

线阵 CCD 采集系统的非线性度测量*

刘明华 余模智 何平安 黄巧林

(武汉测绘科技大学光电工程学院, 武汉市珞喻路 39 号, 430070)

摘要 基于对光辐射的响应电压的测试, 提出一种对线阵 CCD 采集系统光电变换非线性度测试的实验方法, 并给出装置及测试结果。实验表明, 该方法准确可靠, 快速方便, 自动化程度较高。

关键词 CCD 采集系统; 非线性度

分类号 TP 212

随着 CCD 技术的迅速发展, CCD 在光度检测中的应用越来越为人们所关注^[1,2]。对于以 CCD 为光敏元件的微光光度计量, 如在 CCD 图像传感系统中, 直接运用 CCD 列阵为光电探测器件, 测试光学系统及 CCD 成像系统的调制传递函数^[3], 其关键之一在于 CCD 光电探测的线性度。由 CCD 芯片及其驱动电路和采集电路所构成的 CCD 采集系统, 它的输出数字信号 (灰度值) 与输入光信号 (光照度) 之间的非线性度是一个非常重要的参数。

本文提出了一种测量 CCD 采集系统光电变换非线性度的方法, 并设计出可供 CCD 光电特性参数测试的实际装置, 该装置考虑了器件在生产和工程技术中实际测试的需要。

1 测试原理与系统

该装置由积分球、高精度直流恒流电源、高精度照度计、待测线阵或面阵 CCD 器件及采集系统、高速高精度 A/D 卡与计算机组成, 参见图 1。

积分球提供窗口均匀光场。在积分球上装有 6 只溴钨灯作照明光源, 溴钨灯由直流恒流电源供电, 其稳定精度达 0.01%。照明光路中设有聚光镜、可变光栏与滤色片, 通过调节可变光栏改变光通量, 从而在积分球输出窗口上获得变化的照度。将待测 CCD 的光敏面与高精度照度计的探头一并安置在积分球的输出窗口处。照度计采用北京师范大学光电仪器厂生产的 ST-900 型微光光度计, 测量精度优于测量值的 $\pm 1\% \pm 1$ 个字, 测量范围为 $10^{-5} \sim 2 \times 10^4$ lx。CCD 探测器件输出的信号通过 A/D 变换后送入计算机, 高精度照度计探头检测到的照度值可实时送入计算机。计算机同步采集到 CCD 系统的灰度值 V_{CCD} 与光照度的模拟电压值 E 对

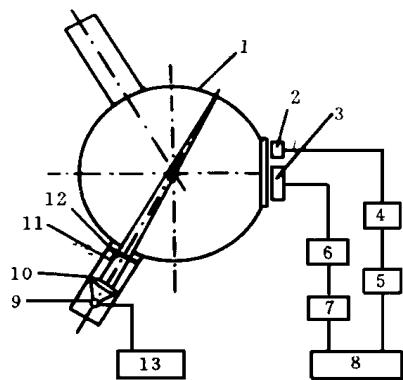


图 1 非线性度测试装置示意图

1. 积分球, 2. 照度计探头, 3. 待测 CCD, 4. 高精度照度计, 5. A/D 卡, 6. CCD 采集系统, 7. 图像采集卡, 8. 计算机, 9. 溴钨灯, 10. 聚光镜, 11. 光栏, 12. 滤色片, 13. 高精度恒流电源

于理想情况,在 CCD 动态范围内,灰度值 V_{CCD} 与光照度 E 之间应成线性关系,即

$$V_{\text{CCD}} = KE \quad (1)$$

而实际上,由于 CCD 芯片光电转换及后续电路的非线性误差, V_{CCD} 与光照度 E 之间呈非线性关系:

$$V_{\text{CCD}} = f(E) \quad (2)$$

其非线性误差为:

$$\Delta V_{\text{CCD}} = f(E) - KE \quad (3)$$

由于 K 值未知,我们对测量数据进行回归分析,可得到 CCD 器件动态范围内的近似线性关系:

$$V_{\text{CCD}} = K' E \quad (4)$$

则 CCD 采集系统的非线性度为:

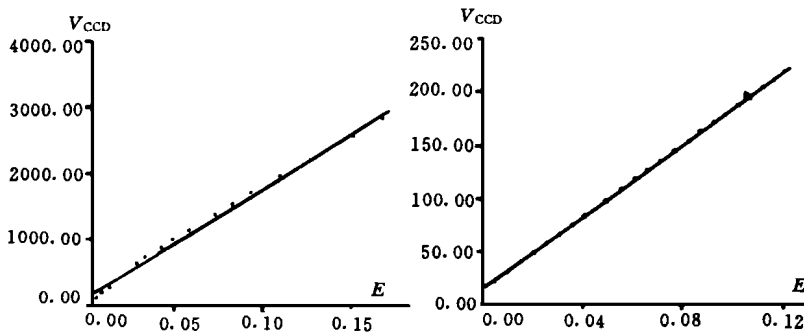
$$\Delta V_{\text{CCD}} / V_{\text{CCD}} = \Delta V_{\text{CCD}} / (K' E) = (f(E) - K' E) / (K' E) \quad (5)$$

其中 $f(E)$ 为实测的灰度值, $K' E$ 为回归分析后的灰度值

2 测试结果及分析

在测试中滤色片为绿色 ($\lambda = 543.5 \text{ nm}$, $\Delta\lambda = 0.8 \text{ nm}$),室温为 21°C ,待测线阵 CCD 采用 CCD181 (美国) 与 TCD141C (日本) 芯片及其相应图像数据采集系统,其系统特性参数如下:

	器件型号	像元数	光积分时间	A/D 变换
CCD181 系统	CCD181	2 592	8 ms	10 M Hz / 12 bit
TCD141C 系统	TCD141C	5 000	2 ms	15 M Hz / 8 bit



(a) CCD181 系统 (b) TCD141C 系统

图 2 样品的线性度曲线

CCD 181 系统的非线性测试数据如表 1 (a) 所示,对其离散数据点进行直线拟合,得直线方程为:

$$V_{\text{CCD}} = 16\,233.1 E + 148.54$$

其线性度曲线如图 2 (a) 所示。

TCD141C 系统的非线性度测试数据如表 1 (b) 所示,其拟合直线方程为:

表 1 (a) CCD181 系统测试数据

V_{CCD}	E	$\Delta V_{CCD} / V_{CCD}$
3 239. 514 893	0. 195 469	0. 024 714
2 986. 965 088	0. 178 296	0. 018 361
2 847. 645 020	0. 168 792	0. 014 163
2 591. 790 039	0. 151 068	0. 003 480
2 414. 854 980	0. 139 333	- 0. 001 871
2 221. 094 971	0. 126 552	- 0. 008 274
1 981. 020 020	0. 110 642	- 0. 018 728
1 731. 729 980	0. 093 979	- 0. 034 419
1 568. 364 990	0. 083 400	- 0. 043 921
1 402. 035 034	0. 072 801	- 0. 053 905
1 159. 050 049	0. 058 275	- 0. 058 956
1 015. 294 983	0. 049 506	- 0. 066 292
901. 414 978	0. 042 733	- 0. 070 276
746. 794 983	0. 033 958	- 0. 067 183
638. 594 971	0. 028 295	- 0. 050 574
499. 209 991	0. 020 663	- 0. 031 505
392. 309 998	0. 015 077	0. 002 478
285. 429 993	0. 009 903	0. 077 157
238. 914 993	0. 007 838	0. 133 654

表 1 (b) TCD141C 系统测试数据

V_{CCD}	E	$\Delta V_{CCD} / V_{CCD}$
14	0. 000 000	0. 028 368
22	0. 005 430	0. 066 508
30	0. 010 387	0. 060 394
39	0. 015 153	0. 024 195
48	0. 020 253	0. 011 717
57	0. 025 405	0. 004 521
66	0. 030 556	- 0. 000 805
75	0. 035 695	- 0. 005 163
83	0. 040 831	0. 003 333
91	0. 045 330	- 0. 001 475
100	0. 050 010	- 0. 012 560
109	0. 055 392	- 0. 010 782
118	0. 060 875	- 0. 007 811
127	0. 065 675	- 0. 014 527
136	0. 071 289	- 0. 010 022
145	0. 077 071	- 0. 004 135
154	0. 082 053	- 0. 007 814
163	0. 087 729	- 0. 003 821
172	0. 092 843	- 0. 005 818
180	0. 097 441	- 0. 006 934
188	0. 102 919	0. 000 001
195	0. 107 887	0. 007 025
204	0. 111 957	- 0. 003 718
213	0. 117 379	- 0. 002 874
222	0. 123 304	0. 001 723
230	0. 128 308	0. 003 567
239	0. 135 833	0. 018 543

$$V_{CCD} = 1695. 15 E + 14. 04$$

其线性度曲线如图 2 (b) 所示。图中离散圆点为实测数据,直线为离散点经拟合后的直线。运用式 (5) 可得到关于系统非线性度的表征

测试结果表明,在我们感兴趣的线性范围内,对于 CCD181 系统,当系统的灰度值 V_{CCD} 在 390~ 3 000 之间,系统的非线性度 < 2%; 对于 TCD141C 系统,当系统的灰度值 V_{CCD} 在 48~ 240 之间,系统的非线性度 < 2%。

测量结果的误差主要由高精度照度计的系统误差和待测系统的随机噪声产生。照度计的系统误差可通过校正来减小,而随机噪声可通过多次测量或多次重复采样来降低。

3 结 论

1) 本文所给出的测试 CCD 采集系统非线性度的方法与装置,经多次实验,重复性较好,快速方便,自动化程度较高。

2) 本文测试数据是指 CCD 列阵 80 个像元的平均非线性度。若考虑到各像元的非均匀性,也可分别单独标定各像元的非线性度。

3) 本方法主要特点是基于对光辐射的响应电压的测试。在一定条件下获取的可靠测试结果,可根据定义计算得到某些特性参数^[2],如响应度非均匀性、响应度最大偏差、动态范围、相对光谱响应度、光谱响应范围等。

4) 该装置的技术状态目前还不是最佳的,正在考虑进行一些修正和改进,使其具有较高的通用性,以满足对各种焦平面列阵的性能参数进行评价,并提供多种不同的数据表达格式。

参 考 文 献

- 1 汤定元,糜正瑜.光电器件概论.上海:科学技术文献出版社,1989 462
- 2 中国测试技术研究院.线阵固体图像传感器特性参数测试方法技术规范.光电工程,1992(5): 57~ 64
- 3 刘明华,何平安,余模智,等.用 CCD器件测试光学系统光学传递函数的研究.光子学报,1994,23(Z1): 8 ~ 12

The Research of Measuring Nonlinear Scale of Linear CCD Sampling and Collecting System

Liu Minghua Yu Mozhi He Ping'an Huang Qiaolin

(School of Photoelectric Engineering, W TU SM, 39 Luoyu Road, Wuhan, China, 430070)

Abstract Based on measuring response voltage of light radiance, this paper presents an experimental method, devices and measuring results of measuring nonlinear scale of linear CCD sampling and collecting system. The method is approved to have features of high accuracy and reliability, simplicity and automatic measure by experiments.

Key words CCD sampling and collecting system; nonlinear scale

(上接第 386页)

Research on Some Theory Problems of Fractal Geographical Map Handling

Wang Qiao

(School of Land Science, W TU SM, 39 Luoyu Road, Wuhan, China, 43070)

Abstract Some theory problems of fractal geographical map handling are discussed and some new methods of introduction, expanding, comparison and estimation of fractal dimension are proposed in this paper.

Key words fractals; fractal dimension; self-similarity; scale interval