

玻璃纤维热绝缘工程

范 国 祥 編

中国工业出版社

玻璃纤维热绝纱

范 国 祥 編

江苏工业学院图书馆
藏书章

本书介绍新型热絕緣材料（保温材料）——玻璃纖維的性能，其成型制品，絕热层的各种結構，施工方法及使用的机械、工具等。

为了使讀者了解絕热层的計算，在第二章介绍了絕热結構的热力計算与經濟計算，并附有例題，以便讀者掌握。

此外，本书还简单敘述了热絕緣的重要意义，对矿渣棉、軟木、草繩等絕热材料和热絕緣工作的劳动保护也做了简单介绍。

本书可作为化学、石油、电力等工业部門从事管道与設備隔热保冷工作的技術人員在設計与施工时参考，可作为保温工人的培訓教材，亦可供保温材料的制造部門参考。

玻璃纖維热絕緣工程

范 国 祥 編

*

化学工业部图书編輯室編輯（北京安定門外和平里七区八号楼）

中国工业出版社出版（北京阜成路丙10号）

北京市书刊出版业营业許可証出字第110号

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ ·印张 $2\frac{5}{8}$ ·插頁1·字数60,000

1965年3月北京第一版·1965年3月北京第一次印刷

印数0001—3,980·定价（科二）0.30元

*

統一书号：15165·3737（化工-345）

序 言

在我国社会主义经济建设，化学、石油、电力等工业都将以很快的速度发展。很多工业生产中温度是很重要的工艺参数。因此，在这些工业建设与生产中的管道与设备的热绝缘(保温)是不可忽视的一环。

在热绝缘材料方面比较新的一种是玻璃纤维。由于玻璃纤维具有许多优点，所以在国外很受重视。德意志民主共和国、伊拉克、美国等广泛采用，如伊拉克有 1000 多公里石油管用玻璃纤维保温。近年来苏联也开始采用这种材料。最近我国也开始大量生产玻璃纤维和玻璃纤维制品，创造了使用这种材料的物质基础。

本人在参加兴建北京合成纤维实验工厂时，曾随德意志民主共和国热绝缘专家奎勒同志学习并参加实际安装工作。为了适应我国工业建设和推广用玻璃纤维做为热绝缘材料的先进经验，特编写此书。本书内容以玻璃纤维的性能、计算、保温层结构、施工操作为主，此外对于我厂使用矿渣棉、草绳等材料中取得的一些经验，也在绪论第三节作简略介绍。为了使一些非保温方面专业人员初步掌握保温层设计方法，特简略介绍保温层计算步骤，并举例题以辅说明。

由于本人所接触的只是北京合成纤维厂一处的玻璃纤维热绝缘材料的施工和使用情况，有一定片面性，在保温层结构、专用机具、施工方法等方面介绍也不够详尽，尚希望各有关部门在大量推广使用过程中不断创造不断丰富，以期充分掌握这种新型材料。

在编写过程中曾得到北京合成纤维实验工厂贾铭金和乐嗣传两位副总工程师的帮助，特此致谢。

由于本人学识甚浅，谬误之处在所难免，恳请读者指正。

范 国 祥

目 录

序 言

緒 論	1
第一节 热絕緣的意义	1
第二节 絕热材料	2
第一章 玻璃纖維絕热材料	6
第一节 玻璃纖維的性能	6
第二节 玻璃纖維的成型制品	10
第二章 絕热結構的計算	13
第一节 絕热管道与設備热損失及表面溫度的計算	13
第二节 无絕热层的管道与圓柱体設備的热損失計算	15
第三节 絕热效率	16
第四节 絕热层厚度的选择与計算	23
第三章 絕热結構及其安裝法	30
第一节 管道絕热結構及安裝法	30
第二节 管件絕热結構及安裝法	38
第三节 設備絕热結構及安裝法	45
第四节 保护层及施工法	57
第五节 絕热层表面的涂色	58
第四章 絕热工程安裝用工具	59
第五章 絕热工程的劳动保护	66
附 录	68

緒 論

第一节 热絕緣的意义

溫度是合成纖維和其他化学性工厂的一个很重要的条件。象聚己內酰胺纖維生产中，很多工艺流程都与热能密切联系着，許多設備，如熔融、聚合、紡絲、压洗、淋洗、萃取、定型、干燥及調节車間溫、湿度装設的冷冻低溫設備等等，都在加热或保冷的情况下进行操作，都必須进行热絕緣。

有些工艺过程的溫度变化要求特別严格。如聚合、紡絲工序的操作溫度要控制在 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 之間。溫度的波动会使成品产生許多疵点或者給以后进一步加工帶來許多困难。为了保持其稳定的操作溫度，必須具有良好的热絕緣裝置。絕热裝置的不良会使管路內流体的凝固，影响生产的正常进行。所以，热絕緣在聚己內酰胺纖維工厂中对能否順利进行生产起着很重要的作用。

通过管道輸送載热体、热熔体、热水时，以及流体在設備內保持比周围环境更高的溫度时，总会有热量通过管道及設備的外表面散失，成为无法回收利用的热損失。热的損失将浪費鍋炉用煤，在采用电热法加热时将浪費电能。根据計算，如一根直径 216 毫米的管道，介质溫度为 260°C ，每米每小时热損失为 2926 千卡，按每吨蒸汽 50 万千卡計算，則 7 天就損耗达 1 吨蒸汽。热絕緣的作用就是减少热損失，使之經濟上合理，以降低产品成本。

热量散失到車間內，操作場所溫度升高，使操作工人处于高溫的环境下工作，有害于身体健康。同时室溫过高，传动机械的軸承和馬达发热，將縮短机械設備寿命，甚至造成設備事故。利用热絕緣裝置就可以减少管道与設備外表面向空間的散热量，保持一定室溫，創造良好的操作环境和避免因高溫影响机械設備寿

命。

热絕緣在安裝工程中占有相当的工作量，是安裝工程中很重要的一环。絕热工程必須在管道与設備安裝工作完成或基本上完成之后进行。其进度快慢直接影响設備和系統的試車投产日期。在企业的基本建設中这一工作往往被忽視：沒有准备好足够的熟練的保溫工，或热絕緣材料的品种和数量不足。当管道与設備安裝工作結束时，热絕緣工作跟不上去，影响了全部工程的竣工。这一点值得有关部門特別注意。

热絕緣层包敷着管道与設備的表面，人們所見到的只是絕緣层而不是管道与設備本身。因此，絕热結構的质量好坏和表面的处理效果，直接关系到車間內外的整洁美观，这在现代化的工厂里也是不可忽視的。

第二节 絕 热 材 料

所有导热系数低并有相当耐热性的材料都可作为絕热材料。用于管道与設備的絕热材料导热系数不应超过 0.18 千卡/米·小时· $^{\circ}\text{C}$ 。

絕热材料按导热系数可分为四等：

- 一等 小于 0.07 千卡/米·小时· $^{\circ}\text{C}$ ；
- 二等 $0.07 \sim 0.10$ 千卡/米·小时· $^{\circ}\text{C}$ ；
- 三等 $0.10 \sim 0.15$ 千卡/米·小时· $^{\circ}\text{C}$ ；
- 四等 $0.15 \sim 0.18$ 千卡/米·小时· $^{\circ}\text{C}$ 。

良好的絕热材料应具有以下性能：

1. 孔隙率大；
2. 容重輕；
3. 吸水性低；
4. 耐震动，具有足够的机械强度；
5. 溫度变化时其导热系数变动很小；
6. 不易燃烧；
7. 对金属不起腐蝕作用；

8. 加工方便, 价格低廉。

絕热材料的种类很多, 进行选择时应根据管道与設備敷設方法、流体温度、环境特点、材料价格以及安装条件等等具体情况加以考虑。

下面简单介绍几种常見的絕热材料。

1. 玻璃纖維

玻璃纖維用于管道与設備热絕緣在国外很普遍。北京合成纖維实验工厂管道与設備主要采用玻璃纖維热絕緣, 取得了一定的經驗。在我国随着玻璃工业发展, 近几年来各地有很多玻璃厂如大連玻璃厂、秦皇島耀华玻璃厂、苏州玻璃纖維厂及北京玻璃厂等生产玻璃纖維, 大連玻璃厂 1962 年开始生产的玻璃棉壳和玻璃棉毡等絕热制品, 在生产上試用效果良好, 証明质量合乎要求。

玻璃纖維分为长纖維和短纖維(即长絲和短棉)两种, 通称玻璃絲和玻璃棉。它們都是用和普通玻璃成分差不多的原料制成。一般热絕緣用的玻璃纖維直径为 20 微米左右。玻璃絲的生产方法分为棒拉法、漏板法及坩埚法三种。玻璃棉是把熔化的玻璃液用压縮空气、蒸汽或者火焰以极高的速度噴吹而成。

有关玻璃纖維的成型制品, 其絕热层的結構、施工等等, 将于以后几章詳細叙述。

2. 矿渣棉

矿渣棉是高炉渣在熔炉中熔融成液体, 用蒸汽或压縮空气噴射而成短纖維状細絲。也是一种导热系数小、容重較輕、价格低廉的絕热材料。其性能如表 1 所示。

矿 渣 棉 的 性 能

表 1

品 級	容 重 (公斤/米 ³)	最 高 使 用 温 度 (°C)	平均温度±5%时的导热系数(千卡/米·小时·°C)						
			0	50	100	150	200	250	300
I 級	200	600	0.042	0.048	0.054	0.060	0.066	0.072	0.077
II 級	250	600	0.049	0.054	0.058	0.064	0.071	0.077	0.083

以矿渣棉作为絕热材料，在国外大量使用。解放后，我国已有生产，优质的矿渣棉可以用来作为主要絕热材料之一。

矿渣棉的主要缺点是机械强度低，因此它只能适用于有坚固保护层的填充絕热结构或以軟垫结构形式应用。除此以外，矿渣棉在搬运或装料时有揚起粉尘的缺点，它的纖維尘屑掉入眼睛会产生剧烈刺痛，落到皮肤上或进入呼吸系統等会发生难忍受的刺痒，不够卫生。

3. 石棉材料

石棉繩 石棉繩容重为 800 公斤/米³，导热系数为 $0.11 + 0.00013t$ 千卡/米·小时·°C。石棉繩的制法有两种：一种是用石棉紗綫合紡而成；另一种是用石棉纖維絞成芯子后用机器层层編制而成。石棉繩价格高，絕热費用大。但它适用于直径很小而形状不規則或安装地点很狹小，其他絕热材料不易施工の場合。使用石棉繩时应注意的一点是，在使用前对石棉繩的成分及性能必須了解清楚，如果石棉繩中混有棉花，則不能用在高溫情况下，否則很快就会烤坏，而且当这种石棉繩接触易燃物料时，会冒烟，引起燃烧。

石棉布 石棉布是作为閥門、法兰及电感应加热体的軟垫絕热结构的材料。同样應該注意，混有棉花的石棉布不适用于高溫場合或电感应加热体上。象电感应加热的短纖維紡絲泵体弯头上如果使用这种混有棉花的石棉布时，很快就会毀坏。縫制石棉布軟垫用的綫一定要用高級純石棉纖維紡制成的石棉綫或玻璃絲綫。純石棉布难以购到时，可以用玻璃絲布代替。純石棉布的性能如表 2 所示。

純 石 棉 布 性 能

表 2

容重 (公斤/米 ³)	最高使用溫度(°C)	导 热 系 数 (千卡/米·小时·°C)
580	530	0.177(150°C)
700	530	0.149(150°C)

4. 草绳

稻草編制成的草繩在我国到处都有,尤其是在南方稻米产地,出产更多。用于絕热的草繩直径一般为 15~20 毫米。在小型或临时性的絕热工程中普遍使用。由于导热系数大、絕热效率低、不耐高温等等缺点,其普遍采用受到限制。草繩的导热系数約为 $0.3 \sim 0.4$ 千卡/米·小时· $^{\circ}\text{C}$ 。

北京合成纖維实验工厂架空的上下水道采用稻草繩隔热,以防止水汽凝結(出汗),效果很好。它比其他低温絕緣材料經濟得多。在北方不产稻米地区,草繩較少,价格較高,可采用野生纖維編成的繩代替。野生纖維繩較稻草繩結实,也不太容易腐蝕霉坏,但吸水性比稻草繩差,导热系数要比稻草繩高。然而用于上下水管道,只要施工质量高,有較好的保护层,还是可以滿足要求的。

絕热材料种类很多。国内常使用的还有硅藻土及其制品(出产于东北)、石棉纖維及其混合材料、泡沫混凝土制品等,均可根据条件选用,这些材料在其他书刊上已有介紹,本书不再贅述。国内不常用的絕热材料如蛭石及泡沫塑料等,因編者資料不多,此处从略。絕热材料的种类虽然很多,但是按照对絕热材料的要求来衡量,以玻璃纖維絕热材料为最佳。

第一章 玻璃纖維絕热材料

第一节 玻璃纖維的性能

1. 容重小空隙率大 制成的玻璃棉經压缩后,每立方米只有100 公斤左右,而1 立方米的玻璃块却有1000 公斤以上,由此可以看出,玻璃棉所占体积中有90% 左右是空气。玻璃纖維与其他絕热材料的容重見表3。

各种絕热材料的容重与导热系数

表 3

材 料 名 称	容 重 (公 斤 / 米 ³)	导 热 系 数 (千 卡 / 米 · 小 时 · °C)
I 級絮状石棉	650	0.095+0.00016t
石棉硅藻土	450	0.1395+0.000145t
利废石棉硅藻土	400~430	0.094+0.000125t
磨細的硅藻土	400~500	0.078+0.00024t
蛭 石	150~250	0.062+0.000225t
石棉鎂石	180~200	0.075+0.000055t
石棉白云石	230~250	0.0775+0.000075t
矿 渣 棉	180~250	0.05+0.000125t
玻璃纖維保温制品	60~200	0.038+0.00024t

2. 导热系数小 玻璃是热的不良导体,空气也是导热率很低的物质,其导热系数值只为玻璃导热系数的 $\frac{1}{50} \sim \frac{1}{100}$,所以玻璃棉的絕热性能是其他材料所不及的。

从表3 可以看出玻璃纖維保温制品的导热系数小于其他各种絕热材料。玻璃纖維及其制品的导热系数与容重、平均溫度、纖維平均直径三者有关。不同溫度时玻璃棉垫导热系数与容重的关系如表4 所示。

不同温度时玻璃棉垫导热系数与容重的关系 表 4

容 重 (公斤/米 ³)	不同平均温度 (°C) 时的导热系数 (千卡/米·小时·度)			
	30	120	220	310
70	0.0397	0.0468	0.0567	0.0657
100	0.0384	0.0459	0.057	0.0639
140	0.0418	0.0498	0.0596	0.0702
175	0.0458	0.0529	0.0639	0.0729

如瀝青玻璃棉板, 当平均絕緣温度为 61.5°C, 板厚 20 毫米, 纖維平均直径 27 微米, 瀝青含量为 4.3%, 非纖維杂质 (渣球) 含量为 11% 时, 其导热系数与容重的关系如下:

容重 (公斤/米 ³)	60	80	100	120	150	200
导热系数 (千卡/米·小时·°C)	0.05	0.048	0.05	0.052	0.053	0.054

从上述資料可以看出, 各种制品的导热系数一般是随容量增加而增加的。因为当容重增加时, 制品结构就更加致密, 空隙率就减小, 单位体积内纖維的数量增加, 所以材料传热性能随之提高。

玻璃纖維及其制品的导热系数与平均絕緣温度有关, 导热系数随平均温度的增加而增加。如表 5 所示。

玻璃纖維制品导热系数与平均温度 表 5

材 料 名 称	容 重 (公 斤/米 ³) ±10%	平均温度为±5%时的导热系数(千卡/米·小时·℃)						
		0	50	100	150	200	250	300
玻璃絲 (棉) 填料	75	0.036	0.044	0.053	0.063	0.074	0.090	0.107
玻璃絲席 (毡)	120	0.031	0.039	0.048	0.057	0.068	0.083	0.101
玻璃絲套 (壳)	120	0.030	0.037	0.045	0.054	0.065	0.080	0.098
玻璃絲繩	250	0.048	0.053	0.059	0.065	0.071	0.077	0.084

此外, 玻璃纖維平均直径对导热系数也有一定影响, 纖維愈細則它的导热系数愈小, 如表 6 所示。

玻璃棉垫的导热系数与纤维平均直径关系

表 6

容 量 (公斤/米 ³)	不同纤维平均直径(微米)时的导热系数(千卡/米·小时·°C)						
	5	9.5	13.5	15	20	25	31
100	0.0373	0.0373	0.0375	0.041	0.041	0.042	—
120	—	—	—	0.0415	0.043	0.0435	0.044
150	0.0428	0.0427	0.0407	0.0445	0.046	0.046	0.047
175	0.0454	0.452	0.0453	—	—	—	—

注：平均温度为 30°C

3. 耐温抗冻 玻璃纖維的耐温程度与玻璃的化学成分有关，特别是与含碱量有关，含碱量高的耐温度低，一般无碱玻璃纖維超过 650°C，含碱玻璃纖維超过 450°C 时，将发生剧烈的热裂化现象，强度便完全丧失。因此，玻璃纖維使用温度范围必须在此以下，其使用温度范围不超过 350°C 为宜。玻璃纖維制品的耐温程度还受到制品粘結剂的影响。

玻璃纖維的抗冻性能也是很好的。曾有人作过下述試驗：将試样在 -25°C 下冷冻，然后在水中融解，经过 25 次反复冻融，試样沒有显著变化。試驗資料見表 7。

抗冻性試驗結果

表 7

試 样	試 样 特 点			断裂負荷 (公斤)	断裂强度 极 限 (公斤/厘米 ²)	备 注
	厚度(厘米)	寬度(厘米)	面 积 (厘米 ²)			
試驗前	1.45	5.7	8.15	28.17	3.5	25次測試結果
試驗后	1.5	5.5	8.3	30.5	3.7	25次測試結果

从表中看出，試样的强度极限在試驗前和試驗后实际上沒有变化，这說明玻璃棉制品的抗冻性能是很好的，一般可以用作 -40°C 的冷絕緣材料。

4. 吸水率低 当空气相对湿度等于 65% 时，无碱玻璃纖維的吸水率为 0.2%。玻璃棉的吸水率为 2%。

表 8

使用各种耐火材料的经济比较

序 号	材 料 名 称	容 重 (公斤/ 米 ³)	导 热 系 数 (千卡/时·米·°C)	使用 年限 (年)	主 保 温 层 格 (元/米 ³)	价 保 温 层 格 (元/米 ²)	經 济 度 (毫米)	总 投 资 (元)	年 折 旧 (元/年)	年 热 损 (元/年)	年 总 费 用 (元)
1	玻璃棉毡 (石膏粘合剂)	110	0.05+0.00017t	10	150	9.76	68	16866	1688.6	1416	3102.6
2	泡沫混凝土预 制块	450	0.085+0.00017t	10	81	9.76	97	14939	1493.9	1662	3155.9
3	矿渣棉	500	0.085+0.00019t	10	208	14.20	72	24653	2465.3	2049	4514.3
4	蛭石预制块	500	0.09+0.00019t	10	240	9.76	53	18973	1897.3	2929	4826.3
5	焙烧硅藻土普 型砖	500	0.085+0.00019t	10	250	9.76	52	19232	1923.2	2927	4850.2
6	石棉硅藻土粉 保温灰	700	0.14+0.00015t	10	183	9.76	95	23057	2305.7	2624	4929.7

5. 彈性好、抗震性強 如果作填充料在絕熱結構中經過長時期也不會有收縮的現象。它不象石棉或礦渣棉等材料，經過震動容易聚集一起形成空氣包，影響絕緣效果。

此外，玻璃纖維不怕霉，不會腐蝕，化學穩定性很好。

玻璃纖維及其制品具有上述種種良好性能，它不僅被用作保溫工程，還極其適用於保冷工程。

玻璃纖維不僅具有良好熱絕緣性能，還具有經濟優越性。有人曾對 5000 米³的石油罐進行各種保溫層的計算，其結果如表 8 所示。

从上表看出，使用玻璃棉毡絕熱材料每年總費用最小，最為經濟合理。

第二节 玻璃纖維的成型制品

玻璃纖維為適應絕熱結構的需要，除了可以直接用來為填充結構填充料外，必須製成具有很多空隙的成型制品後使用。主要制品有以下几种：

1. 玻璃絲蓆 抽制成的玻璃絲通過往復裝置使玻璃絲縱橫交錯成一定角度（一般為 $45^{\circ} \sim 60^{\circ}$ ）卷繞到滾筒上，直繞至需要厚

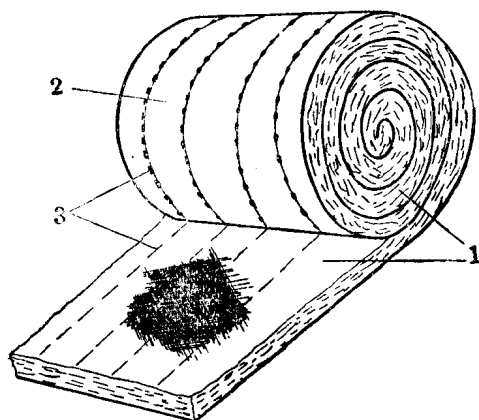


图 1 玻璃絲蓆

1—玻璃絲；2—瓦楞紙；3—縫綫

度为止。在交錯卷繞过程中就形成了絕热所需的空隙。从滾筒上切開卸下玻璃絲层鋪于瓦楞紙上，在專門縫紉机上縫制，然后切成寬 50 厘米、长 500 厘米的玻璃絲蓆，如图 1 所示。其厚度为 2、3、4、5、6 厘米。如果絕热层厚度是 6 厘米以上时，可用两层玻璃絲蓆。这样的玻璃絲蓆不加任何粘結材料，故价格低。玻璃絲蓆主要用作設備絕热，但亦适用于管道。

2. 玻璃棉蓆 是由噴射法制成的玻璃原棉(在噴射时加入粘結剂)，經壓縮后通过輸送帶送出，經人工把它鋪在操作台上，按木制框型的大小切割成所需尺寸，鋪于瓦楞紙或玻璃布上，配足重量后送到縫紉机縫綫即成。其規格和用途与玻璃絲蓆相同。

3. 玻璃絲管套(管壳) 將抽制成的玻璃絲通过往复裝置縱橫交錯成一定角度，卷繞到空心的滾軸上，滾軸的外徑即是被絕热管道的外徑。卷繞过程的同时噴上粘結剂(瀝青、酚醛树脂、水玻璃或淀粉等粘合材料)，卷繞至需要厚度后卸下来，在空心滾軸中間通热源干燥，切開縫口而成。切縫一般为一道，如图 2 所示，亦可切開二縫成为二个半圓形。其厚度为 2、3、4、5、6 厘米，长 120 厘米，是用于管道絕热的成型制品。

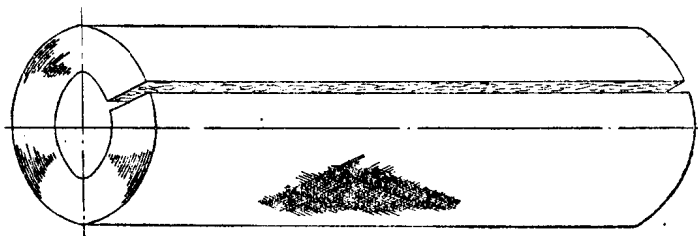


图 2 玻璃絲套

4. 玻璃棉管套(壳) 其制法是在玻璃棉中加入粘結剂后，用圓筒形模具制成。規格与玻璃絲管套相同。

5. 玻璃棉板 是用玻璃棉加入瀝青等粘結剂压制而成，分为硬板和半硬板两种。棉板厚度为 1~8 厘米，长 100 厘米，寬

50 厘米。規格可以隨需要而定。棉板主要作平面設備絕熱用。半硬板亦可用于大型的圓柱體設備。

6. 玻璃棉繩、玻璃棉條、玻璃絲繩 玻璃棉繩直徑為 10~50 毫米，長度一般 150 米。這些是纏繞絕熱結構用的絕熱材料。

7. 玻璃絲布和玻璃絲帶 用玻璃絲織成的布是制軟墊絕熱結構的材料。編制成的玻璃絲帶可作為軟墊絕熱結構捆紮材料。