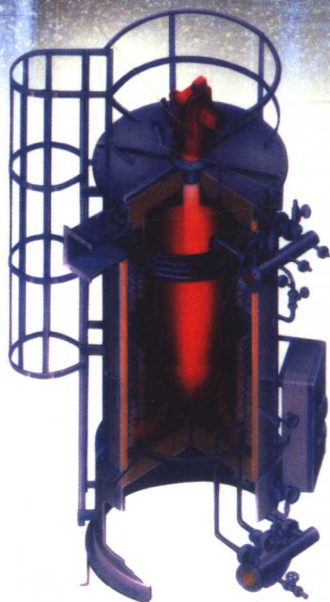


载热体手册

〔日〕综研化学株式会社
《载热体手册》编辑委员会

编著



中国科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

载热体手册/日本综研化学株式会社《载热体手册》编委会编著. —北京: 中国科学技术出版社, 1996. 9

ISBN 7-5046-2257-5

I. 载… II. 日… III. 加热-设备-手册 IV. TK17-62
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 15675 号

熱媒体ハンドブック
《熱媒体ハンドブック》編輯委員會
載熱體手冊
〔日〕綜研化學株式會社 編著
《載熱體手冊》編輯委員會

*

中国科学技术出版社
北京市中关村南大街 16 号 邮政编码: 100081
电话: 010-62103210 传真: 010-62183872
<http://www.kjpbooks.com.cn>
科学普及出版社发行部发行
北京长宁印刷有限公司印刷

*

开本: 889 毫米×1194 毫米 1/32 印张: 7.5 字数: 250 千字
1996 年 8 月第 1 版 2005 年 11 月第 2 次印刷
印数: 5 001-15 000 册 定价: 28.00 元

(凡购买本社的图书, 如有缺页、倒页、
脱页者, 本社发行部负责调换)

内 容 提 要

本书共分四大部分。第一部分对载热体和加热系统及其应用进行了扼要的介绍；第二部分详细地阐述了载热体加热系统的基础、加热炉及其系统的设计、采用计划、运行管理及设备维修等；第三部分介绍了载热体的种类和特征、载热体的选择及注意事项等；第四部分为附录，介绍了载热体的历史和燃油及燃气锅炉的燃烧设备构造与管理技术规范，并以列表的形式给出了主要载热体的物性值和使用温度范围等。

本书可供石油、化工、冶金、轻工等行业的工程技术人员及大专院校的师生们参考。

〔日〕《载热体手册》编辑委员会

主任：内田 伸雄

委员：猪股 麒一郎 铃木 秀明

吉野 重行 涉谷 芳雄

〔日〕《载热体手册》著者

目录：仲谷 茂树

载热体加热系统：吉野 重行 佐藤 武雄

别所 信次 山岸 幸一郎

森住 昌雄 有川 重人

城野 三千男 铃木 远雄

载热体：浅见 彰 猪股 麒一郎 涉谷 芳雄

责任编辑：杨 艳

封面设计：赵一东

责任校对：林 华

责任印制：安利平

序

中文版《载热体手册》于 1996 年在中国初版发行。它是在日本出版的日文版《载热体手册》的中译本。这本手册是从 1952 年以来在加热炉与载热体领域长期积累了丰富经验的日本综研化学的技术人员专门为使用这方面产品的用户而编写的简明易懂的工具书。

时过 6 年，这本手册在中国已经为众多的技术人员所利用。这一次再版，除了加上了部分最近的信息之外，还重新设计了封面和版本。我们希望能通过这本手册帮助正在使用中的用户或是准备采用热媒技术的用户能更好地有效建立和完善他们的热媒加热系统，若能以此有助于中国化学工业的进一步发展，则更是令我们感到分外荣幸。

现在，出色地应用于高温热媒加热系统的导热油产品 Neo SK - OIL1400 在辽宁省盘锦市的辽河综研化学有限公司生产销售并有大量产品出口到日本和其他国家。另外有着丰富制造经验的常州综研加热炉有限公司引进了本会在日本拥有 2500 台交货业绩的大型燃油盘管式加热炉的技术，以高新技术确保高质量制造大型炉。

本书的读者还可以向上面两家公司咨询，相信会得到技术人员的热情回复。

综研化学株式会社
代表取缔役社长

中島幹

2002 年 5 月

前 言

载热体加热技术在工业生产领域有着广泛的应用。而载热体加热系统的操作及管理在生产流程中占有重要的位置。目前有关载热体加热系统的安全操作运行、节能、环境保护以及经济性问题已经受到重视并成为评价系统性能的基本指标。然而关于使用载热体及其加热系统的书籍却尚未见到。日本的现状是各厂家和用户根据自己的技术经验，自行设计和操作管理。

本书以载热体加热系统的规划管理人员和操作技术人员为对象，系统地讲述了载热体加热炉的采用、载热体的选择、系统设计、有关法规、经济评价、操作运行及运行管理、设备的维修与保全等各方面的知识。

本书的作者都是本公司各部门的专业技术人员，我们在总结了本公司多年积累的经验的基礎上，从实际应用出发编写了本书。

本书中译本承蒙中国化工建设总公司文安清先生校对；中国化工学会杨宜年先生协助编审，得以顺利出版，深表谢意。有关《载热体手册》中译本的出版许可，已由日本国综研化学株式会社代表取缔役社长中岛幹以《载热体手册》日文版原著作权所有人代表名义，同意将上述著作中译本在中国出版发行。本书中文版的问世，若能对中国广大读者提供参考价值，我们将不胜荣幸。

综研化学株式会社
《载热体手册》编委会
1996年5月30日

目 录

第一章 绪 论	(1)
第一节 载热体和载热体加热系统	(1)
一、载热体	(1)
二、载热体加热系统	(2)
第二节 载热体加热系统的应用	(4)
第二章 载热体加热系统	(6)
第一节 载热体加热系统的基础	(7)
一、载热体加热炉的类型和特点	(7)
二、载热体加热系统的类型	(15)
三、载热体加热系统的安全性	(23)
四、燃料及燃烧技术	(24)
第二节 载热体加热炉设备的设计	(34)
一、载热体加热炉	(34)
二、闪蒸罐	(40)
三、循环泵	(48)
四、烟囱及烟道	(50)
五、空气预热器 (APH)	(56)
六、燃烧器及燃烧用空气鼓风机	(59)
七、配套设备的设计	(60)
八、载热体的连续再生装置	(66)
九、载热体加热炉设备的控制和计量仪表	(67)
十、载热体贮槽	(76)

十一、载热体加热炉热效率的计算	(77)
第三节 载热体加热系统的设计	(78)
一、使用端的特性和载热体加热系统的设计	(79)
二、载热体加热炉设备的能力和载热体的循环量	(81)
三、设备布置及配管设计	(82)
四、主要使用端设备的传热	(85)
五、载热体在使用端设备热损失的计算	(94)
六、配管及主要使用端设备的压力损失	(97)
七、载热体设备的热冲击和配管的热应力	(103)
第四节 载热体加热系统的采用计划	(112)
一、计划的研讨确定	(112)
二、与载热体加热炉设备有关的法规和申请手续	(123)
三、经济性的评价	(133)
第五节 载热体加热炉设备的操作运行和运行管理	(143)
一、运行前的准备工作	(143)
二、运行开始和运行管理	(148)
三、紧急停车和再启动	(149)
第六节 载热体加热炉设备的检查、维修	(150)
一、日常检查	(151)
二、定期检修 (需停止运行)	(152)
第三章 载热体	(154)
第一节 载热体的种类和特性	(154)
一、载热体的种类	(154)
二、热稳定性	(162)
三、最高使用温度和允许传热壁面温度	(172)
四、使用寿命	(173)
第二节 载热体的选择	(174)
一、选择基准	(174)
二、载热体的选择	(177)

第三节 载热体的运行管理	(180)
一、载热体的劣化及防止措施	(180)
二、取样	(183)
三、载热体的分析试验	(187)
四、载热体劣化程度的判定及再生处理基准	(189)
第四节 使用载热体时的注意事项	(192)
一、贮藏和运输	(192)
二、安全卫生管理	(192)
三、紧急处理措施	(193)
四、发生泄漏时的处理	(193)
五、起火时的灭火	(195)
六、废弃处理	(196)
七、毒性	(196)
八、防静电措施	(198)
九、载热体的腐蚀性	(198)
附 录	(200)
附录 I 载热体使用的历史	(200)
附录 II 有关燃油锅炉及燃气锅炉的燃烧 设备构造及管理的技术规范	(204)
附录 III 主要载热体的物性数值和使用温度范围	(219)
参考文献	(230)

第一章 绪 论

第一节 载热体和载热体加热系统

一、载热体

载热体加温到 $200 \sim 300^{\circ}\text{C}$ 后,被作为传热介质,广泛应用于树脂制造、纤维制造及其他的化学工业。

众所周知,美国道氏化学公司(Dow Chemical Company)的 Dowtherm A,德国拜尔公司的 Diphyl,日本综研化学公司的 SK-OIL 及新日铁的 Therm S 等系列产品,是当前世界载热体的主要产品。

载热体的化学组分多为联苯和二苯醚的混合物、烷基联苯系、烷基萘系、二苄基甲苯系、氢化三联苯、有机硅类、氟素类等有机化合物,这些化合物各具特点。

二苄基甲苯系载热体在耐热性、闪点、低温特性等方面具有一定优点。氟类化合物系非危险品,安全性好。有机载热体的耐热温度一般是管壁温度 $350 \sim 390^{\circ}\text{C}$,其中 Dowtherm A 和 Neo SK-OIL 1400 载热体则具有更好的耐热性。另外,从价格及高沸点考虑,石蜡系载热体也可使用,但其耐热性能较差。

从安全角度出发,尽管上述载热体为低毒性化合物,但仍应避免用于与食品有关的领域。载热体虽有一定的耐热性,但因其可燃,在消防法(日)上仍列为危险品,故对贮存量、保管仓库有一定限制。经使用劣化后的载热体在废弃时,为防止环境污染,也必须经过必要的处理。

载热体在封闭的系统内循环使用,因此不存在减量损失,但随着使用时间延长会出现热劣化和酸化变质。其发生的时间根据使用温度和载热体的种类不同,一般是数年到十几年。有机类载热体劣化后经再

生处理还可重复使用,而石蜡类则不能再生。

在选择载热体时,应根据以下各点结合使用目的加以考虑。

用于液相循环系统:①耐热性好;②高闪点、高燃点;③低粘度(特别是低温时);④异味小;⑤沸点高;⑥热容量大。

用于气相循环系统:除上述的①~④点外,在系统运行温度下蒸气压力为 $1 \sim 3 \text{ kg/cm}^2$ ^①或低压时,具有较大的蒸发潜热。

当使用温度为 $350 \sim 600^\circ\text{C}$ 的高温时,可选择熔盐为载热体(商品名 Neo SK - SALT,又可简称 HTS 或 Niter),一般由下列化合物混合组成:

亚硝酸钠(NaNO_2)	40wt%
硝酸钾(KNO_3)	53wt%
硝酸钠(NaNO_3)	7wt%

熔盐类载热体耐热稳定性能好,其传热系数是其他有机载热体的两倍,而且温度在 600°C 以下时,几乎不产生蒸气,但它易和接触的有机化合物发生剧烈的反应,且其熔点高达 142°C ,对系统管道设计时要考虑安装加热伴管,设备费用较高。

有关载热体的详细内容,参见第三章。载热体的物理特性详见附录和有关的产品说明。

二、载热体加热系统

载热体加热系统根据不同的使用目的,有各种类型的设计。按载热体的使用状态,大致可分为液相循环系统和气相循环系统。

目前中小型的载热体加热炉以整装型为主流,根据使用目的,还有电热式、炉筒烟管型、立式圆筒型和箱型。

整装型载热体加热炉的使用范围较广,现在以 1200 万 kcal/h ^② 能

① $1 \text{ kg/cm}^2 = 9.80665 \times 10^4 \text{ Pa}$ 。——编者注

② $1 \text{ kcal/h} = 4.1868 \times 10^3 \text{ J/h}$ 。——编者注

量为标准设计,加热炉本体是由辐射部和对流部一体化构成的立式筒状。在工厂设计制造完成后,成品运往使用现场。因此现场的安装作业较简单,将此炉和立式圆筒型、箱型加热炉相比,设备费可大量压缩,而且几乎各种燃料都可使用。根据大气污染防治法对 NO_x 的规定,锅炉内装配特制的低 NO_x 燃烧器,可充分燃烧含氮成分高的重油,减少大气污染。从提高载热体性能和传热原理考虑,它比其他型加热炉具有火炉负荷大、热效率高、小型化、节省安装占地面积等特点。

电热式加热炉在 10 ~ 3000kW 的范围使用,它有操作控制方便、精度高、无污染等优点,但它耗电量大,运行费用高,在日本国内只有研究所中间试验装置及对温度控制有严格要求的领域,才使用此种小型加热炉。

立式圆筒型加热炉为 500 万 kcal/h 以上的大型炉,若用多种燃料混烧时,其燃烧器的类型和排列形式可自由设计,调节比 TDR 值也可设定得大些,而且排气中余热可循环用于燃烧空气的预热,热效率可达到 90%。

箱型加热炉也是 500 万 kcal/h 以上的大型加热炉,它具有和立式圆筒型加热炉同样的特点,而且可适用沥青、废油等灰分较多的重质燃料。

现在,如对使用端没有特殊要求,一般采用液相循环系统。在此系统中载热体处于液态循环加热。加热炉有前面介绍的几种,整个系统由载热体加热炉、循环泵和膨胀槽等构成,设备费用便宜,安装和操作运行简便。以加热炉出口和入口保持 25 ~ 35℃ 的温度差来控制系统的循环量,如果装配有分支回路系统,则不同温度的载热体可供应各自的使用端并且可和冷却系统组合运行。

气相循环系统就是载热体处于气态供热的系统,炉筒烟管型加热炉属此。由于利用蒸气的潜热加热,整个流程能以均一温度加热。与液相循环系统比较,设备费用较高,如整个系统设计有缺欠,易带来操作运行困难。最近,取代炉筒烟管型炉,出现了热效率高,载热体使用量少,由前述各种类型的加热炉和闪蒸罐组合使用的新式气相载热体

循环系统。

作为液相循环系统的一种,还有熔盐循环系统,其特点是在一般载热体所难及的 $350 \sim 600^{\circ}\text{C}$ 的高温状态下使用,在制订循环加热系统规划时应予注意。

第二节 载热体加热系统的应用

(1) 合成树脂制造

综研化学株式会社在日本国内首先设计开发利用载热体的加热、冷却系统,属于一般的通用型加热系统。为适用于多台反应器间歇操作的需要,又设计了分支环路组合加热、冷却系统,使用温度为 $150 \sim 300^{\circ}\text{C}$ 范围。

(2) 尼龙、聚酯的熔融及纺丝

因需要精确而均匀的加热多采用气相加热方式。各使用端所需的热量小而温度不同,因而可使用电气加热方式。树脂的熔点:尼龙为 $215 \sim 225^{\circ}\text{C}$,聚酯为 $260 \sim 265^{\circ}\text{C}$ 。应据此而设定操作温度。载热体应选择沸点低于运行温度的、并具有一定耐热性的物质。

(3) 碳素制品的制造

高粘度的沥青在混炼机内由载热体加热熔融、成型、制造电极。此流程中如装配脱臭器,可组成低公害工业系统。

(4) 用于模压、压延、注射成型工艺

这是用一台加热炉供给多个使用端的典型系统。考虑到不同使用端的温度要求不一,供给途径中的温度损失,应采用大流量载热体进行分支回路设计,在系统中若有冷却过程,应同时装配有载热体冷却器。载热体加热炉的循环流量采用标准值,且温度设定高出分支回路的使用温度 $10 \sim 20^{\circ}\text{C}$,分支系统的使用温度一般要求具有相当高的精确度。

(5) 房屋的冷暖空调设备

房屋的空调系统广泛采用热泵的方式,其中载热体加热炉可作为

热源用于暖气用水的加热和冷空调用的吸收致冷机的热源。

(6) 下水道活性污泥的处理

在活性污泥的处理系统中,常可用载热体建立排热回收系统。当流化床式焚烧炉焚烧污泥时,可利用载热体系统回收排出的热量,再用于焚烧前污泥的干燥。

(7) 用于丙烯酸、马来酸酐苯的制造装置

丙烯酸、甲基丙烯酸、马来酸酐、三聚氰胺等制造过程时生成反应热,利用载热体控制反应温度。若控制范围在 $380 \sim 450^{\circ}\text{C}$ 之间,应采用熔盐载热体。

(8) 用于氢气发生装置

由甲醇转化的制氢装置中采用载热体系统,由 PSA 生成的尾气 (LHV 约 $1000\text{kcal}/\text{Nm}^3$) 可作为再利用燃料,燃烧器的调节比 TDR 要大一些,则发生的尾气可全部燃烧处理,使用温度范围为 $290 \sim 320^{\circ}\text{C}$ 。

(9) 用于油炸食品中的加热系统

加热炉直接对食用油循环加热后用于油炸食品的加工,已引起油炸食品市场的关注。在实践中食油的油膜温度、油的补充量、水分的管理等还有许多诀窍。

第二章 载热体加热系统

本章以大学毕业具有 2~3 年工作经验的年轻科技工作者以及从事载热体加热系统工作的技术人员为对象,介绍有关载热体加热系统的基础知识,以及加热炉和加热系统的设计、规划、经济性的判断方法、运行管理、保养维修等各方面的概要知识。

载热体加热系统是一种对可燃性和助燃性的物质,在高温加热后作为载热体在加热炉和使用端之间进行加热、冷却等循环的热传递体系。因此,加热炉和使用端作为一个系统,在动态的工艺正确计算基础上进行可以调节的工艺设计是极为重要的,特别对于蒸气气相式,设备制造者和使用端必须共同协作,对使用端的操作条件,加热炉的特性要充分掌握,才能设计出实用性强、使用性能优良的载热体加热系统。

关于设备的构造及操作管理,依据法规要保障运行的安全性,并保持良好的环境卫生及经济效益。

载热体随着使用时间的延长,逐渐出现酸化劣化、热劣化,准确地掌握载热体的特性,尽量防止劣化的早出现,对保障整个系统稳定运行是十分必要的。

最近,整装型载热体加热炉出现了小型化、大功率、低 NO_x 、性能优良的产品,其标准能量为 1200 万 kcal/h,如运输可能,则可制造 2000 万 kcal/h 的。和立式圆筒型炉比较,整装型有热效率高、价格低、工期短、操作运行安全、经济实用等优点。

第一节 载热体加热系统的基础

一、载热体加热炉的类型和特点

本章对目前广泛使用的 4 种类型载热体加热炉的构造、设计及使用特征进行介绍。各种加热炉都是依据日本的锅炉法及消防法中有关危险品加热的规定而设计、制造、安装的。

1. 整装型载热体加热炉

此炉为最通用的一种类型,按照标准设计图在工厂制造完成后,经过劳动基准局(日)的构造检查,就可运往使用现场安装使用。

由于既成品在输送过程中,外形尺寸受到道路交通法(日)的限制(宽、高等),目前 1200 万 kcal/h 的炉子为标准产品。

表 2-1 为综研化学公司的 VCP-NP 型系列(30 万~1200 万 kcal/h)的各种加热炉性能一览表。

整装型载热体加热炉的一般构造如图 2-1 所示,载热体在沿炉身的盘管中流动。中心部为热源的燃烧器,其位置可设置在中心部的上方或是下方(大型),整个炉体为圆筒状。

加热管是由盘卷直径相异的密集的蛇管沿炉身盘卷而成。其最里面形成辐射传热面,接受燃烧器所产生的辐射热能。作为燃烧室的设计条件,首先火焰不能燃及加热管,而且要能产生最合适的热强度(单位面积的传热量 $\text{kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$)。此热强度对加热管的管壁温度影响很大,若过大则将缩短载热体寿命,设计时必须十分注意。

燃烧室产生的高温燃烧气体(1000~1100℃)以无固定流向在内、外盘管的间隙中流动,其通过面以强制对流方式传热。由图 2-1 中可见,载热体的流动方向与燃烧气体的流动方向相反,通过此种强制对流,可获得较大的对数平均温度差。

根据本公司多年的实际经验,整装型加热炉的辐射部和对流部的传热比例以 60:40 为最佳设计。

加热管的材质,根据锅炉结构规格要求对一般载热体可用 STB340 钢管。

熔盐载热体加热炉,运行温度高达 350 ~ 600℃,要采用 STBA 合金钢管,特殊的场合,也可用 SUS-TB 不锈钢管。加热管由复数的盘管组成,各管的长度不一。加热后各盘管的出口处载热体的温度差必须尽量小,否则难以保证整个系统的稳定运行。盘管数与载热体的循环回路相关,最低 2 回路,最高 8 回路。可根据载热体的循环量、加热管口径和压力损失等来决定。循环回路少,流速加快,载热体的油膜传热系数加大,载热体的管壁温度可控制得较低些,但压力损失加大。循环回路多,则结果相反。一般在管内流速 2 ~ 4m/s、压力损失 1 ~ 2kg/cm² 条件下考虑载热体管壁的温度来设定循环回路数目。

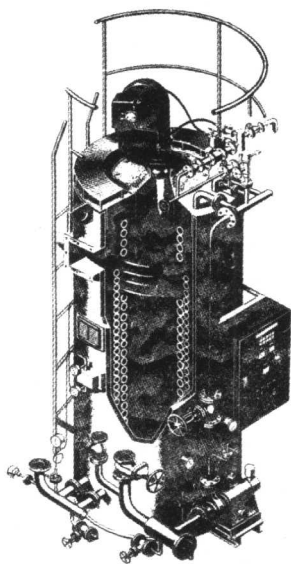


图 2-1 VCP 型加热炉

关于燃烧器,对于小型或中型的载热体加热炉采用平衡送风式,配有风机、油泵整装为一体式的燃烧器。中型或大型加热炉所用的燃烧器附属配套设备需单独配置。对于燃烧器的燃烧量,根据载热体出口温度指示调节计,可采取三位点控制或比例控制。

整装式载热体加热炉的炉体表面的放热损失占总放热的比例较小,可得到较高的热效率。与载热体的出口温度有关系,一般可得到 80% ~ 83% 的热效率,如利用燃烧后的排气预热燃烧用的空气,可使热效率提高到 90% 以上。但由于预热温度高,而空气预热器的排气口温度要降低,因此将带来排气中 SO_x 造成硫酸露点腐蚀,为此,预热温度要设定在排气中 SO_x 的露点温度以上,并严格选定空气预热器的使用