

doi: 10.3969/j.issn.1007-3701.2020.04.009

江汉洞庭平原 1:45 万水文地质图的编制思路及方法探讨

赵幸悦子¹, 喻望¹, 肖攀^{1*}, 关义涛², 姚腾飞³

ZHAO Xing-Yuezi¹, YU Wang¹, XIAO Pan¹, GUAN Yi-Tao², YAO Teng-Fei³

(1.中国地质调查局武汉地质调查中心, 武汉 430205; 2.湖北省水文地质工程地质大队, 湖北 荆州 434100; 3.湖南省地勘局 402 队, 长沙 410014)

(1. Wuhan Center of China Geological Survey, Wuhan 430205, Hubei, China;

2. Hubei Team of Hydrogeology and Engineering Geology, Jingzhou 434100, Hubei, China;

3. No. 402 Geological Party, Hunan Bureau of Geology and Mineral Resources Exploration and Development, Changsha 410014, Hunan, China)

摘要:水文地质图的编制是地下水资源评价的基础工作,也是地下水资源开发利用的直接理论支撑。本文通过资料收集与野外补充调查相结合,以地下水系统理论为指导,“以需求为导向、以专业为基础、以发展为目标、谋求人-地和谐持续发展”为编图原则,编制了江汉洞庭平原 1:45 万水文地质图,图件突出了地下水运动规律,以双层结构表示上下潜水、承压含水岩组,凸显了区域地下水富水层位及其分布特征,为地下水合理科学开发利用提供依据,也为城市规划布局提供理论指导。

关键词:地下水资源;地下水系统理论;1:45 万水文地质图;江汉洞庭平原

中图分类号:P208

文献标识码:A

文章编号:1007-3701(2020)04-0396-08

Zhao X Y, Yu W, Xiao P, Guan Y T and Yao T F. Discussion on Compilation Thought and Methodology of 1:450000 Hydrogeological Map of the Jianghan - Dongting Plain. South China Geology, 2020, 36(4): 396-403.

Abstract: The compilation of hydrogeological map is the basic work for assessment of groundwater resources and also the direct technical foundation for development and utilization of groundwater resources. Based on the theory of groundwater system and the principle of "demand-oriented, specialty based, development oriented and sustainable development of human and land", a 1:450000 hydrogeological map of Jianghan-Dongting plain is compiled in this paper. The map highlights the law of groundwater movement, shows the upper and lower phreatic aquifer and confined water-bearing formations with double-layer structure, highlights the regional groundwater rich layers and their distribution characteristics, provides the basis for the rational and scientific development and utilization of groundwater, and also provides theoretical guidance for urban planning.

Key words: groundwater resources; groundwater system theory; 1:450000 hydrogeological map; Jianghan-Dongting Plain

收稿日期:2020-7-14;修回日期:2020-11-14;责任编辑:董好刚

基金项目:中国地质调查局地质调查项目“江汉-洞庭平原地下水资源及其环境问题调查评价”(编号 1212011121142)、“跨界含水层调查”(编号 1212011220941)

第一作者:赵幸悦子(1987—),女,硕士,工程师,从事水文地质等方面工作,E-mail:zhaoxingyuezi@163.com

通讯作者:肖攀(1984—),男,博士,高级工程师,从事水文地质与环境地质等方面工作,E-mail:xiaopanfree2008@163.com

水资源作为宝贵的自然资源,不仅维持着人类的生存发展,也保持着人类生存环境的长盛不衰,对于社会、经济可持续发展的作用也无可替代^[1]。地下水资源作为水资源的一种存在形式,对于人类的生活、生产起着举足轻重的作用;特别是地表水系不发达地区,地下水资源甚至成为了唯一的供水水源。除此之外,地下水资源量的大小也直接制约着地区经济的发展。准确评价地下水资源量,是地下水资源合理开发利用的关键条件之一,而地下水资源评价的最基础工作是水文地质图的编制^[2-4]。地下水资源的数量、质量及其时空分布特征、地下水补径排运动规律随着时间迁移在不断发生变化^[5-7],因此,精准时效的水文地质图是科学合理开发地下水资源的重要保障。

为系统总结多年调查研究成果,进一步完善和提升对我国区域地质环境特征、地质灾害的发育分布规律等的认识,促进水工环地质理论创新、学科发展和成果转化应用,更好地服务于地质环境保护管理与地质灾害防治^[8],原国土资源部启动了全国地质环境图系编制工作,笔者通过“全国地质环境图系编制工作”下达的《江汉洞庭平原水文地质图》编制任务,系统收集了湖北、湖南两省近十年来基础地质、水文地质及环境地质工作的基础图件与成果报告^[9-11],结合“江汉-洞庭平原地下水资源及其环境问题调查评价”项目 1:25 万野外调查成果^[12],以编为主、编测结合,采用科学编图理念和方法,编制了 1:45 万水文地质图,丰富、改进了江汉洞庭平原水文地质图图面内容,并探讨了第四系松散岩层区水文地质图的编制思路与方法,为江汉洞庭平原地下水资源合理利用以及区域经济发展供理论指导,支撑服务长江中游生态文明建设与城市发展规划。

1 研究区概况

江汉洞庭平原横跨湖北、湖南两省,由江汉平原、洞庭平原贯通连接形成,其地理坐标为北纬 28°15′-31°10′,东经 111°27′-114°16′,气候属北亚热带湿润季风气候,具有四季分明,雨量充沛,光照适宜,春秋季节短,冬夏季长的特征,受纬度影响,气温、降水量自北向南略有差异,多年平均气温为 16.4-17.0℃,多年平均降雨量为 1000-1400 mm。区内河道水网发育,长江、汉江横穿江汉平原而过,湘江、

资江、沅江、澧水“四水”分割洞庭平原而行,共同构成江汉洞庭平原错综复杂的地表水系网络。

区域地层主要以第四系为主,局部也有前第四纪地层出露。前第四纪地层从太古界至新生界均有出露,主要分布于江汉洞庭平原周缘与交接隆起地带,岩性主要有沉积碎屑岩、碳酸盐岩、变质岩、岩浆岩类;第四纪地层广泛分布于江汉洞庭平原,全新世、更新世地层完整,深度可达 240-290 m,岩性以粘土、砂土、粉细砂、中粗砂、砂砾石层为主,构成研究区主要的地下水运移通道与存储空间。

2 水文地质概述

研究区第四纪地层岩相多变,主要有河流相、河湖相、湖相等,普遍发育松散岩类孔隙水。区域主要有三个含水岩组:即浅层孔隙潜水含水岩组、上部孔隙承压含水岩组、下部孔隙裂隙承压含水岩组。

2.1 浅层孔隙潜水含水岩组

浅层孔隙潜水含水岩组由第四系全新统组成,江汉平原岩性主要为砂砾(卵),中粗砂、粉细砂、细砂、粉土及粉质粘土,含水层与相对隔水层无明显界线,呈渐变或交错状。含水层厚度一般在 12.06~44.58 m,地下水位埋深 0.15~7.13 m,含水层渗透系数 5.08~12.75 m/d。该含水岩组在阶地前缘以接受江河水补给为主,单井涌水量>1000 m³/d 或 500~1000 m³/d,阶地后缘富水性较差,单井涌水量为 100~500 m³/d。洞庭平原岩性多为河相、河湖相的粘土、砂质粘土和粉细砂。含水层厚度一般为 5 m 左右,其分布面积不广,单井水量受岩性影响较明显,一般<500 m³/d,仅岳阳广兴洲—君山农场一带相对较大,可达 1000~1500 m³/d。

浅层潜水含水岩组在部分地区有一定供水意义,但受到水量水质限制,多仅能作为农田供水和部分厂矿工业用水,一般不经过水质改造,不宜直接作为居民生活用水。

2.2 上部孔隙承压含水岩组

上部孔隙承压含水层由上更新统、中更新统组成,因中、上更新统之间无隔水层,并且其水力联系密切,其间的粘土呈透镜体状,不能成为相对隔水层,因而作为一个统一的含水岩组。江汉平原含水岩组主要由砂、砂(卵)砾石组成,总体特征:从西到

东、从北到南含水层颗粒由粗变细;其厚度具有东、西薄,中间厚,南部薄,北部厚的特点,总的趋势向湖盆中心厚度增大,一般厚 30~70 m,局部地区平均厚度达 100 m;含水岩组的富水性受控于古地理沉积环境和含水介质的分布规律而贫富悬殊,各地不一,单井涌水量一般 500~1000 m³/d,大者可>2000 m³/d,小者<100 m³/d。洞庭平原岩层由河相、河湖相、湖泊相的粘土、砂质粘土层、砂和砂砾石层组成多个韵律层,含水层一般厚 40~100 m,单井涌水量为几百至 1×10⁴ m³/d。在周边地区,一般<500 m³/d,向中心增大,在中部地区一般>2000 m³/d,最大在大通湖沙厂达 10200 m³/d。

2.3 下部孔隙裂隙承压含水岩组

中、下更新统之间有相对稳定的粘土弱透土层,而下更新统与新近系之间无明显的隔水层,其水质、地下水动态极相近,无法将其分割单独评价,因而将其作为一个含水层组,即下部裂隙孔隙承压含水岩组。该含水岩组单井涌水量相对上中更新统含水岩组小,洞庭平原一般>500 m³/d,其中西洞庭湖地区一般>2000 m³/d,其它地区为 500~1000 m³/d之间;江汉平原下部裂隙孔隙承压含水岩组富水性较差,单井水量大部分地区<500 m³/d,个别地区>1000 m³/d。

上部、下部承压含水岩组是江汉洞庭平原区富水性较丰富的含水地层,也是江汉洞庭平原地下水资源主要储水层位,地下水矿化度一般<1.0 g/L,从

水质水量角度来说,承压含水岩组具有很好的地下水开采潜力与充足的供水能力。

3 编图原则与思路

3.1 编图原则

水文地质图的编制目的是能够反映出区域水文地质环境特征,有效促进水工环地质理论创新、学科发展和成果转化应用,服务地方地质环境保护管理工作。江汉洞庭平原地表水系发育,随着城市发展规模不断发展壮大,地下水资源加大开采的趋势明显,编制江汉洞庭平原 1:45 水文地质图能为区域规划发展提供导向,明确地下水开采可能引起的环境地质问题,为科学规划开采方案提供依据。简而言之,江汉洞庭平原 1:45 万水文地质图编图原则是“以需求为导向、以专业为基础,以发展为目标,谋求人-地和谐持续发展”,既要保障区域发展供水需求,又要保持生态环境的可持续发展。

3.2 编图思路

江汉洞庭平原 1:45 万水文地质图编制以编为主,编测结合。图件编制以资料收集整理、汇总分析研究为主,主要结合“江汉-洞庭平原地下水资源及其环境问题调查评价”项目的实施开展,补充更新江汉洞庭平原水文地质信息,丰富完善水文地质图件内容,编制完成以地下水系统为基本骨架的水文地质图。编制思路主要分两步开展,一方面资料收

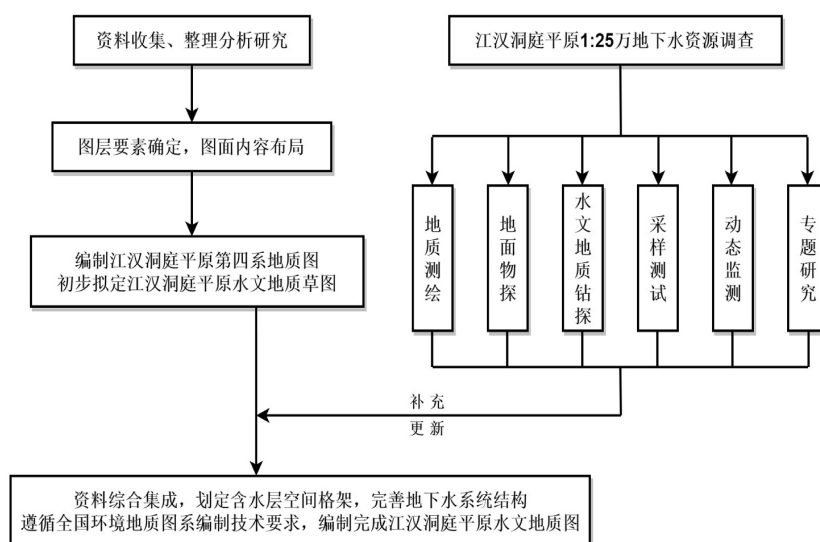


图1 江汉洞庭平原水文地质图编制思路图

Fig. 1 Compilation ideas of the hydrogeological map of the jiangnan-Dongting Plain

集,综合研究,查清江汉洞庭平原地质、水文地质条件,含水岩组空间结构,确定图层要素及图面内容,初编水文地质图;另一方面通过江汉洞庭平原地下水资源调查评价项目开展的 1:25 万野外调查工作,补充调查不足的数据资料,更新完善具有时效性的水文地质信息,遵循全国地质环境图系编图技术要求完成水文地质图编制工作(图 1)。

3.3 编图方法的创新

江汉洞庭平原 1:45 万水文地质图编制除遵循《综合水文地质编图方法与图例》、《全国地质环境图系编制技术要求》的编制要求相关内容外,主要还表现如下特征与优势:

3.3.1 以地下水系统理论为指导,突出地下水运动规律
水文地质图不仅要反映地下水富水程度,更要

突出地下水运动规律,充分掌握地下水补径排条件。地下水系统是时空分布上具有共同水文地质特征与演变规律的相对独立单元^[6],反映地下水运动规律,以地下水系统理论为指导编制水文地质图,更能凸显出图件的系统性、统一性及实效性,能有效预测地下水开采的动态变化规律。本文以地下水系统理论为指导,将江汉洞庭平原进行了水文地质分区。江汉洞庭平原地下水流系统整体被划分为一个一级地下水系统,细分为二个二级地下水系统,四个三级地下水系统以及九个四级地下水系统(表 1,图 2)。图件编制在地下水系统分区基础上划定不同富水等级区域,将含水岩组的特征与地下水流运动特征有机的结合,既能表示出含水岩组的富水大小,也能反映地下水的补径排运动规律,利于地下水资源量的分析计算与运动规律的预测评价。

表1 江汉洞庭平原地下水系统划分表
Table 1 Division of groundwater systems of the Jiangnan-Dongting Plain

一级地下水系统		二级地下水系统		三级地下水系统		四级地下水系统	
名称	代号	名称	代号	名称	代号	名称	代号
江汉洞庭平原地下水系统	E	长江-汉江地下水系统	E03	汉江流域地下水系统	E03A	天门河流域地下水系统	E03A01
						汉江下游流域地下水系统	E03A02
				四湖地下水系统	E03B	荆北支流地下水系统	E03B01
						长湖-洪湖地下水系统	E03B02
		洞庭湖地下水系统	E04	四河流域地下水系统	E04A	松滋河-虎渡河-藕池河流域地下水系统	E04A01
						澧水流域地下水系统	E04A02
				洞庭湖以南地下水系统	E04B	沅江流域地下水系统	E04B01
						资水流域地下水系统	E04B02
						湘江-汨罗江流域地下水系统	E04B03

3.3.2 以双层结构表示上下潜水、承压含水岩组,凸显富水层位与区域

由上述水文地质条件可知,江汉洞庭平原主要含水岩组包括浅层孔隙潜水含水岩组、上部孔隙承压含水岩组、下部孔隙裂隙承压含水岩组。其中,孔隙潜水富水性小,供水意义不大,且水质普遍较差;而上部孔隙承压水与下部孔隙裂隙承压水,富水性大,具有较大的供水意义,水质普遍较好。依据地下水水量、水质的差异性,以及含水岩组承压-非承压特征,结合地下水资源的开采条件与供水需求,编

图时只将岩组分为潜水、承压含水岩组两类,以上下双层结构表示,并根据不同的富水性标注不同颜色与图案。双层结构的表示既能表达含水岩层空间结构特征,又能凸显富水区域与层位,指明地下水在哪,地下水有多少,为地下水资源开采利用、方案制定提供理论依据。

4 编图主要内容及其表达方式

按照上述分析,1:45 万江汉洞庭平原水文地质

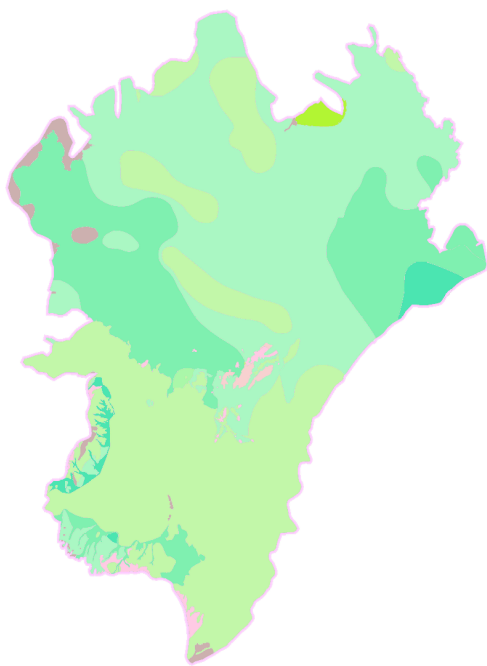


图3 孔隙潜水分布及富水表示图

Fig. 3 Representing graph of pore phreatic water and water yield property

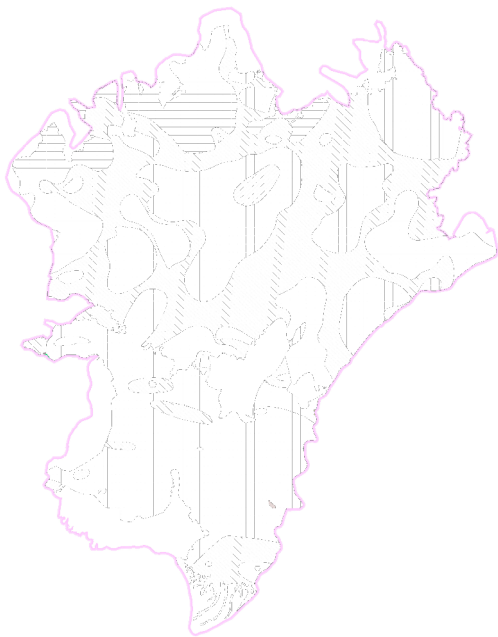


图4 下覆承压水分布及富水表示图

Fig. 4 Representing graph of underlaid confined water distribution and water yield property

- ③富水性中等,1000 m³/d<单井涌水量≤3000m³/d;
- ④富水性弱,500 m³/d<单井涌水量≤1000 m³/d;
- ⑤富水性极弱,单井涌水量≤500 m³/d;

其中,上部孔隙潜水以五种颜色表示不同富水性,下覆孔隙承压水以五种图案表示不同富水性,表示方式如图 5、图 6。

基岩裂隙水出露较少,地下水富水性以钻孔抽水试验单井涌水量换算成 200 mm 口径,20 m 降深的单井涌水量来统一评价,且单井涌水量均≤500 m³/d,富水性均为弱-极弱,集中供水意义不大,其富水性

主要以不同岩性给予不同颜色表示。

4.3 下覆承压含水层埋深等值线

江汉洞庭平原富水岩层主要为下覆承压含水岩层,具有较大开采潜力,其平面上的富水性分布特征可以从水文地质图面展现。为表现其垂向上的分布特点,反映下覆承压含水岩层的分布深度与范围,编图过程中收集了全区内钻孔资料,统计分析下覆承压含水层顶板埋深值(即 Q₂₊₃ 岩层顶板),通过 suffer 软件插值绘制了对应等值线,来展现主要富水岩层在垂向上的分布特征,为供水孔深设计提

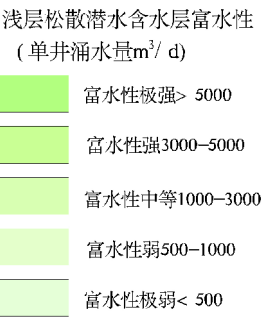


图5 浅层潜水富水性色谱

Fig. 5 Chromatography for water yield property of shallow phreatic water

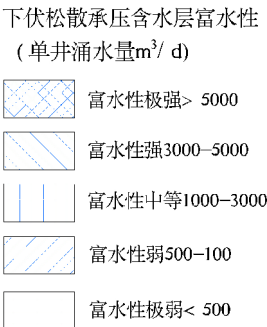


图6 下覆承压水富水性图案

Fig. 6 Pattern of water yield property of underlaid confined water

利用和避免因地下水开采引起的各种环境地质问题提供了直接的理论支撑。

6 结论

(1) 江汉洞庭平原 1:45 万水文地质图的编制突破传统编图思维,以地下水系统理论为指导,突出表达地下水运动规律,凸显出图件的系统性、统一性及实效性。

(2) 图件编制以双层结构区分潜水和承压水,并用不同的颜色或图案表达富水性,进一步提高了水文地质图的实用性,为区域地下水资源的开采利用、方案制定提供理论依据。

参考文献

- [1] 王新峰,李伟,王艳,刘蕴,邓启军,曹红.基岩山区水文地质发展的紧迫性及其编图方法[J].干旱区研究,2013,30(4):764-768.
- [2] 张剑锋.水文地质图件编制原则及方法[J].东北水利水电,1985,(8):36-38.
- [3] 何剑锋,周金龙.环境水文地质图系编制概览[J].地下水,1989,(2):73-75.
- [4] 汪东云.城市供水水文地质图编制原则及方法探讨[J].重庆建筑工程学院学报,1988,31(1):74-81.
- [5] 陈梦熊.我国岩溶地区水文地质图编图经验[J].中国岩溶,1988,7(3):199-204.
- [6] 周宗俊.应用地下水系统理论编制水文地质图的探讨[J].水文地质工程地质,1986,14(6):34-38.
- [7] 谭世燕.编制水文地质图中岩层富水性的评价方法问题[J].水文地质工程地质,1991,18(1):51-52.
- [8] 国土资源部地质环境司,中国地质调查局.全国地质环境图系编制技术要求[S].2013.
- [9] 王俊生,蔡德宏,董炳维.湖北省地下水资源评价报告[R].湖北省水文地质大队,1983.
- [10] 卢庆林,李贵仁,李孝弟.湖南省地下水资源评价[R].湖南省国土资源厅,2002.
- [11] 李长安,张玉芬,赵举兴,李启文.江汉-洞庭平原地下水资源及其环境问题调查评价专题报告之《江汉-洞庭盆地第四纪地质专题研究报告》[R].中国地质大学(武汉),2015.
- [12] 肖攀,喻望.江汉-洞庭平原地下水资源及其环境问题调查评价成果报告[R].武汉地质调查中心,2016.
- [13] 王琦.北方岩溶矿床水文地质图编制理论和方法.西安矿业学院学报,1998,18(2):141-145.
- [14] 许珂,徐亚杏.基于MapGIS-K9软件的城市三维地质建模方法探讨——以武汉市为例[J].华南地质与矿产,2018,34(3):244-252.
- [15] 王晶,田洋.数字地质调查系统中1:2.5万实际材料图-1:5万编稿原图制作新方法研究[J].华南地质与矿产,2020,36(2):197-203.