

动力机械与 工程热物理

西安交通大学科技情报室编

西安交通大学出版社

《动力机械与工程热物理》是《全国动力机械与工程热物理青年学术论文报告会》论文集。

《全国动力机械与工程热物理青年学术论文报告会》经国家教委批准，由西安交通大学主办，于1988年8月20日—24日在西安交通大学召开。国家教委科技司以及西安交通大学研究生院、科研处、能源与动力工程系和动力机械工程系给予了经济上的支持。中国工程热物理学会、中国核学会、中国制冷学会、中国内燃机学会、中国航空学会、中国机械工程学会动力分会以及中国机械工程学会流体机械分会也给予了热情的鼓励。

**《全国动力机械与工程热物理
青年学术论文报告会》论文集**

西安交通大学科技情报室编

主 编 徐廷相

责任编辑 李志丹

*

西安交通大学出版社出版

(西安市咸宁西路28号)

西安电子科技大学出版社印刷厂印装

陕西省新华书店发行 各地新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 52.75 字数: 1380 千字

1989年10月第1版 1989年10月第1次印刷

印数: 1—800

ISBN 7-5605-0319-5/TK·33 定价: 30 元

前 言

近年来,靠我国自己的力量已经培养出了一批硕士、博士,送往国外培养的一批硕士、博士也已开始陆续学成回国。他们在学习期间通过严格的训练所获得的坚实的理论基础知识和试验技能正在逐步显示威力。一批年青有为的青年科技工作者在老一辈科学家的帮助和指导下正在迅速成长。一批高水平的科研成果在青年科技工作者的参加或主持下取得。他们完成的高水平学术论文也不断地出现在国内外各种学术会议和学术刊物上。

为了鼓励我国的青年科技工作者不断进取,加强联系,创造更好的学术环境,形成更加浓厚的刻苦钻研、互相切磋的学术气氛,使那些在研究工作中成绩卓著的青年科技工作者脱颖而出;也为了鼓励广大的青年科技工作者向老一辈科学家学习,密切他们之间的联系,使我国的科学研究队伍后继有人,使科学研究工作更加兴旺发达,举行一些一定学科范围内的以青年科技工作者为主体的学术论文报告会意义深远的。

选择动力机械与工程热物理这一学科作为我们举行青年科技工作者学术论文报告会的初次尝试不是偶然的。动力机械与工程热物理这一学科在国民经济中所处的极其重要的地位是一个重要因素;这一学科由工程热物理、热能工程、内燃机、热力叶轮机、流体机械及流体动力工程、化工过程机械、制冷及低温工程、电厂热能动力工程和真空工程等多个学科专业组成;主办这次会议的西安交通大学在动力机械与工程热物理学科方面的专业设置齐全,研究力量雄厚,研究成果卓著,青年科技工作者有良好的研究环境,完全有能力组织好这次会议也是一次重要因素。

由于这是一个青年科技工作者的学术论文报告会,论文的主要作者全是35岁以下的青年教师、研究生、科研人员、工程技术人员以及其他青年科技工作者。在论文的主要作者中,有101名代表到会宣读了他们的学术论文。他们来自全国37所高等学校,8个研究机构以及4个厂矿企业。17%的代表已经取得或即将取得博士学位。

本论文集共收集了136篇论文。包括了热力学与热力系统、传热与传质、燃烧、两相流、热机和测试技术等方面的内容,大体反映了动力机械与工程热物理学科领域内的主要研究方向和我国青年科技工作者在这个领域内的研究状况。论文的选题有相当一部分来自国家科技攻关项目、国家高技术发展项目、国家自然科学基金项目以及与国民经济发展密切相关的生产实际问题。论文达到了相当高的水平,不少论文与国内外一流学术刊物和学术会议上看到的不相上下。虽然有少数论文在写作技巧和资料处理上还显得粗糙些,但从这些论文中,我们也可以看到蕴藏在我国青年科技工作者中的巨大潜力和希望。

本论文集收集的全部论文是按照论文作者所提供的原文排印的,编辑中除了一些明显的书写错误和因印刷中的技术性措施需要外,一律未作修改,文责由原论文作者自负。

由于编者水平有限,时间也较仓促,热诚地欢迎论文原作者以及广大读者批评指正。

徐廷相

感 谢 词

全国动力机械与工程热物理青年学术论文报告会是经国家教委批准，由西安交通大学首次主办的一次全国性的青年科技工作者的盛会。国家教委对这次会议给予了热情的鼓励、指导和赞助。国家教委科技司陈清龙同志为会议的筹备工作提出了不少宝贵的意见和建议。中国工程热物理学会、中国核学会、中国制冷学会、中国航空学会、中国机械工程学会动力分会和中国机械工程学会流体机械分会对于这次会议给予了热情的鼓励和支持。

西安交通大学的有关领导对会议的整个筹备工作极其关心，为会议的召开提供了一切必需的条件，研究生院、科研处、能源与动力工程系和动力机械工程系除了热情地鼓励青年教师和研究生向会议提供高水平的论文外，还专门为这次会议的召开以及本论文集的出版提供了经费上的大力支持。

动力机械与工程热物理学科领域内的老前辈们对这次会议的召开更是满腔热忱、寄以厚望。由他们组成的学术顾问委员会作为这次会议的顾问，使年青的科技工作者为会议的成功信心百倍，顾问委员会成员的名单在后面将一一列出。

以中年学者为主体的论文评审委员会对于会议论文的评审工作付出了辛勤的劳动。他们为每一篇论文都进行了认真细致的评审工作，写出了评审意见，为这次会议在学术上的高水平提供了可靠保证。虽然论文评审委员会的有些成员因为交通不便等原因，没有直接参加论文评审工作，我们对于他们同意作为论文评审委员会的成员还是应该表示感谢的。论文评审委员会的成员名单也将在后面一一列出。

由于篇幅所限，还有部分论文没有在会上发表，也没有收集在本论文集中。对于这些论文的作者，除了在此表示歉意之外，对于他们对会议的热情支持表示衷心的感谢。

作为本论文集的编者，还要感谢会议的直接组织者——会议组织委员会以及各个分会场的主持人。由于他们的辛勤劳动，使得一批才华横溢的青年科技工作者得到了一次崭露头角的机会，使会议非常成功。一一列出会议组织委员会成员和分会场主持人的名单也是必须的。

最后，要感谢西安交通大学出版社为出版本论文集所作的努力与合作精神。

徐廷相

会议学术顾问委员会成员(按姓氏笔划为序)

王宏基	西北工业大学
王补宣	清华大学
史绍熙	天津大学
向一敏	西安交通大学
过增元	清华大学
沈元	北京航空航天大学
吴仲华	中国科学院工程热物理研究所
杨世铭	上海交通大学
陈学俊	西安交通大学
苗永淼	西安交通大学

郭慕荪	中国科学院化冶所
翁史烈	上海交通大学
徐益谦	东南大学
尉迟斌	上海交通大学
程尚模	华中理工大学
程迺晋	西安交通大学
葛绍岩	中国科学院工程热物理研究所
蔡颐年	西安交通大学
蒋德明	西安交通大学
戴传增	原子能研究院

论文评审委员会成员(按姓氏笔划为序)

王正杰	西安交通大学
王仲奇	哈尔滨工业大学
王孟浩	上海发电设备成套研究所
王尚锦	西安交通大学
王迪生	西安交通大学
王宜义	西安交通大学
刘光宗	西安交通大学
刘衍烈	西安交通大学
刘巽俊	东北工学院
孙玉发	核工业部一院
叶大钧	清华大学
朱报楨	西安交通大学
毕浩然	上海交通大学
许晋源	西安交通大学
向一敏	西安交通大学
辛明道	重庆大学
吴业正	西安交通大学
吴沛宜	西安交通大学
吴裕远	西安交通大学
沈慧俐	西北工业大学
陈乃兴	中国科学院工程热物理研究所
陈丹之	西安交通大学
陈听宽	西安交通大学

陈钟顾	西安交通大学
陈越南	浙江大学
张永照	西安交通大学
张社祐	西安交通大学
沈祖达	西安交通大学
束鹏程	西安交通大学
孟庆集	西安交通大学
卓宁	上海机械学院
周力行	清华大学
周盛	北京航空航天大学
周龙保	西安交通大学
林万超	西安交通大学
林宗虎	西安交通大学
郁永章	西安交通大学
姜桐	西安交通大学
姜培正	西安交通大学
胡庆康	西安交通大学
秦裕琨	哈尔滨工业大学
贾斗南	西安交通大学
徐忠	西安交通大学
徐廷相	西安交通大学
徐通模	西安交通大学
翁泽民	西安交通大学

翁思义	西安交通大学
陶文铨	西安交通大学
章明跃	东南大学
章燕谋	西安交通大学
屠传经	浙江大学
曾丹苓	重庆大学
程 萍	原子能研究院
韩才元	华中理工大学

葛绍岩	中国科学院工程热物理研究所
葛新石	中国科技大学
鲁钟琪	清华大学
蔡睿贤	中国科学院工程热物理研究所
谭连城	西安交通大学
谭盈科	华南理工大学
潘廷龄	大连海运学院

会议组织委员会成员(按姓氏笔划为序)

王少平	博士生	动力系风机专业
王国祥	博士生	动力系热工专业
田 野	教师	动力系热工专业
向 松	教师	能源系热力涡轮机械专业
李志丹	馆员	科研处
李 怡	馆员	动力系制冷专业
张海林	馆员	动力系热工专业
宋保军	博士生	动力系风机专业

陈志澜	博士生	化工系化机专业
施红辉	博士生	能源系涡轮机专业
姚秀平	教 师	能源系涡轮机专业
郭宏生	博士生	能源系锅炉专业
郭烈锦	博士生	能源系多相流专业
康森厚	博士生	能源系反应堆工程专业
韩志玉	教 师	动力系内燃机专业

会议组织委员会顾问

徐廷相	副教授	研究生院
-----	-----	------

杨鸿森	副教授	科研处
-----	-----	-----

分会场主持人

第一分会场

袁 新	教师	清华大学
郭宪民	教师	南京航空学院
苏永升	教师	华东化工学院
张国强	教师	华南理工大学
钟 原	教师	华中理工大学
原和平	教师	西安交通大学

第二分会场

李瑞扬	教 师	哈尔滨工业大学
陆 勇	教 师	东南大学
郭修范	博士生	大连理工大学

董 健	教师	武汉水运工程学院
夏吉良	教师	重庆大学
田 野	教师	西安交通大学

第三分会场

刘洪胜	研究实验员	中国科学院工程热物理研究所
由世俊	教 师	天津大学
余 钧	教 师	上海交通大学
樊建人	教 师	浙江大学
郭宏生	博士生	西安交通大学
宋保军	博士生	西安交通大学

目 录

前言

感谢词

顾问委员会成员

论文评审委员会成员

会议组织委员会成员

会议组织委员会顾问

分会场主持人

热力学与热力系统

- 低温余热动力回收系统确定蒸发温度方法的比较.....冯 霄 (3)
- 除湿干燥用带溶液循环的压缩式热泵的性能估计.....由世俊 (7)
- 用加权余量法仿真过热器的动态特性.....岳 洪 郑体宽 (13)
- 超导装置用气冷电流引线的最优化设计.....雷翔宝 (19)
- 热泵系统的节能效益评价.....李 晔 (24)
- Lorenz 系统的热力学行为.....敬成君 (29)
- 转动式热分离机的热力学分析.....王剑锋 (35)
- 炼油厂蒸汽系统优化模型的研究.....袁小雄 沈幼庭 (41)
- 过程用能分析与综合的系统方法在化工过程中的应用.....尹清华等 (46)

传热与传质

- 圆形空腔内冲击式传质(传热)的实验研究.....康海军 陶文铨 (55)
- 螺纹管性能的综合实验研究.....吴江全 董 芄 郝 平 (61)
- 竖管内非共沸混合工质膜状凝结换热的研究.....单国梁 魏保太 刘 靖 (67)
- 多孔烧结表面沸腾传热最佳烧结层厚度的确定.....蒋绿林 (74)
- 用系统辨识技术研究非线性传热问题.....叶大海 郭方中 陈冬青 向宇 (78)
- 热毛细对流的实验研究.....童正明 黄立东 (84)
- 不同工艺生产的翅片管接触热阻及传热特性的研究.....田永生 陈听宽 (89)
- 高热负荷下粉末多孔表面沸腾传热的实验研究.....赵孝保 张洪济 (94)
- 食品速冻的实验研究及其速冻时间的预测.....王世杰 崔占峰 (99)
- 添加剂强化丙酮和氟里昂沸腾传热的研究.....刘天庆 蔡振业 林纪方 (105)
- 大套片蛋形管束式换热器换热及阻力的实验研究.....任建勋 (110)
- 多孔介质的热湿特性及其对传热传质的影响.....虞维平 (114)
- 热分离式转动喷咀膨胀机(HSRJE)脉冲管导热和对流的混合传热
.....高金林 王建军 (118)

竖管内强迫对流与管外膜状凝结的耦合传热·····	曾桃芳	陈刚	(124)
垂直槽道内沿壁面下降水膜与逆向流动空气的传热传质的研究			
·····	阮思维	邱树林	陈明路 (131)
抑泡孔管的滞后特性实验研究 ·····		龙恩深	(138)
具有两个竖直导热壁的封闭空腔内的非稳态、二维、层流自然对流			
·····	夏吉良	辛明道	张洪济 (142)
提拉法晶体生长全过程中的传热及流动分析 ·····	何评	俞昌铭	(149)
两侧入口温度分布及入口流量分布不均匀时换热器的效率计算			
·····	余钧	王群慧	(155)
饱和液体高速流过圆管内的湍流膜沸腾 ·····		彭晓峰	(162)
真空状态下水平环缝内的池沸腾传热研究 ·····	欧阳德刚	侯曼西	(168)
外掠密集顺排管束时局部与平均换热系数的实验研究 ·····	张玉文	陈钟顾	(175)
圆内正八边形及开缝八边形自然对流换热的实验研究 ·····	张海林	吴清金	(180)
孔内涂聚四氟乙烯和未涂聚四氟乙烯的电化学腐蚀多孔表面			
沸腾传热稳定性的研究 ·····	郭修范	蔡振业	林纪方 (187)
蒸汽在 V 型纵槽竖管上凝结换热的研究 ·····	黄立东	徐昂千	(192)
涡流室喷口处的流动分析及柴油机放热计算 ·····		姜博渊	(199)
快速循环流化床水平光管的传热研究			
·····	杨和平	喻子达	刘德昌
	刘焕彩	林志杰	伍蔚恒 (205)
用辐射热线法计算炉内辐射传热的研究 ·····	徐幸	沈路婵	(211)
氨在水平横槽纹管内沸腾传热和压降特性的试验研究 ·····	陈志润	杨杰辉	(217)
螺旋槽管强化传热的研究 ·····		叶赛银	(223)
一种计算传热问题的新方法 ·····	胡卫民	宋又祥	(231)
湍流流动数学模拟的新模型——AS—F 模型的开发 ·····	刘彤	姚文达	(235)
辐射边界条件导热问题的边界元方法 ·····	张平	王朝阳	(242)
一种新型的人工黑体辐射源模型——(I)理论分析			
·····	姚成才	张卓敏	葛新石 (247)
有限元法分析相变导热焓法的有效算法 ·····	宫振祥	章怡飞	(251)
边界元网格自动生成方法 ·····	董志锋	王启杰	(258)
水平螺旋管外冷凝换热模型的理论研究 ·····	肖岷	章燕谋	(262)
周期性充分发展错列板簇流动和换热的数值分析 ·····	王国祥	宋保军	(272)

燃烧

流化床脱硫中石灰石的孔结构模型 ·····	吴葆春	张绪祯	(283)
水蒸汽分压对水煤浆沸腾燃烧的影响			
·····	王海林	池涌	黄国权
	倪明江	岑可法	(289)
增压沸腾床热态运行调整特性的试验研究			
·····	张力	程天信	肖朝文
	刘石	卢啸风	王致均 (295)
燃煤飞灰循环流化床的试验研究 ·····	金保昇	蓝计香	章名耀 (301)

褐煤煤灰的结渣特性研究	李瑞扬 (306)
煤的燃烧过程中燃料氮、硫的析出及 NO_x 、 SO_2 生成机理的研究	李绚天 蒋美丽 (315)
矩形受限空间内扁平射流冷态流场的实验研究和数值模拟	黎 军 王宏宇 卫景彬 (321)
双回流燃烧器冷态射流特性试验研究	丘纪华 (326)
工业锅炉炉拱性能的试验研究	马才云 朱建宁 黄祥新 (329)
夹心风直流燃烧器射流空气动力特性数值研究	吴小华 樊建人 (335)
一种高效低阻的旋转式除尘器	邱 杰 张高佐 王惠挺 尤瑞明 (340)
单室内火灾发展过程的计算机模拟	沈 浩 范维澄 (346)
国内外气固多相流动数学模型的发展以及我们的设想和实验方法	樊建人 (352)
气体湍流 Magnus 力与挥发份喷射对燃烧过程中煤粉颗粒运动和扩散的影响	赵 平 徐旭常 姚 强 施学贵 (358)
流化床中颗粒粒度分布返混流模型的改进	王宏宇 陆惠林 秦裕琨 (366)
螺旋管对流化床空气埋管的双边强化传热	陆 勇 胡 达 姚伟文 (372)

两相流

固体粒子在扭曲叶栅级内的运动特性	刘洪胜 葛满初 厉村廉 (381)
弯管内空气——煤粉两相流动的特性及其利用	周小天 徐通模 惠世恩 刘仲军 (386)
切向燃烧炉膛气相流场的数值计算	沈 冰 章明川 (394)
液氮在垂直多孔层管内饱和沸腾传热试验研究	汪荣顺 (400)
液相中含杂物时的凝固问题	李友荣 (406)
水平直圆管内分层流向环状流的转变	陈宣政 陈听宽 (410)
相邻子通道间两相湍流交混的研究	郭玉君 康森厚 王正杰 贾斗南 (418)
双相临界流动中滑移比问题的研究	张慈亭 (424)
自然循环的稳定性和灾变理论	陆慧林 (430)
湿蒸汽风洞的研制	王新军 徐廷相 (434)
双流体模型的分析与计算	郑丽丽 范维澄 (439)
湿蒸汽透平级中水份沉积规律分析	张乃成 (445)
卧式螺旋管内气液两相环状流动的转变特性	郭烈锦 陈学俊 周芳德 (451)
液体在气流中雾化的机理及液珠尺寸的计算	姚秀平 俞茂铮 毛 儒 蔡颐年 (457)
并联通道系统密度波不稳定性多变量分析	阮养强 (462)
液滴冲击高温壁面时的流体动力学特性	白天池 施明恒 (471)
气固两相同轴环形射流的数值模拟与实验研究	赵 华 樊建人 岑可法 (476)
高速液滴与固体表面碰撞问题的激波理论解	施红辉 俞茂铮 蔡颐年 (483)
系统方法在液固两相流研究中的应用	陈良才 姜培正 (488)

向心式透平无叶喷嘴跨音流场的分析计算	闻振华	向一敏	(495)
轴流透平级叶间环量及子午流线最优控制的研究	袁 丁	邹泽祥	(502)
向心透平导风轮流型讨论	李 凡	翁泽民	(509)
轴流压气机旋转噪声的理论分析	秦国良	余文龙	(515)
含分流叶片的任意曲线坐标 S_1 流面的计算	刘坚风		(523)
高载荷宽性能轴流式压气机叶栅弦向缝隙位置的理论计算及试验研究	鲁嘉华	张志刚	沈炳正 (530)
轴流叶轮顶端间隙内的流动与计算	钟 原	吴克启	(536)
一种建立具有空间扭曲叶片离心叶轮流道附体坐标系的新方法	席 光	王尚锦	苗永森 (542)
V 型火焰稳定器回流区内流动特性研究	何 军	文竞	吴一黄 张斌全 (550)
涡流管内脉动流的理论探讨	汪 健		(555)
喷嘴出口带渐扩段的突扩圆筒燃烧室内强旋流流场的研究	段钰锋	李有章	(561)
对耦合无叶及叶片扩压器的离心叶轮出口旋转失速的测量分析	袁 喆	姜 桐	(568)
低压轴流通风机流型的优化计算	昌泽舟	银 燕	(575)
三维守恒形式的控制方程从物理平面至计算平面的转换	王 琰	宁 视	张斌全 (581)
雷诺应力模型在火灾问题中的应用	张 辉	范维澄	(587)
平面直列叶栅不可压无粘绕流的边界元法	方 放		(593)
分流叶片前缘的成型研究	周冬梅	张志刚	(600)
非定常对流与扩散问题的样条分裂解法	王少平	徐 忠	苗永森 (606)
应用 DSM 模型的管内旋流计算	李 康	范维澄	马 戎 (610)
平面叶栅中跨音速绕流的数值模拟	樊建人		(616)
迭代计算技术的发展——省时的二维块修正技术	宋保军	苗永森	(621)
一种适用于透平叶栅内粘性计算的三区域湍流代数涡旋粘性模型	袁 新	蒋滋康	(628)
倾斜旋转圆管内的流动和换热(1)——倾斜旋转圆管内的二次流	王立秋		(634)
优化方法在风机改型设计中的应用	董康田		(640)
离心式压缩机无叶扩压器内能量损失的确定方法	龚华书		(645)
轴流式压气机失速特性的试验研究	张国强		(652)
向心透平叶轮进口型线对变工况性能的影响	徐进峰	丰镇平	沈祖达 (659)
轴流无叶喷嘴透平级的一元流动设计计算	刘 斌	向一敏	(665)
热丝在温度变化比较大的低速气流中的换热规律的研究	胡卫东		(671)
多工况离心压缩机优化设计的方法	李志笃	谷传纲	常鸿寿 (677)
紊流边界层壁面率显式通用公式	武煥博	王宜义	程迺晋 (683)

近似相似时的流量换算	印健安 夏 琰 (688)
恒温热线换热规律的研究	张珏成 蒋德明 王子延 (695)
内燃机活塞裙部型线的优化设计	董 健 李 杨 (701)
直喷式增压柴油机燃烧过程的数学模拟	王亚伟 (705)
柴油机排气微粒过滤器的热再生模型	王志辉 (714)
汽车化油器工作过程实验研究	王 璋 (720)
一种确定分隔室燃烧室柴油机通道流量系数的计算方法	韩志玉 吕 萍 周龙保 (726)
不同燃烧系统柴油机碳烟排放与 CO、THC 排放性能的关系探讨...	史 超 (731)
直喷式柴油机喷油系统低速不规则喷射机理及解决措施	曾 频 刘 峥 张 华 (736)
汽油机射流燃烧系统放热规律及燃烧完善性的分析与探讨	林建生 (745)
离心式水泵叶轮设计方法的讨论	苏永升 (752)
新型回热式气体制冷机的实验分析	黎 正 (757)
干式蒸发器最佳质量流速及其在设计中的应用	郭宪民 汪伟华 (761)
20万瓩汽轮机双机容错控制系统	金永祥 (767)
国产400t/h锅炉汽包金属温差的计算	刘 浩 章臣樾 (772)
启动工况下汽轮机转子疲劳寿命消耗和裂纹扩展量的计算	胥建群 (778)

测试技术

双孔双管式风速仪	朱建华 (787)
锅炉对流受热面积灰程度的检测	朱金荣 (792)
双色法测量在燃油炉火焰辐射研究中的应用	吴晓敏 陈 石 张志千 (797)
共轴 Fraunhofer 全息燃油雾场检测技术的研究	申立中 朱崇基 徐航 (803)
应用计算机提高热敏电阻测量精度的试验研究	原和平 (810)
软件选通FFT 方法及其在内燃机缸内压力数据处理中的应用	戴文刚 (815)
水平气-固两相射流浓度及粒度分布的激光测量	张龙妙 朱伊杰 岑可法 (820)

作者, 单位索引

热力学与热力系统

低温余热动力回收系统确定 蒸发温度方法的比较

冯 霄

(西安交通大学)

摘 要

本文比较了分别用焓效率、净收益和发电成本确定的低温余热动力回收系统的最佳蒸发温度 T_e 、 T_m 和 T_c ，总有 $T_c > T_m > T_e$ ，但三者很接近。因此，可用其中任一指标来确定蒸发温度。

一、前 言

在低温余热动力回收系统中，蒸发温度 T_e 对余热回收效率和系统的经济性都有较大的影响。

当前，确定系统蒸发温度的方法，按其各自所依据的原则，可以分为三种：

1. 依据热力学原则，以焓效率 η_e (或总功 W) 最大为目标而确定蒸发温度^[1,2,3]；
2. 依据经济原则，以净收益 M 最大为目标而确定蒸发温度^[1]；
3. 依据热经济学原则，以发电成本 c 最小为目标而确定蒸发温度^[4]。

用这三种方法确定的蒸发温度，应该是各不相同的。那么，三者关系如何？在拟订余热动力回收方案时，确定怎样的蒸发温度较为合理呢？本文就主要探讨这一问题。

二、三种方法各自的计算式

焓效率
$$\eta_e = W/E_D \quad (1)$$

式中： W 为系统发出的总功， E_D 为余热流可能放出的最大焓值。

净收益
$$M = Bc_3N - C_1 \text{ 元/年} \quad (2)$$

式中： B 为年利用小时数， c_3 为每度电的电费， N 为系统输出净功率， C_1 为年变化了的设备费和运行维修费等。

发电成本
$$c = C_1/(BN) + c_2/\eta_e \text{ 元/kJ} \quad (3)$$

式中： c_2 为输入焓(余热流的焓)的单位成本。

三、三种方法的计算结果

本文在相同的条件下, 即余热流初温 $T_1 = 120^\circ\text{C}$, 余热流流量 $G = 37.5 \text{ kg/s}$, 工质冷凝温度 $T_2 = 36^\circ\text{C}$, 换热器节点温差 $\Delta t_p = 5^\circ\text{C}$ 等条件下, 分别用这三种方法对 R11、R12、R21、R113、R114、R500、R600、R600a、R717 和 RC318 十种工质进行了计算、计算结果见图 1~10。

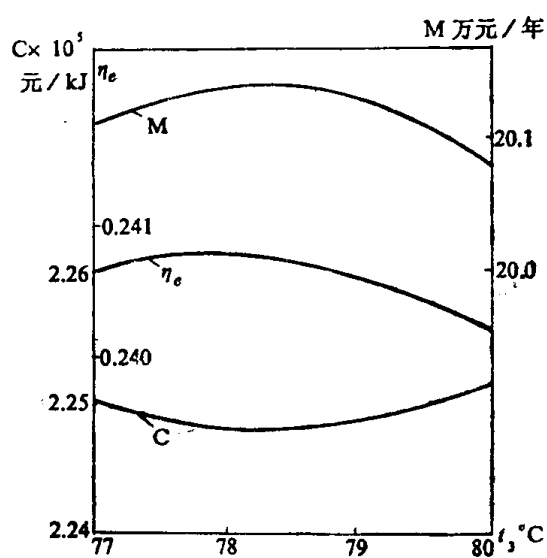


图 1 R 12

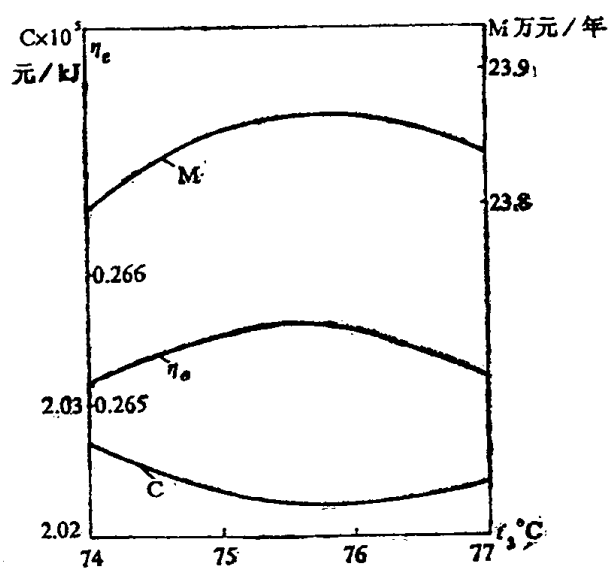


图 2 R 21

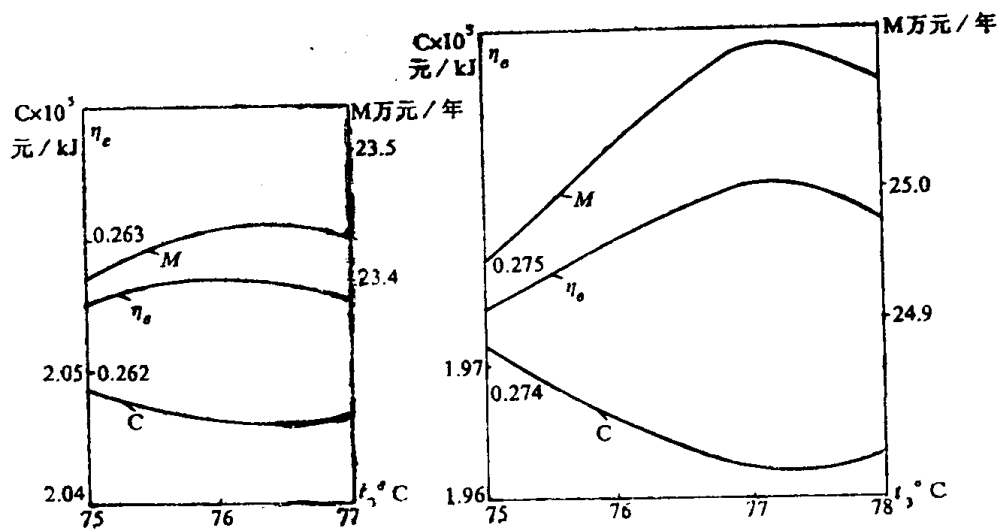


图 3 R 11

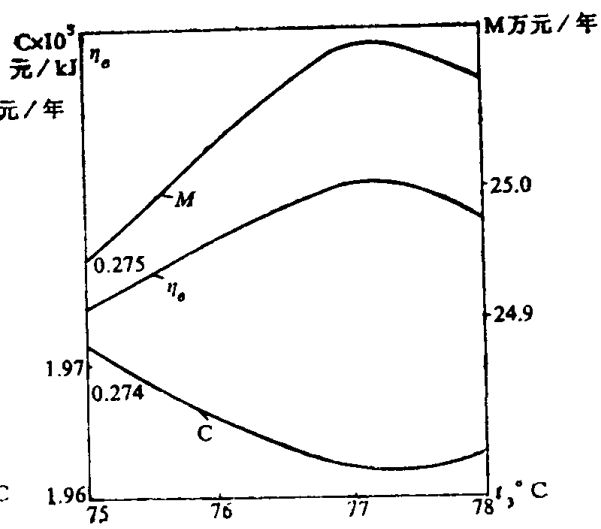


图 4 R 114

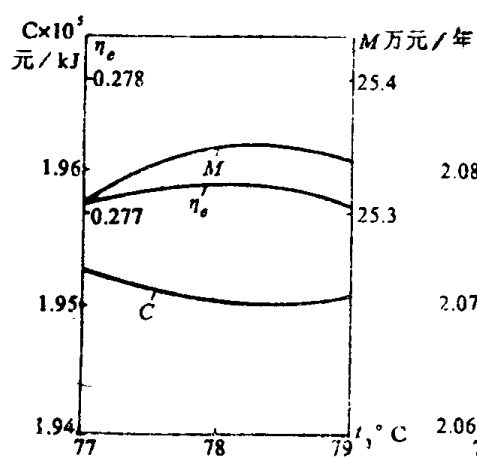


图 5 R 113

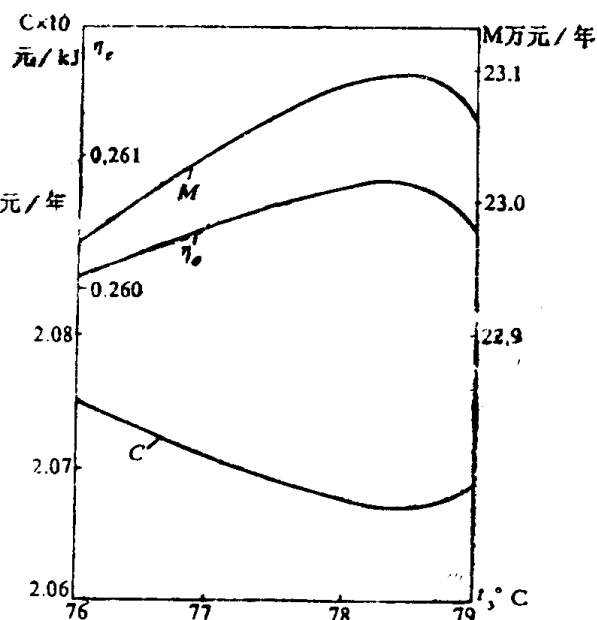


图 6 R 600a

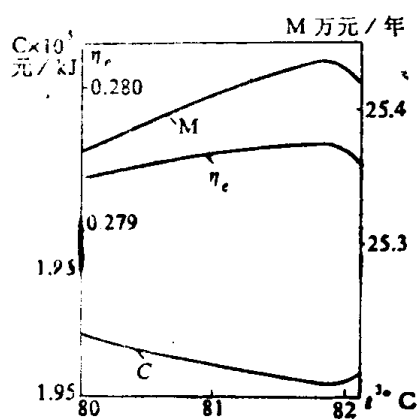


图 7 RC 318

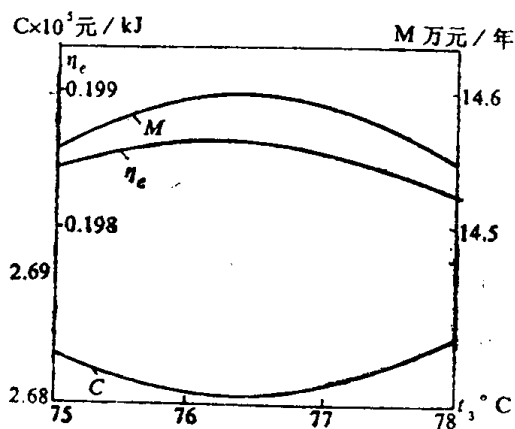


图 8 R 717

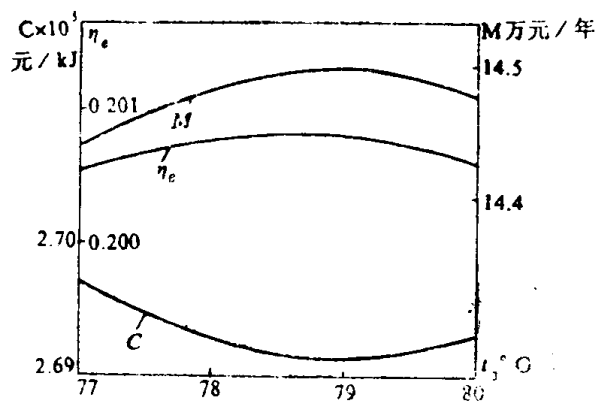


图 9 R 500

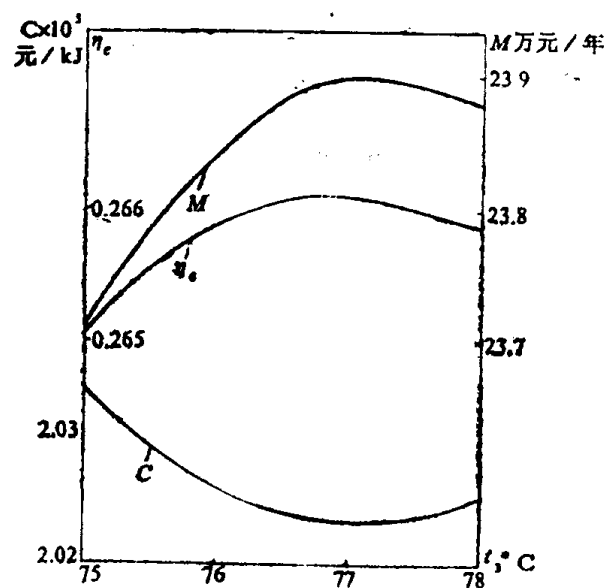


图 10 R 600

四、分 析

从计算结果看, 对应于 M 最大的蒸发温度 T_m 总是略高于对应于 η_e 最大的蒸发温度 T_e , 而对应于 c 最小的蒸发温度 T_c 总是略高于 T_m , 即 $T_e < T_m < T_c$ 。

η_e 和 N 随 T_3 的变化趋势是完全一致的。热经济学原则就是要在 η_e 和 C_1 之间找到适当的平衡, 以达到 c 最小。在优化蒸发温度时, C_1 是 T_3 的单调减函数, 变化缓慢。当 $T_3 < T_e$ 时, C_1 与 $1/\eta_e$ 随 T_3 的变化趋势一样, 随 T_3 的增大而下降; 当 $T_3 > T_e$ 时, C_1 就与 $1/\eta_e$ 随 T_3 的变化趋势相反了, C_1 仍随 T_3 的增大而下降, $1/\eta_e$ 却随 T_3 的增大而增大, 但由于 C_1 较 $1/\eta_e$ 随 T_3 变化得缓慢, 因而在大于 T_e 而又较接近 T_e 处达到对应 c 最小的 T_c 。

对可行的余热回收系统来说, c 总是小于 c_3 , 因此用 M 作为衡量指标时, N 的影响要更大一些。这就使得 T_m 比 T_c 更接近 T_e , 而也因为 C_1 的影响, T_m 总是大于 T_e 的。

T_e 、 T_m 和 T_c 是很接近的, 本例的十种工质中, T_e 和 T_c 相差都不到 1°C 。在这样小的范围内, c 、 M 和 η_e 的变化都是很微小的。因此, 从结果上看, 无论用这三种指标中的哪一个来确定低温余热动力回收系统的蒸发温度, 都是可以的。

五、结 论

1. $T_c > T_m > T_e$ 。

2. T_e 、 T_m 、 T_c 很接近。因此, 在确定低温余热动力回收系统的蒸发温度时, 可用 η_e 、 M 和 c 中任一指标。

参 考 文 献

- [1] 王补宣等《机械工程学报》第 3 期(1982), “低位余热动力回收方案的拟订方法”。
- [2] 严家驷《工程热物理学报》第 1 期(1982), “低温热能发电方案中选择工质和确定参数的热力学原则和计算式”。
- [3] 钱立伦等《工程热物理学报》第 4 期(1983), “论余热的合理利用”。
- [4] 冯霄“热经济学原则应用于低温余热有机工质朗肯循环——最佳工质的选择与循环参数的优化”, 西安交通大学硕士研究生学位论文, 1985 年 3 月。