

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102155937 A

(43) 申请公布日 2011. 08. 17

(21) 申请号 201110070165. 2

(22) 申请日 2011. 03. 23

(71) 申请人 中国科学院国家天文台南京天文光
学技术研究所

地址 210042 江苏省南京市板仓街 188 号

(72) 发明人 杨德华 李徽 李国平

(74) 专利代理机构 江苏致邦律师事务所 32230
代理人 栗仲平

(51) Int. Cl.

G01C 11/08 (2006. 01)

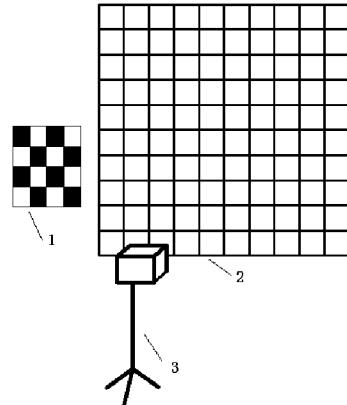
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 4 页

(54) 发明名称

柔性网状面形照相测量方法

(57) 摘要

基于单相机的柔性网状面形的照相测量方
法:(1)用一台相机对预先印制的黑白栅格模板以
不同位姿进行拍摄;(2)利用拍得的照片对相机进
行标定,计算出相机的内参数和不同姿态的外参
数;(3)在至少两个不同的位置上将网状面板和栅
格模板作为整体进行拍摄;(4)从拍得的照片中读
取模板栅格从而计算出相机在进行照相测量时
的位姿,并读取和分析照片中网面节点;(5)结合
步骤(2)得到的相机参数和算得的位姿来重建网面
的面形;(6)根据网面的理论面形方程进行曲面拟
合,统计面形误差。本发明属于非接触式高效率测
量,过程简便,自动化程度高,成本低,并且可推广
应用于其它相关工业领域。



1. 一种基于单相机的柔性网状面形的照相测量方法,其特征在于,步骤如下,
 - (1). 用一台相机对预先印制的黑白栅格模板在网状面板面形检测现场以不同位姿,进行拍摄;
 - (2). 利用步骤(1)拍得的照片对相机进行标定,计算出相机的内参数和不同姿态下的外参数;
 - (3). 用步骤(1)的同一台相机,在至少两个不同的位置上将网状面板和栅格模板作为整体进行拍摄;
 - (4). 从步骤(3)拍得的照片中读取模板栅格从而计算出相机在进行照相测量时的位姿,并读取和分析照片中网面节点;
 - (5). 结合步骤(2)得到的相机参数和算得的位姿来重建网面的面形;
 - (6). 根据网面的理论面形方程进行曲面拟合,统计面形误差。
2. 根据权利要求 1 所述的基于单相机的柔性网状面形的照相测量方法,其特征在于,步骤(1)所述的“不同位姿”是指采用六个自由度的不同姿态。
3. 根据权利要求 1 所述的基于单相机的柔性网状面形的照相测量方法,其特征在于,步骤(4)所述的“读取和分析照片中网面节点”的具体方法是,采用抽样采集的方式来快速提取网面节点:先指定三个初始点来预先设定需采样节点的二维方向,然后根据与周围采样节点之间的像素数来预测当前采样节点所在像素位置的初值,最后计算当前采样节点的像素坐标。
4. 根据权利要求 1 所述的基于单相机的柔性网状面形的照相测量方法,其特征在于,所述的步骤(3)中,网状面板背面是采用漫反射式颜色均匀一致的背景,并在背景与面板间形成反差。
5. 根据权利要求 1-4 之一所述的基于单相机的柔性网状面形的照相测量方法,其特征在于,所述的步骤(3)中,在面板周围设置有标记,以帮助识别不同图像中的相同节点。

柔性网状面形照相测量方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种基于单相机的柔性网状面形照相测量方法,尤其适用于射电望远镜或雷达天线网状面板的面形的检测。

背景技术

[0002] 射电望远镜或雷达天线常用的无孔实体面板的检测和调整已经有众多的理论和方法,测量手段也各不相同且各具优势,如光学方法、射电全息法、激光测量方法等,但是对网状面板的面形测量却一直没有很好的简单快捷的检测方法。网状面板曲面一般是抛物面,常用尺寸大小一般达 $2\text{m} \times 2\text{m}$,一般选用直径约 0.5mm 的钢丝,网孔大小一般约 10mm 。网状面形的特性决定了其检测的难度和复杂性。网状面板一般由钢丝网编制而成,具有较大的柔性,存在易变形的缺点,因此对其测量首先应采用非接触式测量;其次,网状面板不适用于直接采用任何反射型光学测量方法;另外,网状反射面板本身的工作要求决定了测量精度要求并不高,一般约 1mm RMS ,因此,不必采用高精度的昂贵的复杂的测量仪器和手段。

[0003] 目前对网状面板的检测一般采用三坐标测量仪和经纬仪。采用三坐标测量仪时,一般在测头上安装适当大小的过渡片,以避免测头穿过网面的网孔,并设置很小的接触力,以避免测头工作时对网面产生过多的接触位移。这种方法,因采用三坐标测量仪,首先很昂贵;其次环境要求很高,而效率很低;再者,属于接触式测量,测头的接触不可避免地造成网面变形和测量误差。采用经纬仪测量时,必须在网面上贴适当数量的特制标志靶,事后还须去除,然后逐点瞄准测量。这种方法本质上属于反射型光学测量,费时费力,测量成本较高,而效率很低。

[0004] 随着摄像测量技术的发展,结构光学测量法,因其非接触性、高效率等优点,逐渐在大尺寸面形的测量上得到广泛应用。结构光学测量系统一般由照相机、投影机和计算机组成。由于网状面板的钢丝相对于面板尺寸过于细窄,照相机无法得到具有投影特征的图像,因此结构光学测量法在网面检测中不可行。

[0005] 在众多测量手段中,综合考虑测量效率、测量精度及测量可行性,基于立体视觉照相测量法最为适用于对网面的测量。但是传统的双目立体视觉照相测量法需要两台相机,并且需要设计制作安装和调节相机姿态的支架,这样,不同大小的网面检测对支架可调节的姿态范围的需求也不尽相同。考虑到两台相机的标定、相机间的姿态变化和调整、测量过程中的换算,以及测量系统本身的成本,双目立体视觉照相测量法在网面的测量中仍然不具有突出的优势。

发明内容

[0006] 本发明的目的是提供一种基于单相机的柔性网状面形的照相测量方法,该方法是为了实现上述射电望远镜或雷达天线的网状面板检测,并为了通过简单易行的工艺设计,成本较低地实现批量网状面板的检测。

[0007] 完成上述发明任务所采用的技术方案是:一种基于单相机的柔性网状面形的照相

测量方法,其特征在于,步骤如下,

[0008] (1). 用一台相机对预先印制的黑白栅格模板在网状面板面形检测现场以不同位姿,进行拍摄;

[0009] (2). 利用步骤(1)拍得的照片对相机进行标定,计算出相机的内参数和不同姿态下的外参数;

[0010] (3). 用步骤(1)的同一台相机,在至少两个不同的位置上将网状面板和栅格模板作为整体进行拍摄;

[0011] (4). 从步骤(3)拍得的照片中读取模板栅格从而计算出相机在进行照相测量时的位姿,并读取和分析照片中网面节点;

[0012] (5). 结合步骤(2)得到的相机参数和算得的位姿来重建网面的面形;

[0013] (6). 根据网面的理论面形方程进行曲面拟合,统计面形误差。

[0014] 以上所述的“不同位姿”是指采用六个自由度的不同姿态。

[0015] 换言之,本发明的方案如图1所示:首先,用一台商业级相机对预先印制的黑白栅格模板在网状面板面形检测现场以不同位姿,即六个自由度姿态,进行拍摄,利用拍得的照片对相机进行标定,计算出相机的内参数和不同姿态下的外参数;然后,在至少两个不同的位置上将网状面板和栅格模板作为整体进行拍摄(参见图2中所示的样图),从拍得的照片中读取模板栅格从而计算出相机在进行照相测量时的位姿,并读取和分析照片中网面节点,这样,结合之前相机标定的参数和算得的位姿来重建网面的面形;最后,根据网面的理论面形方程进行曲面拟合,统计面形误差。

[0016] 本发明的工作原理是:设网面节点在照片中的坐标为(u_a, v_a),因相机光学系统并非理想系统,必存在畸变,所以设其畸变补偿量为($\Delta u_a, \Delta v_a$),这样,其理想成像的坐标(u_i, v_i)为:

[0017]

$$\begin{cases} u_i = u_a + \Delta u \\ v_i = v_a + \Delta v \end{cases} \quad (1)$$

[0018] 设照片上网面节点在统一的全局坐标系下的坐标为 X_w, Y_w, Z_w ;相机光心在全局坐标系下的坐标为 X_c, Y_c, Z_c ;相机光心垂直投影在照片上的像素坐标为 u_0, v_0 ;并用 f_u 和 f_v 分别表示相机焦距与相机CCD芯片上u和v方向上的单位像素长度的比值;用 r_{ij} ($i, j = 1, 2, 3$)为相机相对于全局坐标系下的旋转矩阵中分量, i 表示行, j 表示列。根据成像过程中的光线共线方程,可以列出:

[0019]

$$\begin{cases} u_i = f_u \frac{r_{11}(X_w - X_c) + r_{12}(Y_w - Y_c) + r_{13}(Z_w - Z_c)}{r_{31}(X_w - X_c) + r_{32}(Y_w - Y_c) + r_{33}(Z_w - Z_c)} + u_0 \\ v_i = f_v \frac{r_{21}(X_w - X_c) + r_{22}(Y_w - Y_c) + r_{23}(Z_w - Z_c)}{r_{31}(X_w - X_c) + r_{32}(Y_w - Y_c) + r_{33}(Z_w - Z_c)} + v_0 \end{cases} \quad (2)$$

[0020] 方程(2)两边同乘以分母,将 X_w, Y_w 和 Z_w 分离出来,便可以得到关于该网面节点在全局坐标系下坐标的两个线性方程。可以看出,相机在一个姿态下拍摄得到的照片最多列出两个方程,而网面节点的全局坐标有三个分量,故无法解算出网面节点的全局坐标。因

此,需要相机在至少两个不同位姿下拍摄,才能使得方程数大于未知量数,之后采用最小二乘的方法来求解方程组即可。

[0021] 本发明中采用抽样采集的方式来快速提取网面节点。由于网面节点的数目一般较为庞大,利用网面的曲率一般较小,且变形一般很平缓的特点,在测量软件中不需要将每一个网面节点都进行提取,大量的数据读取和计算会导致测量效率过低,也没有必要,而可以根据测量精度和效率来调整网面节点读取密度。由于网面变形和相机姿态的因素,节点之间像素距离在不同位置是不尽相同的,如果设定固定的像素距离,节点的采样频率无法得到保证,从而导致数据缺失,而使测量无法进行。因此,本发明中,先指定三个初始点来预先设定需采样节点的二维方向(参见图3中左下角的绿色圆圈),然后根据与周围采样节点之间的像素数来预测当前采样节点所在像素位置的初值,最后计算当前采样节点的像素坐标。

[0022] 在测量中,网状面板背面应尽可能采用漫反射式颜色均匀一致的背景,并在一定的光照条件下,背景尽可能与面板形成反差;光照应均匀,不宜在测量表面形成镜面反射。另外,面板在测量过程中应保持稳定,避免发生振动和位移。并可以在面板周围适当标记,以帮助识别不同图像中的相同节点。

[0023] 本发明的有益效果是,提供了一种新颖便宜易行的基于单相机的柔性网状面形测量方法,非常适用于射电望远镜或雷达天线网状面板的面形检测。利用照相测量原理,通过建议的工艺方法实现了对射电望远镜或雷达天线网状面板的面形检测和测量。原理明了,高效简便,系统简单,成本低廉。由于相机测量方式的易行性,可以在多种场合下搭建测量系统,使得对网状面形面板的测量条件降低,实现面板检测的非接触性和高效性,实施工艺简单,减小了劳动强度,进而降低了造价。总之,本发明提供对柔性网面进行面形检测的方法,属于非接触式高效率测量,过程简便,自动化程度高,成本低,并且制成相应软件、开发相应成品后可推广应用于其它相关工业领域。

附图说明

- [0024] 图1为柔性网状面形面板的单相机测量系统示意图;
- [0025] 图2为测量样图示意图;
- [0026] 图3为提取网面节点示意图;
- [0027] 图2和图3分别表示照相测量中的图像采集和网面节点的提取;
- [0028] 图4是测量计算得到数据后重建的网面形状。

具体实施方式

[0029] 实施例1,基于单相机的柔性网状面形的照相测量方法。参照图1-图4。图1中,柔性网状面形面板测量系统包括栅格模板1,被检测的四边形面板2及测量相机以及三脚架3;图2中有栅格模板1,被检测的四边形面板2及相片底片范围4;图3中有栅格模板1,被检测的四边形面板2,相片底片范围4及初始节点5(0表示)及已寻找到的节点(X表示)。

[0030] 将柔性网状面形面板置于颜色单一均匀的背景之上,利用环境光或者散射光对其进行照明;在适当的位置处放置好栅格模板,保持模板和网面之间的相对位置稳定;调整

并固定相机焦距,用相机预拍摄,对照片预处理,查看节点采样效果,确保面板不变形、不振动;用相机在景深范围内多姿态地对栅格模板成像,标定相机内参数和外参数,并拍摄包含栅格模板及需测量的网面区域的照片至少两张;标定相机并提取出需要测量网面区域的节点,计算出节点的全局坐标;最后,根据网面的理论面形方程进行曲面拟合,统计面形误差。

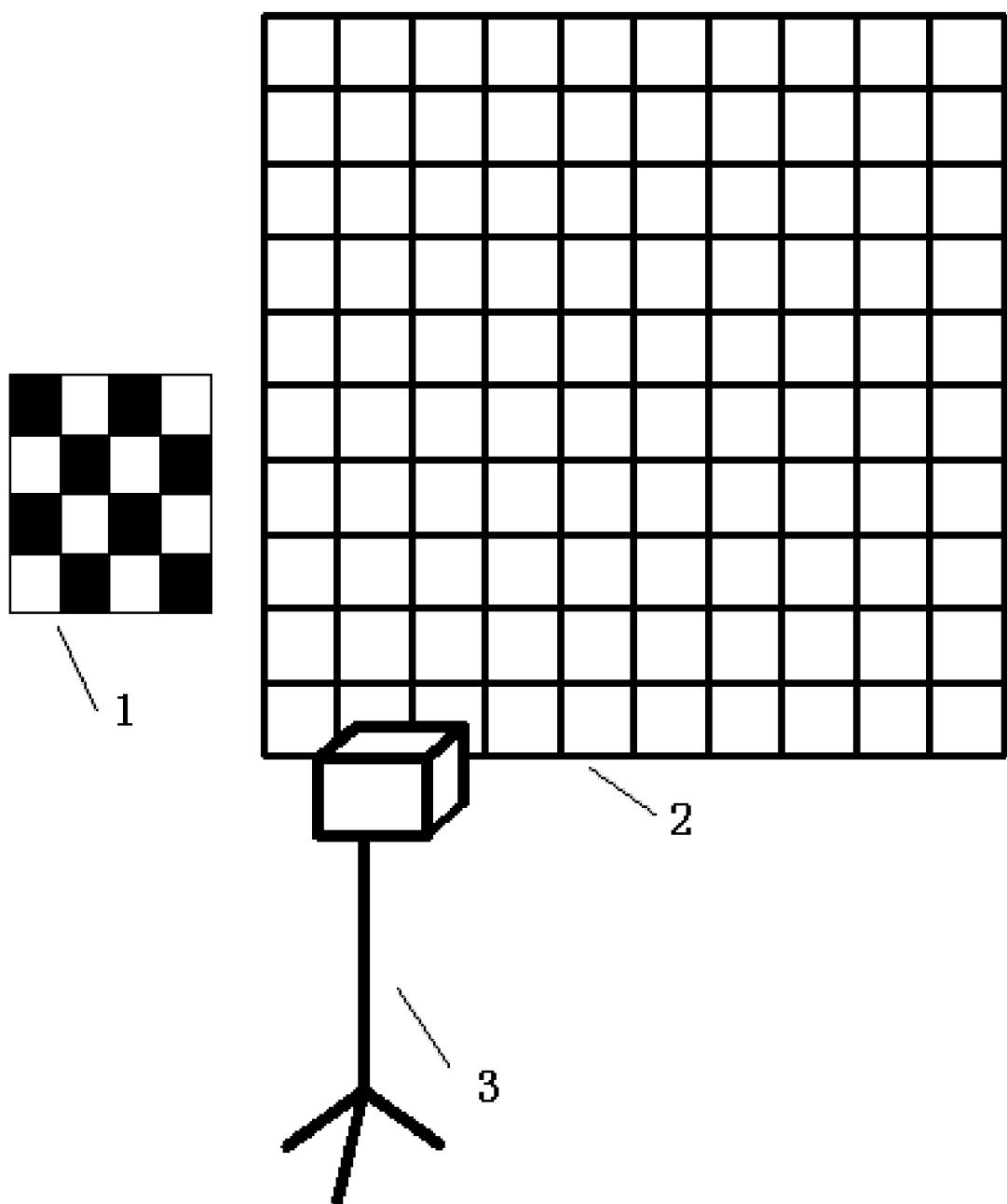


图 1

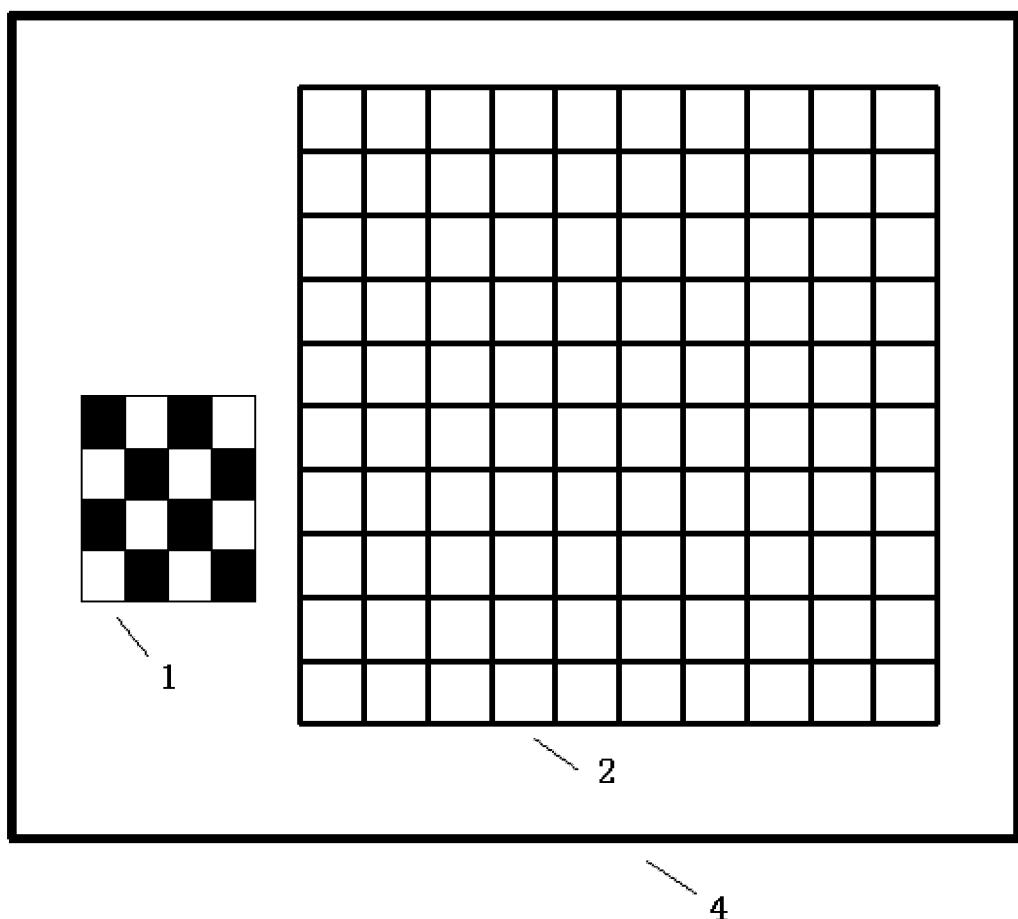


图 2

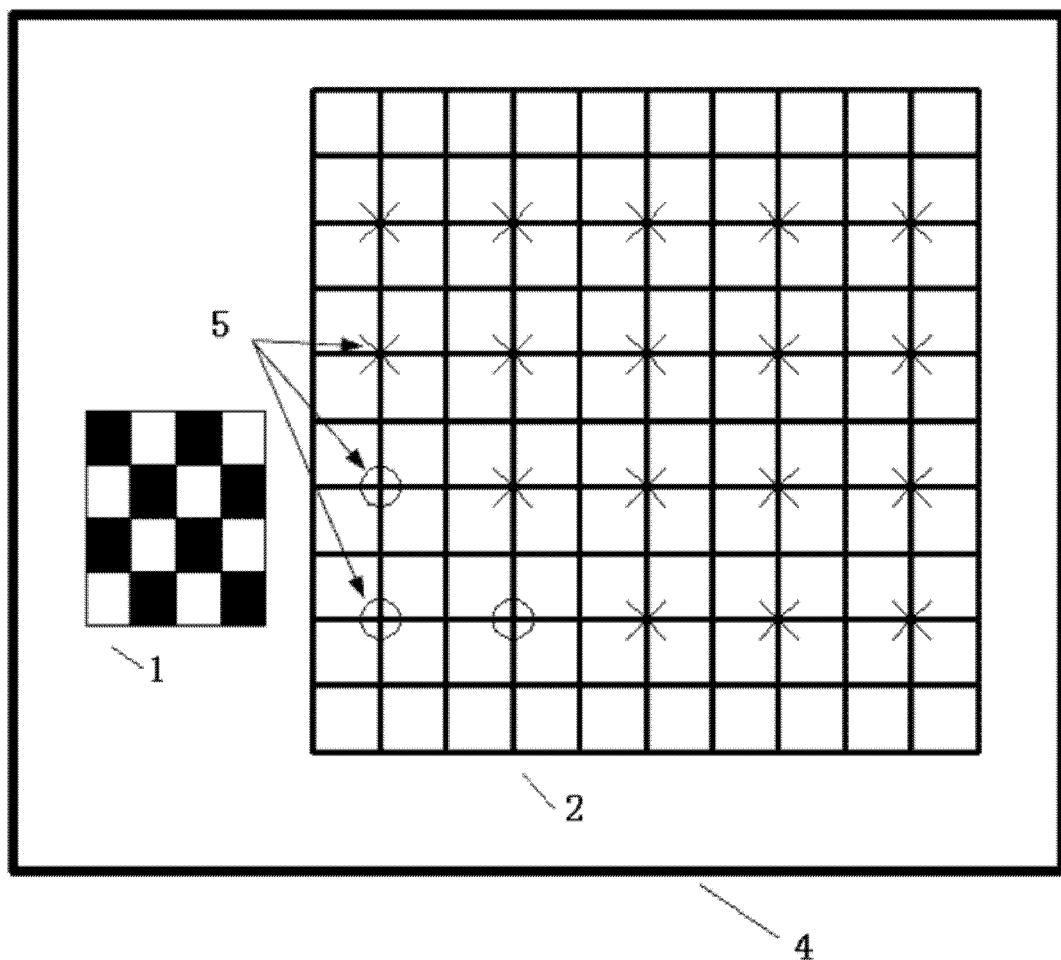


图 3

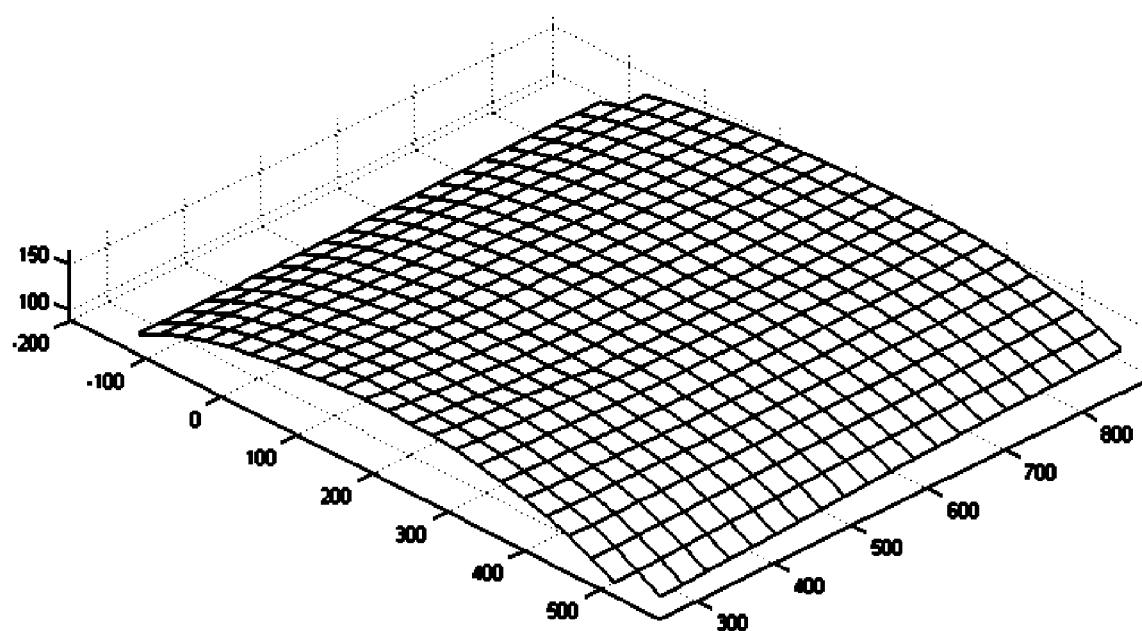


图 4