

韦延兰,李文莉,周立新,等. 岩溶水文地质环境地质信息管理系统构建与实现[J]. 中国岩溶, 2018, 37(1): 146-153.
DOI: 10. 11932/karst20180109

岩溶水文地质环境地质信息管理系统构建与实现

韦延兰,李文莉,周立新,毕雪丽

(中国地质科学院岩溶地质研究所/自然资源部、广西岩溶动力学重点实验室,广西 桂林 541004)

摘 要:为服务地质调查数据管理需求,基于 GIS 平台,构建了岩溶地区水文地质环境地质信息管理系统,按标准对调查数据、空间数据进行集成整合,实现了岩溶数据资料信息的数字化、可视化、动态化管理。其系统主要功能模块包括调查数据管理模块、空间数据管理模块、数据核查管理模块、钻孔柱状图管理模块、基础数据管理模块、系统数据管理模块。

关键词:岩溶;水文地质;环境地质;地质信息管理系统

中图分类号:P208; P641 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-4810(2018)01-0146-08

0 引 言

中国为岩溶发育典型地区,岩溶类型多种多样,岩溶发育面积达 346 万 km², 占国土面积的三分之一^[1]。岩溶地区赋存丰富的水、矿产、油气和旅游资源,这对岩溶地区社会与经济的发展起到了举足轻重的作用。然而岩溶地区形态复杂^[2],一系列岩溶环境和自然灾害问题(包括石漠化、干旱缺水、洪涝、塌陷、地下水污染等)制约了岩溶区资源开发和经济社会的可持续发展^[2-3]。为解决岩溶地区资源和环境地质问题,近年来,中国地质调查局组织实施了一系列岩溶地区水文地质环境地质调查项目,开展了岩溶地区 1:50 万、1:25 万、1:5 万的水文地质和环境地质调查,获取了海量具有空间属性的成果数据,这些数据的可视化管理和有效的二次开发利用问题亟待解决^[4-8]。GIS 技术在 20 世纪 90 年代开始全面成熟应用在地学领域,具强大的空间数据采集、管理、空间分析与可视化的功能^[9-10]。鉴于此,本文基于 GIS 平台,构建岩溶地区水文地质环境地质调查信息管理系统,实现岩溶区资源和环境地质数据成果的共享,以期对岩溶地区资源开发和可持续利用提供数据支

撑,服务于地质调查数据管理和国家经济社会发展需求。

1 系统论述

1.1 系统设计原则

- (1) 标准化原则:系统设计符合 GIS 的基本要求,符合《基础地理信息要素分类与代码(GB/T 13923-2006)》、《中华人民共和国行政区划代码(GB/T 2260-2007)》等国家标准。
- (2) 先进性原则:系统适用于岩溶区地质数据的综合管理,解决日前岩溶区地质数据的单一管理问题,并为未来地质数据的综合分析做规划。
- (3) 兼容性原则:系统软件能够实现不同数据库之间的数据共享。
- (4) 高效性原则:具有高效的基础数据、空间数据等信息的存取、图形处理等功能。
- (5) 可靠性原则:严格控制 and 审查设计文档,保障软件设计的可靠性、完善性,并采用成熟开发工具和数据库产品提高应用系统的可靠性;开发过程管理采用 Code Review 和组内交叉测试方式进行质量控制。

资助项目:中国地质调查局项目(1212011121157,1212011220355);中国地质科学院岩溶地质研究所基本科研业务费(2002372017001)
第一作者简介:韦延兰(1987-),女,研究实习员,研究方向:基础地质,岩溶地质服务。E-mail: weiyannan@karst. ac. cn。
通信作者:李文莉(1987-),男,助理研究员,研究方向:遥感与地理信息系统、数据库建设。E-mail: liwenli@karst. ac. cn。
收稿日期:2017-06-07

(6)安全性原则:软件系统要有较高的安全防护,基本安全防护为静态式密码,需在一段时间后系统能自动提示用户更改密码,并严格管理密码,只有在特定用户状态下才能对用户的信息资料进行访问查阅;解决软件系统自身不具有的病毒检查能力,通过系统与其他外部病毒防护软件相结合的方式检查经过服务系统的文件资料是否携带病毒。

(7)通用性原则:突出人性化设计,简单、易操作,以满足当前需求为前提,考虑后期的发展需要。

1.2 系统功能设计

岩溶水文地质环境地质信息管理系统分为数据

库层、系统组件层和业务应用层 3 个层次(图 1),业务应用层包括调查数据管理模块、空间数据管理模块、数据核查管理模块、钻孔柱状图管理模块、基础数据管理模块、系统数据管理模块(图 2)。采用 C/S (客户/服务器模式)系统架构模式,分别调用各模块功能。将繁琐、复杂的计算实现后台运行,由主数据库统一进行空间数据、属性数据、中间数据的存储,系统功能模块以桌面应用程序的方式运行,系统客户端在安全受控的情况下,通过数据库引擎或数据连接组件进行数据的相关操作,呈现给用户一个界面友好、实用性和可操作性强的地质调查信息管理系统。

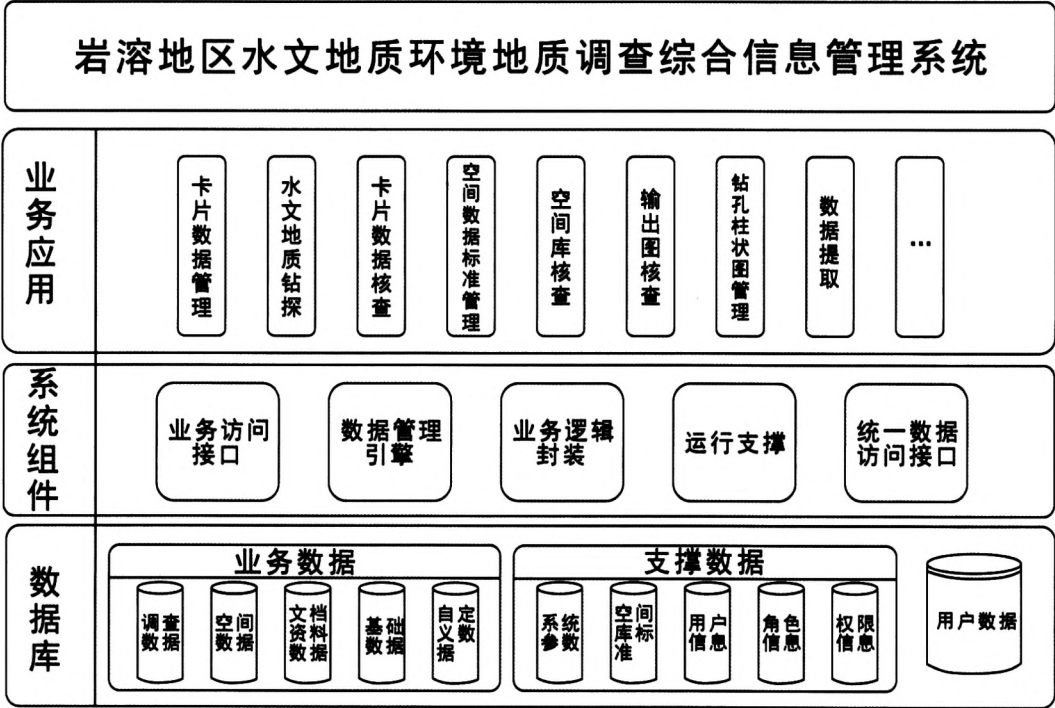


图 1 系统框架图

Fig.1 Framework of geological information management system



图 2 用户使用界面

Fig.2 Main interface of geological information management system

2 系统数据库设计

本系统以项目为主线,关联不同类型的数据,建立相同名称项目数据之间的横向联系,便于同类数据的统计对比。同时,整理不同属性数据类别,串联相应数据,实现数据之间的纵向关联。在各种数据之间建立纵横关联,实现多维、多角度业务数据的管理和访问;整理空间库标准及图式图例标准数据,结合系统建设完成数据表的设计;建立完善的信息管理安全控制体系,为数据的分级访问控制和用户、角色、权限的灵活管理及配置提供方便。

2.1 调查数据库

调查数据包含野外调查点基本信息表、各类调查类卡片数据、水文地质钻探数据、支撑数据、业务处理数据及配置管理数据等(图 3)。调查卡片数据主要包括地下水污染调查记录卡片、岩溶地貌野外调查记

录卡片、岩溶塌陷野外调查记录卡片、岩溶干旱野外调查记录卡片、岩溶洞穴野外调查记录卡片(表结构设计如表 1)、岩溶点野外调查记录卡片、石漠化调查记录卡片等。

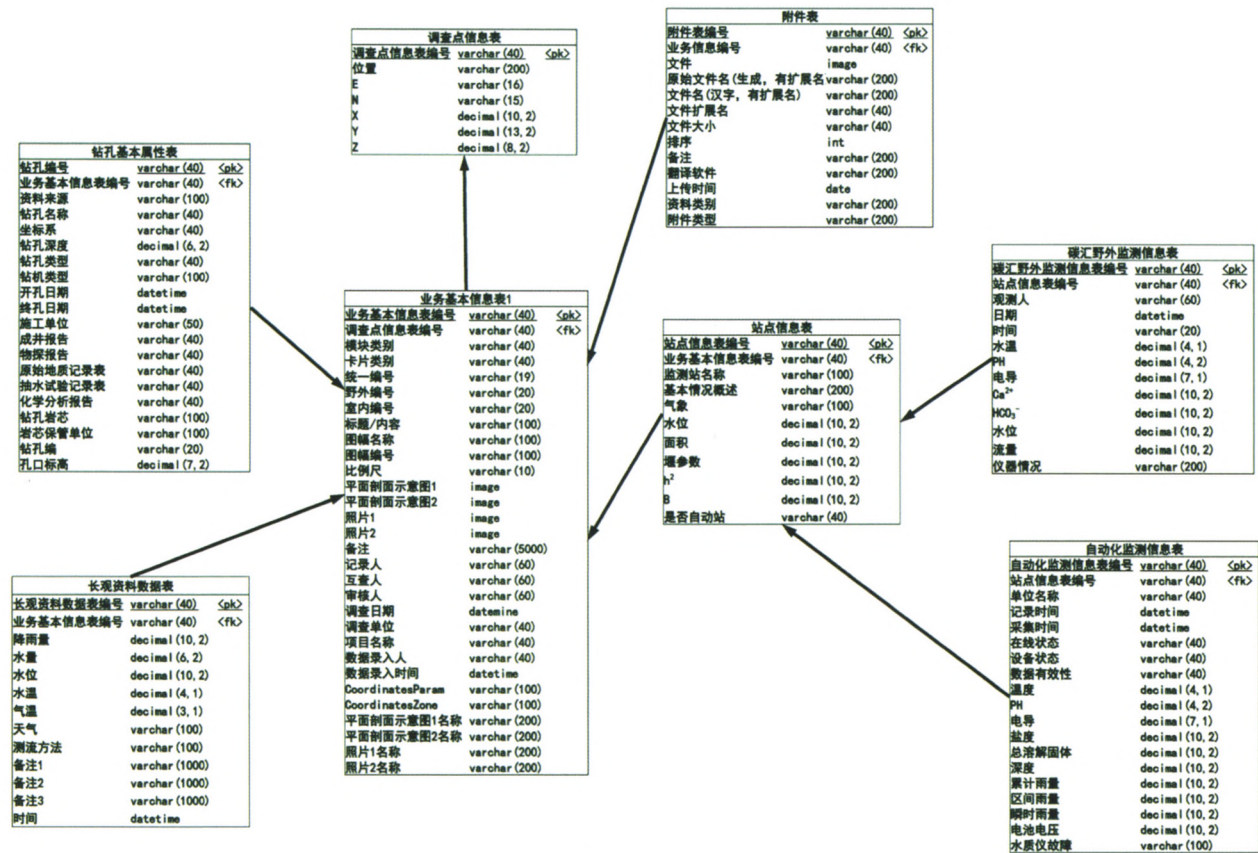


图 3 调查类卡片数据关系图
Fig. 3 Data relation of survey card

表 1 岩溶洞穴野外调查记录卡片数据表
Table 1 Karst cave investigation record card

名称	代码	数据类型	长度	注释
岩溶洞穴野外测量记录卡片_数据编号	CavesMeasureCardID	varchar(40)	40	
业务基本信息表编号	baseID	varchar(40)	40	
导线编号从	DXBHC	varchar(40)	40	
导线编号至	DXBHZ	varchar(40)	40	
后视	HS	varchar(40)	40	
斜长	XC	varchar(40)	40	
方向	FX	varchar(40)	40	
倾角	QJ	varchar(40)	40	
左宽	ZK	varchar(40)	40	
右宽	YK	varchar(40)	40	
顶高	DG	varchar(40)	40	
底高	DiG	varchar(40)	40	

2.2 空间数据库

空间数据指基础地理数据及各业务工作产生的专题数据等(图 4),包括业务支撑类数据表,主要为各类数据字典表、空间库名称数据表(数据表结构设计如表 2)、图层数据表、属性结果数据表、图式图例数据表、图

式图例参数数据表等。

2.3 文件数据库

文件数据指 Excel、Word 等格式的各类文件报告和 各种野外图片文件,本系统设计以其原有的格式存储到数据库中,实现数据的保存和调用。

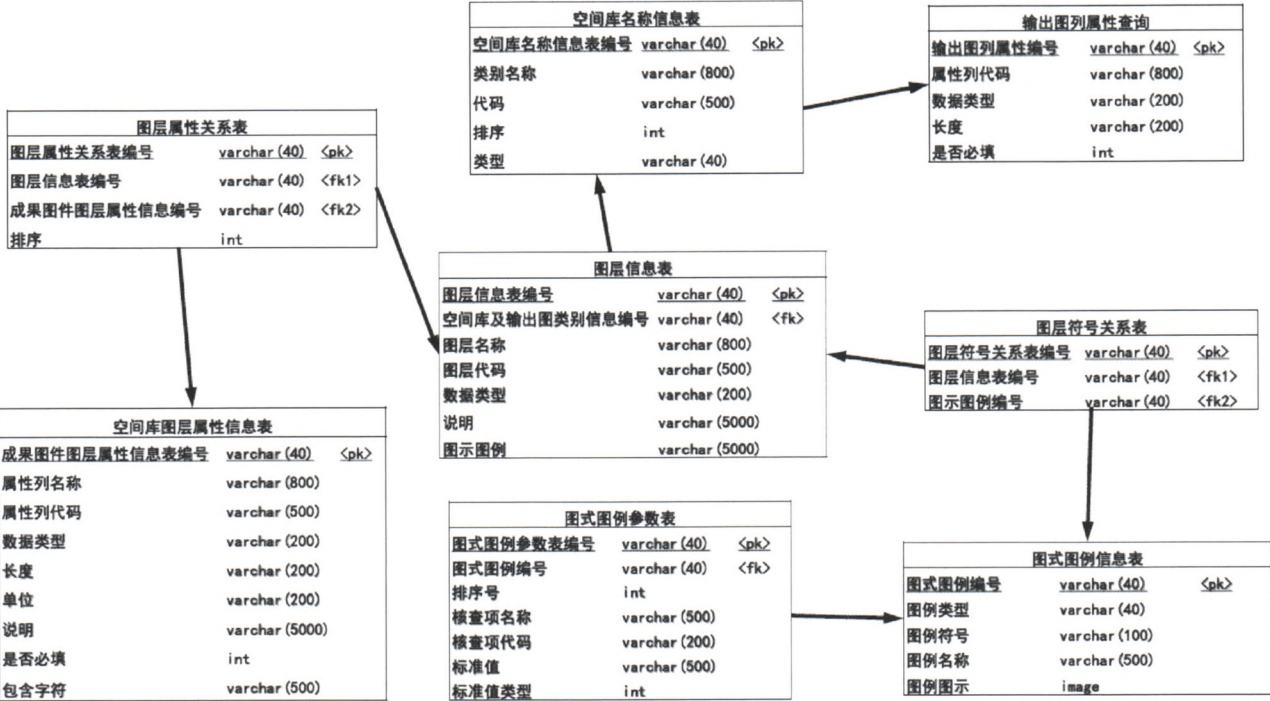


图 4 空间数据库关系图
Fig. 4 Relation of spatial database

表 2 空间库名称信息表
Table 2 Spatial database name

名称	代码	数据类型	长度	注释
信息表编号	MapsCategoryInfoID	varchar	40	
类别名称	MapsCategoryName	varchar	800	
代码	MapsCategoryCode	varchar	500	
排序	MapsCategoryOrder	int		
类型	MapsCategoryType	varchar	40	输出图或空间库

3 系统功能实现

3.1 调查数据管理模块

该模块主要是对各类卡片数据、水文地质钻探、样品分析数据、空间数据采集、综合数据采集、输出图数据采集进行管理,实现数据录入、查询、修改、导出、复制新增、删除、附件、导出表格、下载模板等功能。卡片数据修改、导出信息如图 5 所示。

3.2 空间数据管理模块

实现对空间数据展示进行放大、缩小、移动、刷新、选择调查点、地图定位、导出属性表等操作;空间数据核查包括打开文件、关闭文件、放大、缩小、移动、刷新、复位、区拓扑查错、线拓扑处理、图形文件裁剪等操作;专题数据管理,按 1 : 5 万、1 : 10 万、1 : 20 万、1 : 50 万、1 : 100 万比例尺分类管理。空间数据线拓扑检查如图 6 所示。

岩溶水天然水点野外调查记录卡片

第一页第二页

统一编号GZ10539104260241401

野外编号B045

室内编号

类型下降泉

位置贵州省安顺市镇宁布依族苗族自治县黄果树老抵拱村东500m

图幅名称安西镇幅

东经105°39'10.4"北纬26°02'41.4"

图幅编号G48E012015

坐标X2882016.00Y18565343.00Z1108.00(m)

比例尺1/5万

名称

水的理化性质

气温21.00℃色暗红色

水温17.90℃味苦味

PH7.87嗅无

电导率387.00μS/cm透明度清澈

污染现象无

水下沉积物碎石

污染源无

水位埋深

流量32.000L/s

测流方法流速仪

测流日期2016-07-26

动态变化

丰水期5-7月，枯水期为12-2月，暴雨后水溢出渠道，水变浑浊，常年不断流，流量变化2~30L/s。

该点位于坡脚处，坡度35°，属于岩溶峰丛洼地，洼地呈椭圆形，土壤厚度0-5m，植被以灌木为主，覆盖率80%。

保存

导出

关闭

图 5 修改、导出卡片信息

Fig. 5 Modifying and exporting card information

图 6 线拓扑查错

Fig. 6 Line topology error checking

万方数据

3.3 数据核查管理模块

主要包括卡片数据核查、空间库核查、输出图核查、空间库名称管理、图层信息管理、属性信息管理、图式图例管理七大部分。依据数据库标准和图式图例，对空间数据属性结构、内容的完整性和输出图的规范性进行核查、报错、定位、统计，实现数据核查功能，以辅助人工检查，提高空间数据的核查效率。卡片数据核查是对系统中各类卡片数据的图片信息进行核查，核查图片信息是否完整，并将未通过核查的结果进行展示。空间库核查是根据文件选择器打开并加载 MPJ 或 Map 格式文件，并将空间数据图层展示在地图区域，显示图层列表信息(图 7)，加载完成

后可对空间数据进行浏览，放大、缩小、移动、刷新、复位等基础地图操作；根据数据库中设置的空间库标准对空间库图层、图层属性结构、图层属性数据进行核查，并将核查结果导出。输出图核查是核查输出图图层中类型字段是否存在，图例符号和图例颜色是否与标准图例相符，将核查结果显示在结果列表中，可将核查结果导出。空间库名称管理、图层信息管理、属性信息管理、图式图例管理主要是对空间库标准及图式图例的维护，可对空间库名称、图层信息、属性信息、图例信息、图例参数等实现增、删、改、查操作，数据项内容较为简单，也可建立空间库与图层、图层与属性、图例与图例参数之间的关系。

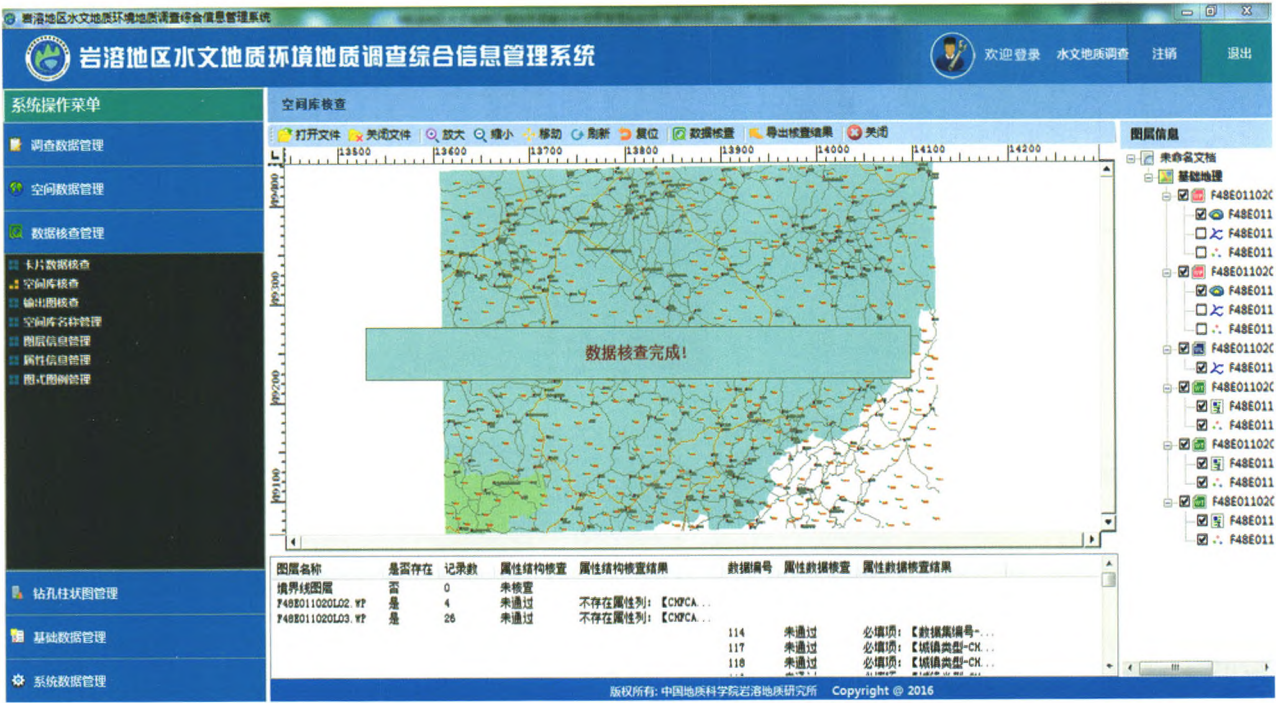


图 7 空间库核查界面

Fig. 7 Spatial database verification interface

3.4 钻孔柱状图管理模块

可实现钻孔数据录入、查询，根据已录入的水文地质钻探数据生成栅格版钻孔柱状图，包括综合柱状图、柱状图、表格曲线、独立曲线。用户选择生成综合柱状图(图 8)[包括钻孔综合柱状图；抽水试验综合数据表；Q-S-f(t)曲线；Q-f(s)曲线；抽水试验 S-f(t)曲线；恢复水位 S-f(t)曲线]的数据信息，系统按照流程进行，用户按流程操作生成综合柱状图，并

可进行保存生成综合柱状图、重新生成柱状图、放大、缩小、保持原始大小、打印、导出图片文件等操作。

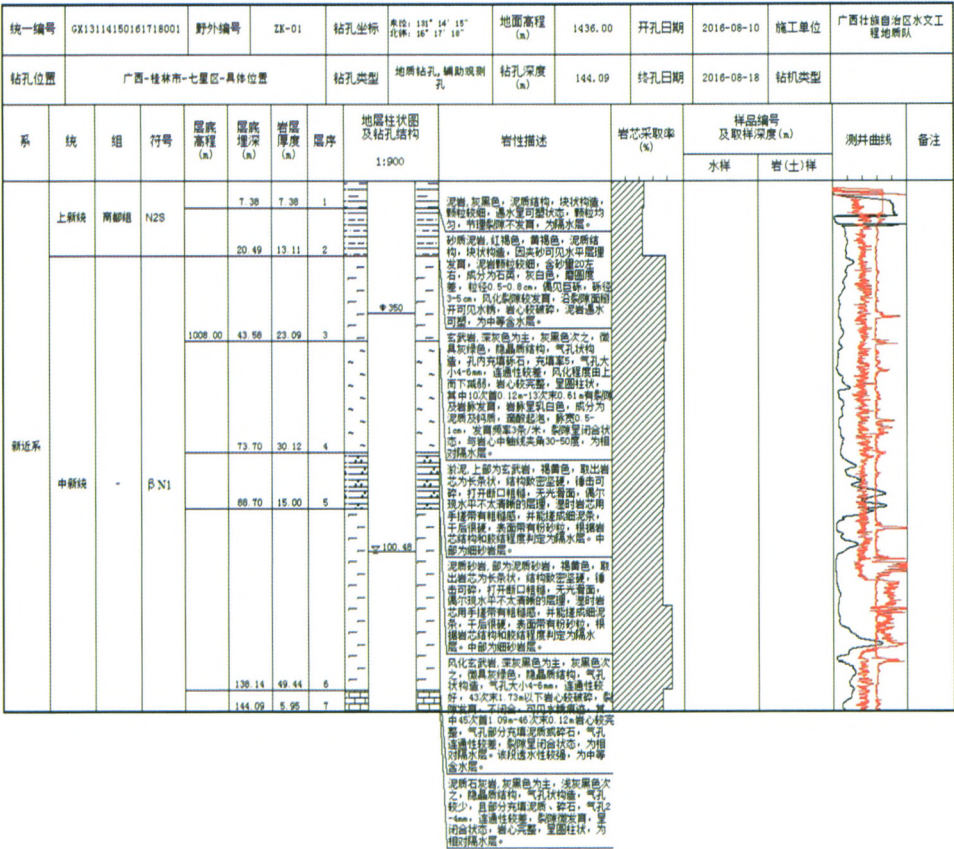
3.5 基础数据管理模块

数据管理主要是对项目、单位等信息的管理以及实现数据导入。实现项目信息的录入、修改、删除、数据迁移、数据库导出、导出表格、查询等功能。

3.6 系统数据管理模块

系统数据管理主要是对用户、角色进行管理。

汾河流域1:5万晋源、西铭、冶元幅岩溶水文地质调查
ZK-01号孔 水文地质钻孔综合柱状图



ZK-01号孔抽水试验综合数据表																			
试验编号	试验起止深度 (m)	孔深 (m)			抽水日期		抽水时间		水位观测		抽水流量		抽水功率		抽水效率		抽水成本		备注
		抽水前	抽水后	管程	开始	结束	延滞	稳定	水位	流量	功率	效率	成本	效率	成本	效率	成本	效率	
I	11.00 - 12.00	13.00	14.00	15.00	S1	P=1 2.3	P=2 3.4	5.6	7.8	9.10	11.00	12.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00
					S2	P=2 3.4	P=3 4.5	6.7	8.9	10.11	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00
					S3	P=3 4.5	P=4 5.6	7.8	9.10	11.12	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00
II	13.00 - 14.00	15.00	16.00	17.00	S1	P=4 5.6	P=5 6.7	8.9	10.11	12.13	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00
					S2	P=5 6.7	P=6 7.8	9.10	11.12	13.14	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00
					S3	P=6 7.8	P=7 8.9	10.11	12.13	14.15	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00
III	15.00 - 16.00	17.00	18.00	19.00	S1	P=7 8.9	P=8 9.10	11.12	13.14	15.16	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	25.00
					S2	P=8 9.10	P=9 10.11	12.13	14.15	16.17	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	25.00	26.00
					S3	P=9 10.11	P=10 11.12	13.14	15.16	17.18	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	25.00	26.00	27.00

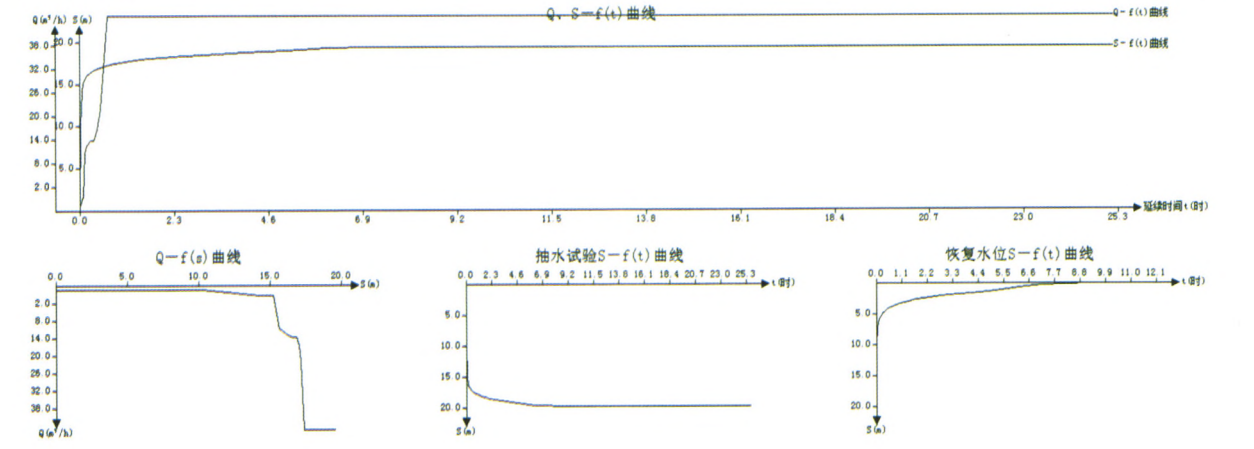


图 8 生成综合柱状图

Fig. 8 Automatically generating an integrated histogram

4 结 语

本文基于 GIS 技术构建了岩溶地区水文地质环境地质信息管理系统,对岩溶区的水文地质环境地质调查项目所取得的野外调查数据、分析处理数据、空间数据、成果数据等进行集合管理,以数据库共享的形式,建立不同数据库之间的内在联系,本系统在中国地质调查局组织实施的岩溶区水文地质环境地质调查项目中得到广泛应用,实现了岩溶区数据资料的数字化、可视化和动态管理,为下一步岩溶地质云和全球岩溶信息平台的建设提供了数据支撑。

参考文献

- [1] 袁道先. 新形势下我国岩溶研究面临的机遇和挑战[J]. 中国岩溶, 2009, 28(4): 329-331.
- [2] 夏日元, 蒋忠诚, 邹胜章, 等. 岩溶地区水文地质环境地质综合调

查工程进展[J]. 中国地质调查, 2017, 4(1): 1-10.

- [3] Yuan Daoxian, Liu Zaihua. Global Karst Correlation[M]. Beijing: Science Press, 1998.
- [4] 孔昭煜, 李晨阳, 范璘. 大数据时代地质资料数字资源管理保障体系研究[J]. 中国矿业, 2017, 4(4): 73-77.
- [5] 刘志洋, 李雅婷. 大数据时代下的 GIS[J]. 地下水, 2017, 39(1): 178-188.
- [6] 栗思淋, 梅祥. GIS 技术在水文地质领域的应用进展[J]. 技术探讨, 2017, 3(4): 124-125.
- [7] 齐钊宇, 孔昭煜, 高学正, 等. 地质资料数字资源建设现状及发展趋势研究: 以全国地质资料馆为例[J]. 中国矿业, 2017, 26(6): 34-38.
- [8] 李文莉, 时坚, 许琦. 乌蒙山区水文地质环境地质信息系统的设计与实现[J]. 节水灌溉, 2014(5): 82-84.
- [9] Shekhar S, Xiong H. Encyclopedia of GIS[M]. Springer US, 2008.
- [10] 王尔琪, 王少华. 未来 GIS 发展的技术趋势展望[J]. 测绘通报, 2015(S1): 66-69.

Construction and application of geological information management system in karst hydrogeological environment

WEI Yanlan, LI Wenli, ZHOU Lixin, BI Xueli

(Institute of Karst Geology, CAGS/Key Laboratory of Karst Dynamics, MNR&GZAR, Guilin, Guangxi 541004, China)

Abstract In order to serve the geo-survey data management needs, in this paper, a GIS-based platform is applied to the construction of geological information management system(GIMS) for hydrogeological environment in karst area. The system aims to integrate the data derived from karst hydrogeological survey projects, including the field geological survey data, the laboratory analysis data, the spatial data and the result data; and the digitization, visualization and motion managements for the karst data/information can be realized in the form of database sharing. The GIMS include six main application modules, which are survey data management module, spatial data management module, data verification management module, drilling histogram management module, basic data management module and system data management module. The GIMS has been widely used in the hydrogeological environment and geological survey projects in karst areas organized by China Geological Survey, which will provide data support for the construction of the next karst geological cloud and global karst information platform.

Key words karst, hydrogeology, environmental geology, geological information management system

(编辑 黄晨晖)