阻力增大 流量减小 但是热阻和熵产还是呈减小趋势 减小的幅度在降低 这说明肋片太长会不能充分发挥其散热能力

铜塞半径变化对摩擦阻力影响不大 流量也变化很小 但是铜的导热性大于铝材料 随铜塞半径增大 最高温度降低 热阻和熵产降低 散热器和风扇摩擦熵产几乎不变 温差熵产变化对总熵产起主导作用 如果半径太大 散热器重量增加 不利于成本降低

由于铜塞中心正对风扇中心下方无风区域 铜塞高度对风扇的流量和散热器的阻力没有影响 但会影响散热器导热 铜塞高度增加 热阻和熵产降低 但效果越来越不明显 合理设计铜塞高度有利于减轻散热器重量 降低成本

分别取铝、铜和热管 近似为导热性能很好的材料 作为中间铜塞材料分析其对散热器的传热性能影响 流场特性不变 使用热管可以快速把热流从底部带出 传到散热器上端 通过较强的对流换将热量散发到周围空间 使用热管材料有如下优点 降低导热热阻' 可以把热量带到对流换热条件较好的散热器顶部充分发挥散热器上端的肋片表面散热

随风扇转速增加 流量和压降都增加 热阻和温差熵产都减小 散热器和风扇的摩擦熵产都增大 在肋片根部都有锥状的无风区 冷却气流吹不到较热的肋片上 对流换热效果不好 但是提高转速可以减小无风区域 改善根部的换热条件 直接降低热源温度

风扇和散热器配合间隙变大 气流由于旁通效果会从流动阻力较小的散热器肋片末端溜走 从而阻力减小 风扇流量增大 但是实际挤过散热器肋片的有效流量减小 会导致热阻和熵产增加 另外距离越大 由于存在风扇轮毂和离心力的作用 中心的锥形弱风区增大 越不利于整体散热

太阳花散热器内部流体流动受风扇影响是很复杂的 各结构参数之间也有着相互影响 本文只改变其中一个参数 了解了每一个参数对太阳花散热器性能的影响 实际上 要考虑的是所有参数对太阳花散热器的综合影响 通过对各主要因素的分析 能够使我们认识到各因素影响太阳花散热器性能的原因及大小 能了解太阳花散热器内部流动的规律以及流动细节 以便对各影响因素综合考虑之后 抓住影响太阳花散热器性能的主要因素并加以改进 从而达到最佳设计方案的目的

þ ½Û £ æª Ä

为了避免不断重复设计分析来获得最优解 本文基于正交实验设计、响应面模型、遗传算法和混合整型算法的组合优化算法 结合熵特性采用 方法对有约束条件的太阳花散热器进行多参数结构优化

ª Ä ~

构造的数学优化目标函数为

? " ¨ F

其中 代表肋片根部半径、肋片顶部半径、肋片弧度、肋片数、散热器高度、铜塞半径和铜塞高度 本文在给定风扇条件、热源发热量和空间体积限制条件下 在初始设计点基础上对 太阳花散热器进行优化 因而设计变量的范围都取在初始设计的 内 期望在一个较好解的基础上寻求更优解 达到快速优化设计目的

F † ª Ä ¦ {

风扇和太阳花散热器组件 优化设计采用遗传算法和混合整型算法的二阶段组合优化策略 步骤如下 首先使用正交实验设计 < 构造样本数据分布 探索整个设计空间 获取设计空间的结构化信息 便于构造问题的响应面模型 从试验设计的样本数据中获得近似最优解 然后利用遗传算法 ' 的全局搜索性对构造得到的优化问题进行全局搜索 再利用 次的响应曲面 =>? 的回归分析法对 < 和' 得到的历史结果数据构造设计变量和响应的近似模型 由于遗传算法收敛较慢 在优化后期切换到局部收敛较快的数学优化算法 使用混合整型算法 ? > 对近似模型进行优化 快速得到局部近似最优点 每当基于 =>? 的 ? > 优化算法得到局部近似最优点 全三维 & > 方程 求解程序启动 重新计算该点所对应的真实目标函数值 如果不满足收敛条件 用该实际 计算的结果更新 =>? 模型 重新计算 =>? 模型中的各个系数 对近似模型的校正 然后继续对新的近似模型进行局部寻优 直到找到最终的全局最优解

ª Ä ² T s

计算机配置 为 ' 双核 内存 ' 单机并行 个节点 优化时间 小时 运行总步数 可行解步数 步 对于参数矛盾的设计点通过主程序判断宣布不可行解 跳过 计算直接给出一个较大的熵产值 E I 图 为太阳花散热器多参数 优

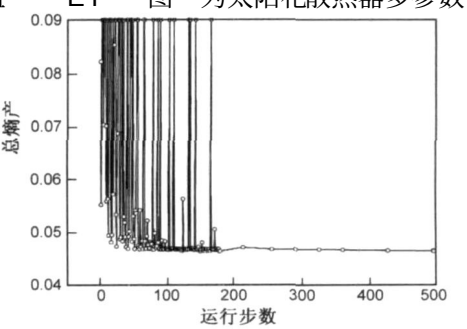

图5 熵产优化过程

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

化过程 优化的第　步到第　步属于试验设计阶段 找到了近似最优解 经过　　步的遗传算法优化 第　步到第　步 近似最优解得到改善 目标函数改进了　　第　步到第　步是混合整型算法和响应面模型及　　相结合的优化综合策略 图中显示的点代表响应面模型更新点 目标函数没有改进 遗传算法的最优解为全局最优解 从阶段最优解比较中 表　和表　可以看出全局最优解的温差熵产和摩擦熵产都是最小 因而总熵产最小 系统的不可逆损失最小

V　¨　K ª ! 9 ²　• ”

	初始设计	< 设计	' 设计
肋根半径 11			
肋顶半径 11			
肋片厚度 11			
肋片高度 11			
肋片数目			
肋片弧度 11			
铜塞高度 11			
铜塞半径 11			

V　¨　K ª ! 9 Ÿ ? • ”

	初始设计	< 设计	' 设计
流量 63I 2			
压降　!			
热阻　IE			
散热器温差熵产 E I			
散热器摩擦熵产 E I			
风扇摩擦熵产 E I			
总熵产 E I			

² ,

设计者采用　　方法对散热器设计 其主要的工作应该是对各种条件下的　　模拟结果进行整理 获得散热器性能的理解 进而找到改进的设计方案 而无须在　　的建模和计算上浪费大量时间 根据实际经验判断 对类似本文的太阳花散热器进行分析 至少需要花费　个小时 如果更改设计条件 不断手动重复设计和数值模拟工作 工作量是非常大的 如果采用本文提出的参数化设计和模拟方法 可以在不需要　I ? 文件条件下快速直接输入设计条件自动产生网格 通过批处理连接各种设计条件 就可以在无人干预的条件下作参数性能计算和优化工作 基于该方法 本文对散热器进行设计和热分析 可以在短时间内评估分析出散热器结构参数对传热和流动性能的影响 并且寻找较优值

一体化设计可以直接进行风扇和散热器的工作点匹配 避免使用简单的 J 特性曲线而忽略了风扇出口三维流场对散热器的影响 对散热器极端化设计具有重要意义 熵产最小化原理综合了传热和流动效果 可以同时考虑散热器和风扇的诸多性能参数 如阻力特性、传热特性和风扇的外特性 在一体化设计中能充分发挥其作用 是一体化设计有效的工具

本文最后采用组合优化策略找到了太阳花散热器的最优解 最优解的风扇流量相对减少 压降升高 热阻降低 最优解的熵产相对原始设计改善了

• I Ó D

A C周建辉 杨春信等　　空气强迫对流冷却系统设计A C 电子学报　　G
#,$!" #$ %d"3 #$" (" ! +/,+-). -,"7)-0," -,,4 "3 2,2)1 2.)23" A C -0 <4)-0;" -! >" -!
G " #")2)
A C >## D$ ' *01 ! 4.)23" 1)0#,.,43; ,/ *40) /" #)!02"62/,+)4)-0;" - -,,4"3 $2"3)"0;*; 3")"+!0," 20+!0)3; A C @<< +!"2!-0,"2 ," ,1*,")"02!". !-6!3"3)-#",43)2　　G
A C !6!#+; $+$6!5! =)4!840) ,/ #)!02"6 ,*01 9!0," $2"3)"0;*; 3")"+!0,"A C 0# @ I >? < ,"0 #)+1,*#;2-2 !".)!0 +!"2!)+ ,"/)+)"-)A C　　@　　G
A C 1 0>#!# *01 9!0," 2!6.; /,+! *!+!4)4*40) 1*"3)1)"0 #)!02"6A C ,$+"!4,/ <4)-0;" - !-6!3"3　　G

A C 1 0>#!# "$1)+-!4206.; ,/ 0#) 0#)+1!4*)+/,+1!"-) ,/ !" 1*"3)1)"0#)!02"6/" 2#!*) ,*01 9!0,"A C @<< +!"2 !-0,"2," ,1*,")"02!". !-6!3"3)-#",43)2
G
A C -0 7, D >0 33)+). #)!02"62 5 0# !)+;.;"!1 - -,,4"3 /"2A C ? -+;)4)-0;" -2=)4!840)　　G
A C<7!" >1!44)!02"62 5 0#)"#!"-). #)!00+"2!)+-!*!840) /,+)4)-0;" - -,,4"3 !**4-!0,"2A C ,$+"!4,/ <4)-0;" - !-6!3"3　　G
A C)K" <"0;*; 3")"+!0," 1 "1 9!0,"A? C ,-! =!0" 4+.! = +)22@- G
A C > D)) *01 $1 .)23" !". 2)4)-0," ,/ #)!02"62A C @<< +!"2!-0,"2," ,1*,")"02!". !-6!3"3)-#",43)2
G
A C 5!2 ,4 *01 9!0," ,/ 1 -+; #)!0)(-#!"3)+ !"! 40-!4!**+;!-# !". 1 $40,8K-07))7,40,"!+; !48,+0#12 A C @0)+!0,"!4 ,$+"!4,/)!0!". ?!22 +"2!)+
G
A C #,$!" #$ %d" -#$" (")23" !". 21 $40," ,/ /!" !". #)!02". A C @<< +!"2!-0," ," ,1*,")"02!".

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

!-6!3"3)-#,4,3)2 G
A C%d"3 #$" (" #,$!" #$?$40 . 2-*4"!+; .)23" ,*0 1 9!0," ,/ 0#) *40) /" #)!02"6A C #)+1!4 #!44)"3)2 "

&)(0')")+!0," <4)-0+," - >;20)12A C ? 4!+)22 =,00)+ .!1 G

T € e º

Ûyé 男 年生于江西 北京航空航天大学人机与环境工程专业博士 主要研究方向为计算传热学和流体力学等
<1!4;9#,$ L -,1

= • 男 生于湖南 北京航空航天大学人机与环境工程专业博士生导师 主要研方向为多相流传热、飞机环境控制与安全救生、人机与环境工程等

A C% #)" M !" >') ? ' +6!+ ,5!+.2)// -)"01$40 4)7)40#+)!. "3 ,/ #)"-,.)+," "0)4#;*)+0#+)!. "3 !+ -#0)-0$+)2A C +,-)). "32,/ 0# 20)+"!0,"!4 !+!44)4!". 20+8$0). +,-)22" 3 >;1*,2$1 A C >!"0) &)5 ?)(-, @<< ,1*$0)+>,-)0

A C #!, D!"3 !0 *!+00," /,+5!7)/+,"0*!+!44)49!0," ,/ 7.),)"-,.)+A C +,-)). "32,/ 0#) @20)+!0,"!4>;1*,2$1 ," +$02!". >;20)12A C @24". ,/ ,2 @<< +$02!". >;20)12>,-)0 G

A C>E >$" E!"3 >? #)" #3#4;)// -)"0*!+!44)4!43,+0#1 /,+)"-,.)+8!2). ," 1!-+; 84-6+)3," *!+00," A C +,-)). "32,/ 0#) 20)+"!0,"!4 ,"/)+)"-) ," 3#)+/,+1!"-) ,1*$0"3!". ,11$" -!0,"2A C ,$20," >*+"3)+ G

A C孙书为 陈书明 刘祥远 熵编码机制下有效的变换域码率估计技术AC 电子学报 G

>$" >#$5) #)" >#$1"3 D$ M!"3;$1" </// -)"0 +!"2 /,+1 .,1!" 80+!0))201!0," 0)-#":$) /,+ AC -0 <4)-0+," -! >" -! G " # ")2)

A C ?!+*) >-#5!+9 E)3!". ,"0)(08!2). !.!*07) 8 "!+; !+0#1)0- -,."3 " 0#) I 7.), -,1*+)22," 20".!+ A C @<< +!"2-0," ," +$02!". >;20)12 /,+ .),)-#",4,3; G

A C ? =)/)+)"-) >,/05!+) ,/ A I DC #0f I I82 ## .) I 2$)#+"3I01 4.,5"4!.I k1 9* G G

A C' K;"0)3!+. !4+$40," ,/ !7)+!3) >&= .//)+)"-)28) 05))" = -$+7)2 < ? A C 0# <' ?))0"3 A C $20"

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net