

## 2012 深圳杯全国大学生数学建模夏令营竞赛

### 承 诺 书

我们仔细阅读了中国大学生数学建模竞赛的竞赛规则.

我们完全明白, 在竞赛开始后参赛队员不能以任何方式(包括电话、电子邮件、网上咨询等)与队外的任何人(包括指导教师)研究、讨论与赛题有关的问题。

我们知道, 抄袭别人的成果是违反竞赛规则的, 如果引用别人的成果或其他公开的资料(包括网上查到的资料), 必须按照规定的参考文献的表述方式在正文引用处和参考文献中明确列出。

我们郑重承诺, 严格遵守竞赛规则, 以保证竞赛的公正、公平性。如有违反竞赛规则的行为, 我们将受到严肃处理。

我们参赛选择的题号是(从 A/B/C/D 中选择一项填写): \_\_\_\_\_ C \_\_\_\_\_

我们的参赛报名号为(如果赛区设置报名号的话): \_\_\_\_\_

所属学校(请填写完整的全名): \_\_\_\_\_ 天津农学院 \_\_\_\_\_

参赛队员(打印并签名): 1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

指导教师或指导教师组负责人(打印并签名): \_\_\_\_\_

日期: \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日

---

赛区评阅编号(由赛区组委会评阅前进行编号):

2012 深圳杯全国大学生数学建模夏令营竞赛

编 号 专 用 页

赛区评阅编号（由赛区组委会评阅前进行编号）：

赛区评阅记录（可供赛区评阅时使用）：

评阅人										
评分										
备注										

全国统一编号（由赛区组委会送交全国前编号）：

全国评阅编号（由全国组委会评阅前进行编号）：

3D 仿真机房建模

摘要：本文主要研究根据机房的基础设施状态，按照行业规范要求合理地布

置机柜，分布任务，尽量避免局部地区过热问题，我们根据题目所给定的一些数据和信息分析建立了扩散传播模型、采用了线性回归方法、并基于  $k \sim \varepsilon$  两方程紊流模型建立数学模型。

首先，本文将绿色机房设计聚焦于机房内热环境分析，然后我们根据附件 1 给出的数据，通过采用 MATLAB 软件绘制出机房温度和流场分布，之后求出温度的极值，从而求出温度最高点。

其次，在确定该机房热分布时，考虑到机柜的对称性，本文将每个机柜作为一个热源，建立扩散传播模型，将热量扩散模拟为不同浓度空气在机房进行流通，通过冷通道散发的冷气流与机柜散发的热气流接触，使得机房不同方位的温度不同，根据最后推导的空气浓度表达式，基于任务量，得出整体机房的热分布情况。

再次，经过对题目的分析，基于上一部分所得模型和附件 2 中的数据，在充分考虑机房对称性的基础上，选取任务量对称的温度，采用 matlab 软件计算出温度极值点，再整合机柜任务量对温度极值点的权向量，得出机柜任务量与温度的相关度，再通过线性回归，最后得到最低温度的分配方案。

最后，模型四以机房空气流组织为研究对象，采用  $k \sim \varepsilon$  两方程紊流模型建立数学模型，对机房的冷通道出口风速与机房室内的温度的关系进行了详细的动态描述，使得气流动态化，从而总结出通过控制冷通道出风口风速来调节室内的温度，达到《电子信息系统机房设计规范》C 级要求。

在本次模型建立中，我们得出以下结论：

- 1.热量在温度极值点会发生集中现象
- 2.在机房对称的情况下，温度分布还是会收到各种干扰，从而导致温度分布不均
- 3.当机房开机时应该加大冷通道的通风速度，关机的时候降低冷通道的通风速度

**关键词：**热分布 机房 气流 扩散传播

## 一、问题重述

### 1.1 问题背景

由于高密度计算、多任务计算的需要，越来越多的高性能数据中心或互联网中心（DC、IDC）正逐渐建成。在现代的数据中心内，由于刀片服务器成本与性价比高，体积小而被广泛使用。由于自身能源与冷却条件限制，这类大规模的数据中心或许每年需要花费数百万美元，主要用于计算设备及系统冷却所需的能源费用。因此有必要提高数据中心设备的能效，极大化数据中心的能源利用率及计算能力。大约在上世纪 90 年代后期，IBM、HP 等公司首先提出绿色数据中心的概念，并受到世界各国的广泛重视。

### 1.2 提出问题

（1）根据附件 1 的数据，绘出冷、热通道的热分布及流场分布及室内最高温度位置。

（2）建立描述该问题热分布的数学模型及算法，并与测试案例进行比较。

（3）如果定义该机房的总体任务量为 1，根据你的模型及附件 1 的流场数据，确定服务器实际任务量为 0.8 及 0.5 的最优任务分配方案，并给出室内最高温度。

（4）如果按照《电子信息系统机房设计规范》（附件 3）C 级要求控制机房温度，讨论服务器设计任务量一定条件下，如何控制空调的送风速度或送风温度（可以通过送风槽的出口风速与温度来描述）。

## 二、问题分析

（1）由于整个机房内不同方位的温度是有差异的，根据附件 1 的数据，采用 MATLAB 软件绘制出冷热通道的热分布图与流场分布图，并根据热分布图得出了机房室内的最高温度。

（2）由于机柜散发热量及冷通道的气体传播的途径有很多，本题忽略其他因素，只考虑在空气中传播，建立大气扩散模型，通过与测试案例得出机房室内的热分布情况。

（3）如果定义该机房的总体任务量为 1，根据你的模型及附件 1 的流场数据，确定服务器实际任务量为 0.8 及 0.5 的最优任务分配方案，并给出室内最高温度。

（4）根据《电子信息系统机房设计规范》C 级要求，在一定任务量的基础上，以机房内的气流组织为研究对象，采用  $k \sim \epsilon$  两方程紊流模型建立数学模型，并得出了空调如何控制风速来调节机房室内的温度。

## 三、问题假设

（1）假设每个机柜散发的热量是相通的，且热量分布稳定。

- (2) 假设机柜散发热量是以相同溶度的热空气在机房传播。
- (3) 假设机柜散发热与冷通道的冷气在机房的分布是不受机房风速影响。
- (4) 假设机房室内气体为不可压缩流体，且满足 Boussinesq 假设：认为流体密度的变化仅对浮升力产生影响。
- (5) 假定流场具有高的紊流 Re 数，流体的紊流粘性具有各向同性。
- (6) 气流为低速流动，可忽略由流体粘性力做功所引起的耗散热。
- (7) 假设一点的温度只与一个机柜相关。
- (8) 假设温度与机柜任务量满足指数函数关系。
- (9) 假设温度最高点只发生在温度极值点上

#### 四、符号说明

$k_i (i = x, y, z)$ ：机房内任意一点的扩散系数
$C(x, y, z, t)$ ：机房内任意一点热空气的浓度
$U_x, U_y, U_z$ ：为 $x, y, z$ 方向风速
$K_x, K_y, K_z$ ：为 $x, y, z$ 方向上的扩散系数
$p_0$ ：单位时间内机柜散发热空气的速率
$Q_0$ ：从机柜散发出的热流总量
$Q_1$ ：在 $(t, t + \Delta t)$ 内通过某空间域的热流量
$Q_2$ ：在某空间域热流量的增量
$\partial_x, \partial_y, \partial_z$ ：分别为用浓度标准差表示的 $x, y, z$ 轴上热量的扩散参数
$v_s$ ：热空气与冷空气接触的系数；
$s$ ：机柜散发热的扩散的系数
$K, t$ ：分别为风速与任意扩散时刻
$H$ ：机柜散发出的热源距地面的高度
$G$ ：为重力加速度；
$K$ ：为流体紊流动能；
$P$ ：为时均压力；
$C$ ：为热源强度；
$Pr$ ：为充分紊流时的普朗特数；
$T$ ：为流体温度；
$T_0$ ：为参考温度；
$U_i$ ：为速度分量，当 $i=1, 2, 3$ 时分别代表 $X, Y, Z$ 方向；

$\varepsilon$ : 为紊流能量耗散率;
$\mu$ 、 $\sigma$ : 分别为层流和紊流的动力粘性系数;
$\rho$ : 为流体密度;
$\beta$ : 为流体体积膨胀系数。

## 五、模型建立及求解

### 5.1 模型一

经过对附件 1 的数据和题目的分析，直接使用 MATLAB 软件将该机房的二维热分布及二维的流场分布图绘制如下图 1 由附件 1 得到的通道二、三热分布图和流场分布图：

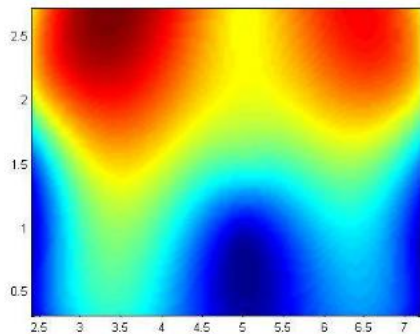


图 1.1 通道二热分布图

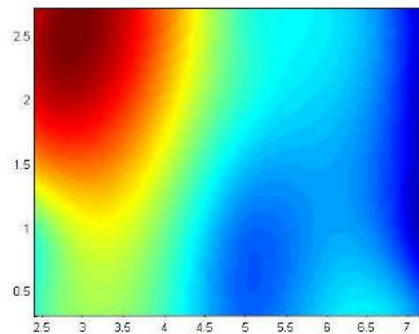


图 1.2 通道二流场分布图

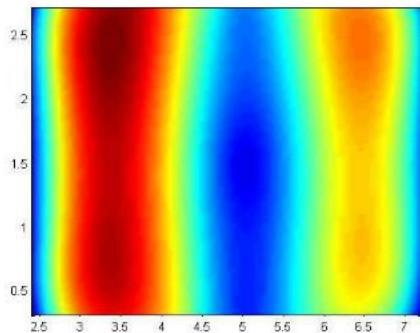


图 1.4 通道三热分布图

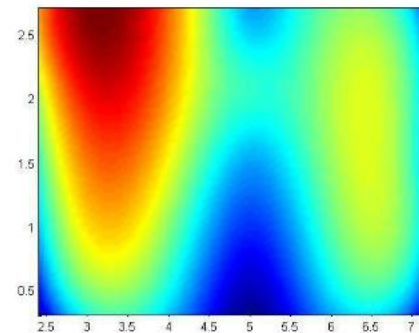


图 1.4 通道三流场分布图

图 1 由附件 1 得到的通道二、三热分布图和流场分布图

同时，通过 MATLAB 求出极值（MATLAB 计算程序见[附录 I](#)）：

通道二：

Imregionalmax =  
41.3707

Points =  
3.3697     2.7000

通道三：

Imregionalmax =  
47.8571

Points =

3.3697 2.4091

## 5.2 模型二

机房的热分布模型

记热量开始扩散的时刻  $t = 0$ ，并且以热源作为扩散中心，则可将  $t$  时刻机房内任意一点  $(x, y, z)$  的热空气浓度记为  $C(x, y, z, t)$ 。假设单位时间内通过单位法向量面积的热流量与浓度梯度成正比，则有

$$\vec{q} = -k_i \cdot \text{grad}C \quad (1)$$

其中  $k_i (i = x, y, z)$  是扩散系数， $\text{grad}$  表示浓度梯度。

假设机房空间  $\Omega$  的体积为  $V$ ，包括机房空间  $\Omega$  的曲面为一规则的球面，设其表面面积  $S$  表，外法线向量为  $\vec{n} = \left( -\frac{x}{z}, -\frac{y}{z}, 1 \right)$ ，

则在  $(t, t + \Delta t)$  内流通过空间域  $\Omega$  的热流量可以表示为：

$$Q_1 = \int_t^{t+\Delta t} \iint_S \vec{q} \cdot \vec{n} d\sigma dt \quad (2)$$

在空间  $\Omega$  所包围的区域内空气中的热流量增量可表示为：

$$Q_2 = \iiint_V [C(x, y, z, t + \Delta t) - C(x, y, z, t)] dV \quad (3)$$

由机柜散发的总热流量为：

$$Q_0 = \int_t^{t+\Delta t} \iint_{\Omega} p_0 dV dt \quad (4)$$

由质量守恒可得出：  $Q_0 = Q_1 + Q_2$ ，即，

$$\iiint_V [C(x, y, z, t + \Delta t) - C(x, y, z, t)] dV + \int_t^{t+\Delta t} \iint_S \vec{q} \cdot \vec{n} d\sigma dt = \int_t^{t+\Delta t} \iiint_{\Omega} p_0 dV dt \quad (5)$$

根据曲面积分 Gauss 公式得：

$$\iint_S \vec{q} \cdot \vec{n} d\sigma = \iiint_V \text{div } \vec{q} dV \quad (6)$$

则式子 (5) 可以转换成

$$\iiint_V \left[ \frac{C(x, y, z, t + \Delta t) - C(x, y, z, t)}{\Delta t} \cdot \Delta t \right] dV$$

$$+ \int_t^{t+\Delta t} \iiint_V \operatorname{div} \vec{q} dV dt = \int_t^{t+\Delta t} \iiint_{\Omega} p_0 dV dt \quad (7)$$

由于:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{C(x, y, z, t + \Delta t) - C(x, y, z, t)}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\int_t^{t+\Delta t} k \operatorname{div}(\operatorname{grad} C) dt}{\Delta t} \quad (8)$$

故式子 (7) 即可转换成:

$$\iiint_V \left[ \frac{\partial C}{\partial t} \right] dV \cdot \Delta t + \iiint_V \operatorname{div} \vec{q} dV \cdot \Delta t = \iiint_{\Omega} p_0 dV \cdot \Delta t \quad (9)$$

化简得:

$$\iiint_V \left[ \frac{\partial C}{\partial t} \right] dV + \iiint_V \operatorname{div} \vec{q} dV = p_0 \quad (10)$$

根据 A.Fick 扩散微分方程式中:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + U_x \frac{\partial C}{\partial X} + U_y \frac{\partial C}{\partial Y} + U_z \frac{\partial C}{\partial Z} = K_x \frac{\partial^2 V}{\partial X^2} + K_y \frac{\partial^2 V}{\partial Y^2} + K_z \frac{\partial^2 V}{\partial Z^2} \quad (11)$$

其中:  $C$  为常温气体浓度;  $t$  为时间;  $U_x, U_y, U_z$  为  $x, y, z$  方向风速;  $K_x, K_y, K_z$  为  $x, y, z$  方向上的扩散系数。

假设机房热量是在无风条件下扩散, 此时有,

$$\frac{\partial C}{\partial t} = K_x \frac{\partial^2 V}{\partial X^2} + K_y \frac{\partial^2 V}{\partial Y^2} + K_z \frac{\partial^2 V}{\partial Z^2} \quad (12)$$

结合式子 (11) 可解出 (10) 的结果为:

$$C(x, y, z, t) = \frac{p_0}{(4\pi \cdot t)^{1.5} (K_x K_y K_z)^{0.5}} \exp \left[ -\frac{x^2}{4K_x t} - \frac{y^2}{4K_y t} - \frac{(z-H)^2}{4K_z t} \right] \quad (13)$$

由此得到机房里通过机柜散发热后的空气浓度:

$$C_1(x, y, z, t) = v_s C(x, y, z, t) \quad (x^2 + y^2 + z^2 = s^2 t^2) \quad (14)$$

由(13)可知机柜的热分布是一个向四周散发且在冷通道里的温度是降低的。

进而可知在测试案例中机房的热分布呈一个向四周发散的状态, 特别是在冷通道的温度明显的可以看出是在降低 (相对于其他通道)。

### 5.3 模型三

机房设计是一个对称结构, 也就是机柜位置对称, 空调位置对称, 冷热通道对称。所以我们选取任务量相同的温度组 (即附件二中第 E、M、P 列) 通过 MATLAB 作图并寻求温度极值点 (见图 2 机柜不同任务量不同高度的热分布图):



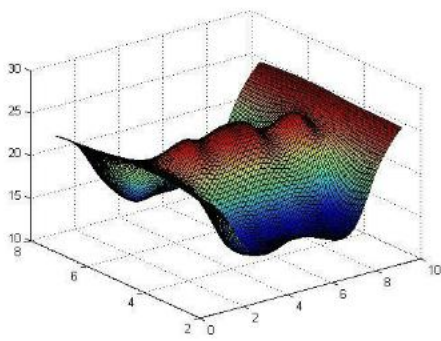


图 2.1.1 高度为 0.2

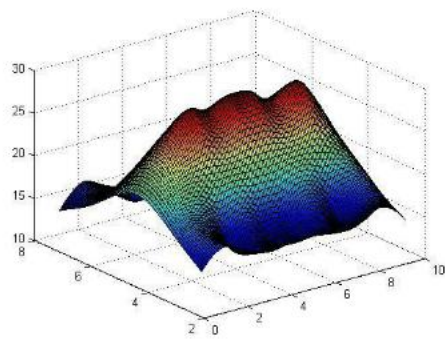


图 2.1.2 高度为 1

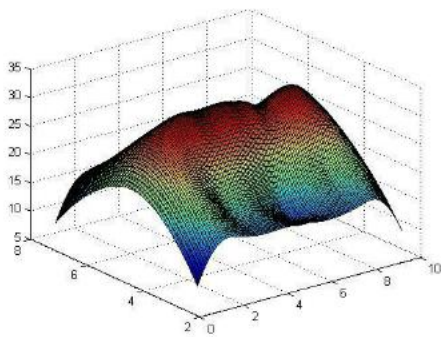


图 2.1.3 高度为 1.8

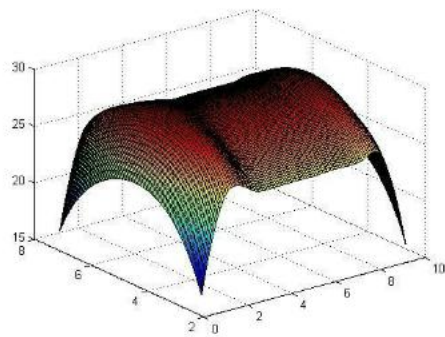


图 2.1.4 高度为 2.6

图 2.1 第 E 列即每个机柜任务量为 0.5

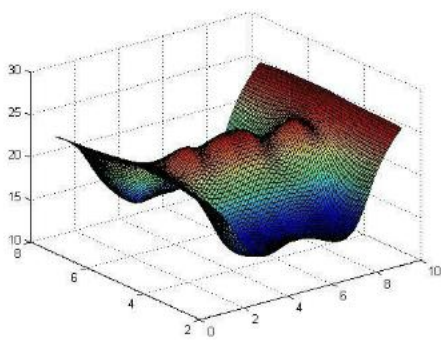


图 2.2.1 高度为 0.2

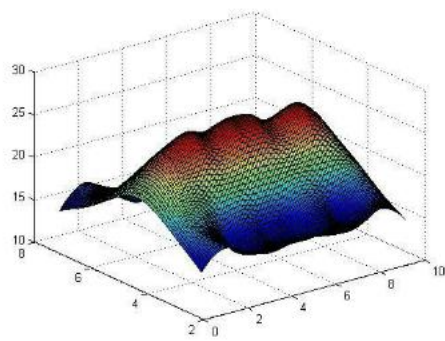


图 2.2.2 高度为 1

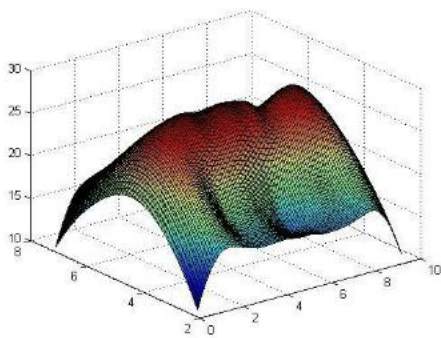


图 2.2.3 高度为 1.8

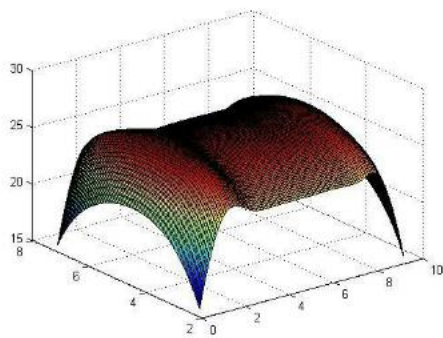


图 2.2.4 高度为 2.6

图 2.2 第 M 列即每个机柜任务量为 0.2

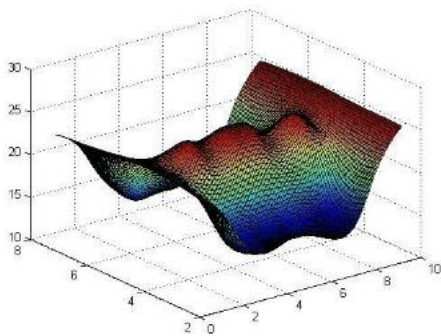


图 2.3.1 高度为 0.2

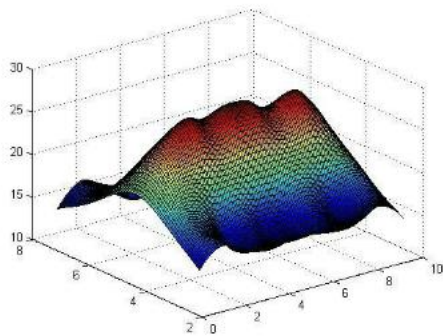


图 2.3.2 高度为 1

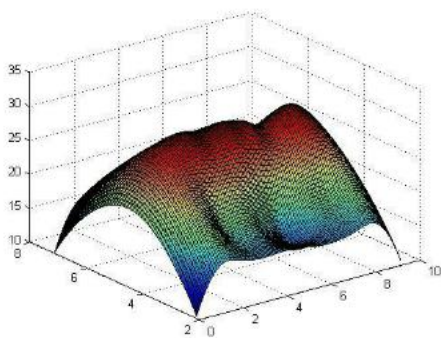


图 2.3.3 高度为 1.8

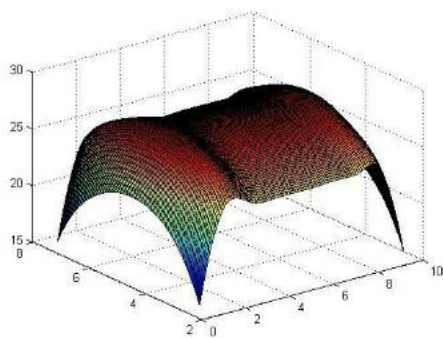


图 2.3.4 高度为 2.6

第 P 列即每个机柜任务量为 0.3

图 2 机柜不同任务量不同高度的热分布图

通过 MATLAB 计算出温度最高的几个极值点 (MATLAB 计算程序见[附录](#))

II):

每个机柜的任务量为 0.5:

Imregionalmax =

32.7584

32.8246

32.7247

Points =

2.4162 4.3727

4.0889 4.3727

7.2485 4.3222

每个机柜任务量为 0.2:

Imregionalmax =

28.6021

28.6308

28.5428

Points =

2.4162 4.3727

4.1818 4.3727

7.2485 4.3222

每个机柜任务量为 0.3:

Imregionalmax =

30.6982

30.7181

30.6863

Points =

2.4162 4.3727

4.1818 4.3727

7.2485 4.3222

根据数据可以发现三个任务量下极值点相同，由此，可以得出极值点即为

(2.4162,4.3 727 )

(4.0889,4.3 727 )

(7.2485 ,4.3222 )

但由于高度上的分布是离散的，所以必须根据不同位置做出温度分布图，这样可以减小误差。因为得到的极值点 x 值即通道位置就为给出数据中通道二、通道三、通道四的数据，所以，仅需要做出这三个通道的温度分布，见图 3 不同通道的热分布图：

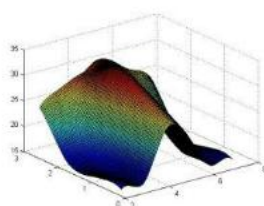


图 3.1 通道二

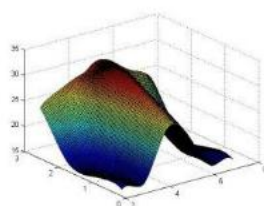


图 3.2 通道三

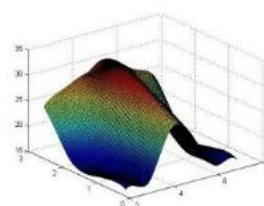


图 3.3 通道四

图 3 不同通道的热分布图

通过 MATLAB 计算出温度最高的几个极值点 (MATLAB 计算程序见附录 III):

每个机柜的任务量为 0.5:

Imregionalmax =  
32.5008

Points =  
4.2717 1.7758

每个机柜的任务量为 0.2:

Imregionalmax =  
32.4353

Points =  
4.2717 1.7758

每个机柜的任务量为 0.3:

Imregionalmax =  
32.5858

Points =  
4.2717 1.7758

根据数据可以发现三个任务量下极值点相同, 由此, 可以得出极值点即为 (2.4162,4.3 727,1.7758 )。由于我们没有温度极值点的数据, 所以通过点 (4.0889,4.3 727,1.7758 ) (7.2485 ,4.3222,1. 7758 ) (2.4,4.1,1. 8) (4.1,4.1,1. 8) 进行模拟, 从而得到不同任务量下温度极值点的温度分布表 (表 1 (7.2 ,4.1,1.8 )

机柜不同任务量下温度极值点的温度分布表):

表 1 机柜不同任务量下温度极值点的温度分布表

(注其中 x、y、z 分别为通道位置, 距离空调位置, 高度)

机柜一	机柜二	机柜三	机柜四	x	2.4	4.1	7.2
				y	4.1	4.1	4.1
				z	1.8	1.8	1.8
0.5	0.5	0.5	0.5		32.1	32.0	32.2
0.8	0.5	0.5	0.5		35.9	32.0	32.2
0.5	0.8	0.5	0.5		32.4	35.9	32.2
0.5	0.5	0.8	0.5		32.2	32.0	32.6
0.5	0.5	0.5	0.8		32.1	32.0	35.8
0.3	0.5	0.5	0.5		30.2	32.0	32.2
0.5	0.5	0.2	0.5		28.4	32.0	32.2
0.5	0.2	0.5	0.5		31.9	28.1	32.2
0.2	0.2	0.2	0.2		28.1	28.0	28.1
0.3	0.2	0.2	0.2		30.0	28.0	28.1
0.3	0.2	0.2	0.3		30.1	30.0	30.2



0.3	0.3	0.3	0.3	30.1	30.0	30.2
-----	-----	-----	-----	------	------	------

分析表格可知当机柜一工作量提高到 0.8 时点二，点三温度没有变化，同样当机柜二工作量提高到 0.8 时点一，点四温度没有变化，当机柜四工作量提高到 0.8 时点一，点二温度没有变化，而当机柜三工作量提高到 0.8 时所有点的温度都几乎没有变化。同样，当温度降低时也是如此。根据上述分析，我们做出假设：点一的最高温度只与机柜一有关，点二的最高温度只与机柜二有关，点三的最高温度只与机柜四有关。做出散点图(图 4 温度极值点与相关机柜任务量的拟合)，由图像确定使用指数函数拟合。

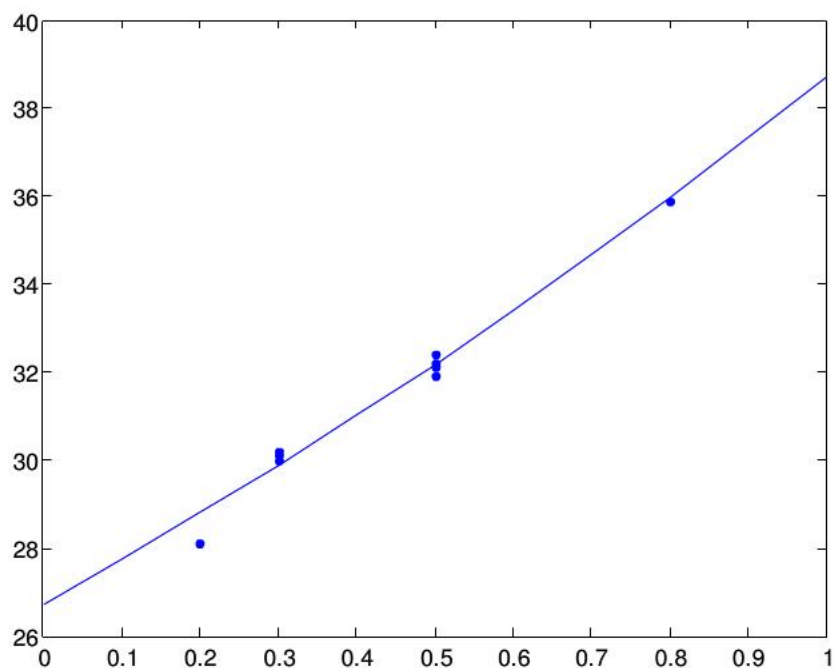


图 4.1 点(2.4,4.1,1. 8)

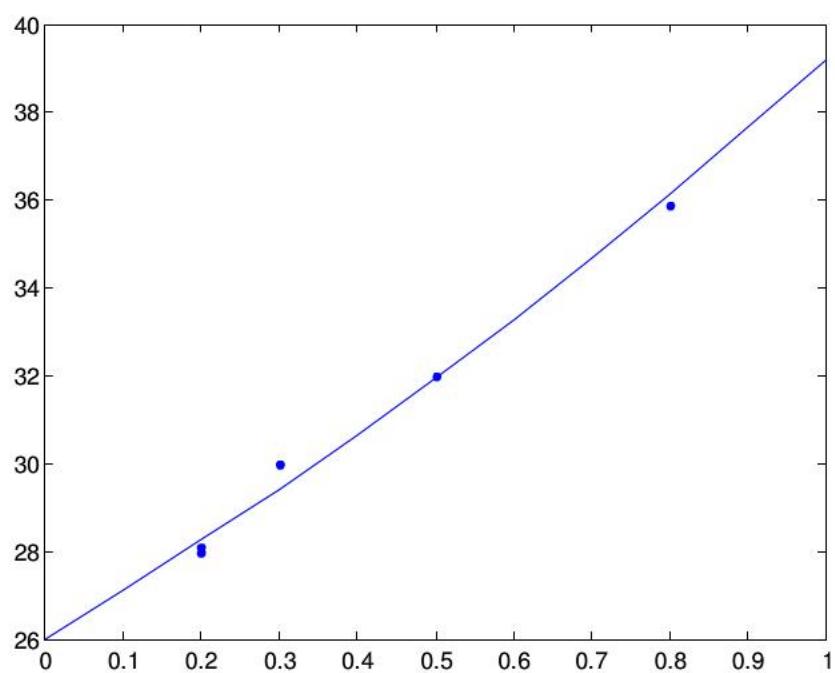


图 4.2 点(4.1,4.1,1. 8)

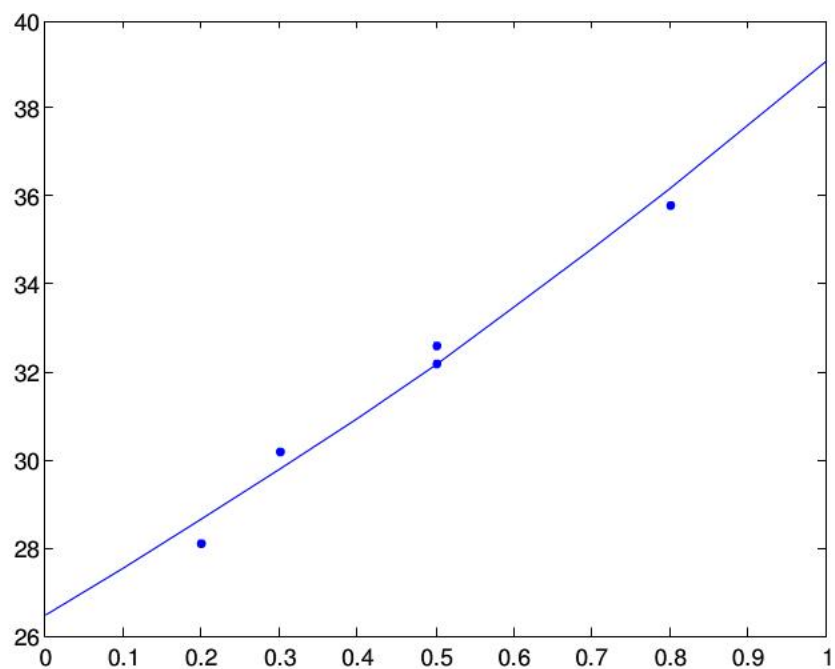


图 4.3 点(7.2,4.1,1. 8)

图 4 温度极值点与相关机柜任务量的拟合  
分析数据，选取温度极值点对应的机柜号拟合得到方程（MATLAB 计算程

序见附录IV):

$$T_i = x_1 \times x_2 = x_3 \times x_4$$

其中  $T_i$  为第  $i$  个温度极值点的温度

$x_i$  为第  $i$  个相关机柜的任务量

运用 MATLAB 分配任务量, 并求出机房最高温度的最低值 (MATLAB 计算程序见附录 V):

任务量为 0.8 时:

$$\maxint = 35.1919$$

$$x_{11} = 0.7400$$

$$x_{12} = 0.7300$$

$$x_{13} = 1.0000$$

$$x_{14} = 0.7300$$

任务量为 0.5 时:

$$\maxint = 30.1168$$

$$x_{11} = 0.3200$$

$$x_{12} = 0.3500$$

$$x_{13} = 1.0000$$

$$x_{14} = 0.3300$$

## 5.4 模型四

$k \sim \varepsilon$  两方程紊流模型建立数学模型

对于不可压缩、定常的流动, 根据以上的假设, 该模型的控制方程可用如下的通用形式:

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial X_1} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial X_2} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial X_3} = 0 \quad (15)$$

(1) 连续性方程:

$$\frac{\partial}{\partial X_i}(\rho U_i U_j) = -\frac{\partial}{\partial X_i} \left[ (\mu_i + \mu_j) \left( \frac{\partial U_i}{\partial X_j} + \frac{\partial U_j}{\partial X_i} \right) \right] + \beta(T_0 - T)\rho g \quad (16)$$

$$(2) \text{ 能量方程: } \frac{\partial}{\partial X_i}(\rho U_i T) = -\frac{\partial}{\partial X_i} \left[ \left( \frac{\mu_i}{Pr} + \frac{\mu_j}{\sigma_T} \right) \frac{\partial T}{\partial X_i} \right] + \frac{q}{CP} \quad (17)$$

(3) 紊流动能方程( $k$  方程):

$$\frac{\partial}{\partial X_i}(\rho U_i k) = -\frac{\partial}{\partial X_i} \left( \frac{\mu_i}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial X_i} \right) + \mu_i \left( \frac{\partial U_i}{\partial X_j} + \frac{\partial U_j}{\partial X_i} \right) \frac{\partial U_i}{\partial X_j} - \rho \varepsilon + \beta g \frac{\mu_i}{Pr} \frac{\partial T}{\partial X_i} \quad (18)$$

(4) 紊流动能耗散率方程( $\varepsilon$  方程):

$$\frac{\partial}{\partial X_i}(\rho U_i \varepsilon) = -\frac{\partial}{\partial X_j} \left( \frac{\mu_i}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial X_j} \right) + C_1 \mu_i \left( \frac{\partial U_i}{\partial X_j} + \frac{\partial U_j}{\partial X_i} \right) \frac{\partial U_i}{\partial X_j} - C_2 \frac{\varepsilon^2}{k} + C_3 \beta g \frac{\mu_i}{Pr} \frac{\partial T}{\partial X_i} \quad (19)$$

紊流粘性系数的表达式:

$$\mu_i = \frac{C_\mu C_D \rho k^2}{\varepsilon} \quad (20)$$

### 5.4.1 计算结果及分析

点三的相关机柜为机柜二，根据题三拟合的公式：。由于点（7.2,4.1,1.8）就在机柜和冷通道交界处。根据题设，冷通道的出风口为通道 1/3。我们假设风速恒定，那么

$$T_{\max} = \frac{T_{\text{冷}}}{\dots}, \text{ 又因为 } 18 \leq T_{\text{冷}} \text{ 由此可得 } 54 - 2T_{\text{冷}} \leq T_{\text{冷}} \leq 84 - \dots \text{ 即}$$

$$54 - 52.9712 \times 1.4760^{x_3} \leq T_{\text{冷}} \leq 84 - 52.9712 \times 1.4760^{x_3} \text{。根据上面所设立的}$$

模型，可以计算出机柜中的温度是……根据附件 2 中的数据，可以得到任务量和温度之间的散点图。把散点图和上面个所得的公式进行比较，算出  $R^2$  值。同理，可以得到点 2 的散点图和拟合图。如图（matlab 程序见[附录VI](#)）：

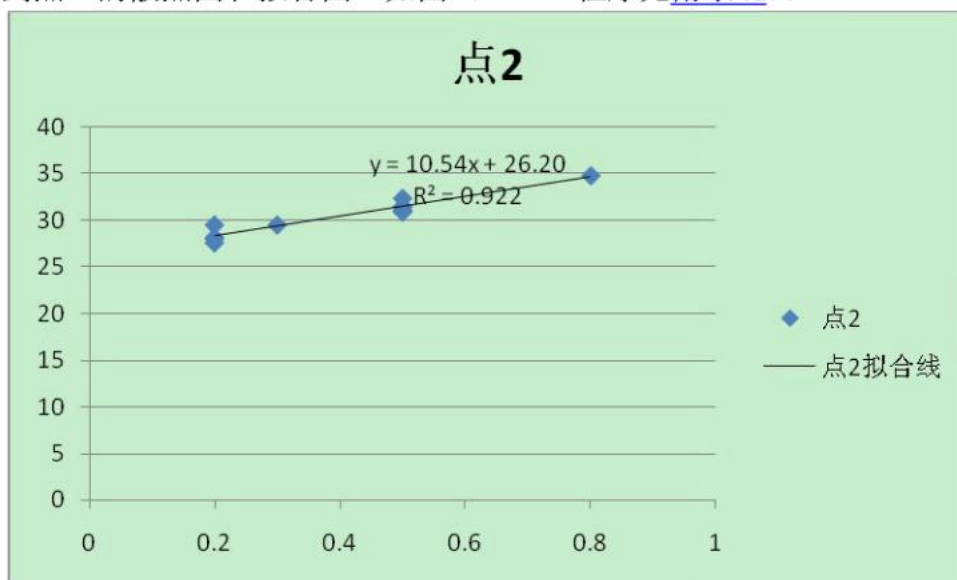


图 5 点 2 散点图和拟合线



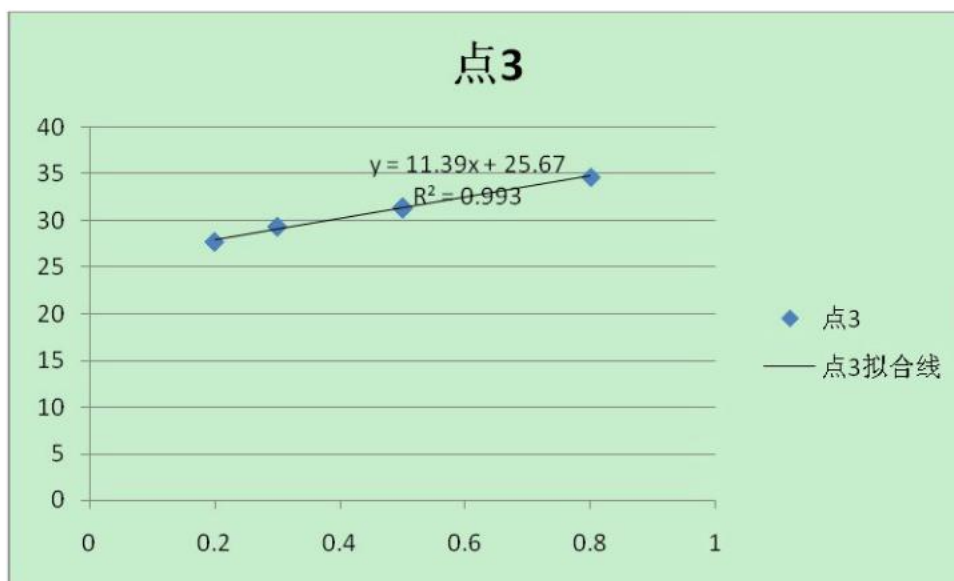


图 6 点 3 散点图和拟合线

根据图可知，假设符合实际，温度控制时应该满足

## 六、模型的检验

1. 本文中大多数图形都用 MATLAB 软件绘制，而 MATLAB 软件具有较强的仿真性，功能也十分强大，精确度也很高，从这个角度可证明我们结果的可靠性与方法的合理性。

2. 对于机房热分布采用模型二，将机柜散发热看成一个热源可以逼真的模拟出机柜散发热的传播途径，使得机房的热分布描绘形象逼真。

3. 充分考虑了机柜的对称性，模型三分析不同任务量的条件下，选取最高温度来确定机柜的任务量，从而来控制机房整体温度，这样更能够确保到机房的安全性。

4. 从模型与实际情况的对比来看，虽然我们建立模型有一些假设，但这些假设都是合乎常理的，故我们所建的模型的可靠性与真实性也是值得认可的。

## 七、模型的推广及发展前景

本文第一个模型根据题干给出的数据，采用 MATLAB 软件编程绘制的热分布及流场分布图可以应用于各个领域，如学校可以推广到消息的传播、文化的传播、疾病的传播、或者流言蜚语的传播，从而对现今这个信息时代做出一个正确的把握。同样的方法可以运用到气流运动、地质勘探和测量等方面。

本文只是阐述创建绿色机房一个因素——温度，其实还可以把它推广到温度对机房设备的寿命的影响，以及将机房机柜产生的热量转换成其他有效能源，从而有利益节约资源，更好的创造绿色机房，绿色社会。

此模型符合当今社会的发展状况，目前，人类都在关注者社会的有限资源，创建友好型、环保型的绿色社会，应用本文的模型及分析方法，通过对机房的温度叙述，可以避免因温度过高而引发的不良事故，同时也为创建绿色机房提供了可靠的理论和实践依据。绿色数据中心的建立，实现了最佳数据中心基础设施能源利用效率（PUE）和动态智能制冷，精确了送配风系统，同时采用区域化和模块化设计——高热区和低热区不同的散热方式，实现对不同负载的有效支持。对

大型数据中心进行模块化设计理念整合的智能化的机房监控系统 (动力设施,环境与 IT 设施,平台统一)实现自动化管理。

## 八、模型的优缺点

### 一、优点:

1.本文中模型的建立充分考虑到实际情况,从热源出发,推广到全机房,从一定程度上减小了误差。

2.在分析问题的时候,减少了一些次要因素的影响,虽在一定程度上降低了精度,但是简化了过程,增加了可读性。

3.本题的解答过程中,充分使用数学软件,根据图像,求出极值点,更加准确

### 二、缺点:

1.思考问题时过于简单,忽略了次要因素的影响,可能导致精度不高。

2.模型的假设,未能定量分析,只能做到定性分析

## 九、参考文献

- (1) Robinson D F, Hassan Hassan H A. Further Development of the (Enstrophy) Turbulence Closure Model. Journal of AIAA, 1998, 36: 1825~1833
- (2) Pratap, V.S.and Spalding, D.B, Numerical Computions of the Flow in Curved Ducts, The Aeronautical Quarterly, Aug.(1975)
- (3) Eiseman, P.Retal, Development of a Three-Dimensional Turbulent Duct Flow Analysis, NASA CR3029, (1978)
- (4) Chen Y S, Kim S W. Com putation of Turbulent Flows Using an Extended  $K-\varepsilon$  Turbulent Closure Model. ASA - C R-179204, 1987
- (5) Tumber M G, Jennions IK. An Investigation of Turbulent Modeling in Transonic Fan Including a Novel Implementation of an Implicit  $K-\varepsilon$  Turbulence Model. ASME92-GT-308
- (6) 姜启源、谢金星、叶俊,《数学模型》(第三版), 高等教育出版社
- (7) 尹贞勤, 程控交换机房空调设计探讨[ J], 安徽建筑, 1999( 4)
- (8) 杨世铭, 自由运动放热的基本准则式[ J], 西安交通大学学报, 1962( 2)

## 十、附录

### 附录 I :

```
clear%根据附件一做出的通道二热分布图
clc
A=[2.4 0.3 13;2.4 0.9 13;2.4 1.5 17;2.4 2.1 30;2.4 2.7 30;5 0.3 13;5 0.9 13;5 1.5
25; 5 2.1 30;5 2.7 30;7.2 0.3 13;7.2 0.9 13;7.2 1.5 19;7.2 2.1 30;7.2 2.7 30;];
x=A(:,1);y=A(:,2);z=A(:,3);
[X,Y,Z]=griddata(x,y,z,linspace(2.4,7.2)',linspace(0.3,2.7),'v4');%插值
pcolor(X,Y,Z);shading interp%伪彩色图
figure,surf(X,Y,Z)%三维曲面
ii=find(imregionalmax(Z));
Imregionalmax=Z(ii)
Points=[X(ii) Y(ii)]
```

```
clear%根据附件一做出的通道三热分布图
```

```
clc
A=[2.4 0.3 27;
    2.4 0.9 29;
    2.4 1.5 29;
    2.4 2.1 30;
    2.4 2.7 29;
    5 0.3 30;
    5 0.9 30;
    5 1.5 29;
    5 2.1 31;
    5 2.7 32;
    7.2 0.3 27;
    7.2 0.9 31;
    7.2 1.5 31;
    7.2 2.1 32;
    7.2 2.7 31;];
x=A(:,1);y=A(:,2);z=A(:,3);
[X,Y,Z]=griddata(x,y,z,linspace(2.4,7.2)',linspace(0.3,2.7),'v4');%插值
pcolor(X,Y,Z);shading interp%伪彩色图
figure,surf(X,Y,Z)%三维曲面
ii=find(imregionalmax(Z));
Imregionalmax=Z(ii)
Points=[X(ii) Y(ii)]
```

```
clear%根据附件一做出的通道二流场分布图
```

```
clc
A=[2.4 0.3 0.6;
```

```

2.4 0.9 0.6;
2.4 1.5 0.9;
2.4 2.1 1.1;
2.4 2.7 1.1;
5 0.3 0.4;
5 0.9 0.4;
5 1.5 0.5;
5 2.1 0.6;
5 2.7 0.6;
7.2 0.3 0.4;
7.2 0.9 0.2;
7.2 1.5 0.2;
7.2 2.1 0.2;
7.2 2.7 0.2;];
x=A(:,1);y=A(:,2);z=A(:,3);
scatter(x,y,5,z)%散点图
figure
[X,Y,Z]=griddata(x,y,z,linspace(2.4,7.2)',linspace(0.3,2.7),'v4');%插值
pcolor(X,Y,Z);shading interp%伪彩色图
figure,contourf(X,Y,Z) %等高线图
figure,surf(X,Y,Z)%三维曲面
ii=find(imregionalmax(Z));
Imregionalmax=Z(ii)
Points=[X(ii) Y(ii)]

clear%根据附件一做出的通道三流场分布图
clc
A=[2.4 0.3 0.4;
2.4 0.9 0.6;
2.4 1.5 0.7;
2.4 2.1 0.8;
2.4 2.7 0.9;
5 0.3 0.4;
5 0.9 0.5;
5 1.5 0.6;
5 2.1 0.7;
5 2.7 0.6;
7.2 0.3 0.4;
7.2 0.9 0.6;
7.2 1.5 0.6;
7.2 2.1 0.6;
7.2 2.7 0.5;];
x=A(:,1);y=A(:,2);z=A(:,3);
scatter(x,y,5,z)%散点图

```

```

figure
[X,Y,Z]=griddata(x,y,z,linspace(2.4,7.2)',linspace(0.3,2.7),'v4');%插值
pcolor(X,Y,Z);shading interp%伪彩色图
figure,contourf(X,Y,Z) %等高线图
figure,surf(X,Y,Z)%三维曲面
ii=find(imregionalmax(Z));
Imregionalmax=Z(ii)
Points=[X(ii) Y(ii)]

```

## 附录 II：

clf%做出每个机柜任务量为 0.5 时每个高度温度分布图

```

clear
A=load('data41.txt');%%读入矩阵
for n=4:1:7
x=A(:,1);y=A(:,2);z=A(:,n);
[X,Y,Z]=griddata(x,y,z,linspace(0,9.2)',linspace(2.1,7.1),'v4');%插值
pcolor(X,Y,Z);
shading interp%伪彩色图
figure,surf(X,Y,Z)
figure
ii=find(imregionalmax(Z));
Imregionalmax=Z(ii)
Points=[X(ii) Y(ii)]
end

```

clf%做出每个机柜任务量为 0.2 时每个高度温度分布图

```

clear
A=load('data49.txt');%%读入矩阵
for n=4:1:7
x=A(:,1);y=A(:,2);z=A(:,n);
[X,Y,Z]=griddata(x,y,z,linspace(0,9.2)',linspace(2.1,7.1),'v4');%插值
pcolor(X,Y,Z);
shading interp%伪彩色图
figure,surf(X,Y,Z)
figure
ii=find(imregionalmax(Z));
Imregionalmax=Z(ii)
Points=[X(ii) Y(ii)]
end

```

clf%做出每个机柜任务量为 0.3 时每个高度温度分布图

```

clear
A=load('data412.txt');%%读入矩阵
for n=4:1:7
x=A(:,1);y=A(:,2);z=A(:,n);

```



```

[X,Y,Z]=griddata(x,y,z,linspace(0,9.2)',linspace(2.1,7.1),'v4');%插值
pcolor(X,Y,Z);
shading interp%伪彩色图
figure,surf(X,Y,Z)
figure
ii=find(imregionalmax(Z));
Imregionalmax=Z(ii)
Points=[X(ii) Y(ii)]
end

```

### 附录III:

```

clf%作出温度极值点所在通道温度分布图
clear
A=load('data51.txt');%%读入矩阵
for n=4:1:6
x=A(:,2);y=A(:,3);z=A(:,n);
[X,Y,Z]=griddata(x,y,z,linspace(2.1,7.1)',linspace(0.2,2.6),'v4');%插值
pcolor(X,Y,Z);
shading interp%伪彩色图
figure,surf(X,Y,Z)
figure
ii=find(imregionalmax(Z));
Imregionalmax=Z(ii)
Points=[X(ii) Y(ii)]
end

```

### 附录IV:

```

clf%温度极值点 1 温度与相关机柜任务量的拟合
clear
clc
k=[0.2,0.3,0.3,0.3,0.3,0.5,0.5,0.5,0.5,0.5,0.8]';
y=[28.1,30.2,30,30.1,30.1,32.1,32.4,32.2,32.1,31.9,35.9]';
plot(k,y,'.')
hold on
fun=inline('b(1).*b(2).^k','b','k');
b0=[1,1];
[b,r,j]=nlinfit(k,y,fun,b0);
b
R=sum(r.^2)
k=0:0.1:1;
plot(k,b(1).*b(2).^k,'-')

```

```

clf%温度极值点 2 温度与相关机柜任务量的拟合
clear

```

```

clc
k=[0.5,0.5,0.8,0.5,0.5,0.5,0.5,0.2,0.2,0.2,0.3]';
y=[32.0,32.0,35.9,32.0,32.0,32.0,32.0,28.1,28.0,28.0,30.0]';
plot(k,y,'.')
hold on
fun=inline('b(1).*b(2).^k','b','k');
b0=[1,1];
[b,r,j]=nlinfit(k,y,fun,b0);
b
R=sum(r.^2)
k=0:0.1:1;
plot(k,b(1).*b(2).^k,'-')

```

clf%温度极值点 3 温度与相关机柜任务量的拟合

```

clear
clc
k=[0.5,0.5,0.5,0.5,0.8,0.5,0.5,0.5,0.2,0.2,0.3,0.3]';
y=[32.2,32.2,32.2,32.6,35.8,32.2,32.2,32.2,28.1,28.1,30.2,30.2]';
plot(k,y,'.')
hold on
fun=inline('b(1).*b(2).^k','b','k');
b0=[1,1];
[b,r,j]=nlinfit(k,y,fun,b0);
b
R=sum(r.^2)
k=0:0.1:1;
plot(k,b(1).*b(2).^k,'-')

```

#### 附录 V:

clear%任务量为 0.8 时线性规划

```

clc
x1=1;x2=1;x3=1;x4=1;
x11=0;x12=0;x13=0;x14=0;
A=[26.7333*1.4483^x1,26.0368*1.5055^x2,26.4856*1.4760^x4];
maxint=max(A);
for x1=0:0.01:1
for x2=0:0.01:1
for x3=0:0.01:1
x4=3.2-x1-x2-x3;
A1=[26.7333*1.4483^x1,26.0368*1.5055^x2,26.4856*1.4760^x4];
if x4<1&x4>0
if max(A1)<maxint
maxint=max(A1);
x11=x1;

```



```

        x12=x2;
        x13=x3;
        x14=x4;
    end
end
end
end
maxint
x11
x12
x13
x14

clear%任务量为 0.5 时线性规划
clc
x1=1;x2=1;x3=1;x4=1;
x11=0;x12=0;x13=0;x14=0;
A=[26.7333*1.4483^x1,26.0368*1.5055^x2,26.4856*1.4760^x4];
maxint=max(A);
for x1=0:0.01:1
for x2=0:0.01:1
for x3=0:0.01:1
x4=2-x1-x2-x3;
    A1=[26.7333*1.4483^x1,26.0368*1.5055^x2,26.4856*1.4760^x4];
    if x4<1&x4>0
        if max(A1)<maxint
            maxint=max(A1);
            x11=x1;
            x12=x2;
            x13=x3;
            x14=x4;
        end
    end
end
end
end
end
maxint
x11
x12
x13
x14

```

[附录VI:](#)

```

clf
clear
clc
A=load('data81.txt');%%读入矩阵
for n=3:1:14
x=A(:,1);y=A(:,2);z=A(:,n);
[X,Y,Z]=griddata(x,y,z,linspace(1.1,8)',linspace(2.1,7.1),'v4');%插值
surf(X,Y,Z)%三维曲面
figure,shading interp%伪彩色图
end

```