泰莫
TERMO

燃煤/天然气/煤制气

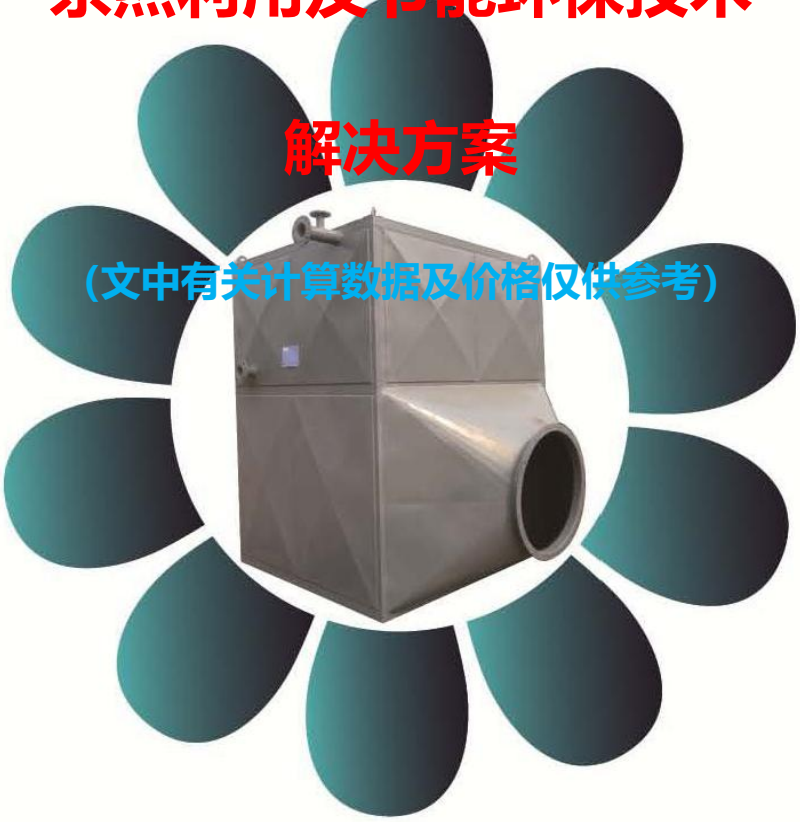
锅炉/炉窑

烟气/热水/空气等废热

余热利用及节能环保技术

解决方案

（文中有关计算数据及价格仅供参考）



北京泰莫环保设备有限公司

Beijing TERMO Environmental Protection Equipment Co., Ltd.

目　录

目　录 2
第一篇 概述 7
1.1 公司简介 7
1.2 热管技术介绍 8
1.3 热管材料选择 11
1.4 燃料的含硫量与烟气酸露点的关系 14
1.5 热管余热利用技术概述 16
1.6 余热回收应用领域 16
1.6.1 余热回收及余热发电应用领域 17
1.6.2 余热回收利用途径 18
1.7 关于压力容器的定义 19
1.7.1 定义 19
1.7.2 监检类别 19
第二篇　TERMO 热管式换热器（液/气及气/液换热） 20
2.1 工作原理及结构组成 20
2.2 技术特点 21
2.3 外型示意图 22
2.4 系统流程图示例 22
2.5 应用示例 24
2.5.1 项目一概述及设计条件参数 24
2.5.2 项目一主要技术参数及经济效益分析 25
2.5.3 项目二概述及设计条件参数 27
2.5.4 项目二主要技术参数及经济效益分析 28
第三篇　TERMO 热管式蒸汽发生器（液/气换热） 31

3.1 工作原理及结构组成 31
3.2 技术特点 32
3.3 项目概述及设计条件参数（示例） 33
3.4 项目主要技术参数及经济效益分析 33
第四篇　TERMO 热管式空气/煤气预热器（气/气换热） 37
4.1 简介 37
4.1.1 结构形式 37
4.1.2 经济效益 37
4.1.3 性能 37
4.2 外型示意图 38
4.3 热管式空气预热器应用示例 38
4.3.1 项目概述及设计条件参数 38
4.3.2 项目主要技术参数及经济效益分析 39
4.4 热管式煤气预热器应用示例 42
4.4.1 项目概述及设计条件参数 42
4.4.2 项目主要技术参数及经济效益分析 42
第五篇　TERMO 热管式冷凝器 45
5.1 工作原理及优势 45
5.2 应用示例 46
5.2.1 项目概述及设计条件参数 46
5.2.2 工艺流程示意图 47
5.2.3 主要技术参数及经济效益分析 47
第六篇　TERMO 热管式 GGH 换热器(气/气换热) 50
6.1 简介 50
6.2 工作原理及优势 50
6.3 应用示例 51
6.3.1 项目概述及设计条件参数 51

6.3.2 工艺流程示意图 51
6.3.3 主要技术参数及经济效益分析 52
第七篇 TERMO 热管式散热器(水.气/气换热) 55
7.1 技术特点 55
7.2 生产图片 55
7.3 应用示例 57
7.3.1 概述及设计条件参数 57
7.3.2 主要技术参数及经济效益分析 57
第八篇 TERMO 热管式相变蓄热器(液体/相变材料/废热气体) 60
8.1 相变蓄热技术及材料 60
8.2 工作原理及特点 61
8.3 工业行业利用介绍 63
8.4 内部结构示意图 63
8.5 工作流程示意图 64
8.6 主要技术参数及经济效益分析示例 64
第九章 TERMO 管壳式换热器（液/液换热） 67
9.1 管壳式换热器及设计软件介绍 67
9.2 钢铁行业冲渣水余热利用方案 68
9.2.1 概述及设计条件参数 68
9.2.2 设计软件计算结果 69
9.2.3 管布置图 70
9.2.4 换热器型式及参考重量 70
9.2.5 换热器外形尺寸图 71
第十章 TERMO 翅片管换热器/翅片管冷凝器（液/气换热） 72
10.1 特点 72
10.2 生产图片 72
10.3 应用示例 73

10.3.1 概述及设计条件参数（一） 73
10.3.2 主要技术参数及经济效益分析 73
10.3.3 概述及设计条件参数（二） 76
10.3.4 主要技术参数及经济效益分析 76
第十一篇　TERMO 热管技术产品在陶瓷行业的应用 79
11.1 前言 79
11.2 隧道窑烟气余热利用流程 79
11.3 隧道窑尾部高温烟气余热利用方案 80
11.4 隧道窑尾部烟气二次余热利用方案 83
11.5 粉料制取和烘干坯件及炉窑辊棒下面的余热利用 86
11.5.1 余热利用生产卫生热水 86
11.5.2 余热利用生产供暖热水 88
第十二篇　TERMO 热管技术产品在其它工业行业余热利用节能分析 91
12.1 玻璃工业烟气余热利用节能分析 91
12.2 水泥行业烟气余热利用节能分析 94
12.2.1 窑尾冷却机的余热利用 94
12.2.2 小水泥窑尾废气余热利用 97
12.2.3 大型窑尾废气的余热利用 100
12.2.4 水泥旋窑窑体表面的余热回收 101
12.3 钢铁行业烟气余热利用节能分析 101
第十三篇　酚水无害化处理节能解决方案（1）（利用煤气余热） 103
13.1 项目概述、工艺流程和技术特点 103
13.2 酚水无害化处理技术 104
13.3 热管式酚水蒸发器工作原理 105
13.4 酚水无害化处理工艺流程图 106
13.5 热管式酚水蒸发器主要技术参数及经济分析 107
13.6 结论 110

第十四篇　酚水无害化处理节能解决方案（2）（利用自产蒸汽）.....111
14.1 项目概述、工艺流程和技术特点.....111
14.2 酚水无害化处理技术.....111
14.3 酚水无害化处理工艺流程图.....113
14.4 盘管式酚水蒸发器主要技术经济分析.....114
14.5 结论.....116

第一篇 概述

1.1 公司简介

北京泰莫环保设备有限公司是一家针对全球化石燃料（石油、天然气、煤炭及其衍生燃料）消耗市场节能和环保技术解决方案的提供商，客户是所有使用化石燃料的各种工业炉窑和锅炉的用户。

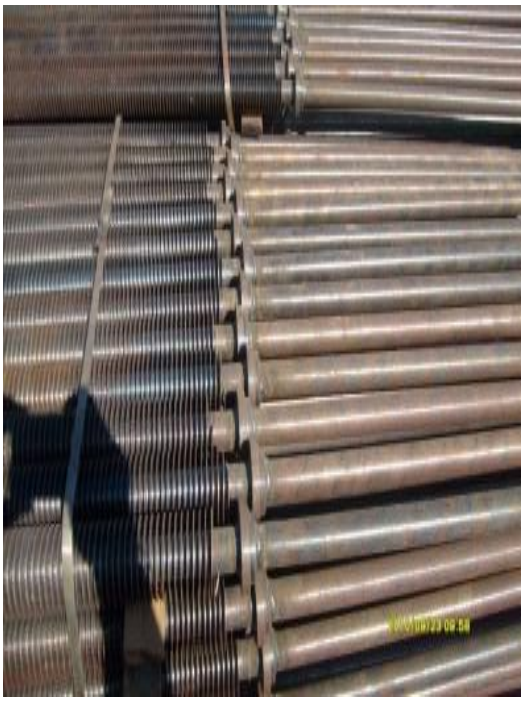
多年来，北京泰莫环保设备有限公司紧紧抓住长期困扰我国燃煤/燃气锅炉及炉窑烟气/废热空气/废热水/煤气余热利用技术难题，与有关余热锅炉科研和生产企业，以及中低温热管研究、生产及应用企业一起共同合作，消化吸收国内外先进的热管/翅片管余热利用技术，在设计理论、工程技术、工艺材料等方面不断创新与实践，研制开发出具有独有技术特点的TERMO 余热利用系列产品。

TERMO 余热利用主要产品包括热管式换热器、热管式蒸汽发生器、热管式冷凝器、热管式空气预热器、热管式 GGH 换热器、热管式煤气预热器、热管式散热器、热管式相变蓄热器、翅片管换热器、翅片管冷凝器、管壳式换热器及热管式/盘管式酚水蒸发器（利用煤气余热或蒸汽实现酚水无害化处理，实现零排放）等系列产品。

北京泰莫环保设备有限公司开发研制的 TERMO 余热利用系列部分产品已成功运用于许多工业及民用工程项目，取得可观的经济效益、社会效益和环保效益。

1.2 热管技术介绍

热管技术首先于 1944 年由美国人高格勒(R·S·Gaugler)所发现，并以“热传递装置”(Heat Transter Device)为名取得专利，当时因未显示出实用意义，而没有受到应有的重视。直到 20 世纪 60 年代初期，由于宇航事业的发展，要求为宇航飞行器提供高效传热组件，促使美国洛斯--阿拉莫斯科学实验室的格罗弗(G·M·Grover)于 1964 年再次发现这种传热装置的原理，并命名为热管(Heat Pipe)，首先成功地应用于宇航技术，之后引起了各国学者的极大兴趣和重视。热管技术于上世纪七八十年代进入中国。



热管是一种具有极高热传导性能的热元件，通过在全封闭真空管内工质的蒸发和凝结来传递热量，传热系数是普通传热方式的几百倍，传热效率极高，热管技术产品比普通的省煤器传热效率高好几倍，并具有良好的等温性、结构紧凑、易清灰、阻力小等优点。

TERMO 热管技术系列产品使用的主要传热元件为重力热管，工作原理是将无缝钢管的两端密闭，将管内制成高度真空并充装传热介质（简称工质），将热管的一端（下部）插入烟气或其它废热中，此段称为吸热段；将另一端（上部）插入水/其它液体或空气中，此段称为放热段。

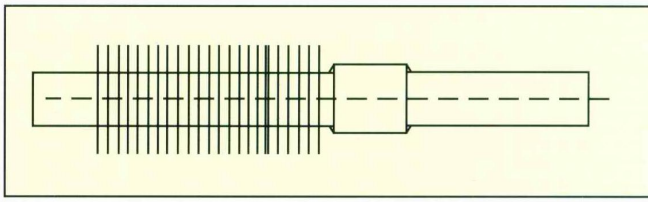
由于热管内高度真空，所以工质受热极易汽化，当热管下部吸热段受高温热气冲刷吸收热量而传导给管内的工质后，工质受热汽化携带热焓冲向放热段，释放汽化潜热，传导给上侧的水/其它液体或空气使之加热，而热管内的工质在释放完潜热后恢复成液态，靠重力又回流到吸热段，就这样循环往复连续不断地把热量由吸热段传至放热段。由于热管内呈真空状态，而且靠工质的相变而传热，因此，管内传热热阻很小，热管技术系列产品就能在较小的温差下，获得很高的传热效率。

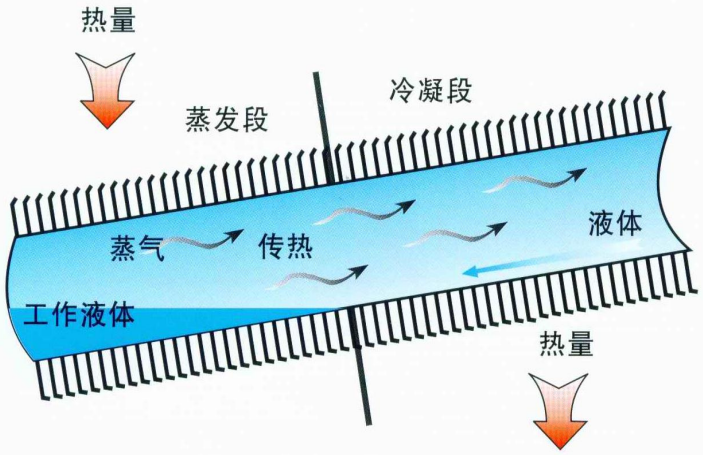
热管技术系列产品主要由热管、热侧箱体、冷侧箱体三部分组成。热管吸热端可以直接插入热侧，既可以减少换热的中间环节，提高换热效率，又可以降低设备的总体高度，从而减少投资总量。

热管知识

热管定义

热管是指一个装有适量工作介质的真空密封容器，是一种特别高效的传热元件。





热 管 工 作 原 理 图

工作原理

当热量传入蒸发段，工作介质便蒸发流向冷凝段，在那里释放出汽化潜热，冷凝变成液体，然后在多孔吸液芯的毛细力或重力的作用下，返回蒸发段。如此反复循环，通过工质的相变及传质来传递热量。

热管特性

导热率很高

热管主要是靠工作介质相变时吸收和释放汽化潜热以及蒸汽流动来传热，多数工质的汽化潜热都很大，所以热管的导热率很高。与一般固体材料不同的是，它的导热率不是定值，而是随长度而变，一根热管在不同长度时，其有效导热率可以是实心铜棒的10～10000倍。

等温性能好

热管表面的温度梯度很小，当热流密度低时可得到高度等温的表面，通常温差只有1～2℃。

具有恒温特性(可控热管)

一种充惰性气体的热管可以在输入热量变化时改变热管冷凝的散热面积，从而使加热端热源温度维持恒定。

安全可靠性好

热管无运动部件，工作特别可靠，无需维修，使用寿命长。

热管换热器特性

热管换热器是热管元件的组合体，其主要特性是：

传热性能好

冷、热流体均在管外流动，两侧均可肋化，肋化系数高达10以上。与管壳式相比，单位容积的传热面积大3～4倍，重量轻1～2倍，传热效率高，流阻低。

冷热面积比可调

冷、热面积比及结构形式都可以在设计时任意调整，自由布置，两侧互不牵连，这样就从结构上确保换热器能适用于温度、流量、清洁度相差悬殊的两种流体的传热，任何其它换热器均不具此特点。

无交叉污染

冷、热流体可以完全隔开，无交叉污染，即使单支热管损坏，也不会造成泄漏，换热器仍能正常运转。

运行安全可靠、维修方便

每支热管系独立元件，容易拆卸、更换，运行安全可靠，维修方便。

北京泰莫环保设备有限公司　热线电话及微信：13264160046　E-mail：chinatermo@sohu.com

表 1-2 常用热管的工作温度范围与典型的工作介质及其相容壳体材料[14~16]

种类	工作介质	工作温度/℃	相容壳体材料
低温热管	氨[19]	-60~100	铝、不锈钢、低碳钢
	氟里昂-21（$CHCl_2F$）	-40~100	铝、铁
	氟里昂-11（CCl_3F）	-40~120	铝、不锈钢、铜
	氟里昂-113（$CCl_2F \cdot CClF_2$）	-10~100	铝、铜
常温热管	己烷	0~100	黄铜、不锈钢
	丙酮	0~120	铝、铜、不锈钢
	乙醇	0~130	铜、不锈钢
	甲醇	10~130	铜、不锈钢、碳钢
	甲苯	0~290	不锈钢、低碳钢、低合金钢
	水	30~250	铜、碳钢(内壁经化学处理)
中温热管	萘[17]	147~350	铝、不锈钢、碳钢
	联苯	147~300	不锈钢、碳钢
	导热姆-A	150~395	铜、不锈钢、碳钢
	导热姆-E	147~300	不锈钢、碳钢、镍
	汞[18]	250~650	奥氏体不锈钢
高温热管	钾	400~1000	不锈钢
	铯	400~1100	钛、铌
	钠	500~1200	不锈钢、因康镍合金
	锂	1000~1800	钨、钽、钼、铌
	银	1800~2300	钨、钽[20]

1.3 热管材料选择

由于天然气属于清洁环保燃料，燃烧后产生的烟气腐蚀性及烟尘含量极低，因此，用于燃天然气锅炉/炉窑的热管技术产品热管可以采用成本相对较低的 20#无缝钢管。

对于含尘量较大的烟气，一方面可以采用开齿螺旋翅片，以防止灰尘在热管翅片上的积累；另一方面可以采用声波吹灰器，彻底清除热管表面的积灰结焦，保持热管的换热效率。

而由于煤/煤制气/生物质等燃料燃烧后 SO_2 的含量较高，需要预防低温露点腐蚀，因此，燃煤/煤制气/生物质锅炉/炉窑热管技术产品热管采用特种钢材--ND 钢。

ND 钢（09CrCuSb）是一种专门设计用于耐硫酸低温露点腐蚀的低合金结构钢，具有以下核心材料特性：

1. 优异的耐腐蚀性能

耐硫酸露点腐蚀：ND 钢在 70℃、50%硫酸溶液中的腐蚀速率仅为 7.3 mg/(cm²·h)，远低于碳钢（103.5）、日本 CRIR 钢（13.4）和不锈钢 1Cr18Ni9（21.7），其耐蚀性是 Q235B 钢的 14.11 倍。

耐其他介质腐蚀：对氯离子、盐酸（HCl）、氢氟酸（HF）、苛性钠（NaOH）和氯化钠（NaCl）等也有较强的耐蚀性。

钝化膜保护：表面形成的致密钝化膜是其高耐蚀性的关键机制。

2. 力学性能

基础性能：抗拉强度 390-550 MPa，屈服强度≥245 MPa，伸长率≥25%，满足中低温压力容器和锅炉设备的强度要求。

高温稳定性：在 0-400℃范围内力学性能稳定，400℃时屈服强度仍保持 210 MPa，抗拉强度 380 MPa。

焊接性能：焊缝力学性能与母材相近，焊接后耐蚀性良好（焊缝腐蚀速率 3.04 mg/(cm²·h)）。

3. 化学成分设计

低碳低硫磷：C≤0.12%，S≤0.020%，P≤0.030%，确保焊接性和纯净度。

合金元素：Cr（0.7-1.2%）、Cu（0.25-0.45%）、Sb（0.04-0.10%）协同提升耐蚀性，Mn（0.35-0.65%）和 Si（0.20-0.40%）强化基体。

4. 应用优势

经济性：性价比显著高于不锈钢，可替代不锈钢用于高硫烟气环境（如省煤器、空气预热器）。

环保节能：减少设备更换频率，降低维护成本，例如济南炼油厂年节约 315 万元。

5. 标准与认证

已纳入国家标准 GB150-1998、行业标准 SH/T3096-2001 等，技术成熟且权威。

总结来看，ND 钢通过优化的成分设计和稳定的力学性能，成为高含硫烟气环境中耐腐蚀设备的理想选材，兼具技术先进性和经济性。

ND 钢(09CrCuSb)是目前国内外最理想的“耐硫酸低温露点腐蚀”用钢材，广泛用于制造在燃煤/煤制气锅炉/炉窑及燃油锅炉等高含硫烟气中使用的换热器、冷凝器、省煤器、空气/煤气预热器、热交换器、蒸发器及烟气脱硫等装置设备，用于抵御含硫烟气露点腐蚀。同时，ND 钢还具有耐氯离子腐蚀的能力。

ND 钢主要的参考指标（70 摄氏度 50%H_2SO_4 溶液中浸泡 24 小时），与碳钢、日本进口同类钢及不锈钢耐腐蚀性能相比，要高于这些钢种。

若烟气侧温度达到 650 ℃，常温热管不能用于热管式空气/煤气预热器，需选用耐高温的钢种，可以选用价格较高的 304 不锈钢，也可以选用价格相对低廉的渗铝碳钢。

渗铝使一种或多种金属原子渗入金属工件表层内的化学热处理工艺。将金属工件放在含有渗入金属元素的渗剂中，加热到一定温度，保持适当时间后，渗剂热分解所产生的渗入金属元素的活性原子便被吸附到工件表面，并扩散进入工件表层，从而改变工件表层的化学成分、组织和性能。与渗非金属相比，金属元素的原子半径大，不易渗入，渗层浅，一般须在较高温度下进行扩散。金属元素渗入以后形成的化合物或钝化膜，具有较高的抗高温氧化能力和抗腐蚀能力，能分别适应不同的环境介质。

渗金属的方法主要有固体法（如粉末包装法、膏剂涂渗法等）、液体法（如熔盐浸渍法、熔盐电解法、热浸法等）和气体法。金属元素可单独渗入，也可几种共渗，还可与其他工艺（如电镀、喷涂等）配合进行复合渗。生产上应用较多的渗金属工艺有：渗铝、渗铬、渗锌、铬铝共渗、铬铝硅共渗、钴（镍、铁）铬铝钒共渗、镀钽后的铬铝共渗、 镀铂（钴）渗铝、 渗层夹嵌陶瓷、铝-稀土共渗等。

渗铝 钢铁和镍基、钴基等合金渗铝后，能提高抗高温氧化能力，提高在硫化氢、含硫和氧化钒的高温燃气介质中的抗腐蚀能力。为了改善铜合金和钛合金的表面性能，有时也采用渗铝工艺。

渗铝的方法很多。冶金工业中主要采用热浸、静电喷涂或电泳沉积后再进行热扩散的方法，大量生产渗铝钢板、钢管、钢丝等。静电喷涂或电泳沉积后，必须经过压延或小变形量轧制，使附着的铝层密实后再进行扩散退火。热浸铝可用纯铝浴，但更普遍的是在铝浴中加入少量锌、钼、锰、硅，温度一般维持在670℃左右，时间是10～25分。机械工业中应用最广的是粉末装箱法，渗剂主要由铝铁合金（或纯铝、氧化铝）填料和氯化铵催化剂组成。

渗铝主要用于化工、冶金、建筑部门使用的管道、容器，能节约大量不锈钢和耐热钢。在机械制造部门，渗铝的应用范围也不断扩大。低碳钢工件渗铝后可在780℃下长期工作。在900～980℃环境中，渗铝件的寿命比未渗铝件显著提高。18-8型不锈钢和铬不锈钢渗铝后，在594℃硫化氢气氛中，抗腐蚀能力比未渗铝的大大增加。760℃ 时在含铅燃料燃烧产物的腐蚀下工作的汽车排汽阀，或是在900℃下工作的燃气轮机叶片，渗铝后的腐蚀抗力都有明显增加。

1.4 燃料的含硫量与烟气酸露点的关系

据有关研究资料表明，对于含 SO_2 的烟气，烟气露点的主要影响因素为水蒸气含量、SO_2 含量和 SO_3 含量。其中，SO_2 和水蒸气含量对露点的影响较小，SO_3 含量是影响露点的主要因素。SO_3 和烟气中的水蒸气化合成为硫酸蒸汽，硫酸蒸汽则会造成烟气露点急剧上升。有研究表明，烟气中水蒸气的露点可低达 30-60℃，当含有少量 SO_3 时，烟气露点则会迅速升高到 110-160℃。

烟气中 SO_3 主要来源于以下三个方面：

1）燃烧生成 SO_3，在炉膛高温作用下，部分氧分子会解离成原子状态，它能将 SO_2 氧化成 SO_3，较多的过量空气会形成较多的氧原子，生成的 SO_3 也会越多。

2）Fe_2O_3 和 V_2O_5 是 SO_2 转化为 SO_3 的催化剂，烟气与烟道表面的氧化铁膜以及脱硝催化剂中的 V_2O_5 接触，会生成较多的 SO_3。

3）燃煤中的硫酸盐分解，在总量中占比较少。

对于燃煤锅炉或炉窑，烟气中 SO_3 的含量，可以通过 SO_2 的含量简单估算，SO_3 的含量一般为 SO_2 含量的 0.5%到 2%。

热管产品的设计需确保排烟温度高于酸露点，研究表明通常比饱和蒸汽/水温度高 50℃，可以避免热管或余热利用设备内部材料的腐蚀。

经查阅有关文献资料，在假设条件下（$SO_2$10%，SO_3 转化率 1%，H_2O 8%），该烟气的酸露点温度约为 192℃。该数据仅供参考，实际烟气酸露点受多方面因素的影响。

综上所述，控制烟气酸露点需综合考虑燃料特性、运行参数及热管产品的设计和材料选择，以实现能效与环保的平衡。

以下关于酸露点的资料仅供参考。

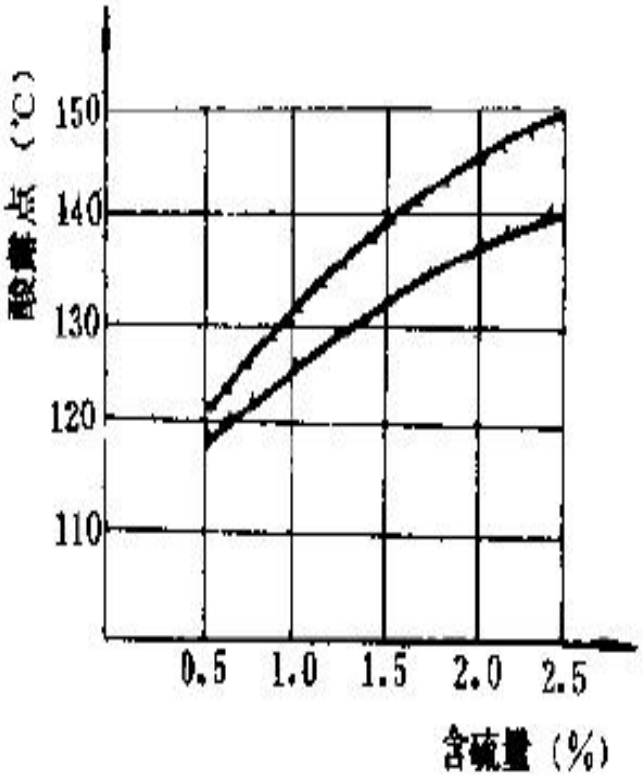
热管给水预热器(又称省煤器)利用排烟余热加热给水，也起到提高效率、节约能源和改善炉体保养的效果。

采用热管给水预热器或空气预热器要防止腐蚀，包括酸露点的低温腐蚀，所以烟气排出温度应较酸露点温度高，此外还有水侧除垢，气侧清灰等问题也要很好解决。

燃料燃烧时，燃料中的硫氧化成二氧化硫(SO_2)，在高温部分再次氧化为三氧化硫(SO_3)，在低温部分三氧化硫与水蒸汽反应生成硫酸蒸气，温度降低后结成硫酸雾。此过程可用下式表示：

$$SO_3 + H_2O = H_2SO_4(气) \rightarrow H_2SO_4(雾)$$

。开始凝结成硫酸雾的最高温度称为酸露点。酸露点可根据燃料的含硫量按图 2—1 查取。



(烟气中 H_2O 占 10%~15%，O_2 占 3%~4%)

图 2—1 燃料的含硫量与酸露点的关系

北京泰莫环保设备有限公司 热线电话及微信：13264160046 E-mail：chinatermo@sohu.com

1.5 热管余热利用技术概述

热管导热系数大，比导热系数极高的紫铜高过数千倍。热管利用传热率极高的相变传热，集导热元件、蒸发器和冷凝器于一体，是一种独特的传热装置，属于世界公认的高效导热元件。

热管之所以得到广泛的应用，因其有如下优点：首先它的工质依靠蒸发和冷凝以及重力实现自然循环，不需要输送泵，没有运动部件和润滑问题。因此，设备轻巧紧凑，结构简单，使用寿命长。



其次，由于热管主要依靠工质相变实现潜热传递，所以在冷热流体温差较小的情况下，可以发挥独特作用。可以运用于很宽的温差范围，而且热流密度很高。

其三，热管传热不受热源限制。

其四，热管可以做成各种尺寸和形状以用于各种用途。

由热管元件研制而成的 TERMO 热管式蒸汽发生器、热管式换热器、热管式冷凝器、热管式空气预热器、热管式煤气预热器、热管式 GGH 换热器等是我国目前配套在工业锅炉及窑炉烟气或液态废热的最佳余热回收设备。热管余热利用设备具有体积小，余热回收能力强，阻力小，不易堵塞、积灰，性能稳定，使用寿命长等特点。

1.6 余热回收应用领域

根据调查，各行业的余热总资源约占其燃料消耗总量的 17%-67%，可回收利用的余热资源约为余热总资源的 60%。

余热余压利用工程包括在钢铁、建材、化工等高耗能行业，改造和建设纯低温余热发电、压差发电、副产可燃气体和低热值气体回收利用等余热余压余能利用装置和设备。

余能是在一定经济技术条件下，在能源利用设备中没有被利用的能源，也就是多余、废

弃的能源。它包括高温废气余热、冷却介质余热、废汽废水余热、高温产品和炉渣余热、化学反应余热、可燃废气废液和废料余热以及高压流体余压等七种。

1.6.1 余热回收及余热发电应用领域

1、在化工及石油化工工业中的应用

（1）小合成氨上、下行煤气余热回收；

（2）中合成氨上、下行煤气余热回收；

（3）合成氨吹风气燃烧的余热回收；

（4）合成氨一段炉烟气余热回收；

（5）30 万吨/年合成氨二段转化炉余热回收。

2、在硫酸工业中的应用

（1）在硫酸生产沸腾焙烧炉沸腾层内的余热回收；

（2）从沸腾中出来的 SO_2 高温炉气中回收余热。

3、在盐酸、硝酸炉的应用基本同 2。

4、在石油化工中的应用

（1）烃类热解炉余热回收；

（2）乙苯脱氢反应器中的余热回收；

（3）环己醇脱氢化学反应器中的余热回收；

（4）催化、裂化再生取热器中的余热回收；

（5）其它各种加热炉中的余热回收。

5、在建材工业中的应用

（1）在高岭土喷雾干燥热风炉中的余热回收；

（2）玻璃窑炉中的余热回收；

（3）水泥窑炉中的余热回收；

（4）各种陶瓷倒燃炉及隧道窑中的余热回收。

6、 在冶金工业中的应用

（1）轧钢连续加热和均热炉中的余热回收；

（2）坯件加热炉中的余热回收；

（3）线材退火炉中的余热回收；



（4）烧结机余热回收。

7、 在民用锅炉生产行业中的应用

（1） 企业、民用和商业供暖锅炉烟气余热回收；

（2） 生产企业锅炉烟气余热回收；

（3） 企业“三废”回收利用等。

1.6.2 余热回收利用途径

一般说来，综合利用余热最好；其次是直接利用；第三是间接利用（产生蒸汽用来发电）。

（1）余热蒸汽的合理利用顺序是：

① 动力供热联合使用；

② 发电供热联合使用；

③ 生产工艺使用；

④ 生活使用；

⑤ 冷凝发电用。

（2）余热热水的合理利用顺序是：

①供生产工艺常年使用；

②返回锅炉及发电使用；

③生活用。

（3）余热空气的合理利用顺序是：

①生产用；

②暖通空调用；

③动力用；

④发电用。

1.7 关于压力容器的定义

1.7.1 定义

同时具备下列条件的容器设备才属于压力容器：

1）工作压力大于或者等于 0.1MPa。（注 1）

2）容积大于或者等于 0.025m^3 并且内直径（非圆形截面指截面内边界最大几何尺寸）大于或者等于 150mm。（注 2）

3）盛装介质为气体、液化气体以及介质最高工作温度高于或者等于其标准沸点的液体。（注 3）

注 1：工作压力是指在正常工作情况下，压力容器顶部可能达到的最高压力（表压力）。

注 2：容积是指压力容器的几何容积，即由设计图样标注的尺寸计算（不考虑制作公差）并且圆整。一般需要扣除永久连接在压力容器内部的内件的体积。

注 3：容器内介质为最高工作温度低于其标准沸点的液体时，如果气相空间的容积大于或者等于 0.025m^3 时，也属于本规程的使用范围。

1.7.2 监检类别

根据监检项目的重要程度不同，通常将监检项目分为 A、B、C 三类。

A 类：关键项目，要当场进行并签字（未经监督检验或监督检验不合格，则产品不能进行下一制造过程，有时也称之为停滞监检项目）。

B 类：重点项目，一般要当场进行，也可以事后对受检单位的自检结果进行验证确认。

C 类：属于一般项目，不需要当场进行，事后审查受检单位自检报告和记录，确认签字（必须是在产品出厂之前完成）。

通常换热器设备使用的工况是水-水换热，或蒸汽-水换热，而蒸汽情况下的换热管内直径达不到对压力容器定义要求的内直径大于等于 150mm。因此，热管式换热器、热管式冷凝器、浮动盘管型（半）容积式换热器、管壳式换热器及翅片管换热器等无论热媒种类是高温热水还是饱和蒸汽，均不属于压力容器，无需通过第三方质监局监检备案。

第二篇　TERMO 热管式换热器（液/气及气/液换热）

2.1 工作原理及结构组成

热管式换热器使用的传热元件为重力热管，工作原理是将无缝钢管的两端密闭，将管内制成高度真空并充装传热介质（简称工质），将热管的一端（下部）插入烟气或其它废热气体中，此段称为吸热段；将另一端（上部）插入锅体或套管水中，此段称为放热段。

为了加强烟气或其它废热气体侧的传热效率，吸热段热管都焊有螺旋翅片，以增大烟气或其它废热气体侧的换热面积和管壁温度。



由于热管内高度真空，所以工质受热极易汽化，当热管下部吸热段受高温热气冲刷吸收热量而传导给管内的工质后，工质受热汽化携带热焓冲向散热段，释放汽化潜热，传导给容器内的水使之加热，产出热水/蒸汽，而热管内的工质在释放完潜热后恢复成液态，靠重力又回流到吸热段，就这样循环往复连续不断的把热量由吸热段传至放热段。由于热管内呈真空状态，而且靠工质的相变而传热，因此，管内传热热阻很小，热管式换热器就能在较小的温差下，获得很高的传热效率。

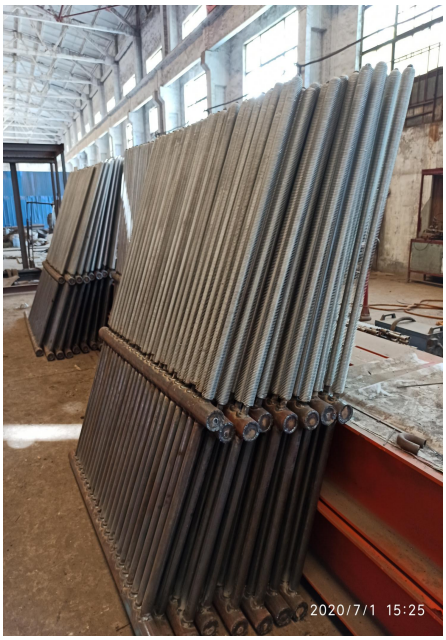
热管式换热器主要由热管、冷侧箱体（放热侧）、热侧箱体（吸热侧）三部份组成。

由于需要考虑燃油/煤/煤气锅炉或其它烟气中的 SO_2 对热管的低温腐蚀，热管下部吸热段翅片管需要特殊设计，以增大换热面积和换热效果。对于含尘量较大的烟气或其它废热气体，一方面可以采用较大螺距翅片或开齿螺旋翅片，以防止灰尘在热管翅片上的积累；另一方面可以采用声波吹灰器，彻底清除热管表面的集灰结焦，保持热管的换热效率；也可以采用高压水或压缩空气在线/离线清洗方式。

热管放热段可以直接插入锅体或套管水中，既可以减少换热的中间环节，又可以降低设备的总体高度，安装位置灵活，从而减少了投资总量。本产品使用寿命长，无需维护，安全可靠，安装简便等优点。

2.2 技术特点

1）换热效率高：热管是靠工质相变时吸收和释放汽化潜热，以及工质流动来传导热量的，导热率很高，其导热能力是同等银导热量的 2000 倍，紫铜的 6000 倍。因此，传热强度高，单位体积的传热面积大、体积小、结构紧凑、效率高。



2）等温性能好：热管内腔处于饱和状态的蒸汽由蒸发段流向冷凝段的压力差很小，因而整根热管的温差很小。

3）流动阻力小：由于热管式换热器设计结构紧凑、换热方式灵活，而且体积小、重量轻、占地少，烟气阻损小，因此非常适合各型燃气/油/煤/生物质锅炉或炉窑烟气余热回收使用。其烟气阻力较低，适用于不带引风机，在排烟管道上安装热管式换热器，完全不会影响原锅炉或炉窑的正常运行；同时，也适用于带引风机的燃油/气/煤/生物质锅炉或炉窑，阻力小，耗电省，冷凝效率高，可以最大限度吸收烟气的显热和潜热。

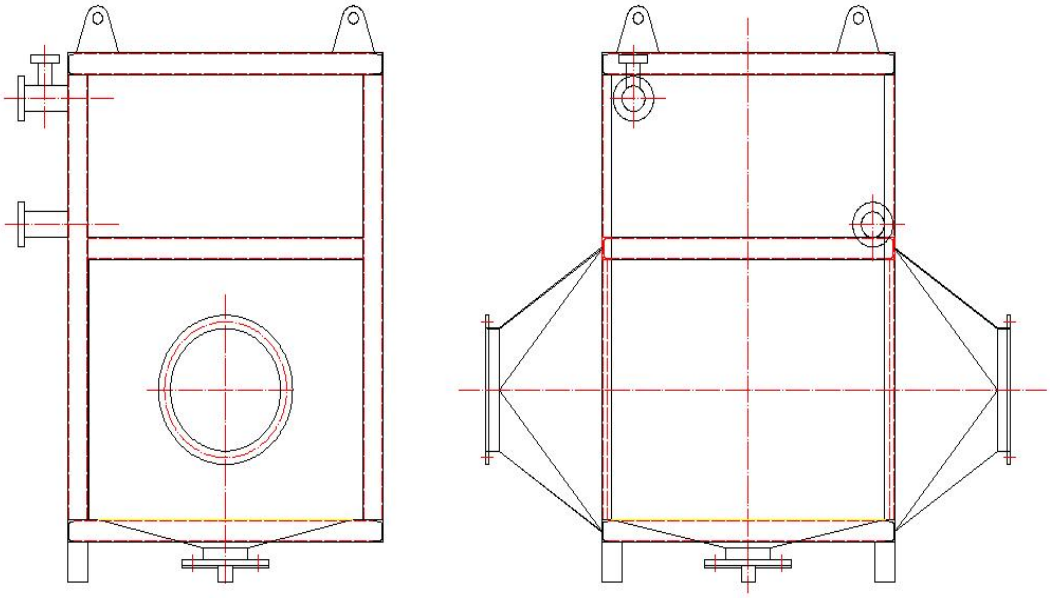
4）节能率高：实现烟气显热释放和潜热释放，保证锅炉或炉窑系统节能率超过 3%以上。

5）工作安全可靠：由于热管工作不需要动力，无运动部件，不产生噪音，冷热流体均在管外流动，且通过隔板或套管完全分开，单根热管独立工作，互不影响，即使单根热管失效，也决不会发生冷热流体的掺杂，危害锅炉的运行安全。所以热管式换热器用于易然、易爆、腐蚀、多尘等流体的换热场合具有很高的安全可靠性，使用寿命很长，这也是热管能用于宇宙空间的主要原因。

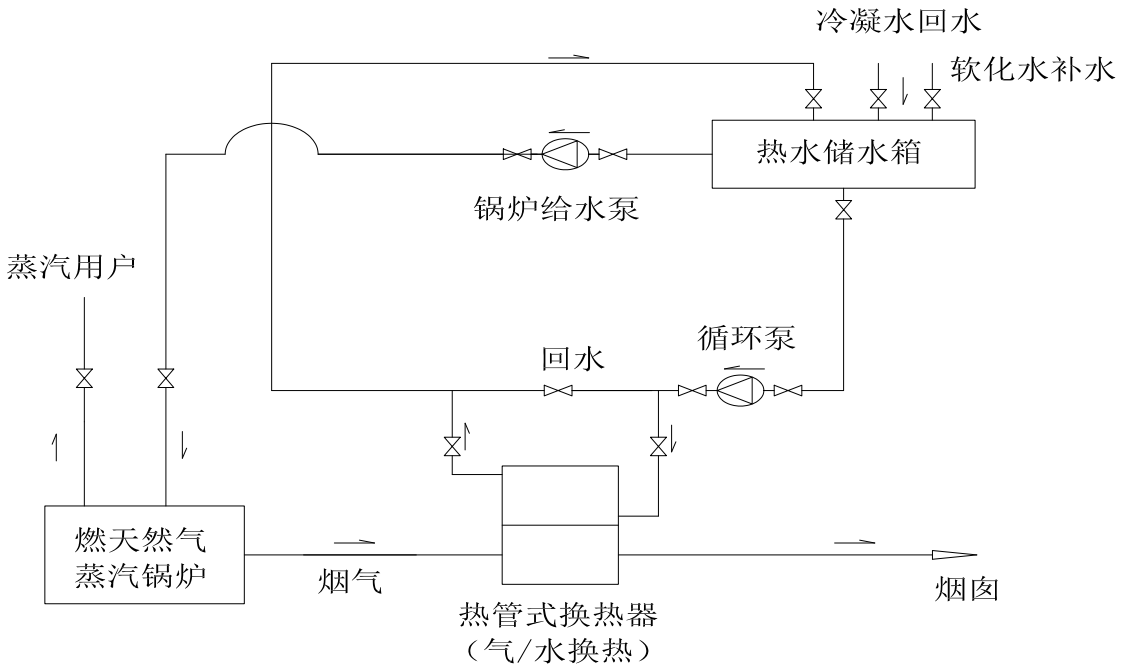
6）拥有新型的套管型/水箱型换热结构专有技术，可以保证热侧换热效率；以及独特的烟气或其它废热气体侧翅片，使烟气或其它废热气体产生强烈扰动，可以有效的防止灰垢的存积和提高换热效率。

7）热管式换热器代替原壳管式省煤器是技术可行、经济实惠的方案，是锅炉或炉窑烟气余热回收技术和省煤器设备行业的革命性替代产品，非常适合燃气/燃油/燃煤锅炉或炉窑回收高温烟气余热资源。

2.3 外型示意图

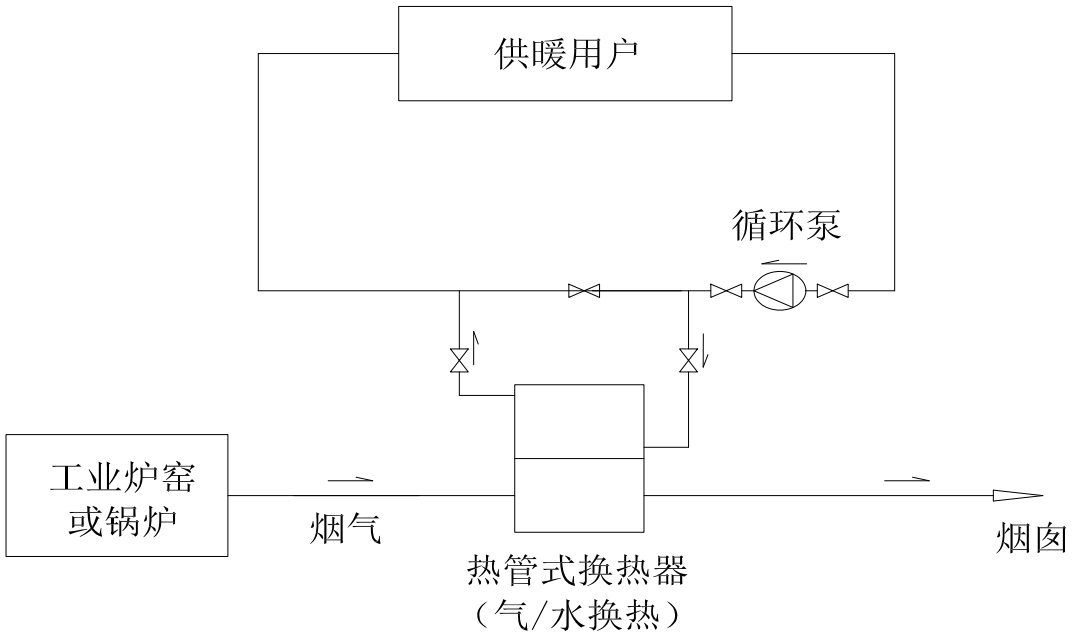


2.4 系统流程图示例

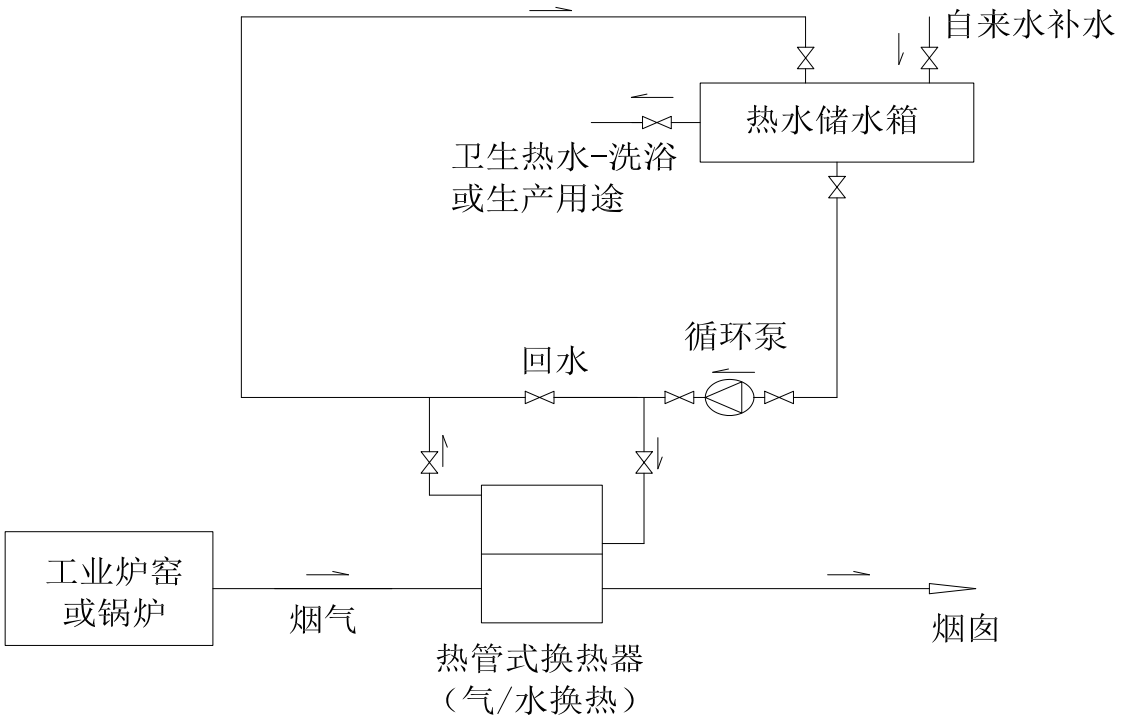


热管式换热器余热利用--蒸汽锅炉给水

北京泰莫环保设备有限公司 热线电话及微信：13264160046 E-mail：chinatermo@sohu.com



热管式换热器余热利用--供暖



热管式换热器余热利用--卫生热水

2.5 应用示例

2.5.1 项目一概述及设计条件参数

1、某陶瓷炉窑余热利用项目是利用燃天然气陶瓷炉窑出来的 240℃烟气余热，通过余热回收装置--热管式换热器将供暖回水进行加热，由 40℃加热到 80℃左右，加热后的热水用于车间供暖，便于陶瓷坯件烘干，烟气温度降到 80℃后进入毛坯车间地下室供热，最后通过烟囱排放。供暖低温回水经过热管式换热器加热后，热水用于供暖可以减少天然气的消耗量，达到环保节能的目的。



2、供暖水系统流程：供暖回水（40℃）---热管式换热器（水侧）---80℃热水---用于供暖。

3、烟气系统流程：天然气进入陶瓷炉窑燃烧---240℃烟气---热管式换热器（烟侧）--- 80℃烟气----毛坯车间地下室---烟囱---大气排放。

4、TERMO 热管式换热器设计条件参数：

① 余热类型：天然气炉窑烟气

② 热介质（烟气）计算入口温度：240℃

③ 热介质（烟气）计算出口温度：80℃

④ 热介质（烟气）计算流量：16000Nm^3/h

⑤ 冷介质（水）侧进口计算温度：40℃

⑥ 冷介质（水）侧出口计算温度：80℃

⑦ 冷介质（水）计算流量：19.4t/h

2.5.2 项目一主要技术参数及经济效益分析

序号	项　　目	单　位	参　　数
1	热管式换热器型号	-	TRG-160/240/80/0.6/40/80-H/S/Y/T
2	余热类别	-	换热器（H）：水（S）/烟气（Y），燃料：天然气（T）/煤（M）
3	燃料种类		天然气
4	烟气侧工作压力	Pa	烟气侧风机压力
5	标准工况烟气总量	Nm^3/h	16000.0
6	烟气进口温度	℃	240.0
7	烟气出口温度	℃	80.0
8	水侧设计工作压力（绝对压力）	MPa	0.6
9	热水流量	t/h	19.4
10	进水温度	℃	40.0
11	出水温度	℃	80.0
12	回收热量	kw	902.1
13	外形参考尺寸 Ls	mm	2952
14	外形参考尺寸 Ws	mm	1720
15	外形参考尺寸 Hs	mm	2600
16	烟气侧进/出口法兰距离 L_1	mm	3152

17	烟气侧进/出口尺寸（宽度）	mm	1468
18	烟气侧进/出口尺寸（高度）	mm	1473
19	进/出水口径 DN_1/DN_2	mm	1*DN65/1*DN65
20	安全阀口径 DN_3	mm	DN40
21	烟气侧排灰口 DN_4	mm	DN200
22	烟气侧清洗口/吹灰器接口 DN_5	mm	4*DN200
23	烟气侧管道尺寸Φ（应根据现场实际尺寸调整）	mm	800
24	水侧压降	kPa	58.6
25	烟气侧压降	Pa	542.9
26	年运行时间	天/年	300
27	年回收总热量（节能量）	GJ/年	23381.9
28	年节能量折算为标煤	吨/年	798.0
29	年减少 CO_2 排放量	吨/年	1986.9
30	标煤价格(折算)	元/吨	851.7
31	年节约燃料费用(按照标煤价格计算）	万元/年	67.96
32	阻力增加电耗费用	万元/年	1.51
33	年节能费用	万元/年	66.45
34	设备投资回收期	月	<12

35	热管材质	-	20#钢无缝钢管
36	翅片材质	-	08AL
37	内侧壳体及保温材质	-	304 不锈钢/硅酸盐保温棉
38	设备参考质量	t	8.0
39	数量	台	1
40	单价	万元	23.61
41	运费（不包括保险、卸货、就位等费用）	万元	0.53
42	**热管式换热器设备总投资**	万元	24.14

2.5.3 项目二概述及设计条件参数

1、某陶瓷炉窑余热利用项目是利用燃天然气陶瓷炉窑出来的 120℃废热空气余热，通过余热回收装置--热管式换热器将供暖回水进行加热，由 40℃加热到 80℃左右，加热后的热水用于车间供暖，便于陶瓷坯件烘干，废热空气温度降到 80℃后进入车间供暖。供暖低温回水经过热管式换热器加热后，热水用于供暖可以减少天然气的消耗量，达到环保节能的目的。

2、供暖水系统流程：供暖回水（40℃）---热管式换热器（水侧）---80℃热水---用于供暖。

3、废热空气系统流程：陶瓷炉窑---120℃废热空气---热管式换热器（废热空气侧）--- 80℃废热空气----车间供暖。

4、TERMO 热管式换热器设计条件参数：

① 余热类型：天然气炉窑废热空气

② 热介质（废热空气）计算入口温度：120℃

③ 热介质（废热空气）计算出口温度：80℃

④ 热介质（废热空气）计算流量：21000Nm^3/h

⑤ 冷介质（水）侧进口计算温度：40℃

⑥ 冷介质（水）侧出口计算温度：80℃

⑦ 冷介质（水）计算流量：5.9t/h

2.5.4 项目二主要技术参数及经济效益分析

序号	项　　目	单　位	参　　数
1	热管式换热器型号	-	TRG-210/120/80/0.6/40/80-H/S/K
2	余热类别	-	换热器（H）：水（S）/废热空气（K）
3	空气侧工作压力	Pa	空气侧风机压力
4	标准工况空气总量	Nm^3/h	21000.0
5	空气进口温度	℃	120.0
6	空气出口温度	℃	80.0
7	水侧设计工作压力	MPa	0.6
8	热水流量	t/h	5.9
9	进水温度	℃	40.0
10	出水温度	℃	80.0
11	回收热量	kw	274.7
12	工厂办公区域供暖热指标(可以根据实际工况选择)	w/m^2	230.0
13	工厂办公区域供暖热效率	-	80.0%
14	工厂办公区域参考供暖面积	m^2	1000.0
15	外形参考尺寸 Ls	mm	2378
16	外形参考尺寸 Ws	mm	2100

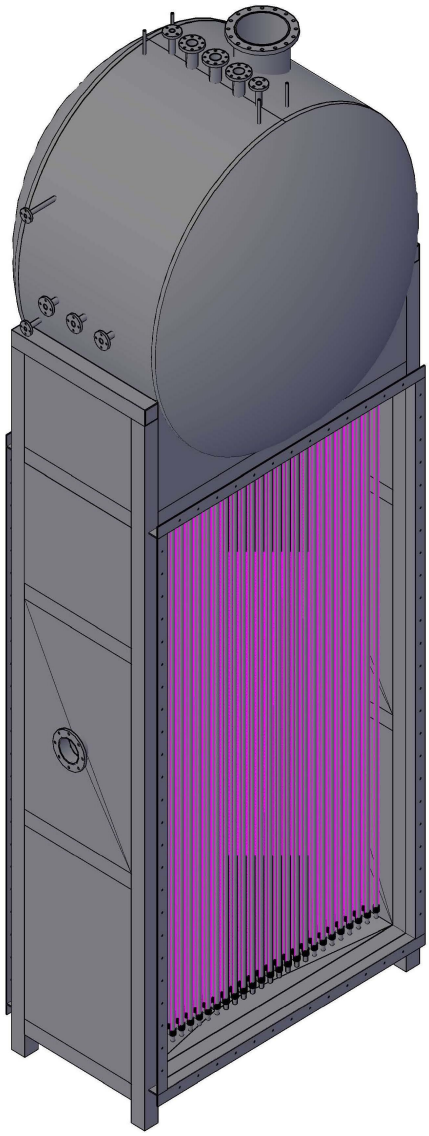
17	外形参考尺寸 Hs	mm	2600
18	空气侧进/出口法兰距离 L_1	mm	2578
19	进/出水口径 DN_1/DN_2	mm	DN65/DN65
20	安全阀口径 DN_3	mm	DN40
21	空气侧排污口 DN_4	mm	DN50
22	空气侧排灰口 DN_5	mm	DN200
23	空气侧进/出口尺寸Φ	mm	#REF!
24	水侧压降	kPa	#REF!
25	空气侧压降	Pa	361.9
26	年运行时间	天/年	300
27	年回收总热量	GJ/年	7121.1
28	年节能量折算为标煤	吨/年	243.0
29	年减少 CO_2 排放量	吨/年	605.1
30	年节约燃料费用(按照标煤价格计算）	万元/年	20.70
31	阻力增加电耗费用	万元/年	1.17
32	年节能费用	万元/年	19.53
33	设备投资回收期	月	15.5
34	热管材质	-	20#钢无缝钢管

35	翅片材质	-	08AL
36	进出水主管及套管材质	-	Q235B
37	废热侧内侧壳体材质	-	Q235B
38	外侧壳体及保温材质	-	304 不锈钢/硅酸盐保温棉
39	数量	台	1
40	单价	万元/台	24.50
41	运费（不包括保险、卸货、就位等费用）	万元/台	0.70
42	**热管式换热器设备总投资**	万元	25.20

第三篇　TERMO 热管式蒸汽发生器（液/气换热）

3.1 工作原理及结构组成

热管式蒸汽发生器使用的传热元件为重力热管，工作原理是将无缝钢管的两端密闭，将管内制成高度真空并充装传热介质（简称工质），将热管的一端（下部）插入烟气或其它废热气体中，此段称为吸热段；将另一端（上部）插入锅体或套管水中，此段称为放热段。



为了加强烟气或其它废热气体侧的传热效率，吸热段热管都焊有螺旋翅片，以增大烟气或其它废热气体侧的换热面积和管壁温度。

由于热管内高度真空，所以工质受热极易汽化，当热管下部吸热段受高温热气冲刷吸收热量而传导给管内的工质后，工质受热汽化携带热焓冲向散热段，释放汽化潜热，传导给容器内的水使之加热，产出蒸汽，而热管内的工质在释放完潜热后恢复成液态，靠重力又回流到吸热段，就这样循环往复连续不断的把热量由吸热段传至放热段。由于热管内呈真空状态，而且靠工质的相变而传热，因此，管内传热热阻很小，热管式蒸汽发生器就能在较小的温差下，获得很高的传热效率。

热管式蒸汽发生器主要由热管、废热侧箱体、水（蒸汽）侧箱体三部份组成。为了加强废热侧的传热效率，废热侧热管都焊有特制的螺旋翅片，以增大废热侧的换热面积和管壁温度。热管式蒸汽发生器水侧采用圆筒+封头结构或套管结构，承压高，传热系数高，使用光管即可。

由于需要考虑燃油/煤/煤气锅炉或其它烟气中的 SO_2 对热管的低温腐蚀，热管下部吸热段翅片管需要特殊设计，以增大换热面积和换热效果。对于含尘量较大的烟气或其它废热气体，一方面可以采用较大螺距翅片或开齿螺旋翅片，以防止灰尘在热管翅片上的积累；另一方面

可以采用声波吹灰器，彻底清除热管表面的集灰结焦，保持热管的换热效率。

热管放热段可以直接插入锅体或套管水中，既可以减少换热的中间环节，又可以降低设备的总体高度，安装位置灵活，从而减少了投资总量。本产品使用寿命长，无需维护，安全可靠，安装简便等优点。

套管型热管式蒸汽发生器由于特殊的结构形式，不属于压力容器范畴。

3.2 技术特点

1）换热效率高：热管是靠工质相变时吸收和释放汽化潜热，以及工质流动来传导热量的，导热率很高，其导热能力是同等银导热量的 2000 倍，紫铜的 6000 倍。因此，传热强度高，单位体积的传热面积大、体积小、结构紧凑、效率高。

2）等温性能好：热管内腔处于饱和状态的蒸汽由蒸发段流向冷凝段的压力差很小，因而整根热管的温差很小。

3）流动阻力小：由于热管式蒸汽发生器设计结构紧凑、换热方式灵活，而且体积小、重量轻、占地少，烟气阻损小，因此非常适合各型燃气/油/煤/生物质锅炉或炉窑烟气余热回收使用。其烟气阻力较低，适用于不带引风机，在排烟管道上安装热管式蒸汽发生器，完全不会影响原锅炉或炉窑的正常运行；同时，也适用于带引风机的燃油/气/煤/生物质锅炉或炉窑，阻力小，耗电省，冷凝效率高，可以最大限度吸收烟气的显热和潜热。

4）节能率高：实现烟气显热释放和潜热释放，保证锅炉或炉窑系统节能率超过 3%以上。

5）工作安全可靠：由于热管工作不需要动力，无运动部件，不产生噪音，冷热流体均在管外流动，且通过隔板或套管完全分开，单根热管独立工作，互不影响，即使单根热管失效，也决不会发生冷热流体的掺杂，危害锅炉的运行安全。所以热管式蒸汽发生器用于易然、易爆、腐蚀、多尘等流体的换热场合具有很高的安全可靠性，使用寿命很长，这也是热管能用于宇宙空间的主要原因。

6）拥有新型的套管型/水箱型换热结构专有技术，可以保证热侧换热效率；以及独特的烟气或其它废热气体侧翅片，使烟气或其它废热气体产生强烈扰动，可以有效的防止灰垢的存积和提高换热效率。

7）热管式蒸汽发生器代替原壳管式省煤器是技术可行、经济实惠的方案，是锅炉或炉窑烟气余热回收技术和省煤器设备行业的革命性替代产品，非常适合燃气/燃油/燃煤锅炉或炉窑回收高温烟气余热资源。

3.3 项目概述及设计条件参数（示例）

1、某化工企业 1 条规模为 25 万吨/年燃煤磷石膏煅烧窑炉生产线烟气（烟气量 10 万 Nm^3/h，温度 300℃）余热，通过 1 级余热回收装置—TERMO 热管式蒸汽发生器（1#~2#）将磷石膏煅烧炉窑 300℃烟气余热利用，烟气温度降到 220℃，产生的 0.5MPa 饱和蒸汽（152℃）用于生产需要。降温后的烟气进入喷淋塔降温到 60℃后进入原设计后续生产工艺。石膏煅烧窑炉烟气余热充分利用后，可以减少产生蒸汽需要的燃料消耗量，达到环保节能的目的。详见系统流程示意图。

2、TERMO 热管式蒸汽发生器（1#~2#）设计条件参数：

① 炉窑类型：磷石膏煅烧炉窑

② 热源种类：煤烟气

③ 换热类别：水/烟气换热

④ 数量：2 台

⑤ 热介质（烟气）计算进口流量：5 万 Nm^3/h

⑥ 热介质（烟气）计算入口温度：300℃

⑦ 热介质（烟气）计算出口温度：220℃

⑧ 冷介质（饱和水）侧进口计算温度：152℃（利用换热器换热后蒸汽冷凝水）

⑨ 冷介质（水/蒸汽）侧出口计算温度：152℃（饱和蒸汽）

⑩ 蒸汽压力：0.5MPa

⑪ 蒸汽产量：1.7t/h

⑫ 热管基管及烟侧翅片材质：ND 钢

3.4 项目主要技术参数及经济效益分析

序号	项　　目	单　位	参　　数
1	热管式蒸汽发生器型号	-	TRG1.7-500/300/220/0.5-Z/S/Y/M
2	余热类别	-	蒸汽发生器（Z）：水（S）/烟气（Y）， 燃料：煤（M）/天然气（T）

3	烟气侧工作压力	Pa	烟气侧风机压力
4	标准工况烟气总量	Nm^3/h	50000.0
5	烟气进口温度	℃	300.0
6	烟气出口温度	℃	220.0
7	水侧设计工作压力（绝对压力）	MPa	0.5
8	热水流量	t/h	1.70
9	进水温度	℃	152.0
10	饱和蒸汽温度	℃	152.0
11	回收热量	kw	1444.0
12	蒸汽量（计算值）	kg/h	1701.9
13	蒸汽（水）侧罐体外径ϕ	m	1.900
14	外形尺寸-烟气侧长度	m	2.002
15	外形尺寸-烟气侧包括变径接头法兰长度	m	2.202
16	外形尺寸-罐体包括封头长度	m	2.982
17	外形尺寸-宽度	m	2.180
18	外形尺寸-高度	m	5.640
19	给水口径 DN_1	mm	DN40
20	蒸汽出口 DN_2	mm	DN80

21	安全阀口径 DN_3	mm	2*DN80
22	水侧排污口/连续排污口 DN_4	mm	2*DN40
23	备用口 1/2 及放空口	mm	3*DN40
24	烟气侧排灰口 DN_5	mm	DN200
25	烟气侧声波吹灰器接口 DN6	mm	2*DN200
26	远程（现场）磁翻板液位计口	mm	2*DN25
27	水侧人孔	mm	DN400
28	烟气侧人孔	mm	DN400
29	远程/现场压力表口（内螺纹）	mm	2*DN15
30	远程/现场温度计口（内螺纹）	mm	2*DN15
31	烟气侧进/出口法兰宽度	mm	2100
32	烟气侧进/出口法兰高度	mm	3660
33	水侧压降	kPa	-
34	烟气侧压降	Pa	369.6
35	年运行时间	天/年	300
36	年回收总热量	GJ/年	37429.5
37	年节能量折算为标煤	吨/年	1277.4
38	年减少 CO_2 排放量	吨/年	3180.6

39	标煤参考价格（根据神木动力煤最近价格折算）	元/吨	851.7
40	年节约燃料费用(按照标煤参考价格计算）	万元/年	108.79
41	阻力增加电耗费用	万元/年	2.83
42	年节能费用	万元/年	105.96
43	设备投资回收期	月	<12
44	单台设备参考质量	吨	18.2
45	热管材质	-	ND 钢无缝钢管
46	翅片材质	-	ND 钢
47	锅筒/封头材质	-	Q345R
48	废热侧内侧壳体材质	-	Q235B
49	外侧壳体及保温材质	-	304 不锈钢/硅酸盐保温棉
50	数量	台	2
51	单价(包含控制及吹灰系统)	万元/台	69.60
52	运费（不包括保险、卸货、就位等费用）	万元/台	1.10
53	**热管式蒸汽发生器设备总投资**	万元	141.40

第四篇　TERMO 热管式空气/煤气预热器（气/气换热）

4.1 简介

热管式空气/煤气预热器是利用锅炉出口烟气或其它废热所带热能，通过热管的超导传热，用来预热空气/煤气，预热空气用于锅炉助燃或其他原料烘干用途，预热煤气可以提高炉窑燃料燃烧效率。

4.1.1 结构形式

热管式空气/煤气预热器采用重置放置形式，高温烟气/空气和低温空气/煤气/烟气反向水平流动形成气-气换热，最大限度提高烟气换热效率，由上/下箱体、热管束、中间隔板组成。箱体分为两侧：一侧流体为高温烟气/空气，一侧流体为低温空气/煤气。热管空气/煤气预热器充分利用热管传热速度快、传热效率高的特点，有效克服了气体间换热时换热系数不高的问题。热管两端的外壁传热面积利用翅片可作适度扩展，不仅强化了管外传热，也有效地减少了换热器的体积和重量，节约了金属耗材，性价比高。同时，通过调整热管加热侧和放热侧的热流密度，改变加热侧和放热侧的传热面积，可有效避免流体对换热管的酸露点腐蚀，提高设备使用寿命。

4.1.2 经济效益

热管式空气/煤气预热器应用于锅炉或炉窑，可将锅炉/炉窑低温空气或煤气温度提高，预热空气/煤气温度的提高有利于炉膛内燃料的充分燃烧，炉膛温度大幅度提高，燃料使用量相应减少，锅炉或炉窑热效率提高 7%以上，节能经济效益相当显著。

4.1.3 性能

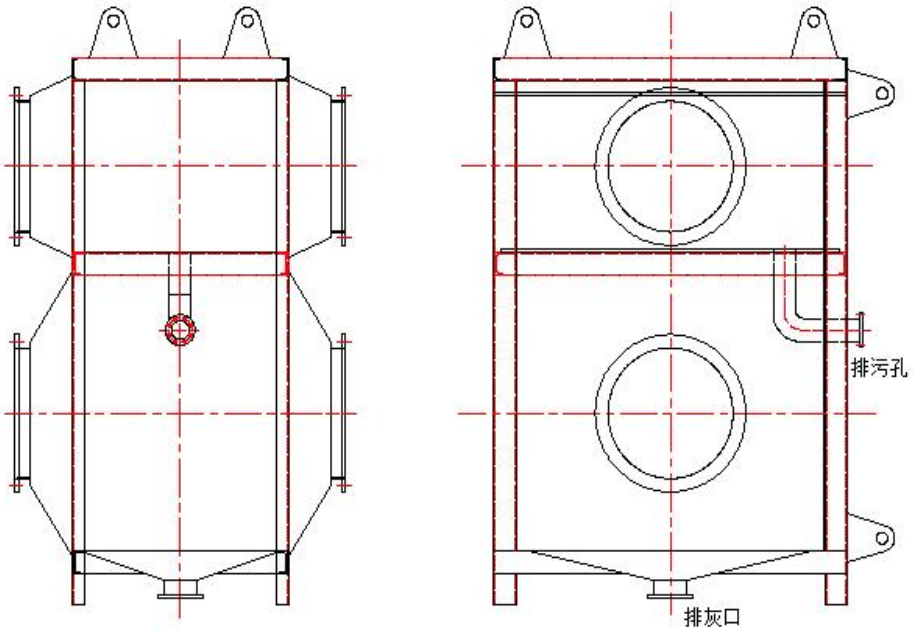
1、安装方便：预热器的安装不需要对原锅炉或工业窑炉进行任何改动。
2、安装可靠：可以通过预热器的中隔板使冷热流体完全分开，在运行过程中即使单根热管损坏也不影响整个设备的运行及整体换热效果。用在易燃、易爆、腐蚀性强的流体换热场合具有更高的可靠性。

3、体积小、占地少：设备结构紧凑，传热效率高，热管的冷、热侧均可根据需要采用缠绕翅片来增加传热面积。

4、抗腐蚀、积灰少：在设计时单根热管蒸发段的翅片螺距已作调整，以调节热管的传输功率，从而控制热管壁温，防止酸露点腐蚀，积灰少。

5、使用寿命长：设计寿命较长，维护简单成本低。

4.2 外型示意图



4.3 热管式空气预热器应用示例

4.3.1 项目概述及设计条件参数

1、某陶瓷炉窑烟气余热利用项目是利用燃煤制气陶瓷炉窑生产过程中产生的 150℃左右的废热烟气余热，烟气流量 35000Nm³/h，通过 TERMO 热管式空气预热器将清洁干净的空气进行加热，设计由 30℃加热到 103℃左右，热空气产量 13000Nm³/h 左右（通过变频风机控制空气量，以实现控制空气出口温度），加热后的热空气可以用于生产用途(烘干原料等)，废热烟气温度可以降到 120℃左右脱硫除尘后通过烟囱排放。低温空气经过热管式空气预热器

加热后，用于生产用途可以减少天然气或煤、电的消耗量，达到环保节能的目的。

2、冷空气系统流程：按照夏季空气温度计算，低温空气（30℃）---风机---热管式空气预热器（空气侧）---103℃热空气----进入热空气系统，用于生产用途(烘干原料等)。

3、废热烟气系统流程：废热烟气（150℃）净化处理后---热管式空气预热器（废热烟气侧）---120℃废热烟气----脱硫除尘系统---进入烟囱排放。

4、TERMO 热管式空气预热器设计条件参数：

① 余热类型/燃料：煤制气燃料烟气

② 热介质（废热烟气）计算入口温度：150℃

③ 热介质（废热烟气）计算出口温度：120℃

④ 冷介质（空气）侧进口计算温度：30℃

⑤ 冷介质（空气）侧出口计算温度：103℃

⑥ 热介质及冷介质计算进口流量及其它参数：详见技术参数及经济效益分析表格

4.3.2 项目主要技术参数及经济效益分析

序号	项　　目	单 位	参　　数
1	热管式空气预热器型号	-	TRG-350/150/120/30/103-Y/K/Y/M
2	余热类别	-	空预器（Y）：空气（K）/烟气（Y），燃料：天然气（T）/煤或煤制气（M）/生物质和热解气（SJ）
3	燃料种类		煤
4	烟气侧工作压力	Pa	烟气侧风机压力
5	标准工况烟气量	Nm^3/h	35000.0
6	烟气进口温度	℃	150.0
7	烟气出口温度	℃	120.0
8	空气侧工作压力	Pa	空气侧风机压力

9	空气量	Nm^3/h	13000.0
10	空气进口温度	℃	30.0
11	空气出口温度	℃	103
12	回收热量	kw	367.5
13	外形参考尺寸 Ls	mm	1676
14	外形参考尺寸 Ws	mm	2375
15	外形参考尺寸 Hs	mm	3408
16	空气侧进/出口法兰距离 L_1	mm	1876
17	空气/烟气侧进/出口尺寸（宽度）	mm	2123
18	空气侧进/出口尺寸（高度）	mm	706
19	烟气侧进/出口尺寸（高度）	mm	1948
20	空气侧排污口 DN_1	mm	DN50
21	空气侧清洗口 DN_2	mm	2*DN200
22	烟气侧排灰口 DN_3	mm	DN200
23	烟气侧清洗口及吹灰口 DN_4	mm	4*DN200
24	空气侧压降	Pa	291.5
25	烟侧压降	Pa	245.2
26	年运行时间	天/年	300

27	年回收总热量（节能量）	GJ/年	9526.2
28	年节能量折算为标煤	吨/年	325.1
29	年减少 CO_2 排放量	吨/年	809.5
30	标煤价格(折算)	元/吨	851.7
31	年节约燃料费用(按照折算标煤价格计算)	万元/年	27.69
32	阻力增加电耗费用	万元/年	1.89
33	年节能费用(按照折算标煤价格计算)	万元/年	25.80
34	设备投资回收期	月	<12
35	热管材质	-	ND 钢无缝钢管
36	翅片材质	-	空气侧：铝翅片；烟气侧：ND 钢翅片
37	内侧壳体及保温材质	-	ND 钢（防腐）/硅酸盐保温棉
38	设备参考质量	t	5.7
39	数量	台	1
40	单价	万元	20.70
41	运费（不包括保险、卸货、就位等费用）	万元	0.25
42	热管式空气预热器设备总投资	万元	20.95

4.4 热管式煤气预热器应用示例

4.4.1 项目概述及设计条件参数

1、本项目是利用高温空气余热，通过余热回收装置—TERMO 热管式煤气预热器将常温高炉煤气进行预热，加热到 223℃左右用于生产用途。常温煤气经过热管式煤气预热器预热可以减少炉窑燃料的消耗量，达到环保节能的目的。



2、高炉煤气系统流程：常温高炉煤气（按照 45℃考虑）---进入 TERMO 热管式煤气预热器（煤气侧）---223℃高炉煤气----用于生产用途。

3、高温空气系统流程：500℃高温空气---TERMO 热管式煤气预热器（高温空气侧）--- 180℃空气---引风机---烟囱排放或其它生产用途。

4、TERMO 热管式煤气预热器设计条件参数：

① 热源种类：高温空气

② 热介质（高温空气）计算入口温度：500℃

③ 热介质（高温空气）计算出口温度：180℃

④ 热介质(高温空气)计算进口流量:22500Nm^3/h

⑤ 冷介质（煤气）侧进口计算温度：45℃

⑥ 冷介质（煤气）侧出口计算温度：223℃

⑦ 冷介质（煤气）计算进口流量：高炉煤气 26000Nm^3/h

4.4.2 项目主要技术参数及经济效益分析

序号	项　　目	单　位	参　　数
1	热管式煤气预热器型号	-	TRG-225/500/180/45/230-Y/M/K
2	余热类别	-	空预器（Y）：煤气(M)/废热空气(K)

3	废热空气侧工作压力	Pa	废热空气侧风机压力
4	标准工况废热空气量	Nm^3/h	22500.0
5	废热空气进口温度	℃	500.0
6	废热空气出口温度	℃	180.0
7	冷煤气侧工作压力	Pa	冷煤气侧风机压力
8	冷煤气标准工况体积	Nm^3/h	26000.0
9	冷煤气入口温度（室温）	℃	45.0
10	冷煤气出口温度	℃	230.0
11	回收热量	kw	2570.9
12	外形参考尺寸 Ls	mm	3480
13	外形参考尺寸 Ws	mm	2470
14	外形参考尺寸 Hs	mm	2938
15	冷煤气侧/废热空气侧进出法兰距离 L_1	mm	3680
16	冷煤气侧进/出口尺寸ϕ_1	mm	800
17	废热空气进/出口尺寸ϕ_2	mm	800
18	冷煤气侧排污口 DN_1	mm	DN50
19	废热空气侧排污口 DN_2	mm	DN50
20	废热空气侧排灰口 DN_3	mm	DN200

21	废热空气侧吹灰口尺寸 DN_4	mm	2×DN200
22	冷煤气侧压降	Pa	602.2
23	废热空气侧压降	Pa	901.1
24	年运行时间	天/年	300
25	年回收总热量	GJ/年	66637.3
26	年节能量折算为标煤	吨/年	2274.1
27	年减少 CO_2 排放量	吨/年	5662.6
28	年节约燃料费用 (按照标煤价格计算）	万元/年	193.69
29	阻力增加耗电费用	万元/年	5.5
30	年节能费用	万元/年	188.19
31	设备投资回收期	月	<12
32	热管材质	-	20#钢无缝钢管
33	翅片材质	-	煤气侧：20#钢；热空气侧：20#钢
34	外壳及保温材质	-	Q235B/硅酸盐保温棉
35	数量	台	1
36	单价	万元/台	57.96
37	运费 （不包括保险、卸货、就位等费用）	万元/台	1.45
38	**热管式煤气预热器设备总投资**	万元	59.41

第五篇　TERMO 热管式冷凝器

5.1 工作原理及优势

燃天然气锅炉燃料中含有大量氢元素，燃烧产生大量水蒸汽。经计算，每 1Nm^3 天然气燃烧后可以产生 1.72kg 水蒸汽，汽化潜热大约为 3900KJ，占天然气的低位发热量的 10.8%左右。而在燃油锅炉中，燃料中含有大量氢元素，燃烧后也产生大量水蒸汽。每 1kg 轻柴油/重油燃烧后汽化潜热占其低位发热量的 7%左右。



在排烟温度高于 100 度时，水蒸汽不能释放汽化潜热；同时，高温烟气带走大量显热，形成较大的排烟损失。热管式冷凝器利用温度较低的水冷却烟气，实现烟气温度降低，烟气中的水蒸汽冷凝，同时实现烟气显热释放和潜热释放，而水吸热后被加热，实现热能回收，提高锅炉及炉窑的全热效率。

北京泰莫环保设备有限公司研发了专用于燃天然气/煤制气/煤锅炉或炉窑的烟气冷凝技术，作为一种创新技术，其主要创新是对饱和湿烟气进行相变凝聚，析出大量的烟气含水，降低烟气的含湿量，即可达到烟气潜热及显热余热利用，并减少或消除湿烟羽现象的目的。

热管式冷凝器主要由热管、冷水/冷空气侧箱体及烟气侧箱体等三部份组成。

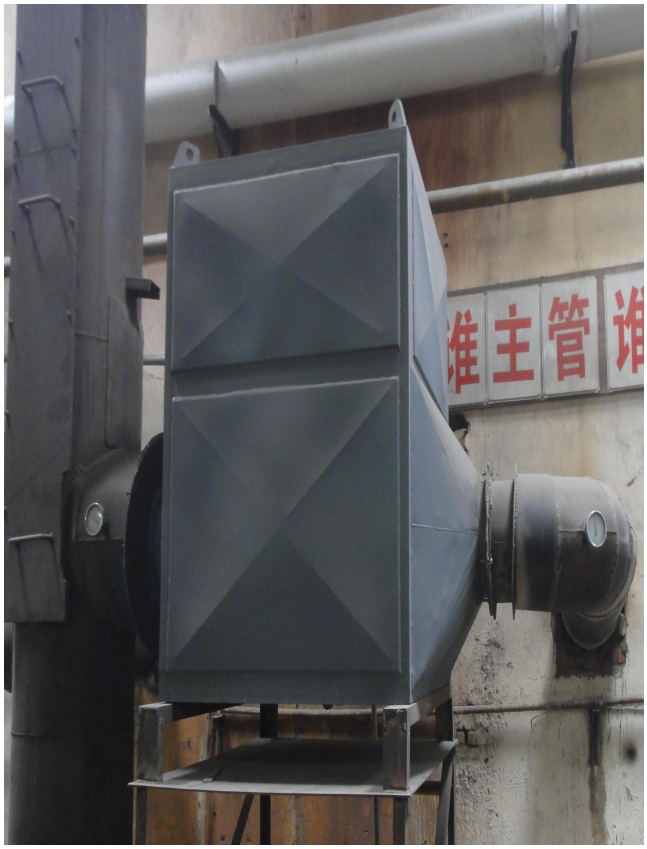
本产品用于天然气/煤制气/煤锅炉或炉窑烟气冷凝脱水，实现潜热利用，节能环保，同时除尘消白效果较好，可以减少工业企业停工损失和环保污染罚款；该热管式冷凝器主要元件采用碳钢或耐硫酸腐蚀的 ND 钢生产，设备烟侧内部做防腐处理。因此，该热管式冷凝器使用寿命长，维护简便，运行安全可靠，操作人员劳动强度低。

由于需要考虑燃煤/煤制气锅炉烟气中的 SO_2 对热管的低温腐蚀，热管下部吸热段翅片管需要特殊设计，以增大换热面积和换热效果。对于含尘量较大的烟气，一方面可以采用较大螺距翅片或开齿螺旋翅片，以防止灰尘在热管翅片上的积累；另一方面可以采用声波吹灰器，彻底清除热管表面的集灰结焦，保持热管的换热效率；也可以采用高压水在线/离线清洗方式。

5.2 应用示例

5.2.1 项目概述及设计条件参数

1、本项目是为了解决天然气/煤制气/煤锅炉或炉窑烟囱烟气潜热利用及烟囱排白烟问题，通过 TERMO 热管式冷凝器可以降低饱和湿烟气的温度和含水量，实现汽化潜热利用。以某项目 25t/h 天然气锅炉的排放烟气量为例，如果通过 TERMO 热管式冷凝器烟气温度由 120℃降低到 50℃，可以产生约 1.5 万吨/年的凝结水。凝结水可回收作为其他生产用途。由于烟气的水汽在凝结时需要以微尘为凝结核，这对于降低 PM2.5 的排放是非常有利的。



2、水系统流程：冷却水（10℃）---热管式冷凝器（水侧）---40℃热水---用于其他用途。

3、烟气系统流程及方案：

锅炉/炉窑---120℃烟气---TERMO 热管式冷凝器（烟气侧）--- 冷凝脱水后 50℃烟气---烟囱排放。

4、TERMO 热管式冷凝器设计条件参数：

① 设备类型：25t/h 燃天然气锅炉

② 热源种类：烟气

③ 热介质（烟气）计算入口温度：120℃

④ 热介质（烟气）计算出口温度：50℃

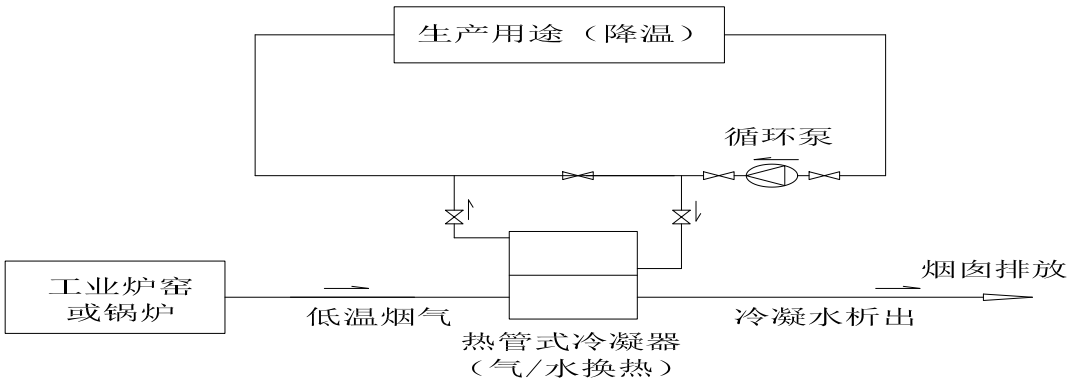
⑤ 热介质（烟气）计算进口流量：31400Nm^3/h

⑥ 冷介质（水）侧进口计算温度：10℃

⑦ 冷介质（水）侧出口计算温度：40℃

⑧ 冷介质（水）计算进口流量：22.7t/h

5.2.2 工艺流程示意图



5.2.3 主要技术参数及经济效益分析

序号	项　　目	单　位	参　　数
1	热管式冷凝器型号	-	TRG-314/120/50/0.6/10/40-N/S/Y/T(M)
2	余热类别	-	冷凝器（N）：水（S）/烟气（Y），燃料：天然气（T）/煤或煤制气（M）
3	燃料种类		天然气/蒸汽锅炉
4	燃料耗量（天然气）	Nm^3/h	3040.3
5	烟气侧工作压力	Pa	烟气侧风机压力
6	标准工况烟气总量	Nm^3/h	31400.0
7	烟气进口温度	℃	120.0
8	烟气出口温度	℃	50.0
9	水侧设计工作压力	MPa	0.6
10	进水温度	℃	10.0

11	出水温度	℃	40.0
12	热水流量	t/h	22.7
13	回收热量(未考虑汽化潜热)	kw	791.6
14	热管烟气侧换热面积	m^2	810
15	外形参考尺寸 Ls	mm	2332
16	外形参考尺寸 Ws	mm	2280
17	外形参考尺寸 Hs	mm	2850
18	烟气侧进/出口法兰距离 L_1	mm	2532
19	进/出水口径 DN_1/DN_2	mm	DN65/DN65
20	安全阀口径 DN_3	mm	DN40
21	烟气侧排污口 DN_4	mm	DN50
22	烟气侧排灰口 DN_5	mm	-
23	烟气侧进/出口尺寸Φ	mm	1300
24	水侧压降	kPa	241.9
25	烟气侧压降	Pa	297.7
26	年运行时间	天/年	360
27	烟气进口温度时含湿量	g/Nm^3	166.5
28	烟气出口温度时饱和含湿量	g/Nm^3	111.4

29	烟气温度降低饱和时脱水量	kg/h	1731.3
30	每年回收烟气冷凝水量（用于生产）	万吨/年	1.50
31	每年冷凝水回收节水费用(工业水价格按照 5 元/吨计算)	万元/年	7.50
32	烟气含水蒸汽全部潜热	kw	941.0
33	每年回收烟气冷凝水热量	GJ/年	8721.8
34	年回收总热量（ 包含冷凝水潜热）	GJ/年	33344.6
35	年节能量折算为标煤	吨/年	1139.6
36	年减少 CO_2 排放量	吨/年	2837.6
37	阻力增加电耗费用	万元/年	2.73
38	年节能费用	万元/年	101.83
39	设备投资回收期	月	<12
40	热管材质	-	20#钢无缝钢管
41	翅片材质	-	08AL
42	外壳及保温材质	-	304 不锈钢/硅酸盐保温棉
43	数量	台	1
44	单价	万元/台	34.66
45	运费（不包括保险、卸货、就位等费用）	万元/台	0.89
46	**热管式冷凝器设备总投资**	万元	35.55

第六篇　TERMO 热管式 GGH 换热器(气/气换热)

6.1 简介

由于传统回转式 GGH 漏风率在 3%左右，原烟气侧烟气漏入净烟气侧会造成烟气粉尘排放浓度超标，所以绝大多数电厂在实施超低排放改造的过程中取消了 GGH，直接将湿烟气排放至大气中，而湿烟气进入温度较低的环境空气中会凝结形成湿烟羽现象(俗称“大白烟”)，产生视觉污染。

常规消除烟羽的方式是将湿烟气进行升温，使烟气的相对湿度远离饱和湿度，主要代表技术有：

1、间接加热：回转式 GGH、管式 GGH、热管式 GGH、MGGH 等；

2、直接加热：热风混合加热、燃气直接加热、热空气混合加热等。

其中间接加热如回转式 GGH、管式 GGH 存在不同程度的漏风，有粉尘超标排放的风险，MGGH 存在设备巨大，难以布置的缺点；直接加热的热源通常不能利用烟气余热，存在能耗大，运行费用高的缺点。



6.2 工作原理及优势

针对这种情况，北京泰莫环保设备有限公司研发了专用于锅炉或炉窑湿法烟气脱硫除尘后的烟气冷凝技术，作为一种创新技术，其主要创新是对脱硫出口的饱和湿烟气进行相变凝聚，析出大量的烟气含水，降低烟气的含湿量，即可达到减少或消除湿烟羽现象的目的。

热管式 GGH 换热器主要由热管、冷烟气侧箱体、热烟气侧箱体等三部份组成。

本产品用于锅炉或炉窑烟气脱硫除尘后冷凝脱水除雾，节能环保，除尘消白效果较好，可以减少工业企业停工损失和环保污染罚款。

6.3 应用示例

6.3.1 项目概述及设计条件参数

1、本项目是为了解决锅炉或炉窑烟囱烟气排白汽问题，通过 TERMO 热管式 GGH 换热器可以将湿烟气进行升温，提高饱和湿烟气的温度，使烟气的相对湿度远离饱和湿度。以某项目炉窑 50000Nm³/h 的排放烟气量为例，如果通过 TERMO 热管式 GGH 换热器将脱硫后的低温烟气由 50℃升高到 87℃，可以基本消除湿烟羽现象。

2、烟气系统流程及方案：

炉窑烟气---140℃左右烟气---TERMO 热管式 GGH 换热器（烟气侧）--- 100℃烟气---脱硫塔湿法脱硫除尘--- 脱硫后 50℃冷烟气---TERMO 热管式 GGH 换热器（冷烟气侧）--- 87℃烟气---通过烟囱排放。

5、TERMO 热管式 GGH 换热器设计条件参数：

① 设备类型：炉窑

② 热源种类：烟气

③ 热介质（热烟气）计算入口温度：140℃

④ 热介质（热烟气）计算出口温度：100℃

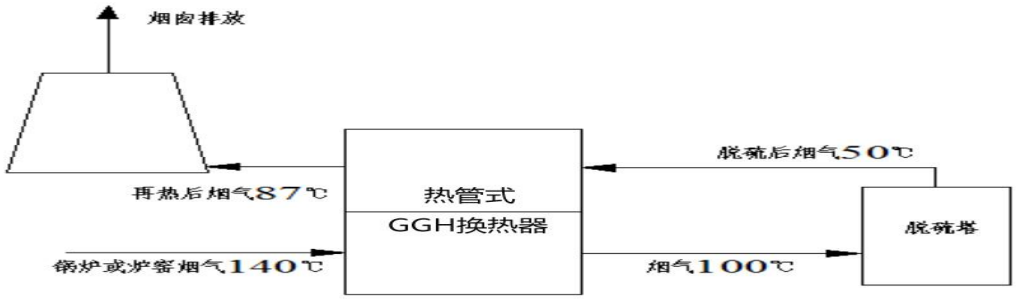
⑤ 热介质（热烟气）计算进口流量：50000Nm³/h

⑥ 冷介质（冷烟气）侧进口计算温度：50℃

⑦ 冷介质（冷烟气）侧出口计算温度：87℃

⑧ 冷介质（冷烟气）计算进口流量：50000Nm³/h

6.3.2 工艺流程示意图



6.3.3 主要技术参数及经济效益分析

序号	项　　目	单　位	参　　数
1	热管式 GGH 换热器型号	-	TRG-500/140/100/50/87-GGH/Y/M
2	余热类别	-	换热器(GGH)：烟气（Y），燃料：煤/煤制气（M）
3	换热类型	-	气-气换热(GGH)
4	燃料种类		煤
5	烟气侧工作压力	Pa	烟气侧风机压力
6	烟气流量	Nm^3/h	50000.0
7	烟气进口温度	℃	140.0
8	烟气出口温度	℃	100.0
9	冷烟气侧工作压力	Pa	冷烟气侧风机压力
10	冷烟气量	Nm^3/h	50000.0
11	冷烟气进口温度	℃	50.0
12	冷烟气出口温度	℃	87.0
13	冷烟气实际获得热量	kw	697.2
14	外形参考尺寸 Ls	mm	2084
15	外形参考尺寸 Ws	mm	2465
16	外形参考尺寸 Hs	mm	5418

17	冷烟气侧进出法兰距离 L_1	mm	2284
18	冷烟气/烟气侧排污口 DN_1/DN_2	mm	DN50/DN50
19	烟尘排放口 DN_3	mm	DN100
20	冷烟气进/出口尺寸ϕ_1	mm	1100
21	烟气进/出口尺寸ϕ_2	mm	1100
22	冷烟气侧压降	Pa	267.0
23	烟气侧压降	Pa	312.0
24	年运行时间	天/年	300
25	GGH 需求总热量	GJ/年	18071.9
26	年需求总热量折算为标煤	吨/年	616.7
27	年减少 CO_2 排放量	吨/年	1535.7
28	年节约燃料费用(按照标煤价格计算）	万元/年	52.53
29	阻力增加电耗费用	万元/年	4.43
30	年节能费用	万元/年	48.1
31	设备投资回收期	月	25.0
32	热管及翅片材质	-	热管 ND 钢，翅片 ND 钢
33	冷侧内侧材质	-	ND 钢
34	外壳及保温材质	-	304 不锈钢/硅酸盐保温棉

35	数量	台	1
36	单价	万元/台	98.37
37	运费（不包括保险、卸货、就位等费用）	万元/台	1.68
38	热管式 GGH 换热器设备总投资	万元	100.05

第七篇　TERMO 热管式散热器(水.气/气换热)

7.1 技术特点

1) TERMO 热管式散热器，具有换热效率高，安装使用灵活方便；散热速度快，运行成本低等特点。

2) TERMO 热管式散热器设计结构紧凑、换热方式灵活，而且体积小、重量轻、占地少，流动阻力小，因此广泛适用于军用及民用舰船、卫星天线及工业散热等领域。

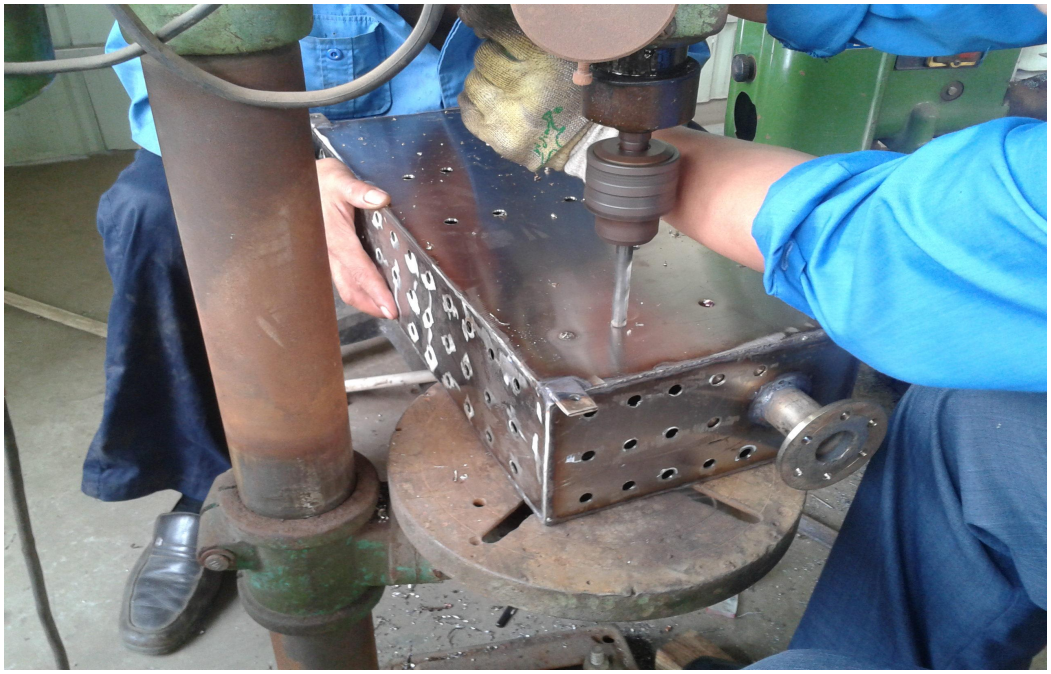
3) 由于 TERMO 热管式散热器中的热管工作不需要动力，无运动部件，不产生噪音，冷热流体均在管外流动，且通过隔板完全分开，单根热管独立工作，互不影响，即使单根热管失效，也决不会发生冷热流体的掺杂，危害散热器的运行安全。

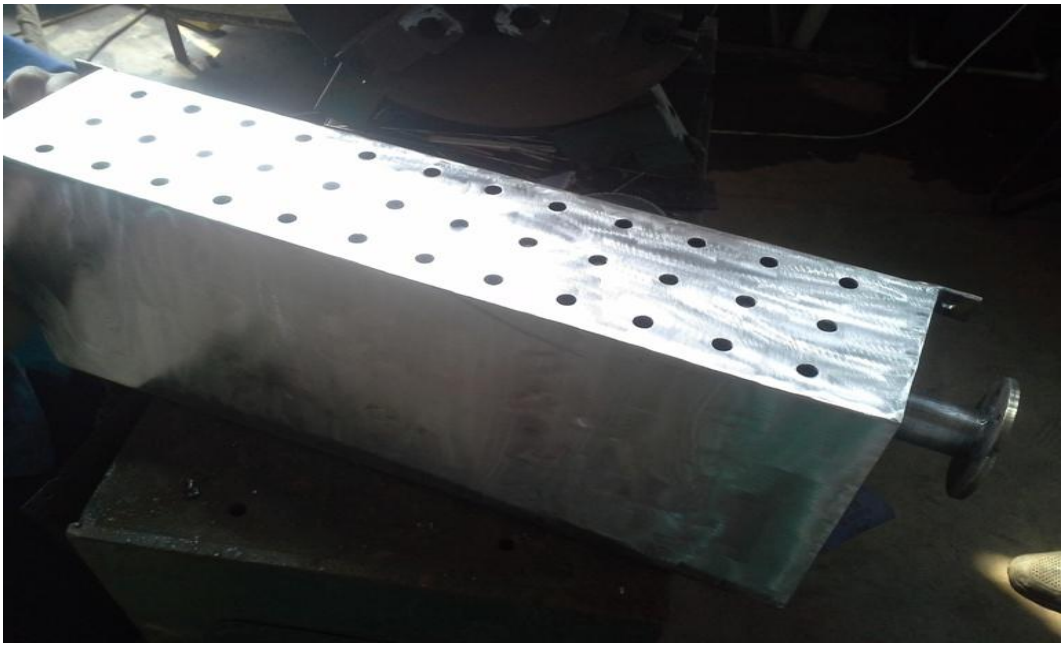
4) TERMO 热管式散热器采用新型的换热结构专有技术，可以保证热侧换热效率；以及独特的烟侧翅片，使烟气产生强烈扰动，提高换热效率。

5）TERMO 热管式散热器根据用户提供的技术参数定制生产。

6）冷却介质可以是水，也可以是空气等。

7.2 生产图片







7.3 应用示例

7.3.1 概述及设计条件参数

1、某企业有害废热空气散热项目，废热空气温度 100℃，流量 12000Nm³/h，通过 TERMO 热管式散热器利用清洁干净的空气散热后温度降低到 60℃，然后进入后续工艺处理。加热后的热空气可以用于生产用途(烘干原料、供暖等)，也可以直接通过烟囱排放。

2、冷空气系统流程：按照夏季空气温度计算，低温空气（30℃）---风机---热管式散热器（空气侧）---63℃热空气----进入热空气系统，用于生产用途(烘干原料、供暖等)，或直接通过烟囱排放。

3、有害废热空气系统流程：有害废热空气（100℃）---热管式散热器（废热空气侧）---60℃废热空气----进入后续工艺处理。

4、TERMO 热管式散热器设计条件参数：

① 余热类型/燃料：有害废热空气

② 热介质（废热空气）计算入口温度：100℃

③ 热介质（废热空气）计算出口温度：60℃

④ 冷介质（空气）侧进口计算温度：30℃

⑤ 冷介质（空气）侧出口计算温度：63℃

⑥ 热介质及冷介质计算进口流量及其它参数：详见技术参数及经济效益分析表格

7.3.2 主要技术参数及经济效益分析

序号	项　　目	单　位	参　　数
1	热管式散热器型号	-	TRG-120/100/60/30/63-S/K/K
2	余热类别	-	散热器（S）：空气（K）/废热干空气(K)
3	废热空气侧工作压力	Pa	废热空气侧风机压力
4	标准工况废热空气量	Nm³/h	12000.0

5	废热空气进口温度	℃	100.0
6	废热空气出口温度	℃	60.0
7	空气侧工作压力	Pa	空气侧风机压力
8	空气流量	Nm^3/h	12000.0
9	空气进口温度(室温)	℃	30.0
10	空气出口温度	℃	63.0
11	回收热量	kw	157.0
12	外形参考尺寸 Ls	mm	1922
13	外形参考尺寸 Ws	mm	1690
14	外形参考尺寸 Hs	mm	2568
15	废热空气侧/空气侧进/出口法兰距离 L_1	mm	2022
16	空气侧进/出口尺寸ϕ_1	mm	500
17	废热空气进/出口尺寸ϕ_2	mm	500
18	空气侧排污口 DN_1	mm	DN50
19	废热空气侧排污口 DN_2	mm	DN80
20	废热空气侧排灰口 DN_3	mm	-
21	空气侧压降	Pa	327.8
22	废热空气侧压降	Pa	361.3

23	年运行时间	天/年	300
24	年回收总热量	GJ/年	4069.2
25	年节能量折算为标煤	吨/年	138.9
26	年减少 CO_2 排放量	吨/年	345.8
27	年节约燃料费用(按照折算标煤价格计算)	万元/年	11.83
28	年节约燃料费用(按照煤制气价格计算)	万元/年	19.01
29	阻力增加耗电费用	万元/年	1.27
30	年节能费用(按照折算标煤价格计算)	万元/年	10.56
31	年节能费用(按照煤制气价格计算)	万元/年	17.74
32	设备投资回收期(按照折算标煤价格计算)	月	17.3
33	设备投资回收期(按照煤制气价格计算)	月	<12
34	热管材质	-	20#钢无缝钢管
35	翅片材质	-	铝
36	外壳及保温材质	-	304 不锈钢/硅酸盐保温棉
37	数量	台	1
38	单价	万元/台	14.98
39	运费（不包括保险、卸货、就位等费用）	万元/台	0.23
40	**热管式散热器设备总投资**	万元	15.21

第八篇 TERMO 热管式相变蓄热器(液体/相变材料/废热气体)

8.1 相变蓄热技术及材料

相变蓄热技术可以解决热能供给与需求失配的矛盾，本质在于它可将一定形式的热量在特定的条件下储存起来，并能在特定的条件下加以释放和利用，因此可以实现能量供应与人们需求的一致性的目的，并达到节能降耗的作用。

相变蓄热是一种以相变储能材料为基础的高新储能技术。主要分为热化学储热、显热储热和相变储热。热化学储热虽然蓄热密度大，但不安全且蓄热过程不可控，严重影响其推广应用。显热储热是目前应用最广的一种储热方式，然而它的储热密度小。相比之下，相变储热的储热密度是显热储热的 5~10 倍甚至更高。由于具有温度恒定和蓄热密度大的优点，相变蓄热技术得到广泛的研究，尤其适用于热量供给不连续或供给与需求不协调的工况下。相变储热系统作为解决能源供应时间与空间矛盾的有效手段，是提高能源利用率的重要途径之一。

相变储热可以分为固–液相变、液–气相变和固–气相变。然而，其中只有固–液相变具有比较大的实际应用价值。蓄热技术是提高能源利用效率和保护环境的重要技术，可用于解决热能供给与需求失配的矛盾，在太阳能利用、电力“移峰填谷”、废热和余热的回收利用以及工业与民用建筑和空调的节能等领域具有广泛的应用前景，是世界范围内的研究热点。

相变材料(Phase Change Materials，简称 PCM。所谓相变储能是指物质在相变化过程中吸收或释放能量．正是这一特性构成了相变储能材料具有广泛应用的理论基础。

相变材料从液态向固态转变时，要经历物理状态的变化。在这两种相变过程中，材料要从环境中吸热，反之，向环境放热。在物理状态发生变化时可储存或释放的能量称为相变热，发生相变的温度范围很窄。物理状态发生变化时，材料自身的温度在相变完成前几乎维持不变。大量相变热转移到环境中时，产生了一个宽的温度平台。相变材料的出现，体现了恒温时间的延长，并可与显热和绝缘材料在热循环时，储存或释放显热。其原理是：相变材料在热量的传输过程中将能量储存起来，就像热阻一样将可以延长能量传输时间，使温度梯度减小。

按照相变过程一般分为：1) 固-固相变；2) 固-液相变；3) 固-气相变；4) 气-液相变。

按照化学成分一般可分为：1) 无机类；2) 有机类。

按照相变温度一般分为：1) 低温；2) 中温；3) 高温。

(1) 无机相变材料主要包括结晶水合盐、熔融盐、金属或合金。结晶水合盐通常是中、低温相变蓄能材料中重要的一类，价格便宜，体积蓄热密度大，熔解热大，熔点固定，热导率比有机相变材料大，一般呈中性，且工作温度跨度比较大，更重要的是可在高温下进行蓄热。例如KNO_3-$NaNO_3$熔盐、K_2CO_3-Na_2CO_3熔盐、$CaCl_2 \cdot 6H_2O$、$Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$、$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$、$Na_2SO_4 \cdot 5H_2O$等[1]。但其在使用过程中会出现过冷、相分离等不利因素，严重影响水合盐的广泛应用[2-3]。

(2) 有机相变材料主要包括石蜡，脂肪酸、某些高级脂肪烃、醇、羧酸及盐，包括石蜡类、非石蜡类、某些聚合物等。大部分的脂肪酸都可以从动植物中提取，其原料具有可再生和环保的特点，是近年来研究的热点。其他还有有机类的固-固相变材料，如高密度聚乙烯，多元醇等。这种材料发生相变时体积变化小，过冷度轻，无腐蚀，热效率高，是很有发展前途的相变材料[4]。

(3) 复合材料蓄热主要是指相变材料和高熔点支撑材料组成混合储热材料的蓄热方式。与普通固-液相变材料相比，它不需要封装器具，减少了封装成本和封装难度，避免了材料泄漏的危险，增加了材料使用的安全性，减小了容器的传热热阻，有利于相变材料与传热流体间的换热，例如定形石蜡丸、表面交联型 HDPE[5]。材料的复合化可将各种材料的优点集合在一起，制备复合相变材料是潜热蓄热材料的一种必然的发展趋势。

8.2 工作原理及特点

热管式相变蓄热器使用的主要传热元件为重力热管，工作原理是将无缝钢管的两端密闭，将管内制成高度真空并充装传热介质（简称工质），将热管的一端（下部）插入热侧，此段称为吸热段；而另一端（上部）插入冷侧，此段称为放热段。

由于热管内高度真空，所以工质受热极易汽化，当热管下部吸热段受高温热气冲刷吸收热量而传导给管内的工质后，工质受热汽化携带热焓冲向散热段，释放汽化潜热，而热管内的工质在释放完潜热后恢复成液态，靠重力又回流到吸热段，就这样循环往复连续不断的把热量由吸热段传至放热段。由于热管内呈真空状态，而且靠工质的相变而传热，因此，管内传热热阻很小，热管式蓄热器就能在较小的温差下，获得很高的传热效率。

热管式相变蓄热器主要由特殊制造的热管、热侧箱体（水/气体）、相变蓄热箱体及冷侧箱体（水/气体）等四部份组成。

本装置作为一种新型的蓄热装置，在具备常规蓄热装置的能量储存与能量释放功能的同时，还具有下述特点：

①当需要进行能量储存时，在热流体通道中通入温度较高的烟气（高于热管的正常工作温度即可）。热水冲刷热管的管壁而与热管进行换热（此时，热管在热流体通道中的部分作为蒸发段），热管内的工作介质会受热蒸发而上升。在蓄热室中，热管管壁周围为温度较低的固态相变蓄热介质，热管内的工作介质在此受到冷却，发生凝结而将热量放出（热管在蓄热室中的部分作为冷凝段），传递给管外的相变蓄热介质。蓄热介质吸热后达到一定温度发生相变，不断将能量储存起来。热管内冷凝后的工作介质沿热管内管壁回流到蒸发端，重复上述过程，实现能量的储存。该过程称为装置的单纯蓄热过程。

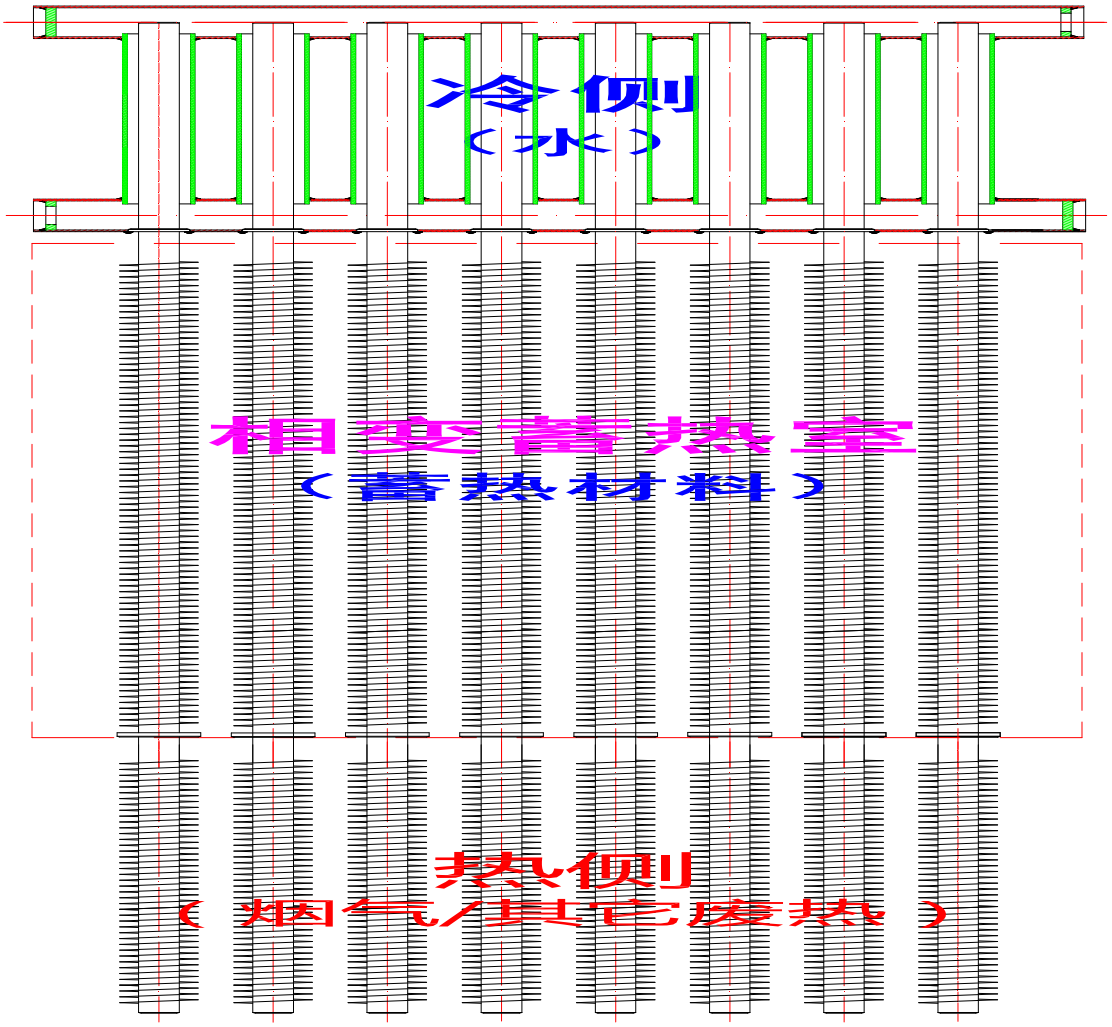
②当需要提取储存在装置中的能量时，在冷流体通道中通入取热流体，热管从温度较高的相变材料中提取热量（热管在蓄热室中的部分作为其蒸发段），在冷凝端受取热流体的冷却将热量放出（在冷流体通道中的部分作为其冷凝段），被取热流体带走，实现能量的释放。该过程称为装置的单纯取热过程。

③独具的取、放热同时进行功能：取、放热同时进行是指边供热边取热，两者同时进行。在供热通道中通入热流体，在取热通道中通入冷流体，热流体所携带的热量能瞬时而有效的传递给冷流体并被带走。这是本蓄热装置区别于常规蓄热装置的一大特点。这一特点使蓄热装置具备了根据需要来进行能量分配的功能，更具实用性。它也可能存在三种运行模式：a) 冷流体的取热量与热流体的供热量相等：这时蓄热量为零，热流体所提供的热量全部为冷流体所带走。b) 冷流体的取热量小于热流体的供热量：热流体提供的热量一部分提供给了冷流体，多余的部分储存在相变介质中。c)冷流体的取热量大于热流体的供热量：这时热流体提供的热量不能满足冷流体的要求，冷流体则从 PCM 中提取一部分热量。

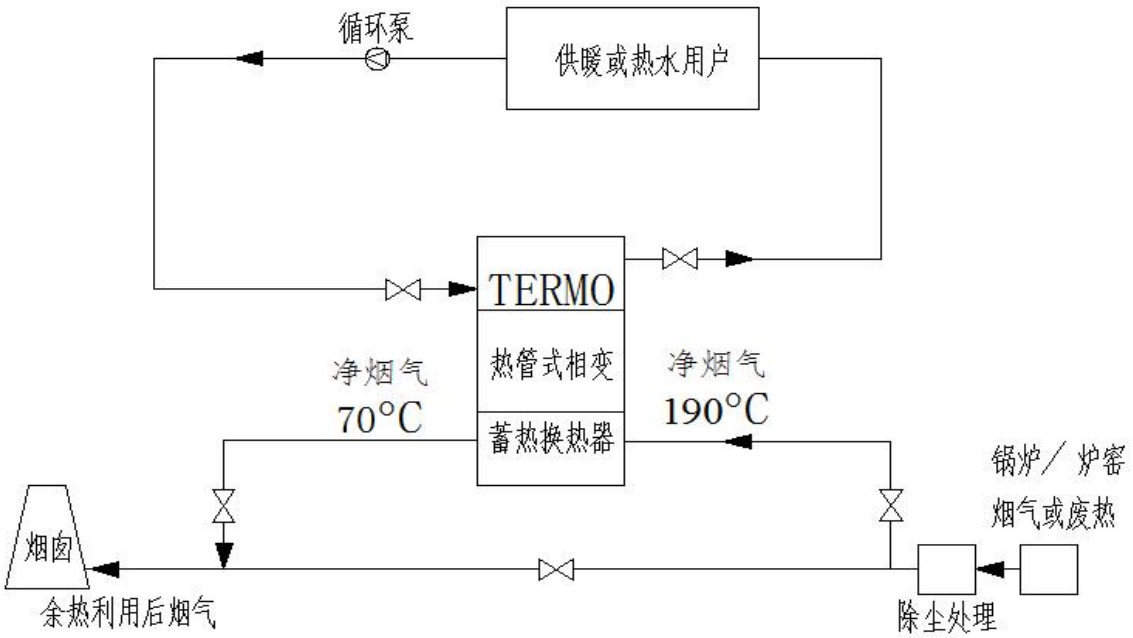
8.3 工业行业利用介绍

在冶金、玻璃、水泥、陶瓷等部门都有大量的各式高温窑炉，它们的能耗非常之大，但热效率通常低于30%，节能的重点是回收烟气余热(有的热损失达50%以上)。传统的做法是利用耐火材料的显热容变化来储热，这种储热设备的体积大、储热效果不明显。如果改用相变储热系统，则储热设备体积可减小30%～50%，同时可节能15%～45%，还可以起到稳定运行的作用。

8.4 内部结构示意图



8.5 工作流程示意图



8.6 主要技术参数及经济效益分析示例

序号	项　　目	单位	参　　数
1	热管式相变蓄热器型号	-	TRG-100/190/100/0.7/50/80-XH/S/Y/T
2	余热类别	-	相变蓄热器（XH）：水（S）/烟气（Y），燃料：天然气（T）/煤或煤制气（M）/生物质及垃圾热解气（SJ）
3	燃料种类		天然气
4	烟气侧工作压力	MPa	烟气侧风机压力
5	标准工况烟气总量	Nm^3/h	10000.0
6	烟气进口温度	℃	190.0
7	烟气出口温度	℃	100.0

8	水侧工作压力	MPa	0.7
9	进水温度	℃	50.0
10	出水温度	℃	80.0
11	热水流量	t/h	10.6
12	回收热量	kw	419.5
13	热管烟气侧换热面积	m^2	340
14	相变蓄热材料		石蜡（RT90）
15	相变蓄热材料熔点	℃	90.0
16	相变蓄热材料储能量(82~97℃)	kj/kg	194.0
17	相变蓄热量	kw	174.4
18	实际外形尺寸 Ls	mm	2494
19	实际外形尺寸 Ws	mm	2120
20	实际外形尺寸 Hs	mm	2537
21	烟气侧进/出口法兰距离 L_1	mm	3194
22	进/出水口径 DN_1/DN_2	mm	DN65/DN65
23	安全阀口径 DN_3	mm	DN40
24	烟气侧冷凝水排水口 DN_4	mm	DN80
25	烟气侧排污口Φ	mm	100

26	烟气侧进/出口尺寸Φ	mm	500
27	水侧压降	kPa	30.2
28	烟气侧压降	Pa	511.1
29	年运行时间	天/年	300
30	年回收总热量	GJ/年	10872.4
31	年节能量折算为标煤	吨/年	371.0
32	年减少 CO_2 排放量	吨/年	923.9
33	年节约燃料费用	万元/年	79.45
34	阻力增加电耗费用	万元/年	0.83
35	年节能费用	万元/年	78.62
36	投资回收期	月	6.7
37	热管材质	-	20#钢无缝钢管
38	翅片材质	-	20#钢
39	外壳材质	-	普通钢板/岩棉保温
40	数量	台	1
41	单价	万元/台	42.81
42	运费（不包括保险、卸货、就位等费用）	万元/台	1.06
43	**热管式相变蓄热器设备总投资（不包含蓄热材料）**	万元	43.87

第九章 TERMO 管壳式换热器（液/液换热）

9.1 管壳式换热器及设计软件介绍

管壳式换热器（shell and tube heat exchanger），又称列管式换热器。由壳体、传热管束、管板、折流板（挡板）和管箱等部件组成。壳体多为圆筒形，内部装有管束，管束两端固定在管板上。进行换热的冷热两种流体，一种在管内流动，称为管程流体；另一种在管外流动，称为壳程流体。

HTRI Xchanger Suite，采用了在全球处于领导地位的工艺热传递及换热器技术，包含了换热器及燃烧式加热炉的热传递计算及其他相关的计算软件。HTRI 软件包采用了标准的 Windows 用户界面，其计算方法是基于 40 多年来 HTRI 广泛收集的工业级热传递设备的试验数据而研发的。在所拥有的世界上最先进的试验设备和方法上 HTRI 所进行的研究将不断更新和改进我们的软件以满足你的日益发展的工程需要。

Xchanger Suite 已应用多年，其所有软件均是非常灵活的，可以严格地规定换热器的几何结构， 可以充分利用 HTRI 所专有的热传递计算和压降计算的各种经验公式，从而十分精确地进行所有换热器的性能的预测。特性计算模型采用的是完全增量法，使用设备各局部位置的物性进行该位置的热传递和压降计算，详尽的输出报告，提供了包括所有重要参数的各个局部剖面的详细的计算结果和全面的在线帮助，给出了背景信息，图表，输入面板和输出报告的解释，用户提示等等。曲线图和所见即所得功能，提供了彻底的可视化的计算结果。快速计算工具使你能够非常容易地完成单位换算和换热器类型的选择 Xchanger Suite 包含了 VMGThermo，一个广泛和严格的流体物理性质计算软件，该软件是由 Virtual Materials Group，Inc. 所开发的可进行任意类型的管壳式换热器的设计，核算和模拟计算，包括釜式、发夹式、热虹吸式、 管侧回流冷凝器以及降液膜蒸发器。

Xist 支持包括所有的标准 TEMA 类型的计算，并且集成了流动导致的震动计算，管子排布工具等等。进行空冷器和冷凝器的设计，核算和模拟计算，包括自然通风(风机停运)和强制通风条件下的计算。

9.2 钢铁行业冲渣水余热利用方案

9.2.1 概述及设计条件参数

1、本工艺是利用钢铁行业冲渣水余热，通过余热回收装置—TERMO 管壳式换热器将冲渣水余热利用用于供暖或生活热水，以代替原来的燃煤/水煤浆热风炉或蒸汽锅炉，可以减少燃料的消耗量，达到环保节能的目的。

2、水系统流程：供暖回水（50℃）---进入 TERMO 管壳式换热器（管侧）---60℃热水----进入供暖水系统用于供暖。

3、冲渣水系统流程：90℃冲渣水---TERMO 管壳式换热器（壳侧）--- 70℃冲渣水---进入冲渣水系统用于循环冲渣。

4、设计条件参数：

① 设备类型：钢铁行业

② 热源种类：冲渣水

③ 热介质（冲渣水）计算入口温度：90℃

④ 热介质（冲渣水）计算出口温度：70℃

⑤ 热介质（冲渣水）计算进口流量：50t/h

⑥ 冷介质（供暖水）侧进口计算温度：50℃

⑦ 冷介质（供暖水）侧出口计算温度：60℃

⑧ 冷介质（供暖水）计算进口流量：100t/h

9.2.2 设计软件计算结果

Output Summary Page 1

Released to the following HTRI Member Company:
TERMO
zjz

Xist E Ver. 6.00 2021-02-23 12:00 SN: Vals100+ **SI Units**

Rating - Horizontal Multipass Flow TEMA BEM Shell With NTIW-Segmental Baffles

See Data Check Messages Report for Informative Messages.
See Runtime Message Report for Informative Messages.

Process Conditions		Hot Shellside		Cold Tubeside	
Fluid name			Dirty Water		Water
Flow rate	(kg/s)		13.8901		27.8791
Inlet/Outlet Y	(Wt. frac vap.)	0.000	0.000	0.000	0.000
Inlet/Outlet T	(Deg C)	90.00	70.00	50.00	60.00
Inlet P/Avg	(kPa)	100.001	97.079	100.001	98.371
dP/Allow.	(kPa)	5.845	0.000	3.261	0.000
Fouling	(m2-K/W)		0.000580		0.000260

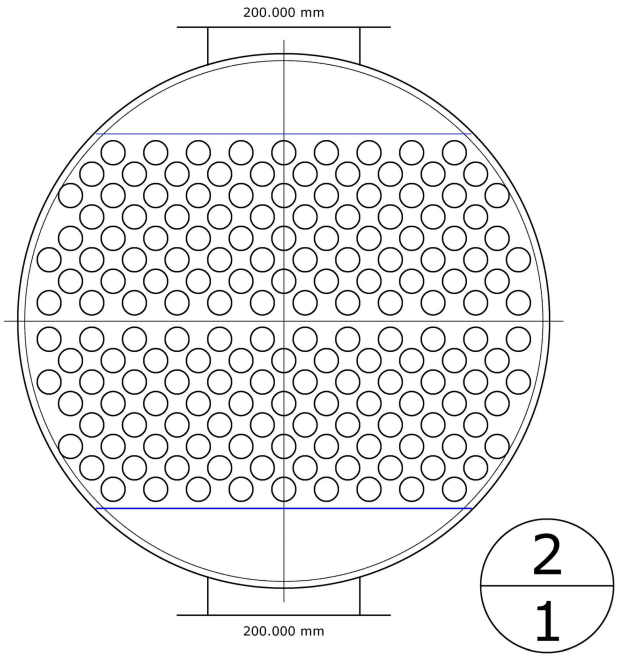
Exchanger Performance					
Shell h	(W/m2-K)	3814.59	Actual U	(W/m2-K)	655.11
Tube h	(W/m2-K)	3608.94	Required U	(W/m2-K)	615.31
Hot regime	(--)	Sens. Liquid	Duty	(MegaWatts)	1.1656
Cold regime	(--)	Sens. Liquid	Area	(m2)	81.736
EMTD	(Deg C)	23.2	Overdesign	(%)	6.47

Shell Geometry			Baffle Geometry		
TEMA type	(--)	BEM	Baffle type	(--)	NTIW-Seg.
Shell ID	(mm)	700.000	Baffle cut	(Pct Dia.)	15.00
Series	(--)	1	Baffle orientation	(--)	Perpend.
Parallel	(--)	1	Central spacing	(mm)	250.000
Orientation	(deg)	0.00	Crosspasses	(--)	17

Tube Geometry			Nozzles		
Tube type	(--)	Plain	Shell inlet	(mm)	200.000
Tube OD	(mm)	31.750	Shell outlet	(mm)	200.000
Length	(m)	5.000	Inlet height	(mm)	113.869
Pitch ratio	(--)	1.2500	Outlet height	(mm)	113.869
Layout	(deg)	45	Tube inlet	(mm)	200.000
Tubecount	(--)	166	Tube outlet	(mm)	200.000
Tube Pass	(--)	2			

Thermal Resistance, %		Velocities, m/s		Flow Fractions	
Shell	17.17	Shellside	0.27	A	0.034
Tube	21.55	Tubeside	0.61	B	0.757
Fouling	58.21	Crossflow	0.29	C	0.097
Metal	3.07	Window	0.39	E	0.112
				F	0.000

9.2.3 管布置图



TEMA type	BEM
Shell diameter	700.000 mm
Outer tube limit	681.961 mm
Height under inlet nozzle	113.869 mm
Height under outlet nozzle	113.869 mm
Tube type	Plain
Tube diameter	31.750 mm
Tube pitch	39.687 mm
Tube layout angle	45
Number of tubes (specified)	166
Number of tubes (calculated)	166
Number of tie rods	6
Number of seal strip pairs	0
Number of passes	2
Parallel passlane width	15.875 mm
Perpendicular passlane width	15.875 mm
Baffle cut % diameter	15

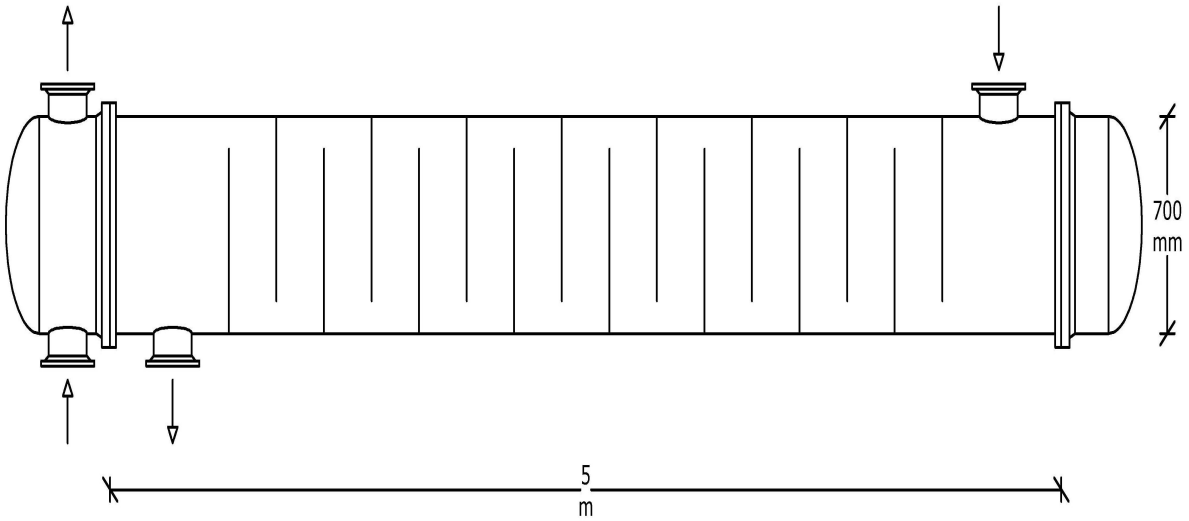
TUBEPASS DETAILS

Pass	Rows	Tubes	Plugged
1	8	86	0
2	8	86	0

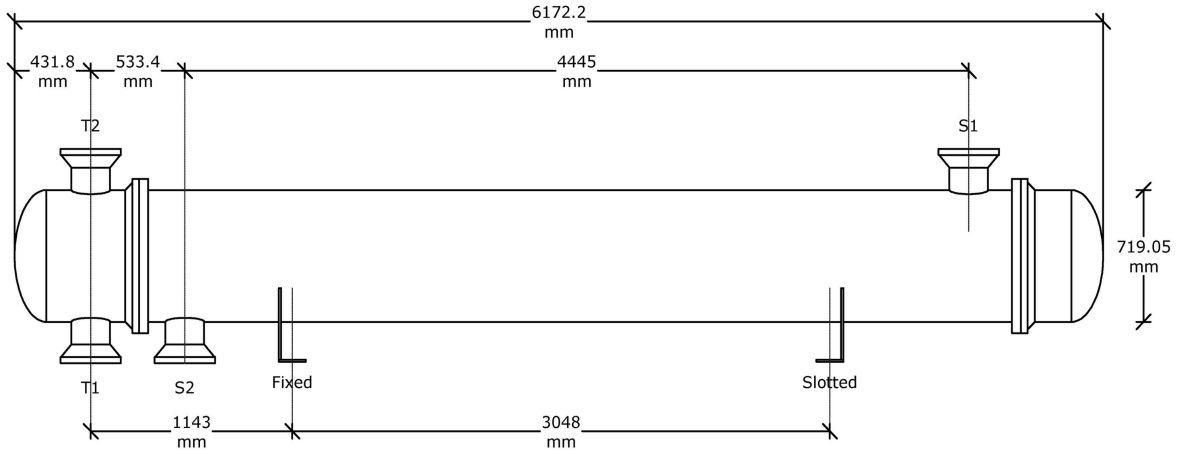
SYMBOL LEGEND
- Tube
- Plugged tube
- Tie rod
- Impingement rod
- Dummy tube
- Seal rod
- Seal strip/Skid bar

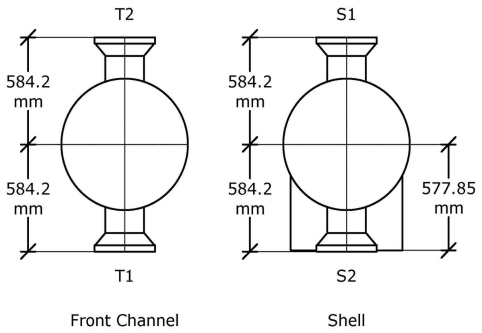
9.2.4 换热器型式及参考重量

TEMA type	BEM
Shell diameter	700 mm
Tube length	5 m
Dry weight	3742 kg/shell
Wet weight	6071 kg/shell
Bundle weight	1778 kg/shell



9.2.5 换热器外形尺寸图





	Nozzles	NPS, in	Rating	Design	Shell	Tube	Weight	kg	Company	TERMO		
S1	Inlet	8	0	Pres (kPaG)	1034.21	1034.21	Bundle	2177	Customer		Ref	
S2	Outlet	8	0	Temp (C)	90	90	Dry	4173	Item			
T1	Inlet	8	0	Passes	1	2	Wet	6532	Service			
T2	Outlet	8	0	Thick (mm)	9.525	2.5			TEMA	BEM		Setting Plan
									Date	2021-02-23	By	
									Diagram		Rev	

第十章 TERMO 翅片管换热器/翅片管冷凝器（液/气换热）

10.1 特点

1、传热效率高 由于翅片对流体的扰动使边界层不断破裂，因而具有较大的换热系数；同时由于翅片很薄，具有高导热性，所以使得翅片管换热器/翅片管冷凝器可以达到很高的效率。

2、紧凑 由于翅片管换热器/翅片管冷凝器具有扩展的二次表面，使得它的比表面积可达到 1000m^2/m^3。

3、轻巧 结构紧凑且多为铝合金制造，现在钢制、铜制、复合材料等也已经批量生产 。

4、适应性强 翅片管换热器/翅片管冷凝器可适用于：气-气、气-液、液-液、各种流体之间的换热以及发生集态变化的相变换热。通过流道的布置和组合能够适应：逆流、错流、多股流、多程流等不同的换热工况。通过单元间串联、并联、串并联的组合可以满足大型设备的换热需要。工业上可以定型、批量生产以降低成本，通过积木式组合扩大互换性。

5、制造工艺要求严格 工艺过程复杂。由于设备容易堵塞，不耐腐蚀，清洗检修很困难，故只能用于换热介质干净、无腐蚀、不易结垢、不易沉积、不易堵塞的场合。

10.2 生产图片





10.3 应用示例

10.3.1 概述及设计条件参数（一）

1、某钢铁企业烟气余热利用项目是利用燃焦炉煤气炉窑出来的 180℃烟气余热，通过余热回收装置--TERMO 翅片管换热器将水进行加热，由 60℃加热到 110℃左右(系统承压)，加热后的热水用于其它生产用途，烟气温度降到 130℃后进入后续烟气处理工艺，最后通过烟囱排放。低温水经过 TERMO 翅片管换热器加热后，可以减少天然气的消耗量，达到环保节能的目的。

2、水系统流程：低温水（60℃）---翅片管换热器（水侧）---110℃热水（承压）---用于其它生产用途。

3、烟气系统流程：焦炉煤气进入炉窑燃烧---180℃烟气---翅片管换热器（烟侧）--- 130℃烟气----后续烟气处理工艺---烟囱---大气排放。

4、TERMO 翅片管换热器设计条件参数：

① 余热类型：焦炉煤气烟气

② 热介质（烟气）计算入口温度：180℃

③ 热介质（烟气）计算出口温度：130℃

④ 热介质（烟气）计算流量：182000Nm^3/h

⑤ 冷介质（水）侧进口计算温度：60℃

⑥ 冷介质（水）侧出口计算温度：110℃

⑦ 冷介质（水）计算流量：58.0t/h

10.3.2 主要技术参数及经济效益分析

序号	项　　目	单位	参　　数
1	TERMO 翅片管换热器（锅炉节能器或冷凝器）型号	-	TCP-1820/180/130/1.2/60/110-H/S/Y/M
2	余热类别	-	换热器（H）：水（S）/烟气（Y），燃料：天然气（T）/煤或煤制气（M）

3	燃料种类		煤制气（清洁）
4	烟气侧工作压力	Pa	烟气侧风机压力
5	标准工况烟气总量	Nm^3/h	182000.0
6	烟气进口温度	℃	180.0
7	烟气出口温度	℃	130.0
8	水侧设计工作压力	MPa	1.2
9	进水温度	℃	60.0
10	出水温度	℃	110
11	热水流量	t/h	58.0
12	回收热量	kw	3370.9
13	烟气侧换热面积	m^2	2370.0
14	实际外形尺寸 Ls	m	1.50
15	实际外形尺寸 Ws	m	4.88
16	实际外形尺寸 Hs	m	2.64
17	烟气侧进/出口法兰距离 L_1	m	2.10
18	进/出水口径 DN_1/DN_2	mm	145
19	烟气侧冷凝水排水口 DN_3	mm	145
20	烟气侧排灰口Φ	mm	100

21	烟气侧进/出口尺寸Φ	mm	2500
22	水侧压降	kPa	60.1
23	烟气侧压降	Pa	1002.9
24	年运行时间	天/年	330
25	年回收总热量	GJ/年	96110.1
26	年节能量折算为标煤	吨/年	3279.9
27	年减少 CO_2 排放量	吨/年	8167.1
28	年节约燃料费用（按照天然气折算）	万元/年	702.29
29	烟气侧及水侧阻力增加电耗费用	万元/年	48.18
30	年节能费用	万元/年	654.11
31	投资回收期	月	0.9
32	单台设备运行质量	吨	29.3
33	翅片管尺寸/翅高/翅厚/翅距	mm	Ø32*3/15/1/5
34	翅片管材质	-	ND 钢
35	翅片材质	-	ND 钢
36	外壳材质(岩棉保温)	-	不锈钢
37	数量	台	1
38	单价	万元/台	46.15

10.3.3 概述及设计条件参数（二）

1、某企业自然空气冷凝脱水项目，通过冷凝脱水装置--TERMO 翅片管冷凝器利用 7-12℃冷水冷却空气，由 37℃冷却到 12℃左右，冷凝脱水后的空气用于其它生产用途。

2、水系统流程：低温水（7℃）---翅片管冷凝器（水侧）---12℃水---冷却塔冷却后循环利用。

3、自然空气系统流程：夏季平均 37℃85%平均湿度自然空气---翅片管冷凝器（空气侧）--- 12℃空气----后续生产用途。

4、TERMO 翅片管冷凝器设计条件参数：

① 类型：自然空气

② 热介质（空气）计算入口温度：37℃

③ 热介质（空气）计算出口温度：12℃

④ 热介质（空气）计算流量：42000Nm^3/h

⑤ 冷介质（水）侧进口计算温度：7℃

⑥ 冷介质（水）侧出口计算温度：12℃

⑦ 冷介质（水）计算流量：59.0t/h

10.3.4 主要技术参数及经济效益分析

序号	项　　目	单位	参　　数
1	TERMO 翅片管冷凝器型号	-	TCG-420/37/12/0.3/7/12-N/S/K
2	类别	-	冷凝器（N）：水（S）/空气（K）
3	空气侧工作压力	Pa	空气侧风机压力
4	标准工况空气总量	Nm^3/h	42000.0
5	空气质量流量	kg/h	54306.0

6	空气进口温度	℃	37.0
7	空气平均湿度（相对）		85.0%
8	含湿量	g/kg	35.03
9	空气出口温度	℃	12.0
10	空气出口含湿量（设计要求）	g/kg	≤9.0
11	空气出口温度饱和含湿量	g/kg	8.83
12	脱水量(暂时未考虑脱水效率)	kg/h	1422.8
13	水侧设计工作压力	MPa	0.3
14	进水温度	℃	7.0
15	出水温度	℃	12.0
16	水流量	t/h	59.0
17	冷水获得热量	kw	341.1
18	空气侧换热面积	m^2	1020.0
19	外形参考尺寸 Ls（本体）	m	1.77
20	空气侧进/出口法兰距离（含变径接头及过滤器）L_1	m	3.77
21	外形参考尺寸 Ws（本体）	m	2.56
22	外形参考尺寸 Hs（本体）	m	2.56
23	进/出水口径 DN_1/DN_2	mm	DN100

24	空气侧冷凝水排污口 DN_3	mm	DN100
25	空气侧人孔	mm	400*600
26	空气侧进/出口尺寸Φ（可以根据实际需要确定）	mm	1000
27	水侧压降（计算）	kPa	97.1
28	空气侧翅片部分压降（计算）	Pa	125.2
29	空气侧压降（包含过滤器+翅片部分）	Pa	<2500
30	单台设备运行质量	吨	5.2
31	翅片管材质	-	304 不锈钢
32	翅片材质	-	铝
33	内/外侧壳体、框架及保温材质	-	304 不锈钢板/B1 级阻燃聚氨酯
34	数量	台	1
35	单价	万元/台	58.63
36	运费（不包括保险、卸货、就位等费用）	万元/台	0.32
37	翅片管冷凝器（包含过滤器）设备总投资初步预算	万元	58.95

第十一篇　TERMO 热管技术产品在陶瓷行业的应用

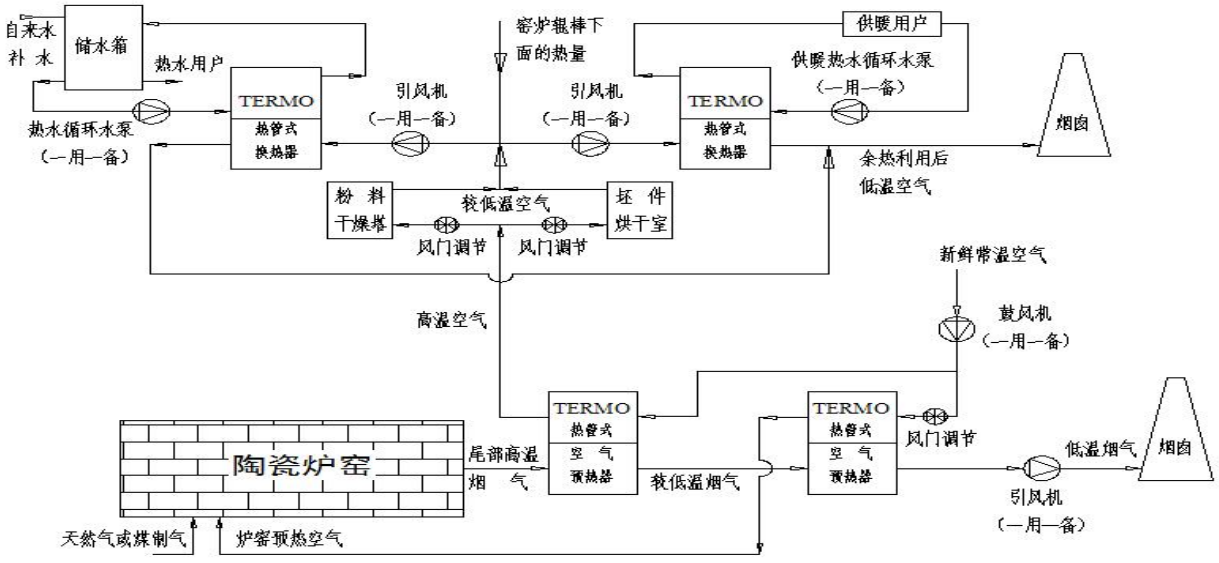
11.1 前言

陶瓷生产的窑炉有连续式的（隧道窑），也有间隙式的（倒焰窑），不管是隧道窑还是倒焰窑，其热效率都比较低。效率低的原因除了燃烧损失、散热损失等原因外，重要的一点是排烟损失。烧成隧道窑烟气带走的热量损失约占总热量的 20%～40%，而倒焰窑烟气带走的热量约占燃料消耗量的 30%～50%。因此，回收窑尾烟气的热量加以利用是提高窑炉效率的关键。

国内隧道窑排烟温度一般在 200～300℃，也有高达 400℃，个别倒焰窑的排烟温度可高达 560℃。一方面窑炉排烟带走大量余热，另一方面为了粉料制取和干燥坯件，一些工厂又另外建造窑炉或锅炉产生热风或蒸汽以满足粉料制取和烘干坯件的要求。

11.2 隧道窑烟气余热利用流程

采用热管式空气预热器回收高温烟气中的余热加热空气作为粉料制取和烘干坯件的热源，然后采用热管式空气预热器二次利用较低温度的烟气余热加热入炉空气以提高窑炉本身的热效率，最后可以采用热管式换热器利用粉料制取和烘干坯件后的热空气，排气温度一般在 80～90℃之间，以及炉窑辊棒下面的热量用于供暖或生产卫生热水，可以取得非常好的节能效果。其回收流程如图所示。



11.3 隧道窑尾部高温烟气余热利用方案

1、本工艺是利用陶瓷炉窑烟气余热，通过余热回收装置—TERMO 热管式空气预热器将隧道窑尾部高温烟气余热加热空气作为粉料干燥塔和坯件烘干室热源，以代替原来的燃煤/水煤浆热风锅炉和蒸汽锅炉加热，可以减少燃料的消耗量，达到环保节能的目的。

2、空气系统流程：常温空气（30℃）---进入 TERMO 热管式空气预热器（空气侧）---160℃热空气----用于粉料干燥塔和坯件烘干室热源。

3、烟气系统流程：300℃高温烟气---TERMO 热管式空气预热器（烟气侧）--- 150℃烟气---二次余热利用设备。

4、优点：与原来用蒸汽加热空气相比，不仅省去了一台蒸汽锅炉，而且因为热风量有多余，干燥后含湿的热风可及时排出，因而可以提高干燥速度并改善产品质量。

5、设计条件参数：

① 设备类型：炉窑

② 热源种类：烟气

③ 热介质（烟气）计算入口温度：300℃

④ 热介质（烟气）计算出口温度：150℃

⑤ 热介质（烟气）计算进口流量：12000Nm^3/h

⑥ 冷介质（空气）侧进口计算温度：30℃

⑦ 冷介质（空气）侧出口计算温度：160℃

⑧ 冷介质（空气）计算进口流量：12000Nm^3/h

6、TERMO 热管式空气预热器设计计算数据及投资估算：

序号	项　　目	单位	参　　数
1	热管式空气预热器型号	-	TRG-120/300/150/30/160-Y/K/Y/M
2	余热类别	-	空预器（Y）：空气（K）/烟气（Y），燃料：天然气（T）/煤或煤制气（M）
3	燃料种类		煤制气
4	烟气侧工作压力	Pa	烟气侧风机压力
5	标准工况烟气量	Nm^3/h	12000.0
6	烟气进口温度	℃	300.0
7	烟气出口温度	℃	150.0
8	空气侧工作压力	Pa	空气侧风机压力
9	空气量	Nm^3/h	12000.0
10	空气进口温度	℃	30.0
11	空气出口温度	℃	160.0
12	回收热量	kw	644.7
13	热管烟气侧换热面积	m^2	330
14	外形参考尺寸 Ls	mm	2157
15	外形参考尺寸 Ws	mm	1470
16	外形参考尺寸 Hs	mm	2900
17	烟侧/空气侧进/出口法兰距离 L_1	mm	3057
18	空气侧进/出口尺寸ϕ_1	mm	600
19	烟气侧进/出口尺寸ϕ_2	mm	600

20	空气侧排污口 DN_1	mm	DN50
21	烟气侧排污口 DN_2	mm	DN80
22	烟气侧排灰口 DN_3	mm	DN100
23	烟气侧清洗口 DN_4	mm	2*DN100
24	空气侧压降	Pa	415.5
25	烟侧压降	Pa	424.0
26	年运行时间	天/年	330
27	年回收总热量	GJ/年	18381.8
28	年节能量折算为标煤	吨/年	627.3
29	年减少 CO_2 排放量	吨/年	1562.0
30	年节约燃料费用 (按照标煤价格计算）	万元/年	94.10
31	阻力增加耗电费用	万元/年	1.69
32	年节能费用	万元/年	92.41
33	设备投资回收期	月	3.4
34	热管材质	-	20#钢无缝钢管
35	翅片材质	-	空气侧：铝；烟气侧：20#钢
36	外壳材质	-	碳钢板/岩棉保温
37	数量	台	1
38	单价	万元/台	25.65
39	运费（不包括保险、卸货、就位等费用）	万元/台	0.49
40	**热管式空气预热器总投资**	万元	26.14

11.4 隧道窑尾部烟气二次余热利用方案

1、本工艺是利用较低温度的烟气余热加热入炉空气，即通过余热回收装置—TERMO 热管式空气预热器将隧道窑尾部余热利用后的较低温烟气再次余热利用加热入炉空气，可以提高炉窑燃烧效率，减少炉窑燃料的消耗量，达到环保节能的目的。

2、空气系统流程：常温空气（30℃）---进入 TERMO 热管式空气预热器（空气侧）---88℃热空气----进入炉窑与燃料一起燃烧。

3、烟气系统流程：150℃较低温烟气---TERMO 热管式空气预热器（烟气侧）--- 80℃烟气---脱硫除尘--通过烟囱排放。

4、设计条件参数：

① 设备类型：炉窑

② 热源种类：烟气

③ 热介质（烟气）计算入口温度：150℃

④ 热介质（烟气）计算出口温度：80℃

⑤ 热介质（烟气）计算进口流量：12000Nm^3/h

⑥ 冷介质（空气）侧进口计算温度：30℃

⑦ 冷介质（空气）侧出口计算温度：88℃

⑧ 冷介质（空气）计算进口流量：12000Nm^3/h

5、TERMO 热管式空气预热器设计计算数据及投资估算：

序号	项　　目	单位	参　　数
1	热管式空气预热器型号	-	TRG-120/150/80/30/88-Y/K/Y/T(M)
2	余热类别	-	空预器（Y）：空气（K）/烟气（Y），燃料：天然气（T）/煤或煤制气（M）
3	燃料种类		煤制气
4	烟气侧工作压力	Pa	烟气侧风机压力
5	标准工况烟气量	Nm^3/h	12000.0
6	烟气进口温度	℃	150.0
7	烟气出口温度	℃	80.0
8	空气侧工作压力	Pa	空气侧风机压力
9	空气量	Nm^3/h	12000.0
10	空气进口温度	℃	30.0
11	空气出口温度	℃	88.0
12	回收热量	kw	292.4
13	热管烟气侧换热面积	m^2	380
14	外形参考尺寸 Ls	mm	2427
15	外形参考尺寸 Ws	mm	1470
16	外形参考尺寸 Hs	mm	2900
17	烟侧/空气侧进/出口法兰距离 L_1	mm	3327
18	空气侧进/出口尺寸ϕ_1	mm	600
19	烟气侧进/出口尺寸ϕ_2	mm	600

20	空气侧排污口 DN_1	mm	DN50
21	烟气侧排污口 DN_2	mm	DN80
22	烟气侧排灰口 DN_3	mm	DN100
23	烟气侧清洗口 DN_4	mm	2*DN100
24	空气侧压降	Pa	419.1
25	烟侧压降	Pa	372.2
26	年运行时间	天/年	330
27	年回收总热量	GJ/年	8337.9
28	年节能量折算为标煤	吨/年	284.5
29	年减少 CO_2 排放量	吨/年	708.5
30	年节约燃料费用 (按照标煤价格计算）	万元/年	42.68
31	阻力增加耗电费用	万元/年	1.60
32	年节能费用	万元/年	41.08
33	设备投资回收期	月	10.3
34	热管材质	-	ND 钢无缝钢管
35	翅片材质	-	空气侧：铝；烟气侧：ND 钢
36	外壳材质	-	碳钢板/岩棉保温
37	数量	台	1
38	单价	万元/台	34.61
39	运费（不包括保险、卸货、就位等费用）	万元/台	0.55
40	**热管式空气预热器设备总投资**	万元	35.16

11.5 粉料制取和烘干坯件及炉窑辊棒下面的余热利用

11.5.1 余热利用生产卫生热水

1、本工艺是利用粉料制取和烘干坯件后的热空气（80～90℃之间）余热用于生产卫生热水，即通过余热回收装置—TERMO 热管式换热器将粉料制取和烘干坯件后的热空气余热利用加热水用于生产卫生热水，减少燃料的消耗量，达到环保节能的目的。

2、水系统流程：常温水（25℃）---进入 TERMO 热管式换热器（水侧）---50℃热水----用于卫生热水。

3、烟气系统流程：80℃热空气---TERMO 热管式换热器（空气侧）--- 60℃热空气---通过烟囱排放。

4、设计条件参数：

① 设备类型：干燥塔和烘干室

② 热源种类：废热空气

③ 热介质（废热空气）计算入口温度：80℃

④ 热介质（废热空气）计算出口温度：60℃

⑤ 热介质（废热空气）计算进口流量：12000Nm^3/h

⑥ 冷介质（水）侧进口计算温度：25℃

⑦ 冷介质（水）侧出口计算温度：50℃

⑧ 冷介质（水）计算进口流量：2.9t/h

5、TERMO 热管式换热器设计计算数据及投资估算：

序号	项　　目	单位	参　　数
1	热管式换热器型号	-	TRG-120/80/60/0.7/25/48-H/S/K
2	余热类别	-	换热器（H）：水（S）/废热空气（K）
3	空气侧工作压力	Pa	空气侧风机压力
4	标准工况空气总量	Nm^3/h	12000.0
5	空气进口温度	℃	80.0

6	空气出口温度	℃	60.0
7	水侧设计工作压力	MPa	0.7
8	热水流量	t/h	2.9
9	进水温度	℃	25.0
10	出水温度	℃	48.0
11	回收热量	kw	78.5
12	热管空气侧换热面积	m^2	230
13	外形参考尺寸 Ls	mm	1258
14	外形参考尺寸 Ws	mm	1200
15	外形参考尺寸 Hs	mm	2600
16	空气侧进/出口法兰距离 L_1	mm	1958
17	进/出水口径 DN_1/DN_2	mm	DN65/DN65
18	安全阀口径 DN_3	mm	DN40
19	空气侧排污口 DN_4	mm	DN50
20	空气侧排灰口 DN_5	mm	DN100
21	空气侧进/出口尺寸Φ	mm	600
22	水侧压降	kPa	2.2
23	空气侧压降	Pa	125.2
24	年运行时间	天/年	330
25	年回收总热量	GJ/年	2238.1
26	年节能量折算为标煤	吨/年	76.4
27	年减少 CO_2 排放量	吨/年	190.2

28	年节约燃料费用 (按照标煤价格计算）	万元/年	11.46
29	阻力增加电耗费用	万元/年	0.25
30	年节能费用	万元/年	11.21
31	设备投资回收期	月	10.6
32	热管材质	-	20#钢无缝钢管
33	翅片材质	-	铝
34	外壳材质	-	碳钢板/岩棉保温
35	数量	台	1
36	单价	万元/台	9.76
37	运费 （不包括保险、卸货、就位等费用）	万元/台	0.17
38	**热管式换热器设备总投资**	万元	9.93

11.5.2 余热利用生产供暖热水

1、本工艺是利用粉料制取和烘干坯件后的热空气余热及炉窑辊棒下面的热量用于生产供暖热水，即通过余热回收装置—TERMO 热管式换热器将粉料制取和烘干坯件后的热空气余热及炉窑辊棒下面的热量利用加热水用于供暖，减少燃料的消耗量，达到环保节能的目的。

2、水系统流程：供暖系统回水（40℃）---进入 TERMO 热管式换热器（水侧）---60℃热水----进入供暖系统。

3、废热空气系统流程：80℃热空气+150℃炉窑辊棒下面的热空气（折算空气温度为100℃）---TERMO 热管式换热器（废热空气侧）--- 60℃热空气---通过烟囱排放。

4、设计条件参数：

① 设备类型：干燥塔和烘干室及炉窑

② 热源种类：废热空气

③ 热介质（废热空气）计算入口温度：100℃

④ 热介质（废热空气）计算出口温度：60℃

⑤ 热介质（废热空气）计算进口流量：19500Nm³/h

⑥ 冷介质（水）侧进口计算温度：40℃

⑦ 冷介质（水）侧出口计算温度：60℃

⑧ 冷介质（水）计算进口流量：11t/h

5、TERMO 热管式换热器设计计算数据及投资估算：

序号	项　　目	单位	参　　数
1	热管式换热器型号	-	TRG-195/100/60/0.7/40/60-H/S/K
2	余热类别	-	换热器（H）：水（S）/废热空气（K）
3	空气侧工作压力	Pa	空气侧风机压力
4	标准工况空气总量	Nm^3/h	19500.0
5	空气进口温度	℃	100.0
6	空气出口温度	℃	60.0
7	水侧设计工作压力	MPa	0.7
8	热水流量	t/h	11.0
9	进水温度	℃	40.0
10	出水温度	℃	60.0
11	回收热量	kw	255.1
12	热管空气侧换热面积	m^2	650
13	外形参考尺寸 Ls	mm	1882
14	外形参考尺寸 Ws	mm	1740
15	外形参考尺寸 Hs	mm	2600
16	空气侧进/出口法兰距离 L_1	mm	2582
17	进/出水口径 DN_1/DN_2	mm	DN65/DN65

18	安全阀口径 DN_3	mm	DN40
19	空气侧排污口 DN_4	mm	DN50
20	空气侧排灰口 DN_5	mm	DN100
21	空气侧进/出口尺寸Φ	mm	700
22	水侧压降	kPa	42.0
23	空气侧压降	Pa	230.1
24	年运行时间	天/年	330
25	年回收总热量	GJ/年	7273.7
26	年节能量折算为标煤	吨/年	248.2
27	年减少 CO_2 排放量	吨/年	618.1
28	年节约燃料费用 (按照标煤价格计算）	万元/年	37.23
29	阻力增加电耗费用	万元/年	0.83
30	年节能费用	万元/年	36.40
31	设备投资回收期	月	7.4
32	热管材质	-	20#钢无缝钢管
33	翅片材质	-	铝
34	外壳材质	-	碳钢板/岩棉保温
35	数量	台	1
36	单价	万元/台	22.12
37	**热管式换热器设备总投资**	万元	22.12

第十二篇　TERMO 热管技术产品在其它工业行业余热利用节能分析

12.1 玻璃工业烟气余热利用节能分析

玻璃生产过程中，从池窑蓄热室、换热室（或换热器）出来的烟气一般在 500℃以下。这些烟气可以通过热管余热锅炉来产生蒸汽。蒸汽可用于加热和雾化重油、管道保温，以及生活取暖等。对于排烟量较大，温度较高的烟气，可通过热管余热锅炉产生较高压力的蒸汽（3.5MPa）用于蒸汽透平来发电，或者直接驱动透平空压机、风机、水泵等机械。

对于从工作池和供料道等处排出的烟气，气量少而温度高，可以采用少量的高温热管（工作温度＞650℃）来预热空气，当离炉烟气温度为 1000～1200℃，空气预热温度可达 400～500℃，节油效果可达 20%。在退火炉烟气的烟道中，以及退火炉缓冷带以后的部位都可以设制热管换热器以回收烟气的余热和玻璃制品的散热量来预热空气，作为助燃空气、干燥热源或车间取暖等的热源，都可以获得很好的节能效果。

当前国内玻璃窑炉所使用的燃料大多为重油和渣油，对于这种燃料的烟气余热回收应该特别注意热管蒸发段管外的积灰堵塞问题。经过若干年工业应用的实践，我公司已经积累了保证热管换热器能长期运行的方法，重要的一条设计原则是防止和避免一切可能引起灰堵的因素，以及在结构上确保清洗方便。

某玻璃厂由蓄热室排出的烟气温度为 420℃，烟气量为（标准状态）18000m^3/h，将烟气温度降到 220℃以下，回收的热量产生 0.6MPa（表压）的低压饱和蒸汽。

来自蓄热室的烟气进入热管式余热锅炉，从 420℃降到 220℃左右进入 TERMO 热管式换热器加热生活用水继续降温至 60℃左右排入烟囱，具体参数如下表。

该系统具有如下优越性：

① 烟气侧压力降小，可以满足工艺窑炉内负压的要求；

② 不容易积灰，设备具有热水冲洗装置，可以在线清洗；

③ 管壁温度可全部控制在烟气露点之上，避免结露及低温腐蚀；也可以采用耐腐蚀热管，烟气温度降到 60℃以下；

④ 可连续长期运转，单根热管破坏不影响设备运行；

⑤ 设备成本一年内回收。

序号	项　　目	单位	参　　数
1	热管式换热器型号	-	TRG-180/220/60/0.7/25/57-H/S/Y/M
2	余热类别	-	换热器（H），水（S）锅炉或陶瓷炉窑/烟气（Y），燃料：天然气（T）/煤或煤制气（M）
3	燃料种类		煤
4	烟气侧工作压力	MPa	烟气侧风机压力
5	标准工况烟气总量	Nm^3/h	18000.0
6	烟气进口温度	℃	220.0
7	烟气出口温度	℃	60.0
8	水侧工作压力	MPa	0.7
9	进水温度	℃	25.0
10	出水温度	℃	57.0
11	热水流量	t/h	24.9
12	回收热量	kw	1009.4
13	热管烟气侧换热面积	m^2	500
14	实际外形尺寸 Ls	mm	2152
15	实际外形尺寸 Ws	mm	1940
16	实际外形尺寸 Hs	mm	2537
17	烟气侧进/出口法兰距离 L_1	mm	2852

18	进/出水口径 DN_1/DN_2	mm	DN65/DN65
19	安全阀口径 DN_3	mm	DN40
20	烟气侧冷凝水排水口 DN_4	mm	DN80
21	烟气侧排污口Φ	mm	100
22	烟气侧进/出口尺寸Φ	mm	700
23	水侧压降	kPa	23.5
24	烟气侧压降	Pa	429.3
25	年运行时间	天/年	300
26	年回收总热量	GJ/年	26164.0
27	年节能量折算为标煤	吨/年	892.9
28	年减少 CO_2 排放量	吨/年	2223.3
29	年节约燃料费用	万元/年	133.93
30	阻力增加电耗费用	万元/年	1.27
31	年节能费用	万元/年	132.66
32	投资回收期	月	3.0
33	热管材质	-	ND 钢无缝钢管
34	翅片材质	-	ND 钢
35	外壳材质	-	普通钢板/岩棉保温

36	数量	台	1
37	单价	万元/台	32.05
38	运费（不包括保险、卸货、就位等费用）	万元/台	0.60
39	**热管式换热器设备总投资**	万元	32.65

12.2 水泥行业烟气余热利用节能分析

在水泥生产中，回转窑、冷却机、悬浮预热器、烘干机等都是重要的热工设备。在保证满足工艺条件要求的基础上，提高这些热工设备的热效率是水泥生产节能降耗的关键。根据近年来工业应用开发的实践，热管技术在以下几方面已获得了较为成功的应用。

12.2.1 窑尾冷却机的余热利用

水泥生产回转窑尾冷却机低温段排出的废气温度一般为 200～300℃，这部分余热的品位较低，它的最好用途是产生低压蒸汽，作为生活用水，冬天用来取暖和浴室用水；夏天可作为溴化锂制冷机的热源制取冷气供生产车间及生活区降温，或作为其他工段余热锅炉的换热器加热锅炉给水。

某厂φ3.5m×145 m 的水泥回转窑后配 1.37 m×30.48 m 炉篦振动式冷却机，废气排量为 52000Nm^3/h，废气温度约为 240℃，在烟道中安装热管式换热器一台，加热生活用水。

序号	项　　目	单位	参　　数
1	热管式换热器型号	-	TRG-520/240/80/0.7/25/57-H/S/Y/M
2	余热类别	-	锅炉或陶瓷炉窑/烟气（Y），燃料：天然气（T）/煤或煤制气（M）
3	燃料种类		煤
4	烟气侧工作压力	MPa	烟气侧风机压力

5	标准工况烟气总量	Nm^3/h	52000.0
6	烟气进口温度	℃	240.0
7	烟气出口温度	℃	80.0
8	水侧工作压力	MPa	0.7
9	进水温度	℃	25.0
10	出水温度	℃	57.0
11	热水流量	t/h	72.2
12	回收热量	kw	2931.8
13	热管烟气侧换热面积	m^2	1120
14	实际外形尺寸 Ls	mm	1752
15	实际外形尺寸 Ws	mm	2570
16	实际外形尺寸 Hs	mm	4617
17	烟气侧进/出口法兰距离 L_1	mm	2452
18	进/出水口径 DN_1/DN_2	mm	DN65/DN65
19	安全阀口径 DN_3	mm	DN40
20	烟气侧冷凝水排水口 DN_4	mm	DN80
21	烟气侧排污口Φ	mm	100
22	烟气侧进/出口尺寸Φ	mm	1100

23	水侧压降	kPa	41.1
24	烟气侧压降	Pa	361.7
25	年运行时间	天/年	300
26	年回收总热量	GJ/年	75991.1
27	年节能量折算为标煤	吨/年	2593.3
28	年减少 CO_2 排放量	吨/年	6457.4
29	年节约燃料费用	万元/年	389
30	阻力增加电耗费用	万元/年	3.33
31	年节能费用	万元/年	385.67
32	投资回收期	月	2.0
33	热管材质	-	ND 钢无缝钢管
34	翅片材质	-	ND 钢
35	外壳材质	-	普通钢板/岩棉保温
36	数量	台	1
37	单价	万元/台	62.84
38	运费（不包括保险、卸货、就位等费用）	万元/台	1.19
39	**热管式换热器设备总投资**	万元	64.03

12.2.2 小水泥窑尾废气余热利用

许多小水泥厂的烧成回转窑窑尾排出的废气温度在450～600℃左右，由于产量较小，废气量也比较少，一般均将回收的余热产生压力为0.3～0.8MPa的低压蒸汽供生产工艺或生活使用。从干法中空回转窑尾排出的废气经过旋风除尘后进入热管式余热锅炉，废气温度从600℃左右降至200℃以下，入布袋除尘器，经引风机排入烟囱。其优点是：

1、将高温废气降至200℃以下，可直接进入布袋除尘器；

2、每吨熟料可回收0.4～0.5吨的低压蒸汽；

3、结构紧凑压力降小，一般小于500Pa；

4、不易积灰，管壁温度可调整在烟气露点以上，可以达到自清灰目的。

【例】 某厂以磷石膏制取4万吨硫酸联产6万吨水泥，采用φ3m×88m的中空长窑生产水泥，窑尾废气流量12300Nm³/h，温度为450～500℃，在窑尾设置一台热管式蒸汽发生器（余热锅炉），将废气温度降至280℃去制酸系统。回收余热产生0.6MPa蒸汽，供生产和生活使用。

序号	项　　目	单　位	参　　数
1	热管式蒸汽发生器型号	-	TRG1.2-123/500/280/0.6-Z/S/Y/M
2	余热类别	-	蒸汽发生器（Z）：水（S）/烟气（Y）
3	燃料种类		煤（M）/天然气（T）
4	烟气侧工作压力	Pa	烟气侧风机压力
5	标准工况烟气总量	Nm³/h	12300.0
6	烟气进口温度	℃	500.0
7	烟气出口温度	℃	280.0
8	水侧设计工作压力（绝对压力）	MPa	0.6
9	热水流量(蒸发量)	t/h	1.19

10	进水温度	℃	159.0
11	饱和蒸汽温度	℃	159.0
12	回收热量	kw	1008.6
13	蒸汽量（计算值）	kg/h	1185.5
14	热管烟气侧换热面积	m^2	302.0
15	蒸汽（水）侧罐体外径ϕ	m	1.400
16	外形尺寸-烟气侧长度	m	2.152
17	外形尺寸-烟气侧包括变径接头法兰长度	m	2.352
18	外形尺寸-罐体包括封头长度	m	2.932
19	外形尺寸-宽度	m	1.680
20	外形尺寸-高度	m	3.140
21	给水口径 DN_1	mm	DN40
22	蒸汽出口 DN_2	mm	DN80
23	安全阀口径 DN_3	mm	2*DN80
24	水侧排污口/连续排污口 DN_4	mm	2*DN40
25	备用口 1/2 及放空口	mm	3*DN40
26	烟气侧排灰口 DN_5	mm	DN200
27	烟气侧声波吹灰器接口 DN_6	mm	2*DN200
28	远程（现场）磁翻板液位计口	mm	2*DN25

29	水侧人孔	mm	DN400
30	烟气侧人孔	mm	DN400
31	远程/现场压力表口（内螺纹）	mm	2*DN15
32	远程/现场温度计口（内螺纹）	mm	2*DN15
33	烟气侧进/出口法兰宽度	mm	1600
34	烟气侧进/出口法兰高度	mm	1660
35	水侧压降	kPa	-
36	烟气侧压降	Pa	418.7
37	年运行时间	天/年	300
38	年回收总热量	GJ/年	26143.1
39	年节能量折算为标煤	吨/年	892.2
40	年减少 CO_2 排放量	吨/年	2221.5
41	标煤参考价格（根据神木动力煤最近价格折算）	元/吨	851.7
42	年节约燃料费用(按照标煤参考价格计算）	万元/年	75.99
43	阻力增加电耗费用	万元/年	0.79
44	年节能费用	万元/年	75.20
45	设备投资回收期	月	5.9
46	单台设备参考质量	吨	9.2
47	热管材质	-	20#钢无缝钢管

48	翅片材质	-	08AL
49	锅筒/封头材质	-	Q345R
50	废热侧内侧壳体材质	-	Q235B
51	外侧壳体及保温材质	-	304 不锈钢/硅酸盐保温棉
52	数量	台	1
53	单价	万元/台	36.60
54	运费（不包括保险、卸货、就位等费用）	万元/台	0.60
55	**热管式蒸汽发生器设备总投资**	万元	37.20

12.2.3 大型窑尾废气的余热利用

水泥生产中锻烧熟料的回转窑窑尾废气排出的温度一般在 900～1000℃左右，每吨熟料废气量约为（标准状态）1.658 Nm^3。该废气的主要用途一般用作悬浮物预热器的热源，预热入窑的生料粉；另一种用途是与窑尾冷却机的热空气混合进入窑外分解的分解炉；也有将窑尾废气用于发电等其他用途；在前面两种用途中，由于废气直接进入预热器和分解炉，常常带来两个问题。

1、当作为悬浮预热器的热源时，窑尾废气的利用受到了燃料品种和煅烧原料成分的限制。因为当燃烧燃料品种内含硫量较高或原料中含碱、氯成分过多时，物料和燃料中挥发出来的、氯、硫和废气一起进入预热器内，承随着废气温度的降低，这些挥发成分绝大部分冷凝成细雾，被生料所吸附或者吸收，又带回窑内，这样反复进行，形成了一个预热器和窑炉之间的内部循环，使氯、碱、硫的化合物富集起来。当窑尾温度达到一定数值时，富集了的氯、碱和硫化合物在低温下溶融，使生料粉黏附在废气管道内部，随着温度的上升，粉尘黏附的数量和硬度也不断增加，最后出现系统风道堵塞；

2、当窑尾高温废气不作为预热器热源而直接与二次风混合进入分解炉时，虽然能充分利用废气的热量，但因废气中含氧量很代，与二次风混合后降低了二次风的含氧浓度，不利于

燃料的充分燃烧。显温高效体积紧凑的气-气热管换热器，用新鲜的空气将窑尾高温废气的热量取出作为高温热风就可以避免以上问题的产生。由回转窑出来的窑尾废气约为 950～1050℃，进入高温热管换热器的蒸发段，将热量传递给高温热管，降温后的废气温度仍在600℃以上。如果燃料含硫量不高则可再次进入预热器系统作为预热生料的热源，如原料含硫量高则可作为其他热源使用。由冷却机出来的二次风温度约为 600～700℃（温度的高低与冷却机的结构形式有关），进入高温热管换热器的冷凝段。由高温热管传来的热量将二次风的温度进一步提高到 750～850℃，进入分解炉。这样既利用了高温废气高品位余热，又不致于降低二次风中的含氧量。由于入炉的二次风温度提高，含氧量高，因而入分解炉的燃料可以充分燃烧，大大节省燃料，达到节能的效果。

12.2.4 水泥旋窑窑体表面的余热回收

水泥旋窑工作时烧成段窑体表面温度达 300-350℃，目前都采用风冷降温，大量的热能直接散发到大气中，这不仅浪费了大量的热能，也造成了窑体周围的高温污染。窑体表面散失的热能是可以回收利用的，可以采用集热式窑体表面余热回收系统。根据企业的需要，将回收的热能加热水或空气，热水可供生活和制冷，热空气可供烘干用。既能降低窑体温度又节省了加热水或空气所需的燃料费、风扇电费，减少粉尘和二氧化碳排放。节能环保一举两得，改造投资一年内可以全部收回，经济效率十分显著。

12.3 钢铁行业烟气余热利用节能分析

钢铁生产中会产生各种余热资源。随着钢铁生产流程的逐步优化和能耗的不断下降，余热利用将是钢铁业节能主战场。钢铁行业能耗约占全国工业总能耗的 16%左右，其中余热资源约占 37%，节能空间大。据统计，我国大中型企业吨钢产生的余热总量为 8.44GJ，约占吨钢能耗的 37%，其中最终产品或中间产品所携带的显热约占余热总量的 39%，各种熔渣的显热约占 9%，各种废(烟)气占 37%，冷却水携带的物理热约占 15%，余热资源丰富。

近年来，我国大型钢铁联合企业余热、余能资源的回收利用水平虽然有较大提高，但与国际先进水平相比仍有很大差距。国外先进钢铁企业余热余能的回收利用率平均达 80%，有的在 90%以上，如日本新日铁高达 92%。而我国大中型钢铁企业余热资源的利用率大约为30%~50%。如果加上其他中小型钢铁厂，全国平均水平则更低。这主要是因为我国钢铁企业

各生产工序余热和余能回收效率低且数量不足、能量利用效率低、余热回收利用关键技术研发滞后、关键设备依赖进口、投资大影响企业积极性等。

当前，在钢铁行业面临产能过剩、结构调整、资源能源成本和环保代价日益加大，回收余热、余能越来越受到关注，成为钢铁企业节能降耗、降低成本的重要把手。科学、合理地回收利用钢铁生产中的余热、余能资源，开发先进适用的技术与装备，是未来钢铁企业节能的主要方向和潜力所在。

在钢铁行业中，余热可回收利用的部位有 7 处，是余热利用的主战场，其中重点部位有氧气转炉余热发电、烧结余热发电和干熄焦余热发电。

氧气转炉余热锅炉：氧气转炉余热锅炉的运行环境较恶劣，使用寿命较短，平均 3 年~5 年就需要更新。目前，按国内约有 1000 家钢铁企业计算，根据估算氧气转炉余热锅炉的国内需求量每年约 350 台/套；按照每套 250 万元的价格测算，每年约 8.75 亿元，未来 5 年国内市场容量约 44 亿元。

烧结余热锅炉：工信部计划用 3 年时间投资超过 50 亿元，在全国 37 家重点钢铁企业对 82 台烧结机推广实施烧结余热发电技术。加上其他钢铁企业的需求，预计烧结余热锅炉需求量每年约 50 台/套。按每套 800 万元测算，未来 5 年烧结余热锅炉市场销售额可达到 20 亿元。

干熄焦余热锅炉：干熄焦余热回收系统可回收红焦显热 83%左右，使炼焦过程的热效率提高 10%以上。全国焦化企业数量在 1000 家左右，目前干熄焦锅炉配置比例约 20%，未来提升空间大。预计未来 5 年我国干熄焦余热锅炉的总需求量约为 200 台，按照 1300 万元/台的价格测算，未来 5 年市场容量约 26 亿元。

第十三篇　酚水无害化处理节能解决方案（1）（利用煤气余热）

13.1 项目概述、工艺流程和技术特点

1、本项目是通过 TERMO 酚水无害化处理技术处理二段式煤气发生炉及陶瓷炉窑产生的酚水，数量每天 5.0 吨左右。设计按照>=210kg/h 处理。要求投资最经济，运行费用低，实现酚水等污染物零排放，环保达标。

2、工艺流程：TERMO 酚水蒸发器是利用煤气发生炉下段高温煤气（450℃左右）余热加热酚水，产生的汽-水（含泡沫）混合物在汽水分离器内完成汽水分离并除沫，除沫后含酚的饱和水蒸气送入煤气发生炉直接焚烧或作为气化剂，实现含酚废水零排放，满足污染物排放环保要求。

TERMO 酚水蒸发器在处理含酚污水的同时，又使高温煤气余热得到充分利用，既节约了能源又避免了污染。由于蒸发酚水利用了高温煤气的余热，可以减轻室外风冷器负荷，减少热损失及热污染，同时可以让这部分余热带入煤气发生炉中，提高了煤气发生炉热效率，节能又环保。同时，酚水蒸汽管道系统采用特殊的除沫工艺，汽水分离器自带除沫装置并采用特殊的安装方式，均有利于系统工作的稳定性，并便于检修。

3、技术特点：汽水分离器与热管式酚水蒸发器设备本体自成一体，并自带除沫装置，可以减少并排出酚水汽化过程中产生的泡沫；TERMO 热管式酚水蒸发器采用热管技术，煤气侧由于含尘量较大，应采用光管，这样不易积灰，也容易清灰；同时酚水侧高于液位面的热管对蒸汽可充分加热，提高换热效率和余热利用率。

13.2 酚水无害化处理技术

在生产煤制气及炉窑运行过程中，会伴随着硫化氢、焦油、酚水等污染物的产生。其中酚水是一种成分复杂的污染物，它主要由酚类、硫化物、氰化物等组成。酚水的排放严重地影响着环境和人类的生活及健康，随着国家对环保的要求越来越严，各地对酚水的污染治理也逐步加大，其排放指标也日趋严格。

目前对于含酚污水的处理可分为物理化学法和生化法，包括蒸雾化学脱酚法、蒸汽脱酚法、焚烧法、树脂脱酚法、生化法等，对于煤气发生炉及炉窑产生的含酚污水处理最常见的方法是蒸发处理法和焚烧法。蒸发处理法是利用蒸发器对酚水进行加热、汽化，将酚水缩量后再进行处理；而焚烧处理法是将含酚污水喷入焚烧炉，使酚类有机物在 800℃以上的高温下，发生氧化反应，最终生成 CO_2 和 H_2O 排放。

对于直接将酚水喷入煤制气发生炉内进行酚水焚烧处理的办法，喷入的酚水不仅对煤制气发生炉的运行造成不利的影响，而且由于其酚水蒸发利用的仍然是炉内的有效热量，会导致能耗的增加。根据已发表的资料看，以上不论是采用物理化学法还是生化法都存在着设备投资较大、能源消耗较高、运行成本较高等缺点。

TERMO 酚水无害化处理技术采用 TERMO 热管式酚水蒸发器利用下段高温煤气余热将含酚废水汽化，饱和酚水蒸汽进入煤气发生炉内通过焚烧实现无害化处理的目的。高浓度酚水及污泥渣可以与煤气发生炉粉煤混合利用型煤粘合剂生产型煤，利用炉窑烟气或煤气余热将空气加热后用于烘干酚水污泥渣型煤，最后干燥后的酚水污泥型煤可以与气化用块煤混合后进入煤气发生炉生产煤气（该工艺可选）。该技术实质是对含酚废水中的酚及污泥渣等有机物进行高温燃烧氧化，使有机物转化为无害的 H_2O、CO_2 等小分子。当含酚废水中除酚外，还含有多种其它高浓度有机污染物及焦油残余，组成复杂，使酚的回收困难或不经济时，采用 TERMO 酚水无害化处理技术处理煤气站和炉窑产生的酚水，可以实现污水零排放，而且设备投资省，经济又环保。

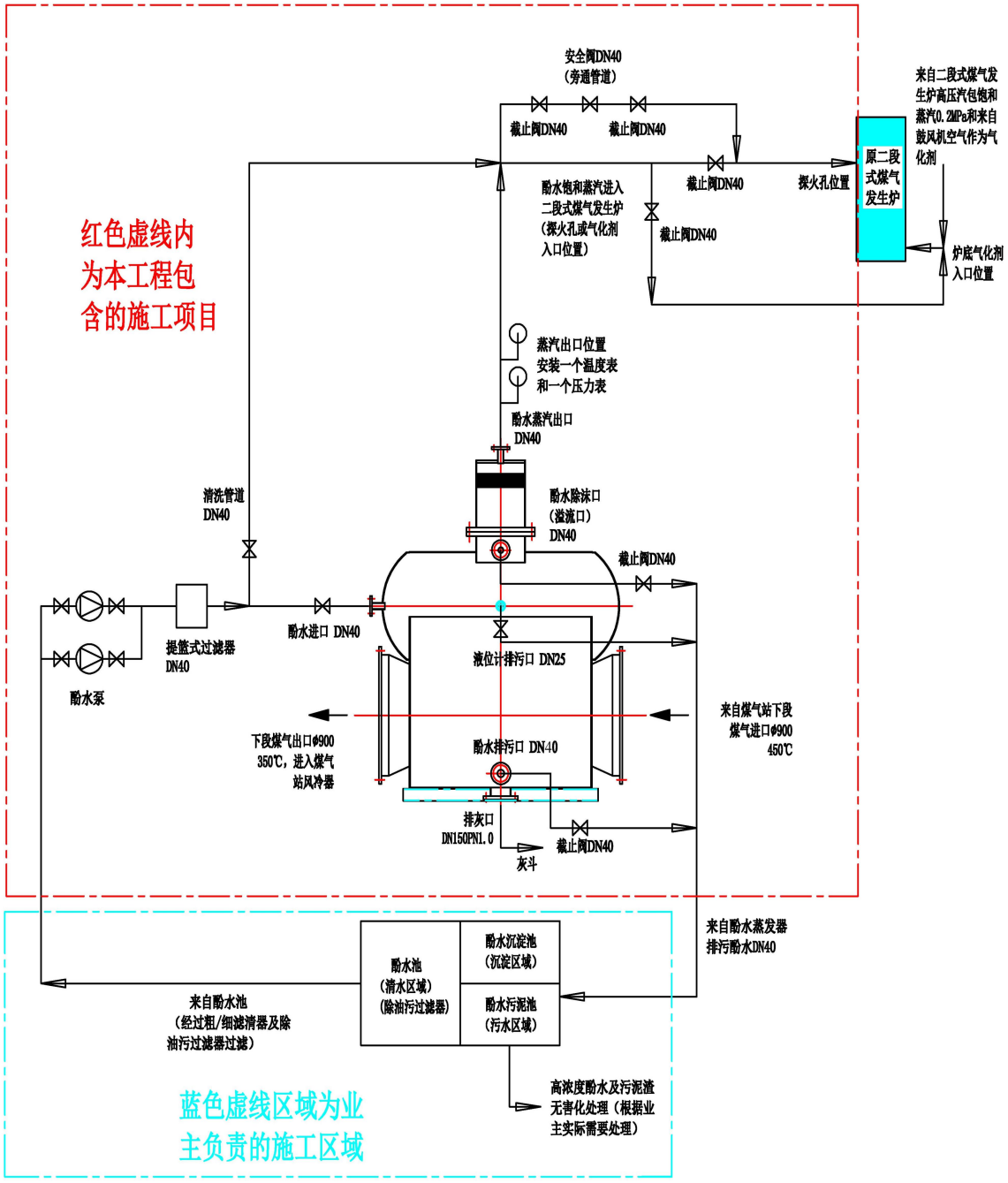
13.3 热管式酚水蒸发器工作原理

TERMO 热管式酚水蒸发器使用的传热元件为重力热管，工作原理是将无缝钢管的两端密闭，将管内制成高度真空并充装传热介质（简称工质），将热管的一端（下部）插入煤气中，此段称为吸热段；将另一端（上部）插入酚水中，此段称为放热段。

由于热管内高度真空，所以工质受热极易汽化，当热管下部吸热段受高温煤气冲刷吸收热量而传导给热管内的工质后，工质受热汽化携带热焓冲向散热段，释放汽化潜热，酚水侧的酚水得到加热，产出酚水蒸汽，而热管内的工质在释放完潜热后恢复成液态，靠重力又回流到吸热段，就这样循环往复连续不断的把热量由吸热段传至放热段。由于热管内呈真空状态，而且靠工质的相变而传热，因此，管内传热热阻很小，热管式酚水蒸发器就能在较小的温差下，获得很高的传热效率。

对于含尘量较大的高温煤气，一方面可以采用光管或开齿螺旋翅片，以防止粉尘在热管翅片上的积累；另一方面可以采用声波吹灰器，彻底清除热管表面的粉尘，保持热管的换热效率；也可以采用高压水在线/离线清洗方式；也可以采用高压水/压缩空气定期清洗方式。

13.4 酚水无害化处理工艺流程图



13.5 热管式酚水蒸发器主要技术参数及经济分析

序号	项　　目	单 位	参　　数
1	热管式酚水蒸发器（非压力容器）型号	-	TRG0.21-4.1/450/330/0.17-Z/S/M
2	余热设备/类别		煤气发生炉/煤气
3	酚水处理量/工作时间	t/d	5.0
		h	24.0
		kg/h	210.0
4	煤气站每日平均耗煤量	t/d	50.0
5	标准工况煤气量(下段煤气)	Nm^3/h	4125.0
6	煤气进口温度（业主提供）	℃	450.0
7	煤气出口温度	℃	330.0
8	酚水进口温度	℃	30.0
9	酚水饱和蒸汽压力（绝对压力）	MPa	0.17
10	饱和水/饱和蒸汽温度（绝对压力）	℃	115.00
11	酚水定性温度	℃	72.5
12	酚水密度（参照水的物性参数）	kg/m^3	976.30
13	酚水定压比热容	kj/(kg.℃)	4.189
14	酚水饱和蒸汽焓	kj/kg	2699.5

15	酚水由进口温度加热到饱和水温度需要热量 Q_1	kw	20.8
16	转化为水蒸汽需要热量 Q_2	kw	157.5
17	酚水汽化需要总热量	kw	178.2
18	酚水蒸发器效率(外侧保温)		85.0%
19	酚水汽化实际需要总热量	kw	209.70
20	每吨酚水蒸汽耗煤量(热效率按照 80%计算)	kg/吨蒸汽	134.5
21	气化煤价格（根据市场价格确定，供参考）	元/吨	1000
22	酚水蒸汽成本价格（根据气化煤价格计算）	元/吨蒸汽	134.5
23	每小时节能费用	元/h	28.3
24	每天节能费用	元/天	678.1
25	设备全年运行时间	天/年	330
26	设备投资回收期	月	14.6
27	实际外形尺寸-罐体侧长度 Lsg	m	2.860
28	实际外形尺寸-煤气侧长度 Lsm	m	2.710
29	实际外形尺寸-本体宽度 Ws	m	1.016
30	实际外形尺寸-本体高度 Hs	m	2.988
31	热管煤气侧换热面积	m^2	25.0
32	酚水罐体最大容积	m^3	2.29

33	设备全部法兰采用标准法兰承压选型	MPa	1.0
34	酚水进口 DN1	mm	DN40PN1.0
35	酚水出口（排污口）DN_2	mm	DN40PN1.0
36	酚水除沫口（溢流口）DN_3	mm	DN40PN1.0
37	酚水蒸汽出口 DN_4	mm	DN50PN1.0
38	煤气侧排灰口 DN_5	mm	DN150PN1.0
39	液位计接口 DN_6	mm	2×DN25PN1.0
40	煤气侧检修孔（人孔）尺寸 DN_7	mm	2×DN300PN1.0
41	酚水侧检修孔（人孔）尺寸 DN_8	mm	DN400PN1.0
42	汽水分离器（带除沫装置）	mm	DN400*500PN1.0
43	煤气进/出口侧法兰		按照标准选用或自制 PN1.0
44	煤气进/出口尺寸ϕ	mm	900
45	酚水侧压降及沿程阻力	Pa	≤50.0
46	煤气侧压降及沿程阻力	Pa	≤200.0
47	热管材质	----	316L 不锈钢
48	酚水侧（包含罐体、封头、各进出口法兰、汽水分离器及除沫装置)材质	----	316L 不锈钢
49	煤气侧(包含进出口接头、侧面壳体、底板、凹型漏斗、地脚槽钢、排灰口法兰) 及吊耳材质	----	304 不锈钢
50	液位计材质	----	316L 不锈钢

51	数量	台	1
52	酚水蒸发器	万元/台	19.95
53	电控箱（PLC）	万元	5.00
54	磁翻板液位计	万元/台	0.50
55	汽水分离器(包含内置除沫装置)	万元/台	1.00
56	运费（不包括保险、卸货、就位等费用）	万元/台	0.71
57	**酚水蒸发器（包含液位计）价格总计（含普税）**	万元	27.16

13.6 结论

① TERMO 酚水无害化处理技术可以实现陶瓷企业煤气站及炉窑污水零排放，酚水 100%无害化处理，满足环保排放指标要求。

② TERMO 热管式酚水蒸发器设备技术经济性好，投资回收期短，节能又环保。

③ TERMO 热管式酚水蒸发器可以根据现场实际情况设计，体积较小，安装方便，能够最大限度满足场地位置紧张等需求。

第十四篇　酚水无害化处理节能解决方案（2）（利用自产蒸汽）

14.1 项目概述、工艺流程和技术特点

1、本项目是通过 TERMO 酚水无害化处理技术处理二段式煤气发生炉及陶瓷炉窑产生的酚水，数量每天 5.0 吨左右。设计按照每天 24 小时（即 210kg/h）运行处理。要求投资最经济，运行费用低，实现酚水等污染物零排放，环保达标。

2、工艺流程：TERMO 酚水蒸发器是利用煤气发生炉自产 0.2MPa 蒸汽加热酚水，产生的汽-水（含泡沫）混合物在酚水蒸发器内完成汽水分离并除沫，除沫后含酚的饱和水蒸气送入煤气发生炉作为气化剂使用或进入煤气发生炉焚烧处理，部分含酚蒸汽冷凝水收集后并入酚水池处理（确保含酚废水零排放，满足污染物排放环保要求）。

3、主要技术特点：酚水蒸发器自带除沫装置，可以减少并排出酚水汽化过程中产生的泡沫；换热管束采用盘管技术，可以减少酚水蒸发器体积，对蒸汽可充分加热，提高换热效率和蒸汽热利用率。

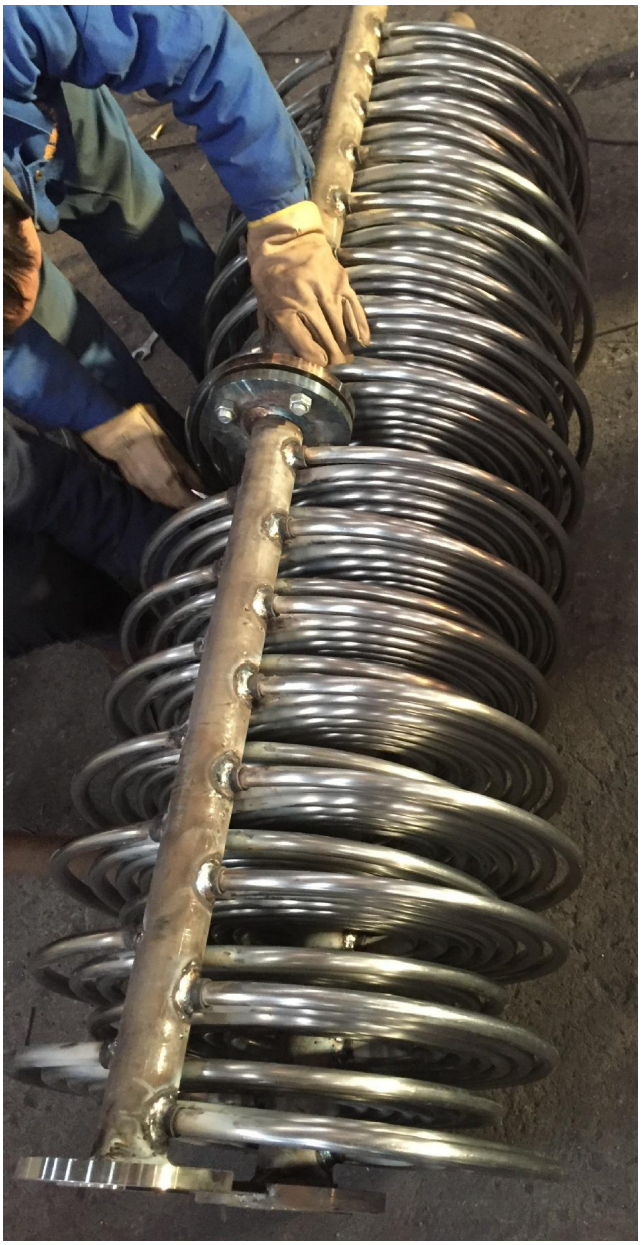
14.2 酚水无害化处理技术

在生产煤制气及炉窑运行过程中，会伴随着硫化氢、焦油、酚水等污染物的产生。其中酚水是一种成分复杂的污染物，它主要由酚类、硫化物、氰化物等组成。酚水的排放严重地影响着环境和人类的生活及健康，随着国家对环保的要求越来越严，各地对酚水的污染治理也逐步加大，其排放指标也日趋严格。

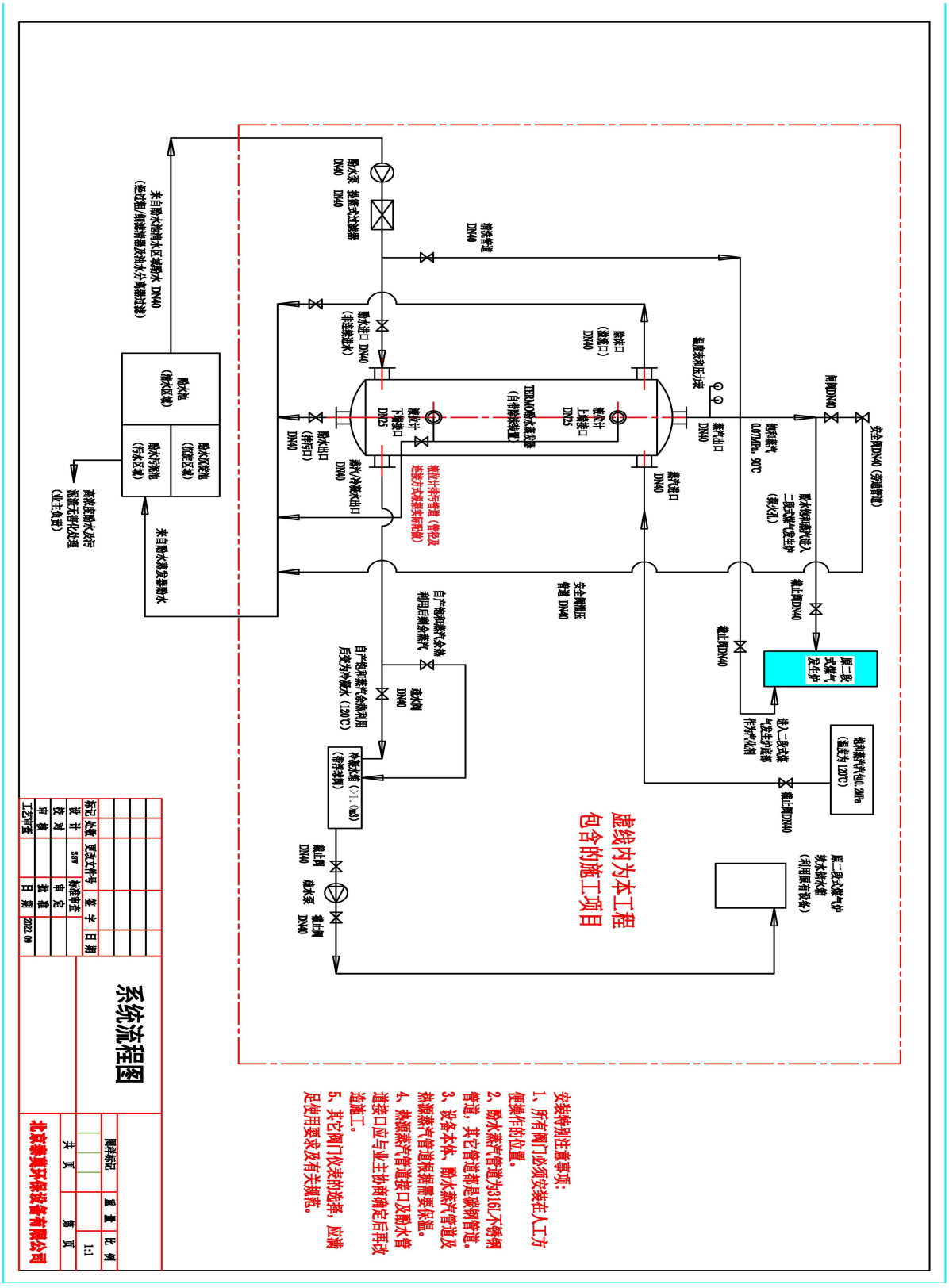
目前对于含酚污水的处理可分为物理化学法和生化法，包括蒸雾化学脱酚法、蒸汽脱酚法、焚烧法、树脂脱酚法、生化法等，对于煤气发生炉及炉窑产生的含酚污水处理最常见的方法是蒸发处理法和焚烧法。蒸发处理法是利用蒸发器对酚水进行加热、汽化，将酚水缩量后再进行处理；而焚烧处理法是将含酚污水喷入焚烧炉，使酚类有机物在 800℃以上的高温下，发生氧化反应，最终生成 CO_2 和 H_2O 排放。

对于直接将酚水喷入煤制气发生炉内进行酚水焚烧处理的办法，喷入的酚水不仅对煤制气发生炉的运行造成不利的影响，而且由于其酚水蒸发利用的仍然是炉内的有效热量，会导致能耗的增加。根据已发表的资料看，以上不论是采用物理化学法还是生化法都存在着设备投资较大、能源消耗较高、运行成本较高等缺点。

TERMO 酚水无害化处理技术采用 TERMO 酚水蒸发器利用二段式煤气发生炉自产蒸汽作为热源，将含酚废水汽化后用于二段式煤气发生炉作为气化剂，然后将高浓度酚水及污泥渣（也可以根据业主单位实际情况采用其它处理办法）与煤气发生炉粉煤混合利用型煤粘合剂生产型煤，同时可以利用炉窑烟气余热加热的空气烘干用于煤气发生炉。其实质是对含酚废水中的酚等有机物进行高温燃烧氧化，使有机物转化为无害的 H_2O、CO_2 等小分子。当含酚废水中除酚外，还含有多种其它高浓度有机污染物，组成复杂，使酚的回收困难或不经济时，可考虑采用 TERMO 酚水无害化处理技术处理煤气站和炉窑产生的酚水，可以实现污水零排放，而且设备投资省，经济又环保。详见工艺流程图。



14.3 酚水无害化处理工艺流程图



14.4 盘管式酚水蒸发器主要技术经济分析

序号	项　　目	单 位	参　　数
1	酚水蒸发器（非压力容器） 型号	-	TPG0.32-0.25/0.45/0.17-Z/S/Z
2	余热设备/类别		煤气发生炉/蒸汽
3	酚水处理量	t/d	5.0
		h	16.0
		kg/h	320.0
4	饱和酚水蒸汽设计压力（绝对压力）（表压<0.1MPa）	MPa	0.17
5	酚水汽化需要饱和蒸汽量（煤气发生炉自产蒸汽）	kg/h	452.4
6	蒸汽压力（绝对压力）	MPa	0.25
7	饱和蒸汽温度（进口）	℃	127.0
8	饱和水温度（出口）	℃	127.0
9	饱和蒸汽焓	kj/kg	2716.1
10	常温酚水进口温度	℃	30.0
11	饱和酚水/饱和酚水蒸汽温度	℃	115.0
12	酚水饱和蒸汽焓	kj/kg	2716.1
13	酚水蒸汽密度	kg/m^3	0.9743
14	酚水蒸汽流速	m/s	35.8

15	酚水蒸发器效率		80.0%
16	饱和酚水转化为饱和蒸汽需要热量 Q_1	kw	241.4
17	酚水由进口温度加热到饱和水温度需要热量 Q2	kw	31.7
18	酚水汽化需要总热量 Q	kw	341.4
19	酚水蒸发器换热面积	m^2	12.0
20	酚水蒸发器最大容积	m^3	4.83
21	酚水蒸发器有效容积（液位计高/低水位之间容积）	m^3	1.98
22	酚水蒸发器最大储水量	kg	4812.0
23	筒体直径（外径）ϕ	m	1.608
24	筒体高度 Hs	m	2.150
25	总高度（包含封头及法兰）Hz	m	3.000
26	标准法兰设计压力	MPa	1.0
27	酚水进口 DN_1	mm	DN40PN1.0
28	酚水出口（排污口）DN_2	mm	DN40PN1.0
29	酚水蒸汽出口 DN_4	mm	DN50PN1.0
30	液位计接口 DN_5	mm	2×DN25PN1.0
31	蒸汽进/出口 DN_6	mm	2×DN40PN1.0
32	检修孔（人孔）尺寸 DN_7	mm	2×DN400

33	加热用蒸汽侧压降及沿程阻力	kPa	10.8
34	换热管及设备内部蒸汽管道材质	----	316L 不锈钢
35	外壳、封头、法兰、除沫器等材质	----	316L 不锈钢
36	液位计材质	----	316L 不锈钢
37	数量	台	1
38	酚水蒸发器单价	万元/台	13.06
39	电控箱（PLC）	万元	5.00
40	磁翻板液位计	万元/台	0.50
41	汽水分离器(包含内置除沫装置)	万元/台	1.00
42	运费（不包括保险、卸货、就位等费用）	万元/台	0.32
43	**酚水蒸发器（包含液位计）价格总计（含普税）**	万元	19.88

14.5 结论

① TERMO 酚水无害化处理技术可以实现陶瓷企业煤气站及炉窑污水零排放，酚水100%无害化处理，满足环保排放指标要求。

② 该项目需投资 1 台 TERMO 盘管式酚水蒸发器设备，以及酚水池局部改造、酚水过滤器、PLC 电控柜、酚水泵、疏水泵、冷凝水箱、液位计、管道、阀门、仪表、设备安装及管道保温等工程项。

③ TERMO 盘管式酚水蒸发器设备技术经济性好，投资回收期短，节能又环保。

④ TERMO 盘管式酚水蒸发器设备采用非压力容器标准设计可以节省设计、制造、监检、压力试验及年检等费用，运行安全性有保障。