

• 计算机技术 •

城市给水排水管网系统专用 GIS 平台开发与应用

陈宇辉 刘遂庆

(同济大学环境科学与工程学院, 上海 200092)

摘要 运用地理信息系统进行城市给水排水管网数据管理,有助于提高企业管理的质量和效率。但是目前采用的 GIS 软件平台都是覆盖电信、电力、国土资源、煤气、交通、水利、水务运营等多个专业的通用 GIS 平台,应用于城市给水排水行业有较多冗余功能,既浪费资源也降低系统的运行效率。一般不能直接满足行业的特殊需求,需进行二次开发。以华东地区某市给水管网地理信息系统应用为例,对城市给水排水管网专用 GIS 平台的开发与应用进行一次尝试。

关键词 系统设计 地理信息系统(GIS) 管网

地理信息系统(Geographic Information System, GIS)是利用计算机输入、输出、查询、分析地理信息的一门综合性技术学科,是一种功能强大的信息管理工具。起源于 20 世纪 60 年代,早期主要应用于军事、自然资源管理、测绘等领域。近几年,随着计算机技术的发展,地理信息系统在给水排水工程中亦得到了广泛的应用。

地理信息系统与给水排水工程专业相结合,可以实现给排水管网资产管理、管线设备统计查询、优化调度、事故处理等一系列功能,是构建城市给排水决策支持系统的基础环节,具有重要的实用价值。

1 系统开发背景

目前,国内使用较多的地理信息系统主要有:Arc/Info、GenaMap、Spaceman、MapInfo、Autodesk Map、MapGis、SurperMap 等。这些国内外 GIS 系统均是通用性极强的系统,一般来说,功能全面,分析手段完善,就其所能处理的范畴,远远超出给水排水行业的专业要求。但在专业深度上,不能拿来就用,必须做大量研究工作并采用 VB、VC、Delphi 等开发工具根据专业需求进行二次开发,以适应给水排水的行业需求。二次开发不仅需要较长周期,而且开发的好坏,往往直接决定了 GIS 系统最终能否满足工程需要。同时,由于通用 GIS 系统兼顾专业范围广,使得软件庞大,价格昂贵,功能冗余,既是一种不必要的投资浪费,又是制约整个系统运行速度和效率的关键原因。

基于上述分析,于 2004 年开始从底层直接进行

城市给水排水管网地理信息系统平台(HYGIS)的开发工作,力求使这套专业 GIS 系统能直接满足给排水管网系统的专业需求,充分体现专业 GIS 平台简单、实用、高效、稳定的特点。

2 专用 GIS 平台设计

2.1 系统设计思想

针对通用 GIS 平台的优缺点,给水排水专用 GIS 系统设计的思想是在满足给水排水管网功能的前提下,尽量简化 GIS 系统,仅保留能应用于城市给水排水管网系统的功能。图形表达方面不采用传统的 GIS 或 AutoCAD 等图形工具作二次开发,而完全从底层开发支持管网图形显示、编辑、修改、缩放等功能的图形引擎,利用 Oracle、SQL Server、Access 等数据库进行数据存储管理,对于管网规模不大的中小型城市,也可以采用文件混合数据库方式存储管网数据。针对城市电子地图信息庞大,占用内存资源多的特点,提供 dxf、jpg、map 等多种地图显示模式,加快系统运行速度,并针对地图不同信息进行分层处理,进一步降低地图对系统运行速度的制约。

给水排水管网系统专用 GIS 系统仅需存储城市管网的拓扑图形、汇水区域、属性数据等静态信息和管网维护、阀门开关等动态信息。其空间结构相对简单,对象种类少,数据总量小。一般而言几十万人口的中型城市的管段数($DN25$ 及以上)约 10 万条,采用当前主流 PC 机就能流畅运行,降低了系统的硬件费用。

整个系统采用 Visual Studio C/C++ 6.0 开发,充分利用 C/C++ 代码高效精炼的特点,也极大提高专用 GIS 平台的运行效率。

2.2 软件设计

2.2.1 系统结构

本系统结构见图 1,整个系统分为三层:

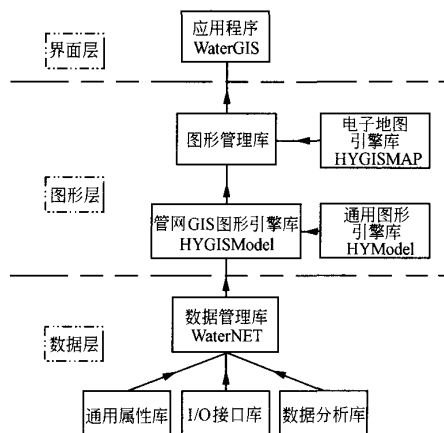


图 1 HYGIS 系统结构

(1) 界面层:为系统的用户界面,实现用户和系统之间的交互。

(2) 图形层:主要实现电子地图和管网图形及设备的显示。其中电子地图引擎库(HYGIS Map)负责系统电子地图的显示和漫游;通用图形引擎库(HYModel)实现管网拓扑结构的编辑、显示、漫游等操作;管网 GIS 图形引擎库(HYGIS Model)实现管网中各类设备(阀门、水表、窨井等)、区域及文字等图素的编辑、显示、漫游及管理等操作。

(3) 数据层:管网 GIS 数据的存储通过数据层控制,I/O 接口库负责数据的存储方式,决定管网拓扑图形采用 SQLServer 等数据库方式存储还是 HYGIS 专用 wms 二进制格式的混合数据库方式存储,也可以用 txt 通用文本格式保存数据。通用属性库对管网的属性信息进行存储操作,数据分析库则负责管网维护、巡检、爆管等维护运行信息的存储。

2.2.2 管网元素

管网基本构件类:

```
class ZNetObject;    //!< 构件基类
class ZNetNode;      //!< 节点类
class ZNetLink;      //!< 管线类
```

```
class ZDeviceObject; //!< 设备类
class ZpumpObject;   //!< 水泵类
class ZvalveObject;  //!< 阀门类
class ZtextObject;   //!< 文字类
class ZareaObject;   //!< 区域类
class ManholeObject  //!< 窨井
class GullyObject    //!< 雨水口
```

以上类实现给水排水管网中的主要构件,对于设备的细分(如蝶阀、闸阀、球阀)通过子类或参数设置的不同来表达。根据给水排水管网的特点,在 HYGIS 中完整表达管网中的所有设备及其属性,使得软件交付给企业使用之时,能在系统中直接实现管网各类设备的绘制和属性设置,而避免二次开发的手段表达通用 GIS 系统不能直接提供的设备,缩短项目的实施周期。并且可以根据本身管网的特点,选择某些设备不显示在软件界面中,如有些城市的给水管网中已经完成了灰口铸铁管的更新换代,则系统中可以选择屏蔽该类管材,使得菜单界面及属性设置更为简洁。

根据国内给水排水企业的基础数据以纸图保存居多,数据录入多为屏幕数字化的现状,并针对普通用户多以 CAD 为常用绘图软件的特点,本系统图形元素的表达和绘制尽量与 CAD 风格类似,快捷键设置也与 CAD 默认快捷键相同,使得在管网基础数据录入时,操作简单、便捷,用户一用即会,极大提高了软件的易用性,也缩短了企业的培训时间。

2.2.3 地图编辑

在给水排水行业中,电子地图的作用主要是确定管线的走向,为设备的查询、现场定位提供参照。给排水企业按照国家行业标准一般选用 1:500 或 1:1000 的图纸作基础地图,这样的图纸一般少则几百张,多则几千上万。图纸的信息量大,对系统的运行速度和存储都起到制约作用。企业关注的重点是给水排水管网,一般不需要对电子地图进行编辑、修改,当城市发展地形变化之后,通过电子地图升级即可保持地图的现实性。根据上述特点,本系统中电子地图主要采用 map 格式的图形文件作为管网管理的背景显示图,系统仅对其显示与否进行控制,而不需要编辑修改。同时根据用户需要对地图进行分层显示,在全图时,可以显示较为简单的行政区、

街道、河流等信息,放大到局部后,则根据需要显示人行道、路灯、街坊、绿地等详细信息,这样可以极大提高 GIS 的运行效率。

地图的生成及编辑在单独的 HYMapEdit 软件中进行,包括地图块添加、更新、分层、删除操作。首先导入 CAD 图形的 dxf 文件,根据需要,进行分层分块(每块为一个二进制的 blk 文件)存放,这样电子地图可以灵活地按层、按块显示。处理完成后,生成的 blk 文件保存相应位置的图形信息,map 文件对众多 blk 文件进行管理,最后将 map 文件链接至 HYGIS 以供使用。

由于实际工作中电子地图的修改操作频率很低,这样把系统核心中不常用的功能剥离出来,单独成块,达到简化系统的目的。

2.3 功能设计

HYGIS 的功能设计完全以服务于给水排水管网为目标,系统中的每一个功能均根据企业的实际需要设置,既实现企业的全部需求,同时也避免软件出现冗余功能。

下面逐一介绍各功能模块(见图 2)。

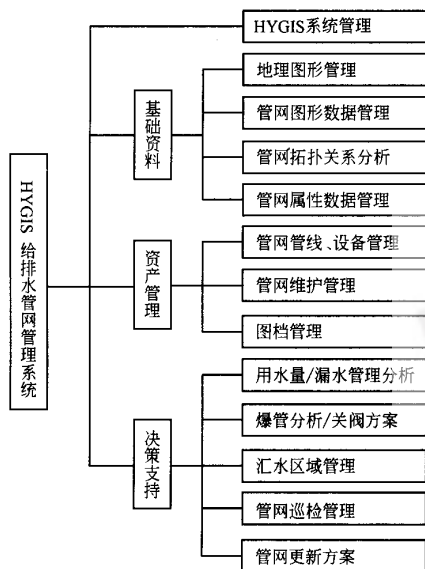


图 2 HYGIS 系统功能模块图

(1) HYGIS 系统管理:系统环境变量修改,用户权限设置,数据备份和交换功能,Windows 标准的联机帮助。

(2) 地理图形管理:地形图的显示、缩放、漫游,

不同地图层的开关。

(3) 管网图形数据管理:管网拓扑图形(管线、设备、区域、文字等元素)的编辑、显示、缩放、漫游,按区域查询统计管网构件,可测量图形长度、面积等,截面分析,纵断面图自动生成,分流/合流制管网分层查询等。

(4) 管网拓扑关系分析:管网连通性检查,管网孤立点检查,短距离点检查,重叠管线检查,点线距离检查,设备口径检查。

(5) 管网属性数据管理:实现管网各元素属性的录入、修改、删除,按不同属性对管网构件进行双向查询统计功能。

(6) 管管网线、设备管理:管线长度、使用年限、管材、施工单位等属性的管理、统计、查询,弯头、三通、四通、堵头、阀门、水表、消火栓、窨井、雨水口等设备的类型、生产厂家、安装日期等属性管理、统计、查询,以及卡片管理、详图查询等功能。

(7) 管网维护管理:管网中构件的状态、总的维护次数、上次维护时间、平均维护时间间隔、维护人员及维护内容等记录。

(8) 图档管理:实现管网规划图、设计图、施工图、竣工图、工程档案、地形背景图(包括位图和矢量图)等各类图纸的管理、查询,根据使用者的权限提供所需图纸、文档的浏览、创建、编辑、删除、复制、借用、查询等操作。

(9) 用水量/漏水管理分析:在水表管理的基础上,分析整个管网的用水量分布,结合管网地理信息系统和营业收费系统,对管网进行逐步探漏,达到降低供水产销差的目的。该功能为扩展功能,根据供水企业情况应用。

(10) 爆管分析/关阀方案:根据爆管历史数据,实现对供水管网爆管问题的常规统计分析及空间分析,得到爆管时间或空间分布规律,为爆管的预防和管网更新改建工作提供决策依据。供水管网突然发生爆管事故、管段停水维护或管道开叉接驳时,能自动搜索出关阀方案与受影响用户,并自动生成抢修单和报表。

(11) 汇水区域管理:根据城市地形地貌资料,辅助规划汇水区域,通过地面高程数据自动对汇水区域进行管理,并为雨污水管网模型数据提供数据支持。

(12) 管网巡检管理: 给水排水管网需要经常巡检, 该功能根据管网维护、爆管等各因素综合决定管网巡检计划, 突出管网巡检重点, 提高效率。

(13) 管网更新方案: 根据巡检、维护、漏水、爆管等各类数据, 经过系统和人工分析, 并结合城市规划、道路更新情况, 给出合理、科学的管网更新方案, 提前消除管网中不合理的地方, 降低爆管漏水或排水不畅等情况。

2.4 属性设计

HYGIS 作为给水排水专用 GIS 的特点就是完整地提供管网构件的所有属性设置, 全面体现构件的参数。同时, 考虑系统的灵活性, 依然提供属性自定义的方式, 方便用户能按自己的需要对属性进行编辑、添加, 保证完全实现用户的功能需求。

3 工程应用

按照上述原则进行了给水排水专业地理信息系统(HYGIS)的设计, 并将华东某市的给排水管网参数分别录入到软件中, 给水管网见图 3。

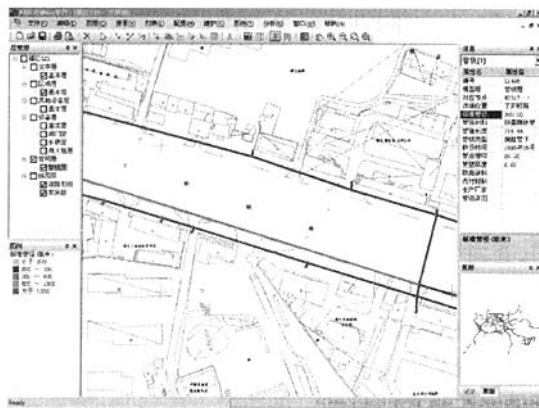


图 3 HYGIS 给水管网

该市区面积 273 km², 城区人口 70 万, 城区北临长江, 有运河河道穿越城区, 为丘陵地形。日用水量约 28 万 m³/d, DN100 以上(含)给水管网长度约 350 km。

给水管网系统于 2002 年采用第三方 GIS 软件平台进行城市给水管网地理信息系统的开发工作, 录入了当年的 DN200 以上的给水管道, 具备基本的管理查询功能, 但是由于通用软件平台的缺陷, 系统的运行效率和稳定性难以达到预期的效果。2004 年底转移至 HYGIS 系统, 并根据 CAD 竣工图纸增加 2002 年以后改扩建的管线。

在该项目中, 专业 GIS 平台的优势得到较好的体现, 其管线录入、数据查询、分类显示、管网分析等均获得满意的效果, 运行速度远超过通用 GIS 系统平台。因此, 大力发展专业 GIS 系统, 开发符合给排水专业特点的软件, 可有效提高国内给排水行业的信息化管理效果, 降低水务企业信息化建设的投资成本, 并为其他城市提供借鉴。

4 结论

目前国内给排水企业 GIS 应用的现状是, GIS 软件平台提供方多, 但具有给排水行业经验的少, 而许多给排水企业对 GIS 的认识尚不具体, 管理水平和技术力量也难以对通用 GIS 的二次开发提出好的需求, 因此最后企业做成的 GIS 系统各异, 功能不完整, 经常用到一个功能增加一个功能, 使得系统结构错综复杂, 最终容易导致项目维护失败。同时也使企业把注意力放到软件上, 而忽略了项目的重点——管网基础数据的管理和分析。

专用 GIS 的目的是实现给水排水行业内的通用地理信息系统, 符合行业统一标准, 系统像 Office 等办公软件一样直接使用, 使企业能把关注的重点放到管网基础数据的管理分析上来, 从而改善行业中地理信息系统的应用现状。

参考文献

- 1 李满春, 任建武, 陈刚, 等. GIS 设计与实现. 北京: 科学出版社, 2003
- 2 张力, 耿为民, 刘遂庆. 地理信息系统在排水系统管理中的应用. 城市道路与防洪, 2002, (1): 66~69
- 3 周玉文, 张忠秀, 李阳, 等. 沈阳市市政排水设施档案管理系统. 给水排水, 1997, 23(5): 19~20
- 4 黄宇阳, 许仕荣. 给水管网图形信息系统的研究. 给水排水, 1998, 24(10): 36~39
- 5 廖敏辉, 吴玉琴, 张敏. 广州市供水管网地理信息系统的开发与应用. 给水排水, 2002, 28(10): 81~84
- 6 姜永发, 张海涛, 曾巧玲, 等. ComGIS 技术开发排水管网信息系统. 中国给水排水, 2004, 20(2): 12~15

○通讯处: 200092 上海市杨浦区密云路 528 弄同济大学
博士生公寓 3-1201

电话: (021) 65985869

E-mail: yuhuixp@sina.com

收稿日期: 2005-08-31