

# Preparation and Performance Testing of Honeycomb XH-800X Microwave Digestion Workstation

Xuanping Yang<sup>1,2</sup>, Zhaoxi Hu<sup>1,2</sup>, Wenxiang Hu<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Beijing Xianghu Science and Technology Development Co., Ltd., Beijing

<sup>2</sup>Jingdong Xianghu Microwave Chemistry Union Laboratory, Beijing Excalibur Space Military Academy of Medical Sciences, Beijing

Email: [xianghu100@sina.com](mailto:xianghu100@sina.com)

Received: Jun. 18<sup>th</sup>, 2018; accepted: Jul. 3<sup>rd</sup>, 2018; published: Jul. 10<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

Beijing Xianghu Science and Technology Development Co., Ltd. successfully developed the octahedron Honeycomb XH-800X microwave digestion workstation firstly in the world. Through the heating uniformity test and HFSS microwave simulation, our research results show that the uniformity is better than that of the traditional microwave digestion instrument.

## Keywords

Microwave Digestion Workstation, Octahedron, Uniformity, Microwave Simulation, Digestion, Synthesis

---

# Honeycomb XH-800X微波消解工作站研制及性能测试

杨萱平<sup>1,2</sup>, 胡墨玺<sup>1,2</sup>, 胡文祥<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>北京祥鹤科技发展有限公司, 北京

<sup>2</sup>北京神剑天军医学科学院京东祥鹤微波化学联合实验室, 北京

Email: [xianghu100@sina.com](mailto:xianghu100@sina.com)

收稿日期: 2018年6月18日; 录用日期: 2018年7月3日; 发布日期: 2018年7月10日

\*通讯作者。

## 摘要

北京祥鹤科技发展有限公司在世界上首次成功研制了八面体结构的Honeycomb XH-800X微波消解工作站。通过加热均匀性测试实验和HFSS微波仿真模拟,结果表明:其均匀性好于传统结构的微波消解仪器。

## 关键词

微波消解工作站, 八面体, 均匀性, 微波仿真, 消解, 合成

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

近二十年来,国内外微波化学的发展如火如荼、一日千里,不断取得新成就。各种新型微波仪器的研制也在加快进度,不断取得日新月异的进展。我单位仪器科研部不断研发新仪器,从单一微波化学仪器到组合微波化学仪器,从常压仪器到高压仪器,从间歇反应器到连续反应器,从单一传感器到多通道传感器等。最近,研发无人机式微波化学反应器,几何多面体反应器,单模微波反应器等,我们不忘初心,砥砺前行,为发展祖国的微波化学事业、推动祖国微波化学民族产业科技进步贡献最大力量。

微波样品前处理技术是近年来发展较快的一种实验室样品前处理技术,主要用于待测样品进行消解和萃取处理,以便进行后续的分析测定。随着应用范围越来越广泛,人们对样品前处理设备的技术要求也在不断提高,尤为关注样品处理的有效性和设备的安全性。其中样品处理的有效性关键在于微波加热的均匀性要足够好,同时对反应温度和压力的控制要足够的精确;而设备的安全性主要体现在消解罐结构的科学设计以及仪器本身的一系列主、被动安全措施设置上。

## 2. Honeycomb XH-800X 微波消解工作站研制

为了克服传统微波消解仪加热均匀性较差、重复性较低的不足,北京祥鹤科技发展有限公司奋力攻关,终于成功研发了Honeycomb XH-800X微波消解工作站(见图1、图2)[1][2]。该发明设计采用八面体微波谐振反射技术,并通过HFSS微波仿真技术对微波谐振腔体的电磁场分布均匀性进行研究分析优化,使微波加热均匀性仪器在行业占据领先地位。

祥鹤Honeycomb XH-800X微波消解工作站,有效避免在消解过程中,因微波加热不均匀导致的微波局部聚焦,使部分罐体温度过高漏气或融化;避免部分样品温度过低或过高,样品测试数据不准或测试失败。消解装置中的消解架,采用双臂龙门式锁紧结构;利用薄壁圆筒形压力容器应力分析理论指导优化消解罐设计,创新设计出自动泄压安全结构。主罐温、压测控采用整体加工无缝链接技术确保温、压测量的高精度。

祥鹤Honeycomb XH-800X微波消解工作站,具有68 L大容量工业级高强度不锈钢腔体,具有安全可靠理想温度、气体压力测控装置和红外、激光、影像实时测控安全装置。并且具有多重安全防护措施,可有效减少或避免在使用中产生压力失控消解罐炸损几率。

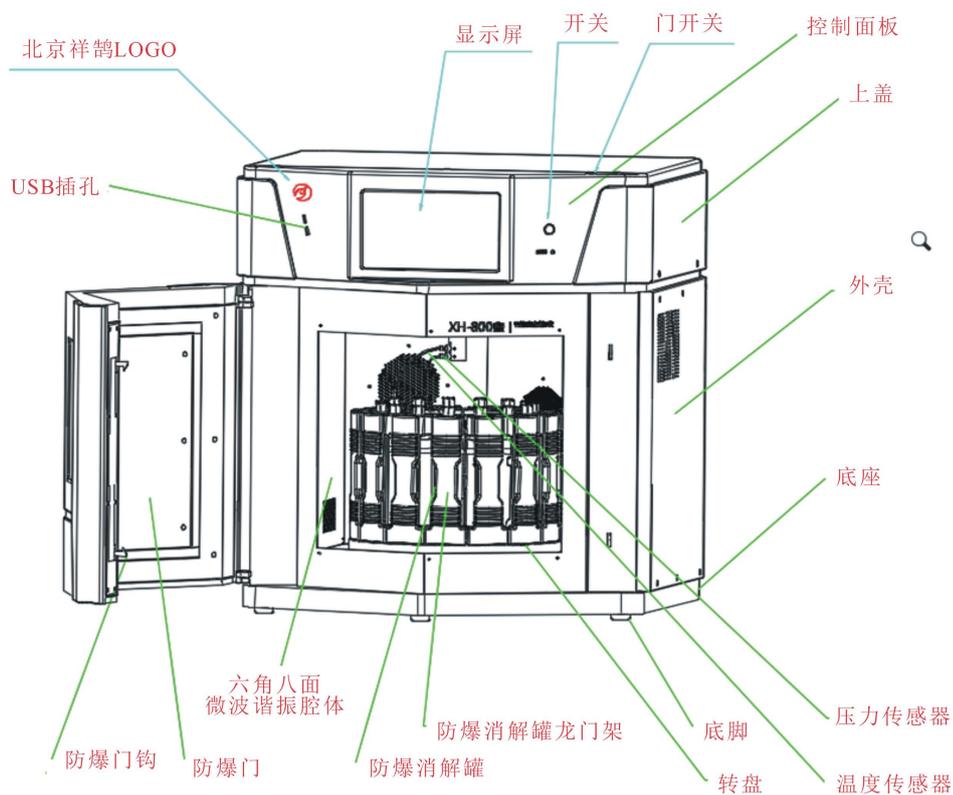


Figure 1. Honeycomb XH-800X microwave digestion workstation  
图 1. Honeycomb XH-800X 微波消解工作站示意图



Figure 2. Honeycomb XH-800X microwave digestion workstation outline drawing  
图 2. Honeycomb XH-800X 微波消解工作站外形图

### 3. Honeycomb XH-800X 微波消解工作站加热均匀性测试

开发一款什么样的产品才具有市场竞争力，是摆在我司面前的主要问题，于是我们从市场调研入手寻求突破。我们调研了大量数据显示，在微波消解过程中，多样品消解是发展趋势，多样品消解具有效

率高成本低等优势，加热均匀性是决定样品加热均匀的核心指标，加热均匀性过低是导致微波局部聚焦使部分罐体温度过高漏气或融化、部分样品温度过低或过高、样品测试数据不准或测试失败的主要原因。

因此，我们首先决定在微波加热均匀性方面寻求突破点，经过数年的探索在多种形状微波谐振腔体测试研究后，发现八面体微波谐振腔体是理想的微波谐振腔体，八面体腔体微波加热均匀性与行业微波消解仪的加热均匀对比，测试数据显示八面体腔体加热均匀性大大提高。

### 3.1. 六边形微波谐振腔体加热均匀性测试

国家标准加热均匀性要求  $\geq 70\%$ ，八面体腔体(见图 3)实际加热均匀性 81.7% (见表 1)，高出国家标准 11.7 个百分点。

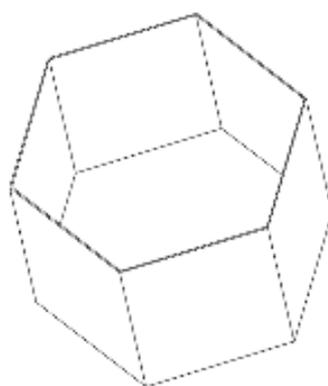


Figure 3. Schematic diagram of hexagonal microwave resonant cavity  
图 3. 六边形微波谐振腔体示意图

Table 1. Results of microwave heating uniformity test for hexagonal microwave cavity  
表 1. 六边形微波谐振腔体微波加热均匀性测试结果

Vin	T	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T	Load	Pin	Iin	Pout	效率	
(V)	(°C)	(°C)	(°C)	(s)	(ml)	(W)	(A)	(W)	(%)	
220	19.6	10	16.9	21	1000	2000		1347.4	67.4%	
加热均匀性; 时间 $t = 50000 \div Pout$						37	秒			
第一次					第二次					
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
开始温度	19	19.2	19.2	19.2	19.2	19	19.1	19.2	19.1	19
结束温度	41.5	44.8	43	43.3	43	39.8	45.5	42	41.8	42
温升	22.5	25.6	23.8	24.1	23.8	20.8	26.4	22.8	22.7	23
各点平均温升					加热均匀性(%)					结论
1	2	3	4	5						
21.7	26.0	23.3	23.4	23.4						
平均温升			最大温升		最小温升		81.7%		合格	
23.6			26.0		21.7					

### 3.2. 加热均匀性测试结果

结果表明：在六边形腔体材质与矩形腔体材料均为不锈钢材料、测试环境、测试方法等同条件下，测试数据表明，六边形腔体加热均匀性比矩形腔体加热均匀性高。

## 4. HFSS 微波仿真技术

运用高频结构模拟程序(HFSS: high-frequency structure simulator)，对 Honeycomb XH-800X 腔体双端口馈入仿真(见图 4-6)，结果如下。

### 4.1. 仿真模型

腔体 60 L: 高  $\times$  六边形边长 = 410 mm  $\times$  253.38 mm;

耦合方式: 双端口馈入, 矩形波导同轴馈入;

输入波导: 86 mm  $\times$  33 mm;

耦合孔尺寸: 直径 34.4 mm, 厚度 2 mm;

耦合孔内杆: 直径 20 mm, 长度 50 mm。

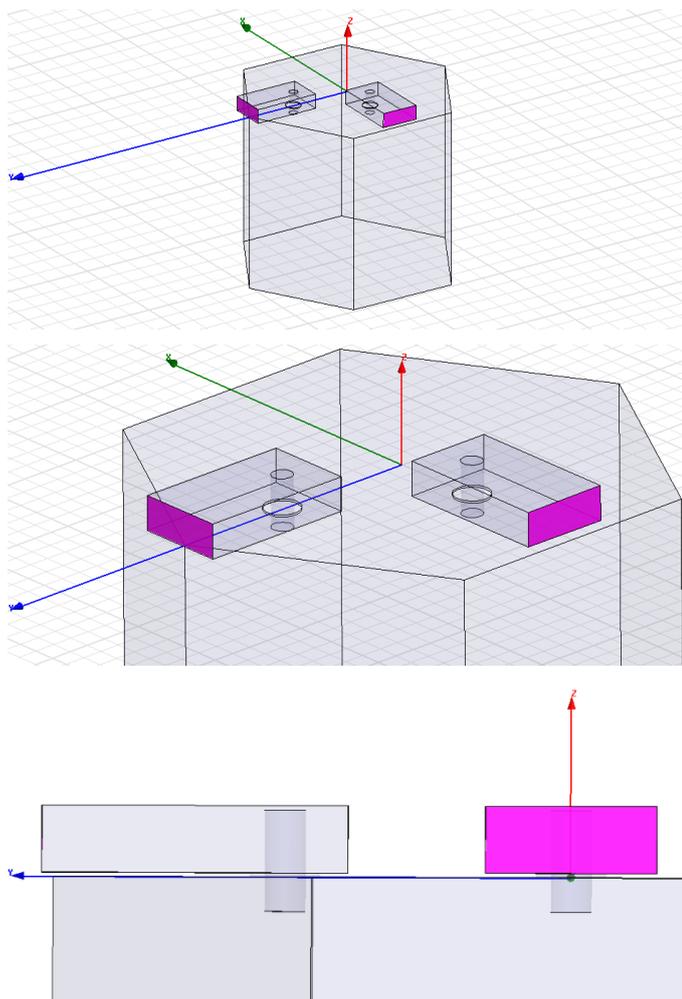


Figure 4. Simulation model diagram  
图 4. 仿真模型图

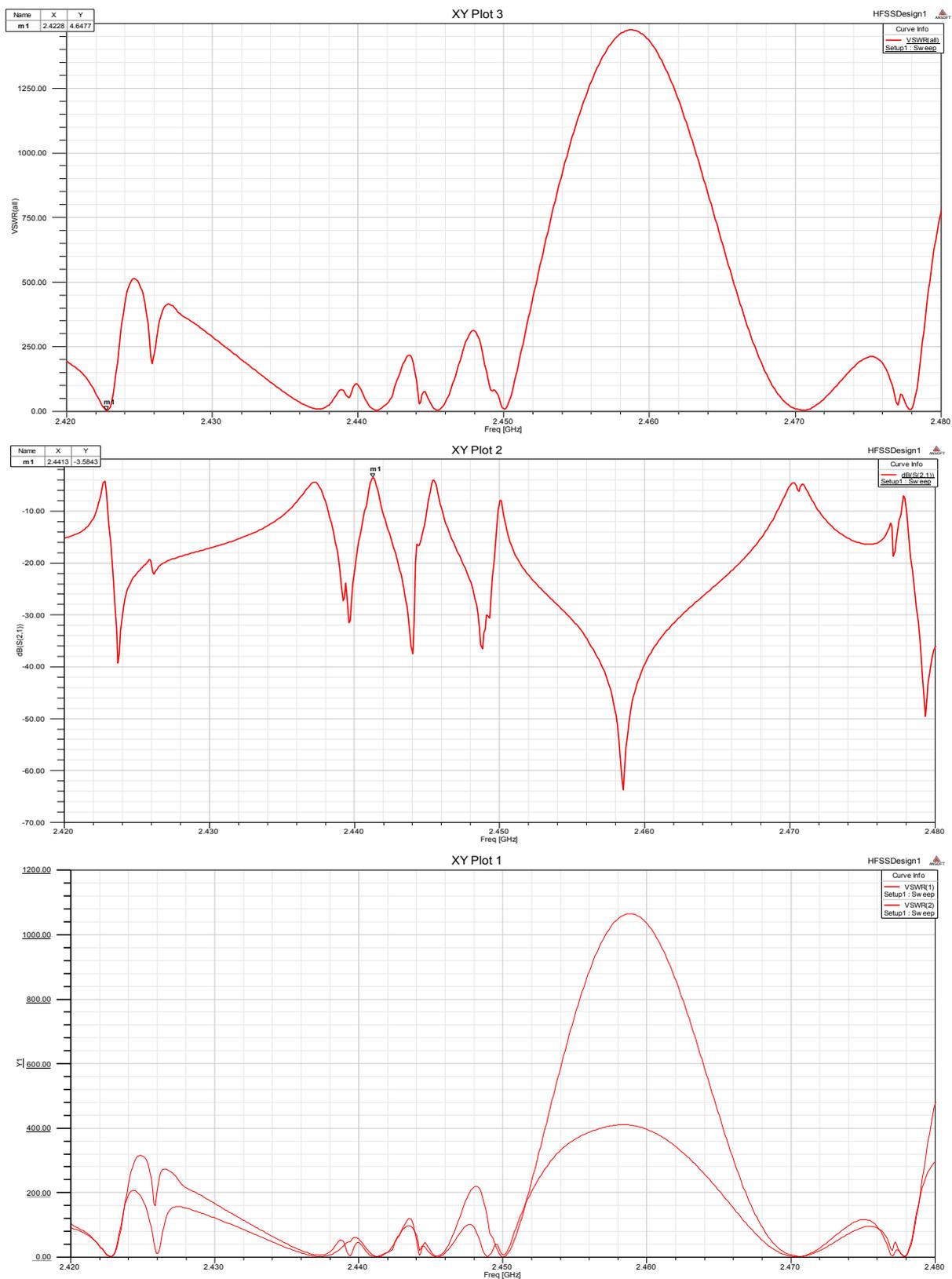
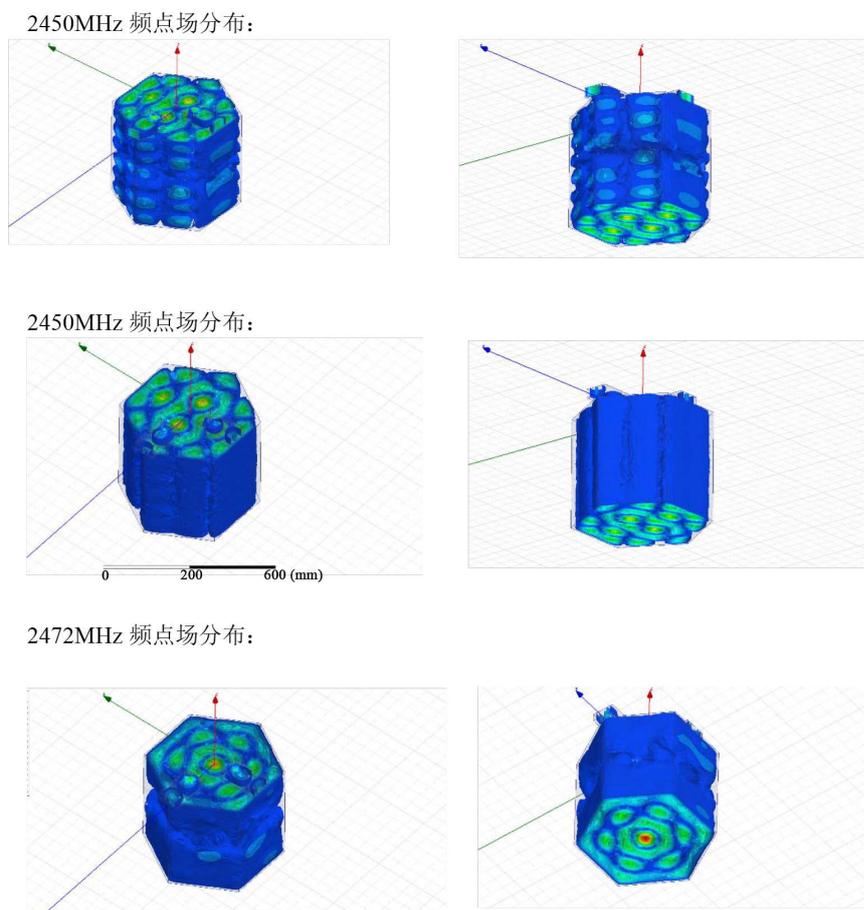


Figure 5. Dual port VSWR curve  
图 5. 双端口驻波比曲线



**Figure 6.** Frequency field distribution  
**图 6.** 频点场分布

## 4.2. 仿真结果

双端口驻波比之和最小值 4.6 (2423 MHz)。

## 4.3. 仿真结论

可在不同频点激励起不同的模式，获得较低的驻波比，均匀性较好，重负载时工作较好。

## 5. 结语

隆重推出 Honeycomb 系列 XH-800X 型微波消解工作站，是北京祥鹤科技发展有限公司经过多年深入发掘用户需求，研究国内外先进的微波消解技术，结合中国样品前处理行业趋势与用户体验，创新研发的一款具有自主知识产权的微波消解工作站[1] [2]，其最大创新亮点为 68 L 正六棱柱工业腔体，全奥氏体不锈钢制作，多层特氟龙耐腐蚀喷涂，120°角门金刚造型，双磁控管双端口垂直布列，矩形波导同轴馈入，多边反射微波均匀加热等。同时仪器配有 10 英寸超大彩电电容触摸屏，激光识别转盘和消解罐位置，红外监控全罐温度，超温报警；实时监视反应过程；温度、压力、功率曲线实时在线显示。

八面体(六边形)的设计经数亿次模拟仿真，确保微波能量均匀集中在消解罐所在的范围区间内，有效提升了样品消解的重复性和一致性，整机在安全性和实用性上大大提高。用户可根据样品的性质和实验的要求一键选择：①温压双控、②压力控制、③温度控制方式。多层防护门、电动、机械双重门锁保证

实验更安全。框架式消解罐，内外双层结构，自动泄压装置，无需耗材。智能操作系统可轻松回放任意一秒的实验数据，观察微小的参数变化，更精确地控制微波化学反应进程，可以有效地设计、对比实验方法。

本文对六边形和矩形的微波谐振腔体微波加热均匀性进行了测试，结果表明：六边形的均匀性好于矩形的。仿真结果也表明：六边形微波谐振腔体可在不同频点激励起不同的模式，获得较低的驻波比，均匀性较好。

我们京东祥鹤微波化学联合实验室运用 Honeycomb XH-800X 微波消解工作站，进行消解实验和合成实验，均取得了满意结果。该仪器的问世，必将获得广大用户的青睐，在相关领域获得广泛应用，为推动我国民族微波化学产业的科技进步不断做出新贡献。

## 致 谢

感谢北京祥鹤科技发展有限公司微波化学仪器科研部全体同仁和北京神剑天军医学科学院京东祥鹤微波化学联合实验室的研究生们的大力支持！

## 参考文献

- [1] 杨萱平, 胡文祥, 傅文杰, 黎晓云, 杨新伟, 胡墨玺. 一种基于微波加热的装置[P]. 中国实用新型专利 ZL201721280009.8.
- [2] 杨萱平, 胡文祥, 傅文杰, 黎晓云, 杨新伟, 胡墨玺. 一种基于微波加热的装置[P]. 中国发明专利 CN201710938347.4.

### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [mc@hanspub.org](mailto:mc@hanspub.org)