

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2015.02.014

一种电阻触摸屏坐标定位方法

李 飞, 凌 云, 陈 欢, 罗树英

(湖南工业大学 电气与信息工程学院, 湖南 株洲 412007)

摘 要: 提出了一种五线电阻触摸屏的坐标定位方法。五线电阻触摸屏从下导电层的4个角施加恒定电流流入, 所有电流从上导电层流出。定位触按坐标时, 先设置初始预设点, 然后测量触按点的实际对角线电压, 采用反向搜索定位法, 计算预设点和搜索点的理论对角线电压, 取误差最小的理论对角线电压点为新预设点, 反复搜索, 最终逼近触按点。该方法解决了在不加补偿电极的情况下, 五线电阻触摸屏的非线性方程求解和失真校正问题, 可以使五线电阻触摸屏的边框变窄, 拓宽了五线电阻触摸屏在小屏幕下的应用范围。

关键词: 电阻触摸屏; 坐标; 反向搜索; 非线性

中图分类号: TN873

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2015)02-0074-05

A Resistive Touch Screen Coordinate Positioning Method

Li Fei, Ling Yun, Chen Huan, Luo Shuying

(School of Electrical and Information Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract: Puts forward a method on positioning coordinate of five-wire resistive touch screen. The constant current is applied to inflow from four corners of lower conducting layer of the resistive touch screen and all current outflows from upper conducting layer. Sets the initial preset point first when the touch coordinate is positioned, then measures the actual diagonal voltage of the touch point, and uses the reverse-search positioning method to calculate the theoretical diagonal voltage of the preset and searching point. Takes the theoretical minimum error diagonal voltage point as new preset point and searches repeatedly to get the final approach touch point. The method solves the problems of nonlinear equations solution and distortion calibration for five-wire resistive touch screen without the compensation electrode. It makes the touch screen frame narrower and broadens the five-wire resistive touch screen application range in small screen.

Keywords : resistive touch screen; coordinate; reverse-search; nonlinear

0 引言

目前, 操作技术比较成熟的触摸屏主要有红外线触摸屏、表面声波触摸屏、电容式触摸屏、电阻式触摸屏等, 其中, 电阻式触摸屏应用相对较多。传统的四线电阻触摸屏定位坐标时, 必须保证其上、下两层导电层的导电均匀性不被破坏^[1]。然而, 上导电层的

经常触按区域容易被划伤而断裂, 导致触摸屏长期处于湿度很大或者温度较高的环境下, 从而使得上导电层发生氧化, 增大了电阻的阻值, 最终破坏其导电均匀性, 使得坐标计算出现误差, 即出现“漂移”现象^[2-3]。

五线电阻触摸屏的上导电层只用来作为引出端电极, 不要求其具备均匀导电性, 故即使其因为

收稿日期: 2015-01-20

基金项目: 湖南省自然科学基金资助项目(13JJ9016)

作者简介: 李 飞(1988-), 男, 湖南岳阳人, 湖南工业大学硕士生, 主要研究方向为复杂机电系统的信息集成和协调控制, E-mail: 443824759@qq.com

形变发生破损,也不会使电阻屏产生“漂移”^[4]。传统五线电阻触摸屏的电极电阻网络补偿电极,分布在触摸屏四周,其作用是使触摸屏 x, y 轴方向电压梯度呈线性,便于坐标测量^[5-6]。传统五线电阻触摸屏因有补偿电极,不能将屏幕与周边区域之间范围距离设置太窄,这样其使用范围也会受到影响。

在不加补偿电极的情况下,五线电阻触摸屏存在非线性方程求解和失真校正等问题。因此,本文拟提出一种五线电阻式触摸屏坐标定位方法,以解决这些问题。

1 触摸屏的工作原理

五线电阻触摸屏的结构如图1所示。触摸屏的下导电层为电压密集分布的部位,要求电阻均匀分布,四周由 A, B, C, D 4条连接线引出;其上导电层为用于检测电压的部位,它对电阻均匀性没有过多的要求,由一根连接线 E 引出。

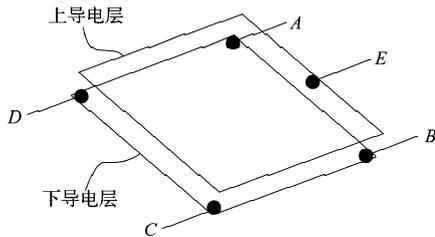


图1 五线电阻触摸屏结构

Fig. 1 The structure of the five-wire resistive touch screen

五线电阻触摸屏有触接点后的电阻分布如图2所示。图中, P 点为触接点,当 P 点在屏幕中的位置发生改变时, P 点与4个角 A, B, C, D 之间的距离相应发生变化, P 点与4个角 A, B, C, D 间的等效电阻 R_A, R_B, R_C, R_D 也随之发生变化,即距离变短,对应等效电阻变小。

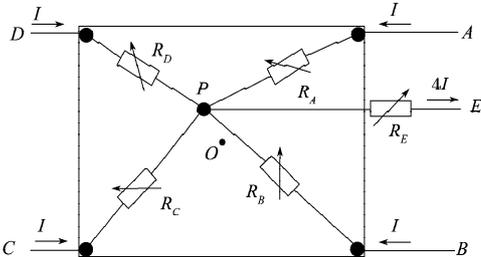


图2 五线电阻触摸屏有触接点后的电阻分布

Fig. 2 Resistance distribution after the five-wire resistive touch screen having the touch point

从下导电层的 A, B, C, D 4点增添恒定电流 I 流入,所有电流从上导电层 E 处流出,触接 P 点,两个对角线之间的电压差是:

$$U_{AC} = I \cdot R_A - I \cdot R_C; \tag{1}$$

$$U_{BD} = I \cdot R_B - I \cdot R_D. \tag{2}$$

图2中的 R_E 包括触接点接触电阻和上导电层等效电阻,其大小不影响对角线电压 U_{AC} 和 U_{BD} 。

以图2中的 O 点为五线电阻触摸屏的原点,4个角的坐标为 $A(-m, n), B(-m, -n), C(m, -n), D(m, n)$, P 点的坐标为 (u, v) ,则两个对角线之间的电压差为:

$$\begin{cases} U_{AC} = K_A \sqrt{(u+m)^2 + (v-n)^2} - K_C \sqrt{(u-m)^2 + (v+n)^2}; \\ U_{BD} = K_B \sqrt{(u+m)^2 + (v+n)^2} - K_D \sqrt{(u-m)^2 + (v-n)^2}. \end{cases} \tag{3}$$

假设等效电阻 R_A, R_B, R_C, R_D 的大小与 P 点和4个角 A, B, C, D 间的距离成正比例关系,则式(3)中的系数 K_A, K_B, K_C, K_D 为常数。当 P 点坐标待定时,测量电压 U_{AC}, U_{BD} ,代入式(3)的两个表达式中,则 P 点坐标 (u, v) 可以求出。

系数 K_A, K_B, K_C, K_D 值的测量方法如下:

1) 触摸 C 点,并测量电压 U_{AC} ,按照公式(4)计算与校正系数 K_A ,

$$K_A = U_{AC} / 2\sqrt{m^2 + n^2}; \tag{4}$$

2) 触摸 A 点,并测量电压 U_{AC} ,按照公式(5)计算与校正系数 K_C ,

$$K_C = U_{AC} / 2\sqrt{m^2 + n^2}; \tag{5}$$

3) 触摸 D 点,并测量电压 U_{BD} ,按照公式(6)计算与校正系数 K_B ,

$$K_B = U_{BD} / 2\sqrt{m^2 + n^2}; \tag{6}$$

4) 触摸 B 点,并测量电压 U_{BD} ,按照公式(7)计算与校正系数 K_D ,

$$K_D = U_{BD} / 2\sqrt{m^2 + n^2}. \tag{7}$$

2 触摸屏的非线性失真校正方法

假设等效电阻 R_A, R_B, R_C, R_D 的大小与 P 点和4个角 A, B, C, D 之间的距离成正比例关系时,按照公式(3)计算出来的五线电阻触摸屏坐标会产生如图3所示的枕形失真^[4]。造成该现象的原因,是等效电阻 R_A, R_B, R_C, R_D 的大小与触接点 P 和4个角 A, B, C, D 之间的距离不是正比例关系。

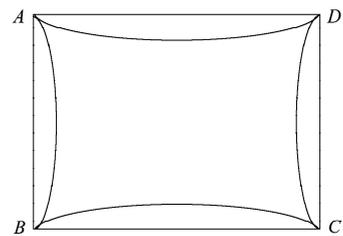


图3 触摸屏坐标枕形失真

Fig. 3 Pincushion distortion of touch screen coordinates

只考虑左右枕形失真时, 线性平面左右边线上的点与失真平面中二次曲线上的点有一一对应关系, 如图4所示, 图中的线性平面直线段DC上的点 $(m, 0)$ 与失真平面二次曲线 DGC 上的点 $G(\lambda_1 m, 0)$ 对应。

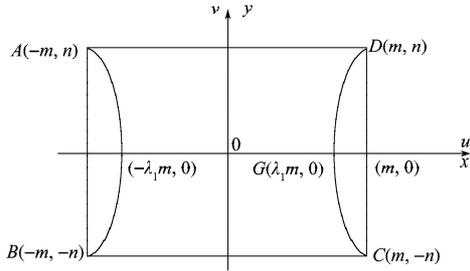


图4 触摸屏坐标左右枕形失真
Fig. 4 Side pincushion distortion of touch screen coordinates

经测量验证, 二次曲线 DGC 可以如下公式描述:

$$\frac{x^2}{a_1^2} - \frac{y^2}{b_1^2} = 1, \quad (8)$$

式中,

$$a_1 = \lambda_1 m, \quad b_1 = \lambda_1 n \sqrt{1/(1-\lambda_1^2)}; \quad (9)$$

或者

$$u = \frac{x_1}{n} \sqrt{y^2 + \lambda_1^2 n^2 - \lambda_1^2 y^2}, \quad |x_1| \leq m. \quad (10)$$

同样地, 只考虑上下失真时, 线性平面上下边线上的点与失真平面中二次曲线上的点有一一对应关系, 如图5所示。图中, 线性平面直线段AD上的点 $(0, n)$ 与失真平面二次曲线 AHD 上的点 $H(0, \lambda_2 n)$ 对应。

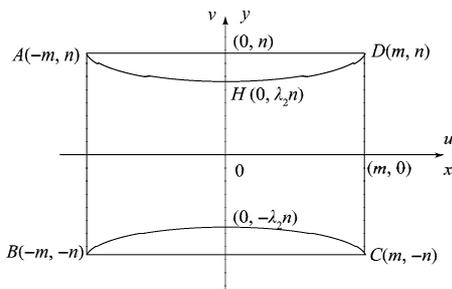


图5 触摸屏坐标上下枕形失真
Fig. 5 Upper and lower pincushion distortion of touch screen coordinates

二次曲线 AHD 可以用如下表达式描述:

$$\frac{y^2}{b_2^2} - \frac{x^2}{a_2^2} = 1. \quad (11)$$

式中,

$$b_2 = \lambda_2 n, \quad a_2 = \lambda_2 m \sqrt{1/(1-\lambda_2^2)}. \quad (12)$$

λ_2 为上下失真度系数, 可通过触摸五线电阻触摸屏上边线中间点或下边线中间点来进行计算与校正。

线性平面的上边线上的点为 (x, n) 时, 与之相对应的失真平面上的点为 (x, v) , 其中,

$$v = b_2 \sqrt{1 + x^2/a_2^2}. \quad (13)$$

上下边线上的失真度^[7]最大, 并且对称。当线性平面上的点不在上下边线上时, 直线 (x, y_1) 与之相对应的失真平面上的点为 (x, v) , 其中 y_1 为小于等于 n 的常数, 有

$$v = \lambda_2 y_1 \sqrt{1 + x^2/a_2^2}, \quad (14)$$

或者

$$v = \frac{y_1}{m} \sqrt{x^2 + \lambda_2^2 m^2 - \lambda_2^2 x^2}, \quad |y_1| \leq n. \quad (15)$$

综合考虑上下失真与左右失真的情形, 当线性平面上有点 (x, y) 时, 与之相对应的失真平面上的点为 (u, v) , 则有

$$\begin{cases} u = \frac{x}{n} \sqrt{y^2 + \lambda_1^2 n^2 - \lambda_1^2 y^2}, \\ v = \frac{y}{m} \sqrt{x^2 + \lambda_2^2 m^2 - \lambda_2^2 x^2}, \end{cases} \quad |y| \leq n, |x| \leq m. \quad (16)$$

3 触摸屏坐标定位方法

由于式(3)是非线性方程, 当五线电阻触摸屏有触按点, 测量出对角线电压 U_{AC}, U_{BD} 后, 无法采用解析的方法求出触按点坐标 (u, v) ; 同样地, 由于式(16)是非线性方程, 当已知失真平面上的点 (u, v) 时, 无法采用解析的方法求出线性平面上的点 (x, y) 。对两种方法进行比较可知, 采用五线电阻式触摸屏反向搜索定位方法更方便。

五线电阻触摸屏坐标反向搜索定位方法的搜索流程如图6所示。

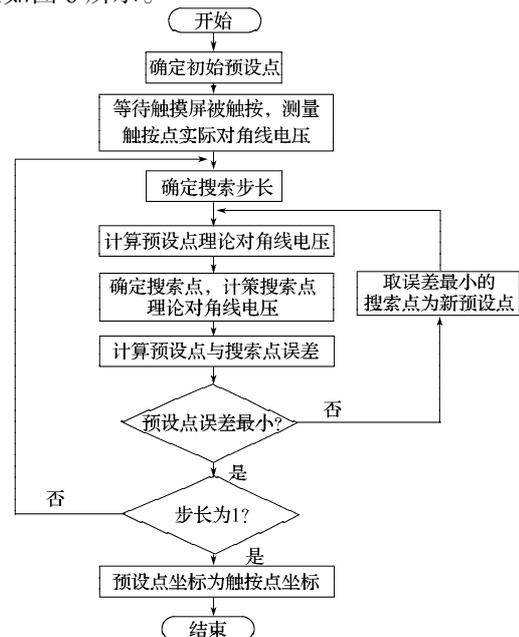


图6 五线电阻触摸屏坐标反向搜索定位法搜索流程
Fig. 6 Searching flow of the coordinate revers search positioning method of five-wire resistive touch screen

其具体步骤如下:

1) 确定五线电阻触摸屏的中心点为坐标原点, 4个角的坐标为 $A(-m, n)$, $B(-m, -n)$, $C(m, -n)$, $D(m, n)$, 设置初始预设点 $Q_0(x, y)$ 。

2) 等待触摸屏被触按, 测量实际触按点的对角线电压 U_{AC} 和 U_{BD} 。

3) 确定搜索步长 l 。采用变步长搜索方法时, 步长 l 先取大值, 后取小值, 最后取步长 $l=1$; 采用固定步长搜索方法时, 取步长 $l=1$ 。

4) 假设是在预设点 $Q_0(x, y)$ 触按, 按照公式 (3) ~ (7), 计算将预设点 $Q_0(x, y)$ 作为触按点的理论对角线电压 U_{AC0} 和 U_{BD0} 。

5) 取预设点 $Q_0(x, y)$ 上、下、左、右相邻的 4 个搜索点, 分别计算将 4 个搜索点作为触按点的理论对角线电压 U_{AC1} , U_{BD1} , U_{AC2} , U_{BD2} , U_{AC3} , U_{BD3} , U_{AC4} , U_{BD4} 。

6) 计算分别将预设点 Q_0 和 4 个搜索点 Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 作为触按点时, 触按点的理论对角线电压与实际触按点对角线电压之间的误差。

7) 如果误差最小, 本轮搜索结束, 转到步骤 8); 否则选择方差最小的搜索点为新的预设点 $Q_0(x, y)$, 返回步骤 4)。

8) 如果搜索步长 l 不等于 1, 返回步骤 3); 否则, 搜索过程结束, 确定预设点 $Q_0(x, y)$ 的坐标即为实际触按点坐标。

假设触按点位置为 $P(4, 2)$, 测量得到的对角线电压实际值为 U_{AC}, U_{BD} 。反向搜索定位前, 先在屏幕上初始设置一个预设点, 例如图 7a 的点 $Q(0, 0)$; 计算 Q 点的对角线电压理论值, 同时分别计算 Q 点上、下、左、右相邻 4 点 $(0, 1), (0, -1), (-1, 0), (1, 0)$ 的对角线电压理论值; 将 5 个点的对角线电压理论值与触按点 $P(4, 2)$ 测量得到的对角线电压实际值分别进行比较, 选择平方差最小的一个点为新的预设点, 为图 7b 中的点 $Q(1, 0)$; 然后分别计算 $Q(1, 0)$ 以及相邻 4 点 $(1, 1), (1, -1), (0, 0), (2, 0)$ 的对角线电压理论值; 将 5 个点的对角线电压理论值与触按点 $P(4, 2)$ 测量得到的对角线电压实际值再分别进行比较, 选择平方差最小的一个点为新的预设点, 为图 7c 中的点 $Q(2, 0)$; 照此周而复始进行反向搜索, 点 Q 按照 $(0, 0), (1, 0), (2, 0), (3, 0), (3, 1), (4, 1), (4, 2)$ 的顺序逐次逼近触按点 $P(4, 2)$ 。搜索过程中, 当预设点 Q 不再向上、下、左、右变化时, 则认为此预设点 Q 已经最为逼近 (或处于) 触按点 P , 搜索过程结束。图 7 所示为触按点 $P(4, 2)$ 的五线电阻触摸屏坐标反向搜索定位法

搜索进程。图 7 所示例子中, 搜索步长为 1, 搜索用 6 步, 确认用 1 步, 整个过程共需 7 步。

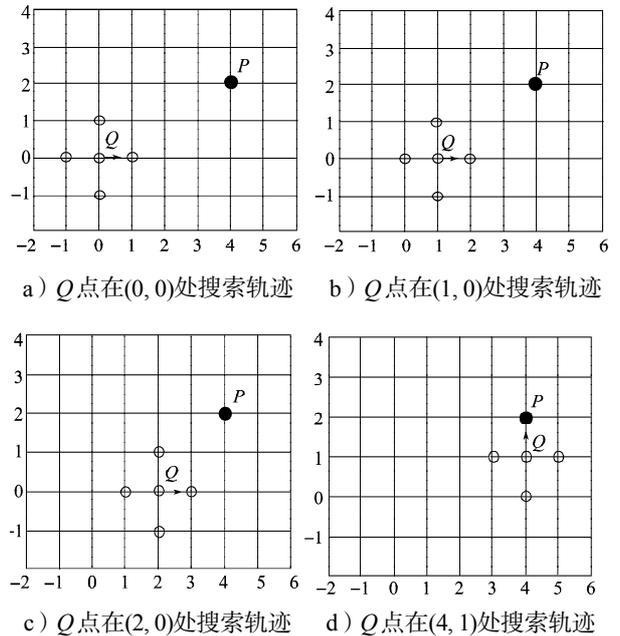
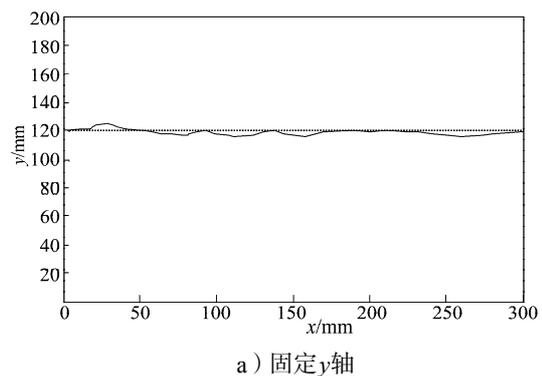


图 7 五线电阻触摸屏坐标反向搜索定位法搜索进程
Fig. 7 The search procedure of the coordinate revers search positioning method of five-wire resistive touch screen

4 测试结果

本文采取的测试环境为: 群创 4.3 寸五线电阻触摸屏 AT043TN24。

触摸屏的点具有一定的离散型, 为了减小误差, 实验中选取了多个触按点数据。同时, 为了方便计算, 预设点坐标统一设为 $(0, 0)$ 。在调试中结合 ARM 开发工具 ADS, 通过采取 AXD 调试器中设置断点跟踪变量的方法进行数据采集。尽可能先固定一个坐标的数值来采集触摸点坐标的大小。选取触摸点的位置为 $(160, 120)$, 以触摸屏 y 轴方向对触摸屏进行触摸, 改变 x 坐标的大小采集数据, 触按屏幕采集数据的坐标曲线如图 8a 所示。同理可得, 固定 x 坐标的曲线如图 8b 所示。



a) 固定 y 轴

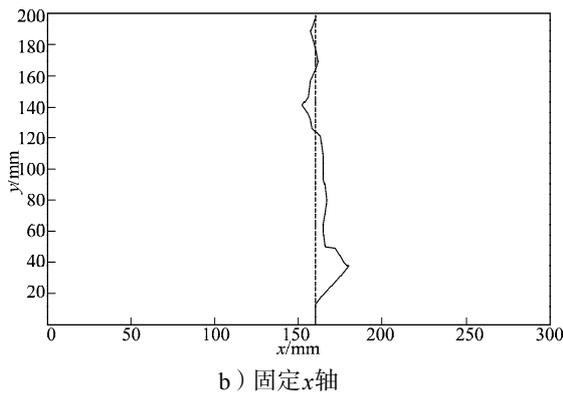


图8 固定 y 轴或者 x 轴时的触摸点坐标曲线

Fig.8 The touch point coordinate curves with fixing y or x axis

当触摸点位置与初始预设点位置相差较远,且步长为1时,运用五线电阻触摸屏反向坐标定位方法的搜索时间可能会很长。如触摸点为(160,120)时,预设点(0,0)共需281步计算才能逼近触摸点。采用变步长方法可以减少计算量。变步长方法^[8]的步长变化的轮数以及每一轮的步长值可以合理选择,但必须先取大步长值,后取小步长值,最后一轮的步长选择为1。

实验中,选择多个样本,将使用反向搜索坐标定位方法与不使用该方法所得到的实验结果进行对比,如表1所示。

表1 实验结果

Table 1 The experimental results

样本	正常值	采用普通方法	采用反向搜索坐标定位方法
1	(30, 20)	(31, 21)	(30, 21)
2	(110, 50)	(112, 51)	(111, 49)
3	(200, 100)	(198, 99)	(200, 101)

分析表1中的数据可知,选取的3组样本数据,相对而言,采用反向搜索坐标定位方法所得数据更接近真实值,失真度更小。

5 结语

五线电阻触摸屏采用反向搜索法定位坐标,解决了在不加补偿电极的情况下,五线电阻触摸屏的非线性方程求解和失真校正问题,可以使五线电阻触摸屏边框变窄,拓宽了五线电阻触摸屏在小屏幕下的应用范围。

参考文献:

[1] 蔡红娟,高恒强,蔡苗.电阻式触摸屏校准算法的优化[J].制造业自动化,2012,34(7):21-23.

Cai Hongjuan, Gao Hengqiang, Cai Miao. The Optimization to Calibration Algorithm of Resistive Touch Screen[J]. Manufacturing Automation, 2012, 34(7): 21-23.

[2] 王党利,马保吉,宁生科.电阻触摸屏误差分析及加速度模型的数据处理[J].陕西理工学院学报:自然科学版,2009,25(4):15-19.

Wang Dangli, Ma Baoji, Ning Shengke. Error Analysis of Resistance Touch Screen and the Data Processing Based on Acceleration Model[J]. Journal of Shanxi University of Technology: Natural Science Edition, 2009, 25(4): 15-19.

[3] 谭翠兰,何立言.电阻式触摸屏的硬件接口电路与校准算法[J].江汉大学学报:自然科学版,2011,39(2):19-21.

Tan Cuilan, He Liyan. Hardware Interface Circuit and Calibration Algorithm for Resistance Touch Screen[J]. Journal of Jiangnan University: Natural Science Edition, 2011, 39(2): 19-21.

[4] 刘忠安,徐卫东,权蕾,等.高可靠电阻式触摸屏的研制[J].光电子技术,2009,29(4):226-230.

Liu Zhongan, Xu Weidong, Quan Lei, et al. Development of the High Reliability Resistive Touch Panel[J]. Optoelectronic Technology, 2009, 29(4): 226-230.

[5] 刘荣林,刘亚坤,武华,等.基于ARM嵌入式触摸屏的设计与研究[J].内蒙古大学学报:自然科学版,2009,40(6):708-711.

Liu Ronglin, Liu Yakun, Wu Hua, et al. Design of the Embedded Touch-Screen Based on ARM[J]. Journal of Inner Mongolia University, 2009, 40(6): 708-711.

[6] 罗勇刚,夏定纯.电阻式触摸屏的校准与应用研究[J].武汉科技学院学报,2007,20(12):47-49.

Luo Yonggang, Xia Dingchun. Research on Justified and Application About Resistive Touchscreen[J]. Journal of Wuhan University of Science and Engineering, 2007, 20(12): 47-49.

[7] 彭强,邓云,杨天武,等.一种通用的视频传输端到端失真度估算方法[J].中国图象图形学报,2006,11(6):792-797.

Peng Qiang, Deng Yun, Yang Tianwu, et al. A Novel General End-to-End Distortion Estimation Model for Video Transmission[J]. Journal of Image and Graphics, 2006, 11(6): 792-797.

[8] 张龙杰,谢晓方.通用变步长弹道仿真方法研究[J].弹道学报,2011(2):42-46.

Zhang Longjie, Xie Xiaofang. Research on General Variable Step-Size Ballistic Simulation Method[J]. Journal of Ballistics, 2011(2): 42-46.

(责任编辑:廖友媛)