维普资讯 http://www.cqvip.com

合肥学院学报(自然科学版)
2006年6月 第16卷第2期

Journal of Hefei University(Natural Sciences)
Jun. 2006 Vol.16 No.2

双CCD交汇测量非正交系统的布站参数优化设计

夏小虎[1a],张林[1a],袁暨[1b]
(1.合肥学院 a.电子信息与电气工程系,b.计算机科学与技术系,合肥 230601)

摘 要:分析双CCD交汇测量系统中测量精度有效视场与基线长度、像机仰角和视场角三个参数之间的数学关系;提出了根据有效视场来确定最优参数的设计方法——最小基线法.像机仰角不满足正交条件时,该方法提供了一条切实可行的参考依据.最后在MATLAB中进行计算分析,验证了该方法的正确可行.

关键词:最小基线;非正交系统;有效视场;测量精度
中图分类号:TP391.9 **文献标识码**:A **文章编号**:1673-162X(2006)02-0044-03

电荷耦合器件CCD(Charge Couple Device)是一种大规模金属氧化物半导体(MOS)光电器件.采用双线列CCD交汇测量是近年来迅速发展起来的一种非接触式测量技术,其原理是利用两台或两台以上线列CCD像机的视场交汇构成光靶,当有目标穿过光电靶面时,目标分别成像于两台CCD像机,像机采集目标视频信号后,转换为数字信号,经过计算即可给出准确的坐标值,上述原理如图1所示.

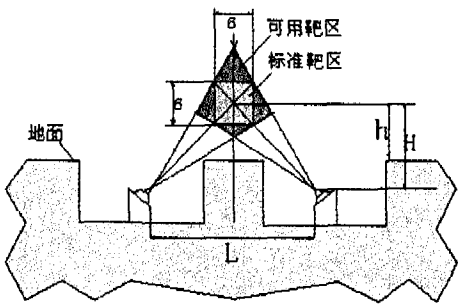


图1 双CCD交汇测量系统示意图

双CCD交汇测量系统的主要技术指标是测量精度;引起误差的因素很多,除了像机本身参数(如像元数pixels和焦距f)以外,主要是结构参数和这些参数本身的测量误差.它们是:两台CCD像机的间距即基线长度CCD像机仰角和工作视场角.研究表明:当CCD像机仰角为45°即正交布站时具有最好的测量精度.对于小尺寸靶面(边长 < 10 m),布站参数较容易满足正交布站的条件;对于大尺寸靶面,正交布站方式实现起来有一定的困难,此时,布站的原则是:在满足靶面尺寸和高度的前提下,选择最小的基线长度.[1]75本文根据双线列CCD交汇测量原理,从寻找满足有效视场的最小基线长度出发,定量研究精度、有效视场和上述三个参数之间的数学关系;提出获得最小基线长度的最优化设计方法和计算程序.

1 测量原理和误差分析

如图2所示,两台CCD像机A、B交汇组成光电靶面,以两个主光轴AQ和BP的交汇点O为坐标原点建立直角坐标系.A、B视场的公共交叠部分四边形$RSTD$为双CCD交汇测量系统的有效视场.在$RSTD$内做一内切圆,一般以该内切圆半径表征有效视场的大小.连接AQ,BP与该内切圆的四个交点,获得一正方形$MNQP$(几何证明略).正方形和圆的面积关系确定,故也可以用正方形来表示有效视场的大小.

1.1 测量原理 下面分析双CCD交汇测量系统的有效视场内每一点坐标测量原理.

如图3所示:A、B为两台CCD像机,O为坐标原点和靶心;AB为两台CCD像机的基线L;C为两台CCD像机的基线中点;OC为靶心距地面高度,即H;α和β分别是A、B像机相对于O点的仰角.线阵CCD交汇测量系统最优结构布局是对称式的[2],即$\alpha=\beta$,此时,$\triangle OAB$为一等腰三角形.OM为有效视场内切圆半径R;MN为内接正方形边长d.

对于图中任意一点$O'(x,y)$:$x=AP-AC$,$y=O'P-OC$;令α',β'分别为两台CCD像机对应于O'点的仰角,则$O'P=AP\times\tan\alpha'=(L-AP)\tan\beta'$,$AP=\dfrac{L\tan\beta'}{\tan\alpha'+\tan\beta'}$,

收稿日期:2006-02-22 修回日期:2006-04-10
作者简介:夏小虎(1974—),男,安徽巢湖人,合肥学院电子信息与电气工程系讲师.

维普资讯 http://www.cqvip.com

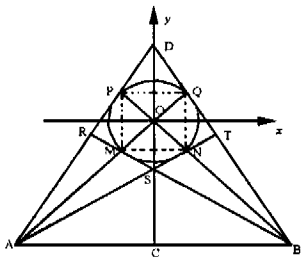


图2　双CCD交汇测量系统的有效视场

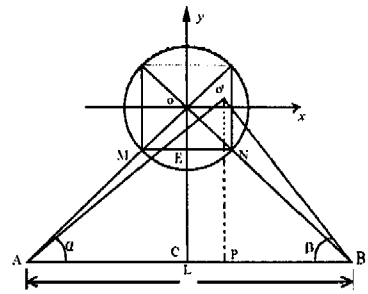


图3　双CCD交汇测量系统测量原理

$$x = \frac{L\tan\beta'}{\tan\alpha' + \tan\beta'} - \frac{L}{2}, \qquad y = \frac{L\tan\alpha'\tan\beta'}{\tan\alpha' + \tan\beta'} - H. \tag{1}$$

通过视频信号处理系统获得 O' 在两台CCD像机的成像高度分别为 l_a, l_b,而 $\tan\alpha' = \frac{l_a}{f}, \tan\beta' = \frac{l_b}{f}$,($f$ 为CCD像机的焦距),代入(1)(L, H 均已知),可得 $O'(x, y)$,这就是CCD交汇测量系统的测量原理.

1.2　误差分析　根据(1)和误差传递理论[3]:

$$\sigma_x = \sqrt{\left(\frac{\partial x}{\partial \alpha'}\right)^2(\sigma\alpha')^2 + \left(\frac{\partial x}{\partial \beta'}\right)^2(\sigma\beta') + \left(\frac{\partial x}{\partial L}\right)^2(\sigma L)^2}, \sigma_y = \sqrt{\left(\frac{\partial y}{\partial \alpha'}\right)^2(\sigma\alpha') + \left(\frac{\partial y}{\partial \beta'}\right)^2(\sigma\beta') + \left(\frac{\partial y}{\partial L}\right)^2(\sigma L)^2}, \tag{2}$$

令 σ 为该点测量误差:$\sigma = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}$, (3)

对于整个靶面,认为靶面每一点等概率地捕捉过靶的枪弹信号,以一定的步长采样多点,取算术平均值为靶面平均误差:$\bar{\sigma} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\sigma_i$.

2　有效视场分析

取图3的局部放大如图4. 图中 φ 为CCD像机的视场角(为分析方便起见,定义 φ 为传统视场角的一半).

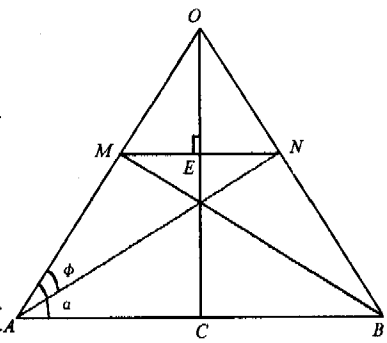


图4　有效视场分析示意图

$\triangle AMN$ 中:$\frac{MN}{\sin\varphi} = \frac{AN}{\sin(\pi - \alpha)}$($\angle AMN = \pi - \alpha$),

$\triangle OAN$ 中:$\frac{AN}{\sin(\pi - 2\alpha)} = \frac{OA}{\sin(2\alpha - \varphi)}$($\angle ANO = 2\alpha - \varphi, \angle AOB = \pi - 2\alpha$).

$\triangle AOB$ 中:$\frac{OA}{\sin\alpha} = \frac{AB}{\sin(\pi - 2\alpha)}$.

整理上述三式,消去 AN, OA 中间变量,可得:$MN = AB\frac{\sin(2\alpha - \varphi)}{\sin\varphi}$;即 $d = L\frac{\sin\varphi}{\sin(2\alpha - \varphi)}$,

由此可得 $L = d \times \frac{\sin\varphi}{\sin(2\alpha - \varphi)}$. (4)

在直角 $\triangle OME$ 中,$ME = \frac{d}{2}MO = R, \angle OME = \alpha, \cos\alpha = \frac{ME}{MO} = \frac{d}{2R}$,即 $d = 2R\cos\alpha$,代入(4),可以得到 $L = 2R\frac{\sin\varphi\cos\alpha}{\sin(2\alpha - \varphi)}$. (5)

3　大尺寸光电靶面的计算分析

至此,我们已经建立误差 $\bar{\sigma}$、有效视场大小和CCD布站基线 L、像机仰角 α 和视场角 φ 三个参数之间的数学模型. 针对非正交系统,提出一种根据有效视场来确定大尺寸光电靶面最优参数的设计方法——最小基线法. 程序的初始化部分包括设置有效视场的尺寸和最大工作视场角以及三个参数本身的测量误差. 计算部分包括对CCD像机仰角 α 搜索构成的外循环和对靶面进行逐点扫描构成的内循环;计算每一点测量误差和所有点平均误差 $\bar{\sigma}$. 图5为计算流程图. 图6为设计尺寸60m×60m靶面误差分布图:三个参数本

维普资讯 http://www.cqvip.com

身的测量误差为 $\sigma_\alpha = \sigma_\beta = 0.000\,58$, $\sigma_L = 0.02$;[1]73. 图6(a)中,仰角 $\alpha = 45°$,视场角 $\varphi = 30°$,此时 $L = 103.9\text{m}$, $H = 51.9\text{m}$,误差 $\bar{\sigma} = 0.067\,5\text{m}$. 图6(b)中,仰角 $\alpha = 52.5°$,视场角 $\beta = 30°$,此时 $L = 115.9\text{m}$, $H = 75.5\text{m}$,误差 $\bar{\sigma} = 0.086\text{m}$.

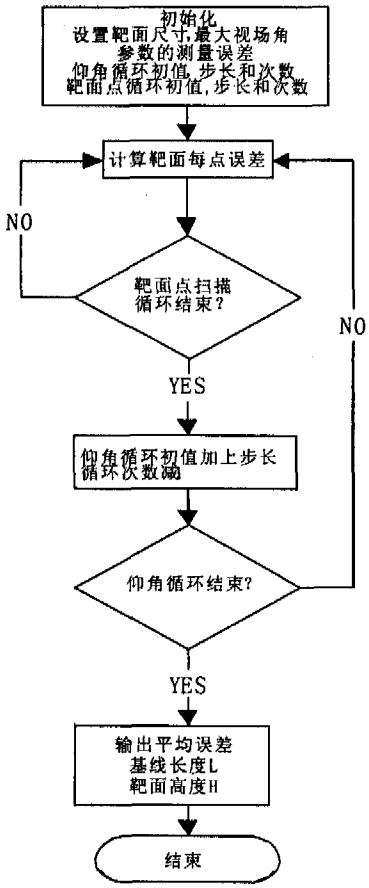


图5 计算流程图

4 结束语

本文分析了基线长度,CCD像机仰角和工作视场角三个参数对误差的影响;推导了三个参数和有效视场的数量关系. 提出了获得最小基线的布站参数最优化计算程序. 并针对一个具体实例,给出计算结果和最优化参数. 为对于不易实现正交布站的大尺寸靶面的CCD光学交汇测量系统实际工程设计提供了一条切实可行的参考依据.

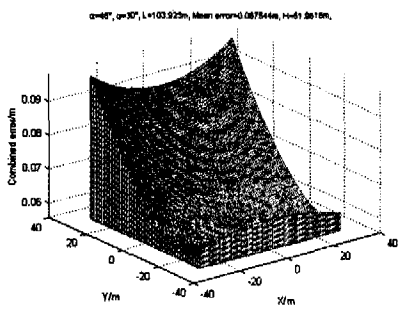


图6(a) 60m×60m靶面参数一

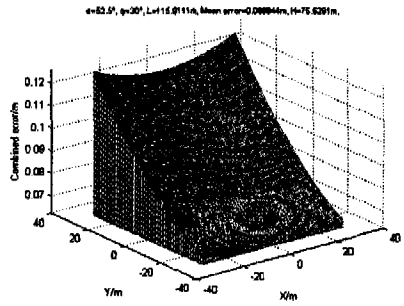


图6(b) 60m×60m靶面参数二

参考文献:

[1] 高昕,苏建刚, 张光明. 线列CCD像机交汇测量精度分析[J]. 华北工学院测试技术学报,2000(2):71-75.

[2] 颜树华,叶湘滨,王跃科,等. 线阵CCD交汇测量系统结构布局的优化设计[J]. 宇航计测技术,1999(6):1-5.

[3] 费业泰. 误差理论与数据处理[M]. 北京:机械工业出版社, 2000:58-62.

[责任编校:张永军]

Optimal Design for Structure Parameters of Dual-CCD Intersection Non-Orthogonal Measurement System

XIA Xiao-hu[1a], ZHANG Lin[1a], YUAN Min[1b]

(1a. Department of Electrical and Electronic, 1b. Department of Computer Science and Technology, Hefei University, Hefei 230601, China)

Abstract: In dual-CCD non-orthogonal intersection measurement system, distance between two CCDs, elevation angle and viewing angle are three most important factors for final precision of outcomes. Firstly, this paper establishes the equitation between them and Effective Viewing Field (EVF), then discusses their relations with average errors; finally, a new least-distance calculating procedure based on MATLAB to optimize parameters is analysed and its outcome is offered, which verifies the correct of analysis in return.

Key words: least-distance; non-orthogonal; effective; Viewing Field(EVF); average errors