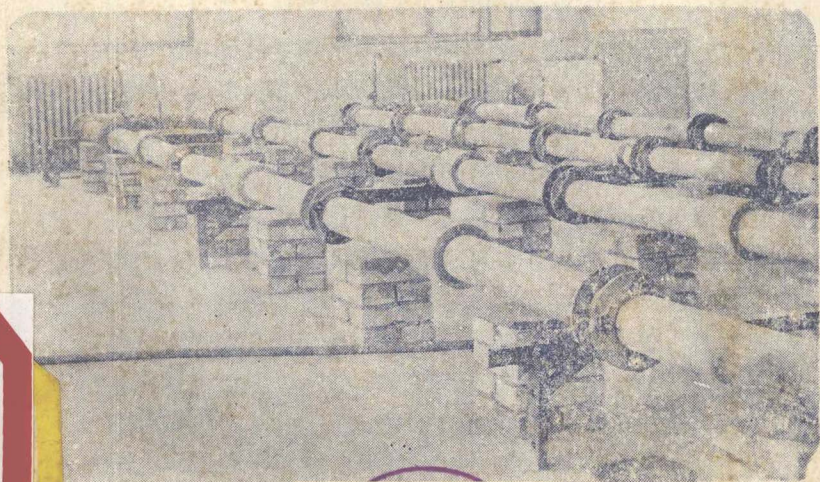


石棉水泥管在工业中的应用

王克法 杜堯枝 胡金熊著



水利电力出版社

TQ176.17

貴

內 容 提 要

在工业建設中，需要大量的各种鋼材，其中尤以鋼管的用途极为广泛；各种鋼管鋼材，不但工业建設大量需要，即使对城市建設和农村建設，也是不可缺少的。因此，如何利用其他材料来代替，以節約鋼材，就具有极其重要的意义。

石棉水泥管是代替鋼管的一种很好的材料。本書是綜合了国内各有关石棉水泥管研究成果和制造經驗写成的。書中主要內容包括：石棉水泥管的制造、性質和应用，石棉水泥管的应力分析、流体計算、热力計算、热力膨脹的补偿、热損失及溫度降等。

本書系供从事石棉水泥管制造、研究和应用的技术人員閱讀之用。

石棉水泥管在工业中的应用

王克法 杜堯枝 胡金熊著

*

1471Z122

水利电力出版社出版(北京西郊科學路二里溝)

北京市書刊出版業營業許可證出字第105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 * 2 $\frac{3}{16}$ 印張 * 49千字

1958年10月北京第1版

1958年10月北京第1次印刷(0001—5,100册)

統一書号：15143·1166 定价(第9类)0.24元

貴大

序 言

自从党的八大二次会议提出了社会主义建设总路线以后，全国各个方面形成了空前的跃进高潮。工业建设在大中小型相接合的政策指导下，不论是中央或地方，城市或乡村，新建工厂遍地开花。这样一来，势必形成使用钢材的高峰。在这种情况下，如何用其他材料来代替钢材，以解决钢材的不足、减少投资和节省外汇就成了当前一个很重要的任务。

工业建设中所需要的钢材种类很多，有钢管、圆钢、型钢、钢板等等。其中特别是钢管，不但工业建设大量需要，而且对于城市及农业建设也是必不可少的材料。

石棉水泥管是代替钢管的一种很好的材料，国内各研究部门和生产厂的报导以及国外的资料，都证实了这一点。石棉水泥管不但可以输送常温介质，而且可以输送高温介质，可以输送液体，也可以输送气体，用处非常广泛。

我国石棉的蕴藏量非常丰富，石棉矿产遍及全国，这样就给石棉水泥制品提供了十分有利的条件。与其它工业一样，石棉水泥管的制造工业也在飞跃发展，仅在1957年某些单位才开始试制，但1958年就已经有一些石棉水泥管厂投入了正式生产，并且有很多工程已把国产的石棉水泥管应用到工程中了。

为了解决钢材不足的困难和节约建设投资，积极地推广石棉水泥管以代替钢管，具有很大的经济意义和政治意义。为了能达到普遍推广的目的，水利电力出版社要求我们针对石棉水泥管在工业中的应用问题写一篇综合性的报导，但是我们感到

有些困难。因为一則我們对这方面知道的太少，另一方面，我們对于这一專題的研究工作还没有結束，一时还难写出內容完全正确的报导。但是，由于社会上迫切需要这方面的資料，所以我們就根据国内外一些資料加以系統整理，写成了这篇不够完全成熟的报导，提供各界参考。

在編写本書时所用的参考資料，一部分是国内的，一部分是国外的。国内資料主要有北京市市政工程設計院技术研究所的“石棉水泥管試驗研究報告”，丰台桥梁厂的“石棉水泥管試制技术总结”，沈阳石棉水泥制品厂的“石棉水泥管試制經過”，以及电力建設研究所和北京电力設計院的“石棉水泥管高温热水管試驗研究報告”。国外資料主要是苏联关于石棉水泥方面的書籍和一部分英、美的資料。其中大部分資料是市政研究所孙紹平工程师提供的。

在編写过程中，电力建設研究所的党組織与行政领导給予了很大的鼓励与支持，因而保证了編写工作的順利完成。

为了迎接不平凡的一九五八年的偉大节日——国庆节，我們利用了一个月的业余时间赶編脫稿，謹作为“十一”的献礼。

該書的不周与錯誤之处一定难免，希望各界提出批評和指正。

作者 1958年9月

目 录

一、石棉水泥管的发展	5
二、石棉水泥管的制造	5
1. 制造过程	6
2. 原材料与配合比的选择	9
三、石棉水泥管的各种性质	14
1. 石棉水泥管的一般性能	14
2. 石棉水泥管的物理性能与力学性能	16
四、石棉水泥管在工业中的应用	18
五、石棉水泥管的敷设与连接	21
1. 石棉水泥管的敷设	21
2. 连接石棉水泥管的接头	22
六、石棉水泥管的应力分析	35
1. 管体在集中荷重下的应力分析	36
2. 管体在均布荷重下的应力分析	38
3. 管体受液体内压时的应力分析	39
4. 管体的抗折强度	40
5. 石棉水泥管的弹性模量	42
七、石棉水泥管的流体计算	43
八、石棉水泥管的热力计算	51
1. 热介质的各项参数	51

2. 單綫管計算	51
3. 管道內的压力降	51
九、石棉水泥管热力膨脹的补偿	55
1. 管道温度膨脹的計算	55
2. 管道温度膨脹补偿方式的选择及計算	56
十、石棉水泥管道的热損失与温度降	60
1. 热損失的計算	60
2. 温度降的計算	61
3. 沟槽敷設热力管道的热阻	64
4. 多管无沟敷設热力管道的热阻計算	66
十一、結語	70

一、石棉水泥管的发展

石棉水泥管的試制是1913年在意大利开始的，1916年他們开始了正式生产。在1928年英国也开始制造，1931年日本也有了产品，苏联在十月革命以后，石棉水泥工业也在蓬勃地发展。中国在1939年就开始应用石棉水泥管，但只是用在安市与北京市的上水道上。解放以后，在党的正确领导下，各种工业都在一日千里的发展，石棉水泥管的試制于1956年也先后在上海大禾石棉水泥制品厂和沈阳石棉水泥制品厂試制成功。在1958年大跃进的浪潮中，全国很多石棉水泥制品厂大量投入生产。对这方面的試驗研究工作国内有很多單位在进行，特别是北京市市政設計院技术研究所对常温部分进行了系統的研究。在我們国家里，不但要把石棉水泥管大量地应用到輸送常温介質管道上，而且要大量地应用到热力管道上，用来輸送有压力的热水和蒸汽。对于这方面的研究，有水利电力部电力建設研究所与北京电力設計院在进行，而且已經得到了令人滿意的成果。

二、石棉水泥管的制造

石棉与水泥有着天然良好的結合特性，因为純水泥制品抗压强度很高，而抗拉强度很低；但石棉的抗拉强度虽高，却不能单独做成結構物。石棉与水泥混在一起，相互起着取长补短的作用。石棉在石棉水泥制品里是起着鋼筋混凝土里的鋼筋的

作用，它在水泥制品里形成一种縱橫交錯的均匀的網狀，密切地結合在水泥里，成为一种匀質的、全体有均一强度的制品，因此就消灭了水泥与其他加强材料之間有显著应力差別的弱点。

石棉水泥是一种非常耐久的材料，因为石棉与水泥都具有耐久的特性。石棉水泥的制品是采用了加压的方法制造的，里面几乎沒有空隙，所以它不会由于時間長久而变質，相反地强度有很大的上漲，国内外的資料都証实了这一点。据英国資料报导，把制成后6个月期令的石棉水泥管的水压强度与在同样条件下制成的而且运行了17年的同样的石棉水泥管相比較，后者强度增加了40%。又如我国1938年敷設在安东和北京的石棉水泥管，到現在已运行了20年，挖出来的样品仍然和新的一样，沒有任何异狀，但是这些水管都是用在常温的輸水管道上的。

1. 制造过程

石棉水泥管的制造，是用加工了的石棉纖維与篩选的水泥加水混合成漿狀，用帶有极細網眼的旋轉篩进行過濾，在篩網上面沉淀成一层均匀的石棉水泥的薄膜。

这个薄膜經過連續工序被一个循环轉动的毛毯帶帶走，在毛毯帶運轉的途中設有真空吸水裝置——真空器，把傳料毯帶的多余水份吸除。經過这道工序，傳料毯帶上剩下一层半干硬性的石棉水泥薄膜，这个薄膜的厚度为0.1~0.3公厘。薄膜被送到一个表面非常光滑的鋼制成型筒上，这样不断的运行，在成型筒上就卷成了石棉水泥管。在卷的过程当中，成型筒的上面有一个加压滾筒，使石棉水泥管一边卷厚一边加压，这样制成的石棉水泥管是完全規則的，而且可以达到所要求的厚度。在成型扩管以后即可脫膜，再經過几小时的干燥之后，

送到 80°C 蒸汽与 40°C 水中养护，一般經過七天即可达到使用强度。最后一道工序是按照需要的規格修裁長度，將兩端部鉋圓。以上是制造石棉水泥管的整套工序。

从以上一系列的工序来看，石棉水泥管的强度高是很有科学根据的，第一，提高强度的措施是石棉水泥薄膜經過一道真空裝置，吸出了水泥顆粒之間的多余水份，减少了多余水份所形成的气泡；第二，管壁是經過层层薄膜連續卷起来的，中間不可能发生任何缺陷；第三，在卷层的同时，在成型筒上施加适当压力，使石棉与水泥之間和层与层之間組織更加紧密。这种工艺是相当科学的，也合乎水泥的强度与工艺之間的关系特性。其加工系統見图1，工艺过程参看下面的制造工艺过程表（表1）。

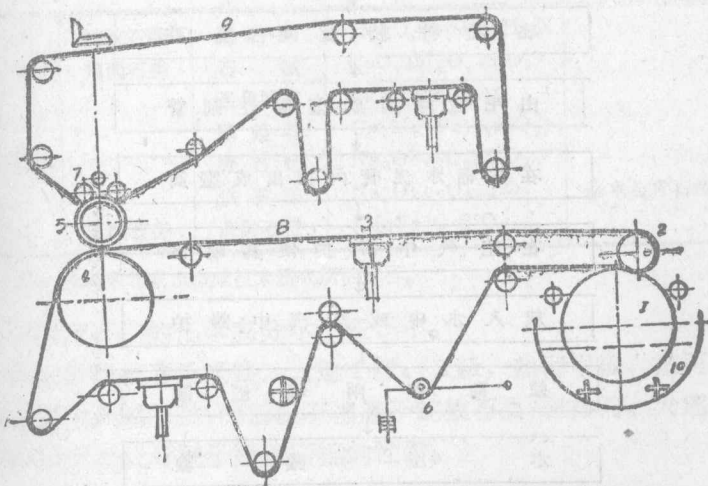
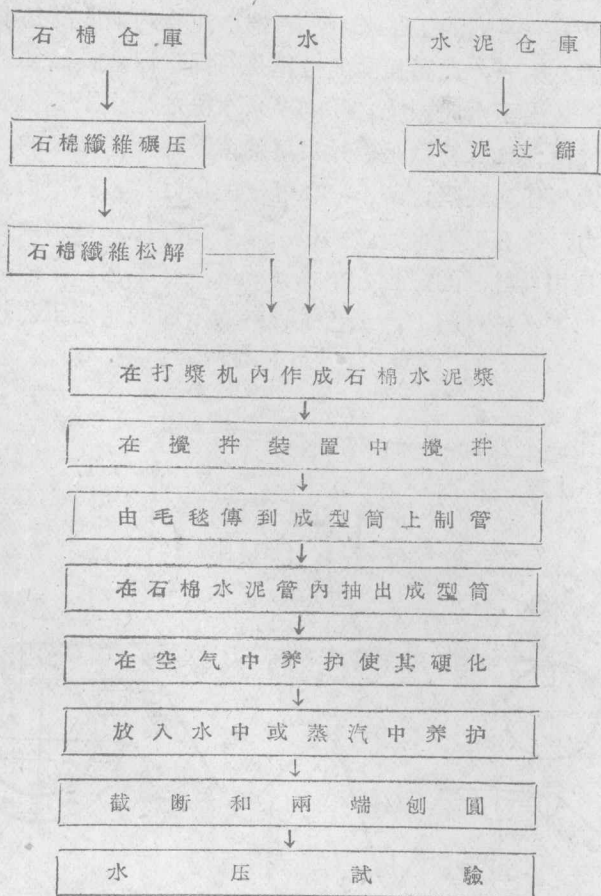


图1 上部为加压傳动部分，下部为灰漿傳动部分。

1—網狀滾筒；2—滾軸；3—真空吸水器；4—滾筒；5—石棉水泥管成型筒；6—調節滾；7—加压滾；8—电傳灰毛毯；9—毛毯；10—灰漿筒。

表 1

石棉水泥管的制造工艺过程表



2. 原材料与配合比的选择

(1) 石棉的类别与化学成分 石棉是天然的矿产，我国的蕴藏量非常丰富，如东北、山东、云南、陕西、河南、河北、四川、内蒙和湖北等省均有石棉蕴藏，特别是河北涞源、湖北古城的石棉质量的优越可与世界任何国家比美。

石棉是由很复杂的化学成分组成的，北京市市政研究所对国产石棉曾作了很系统的研究，兹将其一部分资料介绍如下，一般分为三类：蛇纹石类，角闪石类，直闪石类；其所含化学成份如表 2 所示。

表 2 石棉的类别和化学成分表

编 号	类 别	名 称	化 学 成 分	注
1	蛇纹石类	温石絨	$3\text{MgO}, 2\text{SiO}_2, 2\text{H}_2\text{O}$	基本与青石棉同
2	角闪石类	石 絨	$\text{CaO}, 3\text{MgO}, 4\text{SiO}_2$	
		透角闪石	$\text{CaMg}_3(\text{SiO}_3)_4$	
		阳起石	$\text{Ca}(\text{Mg} \cdot \text{Fe})_3(\text{SiO}_3)_4$	
		青石棉	$\text{Na}_2\text{OFe}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$	
		铁石棉	$\text{Na}_2\text{OFe}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$	
3	直闪石类	直闪石棉	$(\text{MgFe})\text{O} \cdot \text{SiO}_2$	

注：此表系北京市市政技术研究所的资料。

国产石棉的化学成分示于表 3 中。

从显微镜着色观察，大连 1 级、2 级，热河甲级、热河乙级是属于角闪石类，而西康石棉属于蛇纹石类，但热河、大连、内蒙的化学成分近于西康石棉的性质。

(2) 石棉的物理性能

大连石棉的纤维成针状，表面光泽，成硬性和脆性。西康石棉则纤维长、拉力大、性软。热河石棉性脆、强度小、塑性小。

表 3

国产石棉的化学成分

石棉品种	化 学 成 分							烧 失 减 量
	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	MgO	CaO	K ₂ O + NaO ₂	水分	
河北涞源 1 級	36.69		0.15	26.11			1.81	
河北涞源 3 級	34.38	0.65	0.17	26.51			1.95	
內 蒙 1 級	34	1.09	0.63	37.01			2.10	
內 蒙 2 級	37.9	0.7	0.3	29.54			1.70	
西 康 1 級	38.37	8.87	0.75	37.06	2.81	0.3	3.34	12.75
西 康 4 級	41.16	2.66		25.91	4.60		1.61	14.33
大 連 1 級	41.90	0.22		28.45	6.56		1.37	12.63
大 連 2 級	39.84	1.58		28.15	5.99		0.97	17.19
热 河甲級	41.14	0.22		26.86	6.08		0.96	15.94
热 河乙級	41.40	1.3		28.70	6.15		1.18	15.02

注：北京市市政技术研究所“石棉水泥管研究报告”第32号和38号。

此三种石棉的物理性能如表 4、表 5、表 6 所示，此三表为北京市市政技术研究所“石棉水泥管研究报告”第38号。

石棉的机械强度是很高的，未松解前的纖維的抗拉强度为 30,000 公斤/公分²，松解后的抗拉强度为 6,000~8,000 公斤/公分²。更重要的是石棉有着与水泥良好結合效果，比重为 2.4~2.5，能耐碱性、酸性，而且能耐高温，不会燃燒，温度 500°C 时开始失去化学結晶水，强度有些下降，700~800°C 时变成脆性的，石棉的熔点为 1500°C。石棉根据纖維的平均長度共分七級，石棉直徑可以达到 0.5 μ ，但一般是 30~40 μ (微米)。

(3)对水泥的要求 为了制造石棉水泥管，各个国家都规定使用波特蘭水泥，而且都有其特殊的規定。如苏联在制作石棉水泥制品时要求水泥在 400* 以上，水泥中除掺入石膏之外不允许掺入任何掺合料；并要求 4,900 孔的篩余量不大于 8%，而捷克要求篩余量在 3~10% 的範圍內。

表4 石棉輪碾后的松解度

石 棉 种 类	松 解 度	附 注
热河甲級	40	干碾20分鐘
大連 2 級	38	干碾15分鐘
西康 4 級	60	干碾50分鐘

表5 石棉的結構指数

結構指数 石棉种类	第 一 次	第 二 次
热河甲級	1,220	1,360
大連 2 級	1,280	1,220
大連 3 級	640	650
西康 4 級	660	700

表6 石棉的其它物理性能

石 棉 种 类	纖維長度 (公厘)	纖維直徑	含 水 率(%)
热河甲級	4~10	1~2	2.65
热河乙級	3~10	1	1.20
大連 2 級	3~11	1.5~2	1.00
西康 4 級	5~16	1~2	2.25

当制作石棉水泥管时，应用3~5級石棉，水泥的4,900孔篩余量应为5%。当石棉纖維短而細时，适合于粗的水泥顆粒，因为短細的石棉纖維在網筒上形成的網狀結構較稀薄；如

用細顆粒水泥，容易使石棉纖維及水泥大量損失于回水中。当石棉纖維長且粗時，应采用細顆粒水泥，这样能形成緊密的結構，此种纖維組成的網狀比較密致。

用掺有混合料的水泥是不适于制管工艺要求的，一方面是由于水泥掺合料的比重不同会产生分裂現象，使管的每层强度不均；另一方面，在打漿工序中泡沫皂化，对操作不利，会影响質量。

对水泥的另一个要求是硬化時間，在捷克的要求是70~80分鐘开始凝結，3小时初凝結束；在苏联要求初凝不得早于1.5小时，因为初凝時間过早是不宜于制管的。

(4) 石棉与水泥配合比的选择 配合比的选择是保証强度的一个非常重要的措施，正确的选择配合比不但可以保証質量，而且有着重大的經濟意义。

石棉与水泥的配合比可以进行計算，根据 И.И. 沙格洛夫教授的研究，石棉水泥的配合比与石棉纖維直徑及水泥顆粒直徑有关。И.И. 沙格洛夫教授提出的公式如下：

$$\frac{l}{M} = 0.344 \frac{d_a^2}{K(d_a + d_u)d_u},$$

l ——石棉含量，%；

M ——水泥含量，%；

d_a ——石棉纖維的平均直徑；

d_u ——水泥过剩系数，沙格洛夫系数为3。

$$d_u = 3 \sqrt{\frac{100}{\frac{n_1}{d_1} \frac{n_2}{d_2} \frac{n_3}{d_3} \cdots \frac{n_n}{d_n}}},$$

$d_1, d_2, d_3, \cdots, d_n$ ——各种組成水泥顆粒的直徑；

$n_1, n_2, n_3, \cdots, n_n$ ——各种顆粒組成量的%。

应用这个公式計算并不复杂，而复杂的是水泥顆粒的測定。特别是 K 值的确定，是要根据各种不同的石棉品种（如直径、長度、物理性能、机械性能和工艺过程特点等因素）的不同而变化。所以說这个公式只能供作試制之前的参考。特别是我国石棉种类很多，性質也較复杂，石棉的各种性能参数还没有完整的数据，制造技术經驗不多，制造工艺与制造机械也不同，所以对这个公式尚不能十分信賴，而有賴于各制造部門与研究單位从实际經驗中得出切合实际的公式。

在苏联的有关石棉水泥制品的書籍中介绍，石棉的含量为8~20%，而以11%为最佳。

捷克專家介绍，高压管的石棉含量为14%，低压管为12~13%。

国内的几个試制單位都采用10%、12%、14%和15%，而且从这些試驗成果比較，以15%的强度較高。

石棉的含量偏高或偏低都影响着强度，它与强度不是正比关系，而是一个凸形曲綫。这条曲綫在座标上的位置在同样的条件下，与石棉品种有着密切的关系，最近我国几个研究單位曾采用了康四、康五、热甲、热乙、大連一級、二級、羊山五級、綏远二級、涿源三、四、五級、內蒙二級等石棉进行了試制和試驗。在試制过程中，有的采用單一棉，有的采用混合棉，而且基本上都是成功的，当然其中强度有高有低。丰台桥梁厂在試制过程中得出了这样一个很值得重視的結論，就是石棉的選擇应当是半硬性的最合适，纖維不長，容易松解，而且在打漿工艺过程中能使石棉纖維形成直綫式均匀地分布在卷层中。这样，才能使石棉在管壁中起到应有的作用，而且在破坏試驗中也証实了这一点；凡是破坏的地方，都能发现石棉成堆、在水泥里分布不均、有硬梗等現象。

(5) 石棉水泥管的規格 目前我国的石棉水泥管还没有统一的規格，不过根据我国的情况，过去在城市建設上用的鑄鉄管，都是用日本久保田規格；而工业上用的鋼管均为苏联規格。为了能够配合城市建設与工业建設上的需要，所以建議石棉水泥管的产品規格能根据这两种規格作标准分別生产，即低压管的外徑采取与久保田鑄鉄管外徑相同，以便于弯头与三通的連接；高温高压管的內徑能考虑与鋼管相同。

現將苏联 ГОСТ 539-48 石棉水泥管的規格列于表 7 中。

表 7 苏联ГОСТ 539-48 石棉水泥管規格

ГОСТ 石 棉 水 泥 管 的 規 格			备 注
內徑，公厘	車削端外徑 公厘	車削端管壁厚 公厘	其中“—”系代表只許小于的意思。
75	93—1.5	9—2.0	
100	122—2.5	11—2.5	
119	143—2.5	12—2.5	
141	169—2.5	14—3.0	
189	221—3.0	16—3.0	
235	273—3.0	19—4.0	
279	325—3.5	23—4.0	
322	276—3.5	27—4.0	
368	428—4.0	30—5.0	
456	532—4.0	38—5.0	
546	636—4.0	45—5.0	

三、石棉水泥管的各种性質

1. 石棉水泥管的一般性能

石棉水泥管是兩種具有高强度而且又耐久的材料（石棉纖維

維和水泥)組合而成的,所以它對各種破壞的外力有着很高的抵抗能力,這主要是由於在加工工藝過程中加很大的壓力使其內部組織緊密堅實的原因。石棉水泥管具有很多優越的性能,茲將其各種性能分條的介紹如下。

(1)石棉水泥管不但初期强度高,而且強度是與運行後隨着養護的進行不斷的增長。英國曾挖出已經運行了17年的石棉水泥管進行試驗,其內壓強度上漲了33.9%,這證明石棉水泥管隨時間的增長,強度不斷的上升。

(2)磨擦係數小。製造石棉水泥管的管蕊是經過磨光的鋼鉤,所以管子的內表面非常光滑,對於烟、汽、水等各種流体阻力都很小,比鋼管和鑄鐵管等有較大的載流量,因之在設計管路時可以得出最經濟的斷面。

(3)不生垢瘤。這也是石棉水泥管的最大優點之一,一般鋼管或鑄鐵管由於長時間的運行,內表面腐蝕而產生垢瘤與截面損失,因而增加流体阻力和水頭損失,而石棉水泥管卻沒有這種缺點。所以計算任何石棉水泥管的管道時,不必為內徑的減少而留出任何裕度。1938年北京敷設的石棉水泥管(上水管),已經運行了20年,但觀查其內部情況宛然如新。

(4)耐高溫,傳熱小。石棉與水泥都是耐高溫的材料,所以石棉水泥管也有耐熱的特性。這一優點就促使這種管材的用途更加廣泛,它可以承受 $300\sim 400^{\circ}\text{C}$ 的溫度,不會由於溫度的劇烈降低而造成破裂,可以做很理想的烟道、熱風道,也可以做熱水管道。如果用在需要保溫的熱管道上,由於他的傳熱率小,僅為鋼材的 $\frac{1}{240}$,因此可以節省大量的保溫材料;同時也減少了很多不必要的熱損失,自然也就節省了燃料。

(5)抗侵蝕。這種管子有足夠的能力抵抗酸鹼的侵蝕,也