

# 动态土地信息系统时空过程及时空数据存储

刘仁义

(浙江大学地理信息科学研究所, 杭州 310028)

刘南

(浙江大学浙江省GIS重点实验室, 杭州 310028)

**摘要** 时态GIS(TGIS)及时空数据模型是当前地理信息科学领域的研究热点,土地地籍管理信息系统是TGIS的典型应用.对土地地籍管理信息系统的时空过程进行了分析;提出了在基态修正时空数据模型中,采用区段快速索引和变粒度存储因子方法,通过区段快速索引和变粒度存储因子的引入,系统查询效率有了明显提高;论述了土地信息系统中的时空概念、数据结构和系统实现;重点讨论了数据库中的数据组织、拓扑关系建立及数据存储管理机制;最后介绍了基于上述模型和方法开发的新一代大型网络级动态土地地籍管理信息系统(ReGIS)的主要功能.两年多的应用表明,系统设计先进,性能良好,运行稳定.

**关键词** 时态GIS 时空过程 土地管理 区段快速索引 变粒度存储因子

中图分类号: P208 P273 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2002)04-0388-06

## A Study on Spatio-Temporal Process and Storage in Dynamic Land Management System

LIU Ren-yi<sup>1)</sup>, LIU Nan<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>(Institute of Geographical Information Sciences, Hangzhou 310028)

<sup>2)</sup>(Zhejiang Provincial Keylab of GIS, Zhejiang University, Hangzhou 310028)

**Abstract** Temporal GIS and spatio-temporal data model are currently research focus in geographical information science(GeoScience). Land cadastral information system is one of the most typical application systems in TGIS. In this paper the spatio-temporal process of the land cadastral information system is analyzed. A kind of section fast indexing(SFI) in spatio-temporal data model of base state with Amendments(BSA) and a method of storage factors of variable granularity(SFVG) are presented. By importing SFI and SFVG, the inquiring efficiency of system is markedly improved. Then the spatio-temporal concept, data structure and the method of implementation for Land cadastral information system are discussed. How to organize data, build topological relations and storage data in database are emphatically discussed. At last, a software package of dynamic land cadastral information system based on above model and methods is introduced. The other important technology used in dynamic land cadastral information system is self-developed Spatial Database Engine(SDE). The main functions of the system are simply introduced. The dynamic land cadastral information system is practically used for more than two years in many provinces, which shows that its design is advanced, efficiency high and operation stable.

**Keywords** Temporal GIS, Spatio-temporal process, Land management, Section index, Index factors of variable granularity

## 0 引言

传统的城镇土地管理信息系统主要基于小型数

据库.只能存储和处理有限的属性信息;图形数据单独存储或通过建立文件索引表进行关联;网络结构大多采用简单的工作站/文件服务器模式,以文件共享方式提供网络访问能力.这类系统具有简单灵活,

使用方便, 易于掌握等优点, 在计算机土地信息管理应用初期得到了推广应用, 如作者在 20 世纪 90 年代初开发的单机版《浙江省土地产权产籍管理系统》, 在浙江省 30 多个市县使用. 但随着业务量和数据量的日益增大, 这类系统的一些缺陷日渐暴露出来: 网络负荷重, 运行效率低; 所有的数据操作几乎都是由网络工作站来完成, 而数据却存放在文件服务器上, 从而不可避免地造成了工作站与服务器之间的大量数据传送, 系统运行效率随网络负荷的增大而降低; 由于采用共享文件的方式存储, 在某一时刻, 整个网络上只能有一个用户对数据库进行访问, 而无法进行多用户并发操作; 采用文件服务器方式, 系统的可靠性差, 地籍属性数据库与地籍图库的关联比较脆弱, 维护困难, 数据库完整性容易受到破坏, 难以形成图形时态数据库<sup>[1-3]</sup>, 无法反映、追踪地籍变更的历史. 为此, 在近 10 年土地信息系统开发经验的基础上, 经过两年多的努力, 采用自主知识产权的空间数据库引擎, 开发了一套基于 Client/Server (C/S) 模式, 并以时态空间数据库模型为核心的大型网络级动态土地管理信息系统(简称 ReGIS). 时态 GIS(Temporal GIS, TGIS) 和 SDE 技术、C/S 模式, 这些皆属当今 GIS 的前沿研究领域. ReGIS 已在浙江、广东、海南等省的一些市县广泛使用.

### 1 时空过程设计

土地地籍管理信息系统所管理的对象涉及到土地空间位置、权属以及权属变化等情况. 土地权属变化是由土地的划拨、产权变更、产权转移等情况引起的, 这种变化涉及到时间、空间和属性的变化, 归纳起来有 3 种情况: 一是地块的空间形状、状态、性质同时变化; 二是地块的空间形状、状态发生变化, 但性质不变; 三是地块的状态或性质发生变化, 但空间形状不变. 土地在划拨、征收、交易过程中, 其空间变化的基本形式是“分割”和“合并”. 地块分割是指一块地由于权属或用途的变化被分成两块或多块的情况; 地块合并是指两块或两块以上地块由于权属或用途的变化被合并成一块的情况. 随着时间的推移, 土地分割与合并的组合构成复杂的历史变化序列. 如图 1 所示是一假想街道地块分合情况和各时段的权属情况.

地块的时空变化是非常复杂的, 然而引起这些变化的主要因素是人(权利人)和人的行为(征收、划

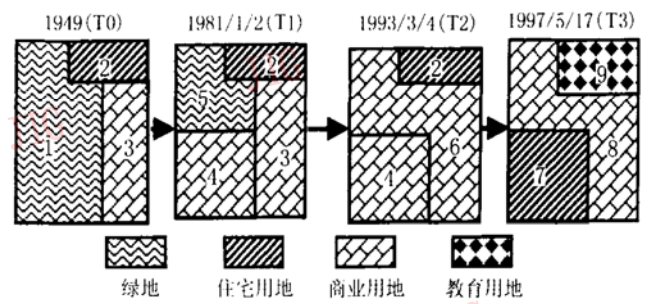


图 1 地块变迁示意图

拨和交易). 土地管理信息系统对时空数据的管理是以产权变化为时段标尺, 通过记录和规范人(政府土地管理员)的工作行为(工作流程), 实现对产权属性数据和空间图形数据的统一管理.

无论是空间实体还是属性实体都存在一定的生命周期, 宗地的生命期定义为某一权利人持有产权证的时间. 各实体的变化和时间是紧密相关的, 因此各实体内部还存在一种时态关系, 系统必须能有效地管理各实体以及实体与实体之间的动态时间关系. 文献[4]通过对现有时空数据模型的深入研究认为, 在城镇土地管理系统中, 采用基态修正模型较为适宜, 同时对其作了相应的改进, 以便提高时空数据查询的效率.

#### 1.1 区段快速索引

基于时间的面向对象的基态修正模型, 与面向对象的关系型数据库能较好地结合, 时间表与对象表易于关联, 给定时间表中的元素, 可即时查询出符合条件的基态变化量值. 在相对基态的修正方式中, 每次更新基态时, 若采用“直接比较法”, 则需要修改所有的“差文件”; 而采用“间接比较法”, 又必须搜索数据库中大量的记录<sup>[5-7]</sup>. 当时态数据库中, 时态变化频繁、时间历史延续久远时, 两种方法要么必须进行大量的图形数据求和计算, 要么必须对大量数据进行查询检索, 为此, 历史库查询效率必须提高. 一个较好的解决方法是建立区段快速索引. 建立多区段快速索引的原则取决于基态修正模型的分辨率刻度值大小、基态修正的频率、事务处理时间存储制式(现代、近代、古代三史制<sup>[8]</sup>)的跨度以及数据库的总体规模等因素. 图 2 说明了基态修正区段快速索引的基本概念.  $\Delta f_i$  为两相邻时态元素对象的相对基态修正值, 即“差文件”deltafile 的值,  $\Delta f_{ci}$  为区段相

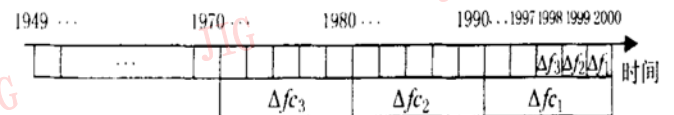


图 2 基态修正区段索引

对基态修正值、时态元素对象、基态修正区段快速索引以及区段相对基态修正值,通过时空数据表发生关系,并相互作用.利用时空数据库中建立的区段快速索引表,可快速将指针指向相应时空元素表中的具有公共区段相对基态修正值属性的地块.图3表示了索引机制与时空数据文件的关系.系统的实际运行表明,采用由 $\Delta fc$ 建立起来的快速索引标记,大大提高了数据库查询速度,成倍地减少了图形数据的计算量.

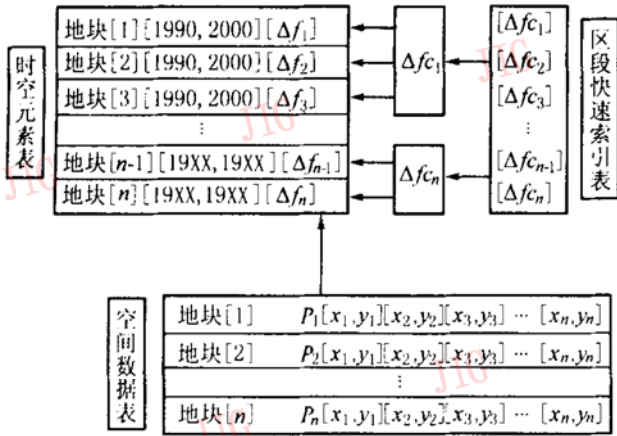


图3 区段快速索引时空数据文件相互关系

### 1.2 变粒度存储因子

受最新研究成果“时态数据变粒度分段存储策略”的启发<sup>[8]</sup>,在基态修正区段索引中,引入了变粒度索引因子.时态数据库用户对数据的使用具有厚今薄古或对某一特定时期操作频繁的特点,因此一般可将地籍时态元素的历史分为远、中、近3个时间段,即三史制.由于土地管理的特殊性,将三史制扩展为多史制.根据地籍时态元素的变化频度,确定相应的变粒度索引因子 $K_i$ ,如图4所示.

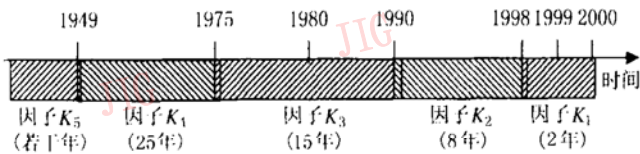


图4 变粒度存储因子与时间区段

根据所要查询的数据库中的数据量和时间跨度,确定基值 $K_D$ 的大小.通过对数据变化特点的分析,选择最佳的区段起点和终点,确定各基态修正区段长度,并以 $K_D$ 的倍数(如0.1~10)赋值给各基态修正区段. $K_i$ 值越大,相对基态索引表中索引标记越密集,本区段内检索速度也就越快.由此可获得各基态修正区段长度,并建立相应的索引表.系统运行表明,在日常地籍管理中,通过变粒度索引因子的引入,系统查询效率有了明显提高.

## 2 时空数据结构

时态空间数据和属性数据有机地结合是建立土地信息系统时空数据模型的关键.土地管理信息系统,其主要特点是数据流动过程中所涉及到的地物实体的空间信息和属性信息的紧密结合,充分利用现有地籍调查成果,为系统数据库的动态更新提供丰富的信息源.

### 2.1 数据库中的数据模型组织

根据土地管理信息系统的系统功能要求,需要建立各类与之相适应的数据库.地理空间定位基础数据库以空间数据为主,并结合少量的属性数据,便于一般查询及作为参照背景,如地形图数据库、控制网库等.业务事件驱动监控数据库则是纯属性数据库,无空间数据的查询.宗地数据库是集空间数据与属性数据于一体的数据库.根据宗地、宗地属性以及其相应的时态数据库(Temporal DB)特征,需采用一种全新的数据模型来进行描述,即具有时态特征的空间数据和属性数据模型,以满足系统的各种功能.这种数据模型能够表达时空混合数据关系.图5为宗地时空变化的基本类型.

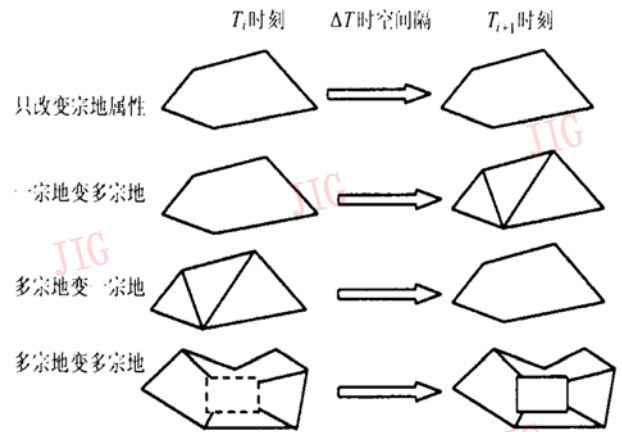


图5 宗地时空变化基本类型

#### (1) 宗地空间数据

宗地在空间表示为位于地面的面状物(多边形),其空间位置可由其边线的一系列大地坐标串来确定,每块宗地用地均有其宗地编号.因此,空间数据可以表示为:宗地编号1,边线1,  $(X_1, Y_1)$ 、 $(X_2, Y_2)$ 、 $(X_3, Y_3)$ ...,边线2,  $(X_1, Y_1)$ 、 $(X_2, Y_2)$ 、 $(X_2, Y_2)$ 、 $(X_3, Y_3)$ ...,宗地编号2, ...等.

#### (2) 宗地属性数据

宗地的属性数据主要包括宗地权属、土地用途、工程项目名称、容积率、绿化率、建筑密度、用地面

积、用地性质等控制指标. 对应于不同的建设用地, 这些属性各不相同, 可表示为: 宗地编号、权利人名称、用地性质、用地面积等, 这些属性与空间坐标  $X$ 、 $Y$  无直接关系.

### (3) 宗地时空、时属关系

随着时间的推移, 必然有征地、划拨、交易等事件不断发生, 这些事件可引起宗地实体空间或属性的变化.

根据对以上两种不同类型数据的分析可知, 要实现宗地数据和公共专题数据等多用途数据的查询显示及相关的空间分析和操作, 需建立一个数据模型, 其满足如下条件: 存贮空间数据, 能输入、输出、编辑; 存贮属性数据, 能输入、输出、编辑; 存贮时态数据, 能输入、输出、查询、带限制条件的编辑; 建立空间数据、属性数据和时态数据的交叉双向链接.

将空间数据主键字段、属性数据主键字段以及时态数据主键字段组成一个核心关联表, 无论仅空间数据发生变化, 或仅属性数据发生变化, 或空间、属性均发生变化, 都将视为时空数据发生变化, 相应的数据表(一个或多个)变化量被记录, 核心关联新表生成, 变化前核心关联表被压入历史数据库. 通过指定时态变化值或某一确定时段, 就可通过空间数据来查询或修改属性数据, 也可以通过属性数据来查询或修改空间数据. 若指定的时态时段为过去时态, 则可根据历史数据库中的核心关联表, 恢复当时的时空关系, 并实现由空间数据查询属性数据, 或通过属性数据查询空间数据, 但不能修改历史数据. 图6为时态、空间及属性数据与核心关联表的相互操作关系.

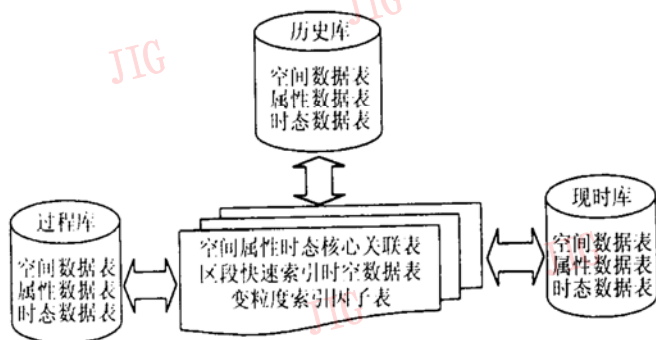


图6 时态、空间及属性数据与核心关联表的相互关系

空间数据除了宗地数据外, 还有道路、水系、控制点等线、点状数据, 这些数据的空间查询和分析也是必不可少的, ReGIS 系统数据库数据模型必须包含点、线、面等特征的空间数据, 并建立明确的定义

和合理的空间拓扑关系, 数据的存贮必须和现行的数据库软件兼容, 且能进行相互数据访问.

### (4) 区段快速索引及变粒度索引因子的实现

在历史库和现时库的空间数据表、属性数据表及时态数据表中, 存储着时间标记. 区段快速索引时空数据表  $\Delta f_{ci}$  值及变粒度索引因子表  $K_i$  值通过数据字典导入而设定, 对历史库、现时库中的带有区段标记和变粒度因子属性的元素记录, 依据  $\Delta f_{ci}$  和  $K_i$  值进行快速检索, 而不是通过基态文件及逐个差文件(deltafile)进行运算获得查询结果.

## 2.2 数据模型的拓扑关系及数据存储

空间数据可以用矢量和栅格两种方式存贮, 根据地籍管理工作和数据的特点, 需采用矢量格式存贮空间图形数据. 任意的平面图形都可以由点、线、面三要素构成, 因此, 土地系统数据也分点、线、面来描述空间数据, 并建立如下拓扑关系:

点(Point): 以用户标识码(USER-ID)及点的  $X$ 、 $Y$  坐标表示.

线(Line): 以用户标识码和线上的一系列  $X$ 、 $Y$  坐标表示.

多边形(Polygon): 以用户标识码和其周边的线系列表示.

不同专题内容的空间数据分层存贮, 即一类专题层为一类空间数据, 如, 建筑物层、道路层、控制网层、宗地层等, 不同专题内容的空间数据可通过统一的空间坐标来关联, 并通过一组公共的控制点来进行透明叠加.

系统可采用现行成熟的大型关系型数据库, 如 ORACLE、SQL Server 进行属性数据管理, 因为大型关系型数据库具有较强的网络能力和数据库管理能力. 对于系统数据库中所采用的数据模型, 空间数据和属性数据之间能否建立合理的连接关系, 对能否实现两者之间的双向查询和分析至关重要. 源于关系数据库多表连接机制的启发, 在数据模型中, 建立空间数据和属性数据之间的关系机制. 本系统数据库空间数据的数据组织设计为  $ID$ 、 $X$ 、 $Y$ ... 的形式, 为此建立一个空间与属性关系表, 包括空间数据的  $ID$  和属性数据表中的关键字, 并通过这个表实现空间与属性双向查询分析等操作. 空间数据与属性、时态数据共存于关系数据库中. 关系数据库对图形数据的存储管理机制如图7所示. 对宗地可建立如图8所示时空关系.

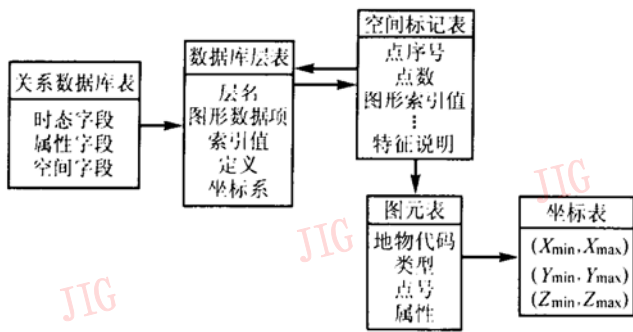


图7 关系数据库中的宗地数据管理

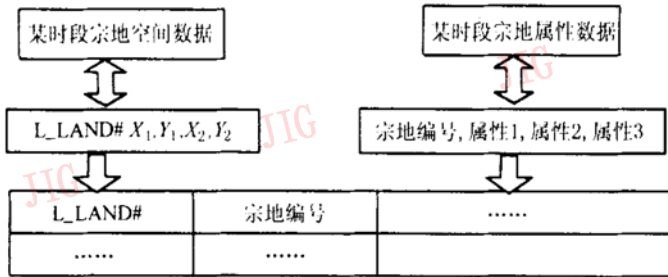


图8 宗地时空关系

### 3 应用实例

根据本文设计的时空数据存储方法, 开发了一套大型网络级动态土地地籍管理系统(简称 ReGIS)。该

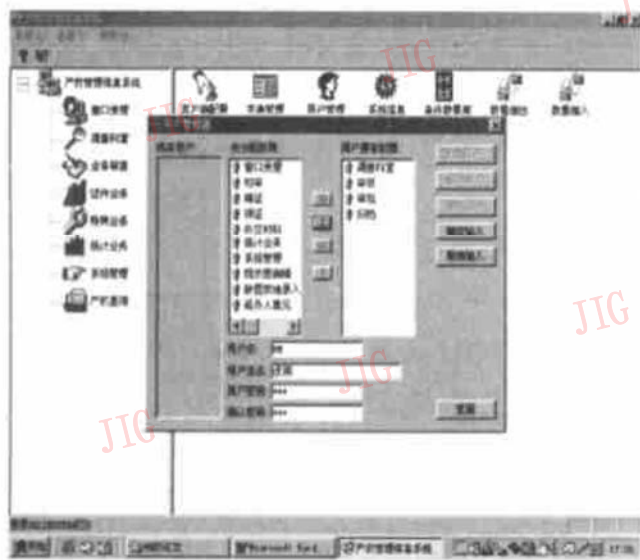


图9 后台现时库、过程库、历史库数据维护

系统基于 SQL Server 数据库平台, 采用 VC++ 6.0 开发语言及 COM 控件技术, 利用自主开发的时空数据库引擎, 内置时空数据模型, 即现时库、过程库、历史库, 并融合多种 GIS 平台数据格式, 具有强大的 GIS 图形编辑功能, 可动态管理土地管理工作的全部业务以及现状、过程、历史图形属性拓扑信息, 实现了对土地管理工作登记、调查、审批、缮证等全过程的动态管理。系统可任意恢复给定时刻的历史时空关系, 查询、统计, 并输出各类土地信息; 具有很强的数据安全备份机制, 能自动定时备份, 并恢复受破坏的数据库。用户可方便地修改已十分丰富的数据字典, 而超级用户还可根据不同的业务流程和科室职能, 对系统功能进行组合调整。通过系统提供的电子跟踪卡功能, 领导及业务人员可方便地对每宗业务进行动态实时跟踪管理, 有利于领导督办业务及监督办事过程。系统具有 WebGIS 功能, 可通过互联网发布土地信息、发送土地数据; 用户可在网上查询所需的土地信息; 土地局可通过网上受理土地交易业务, 实施分布式网络管理。图9为系统的后台服务管理器现时库、过程库、历史库数据维护模块。图10为从历史库中查询土地产权的历史变更信息, 界面显示的是当时办理土地转让业务的调查资料。



图10 历史库中查询变更信息

### 4 结语

时空过程设计和时空数据结构是处理土地地籍信息系统中时间、空间和属性三大要素相互关系的关键技术, 区段快速索引和变粒度存储因子是改善时空数据模型效率的有效方法。作者在近 10 年研

究、开发土地管理信息系统工作的基础上, 采用本文所述的最新研究成果, 推出了新一代大型网络级动态土地地籍管理信息系统(ReGIS), 2000 年底通过技术鉴定。近两年, 浙江、广东、海南等市县土地部门的使用表明, 系统性能良好, 运行稳定。根据用户使用的意见和要求, 系统功能正不断完善, 目前这方面的研究开发和改进工作正在进行。

## 参考文献

- 1 张祖勋, 黄明智. 时态 GIS 数据结构的研讨[J]. 测绘通报, 1996, (1): 19~ 21.
- 2 唐常杰. 时态数据库的成果、缺陷与未来[J]. 计算机科学, 1999, (3): 63~ 65.
- 3 张师超. 时态数据库述评[J]. 计算机科学, 1992, (3): 37~ 42.
- 4 刘仁义, 刘南, 苏国中. 时空数据库基态修正模型的扩展[J]. 浙江大学学报, 2000, 27(3): 196~ 200.
- 5 舒红, 陈军, 史文中. 时空数据模型研究综述[J]. 计算机科学, 1998, (6): 70~ 74.
- 6 黄明智, 张祖勋. 时空数据模型的 N1NF 关系基础[J]. 测绘学报, 1997, 26(1): 1~ 6.
- 7 张祖勋, 黄明智. 时态 GIS 的概念、功能和应用[J]. 测绘通报, 1995, (2): 12~ 14.
- 8 唐常杰, 于中华, 游志胜等. 时态数据的变粒度分段存储策略及其效率分析. 软件学报, 1999, 10(10): 1085~ 1090.



刘仁义 1960年生, 博士, 副教授, 1998年调入浙江大学工作. 主要研究领域为面向对象的空间数据库理论、时空数据模型及 GIS 应用系统技术开发. 近一年多来, 获两项省部级科技进步奖, 在国家一级学报发表论文 10 余篇.



刘南 1944年生, 教授, 博士生导师, 天体物理专业本科毕业. 90年代初在国外从事地理信息科学领域研究工作多年, 回国后创办浙江省资源与环境信息系统重点实验室, 任主任至今. 近两年获 3 项省部级奖, 在国家一级学报发表论文 10 余篇, 主要研究领域为 GIS 理论及应用.

## 提醒读者: 兼容耗材对使用效益的严重损害

众所周知, HP DesignJet 大幅面打印机系列设备以其高精度、高稳定性的优异品质著称. 它的稳定性, 并不是靠单一一台设备就能够带来的, 而是靠着整体系统的质量保障来支撑的. 综观如今市面上的耗材市场, 质量品质经过 HP 认证的有哪家? 一些使用者为了降低成本, 不管品牌质量, 一概拿来使用, 但是这种兼容耗材对设备整体性能、打印质量、整体综合成本、企业信誉影响及对整体效益所带来的人利人弊, 是否掂量过, 是否需要认真的科学分析?

### 对设备的影响

介质系统 一些劣质的纸张、背胶材料, 其品质的确令人怀疑. 从调查得知, 有时机器内部无缘地卷进无数的纸屑、胶条、杂质, 久而久之, 机器竟陷入了瘫痪状态, 最后无奈, 只好经过 HP 售后系统报修, 对机器进行深度拆解, 才把杂质清理出来. 且不说费用多少, 从机器的深度拆解、大修, 对其性能的影响是非常大的, 性能大打折扣, 甚至其机械精度会受到致命的影响. 使用劣质纸张, 得不偿失.

墨头 到目前为止, 墨头处于技术领域的关键地位, 仍然无法使用盗版, 其成本是无法降低的. 降低成本唯一的方法是善待墨头, 让它工作在洁净的环境中. 使用 HP 原装墨水产品, 墨头的寿命是非常有保障的. 在正常的使用中, 一只 5000 的墨头, 其喷墨量是 1500~ 2000ml. 实际上使用原装墨水, 墨头达到 2000ml 以上, 直至 3000ml 也是非常正常的. 而使用非原装厂的墨水产品, 墨水的成本是降下来了, 可是墨头喷孔的精度却受到了严重的损害. 因为微米数量级的喷孔对溶液洁净度的要求非常高. 不法厂商为了谋取暴利, 在不良甚至恶劣的环境中生产散装墨水, 又在人为的灌装条件下, 墨头的堵塞是无法避免的. 成本比值迅速提高.

静电测试 电子类产品的大敌是静电. 而大幅面打印机又是特别容易产生静电的设备. HP 原装耗材, 经过严密的静电测试, 遵循国际标准, 可以完全保证在设备上放心使用. 而非正规厂商的耗材产品, 其品质就难以得到保证. 静电不仅影响打印质量, 更严重的是它对设备的损伤. 由于静电烧毁了设备的主板、电路, 其维修费用是很高的.

供墨系统 原装的墨盒只能使用一次. 如果使用灌装墨水, 反复地填充它, 难免对它造成损伤, 而且它的密闭机构又很难让人发觉它是否损坏. 假如损坏, 墨囊泄露, 墨水会通过供气系统回流至输气管道内, 严重时一直倒灌至气泵, 烧毁设备电气元件. 增加不必要的维修费用.

### 对打印质量的影响

色彩还原 HP 设备的打印质量过人之处, 是它的色彩还原度好, 色彩逼真、自然, 这既关系到技术的先进, 也与纸张、墨水的质量密不可分. 非原装耗材的纸张涂层质量、光洁度、白度都达不到要求, 当然谈不上色彩的逼真了.

黑度 墨水的黑度有严格的标准, 的确不是一般的厂商所能做到的. 灌装墨水有很明显的黑度不足, 打印一个纯黑的色块, 往往不纯黑, 而隐隐透出暗红色. 其他颜色的墨水饱和度也同样会严重影响打印质量. 特别是在大批量业务的色彩偏差处理上, 要消耗相当的人力和物力.

干燥速度 劣质耗材的干燥速度非常慢, 长时间凉不干. 干燥过慢, 会严重影响打印质量和工作的高效率进行, 而且印刷品会严重粘连, 致使打印作业报废.

CAD 应用 线条图和超小文本的打印精度之高是与优秀的耗材产品离不开的. 因此, 在科研、CAD 应用领域更应该用原装耗材而对非原装耗材说: “不!”