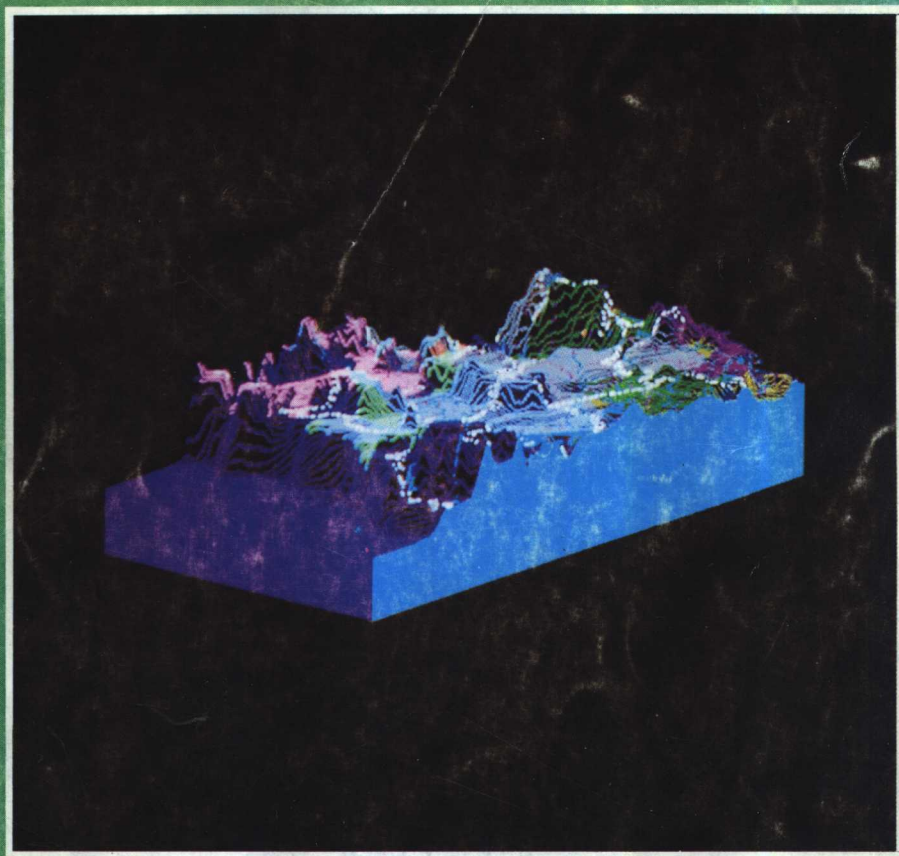


林火管理信息系统

寇文正 主编



中国林业出版社

林火管理信息系统

寇文正 主编

中国林业出版社

(京)新登字 033 号

主 编 寇文正

副主编 徐泽鸿

编 委 李京武 刘媛 陈阳 黄壮军 刘建杰 杜永胜

林火管理信息系统

寇文正 主编

中国林业出版社出版(北京西城区刘海胡同7号)

新华书店北京发行所发行

艺苑印刷厂印刷

787×1092 毫米 16 开本 13.5 印张 362 千字

1993 年 4 月第 1 版 1993 年 4 月第 1 次印刷

印数 1—3000 册 定价:12.00 元

ISBN 7-5038-1136-6/S·0637

序

森林火灾是世界性的林业重要灾害之一。每年都有一定频率发生,造成森林资源的重大损失和全球环境污染。从这个意义上说,森林火灾是森林资源的大敌,也是整个人类的大敌。广大林业工作者和人类社会对森林火灾的预防、扑灭和灾后恢复都给予极大的关注,付出了辛勤的劳动和巨额的投入。但是,森林火灾的发生和发展规律的掌握,森林火灾的预防和控制还远未尽心意,还有大量的深层次的工作有待林业工作者和全人类去做。

我国是人均占有森林资源较少的国家。新中国成立以来,在党中央和国务院正确领导下,在各级党委和政府的大力支持下,通过全社会办林业、全民义务植树和全国林业职工的辛勤劳动,我国的林业生产建设有了长足的进步,森林面积有了明显的增加,森林覆盖率已达 13.63%,但是,随之而来的森林保护任务却更加重大。由于我国林火管理部门和广大林业职工的努力,近年来,我国的森林火灾发生率呈逐年下降的趋势,已取得低于世界平均发生率的良好成绩。

为了全面贯彻森林防火“预防为主,积极扑救”的方针,配合林业“三防”体系的建设,为使先进的计算机技术和信息技术更好地服务于护林防火工作,受国家森林防火指挥部办公室的委托,林业部信息中心的科技人员经过 3 年的辛勤工作,在有关省、市和地区森林防火部门的密切配合和支持下,开发了“林火管理信息系统”,于 1992 年 6 月通过了由林业部科技司主持的技术鉴定,并在系统功能覆盖面和数据库、图形库、模型库结合技术上处于领先进位。系统开发后,已先后在云南、吉林、黑龙江、北京等省、市进行了示范推广,获得了较好的效果,为我国林火管理信息提供了一个适用的工具。

当今社会是信息社会,加强林火信息管理对护林防火尤其重要,它是护林防火工作的重要基础。“林火管理信息系统”是计算机、信息、林火科技人员互相结合、紧密配合的产物,是集体劳动的结晶。这个系统的开发既借鉴了国际上的先进经验,又吸收了国内的丰富研究成果。

本书包括了两个部分:第一篇是林火管理信息系统研制原理,第二篇是林火管理信息系统操作手册。相信本书的出版对提高林火信息的管理水平,科学建立林火信息反馈机制,挖掘林火信息的丰富内涵,都将会有十分积极的意义。希望各级森林防火部门、林业企业和主管部门以及广大林业科技工作者都能认识它、了解它、掌握它,使“林火管理信息系统”能更好地服务于护林防火和整个林业生产建设事业。

徐有芳

1993 年 2 月

1993.2.6

目 录

序 言

第一篇 林火管理信息系统研制原理

总论	(1)
第 一 章 地理信息系统	(18)
第 二 章 森林火险预测预报系统	(32)
第 三 章 林火蔓延模拟系统	(47)
第 四 章 飞机林火巡航路线优化设计系统	(56)
第 五 章 辅助瞭望塔设计子系统	(64)
第 六 章 森林火灾损失评估系统	(70)
第 七 章 扑火辅助决策子系统	(78)
第 八 章 林相图与地形图的配准和标准化	(106)

第二篇 林火管理信息系统操作手册

第 九 章 图形编辑	(121)
第 十 章 地图数字的模型	(134)
第 十 一 章 属性数据库管理系统	(139)
第 十 二 章 图像游动	(145)
第 十 三 章 叠加分类	(155)
第 十 四 章 森林火险预测预报	(157)
第 十 五 章 林火蔓延模型	(161)
第 十 六 章 巡护航线规划	(166)
第 十 七 章 扑火辅助决策	(170)
第 十 八 章 森火火灾损失评估系统	(188)
第 十 九 章 林相图标准化	(195)
第 二 十 章 模型库管理系统	(200)
第 二 十 一 章 瞭望塔辅助设计	(203)
第 二 十 二 章 火点定位、查询	(204)
第 二 十 三 章 打印机绘图	(206)
参 考 文 献	(209)

第一篇

林火管理信息系统

总 论

1991“林火管理信息系统”研制项目(文中称“国家林火管理系统”),历时2年零8个月,于1991年9月完成立项时规定的全部内容和部分追加内容。

为了保证国家林火管理系统研制成功,国家森林防火总指挥部、林业部调查规划设计院森林资源监测计算中心等单位投入了大量人力、物力。有15个单位,43人参加了国家林火管理系统的开发工作。这些单位覆盖了我国从南到北的典型省份和典型林区,代表着我国不同立地条件下,不同森林类型中森林防火工作的特点,为本系统研制成功打下基础。国家森林防火指挥部领导的精心组织和各地方森林防火部门的大力支持则是国家林火管理系统的研制工作顺利进行的必要条件。

一、国内外林火管理系统及同类软件发展状况

随着计算机软、硬件技术的飞速发展,随着森林防火工作水平的不断提高,计算机技术和森林防火工作的关系越来越密切。尤其是80年代以来,许多国家研制了高水平的计算机林火管理系统,有力地促进了森林防火工作的发展,大大提高了森林防火、灭火工作的效率。计算机之所以能在森林防火工作中取得成效是因为计算机不仅能够分析大量的与森林防火有关的气象、森林可燃物和历次森林火灾等数据,使森林火险预报、林火行为模拟和森林防火灭火等工作建立在充足信息源的基础上,同时,它还能使一些构模复杂,计算量较大的森林防火灭火方法、模型实用化。计算机的应用为森林防火管理水平和技术水平的提高,展现了广阔的前景,并已成为许多国家森林防火管理工作中的不可缺少的部分。

纵观世界计算机支持的林火管理系统,其发展趋势有两个方向。其一是管理系统的大型化。这类系统主要建在小型机或中型机上。其目的是利用更多的计算机的内存空间和更快的运算速度,以提高系统性能。其二是管理系统微机化。由于新一代微型机功能的增强,小型机、中型机的功能基本上能在微型机上实现,由于其造价低,使用灵活方便,这使得森林防火管理系统微机化大有可为。

例如,1985年美国在其东部林区用微型计算机模拟可燃物类型和林火行为,并以此为依据制定林火管理计划。1988年美国在微型机上研制了野外火管理辅助决策系统。该系统通过对可燃物和气象因素的分析,利用动态规划方法制定决策方案,为决策者提供辅助决策信息。1988年加拿大根据本国情况研制了微型计算机支持的林火天气指标计算系统。该系统不但能方便地为使用者

提供林火天气指标，同时还具有训练林火管理人员熟悉林火天气指标的功能，是一个实用的林火管理工具。除了在一些发达国家出现了较先进的微机林火管理系统外，其它国家也陆续出现了微机林火管理系统。如印度、摩洛哥等国都根据自己的国情研制了类似计算机管理系统。

从世界各国已经成功研制的计算机林火管理系统来看，功能较全、代表着时代最新技术的可谓加拿大魁北克的“计算机林火管理系统”和世界银行向我国推荐、在加拿大推广并由加拿大资源与环境管理系统开发有限公司开发的“林火管理系统”。魁北克计算机林火管理系统被国际上公认为站在森林防火新技术发展的前沿。该系统建在以 PDP11/44 为主机的计算机系统上。其数据库群包括气象数据库、雷电数据库、林火数据库和易燃物及地形数据库。其功能块包括林火预测程序集、气象程序集、资源档案程序集和林火行为程序集。加拿大资源与环境管理系统开发有限公司开发的“林火管理系统”由两部分组成，其一是初期出击信息系统，它以林火气象信息为基础，通过对林火行为预测和林火发生概率计算为初期扑火提供依据。其二为持久扑火信息系统。它也是以林火气象信息为基础，通过计算林火天气指标和林火蔓延动态模拟为持久扑火提供依据。

近年来，计算机技术也正在逐渐向我国森林防火管理中渗透。黑龙江林科院森林保护研究所于 1981 年编制了林火发生预测计算机程序，该程序能计算分块后的各区域林火发生概率，并能将其以图形的形式显示计算机屏幕上。东北林业大学则为我国东北林区的黑河等地区研制了以 AUTOCAD 为图形管理系统的林火管理系统软件。该软件能够进行火险预报等林火管理工作，并借助 AUTOCAD 的图形管理功能为用户提供直观的图形表达形式。伊春林管局和解放军燕山计算机应用研究中心联合在日本生产的计算机图形专用机上开发了林火图形系统，该系统可进行图形检索并具备简单的定位查寻功能。

二、我国森林防火现实系统分析

(一) 森林防火工作信息流程

- 1. 非森林防火期 森林防火工作主要是专业技术培训、设备维护、森林防火工作总结和森林防火规划，森林扑火队伍处于休整阶段。
- 2. 森林防火期 林火未发生时，森林防火工作是发布林火天气预报和森林戒严，并随时监测森林状况。防止林火发生。这一时期信息流程如下（图 1）。

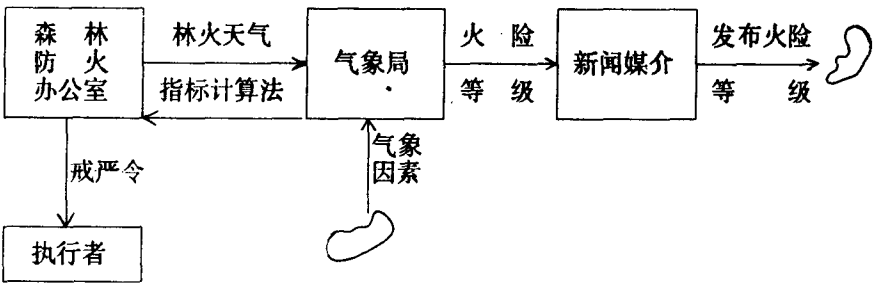


图 1 森林防火期信息流程图

森林防火办公室选择适宜的林火天气指标计算方法，将其交给气象局，或者森林防火办公室和气象局共同商议确定林火天气指标计算方法。气象局根据气象情况计算林火天气指标，确定火险等级。并将其传给新闻媒介，由新闻媒介向公众发布火险等级。森林防火指挥部根据情况发布戒严令，对林区实行戒严。其信息流程可抽象为图 2。

- 3. 林火发生期 森林防火工作是根据林火发生情况，依据“打早、打小、打了”的方针，制

定扑灭方案，将林火扑灭。其信息流程如下（图 3）。

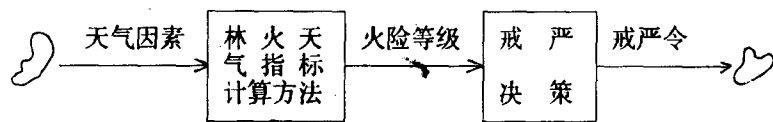


图 2 抽象的森林防火期信息流程图

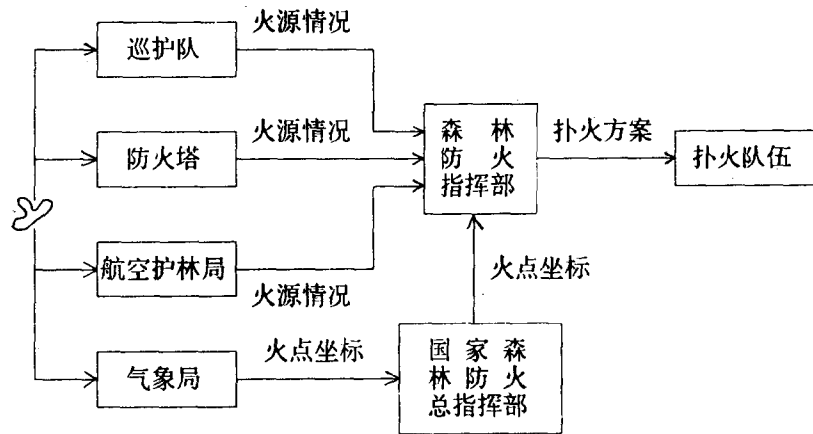


图 3 林火发生期信息流程图

目前我国对森林火情的监测，呈四层立体势态。在地面，由巡护队在林区巡逻。发现林火后立即报告森林防火指挥部。在山头，设有瞭望塔，瞭望哨工作人员日夜监视着瞭望塔覆盖区的火情。一旦发现火源，立即测其方向和距离，然后将测量结果报告森林防火指挥部。在空中，有航空探火飞机在森林上空飞行，发现火源后，立即测定其地理坐标，并将火情报告森林防火指挥部。在航空探火飞机之上，气象卫星日夜监测着火情，有关部门接受到卫星资料后，测定各火点的经纬度，然后将测定结果传送国家森林防火指挥部。国家森林防火指挥部再将这些信息传送给地方森林防火指挥部。

4. 林火熄灭后 森林防火部门将组织林火损失评估，以确定林火给人民生命财产造成的损失程度。损失评估信息流程如图 4。

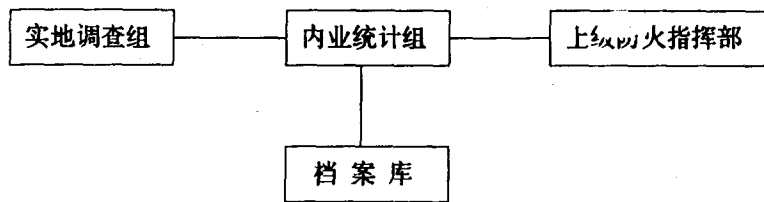


图 4 林火熄灭后信息流程图

实地调查组通过经纬仪测量或罗盘仪测量或现地勾绘确定火灾区域，并做受害程度调查。调查数据经求积仪求积，面积计算，蓄积计算，分类统计后存档和上报。

（二）森林防火中几个主要问题

1. 火险指标的选用 国内外火险指标种类繁多。①指标构模过程简单，使用简单，但精度差，有时会得出违背常识的结论。②指标构模过程简单，使用过程复杂，有类似于①类指标的缺点。③

指标构模难度大,使用过程却相当简单。这类指标实用,但需要进行大量的数据分析和具备丰富的分析知识。④指标构模难度大,使用过程也极复杂。这类指标由于受使用性限制,不受用户欢迎,研究者对其兴趣也不大,可以说是一个基本未开发的领域。从上述4类火险指标中可以看出,后两类精度较高,但却受到构模难度和使用复杂程度的限制,而前两类往往难以满足实际需要。因此如何开辟一个火险指标的构模环境和使用环境,对于选用实用的火险指标影响极大。显然如何选用火险指标的问题实际上也是一个如何开辟火险指标构模环境和运行环境的问题。在我们这样一个火险指标体系还未建成的国家里尤其是这样。一个好的构模环境应该建立在有效的数据管理基础上,并有多种科学方法对这些数据进行分析。良好的使用环境应该是只需简单的操作,便能迅速、准确的计算各种复杂火险指标模型。

2. 林火行为 森林火险指标是森林防火工作中采用的重要指标之一,但它并不能满足林火管理人员对林火特性深入了解的要求。要了解林火特性,必须对林火行为进行较深入的研究。同类可燃物蔓延模型和异类可燃物蔓延模型是反映林火行为的重要工具。通过对它们进行认真分析,可以从静态和动态两个方面了解林火行为。同类可燃物蔓延模型可以提供各种可燃物中林火蔓延速度。这一速度指标可作为对某些地区进行重点防范的依据。异类可燃物蔓延模型是扑火决策的重要依据。可见了解林火行为对于森林防火工作是不可缺少的,然而它却是我国森林防火现实系统中的短项。

3. 瞭望塔分布 瞭望塔一般建于山头。每一瞭望塔应有一定的可视覆盖区。林业局的瞭望塔群应尽可能覆盖其管辖区域的全部森林。在设计瞭望塔分布时,既要考虑设立尽可能少的瞭望塔,又要保证不降低监视效果。目前,我国许多地区建设瞭望塔的过程极为简单。他们只经粗略的观看地形图,便将瞭望塔的位置确定下来。建塔后如发现盲区太大,便实测瞭望塔的覆盖面。然后增设部分瞭望塔。这种设立瞭望塔体系的方法缺乏合理的统筹安排。另外,实测的覆盖区也极不准确,往往与实际情况相差甚远。但森林防火工作人员又苦于没有更好的方法可以利用。在这种情况下,研制一种辅助设计瞭望塔分布的方法或计算现有瞭望塔体系的盲区,以便对这些盲区加强警戒,已经成为一项森林防火工作中的迫切任务。

4. 如何提高航空探火效率 飞机航空探火是监测森林火情的方法之一。由于我国林区地域辽阔,而航空探火费用较高。航空护林局只能有选择的在某些林区进行林火监测。航空探火路线规划的主要依据是森林分布图,这种规划方法没有考虑不同区域的林火发生危险程度等许多重要因素,不能保障航空探火的高效率。要提高航空探火效率,必须分析更多的有关林火发生的信息,并在此基础上采用科学的规划方法制定航空探火路线。

5. 气象卫星火点定位 通过处理气象卫星资料,可以发现地面火场情况,并能给出火场地理坐标,然而由于不知道该坐标点的森林状况,无法确定该点是否为林火。正是由于这种不确定性,导致基层森林防火工作者经常进行一些没有任何意义的扑火工作,或扑救一些并不存在的林火,如农业和工业用火等,因此很多地区拒绝接受气象卫星火情信息。造成这一现象的核心问题是林火判别问题。因此如何判别气象卫星提供的火点是否为林火,是提高气象卫星资料价值的重要环节。

6. 制定优化的扑火方案 林火一旦发生,就必须立即组织扑救。但如何组织扑救却是一个科学性极强的问题。显然采用人海战术扑救林火并非最佳选择。在大兴安岭特大森林火灾发生期间,我们动用了约3万人左右人力,实属国内外罕见,而实际上在火线上的扑火人员却不到1万人,这说明扑火队伍的调遣在林火扑救中十分重要。此外扑救方法也绝不能忽略,方法不当不仅无助于扑救林火,还会造成更大损失。有些地方不适当的采用以火攻火、炮火等方法扑火,结果造成更大的损失。由此可见林火扑救方案必须建立在科学的基础之上才能发挥其效益,否则,结果无法

想象。

7. 提高损失评估精度和效率 一场大火过后, 森林防火人员除了要进行外业测量工作外, 还要进行内业统计工作。其中内业工作量有时会大大超过二类调查的内业汇总工作, 这是由于火场区域的不规则性所决定的。也正是由于火灾评估的这种复杂性, 使一些单位放弃了认真的评估工作。因此, 如何简化林火损失评估工作, 同时又能提高评估精度, 目前已引起有关部门注意。

如何提高评估速度是一个突出的问题。尤其在林火损失预测, 以便为扑火决策提供依据时更是如此。此时要求损失评估在十几分钟内得到评估结果。而按我们目前的评估方法, 即使小区域的林火损失评估也需要几天的时间。损失评估的速度问题不解决, 其成果对于辅助决策将毫无意义。林火损失评估中另一个比较尖锐的问题是蓄积量计算问题, 即蓄积量数据取自未更新的二类调查数据。而该数据可能是几年前调查的结果。如要将这些数据更新为最新时态数据, 其工作量十分庞大, 使许多评估者望而生畏。随着森林防火水平的提高, 以及扑火决策对评估精度的需求, 显然它已成为一个不可回避的问题。

上面提到的问题正是森林防火现实系统中存在的主要问题, 也是国家林火管理系统需要解决的主要问题。

三、国家林火管理系统及其研制原则

通过综合分析国内外林火管理系统的特点和我国森林防火的现状, 可以确定国家林火管理系统应该是计算机支持并以 GIS 为基础的现代预测和决策方法为手段, 以森林防火灭火为目的的管理信息系统。它不应该只是一种综合性的数据处理系统, 因数据处理系统解决不了前面提到的问题。国家林火管理系统也不应该是一种不能充分发挥作用的专家系统, 因目前专家系统还处于萌芽阶段, 其方法无法满足大系统要求。为了研制上述国家林火管理系统, 制定如下研制原则。

1. 立足于自身和立足于现实的原则 国家林火管理系统涉及了多种硬件设备、系统软件 and 多种理论方法和技术。系统选用时尽可能利用国内技术, 并开拓具有我国特色的符合现实系统的新技术。对于某些国内目前尚未成形的设备和技术, 进行多重比较, 有选择地使用。并尽可能立足于自身对国外产品和技术进行开发, 保证国家林火管理系统的实用性和持久性。

2. 长远利益和当前利益相结合的原则 国家林火管理系统研制成功后应能适应目前森林防火工作的需要, 并能立即发挥其预定作用, 在短期内取得明显效益, 这就是我们说的当前利益。在国家林火管理系统的研制过程中还应充分考虑该系统的长期效益。尤其在制定数据库结构和图形库结构时, 应保证数据结构的长期有效性, 这也是保证系统连续性和使用寿命的基础, 也是避免国家人力、物力、财力浪费的基本要求。

3. 宏观性与微观性相结合的原则 国家林火管理系统主要用于中央、省、林管局和林业局的林火管理工作。它应以宏观管理为主体, 为中央、省和林管局提供林火管理信息, 并辅助林火管理人员进行宏观决策。同时, 国家林火管理系统应能适当的为基层林业局提供某些微观林火管理信息, 使目前缺乏信息管理工具的林业局森林防火指挥部能得到一个得力的助手。

4. 综合性原则 国家林火管理系统中的数字文字数据库和图形库的信息应具有综合性、完整性。目前, 森林防火的若干方面还存在着许多不同的学术观点, 从而派生出各种指标体系、模型和方法。这些指标体系, 模型和方法都有自己的特点, 有各自不同的适应环境。而我国各地地理条件和社会环境都有很大差异, 因此综合利用各种信息, 优选适宜的火险指标体系、模型和方法, 充分管理和利用好前人的研究成果, 有着重要的现实意义。

5. 系统性原则 国家林火管理系统由若干个子系统组成, 每个子系统又由若干次级子系统组

成。在系统研制过程中,尽可能地保持子系统的独立性,即系统的各部分既可作为独立的较小整体存在,又在系统中结合成为一个有机的整体。既能体现子系统的独特功能又能充分发挥系统整体效益。

6. 有序性原则 在实现国家林火管理系统全部功能的前提下尽可能做到系统结构简单,层次清晰,模块分割合理,功能明确,系统稳定可靠和实用。

7. 易扩展、易维护原则 当今世界科学技术发展迅速,森林防火工作对“国家林火管理系统”的要求也将随时间的推移而不断变化。因此国家林火管理系统需要随时修改、扩充才能满足用户需求,才能延长系统使用寿命,这就要求在研制系统时,认真考虑今后的维护问题。

8. 人一机界面友好的原则 通过各种方法保证国家林火管理系统中,人一机界面友好,使用户在尽可能短的时间内学会使用本系统的全部功能,从而提高“国家林火管理系统”的实用性。友好的人一机界面是任何应用软件的基本要求,是衡量软件质量的重要指标之一,也是软件研制的技术难题之一。必须予以重视。

7. 标准化、规范化原则 国家林火管理系统要求信息收集制度化、信息形式标准化、信息内容系统化、信息储存档案化、信息传递规范化。

四、国家林火管理系统功能设计

(一) 硬件组成

国家林火管理系统的硬件组成可用图 5 表达。

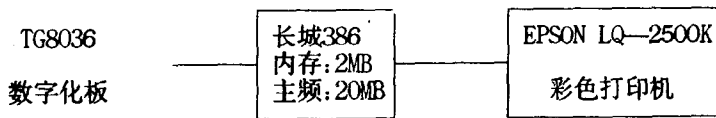


图 5 硬件组成

1. 选长城 386 为国家林火管理系统主机 长城 386 为我国自行生产的微机,其主要性能标准均不亚于国外同类机型。长城 386 配备的 CEGA 和 CVGA 图形卡具有其独特的优越性。其中 CEGA 有两种显示方式,即 C014 方式和 EGA 方式,在 EGA 方式下与 EGA 卡完全兼容。CVGA 则同超级 VGA 卡完全兼容。这些特性使得长城 386 微机图形功能强,汉字使用方便。长城 386 基本配置如下:

内 存: 2MB
主 频: 20MB
显示卡: CEGA 或 CVGA
硬 驱: 80MB
软 驱: 1.2MB
360KB
协处理器: 80387

2. 选用 TG8036 数字化仪为图形输入设备 其精度为 0.254mm, 完全满足国家林火管理系统的精度要求。其有效面积 610×914mm, 相当于 A1 图纸的幅面。可一次输入一幅国际分幅地形图和大部分专业用图。但对某些幅面较大的图则需要分块输入。

3. 选用 EPSON LQ—2500K 彩色图形打印机为输出设备 EPSON LQ—2500K 彩色打印机通

过 3 种色带自动变换,可输出 6 种不同颜色。其图形输出精度为 0.28mm。与选用的数字化仪精度相协调。EPSON 打印机满足国家林火管理系统的数字、文字和图形输出要求。

(二) 目标分解

国家林火管理系统为我国林业局、林管局、省和中央的森林防火工作提供有效的管理决策信息,辅助各级决策者制定决策方案。应该特别指出,国家林火管理系统并不能代替各级决策,而只能辅助决策,它应同各级决策机构融合为一个整体,决策者可以通过国家林火管理系统提供的信息对决策对象进行综合分析,作出相应决策。具体地说国家林火管理系统分以下几种情况为用户提供服务。

1. 在非防火期,国家林火管理系统可作为用户进行林火知识训练的工具,也可作为辅助防火设施建设设计的工具。

(1) 防火知识训练

- 火险知识训练 林火管理工作人员通过气象因子的感知判断火险指标值,或在给定气象因子的条件下判断火险指标值。然后计算机迅速显示正确的答案,通过反复训练,使林火管理工作人员能快速准确的判断火险指标。

- 林火行为知识训练 受训者通过计算机模拟的同类可燃物蔓延速度和异类可燃物蔓延过程,学习在各种气象条件下,各种地形状况下和各种可燃物类型中的林火行为特性。

- 扑火决策模拟实验 国家林火管理系统为扑火指挥者提供模拟扑火实验室。它通过向扑火指挥者提供各种图面资料和数字文字信息使扑火指挥者能针对各种模拟火场制定扑火方案。扑火指挥者还可参考本系统提供的方案。

(2) 辅助瞭望塔体系设计 用户可在计算机上布置每一瞭望塔,然后计算机在获取用户给出的参数后计算各瞭望塔覆盖区。没有被瞭望塔覆盖区覆盖的林区便是盲区。森林防火工作者可通过多次瞭望塔布设和覆盖区计算选择较优的布设方案。

以上提到的各种非防火期系统目标可用图 6 表示。

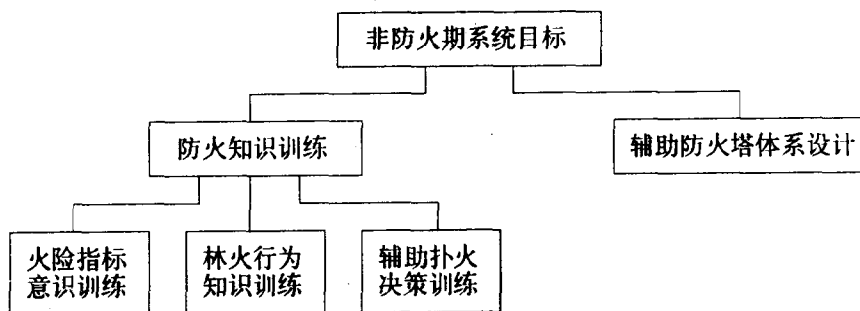


图 6 非防火期目标分解

2. 森林防火期林火未发生时,森林防火工作处于防范阶段,此时既要防止任何可能导至森林火灾的行为发生,又要高度警惕地监测森林,一旦火灾发生便能指挥扑火队伍迅速开赴火场。这一时期“国家林火管理系统”应能完成如下任务。

(1) 火险预报 根据气象局发布的气象预报,国家林火管理系统迅速为用户提供每天的森林火险指标。考虑到我国地域辽阔,自然地理条件差异很大,系统还能为不同的用户提供构造各自的火险指标模型和选择火险指标模型的机会。

(2) 林火行为预测 林火行为预测是通过对气象要素的了解对林区进行同类可燃物进行蔓延速度计算和对异类可燃物蔓延状况进行模拟。用户可通过这种模拟计算了解各种地形、植被和气

象条件下的林火危险程度，以便对危险区域进行重点监视。

(3) 航空探火路线规划 系统根据各区域的林火发生可能性制定优化的航空探火路线，以便提高航空探火效率。

上述森林防火期林火未发生时的子目标可用图 7 表示。

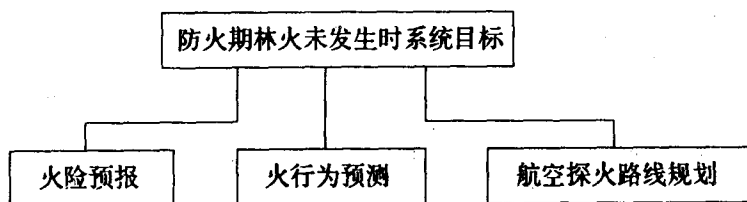


图 7 防火期目标分解

3. 林火发生时国家林火管理系统为用户提供辅助决策信息，帮助用户制定决策方案。

(1) 调遣扑火队伍 本系统针对不同的林火类型辅助用户确定派遣扑火队伍的类型，并通过查询数据库确定由何调遣扑火队伍。系统还将针对林火蔓延情况，提出派遣扑火队伍的数量和扑火队伍的装备等参考意见。

(2) 确定各扑火队伍的行进路线 本系统通过分析火场情况、道路情况和扑火队伍的地理位置后，为各扑火队伍选择一条能在最短时间到达火场的路线。使各扑火队伍能尽快赶到火场，迅速扑灭林火。

(3) 计算扑火费用 每进行一次扑火工作必然消耗一定的人力物力。本系统对每一扑火方案都可计算其人力、物力投入，并统计其扑火费用。扑火方案制定者可根据本系统提供的扑火费用预估值和林火损失金额预估值进行比较。将比较结果作为评价扑火方案的指标之一。

上述林火发生时的子目标可用图 8 表示。

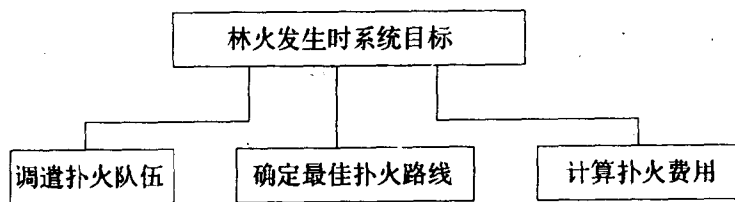


图 8 林火发生时目标分解

4. 林火扑灭后，国家林火管理系统可作为用户进行林火损失评估的工具，对林火损失进行全面评估。一般情况下，本系统应在 10min 左右为用户提出损失面积、损失蓄积和损失金额报告，帮助用户迅速了解火灾损失情况。

用户也可在本系统支持下模拟火场，然后对模拟火场进行损失评估。其评估报告可作为决策者制定决策方案的重要依据。

(1) 林火损失面积计算 本系统以任一火场与经营小班叠加所形成的图形斑块视为火灾损失面积统计基本单元。支持用户按林场、林班、小班、树种、林龄、郁闭度等关键字进行林火损失面积统计。

(2) 林火损失蓄积统计 林火损失蓄积是基于损失面积。用单位面积上的林木蓄积和林木受害程度计算出来的。本系统支持用户对单位蓄积随时更新，使单位蓄积具有最新时态，从而保障林木损失蓄积的正确统计。本系统同样支持用户按林场、林班、小班、树种、林龄、郁闭度等进

行损失蓄积统计。

(3) 损失金额计算 本系统通过林业部颁布的林价计算法计算林木损失金额, 为用户提供具有较好可比性的经济指标, 以使用户进一步分析火灾损失。统计关键字与上相同。

以上火扑灭后的子目标可用图 9 表示。

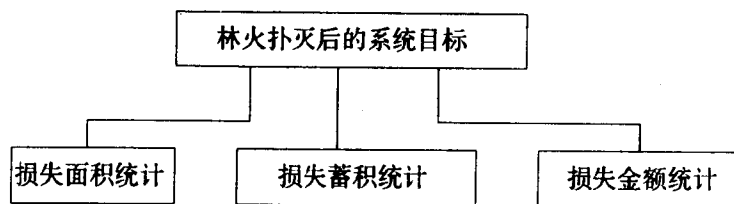


图 9 林火扑灭后目标分解

(三) 输入设计

国家林火管理系统为完成其功能必须有充足的信息源。这些信息包括以下几个方面:

1. 图形信息

(1) 行政区划图 该图提供按地区、县、乡分级的各级行政区所辖范围。

(2) 林业行政区划图 该图提供按林管局、林业局和林场分级的各级行政区的管辖范围。

(3) 道路图 道路是运载防火人员和物质的基础设施, 道路图提供各种级别的道路以区分它们对各种运载工具的运行条件。

(4) 水系图 水系是可燃物类型中具有特殊意义的部分, 即在水中火蔓延速度为零。水系也是重要的防火设施, 是有效的林火蔓延阻隔带。水系还是重要的扑火物质, 它将决定水车和水枪的使用价值。水系图将从上述 3 个方面为森林防火提供信息。

(5) 居民地及扑火队伍分布图 居民地可以提供两方面的信息。人为火主要发生在居民地附近。因此居民地可以提供有关林火发生的部分信息。居民地同时也是森林防火灭火的主要力量, 是进行扑火决策时需要考虑的信息源。专业扑火队伍则是森林灭火的骨干力量, 其驻地的地理位置也是林火管理系统的信息之一。

(6) 等高线 等高线是构成数字高程模型和数字地理模型的基础, 它包含了完整的地形和地貌信息。因此它是森林防火必备的原始信息。

(7) 林相图或森林分布图 林相图和森林分布图为国家林火管理系统提供可燃物分布状况和作为森林防火保护对象的森林的空间结构。由于林相图精度较高, 用户应尽可能输入林相图。在缺乏林相图的地区可以输入森林分布图。

(8) 气象站覆盖区 从各气象站的覆盖区可以确定气象数据的有效范围。气象站覆盖区不可重叠, 不可遗漏。

2. 属性数据 属性数据分别储存在相应的属性数据库中, 属性数据库中的每条信息都表达某一相应地域的一种属性。在国家林火管理系统中, 用户需要向如下数据库输入数据。

①气象数据库 ②火灾记录数据库 ③森林资源数据库 ④扑火队伍数据库 ⑤行政区划数据库 ⑥林业行政区划数据库 ⑦水系数据库 ⑧道路数据库 ⑨居民地数据库 ⑩防火机构数据库 ⑪航空护林防火数据库。

3. 模型 模型库储存用户需要使用的模型, 向模型库输入模型可通过 3 种方式进行。

(1) 用户通过计算机键盘直接向模型库输入函数关系和参数明确的模型。这类模型一般不需要模型库管理系统过多的加工就可供用户调用。

(2) 用户输入含未知参数的模型,模型库管理系统通过调用数据库数据对模型进行统计分析,然后确定这些未知参数。最后将模型存入模型库。

(3) 用户选择函数和变量,模型库管理系统自动生成模型,并存入模型库中。

(四) 输出设计

国家林火管理系统通过对输入信息分析处理后,为用户提供如下信息:

1. 有关火险指标的图形。
2. 同类可燃物蔓延速度图和异类可燃物蔓延模拟图。
3. 有关森林植被的图形。如林龄分布图、郁闭度分布图、树种分布图等。
4. 有关气象因素的图形。如温度分布图、湿度分布图、光照分布图等。
5. 火场状况图。
6. 地理要素图,如道路、水系等。
7. 地形图,包括数字高程模型、数字地形模型和三维立体显示等等。
8. 森林防火设施分布图,包括航空护林用图和地面设施分布图。
9. 用户自行定义的图形和通过模型库模型计算生成的新图。
10. 上述各类图叠加生成的新图。
11. 火险指标。
12. 林火蔓延参数。
13. 航空探火路线规划有关信息。
14. 瞭望塔盲区计算有关信息。
15. 扑火方案。
16. 林火损失评估成果。

五、国家林火管理系统结构设计

(一) 国家林火管理系统数据流程

国家林火管理系统的主要数据流程可用图 10 表示。

1. 具有国际标准分幅的图件可直接进行数字化,将各种点、线、面转换为相应的数字数据,分别存入图形库中。
2. 除林相图之外的所有非国际标准分幅图件,首先转绘于国际标准分幅框架上,然后进行数字化,并存入图形库。
3. 林相图直接在数字化仪上进行数字化,然后进行几何校正。校正后的图形,再按国际分幅/重新分块,形成标准图。
4. 入库后的图形受图形库管理系统控制,进行各种图形操作。
5. 描述扑火队伍、森林防火设施和森林资源等的数据库,直接通过数据库辅助输入系统存入数据库中。
6. 每天的气象数据由林火天气指标计算系统计算出天气指标后存入数据库。
7. 森林资源数据库和气象数据库经数据再分配形成新的数据库,并组合到数据库群中,这种数据再分配的目的在于了解决三维数据结构问题。
8. 数据库受数据库管理系统控制进行各项数据操作。
9. 林火行为模拟系统从图形库获取林相图、气象图、地形图;从数据库中获取森林资源数据和气象数据。然后,根据林火蔓延速度模型通过以上信息计算各种不同条件下的林火蔓延速度,并

生成同类可燃物林火蔓延速度图，在给定火场条件下林火行为动态模拟系统模拟火场形势，并生成不同时间的火场形势图和其它林火蔓延参数。

10. 瞭望塔覆盖区计算系统，从图形数据库中获取用户管辖区的全部高程图 (DEM) 和防火塔分布图，然后进行逻辑合成。该系统根据可视半径和增高再计算各瞭望覆盖区及盲区，并生成瞭望塔覆盖区域图，同时将成果存入图形数据库。

11. 航空探火规划系统根据数据库提供的林火信息生成大网格林火发生概率图，在此基础上，该系统进行定点探火路线规划和定距探火路线规划。

12. 林火扑救辅助决策系统从图形库中获取扑火队伍图；从属性数据库中获取扑火队伍有关信息；从林火行为模拟系统获取林火蔓延参数。以这些信息为基础确定参加扑火队伍的类型、规模、攻击方向和扑火工具。该系统从图形库中获取道路图和扑火队伍分布图；从林火行为模拟系统获取给定时刻的火场状况图或由用户设定火场地理位置，该系统为每一扑火队伍选择最佳扑火路径。在扑火队伍类型、规模、装备和扑火路线确定后，该系统从数据库中获取相应数据，计算扑火总费用。

13. 火灾损失评估系统从图形数据库中，能最大限度调用显示林火发生地区的综合图作底图，用户在其上勾绘火场轮廓线，然后在此基础上计算火场面积，并生成相应数据库。将处理完毕后的火场图与林相图叠加分类，形成林火损失评估基本图。在该基本图的基础上进行不同类型的受害区损失面积统计，损失蓄积统计和损失金额计算。评估成果或存入数据库或输出给用户作扑火决策参考。在以上过程中，火场图也可直接从图形库中获取。

(二) 结构分级

在信息流分析的基础上，国家林火管理系统采用目前使用较广泛的功能分割法将本系统分成多个结构级。本系统被分为 9 个子系统和一个独立模块。这 10 个子系统分别是图形库管理子系统、属性数据库管理子系统、模型库管理子系统，火险指标计算子系统、林火行为模拟子系统、瞭望塔辅助设计子系统，航空探火路线规划子系统、林火扑救辅助决策子系统和林火损失评估子系统。独立模块为林相图配准和标准化模块。国家林火管理系统的一、二级结构可用图 11 表示。

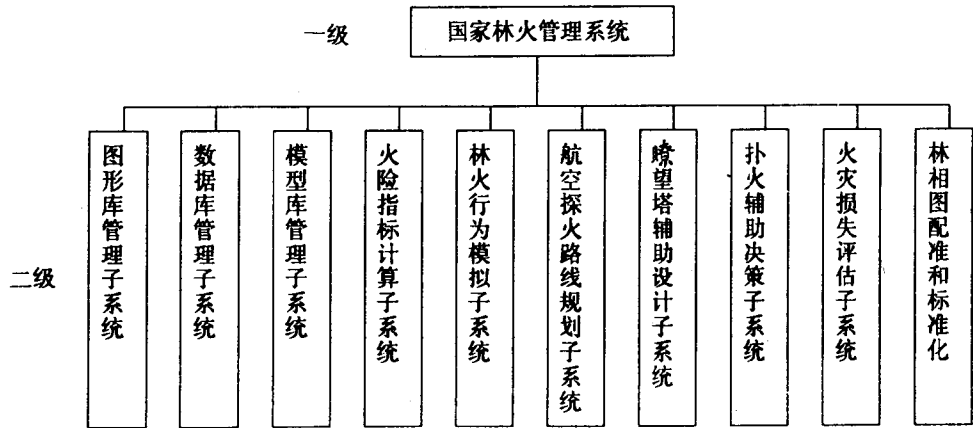


图 11 系统一、二级结构

1. 图形库管理子系统 图形库管理子系统是地理信息系统 (GIS) 的三个组成部分之一，国家林火管理系统中的图形库管理子系统包括以下次级子系统：图形编辑子系统、数字地形模型子系统、用户工具子系统、图象操作子系统和输出子系统。其中图形编辑子系统具有辅助输入、编辑点线面的功能。该子系统还将负责矢量数据向格网数据的转换、面积测量、距离测量、属性库生

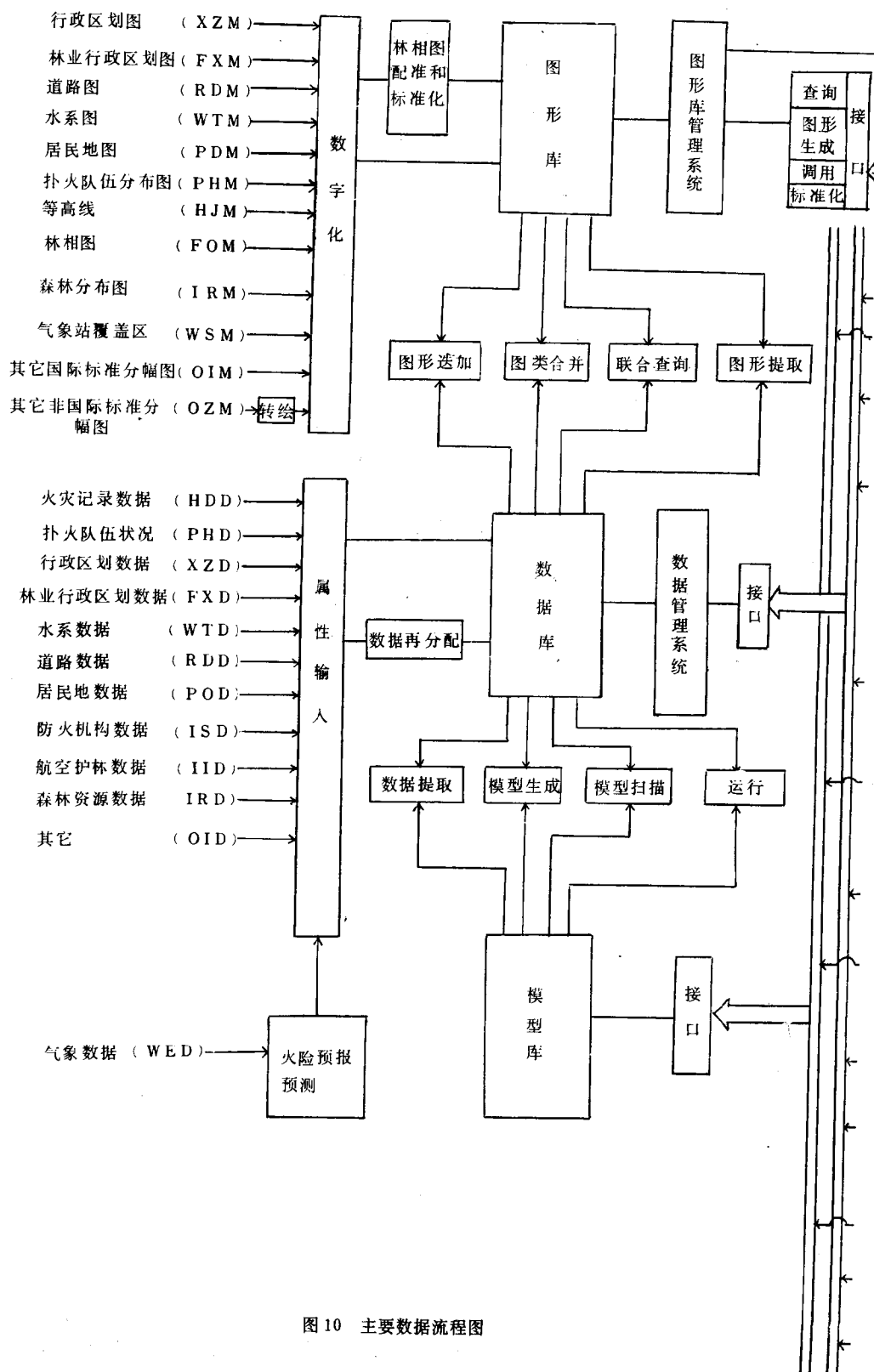


图 10 主要数据流程图