

钱广华论文集

钱广华 著



天津科学技术出版社

钱广华论文集

钱广华 著

天津科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

钱广华论文集/钱广华著. —天津: 天津科学技术出版社, 2007

ISBN 978-7-5308-4448-9

I. 钱… II. 钱… III. 设备管理-文集 IV. F273.4-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 192700 号

责任编辑: 武春莉 方 艳

责任印制: 白彦生

天津科学技术出版社出版

出版人: 胡振泰

天津市和平区西康路 35 号 邮政编码: 300051

电话: (022) 23332393 (发行部) 23332392 (市场部) 27217980 (邮购部)

网址: www.tikjcs.com.cn

新华书店经销

天津精华石化有限公司印刷厂印刷

开本 889×1194 1/16 印张 5 字数 100, 000

2007 年 12 月第 1 版第 1 次印刷

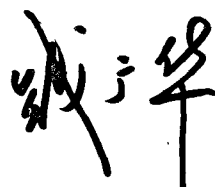
定价: 25.00 元

前 言

本论文集所收集的 20 余篇设备论文，是我在不同的岗位上有关设备管理和维护的心得，是对设备结构、维修及管理的理解，对中国石油化工股份有限公司天津分公司芳烃部的发展曾经起到过作用。在此，首先感谢支持我、爱护我、培养我的芳烃部（化工厂）各任领导，感谢与我合作的同仁；其次，这几篇论文实际上都是芳烃部设备管理的成果，只不过是由我进行了整理和发表；再次，由于本人理论水平所限，在论文中不免存在一些值得商榷的观点，谨提出供大家共同讨论，达到共同进步的目的。

在芳烃部（化工厂）的二十多年里，我从技术员、设备员、设备组长、设备主任、项目经理、设备副总工到现在的芳烃部系统专家，我和芳烃部一起成长。每一步的成长都包含着芳烃部职工对我的关怀、教诲和激励，在论文的整理、发表的各个环节中，又得到了同仁的无私支持，特别是合作所写的论文，同仁的水平高于我很多，由于篇幅有限没有一一列出他们的名字，但他们永远是我的老师，我永远敬佩他们。

在此，再次感谢对此论文发表给予支持、鼓励、关心的领导和职工。



2007 年 8 月 10 日

序

知识的积累 智慧的结晶

实践出真知。钱广华同志就是在实践中不断总结、积累，练就了一身的本领。我所了解的钱广华，具有一条道走到黑的性格，凡事都要问个明白，勤劳加聪明，使他成为了一名名副其实的设备专家。本集所收集的设备论文虽然只是他经验的一部分，但也可以看出他解决设备问题的思路和智慧。据知本集论文都曾在不同的刊物上公开发表，并获过各种奖项。

“老钱”的论文集就要出版了，在此表示祝贺！我没有把每一篇论文都看完，只拣了几篇读一读，发现老钱对问题抓得准，采取的措施正确，真正解决了问题，又通过论文的形式传授了经验，不愧为芳烃部的一名设备专家。这里所收入的不单单是几篇论文，它包含着“老钱”的心血，也包含着培养他、指导他的师傅们的期待。“老钱”在建设公司干过设备安装技术员，在现代化装置上当过车间设备主任、项目部副经理，这些都为他的成长奠定了基础，练就了他严格认真、果敢的品德，看问题的角度更加开阔了。无论是操作工，还是保运师傅都把“老钱”看成主心骨，他出现了，设备问题就有解决的方法了。“老钱”是一个诚实的人，对人很热情，尤其是对于向他求教的年轻人更是毫无保留地耐心指教；他不厌其烦地帮助年轻人

修改论文，并向不同的专业杂志进行推荐。他不仅精通专业，对于设备管理更是有一套，他撰写总结的《芳烃部推行 TPM 管理，彻底改善装置面貌》现代化管理成果获得了中石化天津分公司二等奖和总公司的三等奖。作为设备专家，他参与了总公司《化工设备维修检修规程》的编写和审定，还经常参加分公司和总公司的各种检查和技术交流活动。动笔和思考是“老钱”的强项，简讯、报道及人物特写等时不时地在电视、报纸和单位局域网上出现。学无止境，在他身上体现得更明显。

寥寥数语，无法表达对“老钱”的佩服之情。

高旭山

2007年7月10日于中国石油化工股份有限公司天津分公司芳烃部

目 录

1. DEMAG 离心式压缩机振动及润滑存在问题的解决方法	1
2. 搅拌器存在问题及解决方法	4
3. DMT 装置加热炉节能技术改造	8
4. DMT 装置部分夹套管线的监测和处理	14
5. 旋转真空过滤机设备简介及在 PTA 装置中的作用	17
6. K-951/1 空气压缩机在线监测及故障分析	21
7. K-951/1+2 离心压缩机长周期运行经验浅谈	25
8. 干燥机及其在 PTA 装置中的作用	29
9. 浅谈 PTA 装置工艺空气压缩机组的节能特点	32
10. 废水系统改造 提高外排质量	34
11. PTA 装置 PF-601 热油炉偏流原因分析和解决方法	38
12. 超声波防垢器在循环冷却水系统中的应用	42
13. PTA 装置导热油屏蔽泵存在问题的探讨	46
14. PTA 装置干燥机改造及运行中问题的处理	50
15. 增强型纤维喷涂技术在 PF-601 加热炉中的应用	52
16. 空气干燥器电加热器控制系统的改造及调优	54
17. PTA 装置立式离心机常见故障原因分析	57
18. 板式空冷器的应用及特点	61
19. PTA 装置加热炉存在问题及解决方法	63
20. 316L 材料在 PTA 装置防腐蚀探讨	66

DEMAG 离心式压缩机振动及润滑存在问题的解决方法

摘要: 本文对 DEMAG 离心式压缩机引起振动的原因及存在的润滑问题进行了分析, 我们通过解体压缩机确认, 振动是转子残余不平衡超标造成的, 更换各用转子后解决了问题。对油箱进行了改造, 增加活动门, 较好地解决了清理油箱的问题。

关键词: 监测 润滑油相 转子 传感器

DEMAG 离心式压缩机, 是从德国克鲁伯-考贝尔公司引进的大型设备, 是保证 DMT 装置正常生产的关键设备。压缩机产生的 1207.5Pa 压缩空气, 主要用于对二甲苯和 PT 酯在钴锰催化剂作用下, 形成相应的氧化物。该机运行是否平稳、安全, 关系着主装置能否安全、平稳和长周期地生产。

1 主要结构性能参数和存在问题

1.1 主要结构和性能参数介绍

DEMAG 离心式压缩机型号为 VK-16C, 为双轴四级型, 一个主动齿轮传

动两个从动齿轮。第一级和第二级叶轮同在一根齿轮轴上, 第三和第四级叶轮同在另一根齿轮轴上, 并且每级后面都有冷凝器。

压缩机的性能参数见表 1。

1.2 DEMAG 离心式压缩机存在的问题

DEMAG 离心式压缩机自 1988 年设备大修后, 振动状况一直不理想, 始终未处在最佳的运行状况。下面是 1989 年 5 月 12 日(1989 年设备大修前)用 VM63 测振仪测得的数据, 见表 2。

表 1 压缩机的性能参数

序 号	名 称	参 数 值	序 号	名 称	参 数 值
1	流 量	18 300Nm ³ /h	5	电动机转速	1500 r/min
2	吸入压力	大气压力	6	机器转速	12 600/19 090 r/min
3	排出压力	1 207.5Pa	7	导叶开度	
4	电动机功率	3 000kW	8	密封形式	迷宫密封

表 2 K-951/2 离心压缩机测振记录 (μm)

数值 部位	标 准			实 测		
	优	良	尚可	垂直	水平	轴向
I 级	<6.3	6.3~16	16~40	6	9	25
II 级	<6.3	6.3~16	16~40	6	11	28
III 级	<4.2	4.2~10.4	10.4~26	7	12	21
IV 级	<4.2	4.2~10.4	10.4~26	10	10	20
大齿轮轴	<50	50~160	160~400	6	16	21

根据一年来对该机运行监测和观察, 又通过对该机的运行状态进行了认真的讨论和分析, 我们一致认为该机目前存在着下面的 4 个问题。

1.2.1 润滑油系统自 1981 年压缩机投入运行以来, 已经有 8 年多从未对油箱进行彻底的清理(油箱挡板是焊死的, 挡板两侧无法清理, 只在每年大修时对

润滑油进行过滤和化验)。油箱挡板两侧可能有脏物, 导致润滑油在循环的过程中带有杂物(因为压缩机属于长周期运行, 8000h 当中不能停车, 运行中无法清理油过滤器), 从而导致对轴瓦和齿轮油泵的损坏。

1.2.2 通过表 2 可以看出, 机组在振动状况下状态良好。经分析, 认为可

能是转子本身不平衡造成的，应该更换备用转子，然后，对拆下的转子重新进行动平衡试验。

1.2.3 因为该机是属于公司和厂级管理的大型机组，是生产的关键环节，应该随时掌握和判断机组是否在良好的状态下运行，从而要求我们随时用数据来说话。

根据厂里已有的对大型机组特别是压缩机的监测经验，DEMAG 压缩机也应装上“眼睛”——探头（传感器）和相应的仪表。采用较先进的手段，以便对大型机组运行状态进行监视。

1.2.4 根据往年大修的经验，我们对压缩机的级间冷凝器进行了分析，发现造成机组运行不稳定与级间冷凝器的

冷凝效果不好有关系，冷凝器管束内结垢严重，翅片由于脏物阻塞空气不能扰动进行热交换，不能到级间等热吸入。

2 解决存在问题的方法

在设备大修前，我们针对压缩机存在的几个问题进行了分析，并制定了相应的措施，以确保 DEMAG 压缩机的检修质量和检修工期。在大修当中，进行了严格地实施。

2.1 油箱改造和润滑油系统的清理，两台大型机组的润滑油箱已运行 8 年多，一直也无法清理，里面的脏物很多。油箱里有两块挡板，全部是焊死的，如图 1。

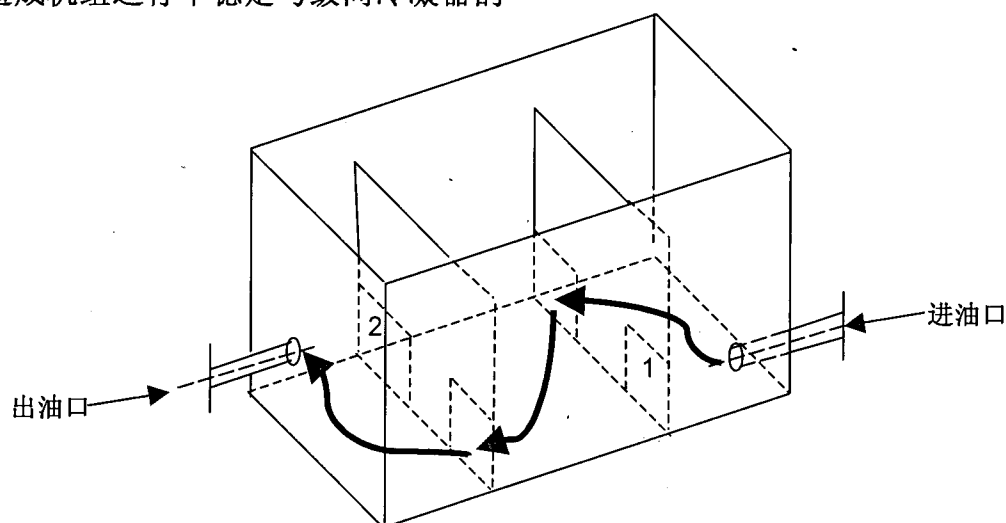


图 1 油箱结构示意图

标记为 1 和 2 的两块板是焊在两块大挡板上的，无法拆卸，使得两隔板之间的油箱侧壁和底部无法清理（在油孔的上方有热偶套管）。

我们在检修 2 号压缩机时，发现轴瓦都有不同程度的划痕，并发现了一些铁屑。我们认为这可能是润滑油循环时带过来的。

根据安全规程，我们首先对油箱进行了彻底的排油和水洗。经安全部门确认后，我们用手砂轮将油箱中的 1 号和 2 号挡板磨掉。这样，手可以由此伸入侧壁，对油箱的侧面和底部进行彻底清理。为了

以后能够按计划长期进行清理，我们把此板做成了一扇带折页、能开关的活门。

经过这样改造，我们又清洗了润滑供油系统（过滤器和管路），最后确认油箱和润滑系统彻底清理干净后，更换了新的 MobilD₃ 润滑油。这样就解决了由于润滑系统不洁而造成轴和瓦的磨损以及机组运行不稳的问题。

同时，我们还发现由于主油泵润滑油不洁，造成了齿轮油泵进出口阀门不严、油压上不去的问题。经重新研磨后，油泵的运行情况比较理想，油压也稳定了。

2.2 打开压缩机上盖后，对 1、2

级和 3、4 级转子进行仔细的检查, 经测量, 轴径磨损不严重, 有轻微的划痕, 2 号机组的轴瓦有两对划痕比较严重。3、4 级转子的叶轮和导叶等锈蚀比较严重, 但没有发现较大的问题。根据停车前分析的结果, 发现造成机组振动大的原因可能是 1、2 级和 3、4 级两个转子自身不平衡造成的。因此我们下决心更换了这两个转子。对换下来的转子, 准备重新做动平衡试验。

2.3 为了加强对大型机组进行动态时的运行观察, 我们经过分析和调研, 最后决定采用北京测振仪器厂的状态监测仪器 (仿美国本特利 7200 系列)。

我们在每台机组的每对轴瓦上加了两个传感器 (两传感器成 90° 夹角), 并加了一个键相信号传感器。这样, 我们可以通过信号传感器, 用磁带记录仪记录下信号, 再输入计算机进行故障诊断, 打印出频谱分析图和趋势图等, 从而能够较科学地判断和分析设备的运行状况。

2.4 在大修中, 我们对级间的冷凝

器进行了清理, 以解决由于冷却效果不理想, 而使机组造成不应出现的喘振现象。但由于管束的翅片上仍有不少脏物, 无法彻底清理, 可能仍会影响机组的运行效果。

3 解决问题后的效果分析

通过对机组的严格会诊, 仔细地检修, 解决了机组在设备大修前存在的问题。机组自 1989 年 6 月 10 日开车以来, 一直比较平稳, 振动情况大有好转。下面是开车后测得的振值, 见表 3。

再次通过传感器 (新装的探头) 进行数据采集, 其振值见表 4。

通过传感器测得的数据, 可看出 2 号机组的振动情况仍不十分理想。我们对所采集到的数据进行认真分析以便摸索经验。

1989 年的设备大修结束了, 但在运行中还要不断地发现问题, 为日后设备大修做好准备工作。

表 3 K-951/1+2 离心压缩机振动记录 (μm)

数值 部位	标 准 值			实 测 值					
	优	良	尚可	垂 直		水 平		轴 向	
				1 号	2 号	1 号	2 号	1 号	2 号
I 级	<6.3	6.3~16	16~40	4	5	5	5	5	4
II 级	<6.3	6.3~16	16~40	5	4	5	4	4	6
III 级	<4.2	4.2~10.4	10.4~26	4	5	5	6	4	5
IV 级	<4.2	4.2~10.4	10.4~26	5	4	5	5	5	6

测量时间: 1989 年 6 月 20 日

表 4 K-951/1+2 离心压缩机振值

探头位置	K-951/1 振值 (μm)	K-951/2 振值 (μm)
1A	18.8	26.3
1B	21.3	21.3
2A	28.8	25.0
2B	21.3	20.0
3A	40.0	43.8
3B	12.5	43.8
4A	30.0	112.5
4B	17.5	65.0

搅拌器存在的问题及解决方法

摘要：本文对搅拌器存在的齿轮箱漏油、长轴弯曲及振动大的现象进行了分析，认为油封质量不合格、安装位置光洁度不符合要求是造成漏油的原因，重点对长轴的矫正进行了论述，为今后在线修复长轴提供了较了的方法。

关键词：搅拌器 长轴弯曲 齿轮箱

DMT（对苯二甲酸二甲酯）装置是从德国克鲁伯-考贝尔公司引进的，通过氧化→酯化→蒸馏→结晶等工艺过程，生产 DMT 产品。

随主装置同时引进了 15 台搅拌器，其中 11 台连续运行，特别是对氧化、结晶等生产工艺的正常运行起着重要作用。搅拌效果的好坏，影响着釜里的物料能否沉降、结块，以至于堵塞进出物料的管线和阀门，有造成停车的危险。

1990 年设备大修，我们针对搅拌器漏油、运行不平稳等问题进行了重点检

修。通过装置开车检验，基本上解决了存在的几个问题。

1 结构简介及存在问题

1.1 结构简介

1.1.1 搅拌器的结构

由电动机——齿轮减速器——短轴（包括机械密封）——长轴——桨叶——底座轴承（包括支撑）组成，见图 1。

1.1.2 搅拌器的技术参数

见表 1。

表 1 搅拌器的技术参数

序号	设备位号	转速 r/min	轴径 mm	轴长 mm	扣片层数×直径 mm	物料名称
1	A-105	390	φ50 空心	3600	2× φ400	催化剂
2	A-106	390	φ50 空心	3600	2× φ400	催化剂
3	A-121/1+2	63	φ85	7600	2× φ1500	氧化物
4	A-403	315	φ70	5600	2× φ550	甲醇+DMT
5	A-414/1+2	63	φ85	6000	2× φ1400	DMT 甲醇浆料
6	A-450	63	φ85	8600	2× φ1200	DMT 甲醇浆料
7	A-460	32	φ100 空心	6400	2× φ2700	DMT 甲醇浆料
8	A-550	63	φ85	8600	2× φ1200	DMT 甲醇浆料
9	A-560	32	φ100 空心	6400	2× φ2700	DMT 甲醇浆料

1.2 存在问题

1.2.1 搅拌器的齿轮箱普遍存在漏油现象，特别是 DMT 甲醇浆料釜的搅拌器 A-460 和 A-560 两台，不仅影响了设备的正常运行，还污染了设备本体，影响设备外观；既达不到完好标准，又给加油工人带来了困难。

1.2.2 搅拌器的轴摆幅度较大，主要是长轴弯曲变形，加速了底部轴端及轴承的磨损，导致搅拌器不能正常连续运转，影响全装置的生产。

1.2.3 氧化物搅拌器 A-121/1+2 大

修前，由于叶片上的稳流和平衡用护圈折断变形，挂在底层叶片上，只能间断性运转（每 4h 运行 10min）维持生产。

1.2.4 结晶搅拌器 A-560 运转振动大、噪声大，一直处于带病运转状态。

2 分析原因及解决方法

针对上述搅拌器所存在的问题，我们进行了认真地分析，在检修中找出了问题的症结，并采取了相应的措施。

2.1 对解体减速器齿轮箱和搅拌轴进行检查，发现导致齿轮箱漏油的原因

有 5 个方面。

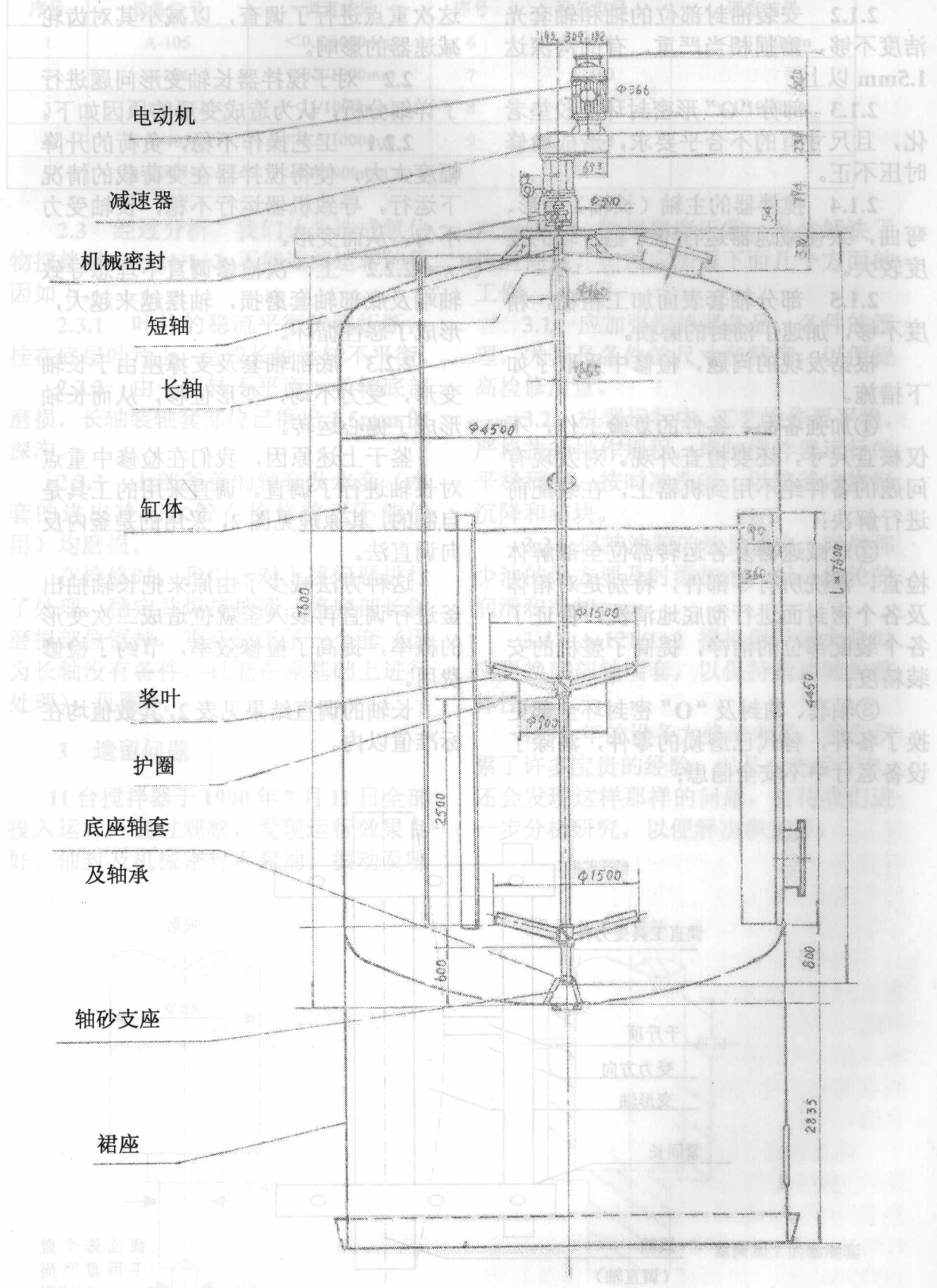


图 1 搅拌器结构

2.1.1 油封老化,局部出现了龟裂。

2.1.2 安装油封部位的轴和轴套光洁度不够,磨损相当严重,有的沟深达1.5mm以上。

2.1.3 部分“O”形密封环及胶垫老化,且尺寸有的不合乎要求,造成检修时压不正。

2.1.4 搅拌器的主轴(长轴)变形、弯曲,致使减速器运行不平稳,轴的摆度较大。

2.1.5 部分轴套表面加工粗糙,精度不够,加速了油封的磨损。

根据发现的问题,检修中采取了如下措施。

①加强备品、备件的复验工作,不仅核查尺寸,还要检查外观。对发现有问题的备件绝不用到机器上,在装配前进行解决;

②对减速器及各运转部位全部解体检查,清洗所有零部件,特别是对箱体及各个密封面进行彻底地清洗,保证了各个装配部位的洁净,提高了整机的安装精度;

③轴套、油封及“O”密封环全部更换了备件,替代已磨损的零件,消除了设备运行中不安全隐患;

④长轴变形,运行中轴的摆度大,这次重点进行了调查,以减小其对齿轮减速器的影响。

2.2 对于搅拌器长轴变形问题进行了详细分析,认为造成变形的原因如下。

2.2.1 工艺操作不稳,负荷的升降幅度太大,使得搅拌器在变荷载的情况下运行,导致机器运行不稳,长轴受力不匀,从而变形。

2.2.2 上一次检修调直不理想导致轴端及底部轴套磨损,轴摆越来越大,形成了恶性循环。

2.2.3 底部轴套及支撑座由于长轴变形,受力不均,变形位移,从而长轴形成了偏心运转。

鉴于上述原因,我们在检修中重点对长轴进行了调直。调直采用的工具是自制的,其原理见图2,采用的是釜内反向调直法。

这种方法减少了由原来把长轴抽出釜进行调直再装入釜就位造成二次变形的概率,提高了检修效率,节约了检修费用。

长轴的调直结果见表2,其数值均在标准值以内。

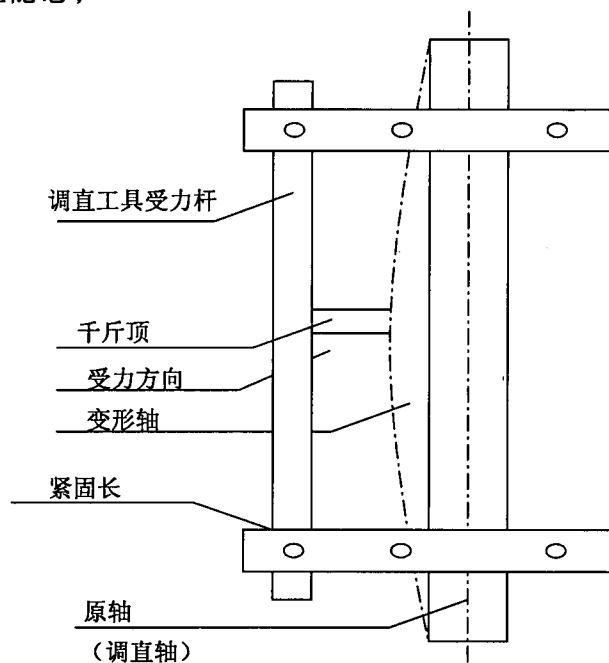


图2 调直工具结构示意图

表 2 长轴的调直结果

序号	设备位号	调直结果	序号	设备位号	调直结果
1	A-105	<0.5/1000mm	6	A-450	<1/1000mm
2	A-106	<0.5/1000mm	7	A-460	
3	A-121/I+2	<1/1000mm	8	A-550	<1/1000mm
4	A-403	<0.5/1000mm	9	A-560	
5	A-414-1+2	<1/1000mm			

2.3 经过分析,我们认为造成氧化物搅拌器 A-121/I+2 不能连续运转的原因如下。

2.3.1 叶片的稳流平衡护圈折断,挂在底层叶片上,造成长轴运转不平衡。

2.3.2 由于运转不平衡,长轴底部磨损,长轴装轴套部位已磨出 1.5mm 的深沟。

2.3.3 上部釜盖的轴套及水套(水套的进出冷却水管在检修前已不能使用)均磨损。

在检修时,我们针对上述问题进行了处理,稳定并焊接护圈;将底部长轴磨损部位锯掉,重新加工了一个套(因为长轴没有备件,只能在原基础上进行处理),见图 3。

3 遗留问题

11 台搅拌器于 1990 年 7 月 11 日全部投入运行,通过观察,发现运行效果良好,油封及机械密封不漏油,振动及噪

声也较小,轴摆幅度正常。虽然解决了这些问题,但还应加强下面几方面的工作。

3.1 应加强搅拌器备品、备件的管理,尤其是备件的尺寸和精度,以便提高检修质量。

3.2 机器运行中,工艺操作要平稳,严格执行操作规程,增加搅拌器运行的平稳程度,按时冲洗釜,以防釜内物料沉降和结块。

3.3 保持油箱的油量适中,对局部少油的地方要及时添加油,保证齿轮的润滑和冷却。

3.4 A-121/I+2 搅拌器转年大修时应更换底部轴端套,以保持搅拌轴的整体性。

1990 年的设备大修结束了,我们积累了许多宝贵的经验。但是,在运行中,还会发现这样那样的问题,有待我们进一步分析研究,以便解决和完善。

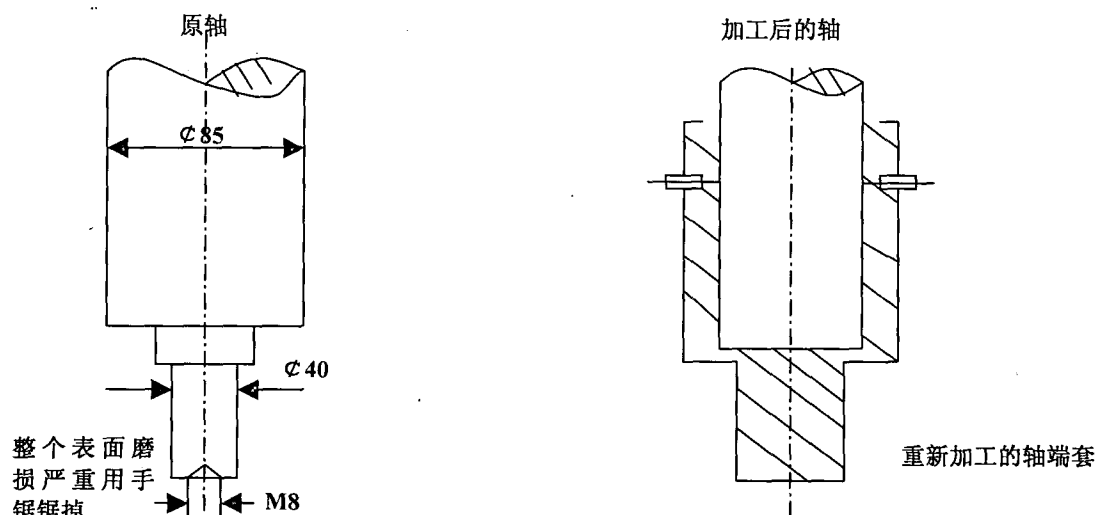


图 3 加工前后的轴示意图

DMT 装置加热炉节能技术改造

摘要：针对由德国引进的 DMT（对苯二甲酸二甲酯）装置加热炉在几年运行过程中发现存在的能耗高、热效率低、易灭炉、点火困难、负荷调节困难、仪表元件故障率高等问题，我们在 1988 年对 DMT 装置进行了节能技术改造。将燃烧系统由原 3 台炉合供燃料油改为各炉独立供油，由机械雾化改为蒸汽雾化，由一级点火装置改为二级点火装置，大大提高了点火的成功率；增加了空气预热器，将原来的冷风助燃改为经自身烟气预热空气助燃，提高了热效率；增加了可编程序控制器，减少了仪表数量，提高了自动化操作水平。改造后，该炉的热效率提高了 10% 以上，每吨 DMT 产品可节省燃料 0.0243t，运转两个半周期共节油 5279.2t，经 1 年 4 个月已收回改造的全部投资，并创纯效益 843900 元。

关键词：加热炉 燃烧器 助燃风 喷嘴

天津石化公司化工厂 DMT（对苯二甲酸二甲酯）装置是由德国克鲁伯-考贝耳公司引进的，采用威登法（Witten Process）生产产品，于 1981 年 9 月投产。与主装置同时引进了 2 台热载体（三联苯）加热炉，已被加热的三联苯为热媒，用于酯化反应、蒸馏及副产品系统的加热。

加热炉是 DMT 装置的关键设备，它运行得是否平稳、可靠，成为主装置能否低耗高产的主要问题。经过几年的运行，发现该炉存在很多缺陷，不仅热效率低，能耗高，而且运行中负荷调节困难，易灭炉，仪表元件常出故障等。针对该炉常出现的问题以及如何保证主装置安全、稳定、长周期的运行，我们与航空航天部一院十一所的同志共同确定了加热炉的改造方案。

整个节能改造项目，一是减少灭炉，简化操作，尽量利用原有设备，增加运行的可靠性；二是提高炉子运行的热效率，保证燃油在低氧状态下充分燃烧，回收部分烟道气热能，达到节能降耗的目的。

通过改造，经过两个半周期（1 个周期约 8000h）的运行，1 号炉和 2 号炉的热效率比改造前分别提高了 14% 和 11%，共节油 5279.2t，折合人民币 1973900 元，加热炉改造的总投资为 1130000 元，1 年 4 个月就收回了全部投资，并已经直接收到纯效益 843900 元。

1 加热炉简介及存在问题

1.1 加热炉简介

1.1.1 加热炉的主要技术参数见表

1。

表 1 加热炉的主要热参数

序号	参 数	数 值
1	热负荷/MW	
	最大值	11.63
	正常值	7.09
	最小值	3.49
2	燃料油耗量/(kg·h ⁻¹)	450~1300
3	燃料油	
	低热值/(MJ·kg ⁻¹)	41.768
	恩氏黏度	≧15
4	设计热效率/%	>8
5	热载体温度/℃	
	入口	265~268
	出口	285
6	炉管材质	St 35.81
7	炉管温度/℃	
	最高允许值	340
	薄膜温度	320

1.1.2 加热炉为圆筒形二通道三排螺旋管式，内排管直接接触火焰为辐射段，外边两排管接触高温烟气为对流段。结构简图如图 1 所示。

1.1.3 燃烧器系统见图 2。喷嘴为带回油的离心式机械化喷嘴，点火电极能量为 1J。

率，确保加热炉安全稳定运行。我们对加热炉进行了节能技术改造，目标是让热效率在原基础上提高10%左右。

表2 1985年热平衡测试数据

10	排烟温度/℃
	烟气氧含量/%
	烟气CO ₂ 含量/%
	空气过剩系数
	排烟热损失/%
	化学不完全燃烧损失/%
9	直接散热损失/%
	热效率/%

2 加热炉技术改造

2.1 燃烧系统的改造

2.1.1 燃油供给系统

由原单台炉合用燃油系统（单台炉独立供油、独立

炉独立供油、独立

证加热炉的燃油供给和

可及时随主装置负荷变

量，以达到节能的目的。

2.1.2 雾化系统

由原来的花盘式雾化

离心式雾化器改为轴

器轴流雾化器，雾化

喷嘴雾化效果好，油

油的适应性和火焰

稳定。

雾化器雾化效果好，

雾化器雾化效果好，

雾化器雾化效果好，

雾化器雾化效果好，

雾化器雾化效果好，

雾化器雾化效果好，

雾化器雾化效果好，

雾化器雾化效果好，

雾化器雾化效果好，

雾化器雾化效果好，

雾化器雾化效果好，

雾化器雾化效果好，

雾化器雾化效果好，

雾化器雾化效果好，

雾化器雾化效果好，

雾化器雾化效果好，

雾化器雾化效果好，

雾化器雾化效果好，

雾化器雾化效果好，

油，需几次才能点燃，每次点炉均在1.6h以上。改造后，加大了点火电缆的能量，采用了1230V的高能点火装置，且由原来电极火花点燃的一级点火装置，改为现

电极火花点燃的一级点火装置，改为现

电极火花点燃的一级点火装置，改为现

电极火花点燃的一级点火装置，改为现

电极火花点燃的一级点火装置，改为现

电极火花点燃的一级点火装置，改为现

电极火花点燃的一级点火装置，改为现

电极火花点燃的一级点火装置，改为现

电极火花点燃的一级点火装置，改为现

电极火花点燃的一级点火装置，改为现

电极火花点燃的一级点火装置，改为现

电极火花点燃的一级点火装置，改为现

电极火花点燃的一级点火装置，改为现

电极火花点燃的一级点火装置，改为现

电极火花点燃的一级点火装置，改为现

电极火花点燃的一级点火装置，改为现

电极火花点燃的一级点火装置，改为现

电极火花点燃的一级点火装置，改为现

电极火花点燃的一级点火装置，改为现

电极火花点燃的一级点火装置，改为现

电极火花点燃的一级点火装置，改为现

电极火花点燃的一级点火装置，改为现

电极火花点燃的一级点火装置，改为现

电极火花点燃的一级点火装置，改为现

电极火花点燃的一级点火装置，改为现

电极火花点燃的一级点火装置，改为现

电极火花点燃的一级点火装置，改为现

电极火花点燃的一级点火装置，改为现

电极火花点燃的一级点火装置，改为现

电极火花点燃的一级点火装置，改为现

电极火花点燃的一级点火装置，改为现

电极火花点燃的一级点火装置，改为现

电极火花点燃的一级点火装置，改为现

电极火花点燃的一级点火装置，改为现

电极火花点燃的一级点火装置，改为现

电极火花点燃的一级点火装置，改为现

电极火花点燃的一级点火装置，改为现

电极火花点燃的一级点火装置，改为现

电极火花点燃的一级点火装置，改为现

电极火花点燃的一级点火装置，改为现

电极火花点燃的一级点火装置，改为现

电极火花点燃的一级点火装置，改为现

电极火花点燃的一级点火装置，改为现

电极火花点燃的一级点火装置，改为现

电极火花点燃的一级点火装置，改为现

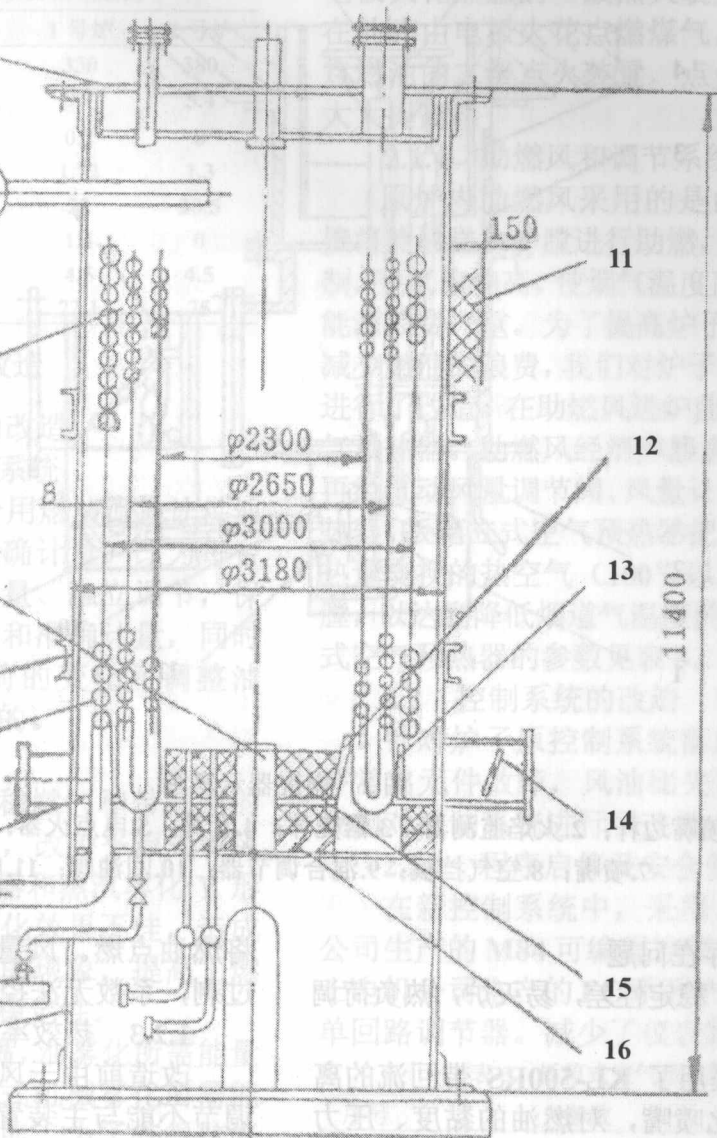


图1 加热炉结构图

1.炉体；2.排气管；3.热油总进口管；4.定位板；5.炉管；6.加强筋；7.喷嘴座；

8.垫铁；9.热油总出口管；10.炉盖；11.保湿；12.轴向定位板；

13.导向板；14.烟气挡板；15.耐火泥；16.耐火砖

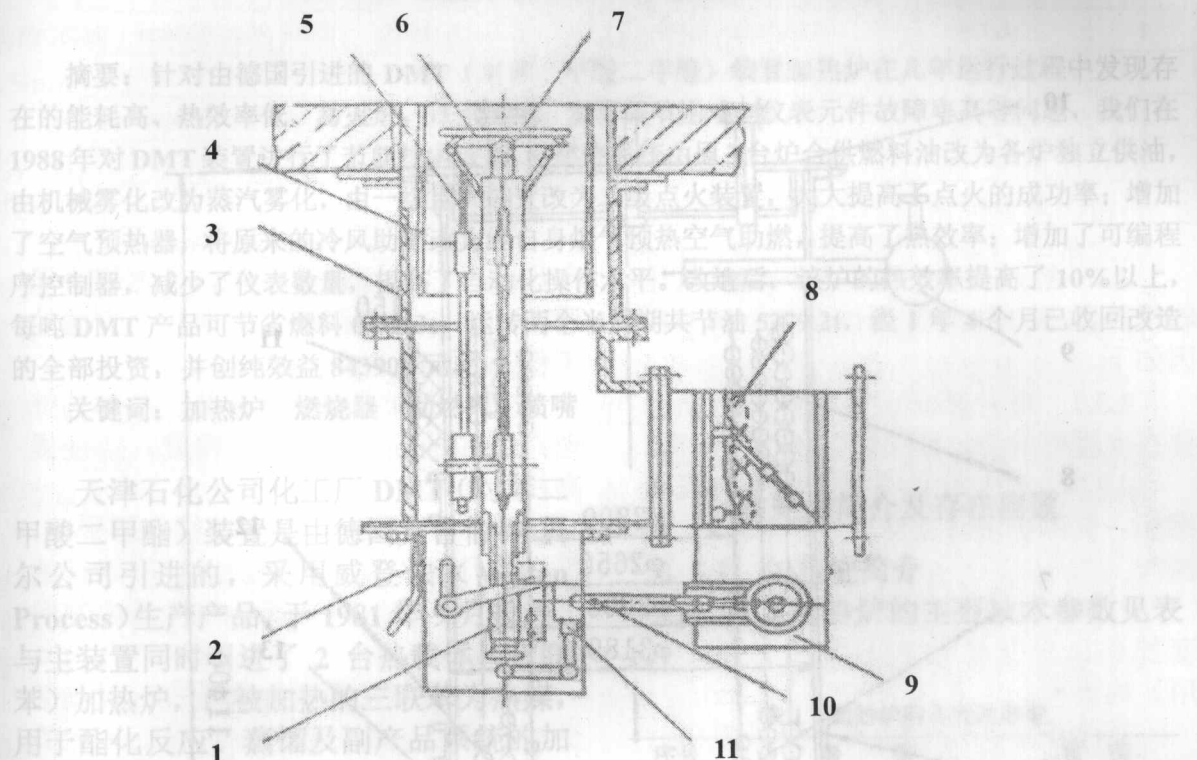


图2 燃烧器示意图

1.喷嘴边杆; 2.火焰监测器; 3.器壳体; 4.套筒; 5.电点火器; 6.稳焰花盘; 7.喷嘴; 8.空气挡板; 9.混合调节器; 10.回油阀; 11.电磁阀

1.2 存在问题

1.2.1 稳定性差, 易灭炉, 热负荷调节困难

由于采用了 KL-500RS 带回流的离心机械雾化喷嘴, 对燃油的黏度、压力和油质要求高, 且对燃油黏度变化适应差, 导致雾化效果不佳, 往往使排烟温度升高。热负荷的调节由喷嘴的回流来调整, 有时主装置降负荷, 回流量不能及时调节, 致使热载体温度高, 联锁灭炉。

1.2.2 点火困难

加热炉的点火是由两根金属电极(各 1J)产生火花, 直接点燃经机械雾化的燃油。由于雾化效果不好, 电极能量小, 加之风油比调节困难, 点火很困难, 有时需要点三四次, 几个小时才能

将燃油点燃。风量调节困难, 导致空气过剩, 系数无法控制。

1.2.3 热效率低

改造前由于风油比调节困难, 负荷调节不能与主装置同步, 空气过剩系数无法控制, 燃油雾化效果差, 易结焦, 排烟温度高, 致使炉子效率低。表 2 为 1985 年进行热平衡测试的数据。

1.2.4 控制系统落后不完善, 对负荷调节反应滞后

风油比不易控制, 系统无独立的燃油计量、风量计量和烟气残氧分析等, 不能保证充分低氧燃烧, 造成能源的浪费。安全保护联锁系统采用的是触点程序, 元件常出故障, 造成炉子不能连续运行, 波及主装置负荷不能稳定。

基于以上缺陷, 为提高能源的利用