

精准农业技术集成 标准与规范

● 陈立平 赵春江 主编

中国农业科学技术出版社

精准农业技术集成 标准与规范

● 陈立平 赵春江 主编

中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

精准农业技术集成标准与规范/陈立平, 赵春江主编. —北京: 中国农业科学技术出版社, 2008. 6
ISBN 978-7-80233-616-2

I. 精… II. ①陈… ②赵… III. ①农业技术—标准—手册②农业技术—规范—手册 IV. S-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 070450 号

责任编辑 徐平丽

责任校对 贾晓红 康苗苗

出版发行 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电 话 (010) 62189014 (编辑室) (010) 68975144 (发行部)

(010) 68919703 (读者服务部)

传 真 (010) 62121228

社 网 址 [http:// www. castp. cn](http://www.castp.cn)

经 销 新华书店北京发行所

印 刷 北京科信印刷厂

开 本 889 mm × 1194 mm 1/16

印 张 41.375

字 数 1200 千字

版 次 2008 年 6 月第 1 版 2008 年 6 月第 1 次印刷

定 价 120.00 元

— 版权所有 · 翻印必究 —

《精准农业技术集成标准与规范》编委会

主 编：陈立平 赵春江

副 主 编：王纪华 杨宝祝

参加编写人员：

陈天恩 郜允兵 黄文倩 张瑞瑞 姚光强

王彦集 徐 刚 郭建华 薛绪掌 王 秀

孟志军 马 伟 付卫强 郭新宇 杜小鸿

编写单位：国家农业信息化工程技术研究中心

前言

当今世界，科学技术日新月异，以信息技术和生物技术为代表的农业高新技术的突破和广泛应用，不仅导致农业传统技术思想、观念和农业科学技术的变革，而且引发了以知识为基础的农业产业技术革命。世界上越来越多的国家把发展农业高新技术，提高农业科技含量，作为实现农业持续发展、提高农产品竞争力的重要途径。我国人多地少的基本国情，决定了在今后相当长的时期内，必须依靠现代科学技术，大幅度提高农业综合生产能力。

精准农业是综合运用现代信息技术、智能装备技术和农业工程技术而形成的一种现代农业生产方式，具有科技含量较高、生产手段先进和技术集成性强的特点。对于提高农业资源利用率，保护农田生态环境，提高农产品品质，促进农业生产可持续发展具有重大意义。精准农业是21世纪国际现代农业发展的前沿。发展精准农业是我国新阶段农业和农业科技发展的重大战略选择，对全面提高我国农业现代化水平和国际竞争力具有重要战略意义。

我国开展精准农业关键技术研究、软硬件技术产品研发已有十多年时间。近年来，随着精准农业理论和技术不断发展，越来越多的精准农业技术成果和商业化产品不断投入市场和实际应用，随之而来的问题是各家的软硬件产品自成体系，标准不统一，系统之间难以进行有效集成和协同工作，一定程度上制约了精准农业技术的进一步应用发展。因此，根据我国农业生产实际需要，研究制定精准农业技术规范标准，构建符合我国国情的精准农业集成技术平台，实现各类精准农业技术产品的协同工作就显得非常必要，在此背景下我们编著了《精准农业技术集成标准与规范》，供从事精准农业技术



研究应用的广大科技工作者参考。

全书共分 3 篇，以精准农业技术集成平台构建过程中需求迫切的技术标准与规范为核心，重点阐述了精准农业数据、软构件及软件系统、机械控制单元及无线传感器通讯等相关技术规范与标准的最新研究成果。

第一篇介绍了面向对象的精准农业数据模型，给出满足当前精准农业生产需要的精准农业要素及其所应包含的内容，基于 GML 建立了精准农业数据交换格式，用于精准农业软硬件系统间的数据交换；

第二篇系统地介绍了目前主流的软构件规范和应用系统开发规范，结合精准农业软件的特点，提出了精准农业软构件规范和基于构件的精准农业应用系统开发规范。从软构件开发和基于构件的应用系统的组建两个角度对精准农业软件规范进行了初步的定义；

第三篇主要阐述了最新的农业智能机械控制单元通讯协议和农田信息采集无线传感器网络通讯规范，着重介绍了农机通用总线标准 ISO 11783 中关于网络管理、虚拟终端和农具消息应用层等三方面的内容，对农田信息采集无线传感器网络节点的要求、节点的软硬件设计、通讯协议规范和节点的覆盖与部署问题进行了深入探讨。

《精准农业技术集成标准与规范》一书涉及的学科范围较广，由于编著者水平所限，且编写时间仓促，书中定存一些不足之处，恳请读者给予批评指正。

编 者

2008 年 5 月 5 日

目 录

第一篇 精准农业数据存储与交换标准

引言	(3)
第 1 章 地理空间数据模型	(6)
1.1 常用地理空间数据模型	(6)
1.2 地理空间数据模型的类型	(11)
1.3 地理空间数据模型的层次	(14)
1.4 地理数据模型的学术前沿	(15)
第 2 章 GML 地理空间数据模型	(17)
2.1 GML 简介	(17)
2.2 GML 空间数据的特征	(20)
2.3 GML 中主要数据模型	(21)
2.4 与传统地理数据模型比较	(42)
2.5 基于 GML 的专用标准和应用模式	(42)
2.6 GML 应用模式的开发	(45)
第 3 章 精准农业的数据	(51)
3.1 数据的来源	(51)
3.2 数据的内容	(52)
3.3 精准农业数据的特征	(52)
第 4 章 精准农业的地理空间数据模型及交换格式	(54)
4.1 基于 GML 精准农业数据模型	(54)
4.2 精准农业数据互操作和交换	(55)



第5章 精准农业数据集	(69)
5.1 生产管理数据集	(69)
5.2 农田环境数据集	(81)
5.3 作物数据集	(84)
5.4 病虫草害数据集	(87)
5.5 土壤数据集	(93)
参考文献	(100)

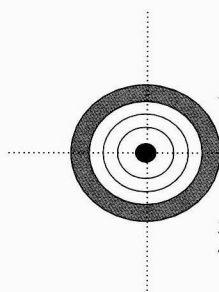
第二篇 精准农业软件规范

引言	(105)
第6章 软件规范概述	(106)
6.1 软件和软件工程的发展	(106)
6.2 软件规范的意义	(107)
6.3 软件规范的发展	(108)
6.4 软构件规范	(112)
6.5 软件系统构建规范	(122)
第7章 常用软件规范	(125)
7.1 软构件规范	(125)
7.2 应用系统开发规范	(151)
第8章 精准农业软件规范	(201)
8.1 精准农业软构件规范	(201)
8.2 基于构件的精准农业应用系统开发规范	(219)
附录 精准农业应用系统开发文档编写指南	(229)
参考文献	(254)

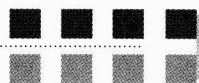
第三篇 精准农业通讯规范

引言	(261)
第9章 通讯基础	(263)
9.1 计算机网络基础	(263)
9.2 开放式网络通信模型	(269)

第 10 章 控制器局域网 (CAN) 通讯规范	(274)
10.1 概述	(274)
10.2 CAN 2.0A 总线规范	(277)
10.3 CAN 2.0B 总线规范	(290)
第 11 章 智能农业机械控制单元通讯规范	(306)
11.1 概述	(306)
11.2 农机通用总线标准 ISO 11783	(308)
第 12 章 无线传感器网络技术	(522)
12.1 概述	(522)
12.2 传感器网络节点体系结构	(524)
12.3 WSN 通讯协议	(536)
12.4 无线传感器网络的覆盖率与部署	(572)
12.5 IEEE 802.15.4 标准	(578)
12.6 IEEE 802.11 标准	(591)
第 13 章 WSN 在精准农业中的应用规范	(598)
13.1 概述	(598)
13.2 节点要求	(599)
13.3 通讯协议规范	(603)
13.4 覆盖与部署问题	(645)
参考文献	(646)



精准农业技术集成标准与规范



第一篇

精准农业数据存储与交换标准



引 言

精准农业是当今世界现代农业发展的前沿，其关键技术环节包括农田信息获取、信息分析决策、田间变量实施等。美国自 20 世纪 80 年代提出精准农业的思想以来，经过多年发展，在农业生产中已初步实现农田实时信息获取，分析制定实施计划，按需进行水、肥、药的变量投入；澳、英、法、加及日本等国家近年来也都有开展精准农业应用研究的报道。我国最早在 1994 年提出开展精准农业研究；“十五”期间，国家农业信息化工程技术研究中心、中国农业大学、中国农业科学院、中国科学院等单位围绕精准农业各关键技术环节开展研究，取得重大成果；研制了以航空高光谱成像仪、农药喷洒处方图生成系统、3W-VRT1 变量农药喷洒机等为代表的农田信息获取、信息分析处理和变量实施技术产品，同期我国也引进了一批国外产品，并投入生产实践。然而这些精准农业产品大多自成体系，标准规格不统一，相互之间难以进行信息交互和有效集成，在生产实践中难以协同工作，相当程度上制约了精准农业技术的推广应用。为了解决这个问题，“十一五”以来，精准农业领域的学者提出构建精准农业技术集成平台的研究构想，目的是通过构建一个开放式技术平台，集成各种软硬件技术产品，实现各环节有机衔接与协同工作，高效完成从信息获取管理，分析决策到按需进行肥、水、药变量投入的精准农业生产全过程作业。

构建精准农业技术集成平台的关键在于突破异构精准农业技术产品之间空间信息的交互技术。目前常用的空间信息交互技术模式可分为数据格式转换模式、直接数据访问模式、基于 OGC 的数据互操作模式、数据转换标准模式四类。当前精准农业技术集成平台目标是集成各类已经投入使用的精准农业技术产品。但精准农业中使用的这些软件产品所采用的 GIS (Geographic Information System) 平台绝大部分不具备相互之间进行空间信息直接访问的能力；采用的空间信息格式很多不符合 OGC 的 OpenGIS 互操作规范，因而不具备进行直接访问和数据互操作的基础。目前异构精准农业技术产品间进行空间信息交互的主要途径是利用外部数据交换文件，或者是一些比较常用的中间格式，如 Shape、DBF 等，通过间接转换进行。由于精准农业技术产品采用的 GIS 系统种类很多，采用的空间信息数据结构和数据模型不完全相同，在转换过程中往往丢失，甚至得不到有关信息；同时每一个系统都不可能提供直接读写所有 GIS 软件的外部数据文件的程序。

为了更方便地进行空间数据交换，也为了尽量减少空间数据交换损失的信息，使之更加科学化和标准化，许多国家和国际组织制定了空间数据交换格式标准。影响较大的如美国的空间数据转换标准

SDTS (Spatial Data Transformation Standard)、英国的 NTF (National Transfer Format)、我国于 1999 年颁布的地球空间数据交换格式等;此外,国际标准化组织 ISO (International Standards Organization) 和 OGC 也推出了基于 XML (eXtensible Markup Language) 的空间信息编码标准 GML (Geographic Markup Language)。这些标准格式得到一些 GIS 软件的支持,在一定程度上解决了不同数据格式之间缺乏统一空间对象描述的问题,但普遍缺乏必要的对精准农业特殊语义进行描述的能力,因而无法直接用作异构精准农业技术产品间进行空间信息交互的统一转换格式。为了解决缺乏统一转换格式的问题,欧洲农业电子协会 (Agriculture Electronics Association, AEA) 曾经制定了转换支持层 TSL (Transfer Support Layer) 标准,然而该标准仅适用于少量矢量数据转换,并且缺少对欧洲以外农业空间信息的支持。而在国内,目前尚未发现这一方面的研究报道。

综上所述,当前迫切需要开展精准农业技术集成应用的研究。到目前为止,国内外在这一方面的研究尚处于起步阶段,集成应用的关键技术——异构精准农业数据之间信息交互技术的研究鲜见报道,尚存在以下问题:①异构精准农业技术产品之间,与外部系统之间缺乏可靠的空間信息交互途径;②现有空间信息交换格式标准大多停留在通用空间信息交换层面,语义单一,缺乏适用于精准农业空间信息交换的统一数据格式,以及公开的接口技术规范。

1 研究方法和手段

针对当前存在的问题,当务之急是根据精准农业的问题域内空间对象的运动状态和变化规律以及相互作用和相互依存关系确定适合精准农业数据采集分析变量实施的空间数据模型,在精准农业数据模型的基础上研究一套符合我国精准农业需要的数据交换格式和空间信息交换开放式接口技术规范,解决异构空间信息数据的农业技术产品之间数据交互的难题。

本书对比当前常用的空间数据模型,结合当前信息技术的特点,采用目前主流的地理数据模型—GML 作为精准农业数据存储和交换格式研究的基础。GML 是一个开放的数据标准,以 XML 编码形式存储、传输实体空间或非空间的信息。以精准施肥、灌溉、施药为核心,收集整理其在数据获取、分析决策以及变量实施阶段的所需要的数据,对数据进行统计分类,并抽象形成精准农业要素。在 GML3.1 的基础上,将精准农业要素表达成符合 GML 规范的数据存储和交换格式,方便软件之间、软件和硬件控制设备之间的信息传递和交互和存储。

2 主要研究内容

精准农业研究伴随着作物生长全过程,包括作物本身、地块土壤、农业气象、环境、水、肥、药以及相关的管理等方方面面,精准农业数据集成是一个复杂的多部门、多研究领域、高度集成化的工作。本书以精准施肥、灌溉和施药为主体进行研究,主要内容如下:

①常用地理空间数据模型。包括传统的地理空间数据模型, CAD 数据模型、Coverage 数据模型和面向对象的数据模型 Geodatabase 数据模型。

②地理空间数据模型的分类以及地理数据模型的层次。将常见的地理数据模型划分为四类,栅格数据模型、矢量数据模型、矢栅一体化模型以及面向对象数据模型,并对四种模型特点和优越性进行了简单的比较和分析。

③GML 地理空间数据模型研究。对 GML 特点作用简单的介绍,详细分析了 GML 中常用的数据模型——要素模型、几何模型、拓扑模型、时态模型和动态要素以及 Coverage 模型,并对模型的扩充和

共享做了分析。在此基础上论述了如何基于 GML 开发各应用领域的专用标准和基于专用标准的应用模式，给出了专用标准和应用模式的一些规则、方法和合理化建议，并以 Feature 要素模型为例子详细的解释了如何制定专用标准。进而基于 GML 进行道路网络模型的表达。

④精准农业数据特征的研究。从精准农业数据的特点和内容为基础，分析了精准农业数据的多语义、多尺度、平面拓扑等特征，为精准农业数据标准中要素的抽象和数据分层以及数据模型的最终选择提供理论上的依据。

⑤精准农业数据模型和交换格式。突出精准农业多源数据多时间空间尺度特点，基于 GML 确定精准农业的面向对象的数据模型。论述当前常用的数据互操作和交换的格式方法，建立适合当前精准农业生产特点的交换模式和数据交换格式的示例。

⑥精准农业数据集。基于上述数据模型和交换格式，给出满足当前精准农业生产需要的精准农业要素和要素所应包含的内容。

本书后续章节安排如下：第 2 章地理空间数据模型；第 3 章 GML 地理空间数据模型；第 4 章精准农业的数据；第 5 章精准农业的地理空间数据模型和交换格式；第 6 章精准农业数据集。

第 1 章

地理空间数据模型

地理数据也可以称为空间数据 (Spatial Data)。地理空间是指物质、能量、信息的存在形式在形态、结构过程、功能关系上的分布方式和格局及其在时间上的延续。地理信息系统中的地理空间分为绝对空间和相对空间两种形式。绝对空间是具有属性描述的空间位置的集合,它由一系列不同位置的空间坐标值组成;相对空间是具有空间属性特征的实体的集合,由不同实体之间的空间关系构成。在地理信息系统应用中,空间概念贯穿于整个工作对象、工作过程、工作结果等各个部分。空间数据就是以不同的方式和来源获得的数据,如地图、各种专题图、图像、统计数据等,这些数据都具有能够确定空间位置的特点。

空间数据模型是关于现实世界中空间实体及其相互间联系的概念,它为描述空间数据的组织和设计空间数据库模式提供着基本方法。因此,空间数据模型的研究对设计 GIS 空间数据库和发展新一代 GIS 系统起着举足轻重的作用,空间数据模型的每一次飞跃都极大地促进 GIS 的发展和应用。

1.1 常用地理空间数据模型

1.1.1 CAD 数据模型

最早的计算机制图系统,使用阴极射线管的显示线绘制矢量地图、使用行式打印机上的加印技术绘制栅格地图。以此为起源,19 世纪 60~70 年代出现了精致的绘图硬件工具以及能够使用合理逼真制图技术将地图符号化的制图软件。

这一时代,地图通常用一般的 CAD (计算机辅助制图) 软件来制作。CAD 数据模型以表示点、线、面表示空间实体,几何要素与和相关的颜色、形状等属性存放在一起,图层和注记号是它对属性的主要表达方式。数据模型用二进制文件格式存储地理数据,但是这些文件中,不能存储足够多的属性信息,地图图层和注记标注是基本的属性描述。空间数据对属性数据描述的缺失是 CAD 数据模型不能很好地适应现在 GIS 软件开发和数据共享与交换的主要问题。

1.1.2 Coverage 数据模型

1981 年, ESRI (Environmental System Research Institute, Inc.) 推出了它的第一个商用 GIS 软件——ArcInfo, 它实现了第二代地理数据模型——Coverage 数据模型也称地理关系数据模型 (Geo Relational Data Model)。

这个模型有两个关键之处:

①空间数据与属性数据相结合。空间数据存储在二进制索引文件中, 使得显示和访问最优化。属性数据存储在数据库管理系统 (DBMS) 表中, 用等于二进制文件中要素数目的行来存储, 并且属性和要素 (空间数据) 使用同一 ID 连接。

②矢量要素之间的拓扑关系也被存储。这意味着, 线的空间数据记录包含这些信息: 哪些结点分割线、可以推算有哪些线相连, 同时还包含线的右侧及左侧有哪些多边形的信息。也就是我们通常所说的“平面拓扑”。如图 1-1 所示:

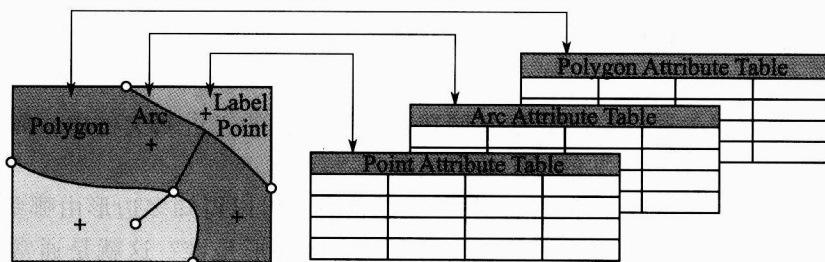


图 1-1 Coverage 数据模型

ARC/INFO 采用一种混合数据模型定义和管理地理数据。空间数据使用拓扑数据模型来表示, 而属性数据则使用关系数据模型。

在 ARC/INFO 中, “ARC” 是指用于定义地物空间位置和关系的拓扑数据结构, “Info” 是指用于定义地物属性的表格数据 (关系数据) 结构, “ARC/INFO” 则是两种混合数据模型及其处理过程的关系。

1.1.2.1 Coverage 及其组成

ARC/INFO 以 Coverage 作为矢量数字地图的基本存储单元。一个 Coverage 存储指定区域内地理要素的位置信息及其专题属性。每个 Coverage 一般只描述一种类型的地理要素 (一个专题), 如道路、河流、居民点或土壤单元等。

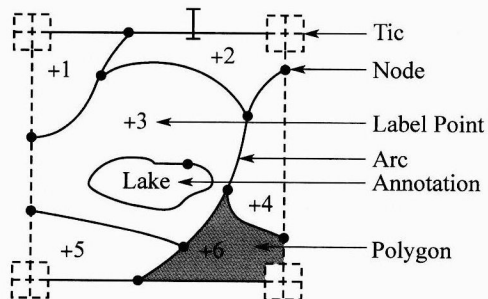


图 1-2 Coverage 主要要素

在 Coverage 中, 主要用弧段、节点、标识点和多边形来表示地图上的点、线、面, 除此之外, 还有控制点、覆盖范围、注记和链。要素的位置信息用 XY 坐标表示, 相互关系用拓扑结构表示, 属性信息用二维关系表存储。如图 1-2 所示:

从文件管理的角度来看, 一个 Coverage 就是包含存储上述要素的一组文件的一个目录。一组相关的 Coverage、INFO 数据库和其他数据文件一起构成 ARC/INFO 的工作空间 (Workspace)。如图 1-3 所示:

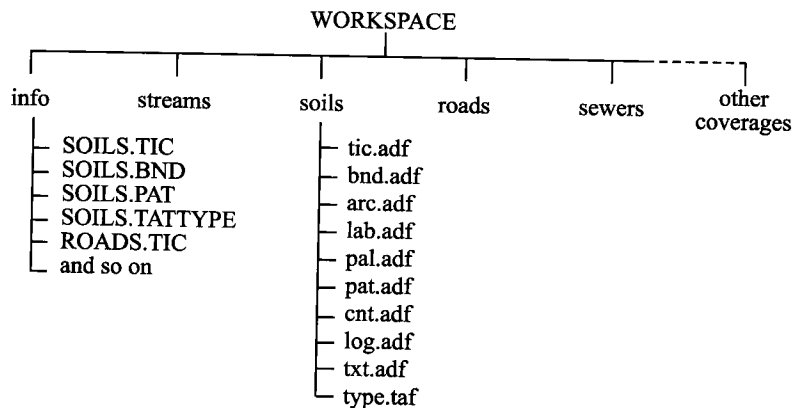


图 1-3 Coverage 逻辑结构

1.1.2.2 Coverage 数据模型的优势

Coverage 数据模型通过以下两个方面的优势，确立了它在此后近二十年中空间数据模型标准的地位：

①空间数据与属性数据关联：空间数据存储在建立了索引的二进制文件中，属性数据则存储在 DBMS 表 (TABLES) 中，二者以公共的标识编码关联。

②矢量数据间的拓扑关系得以保存：由此拓扑关系信息，可以得知多边形由哪些弧段组成、弧段由哪些点组成、两条弧段是否相连以及一条弧段的左或右多边形是谁？这就是通常所说的“平面拓扑”。

在新的技术条件下，Coverage 的这些优点是否还能得以保持？

①用 Coverage 模型，在数据采集、编辑时，ARC/INFO 可以严格地检查多边形是否封闭、是否存在悬挂节点等，以保证建立正确的拓扑关系。但是，如果不以逐点、逐线追踪的方式进行空间数据“数字化”，而是按面向对象的方式，明确地输入点、线或面类型的空间要素对象，这样的检查就可以由系统自动保证了。

②Coverage 用点、线、面相互关联的拓扑结构记录空间数据，对于多边形的公共边，它不会重复存储，因而节省存储空间。这在内外存介质价格昂贵的年代，是十分突出的优点。随着硬件价格呈几何级数的下降，已不再将存储空间的节省与否作为考虑问题的重心。

③对于像邻接、连通和包含等空间分析功能，基于拓扑关系记录是一种不错的选择。但现在的计算机运算能力已经有了成千上万倍的提高，在普通配置的 PC 机上，已经可以实时地通过计算直接获得分析结果。

由此看来，Coverage 模型可取的方面，有的已经可以不再继续作为强调的因素，有的可以找到代替的同时也是高效的途径来完成。

1.1.2.3 Coverage 数据模型的局限

Coverage 是时代产物，但随着时间推移，软硬件技术都发生了很大的变化，Coverage 的优势也逐渐消退。“面向对象”的技术和方法已日趋成熟，并广泛应用。这促使我们从“面向对象”的角度去看 Coverage。

Coverage 数据模型有一个明显的缺陷：空间数据不能很好地与其行为相对应。即要素是以统一的行为聚集的点、线和面的集合。也就是说，表示道路的线的行为和表示溪流的线的行为是一模一样的——显然，这并不是我们所需要的。