

全国化工防腐蚀会议经验交流

第二册

不透性石墨

全国化工防腐蚀会议经验交流 编

11138

化学工业出版社

全國化工防腐蝕會議經驗交流資料彙編

第二冊

不透性石墨

全國化工防腐蝕會議秘書組 編

化學工業出版社

本书介绍了一种新型化学耐腐蚀材料——不透性石墨（浸渍石墨及石墨压塑料）。说明了制造这种材料的原材料规格、工艺流程、浸渍装置、化学-物理性能，此外介绍了用不透性石墨制造热交换器及用来做设备内外衬层的施工方法等。最后一篇文章介绍了一种高强度耐腐蚀胶合剂——糠醇树脂胶合剂。

这本书编入的是1959年11月在沈阳召开的全国化工防腐蚀会议大会资料的一部分，供各工业部门搞防腐蚀的工作人员参考，也可做为高等学校有关专业参考书。

全国化工防腐蚀会议经验交流资料汇编

第二册

不透性石墨

全国化工防腐蚀会议秘书组 编

化学工业出版社 出版 北京安定门外和平北路

北京市书刊出版业营业许可出字第092号

化学工业出版社印刷厂印刷 新华书店发行

开本：850×1168毫米1/32 1960年3月第1版

印张：2 $\frac{1}{3}$

1960年3月第1版第1次印刷

字数：59千字

印数：1—3,500

定价：(10) 0.40元

书号：15063·0642

前 言

全国化工防腐蚀會議由化工部于11月16日至11月23日在沈阳召开，到会者除部直属各单位外，有各省市的化工厅(局)、化工厂、及各大院校，研究单位等。

防腐工作在化工部門是很重要的，这一工作做得好，不仅可以延长设备的使用寿命，降低了消耗定額，保证了安全生产，而且更可以为国家节约大批鋼鉄，以便更多更快的建設新工厂，多快好省地建設社会主义。

因此化工部召集了各有关单位将几年来的防腐工作经验进行交流与推广。为了更广泛的开展这一工作，故将此次會議資料汇编成七册出版，其內容第一册为綜合性的經驗介紹，第二册为不透性石墨，第三册为塑料及橡胶，第四册为涂料，第五册为硅酸盐类，第六册为金属及其他，第七册为漆酚。其中前六册公开发行，第七册漆酚为内部发行。

此汇编中所收进的資料，有些是在生产中经过考驗已有成效的；有些是在試驗室得到良好結果，而未经生产考驗或在生产中应用不久的，但为了促进这一工作的发展，我們都把它容納进来。有一点必需在这里特别提出的是，各单位吸取采納此中經驗时，要注意結合当地的具体情况，或預先得到有成效的試驗后，再应用到生产上去；避免生搬硬套而造成生产中的損失，这是值得我們注意的一个問題。

全国化工防腐蚀會議秘書組

1969年11月

目 录

前言	
浸漬石墨材料一般介紹	沈阳化工研究分院 (1)
板室式石墨热交换器試制技术总结报告	沈阳化工研究分院 (10)
鋼制蛇形管外衬石墨板試制及使用情况	
.....	吉林化学工业公司化工机械厂 (27)
石墨压塑料管試制技术总结(試驗室部分)	
.....	沈阳化工研究分院 (30)
糠醇树脂浸漬石墨的研究	沈阳化工研究分院 (40)
浸漬石墨板衬里施工方法	沈阳化工研究分院 (53)
糠醇树脂胶合剂	沈阳化工研究分院 (56)

浸漬石墨材料一般介紹

沈陽化工研究分院

一、概 况

不透性石墨是人造石墨用合成树脂浸漬或用其他方法制得的耐腐蝕化工材料。目前我國研究試驗的有浸漬石墨及石墨壓塑料兩種。

人造石墨是由无烟煤和焦炭等經粉碎、加入煤焦油和瀝青混合后压制成胚，在炉內加熱到 $2300\sim 2400^{\circ}\text{C}$ 进行烘焙而得。由于高溫时揮发份逸出，在人造石墨中形成了微細的孔隙。这是人造石墨材料的一个很大的缺点。石墨內部存在孔隙不但影响到它的机械强度和加工性能，主要是在处理有压力的流体时流体会渗透出来，这样，除用作过滤材料的特殊多孔性石墨材料之外，是不适于制造化工設備的。这使石墨的应用范围大大地受到了限制。

然而，具有特殊分子结构的石墨，有着与非金属材料相同的化学稳定性和与金属相近似的传热、导电性能，膨脹系数很小，能耐溫度的驟变，这些性能都是符合化工材料的要求的。因此，如何消除引起渗透的細小孔隙，是保証作为化工材料的关键。

不透性石墨就能克服这个缺点。用合成树脂将石墨加以浸漬，借以填塞表面与內部的孔隙，从而可改善它的物理机械性能，以满足实际应用的需要。

最初用的合成树脂是酚醛树脂和呋喃树脂，近年来随合成树脂的发展以及对不透性石墨的要求的提高，用以浸漬的树脂的种类愈来愈多了（例如糠醇树脂）。此外，也可用乙烯漆、熔融硫、水玻璃、有机硅等来浸漬。1953年，又出现了一种用碳和石墨粉来填充孔隙的不透性石墨，由于浸漬剂与材料本身的一致性，这就大大提高了

耐热性和化学稳定性，就能够作为一项特殊的材料代替价昂又缺乏的钝性金属及合金（如镍铬不锈钢、铜、铅）。这对节省金属和防止腐蚀损失，保证生产顺利进行，在经济上有着重要的意义。

不透性石墨的试制成功，解决了许多化学工业过去难以解决的腐蚀问题，特别是解决了既需要耐腐蚀又能导热的化工设备的材料问题。例如，对盐酸工业来说，采用不透性石墨可以认为是一项重要的技术革新。用不透性石墨制造的盐酸吸收设备，有可能完全代替习用已久的陶瓷吸收设备，这是因为使用不透性石墨设备，不仅效率高，所需设备的传热面积可以小，而且由于石墨抗蚀力强，所制得的盐酸质量纯，而大量高纯度的盐酸，正是塑料、氯化烃、合成橡胶和医药等工业所迫切需要的原料。根据民主德国文献，一个11平方米传热面的板式浸渍石墨盐酸吸收器可以日产浓度32%盐酸15吨，同样产量如果改用陶瓷设备，则需140平方米的传热面积。

二、制造方法

随着浸渍剂的不同，制造不透性石墨的方法也不同，现在最常用的合成树脂是酚-甲醛树脂。制造浸渍石墨的过程大致分为三个步骤，简述如下：

1. **浸渍操作** 主要是使树脂浸入石墨，填满孔隙。将石墨放在高压釜内。如图1—1，抽真空，维持735毫米汞柱以上0.5~1小时，将残存在石墨孔内的空气彻底排除；接着加入树脂，树脂必须将石墨制品完全浸没，维持真空度740毫米汞柱以上约0.5~1小时。然后，加压，维持压力4~5大气压一小时。每次抽真空加压操作一次称为一周期。这样轮流抽真空加压的周期次数，根据石墨块的形状大小不同而有所改变。当石墨块很大很厚时，单位体积内的有表面积愈小，就要较多的周期次数；当石墨块小又薄时，单位体积内的表面就大，则只要1周期就够浸透了。经厂方试验结果，多次周期使用不好。

2. **清洗与干燥** 浸渍完毕后，将石墨取出，用5%苛性钠液或酒精迅速将表面附着的树脂洗净，放在室温下干燥1~2天。

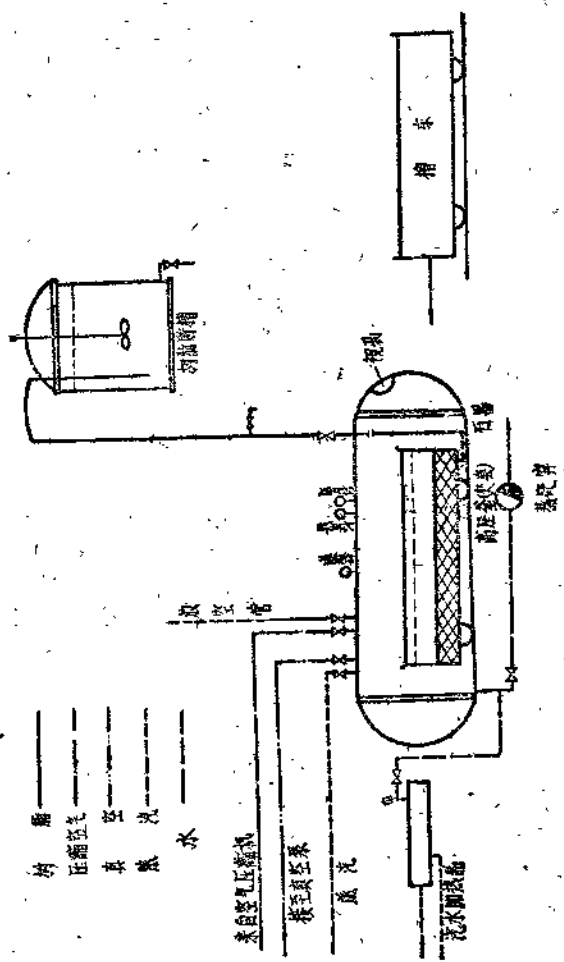


图 1-1 制造不透性石墨浸渍设备示意图

3. 热处理 目的是将浸入内部的树脂牢固地保持在孔内，达到不渗透的要求。一般热固性的合成树脂都是需在加热情况下才能缩聚硬化，所以浸渍后的不透性石墨，尚须再放在空的高压釜内，先加压力到4~5大气压，以防止树脂遇热后会在孔中溢流出来，然后按照一定的升温条件进行加热。对于酚醛树脂，热处理的升温速度如下表所示：

表 1-1

温度, °C	室温~50	50~60	60~70	70~80	80~90	90~100	100~110	110~120	120~130
时间, 小时	5	3	3	3	2	1	1	1	4

共計23小时。

为防止石墨孔内树脂外溢，升温速度应较缓慢，并且温度上升后压力也逐渐上升到5个气压。经热处理后，不透性石墨的制造即告完成。

三、浸渍石墨的各项性能

1. 物理机械性能

(1) 传热性 浸渍后的石墨在导热方面几乎没有变化，仍然具有很高的导热率，这是一个可贵的特点。它是唯一能传热的非金属材料，因此多用来制造热交换设备。浸渍石墨的导热率为碳钢的二倍半，比不锈钢大四倍，比其他常用的非金属材料大数百倍。兹将浸渍石墨与其他常用材料的导热率比较列于下表。

表 1-2

材 料	导热率, 千卡/米·小时·°C	材 料	导热率, 千卡/米·小时·°C
银	350	铅	30
铜	330	不锈钢(18-8)	20
铝	100~190	瓷 器	1.3
浸渍石墨	90~110	石 英 玻 璃	1.1
铝	48	陶 器	0.6
硅 铁	46	聚 氯 乙 烯	0.13
碳 钢	40		
(1% C)			

(2) 孔率 浸漬后, 树脂填满了部分孔隙, 重量就有所增加, 用酚醛树脂浸渍一般增重可达15%左右, 浸入深度为8~12毫米, 全孔率由30~40%降到10%以下, 开口孔率可接近到零。

(3) 渗透性 除个别的树脂尚在研究外, 对酚醛、糠醇树脂浸渍过的石墨均能不渗漏。试验证明, 当填充率达70%左右的8毫米的浸渍石墨的薄板, 在6大气压之下经半小时之后无水滴渗漏现象。

(4) 机械强度 树脂填充孔隙后使石墨内部疏松多孔的部分牢固地连结起来, 因此机械强度获得了显著的提高, 在抗张强度、抗压强度和抗弯强度都增加一倍以上。加工性能(如切削性能)也大为改善, 一般硬木加工的方法, 浸渍石墨材料大体也能适用。

(5) 耐热性与热稳定性 人造石墨在400°C以上才会起氧化作用, 但浸渍用的合成树脂耐热性较差, 因而经树脂浸渍之后, 使用温度范围受到限制。酚醛树脂只能耐温180°C, 所以用它来浸渍的不透性石墨使用温度不能超过180°C, 若采用耐高温的有机硅树脂来浸渍, 则耐温可达300°C以上。

因为树脂在孔隙内并不是完全填满的, 而且石墨本身热膨胀系数极小, 所以浸渍石墨抗热震动性是很好的, 不会因温度骤变而破裂或变形。

浸渍石墨材料的物理机械性能列表如下:

酚醛树脂浸渍的不透性石墨机械物理性能表

表 1-3

项 目	浸 渍 前	浸 渍 后
比重, 克/厘米 ³		2.03~2.07
容重, 克/厘米 ³	2.25~2.21	1.80~1.85
浸渍增重%	1.38~1.57	
全孔率, %	30~32	10~11
抗张强度, 公斤/厘米 ²	67~70	121~178
抗压强度, 公斤/厘米 ²	200~240	700~900
导热率, 千卡/米·小时·°C	100~110	100~110
浸渍深度, 毫米		8~12
渗透性	显 著	不 透
使用温度, °C	400	180
加工性能	易 脆 裂	良 好

2. 化学稳定性

未經浸漬的石墨除强氧化剂之外，在所有的化学介质中都很稳定，在空气中 400°C 以下不受氧化，所以浸漬石墨的化学稳定性，主要取决于浸漬树脂的化学耐腐能力，而不在于石墨材料的本身。用酚醛树脂浸漬的不透性石墨，其耐腐蝕性与酚醛树脂相同，树脂被化学介质破坏时多产生浸潤、溶解、膨胀或老化等现象，如在孔

酚醛树脂浸漬的不透性石墨的化学稳定性 表 1-4

介 質	石 墨	浸 漬 石 墨
空 气	在 400°C 以下稳定，高于此温度开始氧化。	在 150°C 以下稳定
酸	除强氧化性酸(王水，铬酸浓度60%以上，硝酸)外，耐任何浓度温度的一切酸溶液。	耐沸点以下各种浓度的盐酸、醋酸、檸檬酸、甲酸、乳酸、草酸、酒石酸、油酸；沸点以下的48%氢氟酸；耐 85°C 以下的85%磷酸，75%以下的硫酸； 170°C 以下的75~96%硫酸；96%的硫酸不宜采用；耐100%的醋酸酐，10%的铬酐；对于40%的铬酐，只是在室温下才能抵抗。
碱	在沸騰情况下在各种浓度的碱中均稳定。	不耐硫化碱。 耐各种浓度的氨水(低于沸点)；各种浓度的单乙醇胺(低于沸点)；67%以下的苛性钠(低于沸点)；若浓度在67~80%时，温度須低于 140°C 。
卤 素	在100%溴中强烈腐蝕，在100%氯中稳定，在氨水中緩慢腐蝕，在100%碘中稳定，在10%氟中腐蝕。	耐室温下饱和的溴水；耐室温下的干燥氯气(低于100%)；及在室温下的饱和氨水。 对于碘，氟和溴不宜采用。
盐 类 溶 液	除强氧化性盐类溶液，如 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 、 $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 和 KMnO_4 之外，对沸点以下各种浓度的盐类溶液均稳定。	在下列溶液中稳定，沸点以下各种浓度的硫酸化銨、氯化銅、氯化鉄、硫酸銨、氯化鈉、氯化錫等，三氯化磷(100%以下，低于 110°C)，25%的次氯酸液(低于沸点)，27%硫酸銨，和各种浓度的氯化鉄(低于沸点)。
有机化 合 物	耐一切有机化合物	耐沸点以下浓度100%的丙酮、戊醇、苯胺、丁醇、四氯化碳、氯仿、二氧噻固、二甲甲烷、异丙醚、煤油、甲酸、一氯代苯、三聚乙醛、四氯乙烷、三氯乙炔、沸点以下98%的乙醇和甘油等。

內的樹脂有浸潤、膨脹現象發生，則會引起石墨結構的破壞。當崩潰剝落后則會引起滲漏，沾污所處理的化學介質。

酚醛樹脂不耐強氧化劑、鹵素（氯在外）和鹼的腐蝕，但對中等濃度的無機酸，大部分有機酸和鹽溶液有良好的抵抗力，若在酚醛樹脂內加入 α - γ -二氯代丙醇（ $\text{CH}_2\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$ ）或磷酸三乙酯 $[(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{PO}_4]$ 則能提高耐鹼性。糠醇樹脂的化學穩定性更為優良，對鹼有足夠的抵抗力，並且價格低廉，可用於製造不透性石墨。現將酚醛樹脂浸制的不透性石墨的化學穩定性列表如（4-1表）：

四、目前浸漬石墨生產和應用情況

浸漬石墨在化工生產中用途十分廣泛，但主要用於導熱又耐腐蝕的化工設備，目前已在沈陽化工研究分院機械廠、錦西化工設計研究分院、沈陽化工廠、太原化工廠、上海天原化工廠等單位試行生產和逐步試用。根據初步了解，多半是浸漬石墨磚以作為襯里材料，另外也浸漬板材與管材製造熱交換設備；所用的浸漬劑絕大部分是苯酚甲醛樹脂。

沈陽化工研究分院機械廠防腐蝕車間設有浸漬設備，從一九五九年四月份起試行生產浸漬石墨設備，產品目前尚只限於一種板室式熱交換器，傳熱面積有從 2.5 米^2 到 16 米^2 ，大小不等。使用這種板室式熱交換器的單位已有北京化工廠、福州化工廠、湖南株州化工廠、遼寧蓋平化工廠、錦西化工廠、四川長壽化工廠、沈陽研究分院試驗廠、上海味素廠等等。據用戶初步反映，在生產初期缺乏經驗，由於浸漬方法與膠接安裝等方面尚欠完善，有滲漏現象。經大鬧技術革命之後，從石墨材料的機械加工、浸漬、粘合劑的配方、膠接安裝，以至浸漬石墨設備的使用維護都有了很大的改進。目前工作壓力可達 2 公斤/厘米^2 而不漏，有的產品已能在 6 公斤/厘米^2 工作壓力下不滲漏。因板室式熱交換器存在傳熱面積小、阻力大、清理困難等缺點，所以與此同時也陸續試制浸入式和可拆卸的板室式、塊狀式等石墨熱交換器，並研究石墨塑料壓型管，以供作列管式熱交換器的需要。沈陽分院試驗廠 208 車間生產中也採用了浸漬石墨磚襯里的反應釜和板室式熱交換器。它們的操作介質是 30% 鹽

酸与甲酸混合液，操作温度是 140°C ，用其他材料均遭受严重腐蚀而无法运转，采用不透性石墨砖衬里和板室式热交换器之后，腐蚀问题得到了解决，生产也开始顺利进行了。

锦西化工厂防腐车间也有浸渍石墨的设备，曾试制成功列管式（浸渍石墨管）热交换器、各式管件、衬里用砖等，在解决了生产车间的腐蚀问题，使生产顺利进行。如氯化车间氯苯工段的列管式盐酸气冷凝器、酸苯分离槽、卡普隆车间内的板室式热交换器等，这些设备的工作情况都很令人满意的。

沈阳化工厂防腐工段今年曾利用大量电解车间所报废的石墨电极制成石墨砖，经浸渍后制成不透性石墨砖，用以代替磁砖砌设备的衬层。试用酚醛树脂浸渍的石墨砖衬，工作介质为氯苯、六六六、汽缸油等的氯化设备。试用水玻璃浸渍的石墨砖砌衬，无压而温度较高盐酸气的输送管道。根据生产车间反映和初步了解，认为采用石墨衬里的设备基本上能满足要求。除此之外，此防腐工段与沈阳研究分院合作进行了糠醇树脂浸渍石墨的扩大试验。

太原化工厂的防腐车间是由苏联援助建成的，配备有浸渍石墨用的设备，可以用浸渍法制造不透性石墨设备。在该厂生产车间中如六六六合成，盐酸冷却与吸收设备都使用了由民主德国供给的板室式石墨热交换器，使用情况一般还好。

上海天原化工厂近年来新建了防腐车间，也有用浸渍法制造不透性石墨的设备，该车间也是主要用酚醛树脂为浸渍剂。

从目前情况来看，浸渍石墨的品种还不多，只有酚醛树脂的浸渍操作比较成熟，生产中使用也多是这一类，然而由于酚醛树脂的化学稳定性的限制，这种浸渍石墨不能耐苛性碱和氧化性的硝酸、铬酸等介质的腐蚀，使用温度在 180°C 以下，并且酚醛树脂易于硬化，所以在室温放置时间不能过久，浸渍之后粘度变大，不能用来多次浸渍。锦西化工厂防腐车间，曾加入苯酚于已硬化的树脂中进行裂解，将已硬化的固体树脂变成低粘度的液态树脂，这样又可以用来浸渍石墨和作其他涂料及塑料。这个经验值得吸取。另外采用既耐酸又耐碱、价格较酚醛树脂为低廉，而粘度变化不大，可长期使用，多次浸渍的糠醇树脂浸渍石墨，可以降低成本；用水玻璃

浸漬的石墨能耐更高的温度。这些都是值得进一步研究与試用的新品种。在大力研究生产浸漬石墨材料的同时，必須对石墨热交换器的設計、石墨材料的机械加工工艺过程和粘合石墨部件与衬里所用的胶合剂（阿尔扎米特和其他胶合剂）进行研究，这样我們就能在最短时期内把浸漬石墨这一种性能优越的耐腐蝕材料，充分发挥作用，代替化学工业中习用已久的不銹鋼及某些金属，进一步贯彻党所提出的大力推广非金属材料，节省金属材料及非金属材料与金属材料同时并举的方针。

板室式石墨热交换器試制技术

总 結 报 告

瀋陽化工研究分院

一、緒 言

由于浸漬石墨具有极其优良的化学稳定性、热稳定性及导热性，在工业发达的国家中，已經得到了广泛的应用。

浸漬石墨作为耐腐蝕材料，是随盐酸工业发展起来的〔1〕。那时，因为对盐酸的质量及数量都有了更高的要求，在合成盐酸工业中沿用已久的导热系数很低的陶瓷设备已經不能滿足要求了。于是，开始寻找既耐盐酸腐蝕又具有高导热性能材料，結果想出了用热固性酚醛树脂来填充石墨孔隙，这样就产生了不透性石墨。浸漬石墨能耐沸点温度以下的任何浓度的盐酸的腐蝕〔2〕，在这点上不仅完全可以与陶瓷、玻璃、橡胶媲美，而且还具有更优良的耐蝕性及热稳定性，在导热性能方面比陶瓷、玻璃、橡胶等大得多。陶瓷的导热系数是 1.3 大卡/米·小时·°C，玻璃是 0.5~0.6 大卡/米·小时·°C，而浸漬石墨的导热系数是 100~110 大卡/米·小时·°C。第二次大战期間，采用浸漬石墨的吸收设备、热交换器及輸送设备所产的盐酸和氯化氢比其他单一結構材料多得多，而且制得的盐酸质量很純〔3〕。

由于浸漬石墨在盐酸工业中显示出了优异的耐腐蝕性能及导热性能，后来在化学工业中的其他生产过程中的热交换设备，特别是在有氯化氢气体产生或处理盐酸、硫酸、醋酸、磷酸等腐蝕介质的传热设备的結構材料〔4〕、〔5〕、〔6〕、〔7〕、〔8〕，也大量应用了浸漬石墨。

浸漬石墨主要用于制造耐腐蝕传热化工設備，如冷却器、冷凝器、加热器、蒸发器及吸收器等等〔7〕、〔8〕、〔9〕、〔10〕、〔11〕。

浸漬石墨制造的热交换器，从結構上大致可分为以下三类〔8〕、〔9〕、〔10〕、〔12〕、〔13〕：一类是以石墨管为基础制造的管式石墨热交换器，如各种管壳式、套管式、噴淋式等；另一类是以石墨板为基础制造的板式石墨热交换器，如板室式、平板式等；还有一类是以圆柱形或方形的石墨块为基础制造的块状式石墨热交换器。

用浸漬石墨制造热交换器，各国发展的方向并不完全一样。在美国、英国、日本等资本主义国家中，爱用管式結構的石墨热交换器。最大管式石墨热交换器的传热面积，已经达到330米²了〔14〕。在德国是朝着另一个方向发展，即用石墨板組成板室式石墨热交换器。所能制造的最大板室式石墨热交换器传热面积虽比管式为小，但它的結構更适应于不透性石墨的强度特性，不需要大量金属外壳，而且勿需考虑消除两种材料的热膨胀系数不同而产生破坏应力的装置。就传热效率来看，板室式石墨热交换器的操作压力可以达到6公斤/厘米²，而且性能完全可以与最好的管式石墨热交换器媲美〔12〕。在苏联，上述二种类型的石墨热交换器都进行了研究試制，而且都得到了应用。块状式石墨热交换器是近年来各国都在进行研究的一种被認為在結構上既适宜于浸漬石墨的强度特性，而传热效率又較高的热交换器。

目前，我国尚不能大量生产石墨管，所应用的一些少量石墨管，是用石墨棒加工制造的，不仅加工工时需要很多，材料損耗率大，成本很貴，而且要加工較长的石墨管，是有困难的。因此，暂时尚不可能大量供用来制造热交换器。石墨板的加工比較容易，可以用石墨电极鋸成薄板，然后鉋成要求的规格。我們考虑首先試制板室式石墨热交换器，还由于这样形式的热交换器是目前盐酸工业、合成纖維工业（如卡普隆）生产过程中的急需設備。我們就是結合这种需要进行試制的。

板室式石墨热交换器，在民主德国有着很长的发展历史，远在1942年Heyder和Springmann获得了这方面的专利之后，将近二十年来的应用証明，使用效果良好，并且进一步得到改进和发展〔1〕。

(12)。1951年以前，只能做出耐压力 0.5 公斤/厘米²的设备，约一年以后，做出了操作压力为 2 公斤/厘米²的设备，1955 年又试制出试验压力达到 12 公斤/厘米²而操作压力可以达到 8 公斤/厘米²的热交换器。到目前为止，板室式石墨热交换器在民主德国已经数以千计。可以看出，采用组板技术制成的板室式浸渍石墨热交换器，在民主德国得到了相当成熟的发展。用这种热交换器取代生产过程中的许多设备，既能解决腐蚀问题，又能提高生产效率。一个传热面积为 11 米²、操作压力为 2 公斤/厘米²的板室式石墨热交换器，每天可以生产 32% 的盐酸 15 吨。如果用陶瓷吸收设备，要日产相同数量的盐酸，就需要 150 米²以上的设备 (12)。

板室式石墨热交换器的制造工艺，并未在文献中找到，需要在试制过程中摸索。通过几个月的试制过程，基本上掌握了制造工艺条件，而且在基本上试制成功。

二、板室式石墨热交换器的结构

板室式石墨热交换器是由石墨板、石墨边隔条、石墨连通管、石墨角垫及石墨菱形垫块等部件用胶合剂胶合而成的 (15)、(16)。用于气-液热交换的热交换器，液体通道的高度是 20 毫米，气体通道的高度是 60 毫米；用于液-液热交换的热交换器，全部通道的高度都是 20 毫米。石墨板长 1650 毫米，宽 360 毫米，厚 10~12 毫米，除了连通管及边隔条所占有的面积外，每块石墨板的面积约 0.5 米²；边隔条的宽度是 20 毫米；连通管的厚度是 20 毫米。一个 11 米²的板室式石墨热交换器，需要 24 块石墨板（包括 2 块厚为 40 毫米的上下石墨盖板），组成 23 个室，其中 11 室走需冷却或冷凝的热腐蚀性介质，另外 12 个室走冷却水。由于全部结构都由浸渍石墨组成，冷却水可以用需要加热的冷腐蚀性介质代替。

全部石墨部件用胶合剂胶结成整个设备以后，上部及下部还装有钢托盘、角钢等金属部件，并用钢螺栓加固。设备的传热面积可根据需要而定。如果需要传热面积大的设备时，可增加板数室，需要较小的传热面积时，可减少板室，一般是按 11 平方米的传热面积制造。