

# 基于 GPS-OEM 模块的农田基本信息采集系统的设计与实现

杨术明<sup>1,2</sup>, 杨青<sup>1</sup>, 杨树川<sup>2</sup>, 赵武云<sup>1,3</sup>

(1 西北农林科技大学 机械与电子工程学院, 陕西 杨陵 712100;

2 宁夏大学 机械工程学院, 宁夏 银川 751100; 3 甘肃农业大学 工学院, 甘肃 兰州 750070)

**[摘要]** 为降低成本并提高获取农田基本信息的效率,设计了一种基于 GPS-OEM 模块,由 GPS-OEM 模块、单片机、键盘、LCD 显示、U 盘读写模块及通讯接口等组成的采集系统。试验结果表明,该系统能够进行农田位置的定位和地块长度及面积的测量;长度测量的最大相对平均误差和相对均方差分别为 0.79% 和 3.29%,面积测量的最大相对平均误差和相对均方差分别为 2.03% 和 11.1%,并且面积越大,测量精度越高。理论分析表明,进一步减少测量的偶然误差,将会使测量精度有更大的提高。

**[关键词]** 农田基本信息;采集系统;GPS-OEM 模块;精细农业

**[中图分类号]** S29;TP274+.2

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 1671-9387(2007)09-0229-06

## Design and realization of the field basic information acquiring system based on GPS

YANG Shu-ming<sup>1,2</sup>, YANG Qing<sup>1</sup>, YANG Shu-chuan<sup>2</sup>, ZHAO Wu-yun<sup>1,3</sup>

(1 College of Mechanical and Electronic Engineering, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 College of Mechanical Engineering, Ningxia University, Yingchuan, Ningxia 751100, China;

3 College of Mechanical Engineering, Gansu Agriculture University, Lanzhou, Gansu 730070, China)

**Abstract:** The basic information of field plays an important role in precision agriculture. In order to lower the cost, and improve the efficiency of getting the basic information of field, the acquiring system based on the GPS-OEM module was designed. The system mainly consisted of a low-cost GPS-OEM module, a micro-controller, keyboard, LCD display, U-disk module and communication interface. The experiments showed that the system could measure position, length and area of field. The mean relative error and mean standard deviation of length and area experiment were 0.79%, 3.29%, 2.03% and 11.1%. And the bigger the area was, the higher measuring accuracy was. Analyses indicated that decreasing the casual error could improve the measuring accuracy.

**Key words:** basic information of field; acquiring system; GPS-OEM module; precision agriculture

农田信息内容一般包括农田位置、农田长度和农田面积等信息,采集农田基本信息是进行精细农业作业的前提。采集的农田基本信息可用来作为网

格划分、农田边界确定的依据,面积的测量还可作为农业机械作业收费的计算依据。

商品化的导航型 GPS 接收机可以实现位置、长

**[收稿日期]** 2006-06-26

**[基金项目]** 高等学校博士点基金项目(20040712018)

**[作者简介]** 杨术明(1974-),男,宁夏银川人,在读博士,主要从事智能化检测与监控技术及精细农业研究。

**[通讯作者]** 杨青(1943-),女,上海市人,教授,博士生导师。主要从事智能化检测与监控技术、精细农业、旱作节水农业技术与设备的研究。

度和面积的测量,但基于价格因素及主要功能要求方面的考虑,其很少用于精细农业之中。近年来,在农田基本信息采集研究方面,裘正军等<sup>[1]</sup>设计了基于 GPS 模块的便携式农田面积测量仪,用于测量农田的面积;李勇军<sup>[2]</sup>等设计了基于 OEM 模块的 GPS 接收机,用以测定农田位置信息;何勇等<sup>[3]</sup>对农用 GPS 的测试精度进行了研究,并提出了提高精度的方法;杨平等<sup>[4]</sup>设计了用于林区巡检的 GPS 接收机,可以快速确定巡检员的位置。以上研究均以 EEPROM 作为存储介质存储定位数据,难以实现数据的共享,此外对农田地块的长度和面积计算需 PC 机配合工作才能实现。鉴于此,本研究设计了一种专门的农田基本信息采集系统,可以实现农田位置、地块长度和面积的在线实时测量而不需其他辅助设备,提高了信息采集的自动化程度;对数据的存储采用大容量的 U 盘作为存储介质,极大地方便了精细农业信息处理系统对农田基本信息测量数据的处理和共享。

## 1 系统总体设计

农田基本信息主要包括指定点的位置信息、田块内任意两点间的长度及整个农田的面积。本系统的总体设计思想是通过 GPS-OEM 模块,测得指定点的位置信息,即此点的经纬度,再由单片机将各点的经纬度转换成近似的平面坐标,依据相应的计算方法来计算其长度或面积,并将测量相关数据存入 U 盘,同时由点阵型 LCD 显示出测量结果。

### 1.1 农田位置信息的采集

通过 GPS 接收机可以直接获得定位信息。常用的 GPS 接收机可分为测量型、导航型、掌上机和 GPS-OEM 模块等多种类型,其中测量型 GPS 接收机的精度最高,但其价格也很高;GPS-OEM 模块仅通过串行接口向外输出定位信息而无其他功能,其价格低但精度稍差<sup>[5-6]</sup>。目前,我国引进的用于精细农业实践的多为美国 Trimble 公司生产的 Ag-GPS132,它属于差分型 GPS 接收机,即 DGPS 系统,具有亚米级的定位精度,但价格高、体积和功耗大,不适合专门用来采集农田基本信息。经比较权衡,本研究采用美国 Thales 公司生产的 AC12 型 GPS-OEM 模块作为定位工具。

GPS-OEM 模块通过 TTL 串行口输出标准数据格式的 NMEA-0183V3.0 语句。NMEA (National Marine Electronics Association, 美国国家海事电子协会) 是一家专门从事海洋电子设备教育及

研究的民间机构。NMEA-0183 是目前使用最广泛的有关海洋电子设备通讯接口和协议的标准, NMEA-0183 语句是一组由 ASCII 字符组成的字符串,以“\$”字符开头,以回车换行符结束,中间为数据段及校验和,数据段之间以逗号分隔<sup>[7-8]</sup>。GPS-OEM 模块能够输出多种格式的 NMEA 语句,如 \$GPGGA、\$GPGLL、\$GPZDA、\$GPRM 等,不同的语句包含不同的 GPS 信息。本研究采用的 AC12 型 GPS-OEM 模块,可通过软件设定输出语句类型以及通讯的参数。

在本研究中只需要接收定位信息,因此选择读取 \$GPGGA 语句格式。\$GPGGA 语句中包含了常用的 GPS 定位信息,如时间、纬度、经度、接收机状态、使用卫星数等。该语句共由 74 个字符组成,各个数据段在语句中的位置是固定的,如纬度数据位于字符串的第 18 至 27 字节,经度数据位于第 31 至 41 字节。读取相应区域的数据即可得到测量点的位置信息。

### 1.2 地球坐标简化模型

1.2.1 标准地球模型 地球近似为一个两极略扁,赤道处半径最大的椭球。以海平面为基准,地球自然表面的凸凹以高程来描述,就可以用椭球面来描述地球的表面。在 GPS 中所使用的标准地球模型是美国国防部颁布的 WGS-84 坐标系统,该坐标系统采用的地球椭球称之为 WGS-84 椭球。在这个模型中,平行于赤道平面的地球横截面是个圆,而垂直赤道平面的地球横截面是个椭圆。赤道圆的平均半径为 6 378 137 m,也就是这个椭圆的长轴,椭圆的短轴就是地球两极间的距离,其值为 6 356 752 m<sup>[9]</sup>。

1.2.2 简化计算的坐标系 由于地球表面被简化为椭球体表面,若要精确计算该表面上任意两点间的距离或某一地块的面积,则要将这种曲面近似展开成平面。我国测绘学界常用的展开方法是高斯克吕格投影法,这种投影转换方法计算公式比较复杂,展开后的经、纬线也不再是直线。考虑到这种方法难以在单片机上实现,同时 GPS 在精细农业的应用中,所测定的长度和面积都相对较小,所以完全可以用直线来代替曲线,从而得到相对简单的计算公式。在此简化计算模型中,做出如下规定:将地球视为球体, $x$  是沿纬线方向的坐标轴, $y$  是沿经线方向的坐标轴,在较小范围内,认为这两条线是相互垂直的,并且各条经线、纬线间是相互平行的(图 1)。

图 1 中,坐标原点“O”为经、纬度都为 0 度的点,取地球半径为 6 371 116 m,则将此坐标系中任一点  $i$  的 WGS-84 坐标(纬度  $B_i$ ,经度  $L_i$ )转换成平面坐标为:

$$X_i = \frac{2 \cdot R \cdot L_i}{360} \cos B_i, Y_i = \frac{2 \cdot R \cdot B_i}{360} \quad (1)$$

式中: $R$  为地球半径; $X_i$ 、 $Y_i$  为对应的近似平面坐标。从以上两式可以看出,沿经线方向的坐标仅与纬度值有关,而沿纬线方向的坐标与该点的经纬度值都有关系。

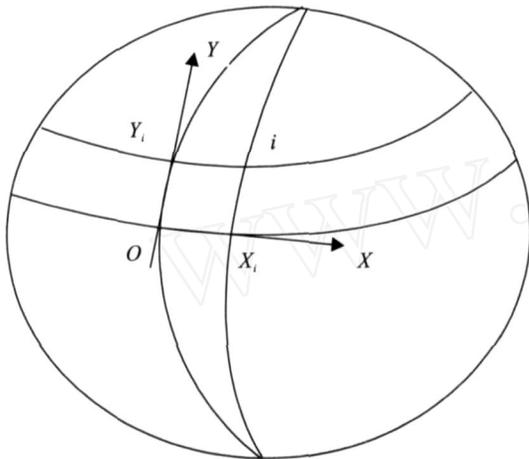


图 1 简化的计算坐标系

Fig. 1 Coordinate model for simplified calculation

### 1.3 农田地块长度和面积的计算

由于  $X_i$ 、 $Y_i$  的值较大,故直接用其来计算对应地块的长度或面积会产生较大的误差,因此在计算时可将第 1 个点 ( $X_1$ ,  $Y_1$ ) 作为坐标原点,用相对偏移量构成 1 个新的相对坐标系,则各点的坐标值为:

$$x_i = X_i - X_1; y_i = Y_i - Y_1 \quad (2)$$

式中: $x_i$ 、 $y_i$  分别为点  $i$  在相对坐标系中的横坐标值和纵坐标值。对于第 1 个点则有:

$$x_1 = y_1 = 0 \quad (3)$$

农田地块长度的计算比较简单,利用 GPS-OEM 模块测量 2 个指定点的定位数据 ( $B_0$ ,  $L_0$ ) 和 ( $B_1$ ,  $L_1$ ),并令 ( $B_0$ ,  $L_0$ ) 为坐标原点,然后由单片机自动进行坐标转换,则所测长度  $D$  为:

$$D = \sqrt{x_1^2 + y_1^2} \quad (4)$$

对于多边形图形的面积计算,常采用泰森多边形面积算法,其公式为<sup>[10]</sup>:

$$S = \left| \frac{1}{2} \sum_{i=0}^{n-1} (x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i) \right| \quad (5)$$

式中: $S$  为多边形面积; $n$  为多边形的边数; $x_i$ 、 $y_i$  分别为点  $i$  在相对坐标系中的横坐标值和纵坐标值。

## 2 系统的实现

### 2.1 系统硬件组成

系统主要由 GPS-OEM 模块、W78E58 单片机、通讯扩展模块、点阵型 LCD、键盘和 U 盘读写模块 6 部分组成,其系统结构如图 2 所示。

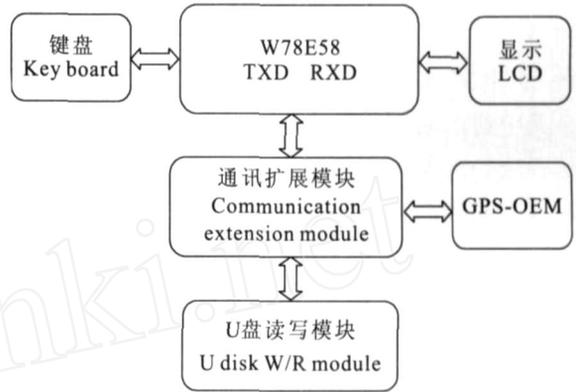


图 2 系统的硬件组成结构图

Fig. 2 Structure of hardware system

在本系统中,单片机是系统的核心部件,用来实现与 GPS-OEM 模块的通讯并获取定位数据;进行坐标转换计算长度和面积;实现系统功能选择和处理结果的显示及存储。本研究选用台湾 Winbond 公司的 W78E58 单片机作为系统的处理器。它属 8 位总线快速 51 系列单片机,其片内程序存储空间为 32 千字节,片内数据存储器空间为 512 字节<sup>[11]</sup>。大容量的片内程序存储器,为系统存储大量汉字点阵数据提供了物理空间,从而使系统在不扩充外设的情况下就可以实现汉字交互界面,方便了大多数人群的使用。AC12 型 GPS-OEM 模块采用 3.3 V 低电压供电,具有 12 通道 3 m(CEP)的定位精度,同时其体积较小(40 mm ×61.2 mm ×13.3 mm,包括屏蔽盒),极低的功耗使其非常适宜应用于采用便携式电池供电的采集系统中,其串行通信接口电平为 TTL 电平,直接与单片机串行口连接就可进行通信。因该模块所输出 NEMA 语句的类型及输出间隔时间可通过软件进行设置,屏蔽不需要的输出语句,所以可降低单片机对输出语句的识别负担,从而提高了其工作效率。键盘和 LCD 是系统与用户间的交互部件,系统采用了点阵型 LCD,型号为 JHD192 ×64,最多可显示 48 个(4 行 ×12 字)汉字。对于数据的存储可通过 U 盘读写模块,以 U 盘作为存储介质。U 盘属于通用串行总线型设备,具有容量大、体积小、擦写次数多、即插即用和携带方便的特点,本系统采用的 U 盘读写模块为 CH375,单片

机通过此模块对 U 盘进行读写操作。由于所选取单片机只有 1 个串口,而本系统中 GPS-OEM 模块和 U 盘读写模块都只能通过串口与单片机通讯,因此采用数字控制模拟开关 74HC4052 对串口进行了扩展。

### 2.2 系统软件设计

系统软件使用 C51 语言编写,在 Keil 环境下编译和调试。软件主要包括定点测量、长度测量、面积测量、通讯测试、键盘扫描、LCD 显示和数据存储等。其中通讯测试用来检测单片机与 GPS-OEM 通讯是否成功以及输出数据是否有效。单片机通过串行口以主动查询方式接收 GPS-OEM 模块的定位信息,串行口参数设置为波特率 9 600 bit/s,8 位数据位,1 位开始位,1 位停止位,无奇偶校验位。对定位信息的快速、准确接收是软件设计中一个非常重要的部分,其流程如图 3 所示。

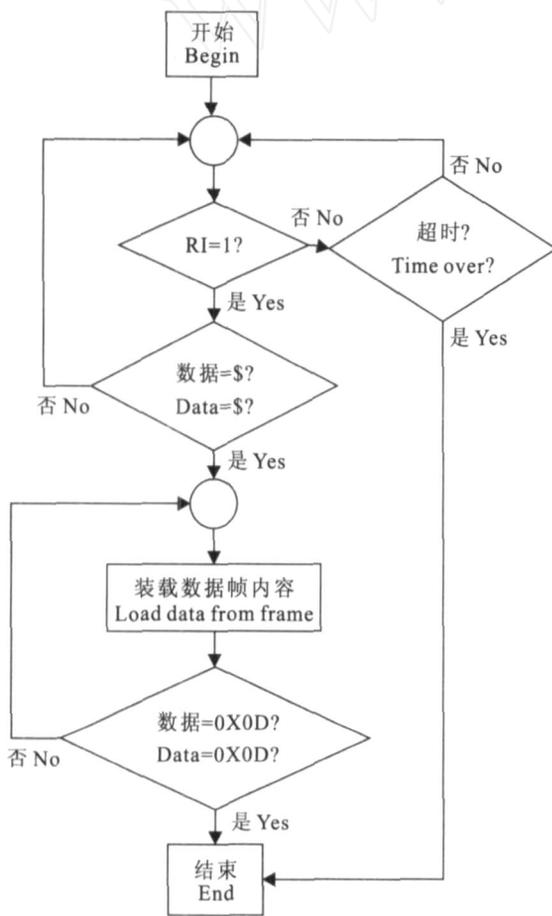


图 3 GPS 数据接收流程图

Fig. 3 Flowchart of receive GPS data

### 2.3 系统功能设计

本系统在功能上主要分为 4 个部分,即指定点位置信息测量、田块任两点的长度测量、整个农田的面积测量以及通讯测试。系统结合大屏幕 LCD 显

示屏,通过软件编程为用户提供了操作简便、界面友好的交互界面。测量时通过键盘上的“上”、“下”翻页键并参照 LCD 显示的主菜单进行相应功能的选择,然后按下“确认”键即可进行相应的操作。在任何工作状态按下,按“返回”键即可返回到上一级菜单。为便于使用,每个测量功能界面的最后一行都显示有操作的简要提示。

## 3 试验与分析

为研究农田基本信息采集系统在位置测量、长度测量以及面积测量时的测量精度,特设计以下试验方案。

### 3.1 位置测量

在西北农林科技大学机电学院试验田选定一矩形田块(34 m ×37 m),并在矩形田块的 4 条边上随机取 30 个测试点,测试点布置如图 4 所示。同时分别用该采集系统和 AgGPS132 接收机测量其经纬度坐标,以 AgGPS132 所测坐标作为真实坐标对本采集系统定位精度进行评估。AgGPS132 基站经纬度坐标分别为 108.068 5°,34.299 6°,其测量结果分别如图 5 和图 6 所示。对观测数据的统计分析结果表明,经度方向测量误差的均方差为 0.04,纬度方向测量误差的均方差为 0.07。

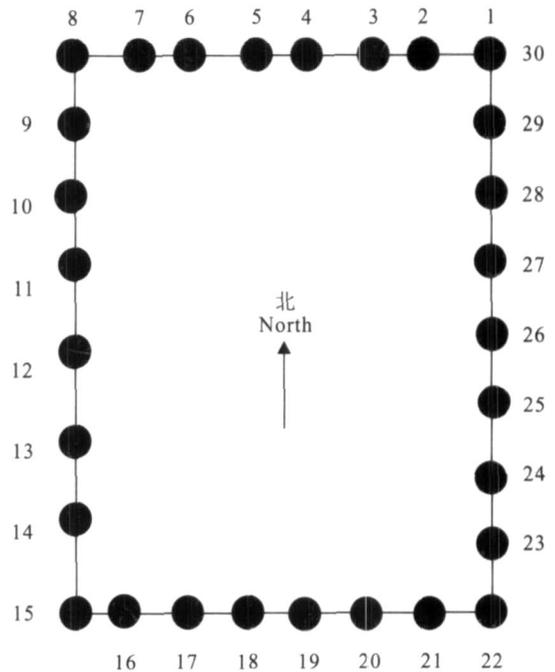


图 4 试验田测试点的布置

Fig. 4 Arrangement of measuring points in experiment field

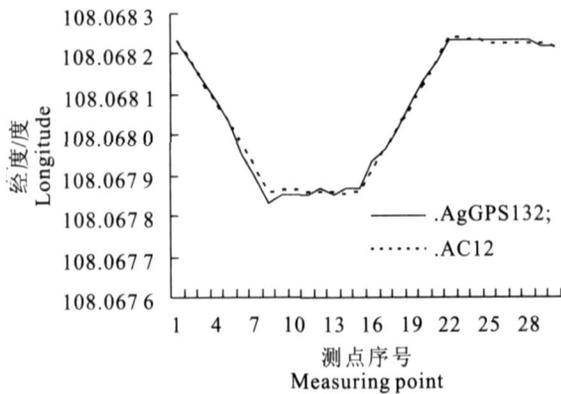


图 5 采集系统与 AgGPS132 测定定位经度的比较  
Fig. 5 Difference of longitude between system and AgGPS132

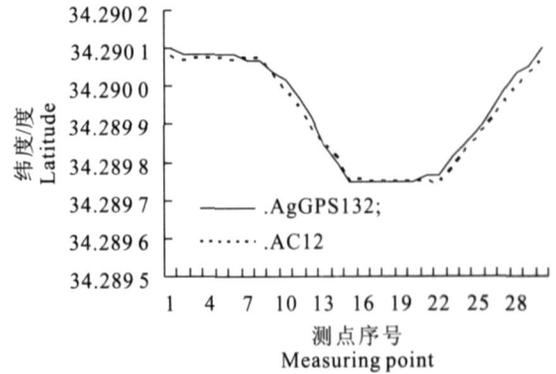


图 6 采集系统与 AgGPS132 测定定位纬度的比较  
Fig. 6 Difference of latitude between system and AgGPS132

3.2 长度测量

用钢卷尺分别选定长度为 34 m 和 110 m 的 2 个地块进行测量,每个地块长度分别测量 30 次。测量分析结果如表 1 所示。从表 1 可以看出,随着测

量距离的增大,平均相对误差变化范围不大,分别为 0.64% 和 0.79%,相对均方差则从 3.29% 降低到 2.75%。

表 1 长度测量数据的统计分析

Table 1 Statistics of length experiment data

长度/ m Length	测量次数 Number	平均值/ m Average	平均相对误差/ % Mean relative error	方差 Variance	均方差 Standard deviation	相对均方差/ % Mean standard deviation
34	30	33.78	0.64	1.25	1.12	3.29
110	30	110.87	0.79	9.12	3.02	2.75

3.3 面积测量

分别在西北农林科技大学体育场选定面积为 1 210 和 285 m<sup>2</sup> 的两个区域进行测量,其结果如表 2

所示。从表 2 可以看出,随着测量面积的增大,测量平均相对误差由 2.03% 下降到 1.79%,相对均方差由 11.1% 下降到 6.07%。

表 2 面积测量数据的统计分析

Table 2 Statistics pf area experiment data

面积/ m <sup>2</sup> Area	测量次数 Number	平均值/ m <sup>2</sup> Average	平均相对误差/ % Mean relative error	方差 Variance	均方差 Standard deviation	相对均方差/ % Mean standard deviation
285	30	290.78	2.03	999.31	31.61	11.1
1 210	30	1 188.28	1.79	6 215.37	78.84	6.07

3.4 试验结果分析

分析以上定位试验数据可以看出,本系统所测的经纬度与 AgGPS132 接收机所测的经纬度变化趋势是一致的,经度方向和纬度方向的测量均方差最大仅为 0.07。与面积测量结果相比,长度测量结果的平均相对误差和相对均方差都较小。从面积测量结果看,随着测量面积的增加,测量精度逐渐提高,平均相对误差都小于 3%。GPS 测量误差中出现的误差分为系统误差和偶然误差两部分<sup>[12]</sup>。系统误差是由星历误差、接收机钟差、稳定性误差、电离层折射、对流层折射等引起的,由系统误差引起的定位数据呈正态分布;偶然误差则是由接收机接收卫星数目发生突变及多路径效应引起的。相对面积

测量而言,在进行长度测量时,由于测量时间相对较短,而在短时间内接收机接收的卫星数目基本相同,所以可以减小甚至消除部分偶然误差,即长度测量误差主要是由系统误差引起的,因此误差值较小;而面积测量时间较长,其误差则是由偶然误差和系统误差共同引起的,因此误差值相对较大。测量精度随着测量面积的增加而逐渐提高,说明 GPS-OEM 模块的测量误差是在一定范围之内,而不是一直增大的。

4 小 结

本研究根据精细农业作业的实际需要,设计并实现了一个基于 AC12 型 GPS-OEM 模块的农田基

本信息采集系统,该系统具有高性能、低成本、结构紧凑和能耗低的特点,便于长时间野外作业的携带和使用;系统具有友好的汉字交互界面,便于多数人群的使用;以 U 盘作为数据存储介质,即插即用,具有体积小、可靠性高、容量大、携带方便和便于数据共享与处理等优点。试验结果表明,该系统可用于农田基本信息的采集,但测量值与真实值之间仍有一定的误差,特别是在面积测量方面。因此,研究系统的误差变化规律,采用数学方法滤除由偶然误差引起的数据波动,或采用不同的定位方法来提高定位数据的精度,仍将是下一步研究的主要方向。

### [参考文献]

- [1] 裘正军,应霞芳,何 勇. 基于 GPS 模块的便携式农田面积测量仪[J]. 浙江大学学报:农业与生命科学版,2005,31(3):333-336.
- [2] 李勇军,杨 青,庞树杰. 基于 OEM 模块的 GPS 接收机设计[J]. 农机化研究,2006(12):109-111.
- [3] 何 勇,葛晓锋. 农用 GPS 测试精度分析及提高精度方法的研究[J]. 农业工程学报,2004,20(2):168-171.
- [4] 杨 平,宋蛰存. 林区巡检中 GPS 接收机的设计[J]. 林业科技,2006,31(2):21-22.
- [5] 何 勇,杨 青,洪添胜,等. 精细农业[M]. 杭州:浙江大学出版社,2003.
- [6] Zhang N Q, Wang M H, Wang N. Precision agriculture-a worldwide overview[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2002, 36:113-132.
- [7] 李天文. GPS 原理及应用[M]. 北京:科学出版社,2003.
- [8] 刘大杰,施一民,过 静. 全球定位系统(GPS)原理及数据处理[M]. 上海:同济大学出版社,1996.
- [9] 克拉索夫斯基. 大地测量学[M]. 北京:测绘出版社,1958.
- [10] 庞树杰. 基于 GPS、GIS 变量施水机具控制系统研究[D]. 陕西杨凌:西北农林科技大学,2004.
- [11] 余永全. ATME189 系列单片机应用技术[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2002.
- [12] 张清志,陈智梁. GPS 测量误差分析[J]. 沉积与特提斯地质,2002,31(2):100-106.

(上接第 228 页)

## 3 结 论

1) 固化土抗压强度随固化剂掺入比的增大而增加,在压实系数为 0.95 时,固化剂掺入比超过 1/8 后,固化土的抗压强度增幅已明显降低。掺入固化剂能明显提高土样的最大干密度,但对土样含水量的影响不明显,当固化剂掺入比为 1/8 时,固化土干密度达最大值  $1.78 \text{ g/cm}^3$ 。因此,综合考虑固化土抗压强度要求和经济性,建议固化剂掺入比取 1/8。

2) 压实系数越大,固化土抗压强度越高,压实系数对固化剂掺入比低的固化土抗压强度影响更为明显。试验结果表明,只有压实系数为 0.95~1.0 时,固化土的抗压强度能满足工程需要,而实际工程中固化土压实系数达到 1.0 是不现实的,建议压实系数取 0.95。

3) 养护方式也是影响固化土抗压强度很重要的因素,不同的养护方式下固化土抗压强度有明显的差异,其中以盖塑料薄膜养护 28 d 时的固化土抗压强度最高。

### [参考文献]

- [1] 董邑宁,张俊伟. 固化材料在土木工程中的发展及应用[J]. 青海大学学报:自然科学版,2001,19(4):35-39.
- [2] 毛世峰,李 辉,李海明,等. 固化土材料的试验研究[J]. 黑龙江水专学报,2002(2):27-30.
- [3] 贺行洋,陈益民,张文生. 土的组成、结构与固化技术[J]. 岩土工程技术,2003(3):129-133.
- [4] 彭 波,李文瑛,陈忠达. 固化剂加固土性能的研究[J]. 内蒙古公路与运输,2001(1):27-29.
- [5] 陈 涛,周俊荣,孙明星. HEC 固化剂对土壤渗透性的影响[J]. 干旱地区农业研究,2004,22(4):192-194.
- [6] 中华人民共和国建设部. 中华人民共和国城镇建设行业标准 CJ/T 3073-1998-土壤固化剂[EB/OL]. [2006-05-07] <http://www.6jc.cn/book/2006-6/winwa/cjt3073-1998.pdf>.
- [7] 闰宁霞,杜志坚. 中壤土质条件下固化土的合理技术指标研究[J]. 干旱地区农业研究,2005,23(4):215-218.
- [8] 南京水利科学研究所. 土工试验规程 SL237-1999[S]. 北京:中国水利水电出版社,1999.
- [9] 北京市市政工程设计研究总院. 固化类路面基层和底层技术规范(CJJ/T80-98)[S]. 北京:中国建筑工业出版社,1998.
- [10] 李翠华,张 路,詹长久. 固化剂对土的性能影响的实验研究[J]. 武汉大学学报:工学版,2003,36(4):92-94.
- [11] 中华人民共和国水利部. 渠道防渗工程技术规范 SL18-2004[S]. 北京:中国水利水电出版社,2005.