

建材情报资料

总第8123号

工程材料类11

国内外石棉水泥板的现状 及今后的发展趋势

建材部 武汉水泥制品工业设计院
技术情报标准研究所

一九八一年十月



前 言

《国内外石棉水泥板的现状及今后发展的趋势》，是由建材部技术情报标准研究所组织编写的。全文分二篇，第一篇为国外石棉水泥板的现状及今后发展的趋势；第二篇是国内石棉水泥板的现状及今后发展的趋势。国外部分，主要是根据近年来出国考察，来华技术座谈，国外专题资料和有关的译文进行编写的。国内部分，主要是根据我所了解的企业的生产技术情况，和近年来我院所作而为企业所采用的部分设计资料进行编写的。

为了编写本资料，我们组织了武汉水泥制品工业设计院一、二设计室的部分同志作了大量调查研究，搜集了不少资料，然后分头执笔编写，技术情报室的同志负责汇总整编，全文由胡文蛟工程师审校并修改，最后经建材部技术情报标准所的有关负责同志审阅付印。尽管如此，由于我们对情况了解得还不够深透，加之技术水平有限，时间仓促，错误之处在所难免，殷切希望指正。

技术情报标准研究所
建材部
武汉水泥制品工业设计院

一九八一年四月

目 录

第一篇 国外石棉水泥板的现状及今后发展的趋势

第一章 概 论

第一节 简史.....	(1)
第二节 产品产量及品种规格.....	(2)
第三节 产品质量.....	(7)

第二章 湿法制造石棉水泥板的生产技术

第一节 生产方法比较.....	(11)
第二节 原料的技术要求.....	(11)
第三节 石棉的检验方法.....	(15)
第四节 原料的配比.....	(18)
第五节 石棉松解和料浆制备.....	(22)
第六节 板材成型.....	(26)
第七节 主要生产环节的自动控制.....	(37)
第八节 养护.....	(39)
第九节 石棉水泥板的表面涂饰.....	(41)

第三章 干法制造石棉水泥板的生产技术

第一节 简述.....	(42)
第二节 干法生产的特点.....	(43)
第三节 瑞典干法板的生产技术.....	(43)

第四章 国外的科研动向

一、新的制造工艺.....	(48)
二、关于短棉利用.....	(49)
三、代用纤维.....	(50)
四、板坯加压.....	(50)

第二篇 我国石棉水泥板的现状及今后发展的趋势

第一章 概 论

第一节	我国石棉水泥板企业的分布情况及生产能力·····	(51)
第二节	产量及品种·····	(53)
第三节	质量·····	(54)

第二章 原材料供应及技术经济指标

第一节	原材料的技术条件和供应·····	(57)
第二节	主要的技术经济指标·····	(59)

第三章 石棉水泥板的生产技术

第一节	原材料的选择与使用·····	(60)
第二节	石棉加工工艺及设备·····	(63)
第三节	石棉水泥板的制浆、成型工艺及设备·····	(69)
	一、料浆制备	
	二、成型与加工	
	三、加压与堆放	
	四、板的养护	

第四章 石棉水泥复合板

第一节	石棉水泥复合外墙板的试制与推广·····	(81)
第二节	石棉水泥复合板的主要性能及试用·····	(81)
第三节	复合工艺·····	(84)
第四节	复合板试制阶段的成本分析·····	(86)

第五章 几条不同类型的生产线简介

第一节	概述·····	(87)
第二节	湿法真空辊压生产线·····	(87)
第三节	加筋波形板生产线·····	(91)
第四节	大波板生产线·····	(93)

第六章 石棉水泥板厂的除尘

第一节	生产过程中的粉尘情况·····	(94)
第二节	除尘设备的选型·····	(95)
第三节	除尘系统的布置·····	(96)
第四节	除尘系统的调试·····	(97)

第一篇 国外石棉水泥板的现状及今后发展的趋势

第一章 概 论

第一节 简 史

石棉水泥板最初于1900年在奥地利开始生产。到现在,已有80年的历史。目前国外约有300个公司,30多万人从事石棉水泥板的生产和有关的工作。据估计,全世界到现在总共生产了二亿多吨石棉水泥板,其中美国6500~7000万吨,苏联6000~7000万吨,欧洲各国约4000~5000万吨,日本2000~1400万吨。最近以来,石棉水泥板的产量增长很快,据统计全世界1973年石棉水泥板的总产量已达到6500~7000万吨。个别国家增长的速度更快,比如日本,1968年石棉水泥平板的产量为1290万张,以后逐年增加,1972年时已达到2480万张,约翻了一番。据称日本现有试验水泥平板设备的生产能力,为每月1400~1500万张,到1980年可达二亿张以上。

石棉水泥板除了作屋面材料外,在轻型多层框架房屋结构中,广泛用作外墙板的外贴面板,这是石棉水泥最近发展很快的一个主要原因。用石棉水泥板做墙板的外贴面板,始于第一次世界大战时期,当时,德国用这种板建造营房,用草纤维板做中间的保温层。第一次世界大战结束,各国在房屋建筑中大量采用这种板材。

1933年美国《西洛代克斯—卡鲁保雷斯》公司生产了第一批商业性的石棉水泥墙板,石棉水泥板是粘贴在做了防水处理的木丝板上。以后,美国各种墙板的面板,经常采用3~4m/m厚的石棉水泥板,板的表面涂了颜色,性能稳定。

美国《都约—斯特鲁克斯》公司生产的墙板,其内外贴面都用石棉水泥板,板宽为1.2m,厚3.2m/m。

英国的石棉水泥外墙板是木骨架的,用矿棉保温。在“格拉兹克城”修建了一批31层的框架式住宅,其外墙都是用这种板材。

据英国《国际建设》介绍,在英国已试验成功石棉水泥板加强的混凝土抗弯构件。其方法,是将石棉水泥制成的薄板和槽形板,一般厚为6~9m/m,在梁板底部及两侧与混凝土一起浇灌,使之成为整体性组合构件,称为石棉水泥板与钢筋混凝土的组合构件,可提高构件的抗弯强度达200Kg/Cm²以上,其中石棉水泥薄板可以起到部分预应力的作用,并充当钢筋的保护层。

在日本,生产石棉水泥制品的公司有33个。在这33家公司中,浅野“石棉板公司是日本最早,最大的一家生产石棉水泥板的公司。1914年创立时,只生产16吋见方的屋面板,1923年发生“关东大地震”,石棉水泥板的应用得到人们的重视,由此推动了它的发展,从1930到1940年十年期间,该公司的产量增长了九倍。1960年以后的生产,该公司自认为是飞跃发展的时期。

东德的《申德维奇板》是驰名的,也是用加强的5m/m厚的石棉水泥板贴面。

比利时《埃太尔尼特》公司生产了很多种五颜六色的石棉水泥板,涂的颜色很像搪瓷,但

比搪瓷结实钢劲。板长2.3~3.0m, 厚3.2~12.5m/m。

石棉水泥板还被普遍采用作为内墙板, 隔墙板, 天花板和建筑物的装饰板。

石棉水泥板为什么被广泛地用作外墙板的贴面板, 主要原因有二: 一是生产石棉水泥板所需要的劳动量、电力、燃料、机器、投资都较少; 二是石棉水泥板具有下列特性。

- 1.防火、耐火是标准的不燃材料。
- 2.耐火性好, 受潮湿的收缩小。
- 3.耐久性、耐气候好。
- 4.隔音性、绝热性好。
- 5.质轻。
- 6.能防鼠、防蚊。
- 7.施工容易, 工期短。
- 8.表面光滑。

第二节 产品产量及品种规格

一、产量:

石棉水泥板具有如前所述的许多宝贵性能, 因此, 生产与应用石棉水泥板的国家很多, 产量和品种也不断增加。有关国家70年代的石棉水泥板的产量分别见下列各表:

国外石棉水泥板(包括波板)产量

表 1

国 家	计 量 单 位	1970年	1975年	1976年	1977年
美 国	万张标准板	58000	63700	64100	7667.9
日 本	万张标准板	4420	6100	6300	
西 德	万张标准板	76380	74040	74320	
英 国	万张标准板	38120	42980	43070	
法 国	万张标准板	61080	69900	70200	
苏 联	万张标准板	584000	784000		

资料来源: ①76, 77年国外建材、非金属矿统计资料。②79年日本《窑业、建材统计日报》

国外石棉水泥板(包括波板)按全国居住人口的产量

表 2

国 家	计 量 单 位	1970	1975	1976
美 国	万张标准板/人	2.80	3.00	3.00
日 本	万张标准板/人	0.42	0.55	0.56
西 德	万张标准板/人	12.80	12.30	12.50
英 国	万张标准板/人	6.80	7.70	7.70
法 国	万张标准板/人	12.00	13.20	13.20

料资料来源: 76, 77年国外建材、非金属矿统计资料

七十年代几个国家石棉水泥板按人口平均的消耗量

表 3

国	家	消 耗 量 Kg/人
丹	麦	40~42
西	德	25~30
瑞	士	23~26
美	国	22~26
英	国	15~17
意	大	13~15
日	本	约15

资料来源：国外石棉水泥板

日本的石棉水泥板产量和用量规格：910×1820毫米

表 4

	种 类	单 位	1968年	1969年	1970年	1971年	1972年	1973年
生 产 量	波 板	万 张	5705	6510	7416	5572	5130	
	平 板	万 张	1290	1472	1942	2166	2480	
	计	万 张	6995	7983	9358	7738	7610	
使 用 量	波 板	万 张	5702	6639	7138	5597	5454	6739
	平 板	万 张	1248	1521	1840	1993	2500	3318
	计	万 张	6950	8160	8978	7590	7954	10057

资料来源：国外石棉水泥板

法 国 的 石 棉 水 泥 板 产 量

表 5

品 种	单 位	1965年	1968年	1969年	1970年
波 纹 板	千 吨	394	436	483	537
平 板	千 吨	86	93	94	113
计	千 吨	480	527	527	650

资料来源：国外石棉水泥料

英 国 的 石 棉 水 泥 板 产 量

表 6

品 种	单 位	1968年	1969年	1970年	1971年	1972年
波 纹 板	千 吨	394.3	352.6	353.6	380.2	395.7
平 板	千 吨	65.1	51.2	50.0	45.2	48.5
计	千 吨	459.4	403.8	403.5	425.4	444.2

资料来源：国外石棉水泥板

几个国家的石棉水泥板产量

表 7

国 别	品 种	单 位	1960年	1970年	1971年	1972年	1973年	1974年	1975年
西班牙	平板波板	千米 ²		37126	34572	42735	53332	58274	
匈牙利	板	千米 ²	6108	4601			4732	5460	
波兰	板	百万米 ²		36.6				54.5	60.3
西德	石棉板 包括框件	吨		9251	8214	7206	8061	7630	6321

资料来源：77年国外建材及非金属矿资板

二、品种规格：

石棉水泥板有波纹板、平板和复合板。在波纹板中依其波形的大小，又分为小波板、中波板、大波板、加压板和花纹板等等。在复合板中又有带框(龙骨)和不带框(龙骨)两种，每种因芯层的保温材料不同，又可分为若干种。

1. 波纹板：其外形尺寸，在各国的国家标准中均有规定，但由于建筑上的要求不一，所以各国规定的尺寸也不一样。ISO国际标准化组织推荐标准中，推荐的尺寸是：

小波板的波高：>15mm，<30mm。

中波板的波高：>30mm，<42mm。

大波板的波高：>42mm。

对于波板在长度，宽度和厚度的公差范围是：对于长度——正偏差 + 5 mm

负偏差 - 10mm

对于宽度——正偏差 + 10mm

负偏差 - 5 mm

对于厚度——正偏差 不作规定

负偏差 - 0.5mm

半波板，是波纹板的一个变种，即由大波板的两个波中减去一个波而形成的。比如法国 Everitube(艾维里图布)公司生产的半波板。其波距为354mm波，高57.5mm，板厚 6.5mm，形状尺寸见下图：

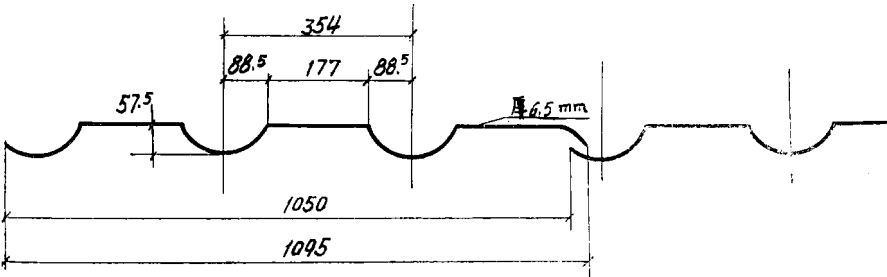


图 1

高波板，是当前生产的尺寸最大的结构板，这是法国“艾维里图布”公司的一项重要产品。高波板的中波距为177mm，中波高为59mm，边波高为244mm，板厚 8 mm。目前，这种

板的平面尺寸只有一种为998×9000mm。

高波板搭接后的有效宽度为885mm。把它作为屋面材料使用时，完全可以省去屋架和过梁，这是一个显著的特点。

高波板的形状尺寸见下图

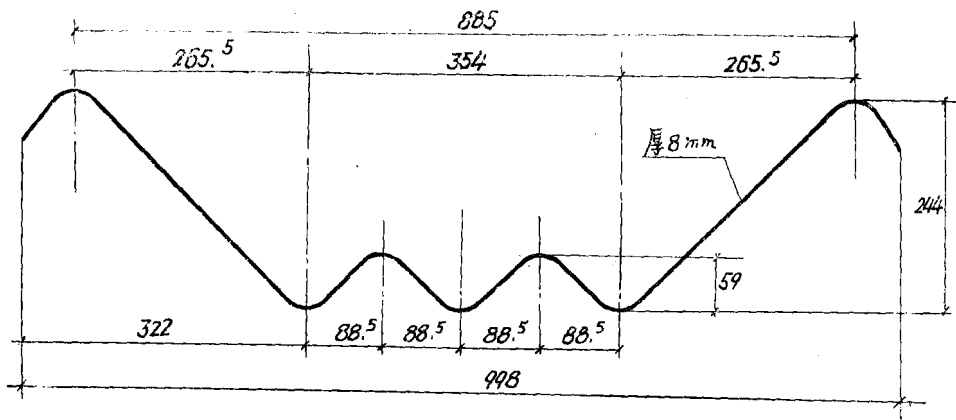


图 2

2.平板：其形状尺寸，视建筑上的需要而定，在各国的国家标准中都有规定。iSO 国际标准化组织推荐的标准是：

标准板尺寸表				单位: mm
长 \ 宽	900	1200	1500	
(1200)				
1500		×		
1800	×	×		
2000		×		
2100	×	×		
2400	×	×		
2500		×		
2700	×	×		
2800		×		
3000	×	×		
(3600)			×	

注①如板材需要切割，可按上表所列尺寸加20~30mm
②没有括号的数字为常用尺寸。

标准板的厚度：

第一系列：3，5，8，10，15，20mm。

第二系列：2，4，6，8，10，12，15，20mm。

尺寸的允许误差：

长度和宽度: $\pm 5\%$, 但不得大于 8 mm。

厚度: 3~5 mm者 $\pm 0.5\text{mm}$

6~25mm者 $\pm 0.1\text{mm}$

在一块板上, 测得的最厚与最薄的差值, 不得大于最厚值的10%。

形状误差:

边缘的平直度: 长宽边线的平直度允许误差是 2 mm/M。边线的垂直度允许误差最大不超过 3 mm/M。

在石棉水泥平板中, 挠性板生产较多, 比如日本的挠性板是比较驰名的。它与普通平板不同之处, 是在配料中提高了石棉的含量, 一般为35%, 而且加入一定量的纸浆, 从而使板的可挠性加大。日本JiSA5403石棉水泥挠性板的形状尺寸和挠度的规定是: (见下表)

品 种	外形尺寸 (mm)	厚 度 (mm)	允 许 公 差		挠 度 (mm)
			厚 度 (mm)	长 和 宽 (mm)	
挠 性 板 (F)	1820×910	3	± 0.3	0	28以上
	2420×1200	4	± 0.3	0	20以上
	2420×910	5	± 0.4	- 5	15以上
	2420×900	5	± 0.4	- 5	15以上
	2420×600	6	± 0.5		10以上
	2130×910				
	2130×900				

3. 石棉水泥复合板:

近年来, 各国的轻质板材, 特别是复合板材发展很快, 得到了越来越广泛的应用。据70年代初期统计, 在全部预制外墙板中, 复合板的使用比例为: 英国 34%, 苏联 40%, 瑞典 71%, 匈牙利60%, 荷兰100, 法国100%。

复合板一般由内外层和中间夹心层——即隔热保温隔声层所构成。内外层之间用龙骨或板肋通过联结件或粘结剂相连。

内外壁材料一般采用钢筋混凝土板, 石棉水泥板, 其他纤维水泥板, 石膏板, 金属板, 玻璃板和塑料板。但从技术经济效果比较, 石棉水泥板和石棉板是一种较好的内外壁材料。特别是石棉水泥板, 抗弯强度高, 质轻, 美观, 耐火性和防水性能好, 装修方便, 加工性能好, 所以各国都趋向于采用和发展石棉水泥复合板。例如:

日本的几种复合板:

①石棉水泥木丝复合板——以木丝为芯材, 两面贴石棉水泥板。复合板四周用灰浆抹平, 以防防水浸入芯层。

复合板的厚度为20, 25, 30mm, 容重为15, 18, 20, 24Kg/M³, 抗弯破坏荷载为110, 240, 450, 500Kg/M²或500Kg/M²以上。热阻系数为 2.58, 1.97, 2.14, 2.11M²·T·C/千卡这种板的特点: 防火, 隔热保温。隔音, 轻质, 耐风压, 可作内墙板, 天花板和隔墙板。

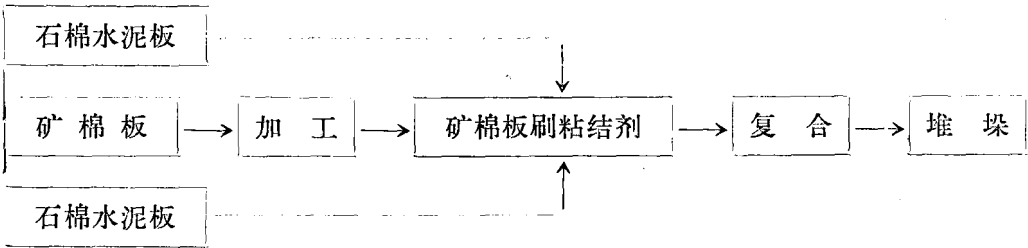
②以波纹板为芯材的复合板——以大波和小波板作芯层, 两面贴石棉水泥平板。小波复合板的厚度为28mm, 抗弯破坏荷载500Kg/M²以上热阻系数为3.5。这种复合板可以用作隔

墙，幕墙，楼板，屋面板等。

③蜂窝夹层复合板——以硬质泡沫聚氨酯为芯层，两面粘石棉水泥板而成。硬质泡沫聚氨酯很轻仅为水的1/30，导热系数为0.015千卡/m²·T·C。

复合板的厚度为20，25，30，35mm。规格为910×1820mm，1000×2000mm，导热系数为0.47~0.76千卡/M²·T·C。这种板可作内外墙板，移动式隔墙，隔热天棚等。

石棉水泥复合板的工艺和设备都比较简单，一般的复合流程是：



复合前，先将矿棉板用切割机加工成1200×100×30mm的板条，再以宽度方向垂直地逐条紧贴在石棉水泥平板上，然后在贴满矿棉板条的上面再贴一块同规格的石棉水泥平板。

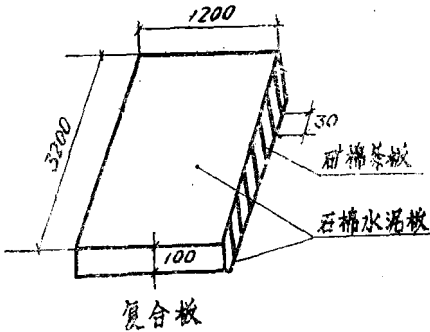


图 3

粘结剂：聚氨酯胶
环氧树脂
水泥加зувенск

第三节 产品质量

石棉水泥波纹板，主要用作屋面材料；石棉水泥平板多数作为内外墙壁的壁板，对它们的质量要求都比较严格。对于外形尺寸，必须符合建筑模数和使用的要求，允许的尺寸公差要从严控制。对于板的物理力学性能要求更为严格，在各国的国家标准中都有较详细的规定。由于各国的具体情况不同，比如：生产工艺方法，配料，以及试验方法等，都是各有一套的。因此，反映出来的质量指标，及其控制指数也各不相同。为了便于了解各个国家在质量方面的一般情况，我们把国际标准化组织的推荐标准(ISO)以及美国材料试验学会的标准(ASTM)，日本的国家标准(JIS)，西德的国家标准(DIN)，英国的国家标准(BS)等，分波纹石棉水泥板和石棉水泥平板两大类，分别列表如后：

国别	标准	厚度 mm			厚度公差 mm				容重 g/cm³	抗弯	抗渗			
		A型	B型	浅波型										
国际标准化组织	ISO 333—1964	≤5.5	≤4.5	≤3.5						在支点距离为1100mm中间以每秒增加4Kg的速度加荷,直至试件断裂,其最小弯曲应力不得小于10Kg/cm²	试件平放入φ1.5×30cm的透明管中密封之,然后向管内注水,水面保持75cm高,24小时后瓦的下表面可以呈现潮湿,阴影但无水珠。			
美国	ASTM C220—72	9.5	4.8		总厚	最小	A 34.5	B 30.2	4	先将试件放在100—104.4℃的烘箱内烘干至恒重,再把试件放在跨度为762±1.6mm的支架上,在其中间均匀加荷,试件直至断裂,其最小载荷为 A型: 745Kg/米 B型: 298Kg/米				
						最大	39.7	35.3						
					通过波峰和波谷的最小厚度	波峰和波谷中间	8.7	4.4						
						波峰和波谷中间	7.1	3.6						
日本	JIS A 5403—1974	厚度 mm		9°0′						试件尺寸: 小波宽二个波峰,长100mm,中大波为100×100mm将试件放在净跨距80Cm的支架上,以每秒5—10公斤的荷载均匀加荷,直至试件断裂,其最小荷载为: 小波瓦150Kg以上,大波瓦400Kg以上,中波瓦320Kg以上,半波瓦由表面加荷为400Kg以上,背面加荷为240Kg以上。	试验方法和要求与20相同			
		小波	6.3											
		中波	6.3											
		大波	6.3											
		半波	6.3											
西德	DIN 274—1972	二个波的177/51 6.5		±0.5					41.5	试件长1250mm,宽为二个或三个波宽,支距为1150,加荷速度,二个波宽为10Kg/秒,三个波宽为5Kg/秒,每次作三个试样,在试样中间加荷直至断裂其最小荷载200Kg/cm²在三个试样中,如有一个<200Kg/cm²须再取三个试样进行重复试验。如合格,认为总的合格。如重复试验结果还不符合要求,则总的试验作为不合格。	在水平放置的试样上,放着一个框架,框架的下面与标准规格断面相吻合,作为一个密封的贮存器,在这个贮存器中装着从波谷算起65mm高的水,试样的背面允许出现阴影,潮湿但不得有水珠。			
		三个波的130/30 6.0												
英国	BS 690—1973	波高小于30mm 大于15mm, 5.5 波高小于50mm 大于30mm, 6 波高小于90mm 大于50mm, 6 波高小于90mm 大于50mm, 9 (仅作斜屋面用) 波高小于50mm 大于45mm, 6		±0.5						试件尺寸250×250mm,先将试件放入14—18℃的水中浸24小时,再将试件放在中部垂直放置一根φ35×二根φ38mm,间距230mm的平面圆棒下面,在跨度的中间加荷,加荷在悬落于大气中的一面以等速加荷,使试件在30秒内断裂,其最小弯曲应力不小于160Kg/cm²	将100×100mm的试件水平地放在透明容器中,在试件中部垂直放置一根φ35×300mm的透明管,管段的四边与试件表面密封之,然后经管内加水,水压保持250mm水柱24小时后检查试件的背后允许有潮湿,阴影,但不得出现水珠。			

抗 冲 击	吸水率 %	出库时 含水率	波 数	波高mm	波距mm	波距公差 mm	抗 冻
							试件在 -20℃ (公差 ± 3℃) 之间交替 冻融试件无龟裂, 起层变形。
	<25						
试件尺寸与抗弯 试件相同, 在试 件中的中央部位 上面, 向着波顶 以 1 Kg 茄形 重 物下落冲击之, 观察无裂纹穿孔 为合格重物下落 的高度, 大中小 波120cm, 半波 100cm	试件尺寸 与抗弯试 件同, 各 种波瓦要 求28%以 下	10%以下	小波11.5 中波10.5 大波7.5 半波5.0	小波: 15以上 中波: 25以上 大波: 35以上 半波: 45以上	小波: 63.5 中波: 100 大波: 130 半波: 195	小波: 两端除外 8 个 波距共508±2 中波: 两端除外 7 个 波距共700±2 大波: 两端除外 5 个 波距共650±2 半波: 两端除外 2 个 波距共390±2	
				二个波的: 51 三个波的: 30			按 DJN 52104 标 准“天然石的抗寒 性试验”合格
							将250mm× 250mm 的 试件在 水中浸泡24小时, 然后将试 件 放 在 -20℃ 和 +20℃ (温差± 3℃) 温度 中, 交替冻融25个 周期, 每个周期24 小时。试件无龟裂 起层等变形

各国石棉水泥平板 (≈6毫米板厚) 现行标准

国 别	国际标准化组织	美 国	日 本	英 国						
标 准 化	ISO/R396 1964	ASIM C220—72	JIS A5403—1974	BS BS690:1974						
厚 度	6mm ±10%	6.4mm最大值; 6.99mm最小 值; 5.73mm	5 ± 0.4mm 6 } ± 0.5mm 8 }	+ 0.1mm - 0.4mm						
容 重	加压板: 1.6g/cm³ 非加压板: 1.2g/cm³		参考容重: 1.5 (比重) 干法板比重1.95	加压板: 1800Kg/M³ 半加压板: 1450Kg/M³						
抗 弯	试件250 × 250mm/m浸水24小时后, 试验支距125mm取横顺向平均值 不小于; 加压板为22Kg/cm²非加 压板160Kg/cm²	试件305 × 154mm, 烘干后试验, 支距254mm 取横顺向平均值不小 于; F型(挠性板) ≈ 250Kg/cm². U型(万能性板) ≈ 179.9Kg/cm².	试件50 × 40cm气干状态(室内放7 天), 支距为40cm横向破坏荷重规定 6mm 板为 50Kg 以上 ≈ 208.3 Kg/ cm²顺向抗弯为横向的70% (干法板 230 ~ 240Kg/cm²)	试件 250 × 250mm浸水 24 小时支距 230mm或215mm取横顺向平均值加 压板不小于; 22.5MN/M² ≈ 230Kg /cm²半加压板不小于 16.5MN/cm² ≈ 163.2Kg/cm².						
抗 渗	水柱高30cm经24小时后, 背面无 水滴, 允许有潮湿。		250mm水柱下 24 小时后背面可以有 很大潮湿, 但不能有水滴出现。	水柱高30cm, 24小时后背面允许有 潮湿, 不允许现出水滴。						
吸 水		F型板 ≥ 20% U型板 ≥ 30%	24小时吸水率 ≥ 28% 干法板13%							
抗 冻 性	- 20℃ - + 20℃冻融(温差 ± 8℃) 经25次循环外无变化, 力学性能 不变。			- 20℃ ~ + 20℃ (± 8℃) 经25次循环 不得有破坏现象。						
冲 击		规定挠度指标不小于: <table><tr><td>横 向</td><td>顺 向</td></tr><tr><td>F型5.1m/m ≈ 2%</td><td>3.8mm ≈ 1.5%</td></tr><tr><td>U型3.2m/m ≈ 1.26%</td><td>2.5mm ≈ 0.95%</td></tr></table>	横 向	顺 向	F型5.1m/m ≈ 2%	3.8mm ≈ 1.5%	U型3.2m/m ≈ 1.26%	2.5mm ≈ 0.95%	落锤法 1 Kg 锤 对于 6 mm 厚 板 从 75cm 高落下应无龟裂等外观破坏现 象。	
横 向	顺 向									
F型5.1m/m ≈ 2%	3.8mm ≈ 1.5%									
U型3.2m/m ≈ 1.26%	2.5mm ≈ 0.95%									
含 水 率			干法板自然含水率 5 ~ 6 % 出 库 含 水 率 ≥ 12%							

第二章 湿法制造石棉水泥板的生产技术

第一节 生产方法比较

石棉水泥板的生产方法，有抄取法和非抄取法两大类，在抄取法中，采用湿式园网机法取的较多，这是一种成熟可靠的生产方法，已有80多年的生产试验；半干法，干法和挤压法是属于非抄取法一类的生产方法，也日益引起人们的重视。

抄取法和非抄取法各有其优缺点，几个主要方面的比较如下：

一、使用原料：

硅酸质原料掺加量，抄取法只掺加10%，非抄取法按制品厚度，半干法掺加15%，干法掺加30%

使用的石棉，抄取法使用到五级，非抄取法主要使用六级、七级。

二、用水量：

采用抄取法，送至抄取机前的材料为粘性材料时，具有50~70%的水（固体物占30%~40%）。用稀薄的液状材料时，具有88%~94%的水份。非抄取法的半干法的水份是60%，干法的水份是15~25%，挤压法只用少量的水。

一般石棉水泥制品制造时所需水份：

抄取法：	水份80%以上。
非抄取法：	半干法：水份45%以上，80%以下。
	干法：水份45%以下。

三、加工压力：

抄取法加工压力，平板或波板为30~50公斤/厘米²，挠性板为80公斤/厘米²以上。

非抄取法加工压力，一般是高压加工，干法用辊轧压力机的压力为300~1200，或350~840公斤/厘米²。半干法的加工压力是417公斤/厘米²，挤压法是用更高的压力成型。

四、质量：

抄取法使用较长纤维的石棉，石棉配比15%，抗弯强度为200~250公斤/厘米²。挠性板的石棉配比为30%，抗弯强度是400公斤/厘米²。

非抄取法使用的石棉纤维较短，石棉纤维配比15%，抗弯强度是200~250公斤/厘米²。抄取法制品的纵横强度比是70~80%，非抄取法无纵横强度比。

五、吸水率：

抄取法制造的石棉水泥板的吸水率平均为25%，但挠性板的吸水率是20%。

非抄取法制造的石棉水泥板的吸水率为12~15%。其他，如比重，弹性率，硬度等非抄取法均比抄取法略高。

第二节 原料的技术要求

石棉水泥板的主要原料是石棉和水泥。有的还掺加一些掺合料和着色材，一般国家标准规定水泥标号不得低于400号，石棉采用3~6级，目前多使用5~6级石棉。另外，日本正在利用石灰、白粘土、硅藻土、蛇纹石、珍珠岩、硅砂等硅酸质原料，用高压釜进行养

护，促进水化硅酸钙的水热反应，以提高制品强度，还有用脱硫石膏和硫酸镁等掺料的。石棉的使用则是减少用量和利用短纤维，以降低成本。为了改进石棉水泥板的质量和性能，对耐碱玻璃纤维、碳纤维和钢纤维的利用也正在研究之中。还利用纸纤维代替一定数量的石棉来提高石棉水泥制品的抗冲击强度。据研究，用5~10%的牛皮纸纤维代替石棉，冲击韧性可增加20~25%；用纸纤维代替20%的石棉，冲击韧性可提高50~60%。用金属网配筋，冲击强度可提高1~2倍。纸纤维掺加量与制品的冲击强度的关系如下表：

制品中石棉数量 (%)	纸纤维数量 (%)	冲击韧性 (%)
100	0	100
97	3	107
95	5	119
90	10	126

将合成纤维作为增强材料掺入石棉水泥制品的有尼龙、聚丙二醇和聚氯乙烯等。

下面着重介绍生产石棉水泥板所用的水泥，石棉以及水的技术要求：

一、水泥：

水泥、在石棉水泥组成物中占的比重最大，一般都在85%左右，水泥的质量如何，直接影响制成品的质量好坏。因此，对水泥的质量是决不容忽视的。国外对水泥的质量要求是：

1.采用纯熟料波特兰水泥。水泥中除加入一定量的石膏外，不允许掺入任何掺合料。而且石膏($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)的掺入量应控制在2~3%。

2.适宜的化学成份和矿物组成：

如：法国Everitube(艾维里图布)公司的规定：

化学成份： CaO 65%； SiO_2 21%； Fe_2O_3 2.5%； Al_2O_3 5%； SO_3 2.5%；
烧失1%。

熟料的矿物组成：

C_3S 55%； C_2S 19%； C_3A 9%； C_4AF 7.5%； CaSO_4 4.5%；

2.适当的细度——对水泥细度的要求，一是水泥颗粒的比表面积，一般要求在 $3000\text{cm}^2/\text{g}$ 以上，另一控制是筛余量，一般要求4900孔筛的筛余量5~10%左右。

西班牙URALITA(乌拉利达)公司还认为水泥的比表面积愈大，并不能完全反映水泥的质量，须要进行水泥颗粒组成分析，决不是水泥愈细愈好，例如水泥中 $<3.5\mu$ 的粒子多了，可能是在水泥中加入的助磨剂太多，反而不适用。他们建议的分组法是：

$\left. \begin{array}{l} 3.5 \sim 7 \mu \\ 10 \sim 22 \mu \\ 22 \sim 45 \mu \\ 45 \sim 62 \mu \end{array} \right\}$ 此为二组，用ALPine仪测定

$\left. \begin{array}{l} 63 \sim 74 \mu \\ 75 \sim 89 \mu \\ 90 \sim 200 \mu \end{array} \right\}$ 此为二组，用ALPine仪测定

4.水化热试验：

水泥水化时，会放出一定的热量。测定方法是以一定量的水泥，做成试样，然后测定温

度，如在 5 小时之内温度 $\leq 50^{\circ}\text{C}$ 为好。高于 50°C 为高热水泥。根据放热结果，确定水泥的质量。

在日本有人提出：水泥中 C_3A 水化后的粘度较高，影响过滤脱水，建议控制在 5 ~ 6 %，相应地提高 C_3S 的含量。这样，使制品在生产过程中脱水快，早期强度较高，有利于生产。 C_3A 含量过多，既不利于石棉水泥工艺操作，还会导致制品后期强度低，抗腐蚀性差等恶果。因为 C_3A 与水作用，形成高分散的胶体粒子堵塞石棉水泥化合物中的毛细管。胶体粒子的剧烈浓缩，会妨碍石棉水泥混合物的过滤，使石棉水泥薄膜的排水和密实产生困难，制出的半成品其密实度是不好的。更重要的是，由于地下建筑和水工建筑中常含有硫酸盐的水。 C_3A 与硫酸盐离子生成复盐钙石会产生 31 个水分子 $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaO} \cdot 31\text{H}_2\text{O}$ 这 31 个制品水的聚集，形成一个庞大体积，产生较高的结晶压力，从而使结构破坏。所以 C_3A 含量高，会使制品的抗冻性能差，抗压强度和冲击韧性降低。

水泥的细度也不宜过细，日本学者认为水泥的细度和水泥成份中的 Al_2O_3 和 MgO 的含量与制品产生龟裂，变形有一定的关系，其关系式为：

$$K = \frac{\text{Al}_2\text{O}_3 \% \cdot \text{MgO} \%}{\sqrt{88 \text{ 微米} \text{ 的残余量}}}$$

要求K值大于“7”，当K值小于“7”时，石棉水泥板可能发生龟裂、变形。

二、拌合用水

水的质量，往往被忽视。为此，一些国家也作了规定。比如法国“艾维里图布”(EVerit-ucc)公司规定，制造石棉水泥板所用水，应略带碱性，应不含粘土、不含亚硫酸盐、不含促凝或缓凝剂或有碍水泥凝结变硬的盐类。

西班牙URALiTA(乌拉利达)公司，对制造石棉水泥板所用水的具体要求是：

可溶盐	150mg/l (最大值)
SO_4	450mg/l (最大值)
Cl	350mg/l (最大值)
PH	6.5 ~ 7
温度	28 ~ 32 $^{\circ}\text{C}$ (水罐中)
碳水化合物	不作规定
有机物	不作规定

三、硅酸盐材料：

它是用压蒸养护法生产时的一种原材料。通常所加的硅酸盐材料是指磨细的硅粉。硅粉的掺入量对制品的强度影响很大，当其掺入量小于10%时，随着硅粉的增加，强度有所下降，但掺入量在10~30%时，随着硅粉的增加，则强度显著地增长，从反应生成物分析，硅粉掺量为30~40%时，多波莫来石生成量最高，因此在制造石棉水泥板时，硅粉的掺入量一般控制在水泥量的40%左右。硅粉的细度，一般认为细度愈高，则与钙质原料反应时可较快和较完全生成多波莫来石，故强度可增高，但在石棉水泥制品中，细度过细影响成型。因头硅粉的细度和所用水泥细度相同。

掺硅粉，进行压蒸养护的石棉水泥板的优点是：减少了游离石灰含量，提高了抗硫酸盐和抗酸的腐蚀强度；减少了干湿条件下的收缩率。此外因采用压蒸养护可以大大缩短养护周期，减少空气养护所需场地，目前国外生产中掺用硅粉，并采用压蒸养护方法正逐渐扩大