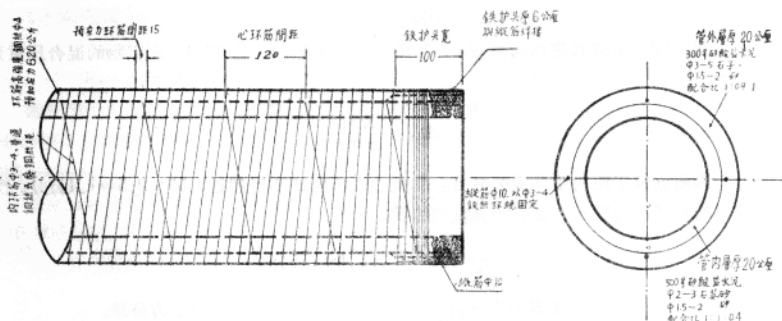


图1 高压混凝土管鋼筋及預应力环筋結構图

乙、原材料的选用

(1)水泥。采用500号砂酸鹽普通水泥，因这种水泥較細，可以加强抗渗和抗磨性能；但注砂管系分层制造，因之管內壁采用500号的、外部采用400号的即可。对于高压水管，不仅要抗渗而且要具有抗酸性能，因之，采用火山灰水泥（即耐酸水泥），以防止矿井中酸性或有硫酸根水的侵蝕，延长管子的寿命。

(2)配合比：石英砂混凝土管系作为注砂管用。为节约材料計，要分层浇筑，内层（厚20公厘）用石英混凝土，外层（厚20公厘）加一般卵石骨料即可。

基本材料：砂子——0.15—0.3公厘，先用水洗，使其不含泥分。

石英——2—3公厘，先用水洗，使其不含泥分。

卵石——4—5公厘，过水洗净。

配合比：内层——水泥：砂子：石英=1：0.4：1。

外层——水泥：砂子：卵石=1：1：0.9。

对于高压水管，因为没有耐磨性能的要求，因之，其配合比，按照上述的外层比例较为恰当。

(3) 鋼屑混凝土：

在試制过程中，为了满足注砂管的抗磨性能，曾經对管内层采用过鋼屑混凝土，即用鑄鋼鉋屑或宽度在1公厘以下的卷状鉋屑，其粒度通过5公厘篩子的篩余不大于8—12%，1.2公厘篩子的篩余不大于50%，0.3公厘篩子的篩余不大于80—90%。放置于3%的NaOH溶液（30分鐘）或10%的普通碱溶液（40分鐘）中攪动，清除油垢鉄锈，用清水洗过，暴露于空气中4—6小时，以水泥、砂子、鋼屑=1：0.4：1的配比制作芯管，但因在抗渗性能上未取得良好效果，沒有采用。不过，鋼屑混凝土对抗磨性能，会有良好的成績，如果在配比和处理方法上进一步研究，将大有采用的可能。

丙、离心澆制及养护

离心澆制管芯最大的优点是对管芯的强度有可靠的保証，但为了收到更高的抗渗性能，控制轉速是极其重要的。在試制过程中已充分証明了这个問題。目前，由于注砂管系分层制造，因之填料也分作两次，即每层填料各占管壁厚度的 $\frac{1}{2}$ ；第一层澆制好后，停車将表面之泥水清除净，然后随即开车澆制第二层。这种方法，虽系注砂管所必需，但根据制管經驗，这样制造的管子，可以增加抗渗性能。因此，对高压水管的制造采取分层填料也是必要的。

离心机开始轉动时的初速度每分鐘以不超过250轉为宜，以使混凝土在未受到較大的离心压力之前，可以均匀地分布在管模四周。这样由于填料分布均匀，对增加抗渗能力有可靠的保証。

除严格控制初速外，混凝土要在管芯中分布得均匀，其重要环节在于填料时的操作，切忌向一处集中填料，必須将料撒开，以防混凝土堆集而造成質地不均現象。

管子内壁表面光滑，排水时减少流动阻力，可使矿井排水費用减低，因此，对管壁必須采用有效方法处理。試制中一方面增加离心轉动時間、轉速，另一方面是将管内壁表面的填料增加一定的水泥比例。对注砂管，因为有抗磨性能的要求，配比可不变动，只增加轉动時間和轉速即可收到較好效果。

試制时采用的离心時間如下：

初速(轉/分)	离心時間(分)	常速(轉/分)	离心時間(分)	高速(轉/分)	离心時間(分)
250	5—8	280—300	25—30	350	15—20

（注砂管分层澆制时可参照这个速度和時間）

离心机有8个托輪，一次可出管芯7根。因系鑄制故离心時間較长，受設備变速限制，不能采用更高些的轉速（例如每分鐘400轉），将来更进一步研究試驗以及改装，还可以大大提高設備生产率。蒸汽养生可在短時間內使混凝土达到要求的标号，便于脱

型，增加模型周轉率而提高产量，因此在离心完毕后，应即連模推进养护室进行蒸汽养生。养生間的构造，虽有坑道式隧洞式等多种，但为了操作方便，以采用隧洞式为宜。以閘門控制温度。一般采用升3、恒3、降3制（即升温三小时，恒温三小时，降温三小时），其最高温为80°C。但也根据管径大小和季节的不同来规定。对大型特别是管壁較厚的管子，养护時間較长。在季节轉变时（一般的由11月16~翌年3月15日为冬季）养护時間也要适当的延长2~3小时。

在試制过程中，养护的时间为8小时，温度（均指摄氏）最高为80度。开始加温时，在室内低温时基础上每小时升温15度。根据制管經驗，内径150~400公厘，壁厚25~40公厘的低压管子，养护時間一般在6.5小时即可。但在試制过程中，由于对高压管的强度和抗渗性能要求严格，因此延长了1.5小时。当然为了提高制管速度，特别是提高管模的周轉率，延长养护時間是不利的。在得出一定經驗之后，仍須再进行养护时间的研究工作。

蒸汽养护完了后，可即脫模，并加預应力鋼筋。但在試制过程中，由于天气正值伏天，我們对养护工作极为慎重，因此又进行了水养护7天，即于管子上复盖草袋，使草袋經常保持湿的状态，每天并在管内外洒水4—5次。

在蒸汽养护完了后，是否还需要进行水的水养护，是值得研究的。正如上述，由于試制期間正值伏天，同时又无經驗，因此采取了极为慎重的态度，甚至是保守的态度，沒有敢大胆地取消这一工序。

根据制造低压管子的經驗，在蒸汽养护完了后，强度已达到設計要求的65%，因此在管芯卸模后，即可进行預应力的纏筋工作，这对設備利用和提高制管速度都有重要意义。因此，水养护工序确可取消，但无成熟經驗，不能肯定。建議在成批生产时，繼續作一試驗。

离心制管时，要注意下列操作程序：

1. 在离心机未开动前，首先要检查馬达、电閘及离心机各部机件有无松动及损坏現象；有則及时修理，无則加油試車。試車时兩側的工作人員要相互照顧，以免危險。
2. 将模型放于制管机的两拖輪之間。
3. 根据管子需要的混凝土量攪拌好混凝土。
4. 合閘开车向机輪洒以清水，試轉1—2分鐘确定正常轉后，以最低速度填混凝土。
5. 装料时要使混凝土撒开，装至要求程度为止。
6. 装料后即用水杆把管内压平，慢轉4—6分鐘，然后徐徐調至标准速度，并要随时注意机器的轉动和声音。
7. 制造过程中不許往管内洒废水和灰水，以保質量。
8. 輪轉到規定時間前3—5分鐘时，开始打水，管内打光为止，再調回速度，拉閘停車。

四、纏繞預应力鋼絲

在管子上纏繞預加应力鋼絲，是制作管子工序中极其重要的一环。因为管子所以能

够抗渗耐高压与预加应力的大小、纏繞方法都有密切关系。纏繞方法虽在国外资料上已有多，但能够符合设备简单，甚至不用专用设备，操作简便，适用于直径小、耐压性能高的管子方法则没有，所以确有进一步研究的必要。试制中系利用已有设备，采用车床冷拔预应力的方法纏繞。即：以拔絲模控制应力，把鋼絲通过拔絲模抽拔后，获得拉应力，利用车床的卡具将管子固定，使其转动抽拔鋼絲，并利用车床上的行刀机构，均匀地将鋼絲纏繞起来，此时管壁即因箍紧的鋼絲承受了预应力。

对纏繞在管芯外周预应力的鋼絲，应满足下列两个条件：

1. 预加拉力必须控制均匀，开始转动后不许可停止。对于鋼絲的抗拉强度，应根据管子耐压的要求而定。在试制过程中，系采用抗拉强度每平方公分不小于10,000公斤的高强度鋼絲。

2. 鋼絲的螺旋距离必须一致，而且要合乎设计要求。在试制过程中，环筋系采用 $\phi 5$ 及 $\phi 4$ 公厘的鋼絲，抽拉力为700公斤左右，螺距为10公厘（参阅图1）。

将来在进一步改进鋼絲装置后，抽拉力加大，螺距可放大到15—20公厘，接近理论计算数字，从而大大降低鋼絲用量，降低成本。

纏繞预应力鋼筋，由于管芯只在旋床卡具和顶尖间压紧，当鋼絲到管芯中间时，即受到最大的挠曲应力，这与鋼絲扭力矩相结合，对管径小而管身长的管芯，有截断或受暗伤的危险，因此，除应改进管芯在旋床卡具上的固定方法外，对全部施加预应力的方法，在成批生产时仍须进一步研究，并改进设备。

预应力鋼絲在管子一端开始纏繞时，是把鋼絲弯成直角（如图1），使其自压。弯过鋼絲的长度达10公厘即可，但事先要压成扁形，以免在管壁凸起，使鋼絲折断。纏到管子另一端时，再压入一根同样长度的扁形鋼絲，最后利用卡子把鋼絲压着。剪断鋼絲与预先压入的直角扁形鋼絲焊接牢固。焊接以后取去卡子，纏繞过程即完毕。

管子端纏繞的鋼絲要紧密纏繞5环左右，这样对鋼絲的固定、补足应力的损失，保证管子端部的耐压强度都有直接关系，试制中是紧接纏繞5—6圈。

纏繞速度，目前每分钟仅抽拔鋼絲10公尺，大量生产时可增加纏速，以提高效率。

拔絲模系卡于旋床的刀架上（参阅图2、3、4）。拔絲系統的全部設置，計有：拔絲模、潤滑冷却器、測力鋼环、及汽車零件“万能轉軸”（又称十字头）。茲分述如下：

（1）拔絲模和潤滑冷却器。

抽拉力的大小，与拔絲模孔的压缩率、工作锥角、柱状体长度、光洁度，鋼絲的几何形状、尺寸、化学成分及鋼絲与拔絲模孔間的潤滑条件等有关，但主要决定于拔絲模的压缩率。

拔絲模与制鋼絲繩用的碳化鎢合金模眼同，其条件是：耐磨、孔眼不许可扩大，以免抽拉力有变化。根据制管厂經驗，拔絲模如有损坏，可修理再用。拔絲模用肥皂粉或循环肥皂水冷却潤滑（以肥皂粉較简单，同样也可收到效果），以降低摩擦系数和避免鋼絲中心应力过大现象。这样既减少鋼絲断头和延长拔絲模寿命，又使鋼絲抽拔后温度限制在80度之内。

鋼絲一般均有微锈，这直接会影响到拔絲模的寿命，因此除在鋼絲保管上注意生锈

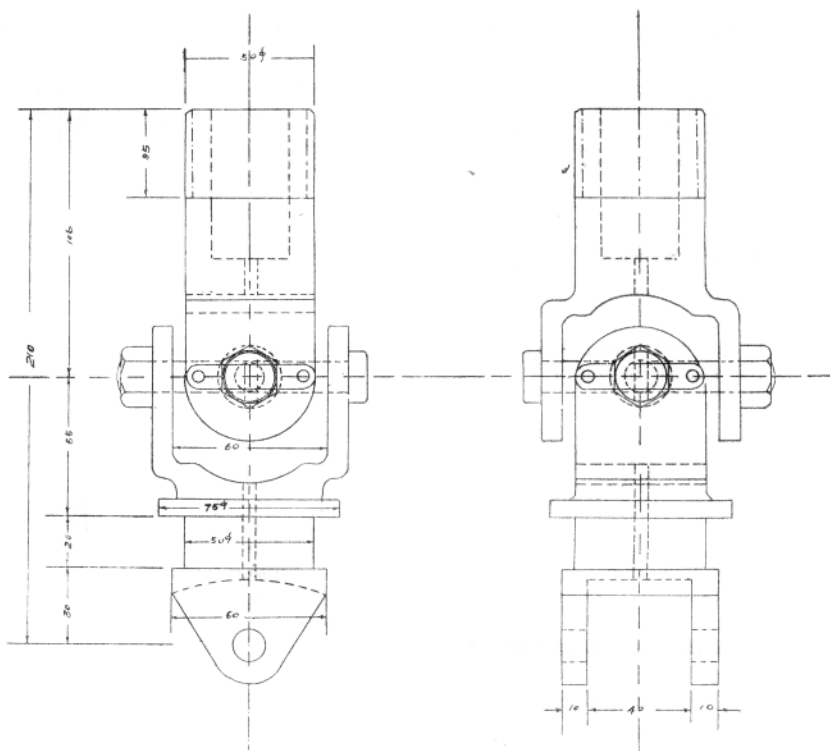


图4 汽车十字头

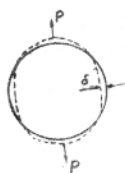


图5 钢环变形图

外，在施工以前，最好以較大模眼去銹，或者以鹽酸或硫酸清洗，除去銹斑及泥垢，隨後用清水冲刷。這樣對延長拔絲模壽命及避免斷絲會有效果的。

(2) 測力鋼環。

測力鋼環系從作廢的飛機腿部鋼管截出，撓曲應力每平方公分達5300公斤時，仍處於彈性階段。測力原理是利用圓環在直徑兩端點受力時，力與變形呈直線關係。鋼環變形如圖5。這可事先在萬能試驗機求得，其理論計算如下：

$$\delta = 0.068 \frac{P r_0^3}{EJ}$$

式中 δ ——圓環變形；

P ——抽拉力；

r_0 ——圓環平均半徑；

E ——圓環的彈性模量；

J ——圓環的慣性距。

其 P 與 δ 的關係如附表。

變 形 (0.01 公厘)	抽 拉 力 (公 斤)	變 形 (0.01 公厘)	抽 拉 力 (公 斤)	變 形 (0.01 公厘)	抽 拉 力 (公 斤)	變 形 (0.01 公厘)	抽 拉 力 (公 斤)
22	450	32	700	42	950	52	1200
24	500	34	750	44	1000	54	1250
26	550	36	800	46	1050	56	1300
28	600	38	850	48	1100	58	1350
30	650	40	900	50	1150	60	1400

附註：因測力裝置條件不同，變形值以 2δ 計。

測力鋼環中，裝置千分表，以使變形數在表上指出。（參考圖2, 3, 4）

3. 萬能轉軸（即汽車零件十字頭）。

為避免刀架移動時鋼絲出綫與拔絲模軸綫形成的折角，減少鋼絲折斷的可能，萬能轉軸有很大的效用，用它能保證鋼絲與管外壁相切，並能自動調整。

上述預加應力的方法，因為係系舊的車床稍加延長（視管長而定）即可，操作設備極為簡單，因此對煤礦建廠成批生產來說，極有條件。根據制管廠的經驗，抽拉力大小，可由拔絲模的技術條件保證；從測力鋼環中千分表的指示可以讀出，其變化範圍不超過30公斤，鋼絲預应力相差不過 $\pm 2\%$ 。加上溫度应力接近常值，故可認為控制应力是穩定的，拔絲模方法應當肯定是行之有效的。

纏繞鋼絲時，拔絲模中心綫必須與管外壁相切，亦即鋼絲的入綫及切綫必須平直，拔絲模須擺正。根據制管廠經驗，發生斷絲現象，大部是由這一原因產生。因此在操作過程中，這一問題非常重要。為滿足這一要求，應注意下列幾點：

1. 拔絲模孔中心點，如果太高或太低，應將其調整到纏繞鋼絲與管子相切的高度。
2. 管芯的外周要圓，不可有凹凸不平，否則將不易保持鋼絲切綫方向。

3. 鋼絲在穿入拔絲模之前，須先穿過導孔板的導孔（如图2），以保持鋼絲入繞的平直。

4. 在开始及收尾一端預壓的短頭彎鋼絲，必須碾成扁形，以免鋼絲纏到直絲處斷裂。

預应力鋼絲的用量，与管子成本有最大的关系，試制中預应力鋼絲占成本的50%左右，因此降低鋼絲用量，有极大的經濟意义。目前除应加大螺旋間距，相对增加抽拉力外，将来成批生产时，应考虑以廢鋼絲繩的鋼絲加以适当处理后来代替，这个問題須要进行研究。我們初步認為，这样做是完全可能的，而且这一点对煤矿來說，有很大的意义。

五、保護层及內壓試驗

在已纏好預应力鋼絲的管芯上，再以膨脹水泥或400号—500号普通矽酸盐水泥，用水泥噴枪噴上10—15公厘的水泥砂漿保护层，对提高管子的抗滲能力、防止鋼絲损坏生鏽及矿井中水的侵蝕，将有很大的作用。但在試制过程中，由于下列因素，对保护层沒有加以考虑：

1. 增加管子成本及施工工序。特别是在用膨脹水泥或高标号水泥，对成本增加較多，同时由于保护层宜用噴枪噴制，密致性較强，因此，浪費水泥太多，从各方面考虑都不适宜。

2. 增加管子重量，在噴制保护层后，管重将增加 $\frac{1}{4}$ ，对矿井鋪設管道，极不适宜。

根据以上情况，試制实践証明，我們認為抗滲性能已經良好，如果再从配比上进一步研究，可滿足更高的耐压要求。对于防止矿井水侵蝕的問題，由于井下鋪設管道与市区鋪設管道的不同（管子不用埋入地下），特别是注砂管子，由于其耐磨期限仅仅在一定時間內有效（通过30—40万立方公尺的棱角岩石后即报废），所以祇防止鋼絲生鏽，这一問題即可解决。我們的意見，是規定每年涂一二次瀝清油，保护鋼絲即可。这样对降低成本，减少重量有很大的作用。

当然在矿井下鋪設管道，对于防止巷道中岩石的塌落碰撞管子、使管子破裂或鋼絲折断，以及搬运过程可能遭受的损坏，因而使管子失去效用等等，应作充分考虑。因此，初步認為，可以将管子鋪設在巷道一边或管上敷以草袋等柔軟物以减少冲击力。井下鋪設管道的地点均系主要巷道且岩石稳定，而又多是永久支架，維修次数并不繁多，在运输过程中，可用草繩或草袋皮包裹，以便保护，并可严格規定輕抬輕放，以防震动，这样对管子特别是預应力鋼絲的保护，可无須

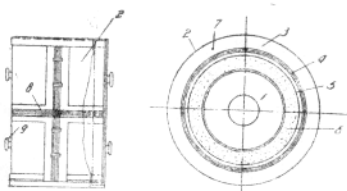


图6 震动法保护层模型

- 1—保护层底座；2—保护层模型；3—角鉄（ $\frac{1}{2}$ "
 $\times 2\frac{1}{2}$ "）；4—模皮（厚 $\frac{1}{4}$ "）；5—保护层砂漿；
6—混凝土管芯；7—螺絲眼；8—鋼釘（ $\phi \frac{1}{8}$ "）；
9—附着式震動器（ $\frac{1}{2}$ 馬力）。

多加顧慮。

保護層的制作方法，目前制管廠系採用下列兩種（主要是噴面法）：

1. 震動法——即將已經纏繞預應力鋼絲的管芯放在一個底座上，加上一個由兩個半圓制成的鋼板模型（如圖6），然後用附着式震動器將灌入管芯外表面與模型之間的砂漿震搗密實，再進行蒸汽或洒水養護。

震動法優點是管外表面光滑，圓度正確，打口容易，節省水泥，抗滲亦能合乎要求。缺點是費工，保護層與管芯之間容易發生串水和孔隙現象。

2. 噴面法——即利用壓縮的空氣，用噴槍將水泥砂漿均勻地噴到管子外壁上。這種方法，粘結力強，能制止上述串水現象，且質地密實，增加抗滲性能，強度亦極高。其主要缺點是耗費水泥較多。此外在室內利用噴面法使車間塵霧弥漫，對勞動保護有一定的影響。

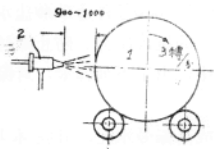


圖7 管子噴面示意圖
1—管子；2—噴頭。

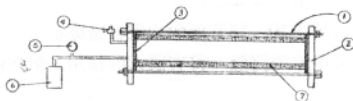


圖8 耐壓試驗示意圖

1—絲杠(扣緊蓋堵)；2—鑄鐵蓋堵；
3—膠墊；4—放氣孔；5—試壓表；
6—手壓泵；7—管子。

在試制過程中，對於耐壓的試驗方法是採用蓋堵水压方法，即將管子的兩端用鑄鐵蓋堵封閉，管內注滿水，以手壓泵加壓，具體情況如圖8所示。

六、管子的結合

管子如何結合，是在管子試制成功以後考慮較多的問題。因為：礦井中敷設管路與上、下水道埋入式的敷設方法完全不同，特別是受壓較大的管道，在管路堵塞或停止注水的情況下，不僅管子本身要承受極大的中心拉應力，而且管子相互間也承受了一定的縱向拉力。這個力量全集中在管子結合地方。因此，結合方法，必須慎重考慮，否則在注砂或注水當中發生事故，將會造成很大損失。

我們根據礦井中管道敷設的特點，考慮到經濟可靠、操作方便等等，初步意見是採用法蘭盤式和快速裝卸接頭式兩種。在目前的工業試驗中，為了符合礦井敷設管路的習慣，暫時確定採用法蘭盤式。但必須說明：礦井中管道的結合方法以快速裝卸接頭式較適宜，特別是高壓水管。目前礦井中的無縫鋼管已廣泛採用這種方法，實踐證明：這種方法是行之有效的，而且在操作上極為方便。

茲將兩種方法敘述如下：