

专家论坛

## 高效节能环保型聚四氟乙烯加热器\*

赵永镛, 赵 炜, 陈国龙

(温州赵氟隆有限公司, 浙江温州 325016)

**摘 要:** 化工企业生产中使用的反应釜都是用钢壳外壁上的夹套来加热釜内介质, 由于其热传递过程长, 热阻大, 而导致介质加热速度慢, 时间长, 高温上不去, 热效率低等结果。针对上述问题, 发明了一种高效、节能与环保型的聚四氟乙烯加热器, 直接置于反应釜内加热介质, 改变了原有的生产模式, 从而达到了显著的节能、减排与增产的效果。

**关键词:** 反应釜; 加热; 高效; 节能; 减排

**中图分类号:** TQ 051.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-0460(2010)02-0115-05

化工生产归根结底就是将一种或多种原有物质加热到所需温度进行化学反应, 以获得新的产物, 大多数的化学反应都是在反应釜内进行<sup>[1-2]</sup>, 诸如制药、农药、染化、有机合成、精细化工以及各种中间体的生产等等。可见反应釜是化工企业中的重要生产装备。多年来, 国内外所用的反应釜, 其加热方法不外乎以下两种, 一种是用钢壳外壁上的夹套来加热釜内的物料, 另一种是用盘管(蛇管)放到釜内加热介质。盘管一般都用铜、钢或其它金属制作, 并固定在反应釜封头上, 悬挂在釜内介质中。夹套或盘管子内的热载体(加热剂)一般都是用电热棒加热的高温导热油(或用高压蒸汽)。在反应釜内反应的介质, 基本上都带有一定的腐蚀性, 有的甚至相当厉害, 于是, 反应釜内壁与盘管外壁还需要用防腐材料衬里或包敷。如搪瓷、搪玻璃、塑料、涂料, 甚至高级金属或合金, 如钛、锆等材料, (目前, 性能最好的是用聚四氟乙烯(简称 PTFE 或 F4)衬里的反应釜)。因而, 现有的反应釜加热情况存在着以下诸多问题:

(1) 用夹套加热釜内介质, 热传递的过程长, 热阻大, 效果差, 釜内介质的升温速度慢, 加热时间长, 生产发展受到抑制;

(2) 热源(加热剂)与反应釜内介质的温差大, 釜内介质高温上不去(很难达到 200℃以上), 致使许多高温强腐蚀的生产无法进行;

(3) 对于在化工生产中用得最普遍的搪瓷(或搪玻璃)反应釜不能用于较高温度, 冷热交替, 或骤

冷骤热条件尤甚, 否则就会爆瓷;

(4) 热效率(热利用率)低, 一般仅为 60%左右, 热损失大, 因为它只有一面加热, 另一面在散热;

(5) 就盘管而言, 除上述缺陷外, 且加热面积小, 还存在体积大, 重量重, 安装又不甚方便等等。

(6) 用高温导热油作热载体, 挥发出来的油烟相当厉害, 严重污染了环境, 影响了员工的身体健康。

### 1 新产品特点

作者认为, 要解决上述问题, 最根本的是要将热传递的过程缩短, 也就是说, 要将电热元件与被加热的介质直接接触, 要达到上述要求, 必需研制出一种能放在反应釜内直接加热腐蚀性介质的加热器。电热元件(电热丝或扁带)为金属材料, 不能直接放在介质中通电加热, 需要有一种材料包敷绝缘它。这种材料除绝缘性能与介电性能好外, 还需耐高温, 抗腐蚀, 且加工性能也要满足要求。作者对氟塑料性能及加工技术有充分的了解, 发现在已知的所有材料中, 只有聚四氟乙烯塑料能满足以上要求。①它是当今世界最耐腐蚀的材料之一; ②可在 250~260℃高温长期稳定使用(F4 加工温度为 380℃), ③绝缘性能与介电性能又极佳(其表面电阻高达  $10^{12}\Omega$ , 介电常数为 2.1(频率 6 周/s 至 3 000 兆周/s 不会漏电)<sup>[3-4]</sup>, 此外, 它还不粘附其它任何物质, 耐老化性能又很好, 是独一无二的制造加热器的理想材料, 作者将加热器的电热元件(电热丝或扁带), 用特殊技术将其埋放到 F4 薄层(3~4 mm)

\* 收稿日期: 2010-01-26

作者简介: 赵永镛(1927-), 男, 浙江温州人, 教授级高级工程师, 1954年毕业于华东化工学院电化学专业, 终身享受国务院特殊津贴, 现为温州赵氟隆有限公司董事长, 《当代化工》杂志编委, 长期从事氟塑料防腐技术研究及新产品研发与制造工作, 获中、美、欧等国多项发明专利, 国家技术发明奖, 世界尤里卡金奖, 比利时国王授予“骑士勋章”等殊荣, 已发表论文 40 多篇。电话: 0577-86130200, E-mail: ZYG@126.com。

内部<sup>[5-10]</sup>(绝对密封,不会氧化),制造出“圆筒薄壁整体型 F4 加热器”与“多层立体装配型 F4 加热器”两种新产品,可将它放到釜内腐蚀性介质中,直接加热介质。F4 在此既作为电热元件的绝缘层,又作为热载体,将电热元件放出的热传递给周围的介质(这是热传递的最短途径)。

作者查阅了大量国内外有关的专利及技术资料,均未发现有与本专利产品相似的产品结构及其加工技术<sup>[11-16]</sup>。现将新产品的优异性能归纳于下:

(1)热传递的过程最短,而且是多面加热,热损失最小,热效率(利用率)很高,达 90%以上;

(2)介质升温高,电热元件最高设计温度为 250 °C,而介质可加热到 245 °C,两者相差仅 5 °C 左右(而夹套或盘管加热至少在 40~50 °C 以上,相差甚远),使许多高温(245 °C 以下)强腐蚀的生产得以顺利进行;

(3)介质升温快,加热时间短,使企业大幅增产超值;

(4)不产生任何腐蚀产物,不粘附其它任何物质,也不会污染釜内介质,长期运转,也不增加热阻,永保良好的加热效果。

(5)电热元件产生的热,直接传递给周围介质,不需要高温导热油作热载体,这就消除了高温油挥发造成的环境污染。

(6)安装使用方便,不易损坏,使用寿命长,能达到显著的节能、环保与增产效果。

特别要提到的是,搪瓷反应釜在化工生产中用得十分普遍,因为它能耐一般介质的腐蚀,且价格又较低廉,但它的缺点是,使用温度不高,否则会爆瓷。因为现有的夹套反应釜,热是由外向内传(用红外线加热的反应釜也如此),搪瓷受到的温度要比釜内介质温度高得多。本加热器是放在釜内介质中加热,热是由内向外传,釜壁上搪瓷的温度要比反应釜内介质的温度要低好几十度,因而,搪瓷釜就可在高温(200 °C 左右)反应条件下安全操作而不会爆瓷。

## 2 结构型式

### 2.1 圆筒薄壁整体型 F4 加热器

它是将电热元件埋在整个筒体的 F4 薄壁内,如图 1 所示,筒体上端 F4 翻边,悬挂在反应釜筒体法兰上,如图 2 所示,F4 翻边中的电热元件 4 由此引出与电源连接。筒壁上开有通透槽(或圆孔)9,便于介质流通,此结构因面积所限,F4 层中不能放太多的电热元件,因而功率较小,其优点是结构简单,安装较方便。

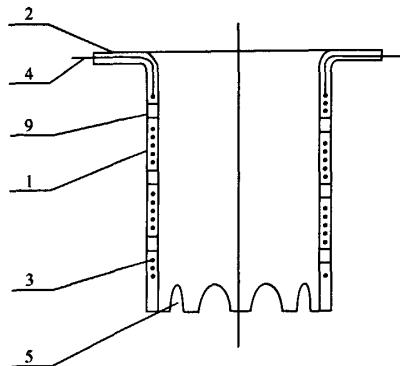


图 1 圆筒薄壁整体型 F4 加热器示意图

Fig.1 PTFE Heater of cylinder monolithic construction

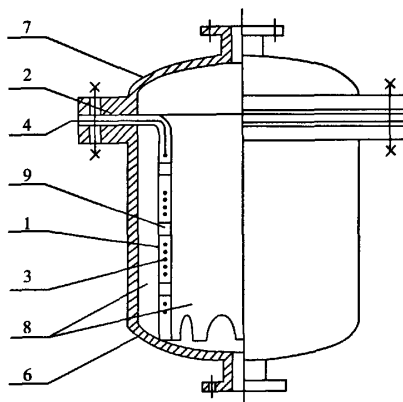


图 2 圆筒薄壁整体型 F4 加热器在反应釜中的示意图

Fig.2 PTFE Heater in the reaction still

1—F4 加热器基体; 2—F4 加热器翻边; 3—电热元件; 4—电热元件电源接头; 5—加热器底部缺口(介质流通); 6—钢外壳; 7—反应釜上封头; 8—待加热介质; 9—通透槽(介质流通)。

### 2.2 多层立体装配型 F4 加热器

此结构如图 3 所示,它是先将电热元件(电热丝或扁带)埋放在 F4 层中,加工成厚约 3 mm,宽约 30 mm 的 F4 电热带,然后将此带盘插入由 F4 各部件装配而成的框架内的每层 F4 连接链 5 上,成为“多层立体装配型 F4 加热器”。每层为一个电热单元,层数越多,功率越大。其功率可大到 200 kW 以上,加热快,升温高,此加热器在釜内的固定方法是摆放在反应釜下底上的支撑架 9 上。

每层的电热带由上顶板 6 与釜壁之间的间隙穿出,直至反应釜筒体上法兰面引出与电源连接。

每台加热器都带有一台电控装置(配电柜)自动控制电热带的温度与釜内介质的温度,并能随时观察到釜内介质的升、降温情况,以及安全使用控制系统,使用起来十分方便,且安全可靠。

一台加热器使用多年后,如发现某条 F4 电热带内的电热元件断了,可换上一条新的,操作很方便,这样整台的加热器使用寿命会大大延长。

如釜内介质加热反应后,需要冷却,可在钢壳

外做上夹套,冷却时,可通冷却水。

本加热器已获中国专利(专利号:ZL2007 20114

988.x),并已申请美国专利(申请号:UP12042331)与欧洲专利(申请号:EP08164659.8)。

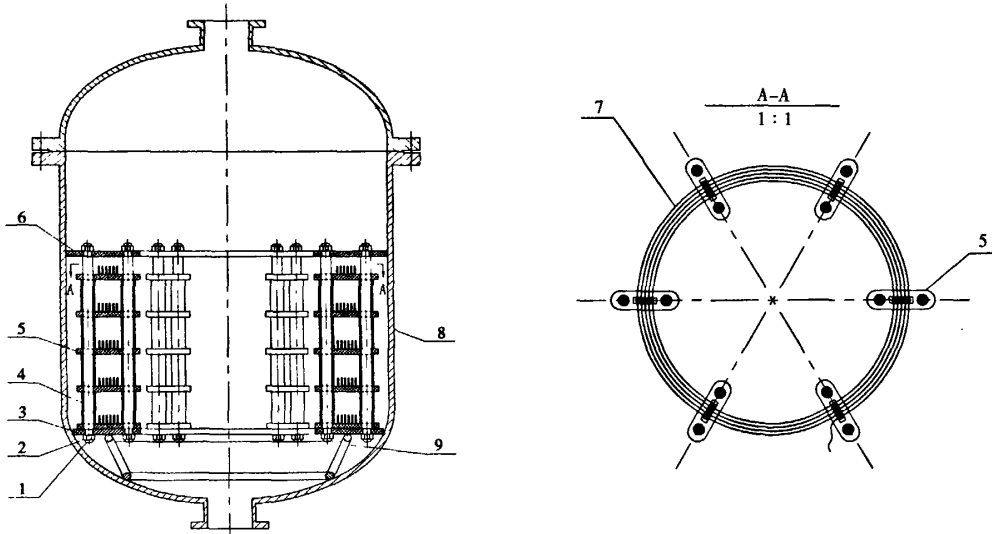


图3 多层立体装配型 F4 加热器在反应釜中的示意图

Fig.3 Multichamber prefabricated PTFE heater in reaction still

1-立柱; 2-螺母; 3-底板; 4-套管; 5-连接键; 6-顶板; 7-F4电热带; 8-钢外壳; 9-支撑架

2.3 产品实物照片

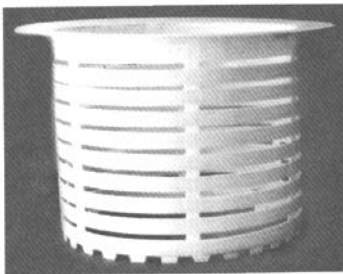


图4 圆筒薄壁整体型 F4 加热器

Fig.4 PTFE Heater products of cylinder monolithic construction

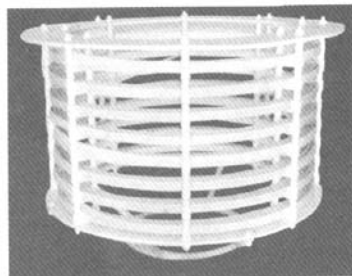


图5 多层立体装配型 F4 加热器

Fig.5 PTFE Heater products of multichamber prefabricated

筒薄壁整体型 F4 加热器(如图 2 所示),电功率为 4 kW(电流 18 A,电压 220 V);

(2)试验目的:观察 F4 层中电热元件与釜内被加热的介质升温情况及最小温差;

(3)釜内介质:20 L 320 高温导热油(内有搅拌)。

3.1.2 试验纪录

介质最高加热温度测试数据见表 1。

表 1 介质最高加热温度测试数据  
Table 1 Test data of medium heating highest temperature

加热时间 /min	电热元件最高设计温度 /°C	电热元件实测温度 /°C	介质(油)升温 /°C	两者温度差 /°C
0	250	11	10	1
10	250	168	60	108
20	250	203	114	89
30	250	241	161	80
40	250	250 ± 2	195	55
50	250	250 ± 2	214	36
60	250	250 ± 2	226	24
70	250	250 ± 2	233	17
80	250	250 ± 2	237	13
90	250	250 ± 2	240	10
100	250	250 ± 2	443	7
110	250	250 ± 2	245	5
120	250	250 ± 2	245	5

3 性能测试

3.1 釜内介质最高加热温度测试

3.1.1 试验条件

(1)试验装置:φ 300 mm F4 衬里反应釜,釜内介质为高温导热油,内挂φ 250 mm × 300 mm 的圆

3.1.3 结果讨论

从表 1 看出,电热元件最高设计温度为 250 °C,通电 40 min 后,电热元件实测从 11 °C 迅速上升到 250 °C,以后在(250 ± 2)°C 自动调节,釜内介质

从 10 °C 迅速上升至 195 °C, 然后缓慢上升, 两者温差越来越小, 到 110 min 时, 升至 245 °C, 不再上升, 两者相差仅 5 °C, 由此可见, 用此加热器放在介质中直接加热介质, 可将介质加热到 245 °C, 与电热元件 250 °C 相比, 仅差 5 °C, 如此高效, 无其它任何加热方法可比。能很好地解决了原有夹套反应釜升温不高的难题, 使多年来一直无法解决的高温、强腐蚀的高效新工艺项目因此而顺利上马。

### 3.2 热效率试验

#### 3.2.1 试验条件

(1) 试验装置: 1 000 L 钢衬 F4 反应釜, 内用外包 F4 的搅拌桨搅拌。釜内介质为自来水, 用“多层立体装配型 F4 电加热器”加热升温, 加热器在釜内放置如图 3 所示, 电功率为 53 kW, 用电度表计算用电量。

(2) 试验目的: 观察该结构 F4 加热器的热效率。

(3) 釜内介质: 1177.5 立升的自来水。

#### 3.2.2 试验纪录

PTFE 加热器热效率测试数据见表 2。

表 2 PTFE 加热器热效率测试数据  
Table 2 Test data of PTFE heater heat efficiency

通电升温时间 /min	电能输入量(电度表数字)/(kW·h)	F4 加热器(电热带)温度 /°C		水温 /°C	不同温度热效率 /%
		最高设计	实测		
0	815.0	250	17	11	
10	823.3	250	63	17	99.0
20	831.5	250	69	23	99.8
30	839.7	250	74	29	99.8
40	846.6	250	81	34	99.7
50	854.8	250	85	40	99.8
60	862.5	250	91	45	98.0
70	870.7	250	96	51	98.3
80	878.5	250	102	56	97.0
90	886.8	250	107	62	97.0
100	895.1	250	114	67	95.7
110	902.6	250	117	72	95.3
120	910.6	250	122	78	96.0
130	918.3	250	127	83	95.4
140	926.6	250	132	88	94.5
150	934.3	250	137	93	94.1
160	941.1	250	141	97	93.4
163	943.4	250	143	99	93.8

#### 3.2.3 结果讨论

本试验总共通电加热 163 min(2.72 h), 电能输入 943.4 - 815.0 = 128.4 kW·h。F4 加热器(电热带)最高设计温度为 250 °C, 实测温度从 17 °C 升到 143 °C(不再上升), 水温从 11 °C 升到 99 °C 不再上升, 共升温 99 - 11 = 88 °C, 现将水温升到 99 °C 时, 热效率计算如下:

(1) 水升温吸热为  $88 \times 1\ 177.5\ \text{L} = 433836.22\ \text{kJ}$ ;

(2) 电能输入量为 943.4 - 815.0 = 148.4 kW·h, 根据焦尔楞次定律( $Q = 0.24 I^2 R T$ ), 每 1 kW·h 可产生 3.60 kJ 热量,  $148.4 \times 860 = 462.32\ \text{kJ}$ , 热效率 =  $103\ 620 \div 110\ 424 = 93.8\%$ 。由上述公式同样计算出各不同温度段的热效率(从 11 °C 开始至其它各温度如 40 °C 为 99.8%, 67 °C 为 95.3% 等), 计算结果列于表 2, 从上表中数据看到, 随着水温上升, 水的蒸发及反应釜釜体的吸热、散热越来越大, 到 99 °C 时, 还有 93.8%。从 11 °C 到 99 °C 平均热效率为 96.9%, 这

与夹套加热相比, 热效率提高了 30% 以上, 具有明显的节能效果。

## 4 结束语

(1) 高效、节能、环保型聚四氟乙烯加热器的研发与制造成功, 填补了国际空白, 是反应釜加热方式的一大创新, 它将改变原有反应釜加热速度慢, 高温上不去, 热效率低等缺陷。

(2) 新产品是由全 F4 材料制作, 是放在釜内直接加热任何强腐蚀性化学介质, 不粘附其它任何物质, 也不会污染釜内反应物, 且永保其加热效果。

(3) 本加热器最高设计温度为 250 °C, 而可将釜内介质加热到 245 °C 高温, 两者相差仅 5 °C, 如此高效, 无其它任何加热方法可比, 能满足化工生产中的各种高温反应。

(4) 热效率可达到 90% 以上, 与夹套加热相比, 其热效率提高了 30% 以上, 节能效果显著。

(5)本产品不需高温导热油作热载体,无高温油烟挥发排放,符合环保要求。

#### 参考文献

- [1] 国家医药管理局上海医药设计院.化工设计手册[M].北京:化学工业出版社,1986.
- [2] 时钧.化学工程手册:下卷[M].2版.北京:化学工业出版社,1996.
- [3] 上海塑料研究所.氟塑料加工[M].上海:上海科学技术文献出版社,1987.
- [4] 钱知勉.塑料性能应用手册[M].上海:上海科学技术文献出版社,1982.
- [5] 赵永镐.金属网聚四氟乙烯衬里防腐装备制造工艺及应用性能[J].沈阳化工,1989(1):19-22.
- [6] Zhao Yonggao.ANTICORROSIVE PRODUCT LINED WITH POLYTETRAFLUOROETHYLENE METHOD FOR MAKING THE SAME:US,4,974,303[P].1990-12-04.
- [7] 赵永镐.一种聚四氟乙烯防腐制品及制造方法:CN,88103518.1[P].1991-08-28.
- [8] 赵永镐.一种耐负压防腐容器:CN,ZL90109804.3[P].1998-04-02.
- [9] 赵永镐.耐高压、高温聚四氟乙烯防腐制品及制法:CN,ZL92101053.2[P].1997-07-04.
- [10] 赵永镐.一种氟塑料制品的制作方法:CN,ZL200610023720.5[P].2008-11-26.
- [11] 兵器工业部第二〇七研究所.金属聚四氟乙烯管状加热装置及其制造方法:CN,85103426[P].1985-10-10.
- [12] 李根实.螺旋管型聚四氟乙烯加热器:CN,2236104[P].1996-09-25.
- [13] 张朝辉.聚四氟乙烯电加热管:CN,2309602[P].1999-01-03.
- [14] 候毅.聚四氟乙烯电热材料的制备方法:CN,1515620[P].2004-07-28.
- [15] 候毅.耐折损聚四氟乙烯电热膜及其制备方法:CN,1606384[P].2005-04-13.
- [16] Charles henry butz.LAMINATED HEATING UNIT:US,3,277,419[P].1996-10-04.
- [17] Manov, Viadimir, Adar. Amorphous metallic alloy electrical heater system:EP,0808078A[P].1997-11-19.
- [18] Beauferey.Elément chauffant souple et son procédé de fabrication Office européen des brevets:EP,0295351A1[P].1988-12-21.

## PTFE Heater With High Efficiency Energy Conservation and Environmental Protection

ZHAO Yong-gao, ZHAO Wei, CHEN Guo-long

(Wenzhou Zhaoflon Co., Ltd., Zhejiang Wenzhou 325016, China)

**Abstract:** The reaction stills in the chemical industry usually used jacket over the steel shell to heat the medium in the heater still. Because of the long process of the temperature conduct and big thermal resistance, the speed of the heating process of the medium is quite slow and the time is very long. High temperature can hardly be reached, and the thermal efficiency is rather low. In order to solve these problems, a kind of PTFE heater with high efficiency and energy conservation was invented, which can be put into the heating medium in the still. The problems were solved quite well, the effect of energy conservation, environmental protection and production increase was gained.

**Key words:** Reaction stills; Heating; High efficiency; Energy conservation; Environmental protection

## 中海油谋建海南码头 为南海油田开发配套

中海油南海西部油田海南码头项目转让签约仪式2010年4月26日在海口举行。中海油有限公司总裁杨华在仪式上透露,今年该公司在南海的产能为1200万方油当量,下一步目标是实现3000万方油当量的产能。

根据协议,中海油受让原海口市辖下的马村港区3.5万吨码头及该港区正在扩建的10万吨泊位码头,由其建立中海油南海西部油田海南码头。


据悉,该码头是一个现代化、功能齐全的码头,可为油气田生产、船舶物资补给、货物装卸及油田生产设备检测、保养、维修等服务,为海上其他工程作业提供泊位和为物资堆放提供场地,并为海上作业提供应急支持,为油气勘探平台和船舶停靠、维修等提供支持。

马村港新扩建的一期工程建设规模为5个2万吨级泊位,设计年通过能力275万吨,投资估算逾9亿元人民币,建设工程三年。项目已于2007年底开工,今年6月码头主体完工,明年上半年建成投入使用。

杨华称,中海油将把海南码头建设成为满足南海西部海域油气资源勘探、开发、生产的后勤支持中心码头。

海南省方和中海油都十分重视该项目的转让,中共海南省委书记卫留成、中海油总公司傅成玉均出席当天的签字仪式。杨华表示,中海油迄今在海南的投资已达300亿元,涉及石油化工、新能源、化肥、风力发电、生物发电等多个领域。

# 高效节能环保型聚四氟乙烯加热器

作者: [赵永镐](#), [赵炜](#), [陈国龙](#), [ZHAO Yong-gao](#), [ZHAO Wei](#), [CHEN Guo-long](#)  
作者单位: [温州赵氟隆有限公司](#), 浙江, 温州, 325016  
刊名: [当代化工](#)   
英文刊名: [CONTEMPORARY CHEMICAL INDUSTRY](#)  
年, 卷(期): 2010, 39(2)

## 参考文献(18条)

1. [赵永镐](#) [一种耐负压防腐容器](#) 1998
2. [Charhes henry butz](#) [LAMINATED HTATING UNIT](#) 1996
3. [赵永镐](#) [一种聚四氟乙烯防腐制品及制造方法](#) 1991
4. [Zhao Yonggao](#) [ANTICORROSIVE PRODUCT LINED WITH POLYTETRAFLUO ROETHYLENE METHOD FOR MAKING THE SAME](#) 1990
5. [赵永镐](#) [金属网聚四氟乙烯衬里防腐装备制造工艺及应用性能](#) 1989(01)
6. [钱知勉](#) [塑料性能应用手册](#) 1982
7. [上海塑料研究所](#) [氟塑料加工](#) 1987
8. [时钧](#) [化学工程手册](#) 1996
9. [国家医药管理局上海医药设计院](#) [化工设计手册](#) 1986
10. [候毅](#) [聚四氟乙烯电热材料的制备方法](#) 2004
11. [张朝辉](#) [聚四氟乙烯电加热管](#) 1999
12. [李根实](#) [螺旋管型聚四氟乙烯加热器](#) 1996
13. [兵器工业部第二〇七研究所](#) [金属聚四氟乙烯管状加热装置及其制造方法](#) 1985
14. [赵永镐](#) [一种氟塑料制品的制作方法](#) 2008
15. [候毅](#) [耐折损聚四氟乙烯电热膜及其制备方法](#) 2005
16. [Beauferey](#) [Elément chauffant souple et son procédé de fabrication](#) Office europcen des brevets 1988
17. [Manov;Viadimir;Adar](#) [Amorphous metallic alloy electricai heater system](#) 1997
18. [赵永镐](#) [耐高压、高温聚四氟乙烯防腐制品及制法](#) 1997

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_ddhg201002001.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_ddhg201002001.aspx)