

石棉水泥管的試驗研究

孙紹平 著

建 筑 工 程 出 版 社

247248

石棉水泥管的試驗研究

謝國平 著



中國建築工業出版社

石棉水泥管的試驗研究

北京市政工程設計院
技 术 研 究 所 孙紹平 著

建筑工程出版社出版

• 1959 •

內 容 提 要

本書介紹了用大連、熱河、西康、涿源等地石棉與水泥混合制成的管材的試驗研究成果。

書中詳細論述了石棉水泥管的物理化學性能、各種強度、管材標準尺寸、實驗、接頭、成本分析、設計、施工方面的問題，也述及了石棉水泥管的生產工藝過程等。

此書可供各省市工業廳建築材料工程技術人員、各石棉水泥製品廠、各有關研究單位的工程技術人員閱讀和參考。

石 棉 水 泥 管 的 試 驗 研 究

北京市政工程設計院技術研究所

孫紹平 著

1959年4月第1版

1959年4月第1次印刷

4,060冊

850×1168· $\frac{1}{32}$ ·80千字·印張3 $\frac{1}{2}$ ·插頁2·定價(11)0.73元

建築工程出版社印刷廠印刷

· 新華書店發行

· 書號: 1506

建築工程出版社出版(北京市西郊百萬莊)

(北京市書刊出版業營業許可証出字第052號)

目 录

序	(6)
第一章 緒言	(7)
第二章 石棉水泥管的生产工艺	(9)
一、試件的生产程序	(9)
二、原材料的选择和配合比的确定	(10)
三、石棉的加工	(13)
四、打漿和攪拌	(13)
五、管的成型	(14)
六、脫模	(18)
七、养护	(19)
八、其他	(20)
第三章 石棉水泥管的物理化学性能	(20)
一、吸水率	(20)
二、比重	(21)
三、抗冻性	(22)
四、耐热度	(23)
五、导热系数	(23)
六、酸碱稳定性	(24)
七、可割性与可鑿性	(25)
第四章 石棉水泥管的各种强度	(25)
一、抗拉强度	(25)
二、抗压强度	(28)
三、管体的內压强度	(31)
四、管体的外压强度	(42)
五、管体的抗折强度	(48)
六、石棉水泥管的彈性系数	(52)
七、冲击和振动对石棉水泥管的影响	(56)
八、地震作用下对石棉水泥管所發生的应力	(57)
九、石棉水泥管的預加应力	(60)

第五章 各項接头試驗	(60)
一、石棉水泥斂縫剛性接头	(61)
二、石棉水泥斂縫瀝青隔層接头	(62)
三、瀝青保羅林接头	(63)
四、鑄鐵法蘭盤柔性接头	(64)
五、石棉水泥活動套管接头	(70)
六、接头的抗滲試驗	(70)
第六章 石棉水泥管的实地試驗	(71)
一、給水管道实地試驗及抗滲試驗	(71)
二、動荷載輾壓試驗	(73)
三、熱水管路試驗	(76)
四、油管試驗	(80)
五、暖氣管道試驗	(81)
六、烟囱試驗	(81)
第七章 石棉水泥管道成本分析	(82)
一、石棉水泥管管价	(82)
二、石棉水泥套管价	(82)
三、鑄鐵法蘭盤柔性接头价格	(84)
四、鑄鐵管管价与石棉水泥管管价比較及其節約鉄量	(84)
五、鑄鐵管道与石棉水泥管道造价比較	(84)
六、石棉水泥活動套管接头与鑄鐵法蘭盤柔性接头价格比較	(84)
七、采用石棉水泥活動套管的管道造价	(84)
第八章 石棉水泥管在設計施工方面的問題	(89)
一、設計方面	(89)
1. 对管 材 的 要 求	(89)
2. 設計荷重的組合	(90)
3. 石棉水泥管最少外压强度 的設計	(90)
4. 石棉水泥管最少內压强度 的設計	(93)
5. 石棉水泥管最少抗折荷重的設計	(93)
6. 石棉水泥管的水力計算	(97)
二、施工方面	(100)
1. 基础問題	(100)

2. 管道的連接.....	(100)
3. 工地的質量檢查.....	(100)
4. 運輸與按裝.....	(101)
5. 管道施工的質量檢查.....	(101)
第九章 簡結	(103)

附 录

附表 1	以內压和外压控制石棉水泥管的标准
附表 2	石棉水泥管外压的比較
附表 3	石棉水泥管抗折的比較
附表 4	苏联石棉水泥管的国家标准(ГОСТ539—48)
附表 5	英国石棉水泥管的国家标准(B.S.486:1956)
附表 6	日本石棉水泥管的国家标准(JISA5301)

序

我国工業和农業的建設正以万馬奔騰之势飞躍前进，鋼鉄管材的需要量日益增大，但以我国鋼鉄工業基础薄弱，往往供不应求，甚至某些城市建設和工業建設因管材不足而延緩施工进度。因此，研究如何使用非金属管材代替金屬管材就成为当前迫切的任务。

1956 年秋，北京市政工程設計院技术研究所曾以此为課題，进行了石棉水泥管的研究試驗。1957 年，在本所孙紹平工程师主持下，取得北京市上下水道工程局、北京市自来水公司以及上海大禾石棉水泥制品厂等單位的协助，又进行了較为全面的研究和試驗。研究試驗証明：石棉水泥管是一种代替金屬管材的良好材料。它具有抵抗高內压力的性能，抗滲性也較强，同时还具有管子構造簡單，施工和接口方便，易于保証管道工程質量等优点。

作者將兩年来的研究成果进行了系統整理，編出此書。本書論述了管的制造工艺、力学性能，管及管的标准尺寸、施工及接口的方法，以及应力分析等問題。此外，有关石棉水泥管用于輸送热水、石油等工程的可能性也分別作了介紹。这本书对市政設計部門，給水排水工程，以及其它压力管道等工程都有参考价值。

目前，我国已正式生产石棉水泥管，关于石棉水泥管用于各种流体工程的研究工作仍在繼續进行，不久，石棉水泥管將在各种管道工程方面大放光彩，以使我国建設更大地躍进。

栗 培 光

于北京市政工程設計院技术研究所
1958. 9.

第一章 緒 言

石棉水泥管系以石棉纖維和普通水泥兩種材料混合制成。石棉纖維具有極高的抗拉強度，同時具有不燃性和耐蝕性，與水泥顆粒有很好的吸附性又能牢固地黏結在一起。通常是以一定比例的石棉和水泥放在打漿池內加水混合松解，經攪拌後送至網箱內掛料于毛布上，經壓力滾加壓，一層一層地卷至管芯上，卷至一定厚度時即可卸模脫芯，經蒸氣和水養護之後即為成品。

在十九世紀以前僅將較長的石棉纖維應用於紡織工業上。1900年奧國赫捷克氏首先利用短纖維作石棉水泥制品，並獲得了專利權。1916年意大利開始制作石棉水泥管，1928年英美均陸續製造，1931年日本也開始製造。蘇聯在十月革命之後也建立了各種石棉水泥制品企業，其中就有石棉水泥管企業。近年來在頓巴斯及伏爾加河畔敷設了許多石棉水泥管道。1938年~1940年間日本曾在我國北京、安東等地敷設過石棉水泥管。這種管道雖已使用19年之久，至今尚完整無缺，經水壓試驗仍達20公斤/平方公分，其外壓及抗折強度均很高。1956年秋我所開始研究石棉水泥管這課題，對人工搗制的石棉水泥管進行了試驗，證明這種人工搗制的生產方法不能使石棉纖維充分伸展，以致空隙率很大，有嚴重滲水現象，不能用於給水工程。此後又對大連石棉水泥廠採用的擠漿法進行了系統試驗，認為擠漿法優於人工搗制法。但用擠漿法制成的管材僅能適用於水壓在3-4公斤/平方公分的給水工程，不能滿足高壓管道的各種要求。此時，我們挖出1938年日本在北京永定路所敷設的石棉水泥管，進行了觀察和試驗，從其斷面可以清晰地看出這種管材是用卷層法制作的。同時又查考了蘇聯、日本、捷克等國有關石棉水泥管的文獻，認為生產石棉水泥管必須採取卷層法。當時上海大禾石棉水泥制品廠用制瓦機抄取料層制成了管子，經試驗其水壓強度達20—30公斤/平

方公分。于1957年3月又在大禾厂的經驗的基础上进一步試驗用卷層法制造石棉水泥管，改裝了部分制瓦机的机械設備：增加加壓設備和脫模設備等。

經試驗研究証明，石棉水泥管具有許多优良性能。它有極高的机械强度，因此可用作高压流体管道；重量輕，可割可鑿，便于施工；內壁光滑，摩阻系数小，因而通水能力大，且不生銹；导热系数低，耐高温，适宜于用作热力管道；管体密致，化学性稳定，因而也可用作化学工業管道或石油工業管道。其唯一的缺点是脆性，但在施工运输时避免抛擲，这一缺点是可以克服的。

試驗研究內容偏重于石棉水泥管在給水工程方面的应用，同时亦涉及到其他各种管道工程。

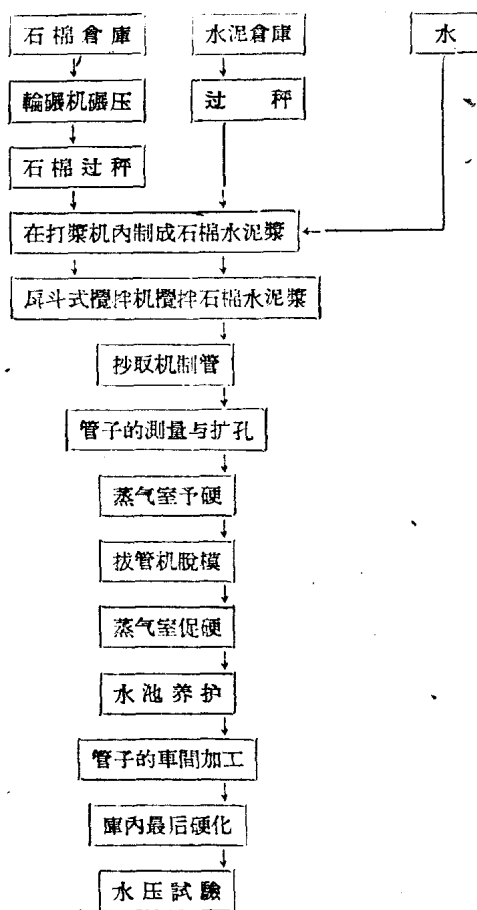
經試驗研究肯定，石棉水泥管完全可以代替鑄鉄管或鋼管。以200公厘口徑的石棉水泥管与同口徑的鉄管比較，每10公里長的管材可以節約500吨鋼鉄，降低工程造价47.3%；口徑在400公厘以上的管材，因管壁厚耗用石棉量較多，其降低造价的数字逐漸減小，但節約鋼鉄的数量逐漸提高。如采用400公厘口徑的石棉水泥管每10公里可以節約1,250吨的鋼鉄，这个数字是很可觀的。在全国工农业大躍进的形势下，給水工程，煤气热力工程，石油工業的建設，多采用石棉水泥管的話，这就不僅能節約大量鋼鉄，而更主要的是可加速社会主义的建設速度，因此生产石棉水泥管不仅具有經濟意义，且具有重要的政治意义。1958年3月吉林石棉水泥瓦厂和沈陽石棉水泥制品厂均已正式生产石棉水泥管材，若全国各地大量生产这种管材，則將節約大量鋼鉄並可解决管材供应不足的問題。

参加此項研究工作的有鄭美美、刘国光、刘善文、翟国明等同志，在試驗研究过程中，承上海大禾石棉水泥厂、北京上下水道工程局、北京自来水公司給予大力协助以及郑裕峰总工程师、栗培光、厉家德、易克俊工程师給予許多指导，同时此書又承栗培光工程师詳細校閱，謹此致謝。

第二章 石棉水泥管的生产工艺

一、試件的生产程序

試件的制作系用上海大禾厂的制瓦設備。根据設備实际情况加以改裝和进行控制。改用較寬的下毛布,增加压力組,对配料,料漿濃度及車速均按制管的要求控制。在生产程序方面首先輾压石棉,然后过秤(由于設備限制沒有彈棉机和合格的旋風机)。石棉、水、水泥分別加入打漿池內,經攪拌送入網箱,抄取机抄取石棉水泥薄層在管芯处卷制成管,以固定刻度尺或卡盤測量管子厚度,当达到一定厚度时即卸模和扩孔,由于設備关系湿脫模在管身縱向發生收縮,因而采取半干法脫模(即在蒸气室略加以予硬),脫模系采取手搖絞車作成的拔管机。管材經蒸汽养护、水养护后端部即可进行加工。由于沒有湿空气养生庫,就把它置放于庫內使其自然硬化,最后用手搖水泵进行水压試驗,这一工序完了,整个生产程序就告完成。生产流程如下:



石棉水泥管的生产流程

二、原材料的选择和配合比的确定

1. 水泥

按一般原理制作石棉水泥管最好采用普通水泥。普通水泥磷酸三鈣含量多，水泥顆粒与石棉粘結力强，同时由于沒有其他混合料，料漿易匀，按苏联国家标准(ГОСТ 970-41)的規定，制作石棉水泥管的波特蘭水泥标号应不低于400号，初凝不早于1.5小时，

細度通过 4900 孔篩余不大于 8%。我們試驗的試件的制作选用了上海水泥厂生产的 500 号普通水泥, 其細度通过 4900 孔, 篩余为 8.58%, 初凝 5 小时 23 分, 比重 2.98, 安定性試驗合格, 部份水泥因保管不够严密而受潮的。

2. 石棉

制作石棉水泥管以半硬質性短纖維的温石棉适宜, 纖維長度 5~9 公厘較好。目前我国石棉种类很多, 半硬性者有辽宁, 内蒙等省, 大連棉及热河棉纖維成針狀, 表面光澤具有硬性, 西康棉松解及应力均次之, 其物理化学性能如下:

石棉的化学成分

表 1

品 名 項 目	大 連 級	大 連 級	热 河 級	热 河 級	西 康 級
水份%	1.37	0.97	0.96	1.18	1.61
灼燒減重%	12.63	17.19	15.94	15.02	14.33
二氧化矽% ($Al_2O_3Fe_2O_3$)	41.90	39.84	41.14	41.40	41.16
Ti_2O_3	6.20	2.92	6.78	3.38	10.14
二、三、氧化物%					
氧化鈣%	6.56	5.99	6.08	6.15	4.60
氧化鎂%	28.45	28.15	26.86	28.70	25.91
三氧化二鉄%	0.22	1.58	0.22	1.30	2.66

註. 大連一級、大連二級、大連三級 以下簡为大連一、大連二、大連三
热河甲級、热河乙級 以下簡为热甲、热乙
西康棉、西康四級 以下簡为康棉、康四

石棉的物理性能

表 2

試 驗 項 目 石棉种类	纖維長度 (公厘)	纖維直徑 (μ)	結構指數		含水率 (%)	附 註
			第一次	第二次		
热 甲	4~10	1~2	1,220	1,380	2.65	纖維直徑 系以 850 倍顯微測 定儀對輪 輻后單纖 維束的測 定
大 連 二	3~11	1.5~2	1,280	1,220	1.08	
大 連 三	/	/	640	650	/	
康 四	5~16	1~2	660	700	2.25	
热 乙	3~10	1~2	/	/	1.20	

从物理性能看热甲, 大連棉質地較硬, 纖維長一般在 3~11 公厘, 容易松解, 在料漿中容易分散, 从石棉化学分析結果来看屬

于温石棉，故选用热甲、热乙及大連棉作为試件的主要原料。

3. 石棉水泥配合比的确定

当石棉纖維松解得很好时，它便具有極高的吸附性，能吸附水泥在水化作用时所析出的石灰，如配合比适当时，石棉纖維与水泥顆粒之間即有極高的粘結力，同时水泥顆粒越細則水泥与石棉纖維的粘合面积越大，因此确定配合比对成型有很大关系，当配合比恰当的时候則成型容易，产品强度也就高，抗滲能力亦强。关于配合比从理論上講应根据石棉纖維直徑及水泥顆粒直徑来計算，根据苏联学者П.Н.索柯洛夫的研究，石棉和水泥的配合比例用下公式計算：

$$\frac{l}{m} = 0.344 \frac{d_u^2}{K(d_u + d_u)d_u} \dots \dots \dots (1)$$

式中

l —— 石棉含量(%)

m —— 水泥含量(%)

d_u —— 石棉纖維平均直徑(μ)

d_u —— 水泥顆粒平均直徑(μ)

K —— 水泥过剩系数，索柯洛夫定此系数为3.

已知 $l+m=100$ 解上式，則

$$\text{水泥顆粒平均直徑 } d_u = \sqrt[3]{\frac{100}{\frac{n_1}{d_1^3} + \frac{n_2}{d_2^3} + \frac{n_3}{d_3^3} + \dots + \frac{n_n}{d_n^3}}} \dots \dots \dots (2)$$

$d_1, d_2, \dots, d_n$ —— 水泥各种顆粒組成部份的直徑 (μ)

$n_1, n_2, \dots, n_n$ —— 水泥各种顆粒組成部份的百分含量(%)

在这公式里並沒有提出石棉纖維的長短和强度問題，另外在国内对于石棉纖維直徑和强度的精確測定还没有專門的仪器，因此当时对配比的計算难于从石棉纖維直徑和水泥顆粒直徑来进行。

此外，根据苏联 E. H. 基达也夫工程师的研究，認為如果石棉水泥制品別的因素固定，石棉含量增加，其强度也随之而增加，則推演出以下公式，

$$\sigma = K \frac{5.33(M_a + M_u)}{M_u} \dots\dots\dots (3)$$

式中 σ ——抗折强度 (公斤/平方公分)

M_a ——在石棉水泥制品中石棉含量(%)

M_u ——在石棉水泥制品中水泥含量(%)

K ——常数, 由石棉纖維質量而定。

由于考虑到石棉含量多自然涉及到工程成本問題, 同时对管子來說, 要求橫向縱向的应力分佈复杂性並不一定單从增加石棉的含量来解决, 尤其对于抗滲性而言, 石棉过多並不利。因此在試驗时确定石棉含量分别为 10%, 12% 及 15%, 从工艺操作中, 从工程中使用方面了解各种配比的情况。

三、石棉加工

石棉的加工采用輪輥机。輪輥是松解石棉基本的纖維束。試驗所采用的輪輥机是由两个花崗石輪所組成的, 这两个石輥在輥盤上作旋轉运动, 並有刮板設備, 石輪直徑 135 公分, 厚 40 公分, 重 1.6 吨, 底盤为混凝土, 直徑为 150 公分, 高度 52 公分, 盤頂直徑 230 公分, 每次輥压容量为 100 公斤。由于各种棉可松散程度不同, 松解時間也不同, 大連二級棉处理

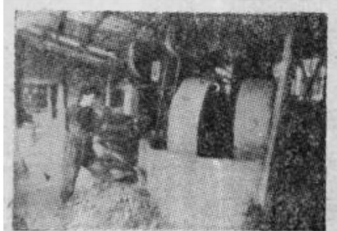


圖 1 石棉的輪輥

一次需 15~20 分鐘, 热甲需 30 分鐘。石輪立軸每分鐘 17 轉。供試驗用石棉采用干法处理。在試制 $\Phi 150$ 公厘口徑管时曾經采用过湿法处理, 但因含水較多, 脫模發生困难。因而暫告停止試驗。这一問題有待今后繼續試驗研究来解决。

四、打漿和攪拌

为了使已經輪輥过的石棉松解到最好的程度, 使水泥的細粒均佈于石棉的悬浮液中, 在打漿池內进行进一步的松解。試驗所采用的打漿池的設備如下:

打漿池設備

表 3

打漿池容量	2立方公尺
池外形尺寸:	
長軸	4公尺
短軸	2公尺
深度	0.48公尺
帶齒滾筒直徑	0.75公尺
長度	1.0 公尺
滾筒齒根數	50
梳子齒根數	17
滾筒與梳子間隙	0.6~15公厘
滾筒轉數	130轉/分
电动机能量	25H. P.

为了保証石棉水泥料漿不断地供上管子的成型，在漿池內必須儲備一定數量的料漿。在打漿池的下邊就是斗式攪拌機，具有12個斗子，每分鐘17轉，由25匹馬力电动机帶動，料漿不斷的由溜槽送入網箱。

我們試驗時的打漿時間共為12分鐘。將池放入回水之後，加入石棉混合7分鐘，再加入水泥混合5分鐘就放入下部攪拌池。一般說來，打漿效果是不够好的。因為梳子齒刀經多年使用已磨成7公厘的深度，滾筒齒刀深度22公厘，個別的已歪扭不直，更嚴重的是滾筒齒刀與梳子間隙大，其間隙一端為0.6公厘，另一端為15公厘。所以松解效果不够好，這是重要的缺點。從試驗中觀察大連石棉松散容易，纖維在漿內分佈的很勻，打漿時控制的水溫在 $21^{\circ}\text{C}\sim 26^{\circ}\text{C}$ ，石棉水泥漿水溫過低則其粘度大，增加溶液內部阻力，如水温低于 10°C 生產率降低而料坯亦易壞。



圖 2 石棉水泥的打漿

五、管的成型

石棉水泥管試件是从制瓦机改裝成制管机生产的，以制管的要求在制瓦机改裝时增設了上毛布、加压滾、管芯、拔管絞車、管托等。網箱、網狀筒、下毛布、真空盤、振打及导滾等均利用原有制瓦机設備。其主要設備列如下表：

制管主要設備表

表 4

網狀筒直徑(公尺).....	0.7
鋼絲網(孔/吋).....	60
網箱(長×寬×深)(公尺).....	1.45×1.4×0.7
毛布(上海美倫厂出品)	
長度(公尺).....	13.1
寬度(公尺).....	1.07
重量(公斤).....	23
伏壓滾直徑(公尺).....	0.30
伏壓滾重量(公斤).....	60
伏壓滾與網狀筒中心距離(公厘).....	75
胸滾直徑(公尺).....	0.30
胸滾轉速(轉/分).....	38.3
加壓滾直徑(公分).....	14.7
加壓滾重量.....	815.5~919.5公斤

石棉水泥料漿經溜槽放入網箱之后，由網筒抄取薄層，然后轉運于毛布之上，毛布向前運行，經真空脫水之后到了前車，石棉水泥薄層就卷在管芯之上。上毛布所帶動之壓滾以一定的重量壓緊每層的料層，這樣層層壓實，至需要的厚度時則卸下管芯，此時管即成型，其程序可見圖(3)及圖(4)



圖 3 制管設備圖