

地下水资源图 编图方法指南

国土资源部地质环境司

1.8
2

地质出版社

地下水资源图 编图方法指南

国土资源部地质环境司

陈梦熊

(主编)

刘成琦 陈昌礼

吴炳书 张建华

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书介绍了地下水资源图的编图方法,包括地下水资源图的基本内容、地下水系统划分原则、系统边界类型、资源量分级以及反映地下水系统四维特征的代表方法。此外,还介绍了辅助性图件的基本内容、编图方法以及图例设计等。

本书可供水文地质工作者及从事地下水研究的有关人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

地下水资源图编图方法指南/陈梦熊主编.-北京:地质出版社,2001.8

ISBN 7-116-03441-2

I.地… II.陈… III.地下水资源-自然资源图-地图编绘-指南 IV.P285.2-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第042812号

责任编辑:叶丹 蔡卫东
责任校对:田建茹
出版发行:地质出版社
社址邮编:北京海淀区学院路31号,100083
电 话:(010)82324508(邮购部)
网 址:<http://www.gph.com.cn>
电子邮箱:zbs@gph.com.cn
传 真:(010)82310759
印 刷:北京印刷学院实习工厂
开 本:850×1168^{1/32}
印 张:3
字 数:80000
印 数:1—1000册
版 次:2001年8月北京第一版·第一次印刷
定 价:10.00元

ISBN 7-116-03441-2/P·2200

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行处负责调换)

《地下水资源图编图方法指南》

评审意见

国土资源部地质环境司于2000年12月2日在北京组织召开了评审会，邀请有关专家（名单附后），对以陈梦熊资深院士为主编的起草小组编制提交的《地下水资源图编图方法指南》（以下简称《指南》）进行了评审。通过听取内容介绍，研究有关资料和认真讨论，形成评审意见如下：

一、《指南》是在认真总结我国建国以来开展的大量综合水文地质图和各种专门水文地质图编图工作的基础上，充分参考了世界各国在地下水资源编图方面的大量文献资料，分析和研究了编图理论和技术的发展趋势后编写而成的，其基础扎实，依据充分。

二、《指南》根据我国国土辽阔、水文地质条件复杂、地区差异大等特点，既吸收了我国在编图方面的成功经验，又参考了国外编图采用的先进理论与技术方法，提出了适合我国国情的地下水资源图编图方法。编图的技术路线正确，在技术方法上有创新。提出的因地制宜、区别对待、合理选择的编图技术既讲究科学性、又注重实用性；图面既要信息丰富、又要重点突出、防止负载过重等编图思路和原则是合适的。

三、《指南》以地下水系统理论为指导，对以不同层次的地下水系统作为地下水资源图的基本骨架的这一编图思路和方法进行了探索，提出了系统的要求和完整的编图方案。在编图的基本内容、地下水系统的划分原则、边界类型与边界条件以及反映地下水系统四维特征的表现方法等方面，都结合我国国情作了改革和创新，代表了当前国内外地下水资源图编图工作的先进水平，体现了《指南》的先进性和科学性。

四、《指南》内容全面丰富。除了对地下水资源图主图的编图方法提出明确的要求和作出统一规定外，还对其辅图如含水层

系统图、地下水水质图、环境水文地质图等编图内容、方法等提出了系统的方案和统一要求。在图例设计方面也进行了探索和改革,并对遥感图像水文地质解译方法、计算机系统水文地质制图方法进行了专门论述。对地下水资源图等系列图的编制具有重要的指导意义。

综上所述,该《指南》指导思想正确,内容全面丰富,地下水资源图的编图思路和方法有创新,其编图理论、技术方法代表了现今国内外先进水平。建议根据评审会提出的意见,对《指南》的内容作适当调整、修改补充后,尽快提交成果,供有关单位使用。

《地下水资源图编图方法指南》评审委员会

2000年12月2日

评审委员会

主任委员:岑嘉法

评 委:岑嘉法,教授级高工,国土资源部咨询研究中心

李烈荣,教授级高工,国土资源部地质环境司

沈照理,教授,中国地质大学(北京)

赵运昌,教授级高工,中国地质环境监测院

孙培善,教授级高工,国土资源部老干部局

韩再生,教授级高工,中国地质调查局

陈 汉,教授级高工,甘肃省国土资源厅

前 言

1998 年国土资源部成立后，提出在全国开展新一轮的国土资源大调查。其中，地下水资源的调查，是大调查中的重要内容之一。开展新一轮国土资源大调查，强调一个“新”字，即新的思路、新的理论、新的观念和新的技术方法，对新成果要求达到一个新的水平。根据以上精神，水文地质调查如何在继承以往工作成果的基础上，有所前进，有所创新，是我们今后工作的一个努力方向。

我国自 20 世纪 50 年代起就开始有计划地在全国范围内进行区域水文地质普查，到 80 年代基本完成全国普查任务，并相应出版了大量图件，为国民经济规划和工农业生产作出了重要贡献。但因历史条件的限制与影响，多数图件急需改编或重编，特别是在编图方法方面，需要有所改进。过去通过普查所编制的综合水文地质图，以反映含水层富水性为主，而当前为了实现国土资源的宏观管理与科学规划，急需在以往工作的基础上编制地下水资源图及其有关的辅助图件，以作为国家基础性图件之一。为此，地质环境司提出要制订一个新的有关编制水文地质图的规范性手册，以适应开展国土资源大调查的迫切需要。

我们受地质环境司的委托，在 1998 年承担了这项任务。两年来经历多次反复修改，于最近完成全稿。最初原计划要编写一本新的综合水文地质图编图方法与图例，在编写过程中考虑到 1979 年地质出版社出版的《综合水文地质图编图方法与图例》，经历 20 多年的实践考验，证明其内容仍然基本可用，主要缺陷是在当时未能应用地下水系统的理论作为指导思想。今天看来需

要有所补充、有所提高。根据国土资源大调查的规划内容，我们考虑到当前更迫切需要的是制订一个以地下水系统理论为指导的地下水资源图的编图方法。实际上地下水资源图是综合水文地质图的进一步发展与提高。两者在基本内容方面大多相同，其主要区别是综合水文地质图以反映含水层富水性为主，而地下水资源图以反映天然资源量为主，因此在编图方法上，两者可以互相通用，所以我们决定编写一本《地下水资源图编图方法指南》（以下简称《指南》），这本《指南》也可作为编制综合水文地质图的指南。采用“指南”这一名称，主要是区别于正式的规范，所以内容偏重于基本原则与技术方法，不涉及生产定额或各种技术指标，供有关人员在工作中作为一个具有指导性的使用手册。经过一段时间的实际应用，并在实际应用中不断的改进和完善，今后也可以改编成为正式的规范。

本《指南》包括4个部分。第一部分为“地下水资源图编图方法与基本要求”，重点阐明地下水资源图的基本内容、地下水系统划分原则、系统边界类型、资源量分级以及反映地下水系统四维特征等的表示方法。第二部分概略阐明图组中除主图外5种辅助性图件的基本内容与编图方法，主要包括含水层系统富水程度图、地下水水质评价图、地下水脆弱程度图、环境水文地质图及地下水开发利用区划图。第三部分为“图例设计”，划分了10种边界类型，建立了新的含水层系统；对孔隙水系统采用蓝、绿、棕3种基本色调，反映资源量分级，裂隙水及岩溶水系统则采用不同颜色的网格表示。第四部分附件包括3个内容：①名词解释及参考用图表，主要介绍国外的有关资料；②计算机系统水文地质制图方法，概要说明应用地理信息系统和计算机技术进行编图的基本要求；③遥感图像水文地质解译方法，概要说明遥感图像及遥感技术在编图工作中的应用。

参加本书编写的人员主要有陈梦熊、刘成琦、陈昌礼、张建华和吴炳书，由陈梦熊担任主编。第一、二部分由陈梦熊、刘成琦负责，第三部分由吴炳书负责。附件中的附件一由张建华、陈辉负责，附件二由陈昌礼负责，附件三、附件四，由陈梦熊、张建华负责。

这项任务得到国土资源部地质环境司和咨询研究中心的大力支持，同时得到地质环境司陶庆法、孙培善同志以及中国地质环境监测院陈辉同志的热情协助，邹学雯、刘嵘同志协助进行稿件的打印工作，在此一并致谢！

目 录

前 言	
绪 论	(1)
一、地下水资源图编图方法与基本要求	(7)
(一) 引言	(7)
(二) 基本内容	(8)
(三) 地下水系统划分	(9)
(四) 含水层系统划分	(11)
(五) 地下水资源量分级	(13)
(六) 地下水动力特征与水化学特征	(15)
(七) 地下水系统的四维特征	(17)
(八) 图式、镶图及综合图表	(19)
二、主要辅助图件的编图方法	(22)
(一) 引言	(22)
(二) 含水层系统富水程度图	(22)
(三) 地下水质量评价图	(23)
(四) 地下水脆弱程度图 (地下水易污染性图)	(25)
(五) 环境水文地质图	(26)
(六) 地下水资源开发利用区划图	(28)
三、图例设计	(31)
(一) 含水层系统划分	(31)
(二) 地下水系统边界类型	(32)
(三) 反映边界条件的示意小立体剖面图	(33)
(四) 水文地质符号	(34)

(五) 地质地形符号.....	(42)
四、附件	(49)
(一) 计算机系统水文地质制图工作方法.....	(49)
(二) 遥感图像水文地质解译方法.....	(60)
(三) 名词解释.....	(70)
(四) 参考用有关图表.....	(72)
参考文献	(85)

绪 论

水文地质学是一门专门研究地下水的科学。我国对地下水的认识和开发利用，虽具有数千年的悠久历史，但真正运用地质科学的理论与方法进行地下水的调查研究，仅开端于 20 世纪 30 年代。新中国成立以后，随着国民经济的迅速发展，水文地质学也逐渐发展成为应用地质科学领域内的一门新的独立学科。

20 世纪 50 年代原地质部成立以后，为了适应国民经济发展的需要，开始在全国有计划地开展区域水文地质普查，到 80 年代基本完成全国的普查任务，编制出版了大量区域水文地质图分幅图件，并在此基础上，进行了全国地下水资源的计算。区域水文地质图综合反映地下水分布的区域规律与基本特征，具有广泛的用途。它是国民经济规划不可缺少的基础图件，被称为国家基础性图件。

20 世纪 60 年代以前，我国水文地质图主要参考、应用原苏联当时采用的编图方法，如采依切夫编图法。图面主要按地层时代划分含水岩系，加上天然或人工揭露的水点，因而地质因素较多，而水文地质内容则远感不足。60 年代我们对编图方法进行了改进，图面突出了含水岩组的富水性。进入 70 年代以后，在总结以往经验的基础上，参考了联合国教科文组织制定的国际统一图例，结合我国的实际情况，对编图方法又进一步作了革新，并出版了新的《综合水文地质图编图方法与图例》。

新的编图方法主要根据地下水的含水介质、赋存条件与水动力特征，将地下水划分为 5 种基本类型作为编图的基础。这 5 种类型是：①松散岩类孔隙水；②碎屑岩类裂隙孔隙水；③碳酸盐岩裂隙溶洞水；④基岩裂隙水；⑤冻结层水。由于采用了以上分类方法，实际上简化了地质内容，从而较好地反映了地下水的含水介质与赋存条件，同时也反映了地下水不同的开采条件。图面

突出反映了含水层的富水性。在图例设计上，每种地下水类型分别采用一种或两种基本色调，而用颜色的浓淡，区别其富水程度。对多层含水层系统简化划分为浅层水与深层水，或潜水与承压水，采用宽窄相间的条带，分别表示浅层水与深层水，并根据条带的方向（水平、斜条或垂直）区别深层水的埋藏深度。对于相互叠置的咸、淡含水层，也可采用同样的方法表示。以上编图方法，自 20 世纪 70 年代试行以来，取得了较好的效果，并得到了国内外的好评，证明该编图方法是成功的。

在西方先进国家，水文地质学也是在战后才逐渐发展起来的，成为当时地质科学中最年轻的一门独立学科。所以到 20 世纪 60 年代，国际上尚无一个比较成熟的、被公认的水文地质图统一图例。相反，地质图早在 20 世纪初，就已有一个被国际共同采用的地层程序与统一图例。所以水文地质图是在地质图的基础上，在不断探索的过程中，经过不断地充实与改进，一直到 70 年代才初步拟订了一个统一的国际图例草案。

1956 年在墨西哥举行的第 20 届国际地质大会上，正式成立了国际水文地质学家协会（IAH），成为全球水文地质界最主要的一个国际组织。该协会于 1959 年成立国际水文地质图委员会，是该协会最早成立的一个专业委员会，除促进国际学术交流与国际合作外，专门研究水文地质图的编图方法。1970 年由联合国教科文组织与英国地质科学院正式出版了国际图例，并附有英、法、俄、西班牙等 4 种文字。1974 年由地质部水文地质工程地质研究所，将其中主要部分译成中文。

该图例方案主要把含水层系统划分为三大类：①孔隙含水层；②裂隙含水层（包括岩溶含水层）；③不含水或弱含水层。前两类又分别划分两个亚类：④广泛分布和富水的含水层；⑤局部或断续分布的含水层。第三类划分三个亚类：⑥局部分布的弱含水层；⑦非含水层；⑧深部具有可选择利用的含水层。以上三大类分别采用蓝、绿、棕 3 种颜色作为图例，并用色调的深浅区别其富水程度与赋存条件。由于该图例方案主要用于 1:150 万小

比例尺的欧洲水文地质图，所以含水层的分类较为简单，对含水层的富水性只作定性评价，对含水层系统的结构也缺乏考虑。

1983 年 11 月，联合国经社会亚太总部与国际水文地质学家协会等国际组织在印尼万隆市共同召开了亚太地区水文地质图国际学术研讨会。这是国际上第一次以水文地质图作为主题的国际学术会议。这次会议重点讨论了水文地质图国际图例的修正草案。

从各国展出的图件可以看出，尽管目前还存在各种不同的编图方法，但已有逐渐走向统一的趋向。例如多数国家都以划分地下水类型作为编图基础，以反映含水层系统的富水性作为基本内容；前者采用各种普染色代表地下水类型，后者用颜色的深浅代表富水程度的差异。根据各国的不同情况，采取了不同措施。例如印尼火山岩构成的含水层十分发育，因而对地下水类型采用了四大类的分类，而我国则采用了五大类的分类法。澳大利亚则以水质条件放在首要地位。法国根据含水层系统的结构与边界条件，划分为 14 种类型。

法国 1980 年出版的比例尺 1:150 万水文地质图（含水层系统类型图），内容比较新颖，颇具特色，是最近在西欧国家出版的图件中，比较突出的一幅。其主要特点是：①取用补给模数（ M ）代替传统采用的单位涌水量，并且与降水量（ P ）相结合，按其差别具体分为 5 级（ M 的单位为 L/km^2 ， P 的单位为 mm/a ）：a. $M < 3$ ， $P < 100$ ；b. $M 3 \sim 6$ ， $P 100 \sim 200$ ；c. $M 6 \sim 15$ ， $P 200 \sim 500$ ；d. $M 15 \sim 30$ ， $P 500 \sim 1000$ ；e. $M > 30$ ， $P > 1000$ 。②含水层系统按含水层的结构与边界条件，划分成 14 种类型，采用小立体模型的方式反映其三维特征。③各类孔隙水一律采用普染色表示，裂隙水采用不同的网格表示，以色高浓淡网格的疏密反映富水性的强弱。因而孔隙水与裂隙水在图而能够明显地区别开来。

国际水文地质学家协会等 5 个国际组织，于 1989 年在西德汉诺威市召开了规模空前的全球性国际水文地质图大会。大会系

统总结了万隆会议以来，各国水文地质图编图工作的发展与主要成就，探讨了今后努力的方向，并展出大量图件。通过这次会议，大致可归纳以下几点体会：①大多数国家展出的图件都有明显的进步，不论在理论上、内容上，或技术方法等方面，都有很大发展，特别是第三世界国家更为突出。②随着各国社会经济的迅速发展，仅以反映含水层富水性为主的综合水文地质图，已不能满足各国的实际需要，因此都以编制一个图组或图系来代替单项图件，特别是水资源图、水质图、环境水文地质图成为图组中不可缺少的图件。③各国的图件都不同程度地反映了地下水系统的理论或观点，有逐渐发展为编制水文地质图的指导思想与理论基础的趋向。④水文地质图如何反映地下水系统的四维特征，成为当前水文地质工作者追求实现的一个重要目标。⑤遥感技术以及地理信息系统与计算机技术的应用日益普及，已成为水文地质编图不可缺少的手段；印刷工艺也有很大发展，如大量各类菲林网线的使用，而这些正是我国存在的薄弱环节。

20 世纪 90 年代著名水文地质编图专家，德国史特洛克迈尔 (W.F.Struckmeier) 与法国马加 (J.Margat) 在系统总结几十年来编图经验的基础上，共同编著了新的《水文地质图编图指南与标准图例》，由国际水文地质学家协会 (IAH) 于 1995 年正式出版。该指南除对编图方法与原国际图例进行补充修改以外，特别提出按不同工作阶段与不同要求所建立的水文地质图分类系统，其中主要包括普通水文地质图、地下水资源图及地下水脆弱性图，并按研究程度划分低、中、高 3 个等级。其中研究程度较高的水文地质图，要求编制成相当于概念模型的区域地下水系统图。该指南除以欧洲水文地质图 (柏林幅) 作为样图外，同时选出非洲博茨瓦纳共和国地下水资源图、法国水文地质图、德国明斯特盆地地下水流系统图作为补充样图。以上图件都不同程度地应用了地下水系统的观念。同一时期，国际水文地质学家协会又出版了伏尔巴 (J.Vrba) 与扎波罗切克 (A.Zaporo - zec) 编著的《地下水脆弱性图编图指南》，主要根据包气带土层的厚度、

渗透性，划分为 5 个等级，用不同颜色图例表示，并选择英国肯特地区的“地下水脆弱性图”作为样图。以上两本工具书，在国际上均具有最高权威，但从内容来看，不论在理论上或编图方法上，除反映含水层富水性为主的水文地质图相对比较成熟外，其他如地下水资源图以及地下水系统图等都还不够成熟，仍处于探索阶段，需要进一步完善。

通过以上对国内外有关水文地质编图历史发展的分析，在充分参考国内外有关文献的基础上，我们编写了这本《地下水资源图编图方法指南》（以下简称《指南》），既适用于编制中、小比例尺的地下水资源图，也适用于编制主要反映含水层富水性的综合水文地质图。为弥补主图的不足，从《指南》内还提出 5 种辅助性图件，并概要阐明其基本内容与编图方法，与主图共同组成一个比较完整的图组或图系。不同地区可根据需要合理选择编制哪几种图件，包括未列入的其他各种图件。

本《指南》基本是按专业要求制订的，因此专业性较强，主要供专业人员或有关科技人员使用。为了同时满足一般非专业人员，如政府官员或行政人员的需要，应尽可能在上述专业性图件的基础上进行简化，创造性地改编成简明易懂的实用图件。

《指南》以地下水系统理论为指导，以不同层次的地下水系统作为地下水资源图的基本骨架，明确了系统划分的原则及其边界类型与边界条件；结合我国实际，对地下水类型及含水层系统的划分进行了部分调整，对图例设计进行了较大改革，很大程度上参考了法国水文地质图的编图原则；详细分析了图面需要反映的基本内容与有关要素，根据我国地区差异较大的特点，提出因地制宜的基本原则；此外还探讨了反映地下水系统四维特征的各种表现方法。为了充分应用遥感技术，提高图件的质量与精度，在附件中叙述了水文地质遥感图像的解译与应用；为了提高编图和制图的效率，在附件中专门探讨了地理信息系统与计算机技术在编图工作中的应用。

我国国土辽阔，水文地质条件十分复杂，地区差异很大，需

要提供的信息很多，因此在编图过程中对大量资料如何合理选用，因地制宜，随机应变，灵活掌握，十分重要。为此既要讲究编图技术，又要注重编图的科学性、艺术性与实用性；既要图面信息丰富，又能突出重点，防止负载过重，影响读图效果。所以必须用开拓性、创造性的思想来使用这本《指南》，使我国水文地质科学，能在国际上走在前列。相信今后新出版的地下水资源图，一定能为国民经济的发展和国土资源的科学规划与合理开发利用，作出更大贡献！

一、地下水资源图编图方法与基本要求

(一) 引言

1. 地下水资源图是在过去普查阶段所编制的综合水文地质图（或称含水层富水性图）的基础上，经过深化、提高以后，应用地下水系统的观点，编制成以反映地下水资源为主要内容的水文地质图，即相当于概念模型的水资源水文地质图，或称地下水系统图。本《指南》主要阐明地下水资源图的编图原则、基本方法与技术要求。

2. 地下水资源图是包括若干辅助性图件共同组成的一个图组（或图系），其基本图件除地下水资源图以外，主要包括含水层系统富水程度图、地下水水质评价图（简称地下水水质图）、环境水文地质图、地下水脆弱性图以及地下水资源开发利用区划图。其他辅助性图件，应根据不同地区的不同条件与不同需要而定。

3. 地下水资源图是国家基础性图件之一。《指南》主要适用于中等比例尺，即 1:25 万的区域性图件，也基本适用于 1:50 万或 1:10 万的区域性图件。每个图幅的范围，一般可按国际分幅图或按地下水系统或流域圈定图幅范围，应由国家有关领导部门作出统一部署。

4. 地下水资源图以反映天然资源为主，其资源量一般采用补给模数表示，可采资源量（允许开采量）作为次要因素表示。本图所表示的资源量，一般相当于国家分级标准的 D 级。

5. 本图组主要为国民经济规划、国土整治、国防建设、科学研究、以及省、市、县的农业区划、农田基本建设、工业布局、城市建设、环境保护等提供基础性资料。同时也为水资源的合理开发利用和开展各种专门性水文地质勘探，提供规划设计依据。

6. 本《指南》对图例设计进行了较大改革, 强调编图工作中遥感资料的解译与应用, 在制图技术方面, 强调地理信息系统和计算机技术在编图和制图过程中的应用。上述内容在《指南》中的附件部分有详细说明。

7. 本《指南》主要是在 1979 年由地质出版社出版的《综合水文地质图编图方法与图例》(黄皮书)、1982 年地矿部水文地质工程地质司编印的《全国地下水资源调查和评价工作要点》(白皮书) 的基础上, 参考 1994 年、1995 年国际水文地质学家协会 (IAH) 出版的《水文地质图编图指南》与《地下水脆弱性图编图指南》(即 IAH 蓝皮书系列 Vol.16、Vol.17), 结合我国实际经验编制而成。

8. 目前国内外尚无正式或公认的编制地下水资源图的规范性文献, 因此本《指南》内容还不够成熟, 尚需通过实践检验, 不断改进和完善。

(二) 基本内容

9. 地下水资源图以地下水系统作为基本骨架, 因此图面首先要反映各级系统的地理分布, 以及系统之间的边界界线、边界类型和相邻系统之间的相互关系。

10. 按不同介质所划分的含水层类型及其组成的含水层系统, 采用不同色标或不同的网纹, 编制成图例, 形成图面的基本要素。同时还要表示含水层系统的结构, 如单层含水层系统、多层含水层系统以及不同地质时代含水层系统相互叠加而组成的复合型复杂含水层系统等。

11. 地下水资源量主要采用补给模数表示。根据所计算的补给模数划分为若干等级, 采用不同颜色或网纹的变化加以区别。补给模数越大则颜色越深, 或网纹的密度越紧。此外用数字标记表明各个子系统的资源量, 以及全系统的总资源量。

12. 采用花纹符号或等值线等图例, 反映地下水的渗流场、水化学场和若干基本参数, 以表明地下水的动力特征与水化学特征。

13. 为反映含水层系统及地下水流系统的空间分布与时空变化, 应采取各种方法, 充分表明地下水系统的四维特征。例如应用环境同位素确定地表水、地下水之间的转化关系, 地下水的补给来源, 含水层之间的水力联系, 测定地下水的绝对年龄或在含水层中的滞留时间, 利用人工放射性同位素作为示踪剂, 判断岩溶暗河相互联通关系等。

14. 每个图幅除应在图框外附有详细图例和必要的剖面外, 还应根据需要, 附加少量镶图或图表。

(三) 地下水系统划分

15. 一个独立、完整的地下水系统, 其动力机制主要由输入系统、运转系统、输出系统 3 个部分组成一个循环系统或称水流系统。输入系统或称补给系统, 主要包括降水、地表水、地下水等补给要素; 运转系统主要起传输作用, 地下水流通过含水层系统进入输出系统, 排泄出系统之外。在地区分布上, 主要包括补给区、径流区与排泄区。每个完整的地下水系统, 均具有统一的渗流场与水化学场。

16. 一个主系统可由两个或多个相互联系的子系统或称亚系统共同组成, 每个子系统均具有一个统一的水循环系统, 并具有统一的渗流场与水化学场。例如西北内流区的许多河流, 其上、下游往往由 2~3 个盆地所组成, 每个盆地代表一个子系统; 全流域各盆地都受同一条河流的补给, 由河流串联成一个统一的大系统, 称为主系统或母系统。有时一条河流的两条支流, 形成两个盆地, 并组成两个具有同一排泄区的子系统, 共同组合为一个统一的主系统。因此, 地下水系统与地表水系统, 两者之间存在不可分割的关系。

17. 在一个区域性的大系统内, 常分布局部的或地区性的水流系统, 称为支系统。例如西北内流区的山前平原是一个完整的区域性地下水系统, 一般可划分为两个支系统。山前戈壁带(地下水补给带)到泉水溢出带, 形成一个主要由潜水层构成的支系

统；从绿洲带到荒漠带，主要由地下径流侧向补给与地表渠系补给所形成的潜水、承压水系统，构成另一个支系统，两者组成一个区域性系统。此外，局部封闭型的潜水盆地，也可成为子系统支系统。

18. 如上所述，地下水系统的边界可分为 3 个等级。主系统之间的边界为一级边界，子系统之间的边界为二级边界，支系统之间的边界为三级边界。不同等级的边界用界线线条的粗细加以区别。

19. 地下水系统的边界，按其性质可划分为以下 5 种类型：①侧向边界；②垂向边界；③分水岭边界；④人工边界；⑤深埋型边界。

20. 侧向边界按其透水性可划分为隔水边界、弱透水边界与透水边界。一般情况下弱透水边界可简化并入隔水边界。透水边界又可划分为输入边界（补给边界）与输出边界（排泄边界）；其中山口河谷潜流侧补边界，要采取特殊图例表示。

21. 垂向边界主要包括潜水系统越流入渗补给承压水的补给边界和深部承压水越流顶托补给上覆含水层系统的补给边界。在图面表示困难时，可采用横剖面或立体剖面表示。

22. 分水岭边界主要可划分为地表水分水岭边界与地下水分水岭边界两种类型。基岩山区裂隙水大部分排入河流，转化为地表水，因此山区地表水与地下水的分水岭边界，基本上是一致的。地下水分水岭边界一般可分河间地块分水岭与平原地区地下水分水岭两大类。平原区地下水分水岭常成为子系统之间的边界线，此类边界又可划分为活动边界与固定边界。活动边界可因人类活动的影响而迁移。

23. 人工边界主要是地下水强烈开采区所形成的大面积下降漏斗，构成由人工流场而形成的人工边界。人工边界常因开采情况的变化而扩大或缩小。

24. 深埋型地下水系统边界，主要指第四系含水层系统覆盖下，深部隐伏的具有开发远景的基岩含水层系统，如白垩系含水

层系统、寒武奥陶系岩溶水系统，与上部第四系含水层系统基本无直接联系，成为独立的地下水系统，应在图面圈出其边界范围。

（四）含水层系统划分

25. 含水层系统按其不同含水介质与水力特征，一般可划分为以下3种基本类型：①孔隙含水层系统；②裂隙含水层系统；③岩溶含水层系统。根据需要可细分为9种类型。孔隙含水层系统采用普染色表示，裂隙含水层系统与岩溶含水层系统分别采用不同颜色的方形与长方形网格表示，其目的主要是突出孔隙含水层系统，有利于与非孔隙含水层系统相区别。

26. 孔隙含水层系统简称孔隙水系统，主要由第四系（包括部分第三系）松散堆积组成。根据含水层结构，可划分为单层、双层及多层含水系统；根据其水力特征，可划分为潜水系统与承压水系统；按其埋藏条件，可划分为浅层水系统、深层水系统等。对双层或多层含水层系统，可在图例上加绘横线条，以区别于单层含水层系统。对潜水系统过渡到承压水系统，应圈出两者之间的界限。

27. 西北黄土高原巨厚的黄土层，是一种具有孔隙、孔洞和裂隙的多重介质含水层系统，在黄土大面积分布的地区，可作为一种特殊类型，采用黄色图例表示，与一般孔隙含水层系统加以区别。

28. 根据地层时代的不同，孔隙含水层系统又可划分为第四系含水层系统与第三系含水层系统，两者往往形成上下叠置的关系，称为复合型含水层系统。第四系含水层系统也经常覆盖在其他不同时代的含水层系统之上，如白垩系含水层系统覆盖在古生界岩溶水系统之上，形成多系统相互重叠的复杂含水层系统。在上述情况下，图面上以反映第四系含水层系统为主，同时圈出下伏含水层系统的边界，并对具有开发意义的下伏含水层，在图面上采用一定的花纹符号加以表示。

29. 裂隙含水层系统简称裂隙水系统，一般分布在丘陵山区，赋存于各类不同岩体之中，构造较为复杂，缺乏比较稳定的含水层，在地下水系统中处于补给区。裂隙水大部分形成泉水排泄到河流，转化为地表水，一部分成为河谷潜流，进入山前平原。因此在一般情况下，裂隙含水层系统不必因岩性的不同而进行详细分类。

30. 考虑到块状结晶岩体裂隙水系统与层状基岩裂隙水系统的赋存条件有所区别，因此大面积分布结晶岩体的地区，如有必要也可把基岩裂隙水系统，划分为上述两种不同类型，设计两种图例表示。

31. 我国中生界盆地分布较广，红色碎屑岩地层发育，褶皱比较平缓，常形成比较稳定的层状孔隙裂隙含水层系统，具有较好的开发价值。因此在红层大面积分布的地区，可作为一种单独的含水层系统，设计专门图例表示。

32. 我国东北、内蒙古以及华南部分地区，新生代玄武岩分布较广，气孔发育，形成分布较为稳定的裂隙孔洞含水层系统。因此在上述地区，可把玄武岩裂隙孔洞含水层系统，作为一种特殊类型，设计专门图例表示。

33. 裂隙水系统往往受构造条件控制，因此对控水构造如背斜、向斜构造或充水断裂等，应在图面有所表示。

34. 岩溶含水层系统主要为碳酸盐岩形成的裂隙溶洞水系统，简称岩溶水系统。按其岩性特征与地层结构，也可划分为两大亚类：①以碳酸盐岩为主的岩溶含水层系统；②碳酸盐岩夹碎屑岩（占30%~50%）组成的岩溶含水层系统。如果碎屑岩占多数，夹少量灰岩，岩溶水不占主导地位，则可纳入裂隙水系统。

35. 岩溶水系统按其埋藏条件，可划分为以下3种类型：①裸露型；②覆盖型；③深埋型。裸露型要重点反映暗河水系的分布；覆盖型一般与第四系含水层系统相复合，可采用双层结构图例表示，如果第四系含水层不发育，也可直接反映岩溶水系统。

对深埋型在图面主要表明其分布界限，适当表示埋藏深度与地层时代，并应配合剖面。

36. 东北北部、青藏高原及西北部分高山地区，广泛分布不同介质的永久冻结层含水层系统，主要属孔隙水系统或裂隙水系统，仍可采用规定的图例，但增加特殊符号加以区别。如果具备充分资料，可进一步划分冻结层上水与冻结层下水，或根据冻结层的不同厚度进行划分。

37. 在有地热田分布的地区，在图面上应反映其分布范围、储水层时代、埋藏条件、热水温度及其资源量（热量用焦耳表示）。

38. 我国疆域广阔，地质、水文地质条件十分复杂，地区差异很大。因此对于图例设计，在上述原则基础上，必须根据各个地区的特点，灵活掌握，创造性地加以合理变化。在上述条文中未列入的其他内容，如控制性钻孔及重要水点等，请参阅所附图例。

（五）地下水资源量分级

39. 地下水的天然资源量，主要通过均衡计算，根据各项天然补给量的总和，按面积求出不同地区的补给模数；并按补给模数的大小，划分若干等级，以反映资源量的相对丰富程度。山区裂隙水或岩溶水一般根据排泄量，应用水文分析法，计算地下水径流量，即河流的基流量，求出地下径流模数，以代替补给模数。

40. 地下水补给模数采用万立方米每平方千米年 [$10^4 \text{ m}^3 / (\text{km}^2 \cdot \text{a})$] 作为计算单位，代表每平方公里单位面积的天然资源量。从全国范围考虑，天然资源量的贫、富，根据补给模数的大小，大致可划分为以下 5 个等级：

- (1) 天然资源量极丰富 补给模数 > 50
- (2) 天然资源量丰富 补给模数 $30 \sim 50$
- (3) 天然资源量中等 补给模数 $20 \sim 30$

(4) 天然资源量贫乏 补给模数 $10 \sim 20$

(5) 天然资源量极贫乏 补给模数 < 10

41. 地下水资源量的贫、富，只是一个相对概念，由于地区差异很大，在不同地区分级的标准也因地而异。如东北松嫩平原，补给模数很少超过 $30 \times 10^4 \text{ m}^3 / (\text{km}^2 \cdot \text{a})$ ，如果按 5 级划分，则分别为 [单位： $10^4 \text{ m}^3 / (\text{km}^2 \cdot \text{a})$]：① $20 \sim 30$ ；② $10 \sim 20$ ；③ $5 \sim 10$ ；④ $1 \sim 5$ ；⑤ < 1 。黄土高原是严重缺水地区，如果按 4 级划分，则分别为：① $10 \sim 20$ ；② $5 \sim 10$ ；③ $1 \sim 5$ ；④ < 1 。其中 1 级可能只有局部分布。南方补给模数较大，第 1 级 (> 50) 又可进一步划分为 > 100 、 $50 \sim 100$ 。因此，每个地区应根据计算结果，通过认真分析，对补给模数进行合理分级。

42. 孔隙含水层系统补给模数分级，用不同普染色表示。如果按 5 级划分，则分别采用：① 蓝；② 浅蓝；③ 绿；④ 浅绿；⑤ 浅棕表示。如果按 3 级划分，则分别采用：① 蓝；② 绿；③ 浅棕。黄土含水层系统如果按 3 级划分，则分别采用：① 深黄；② 黄；③ 浅黄。

43. 孔隙裂隙含水层系统，采用橙色方形网格表示。层状基岩裂隙水系统与块状结晶岩体裂隙水系统，分别采用紫色与红色斜方形网格表示。如果裂隙水系统不进行分类，可采用棕色斜方形网格表示。玄武岩孔洞裂隙含水层系统，果用棕色菱形网格表示。

44. 岩溶水系统采用蓝色长方形网格表示，如果岩溶含水层夹有碎屑岩，需要与岩溶水系统区别开来，那么在图例设计上，可适当加以区别。不同级别的补给模数均用各类网格的大小加以区别。网格越小资源量越大。

45. 地下水可采资源（允许开采量）的计算，除要考虑技术、经济条件与环境条件的制约以外，同时还要考虑通过采取人工补给、人工调蓄、岸边取水、扩大降水入渗等手段可能增加的资源量，但目前尚难规定统一的计算方法，而如果采用不同的计算方法，其结果往往又差异较大。对裂隙水或岩溶水系统的可采

资源量，一般在图面上可不表示，对孔隙水系统，如果具备计算条件，可根据计算结果，用可采资源模数加以表示。即根据可采模数的分级，采用不同的线条或网格叠加在普染色之上，加以区别。

46. 另一种表示方法，通过对可采模数的计算，分析它与补给模数的比例关系，也可通过划分若干等级来反映可采模数所占的比例。例如：①可采模数与补给模数相当（可采模数：补给模数 $>90\%$ ）；②可采模数为补给模数的 $70\% \sim 90\%$ ；③可采模数约为补给模数的 $50\% \sim 70\%$ 。上述情况中，①在图面上可不表示；②及③可分别采用单线及双线条叠加在普染色之上，加以区别。

47. 在地下水开采程度较高的地区，通过对开采量的统计计算，根据与可采资源量的比例关系，求出开采系数 K_c ($K_c = \text{开采量} / \text{可采资源量}$)，并可根据具体情况，划分若干等级，以反映开采程度的差异。例如：①开采程度较低， $K_c = 0.1 \sim 0.3$ ；②开采程度较高， $K_c = 0.3 \sim 0.6$ ；③开采程度接近平衡， $K_c = 0.6 \sim 1$ ；④超采， $K_c > 1$ 。在图面设计不同的线条或网格加以区别。

48. 大、中城市按地下水的开采量（单位： $10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ），一般可划分4个等级：① >100 ；② $50 \sim 100$ ；③ $20 \sim 50$ ；④ <20 。在图面设计专门符号表示，并应表明开采量对允许开采资源量所占比例。

（六）地下水动力特征与水化学特征

49. 地下水动力特征与水化学特征，是地下水资源图的主要内容之一；两者之间相互制约、相互影响，存在紧密的有机联系，是分析地下水系统与评价地下水资源的重要依据。

50. 地下水等水位线、等水压线与流线、流网，是反映地下水系统渗流场的基本要素，一般采用等值线表示，流线采用带箭头的长线条表示。流网也可在剖面图上表示。为了反映流入量与流出量之间的动态关系，在补给边界应注记地下水的侧向补给量

与河流的年均径流量，同时在输出边界注明地下水、地表水的流出量。

51. 反映水动力特征的主要参数有导水系数与贮水系数，是进行水资源计算不可缺少的依据。导水系数在图面可用等值线表示，或划分等级后，用不同网格表示。其他与水动力特征有关的参数，还有渗透系数、弥散系数、越流系数、降水入渗系数、河流补给系数、压力传导系数等。应有选择地在图面采用标记符号表示，或在镶图、剖面图上表示。

52. 反映水化学特征的主要标志是：①水的矿化度；②水的化学类型；③原生环境下水所含微量元素；④人类活动影响下造成的水质污染。地下水资源图由于图面容量所限，在水质方面，以反映矿化度为主；在许可条件下，适当反映其他有关内容。

53. 水的矿化度是评价水质最重要的一项指标，也是区别咸、淡水的一项重要指标。在一般地区可划分如下：①淡水，矿化度 $<1\text{ g/L}$ ；②微咸水，矿化度 $1\sim3\text{ g/L}$ ；③半咸水，矿化度 $3\sim5\text{ g/L}$ ；④咸水，矿化度 $>5\text{ g/L}$ 。在图面除淡水不加表示外，其他均采用不同的花纹符号加以区别。在大面积分布咸水的地区，也可设计专门图例，例如采用全灰的普染色表示；如果咸水层下分布淡水层，应采用双重结构的方式，反映淡水层的分布及其埋藏深度。

54. 西北干旱地区或其他严重缺水地区，水质较差，水化学条件复杂，因此按矿化度划分的咸、淡水等级，宜作如下调整：①淡水，矿化度 $<1\text{ g/L}$ ；②微咸水，矿化度 $1\sim3\text{ g/L}$ ；③半咸水，矿化度 $3\sim10\text{ g/L}$ ；④咸水，矿化度 $>10\text{ g/L}$ 。我国部分地区深部常蕴藏具有经济价值的高矿化盐卤水，应设计专门图例，反映其分布范围。

55. 在水质条件比较复杂的地区，地下水的化学类型可编制镶图表示。对原生的有害超标微量元素，如铁、锰离子或氟离子及其化合物等，一般采用花纹符号或等值线表示，也可在镶图中表示。对大面积水质严重污染地区，应在图面圈出其分布范围。

56. 对地表水体如河流、湖泊、水库等，均应适当表示其水质条件与污染情况，及其对地下水的影响。如果分布有污水库、排污渠道或污灌区，尤应有所显示。

(七) 地下水系统的四维特征

57. 如何在平面图上表现地下水系统的三维特征及其时空变化，目前尚缺乏成熟经验，需要在实际工作中不断探索。其目的主要是通过各种直接或间接的方法，例如配合立体剖面，以显示含水层的结构及其空间分布、水流系统之间边界性质与能量变换作用以及水动力场、水化学场或水热力场的时空演化。

58. 综合水文地质图运用宽窄条相间的图例来表示双重结构及其埋藏深度，是反映含水层系统三维空间的方法之一。对于不同时代相互叠加的复合型含水层系统，采用不同的界线，分别表示其分布范围、地层时代和埋藏深度，是另一种反映系统结构常用的表现方法。

59. 对于含水层系统的结构，也可根据含水层的层次（如单层、双层、多层）、水力特征（潜水、承压水）、厚度（薄层、厚层）、岩性（粗颗粒、细颗粒）、埋藏条件（浅层、深层），以及含水层与隔水层之间的组合关系等综合因素，划分成若干类型，设计不同的图例加以表示。如果图面难以容纳时，则可编制成单张镶图。

60. 对前述复合型含水层系统，也可根据其不同的组合关系，划分成多种组合类型，设计不同图例加以表示。例如假设某地共包括以下 5 种含水层系统：①第四系潜水（ Q_A ）；②第四系承压水（ Q_B ）；③新第三系承压水（ N ）；④白垩系承压水（ K ）；⑤前白垩系基岩裂隙水（ BR ）。通过分析其可能存在的各种组合关系，至少可划分为以下 6 种类型：① $Q_A + K$ ；② $Q_A + BR$ ；③ $Q_A + Q_B + K$ ；④ $Q_A + Q_B + BR$ ；⑤ $Q_A + Q_B + N + K$ ；⑥ $Q_A + Q_B + N + BR$ 。设计 6 种图例，即可编制成含水层系统结构图，作为主图的辅助性的镶图。

61. 所在地区各种类型的系统边界及其两侧之间的相互关系一般采用小型块状立体剖面图（参阅“图例设计”）来表示，因此需要通过分析，选出该地区若干具有代表性的边界类型，绘制成块状立体小剖面图并列入图例之内。

62. 通常采用两组不同方向的横剖面互相交错组合而成的立体剖面图来反映含水层系统的结构及其岩性变化。例如某南北方向的盆地，选出 5 条东西方向的横剖面，2~3 条南北方向的纵剖面，相互组合，联成一体，形成水文地质立体结构图，就能比较完整地反映出盆地结构和各含水层系统的三维空间分布。

63. 在垂直方向上按不同深度横切若干水平剖面，上下连接成为一个立体图，反映各含水层系统在不同深度上的平面分布及其岩性变化。例如某地区地面下 50~100 m 为第四系承压水，100~150 m 为第三系承压水，150 m 以下为奥陶系岩溶水，那么可选择在 50 m、100 m、150 m、200 m，分别横切 4 个水平剖面，连成一个整体，以反映含水层系统的空间分布（参阅“图例”）。

64. 应用立体图来反映盆地结构和地下水流系统中的层次关系和补排系统能取得较好的效果。例如“图例设计”中所示德国明斯特盆地的立体图，反映了盆地构造以及区域性、地区性和局部性不同层次水流系统之间的叠置关系。

65. 应用计算机系统绘制三维空间立体图，反映含水层系统结构、地下水渗流场、化学场的空间分布。例如表示水力坡度、人工流场或污染溶质的运移或扩大等，均能取得较好效果。

66. 为了反映地下水渗流场的演变，例如由于强烈开采，造成人工流场的不断扩大，可在图面圈出不同时期区域下降漏斗的范围，例如分别圈出 1980、1990、2000 年的漏斗边界，这样不仅反映了人工流场的演变过程，同时也反映了其发展趋向。如果配合使用剖面图反映漏斗的发展过程及其与开采量的相关关系，则效果更好。

67. 凡因气候变化或人为影响因素导致地下水动态变化的，

除应在图面有所表示外，还可辅以各有关要素之间的相关曲线图。例如由于上游修建水库，导致地下水位下降、泉水流量衰减，则在图面相关的水点上，应同时表示不同时期的水位，或不同时期泉水流量的变化。此外，应根据不同的动态类型，分别编制具有代表性的相关曲线图。例如以降水补给为主的井灌区，应根据动态观测记录，编制一定时段内降水量、开采量与地下水位之间的相关曲线图，作为平面图的辅助内容。

68. 为反映地下水位（潜水位或承压水头）的动态变化，还可编制一定时段（例如 5 年或 10 年）内不同时期的地下水等水位线比较图或水位变化幅度图，包括上升幅度或下降幅度，作为辅助性镶图。必要时可在主图上圈出剧烈下降或剧烈上升等异常区的具体界限。

69. 对于活动边界，特别是以地下水分水岭所形成的系统边界，由于天然的或人为作用影响而发生迁移的，应在图面或剖面上加以表示。例如荷兰某地（参阅附件）采用 3 个流网剖面，反映 500 年来由于补排条件的变化，使原来的单一系统，演变成了两个独立系统，系统边界随之发生重大变化。

70. 为反映地下水的水质变化，例如由于工业废水、生活污水的不合理排放，以及施用农药、化肥或污水灌溉导致地下水污染程度不断加重，污染范围不断扩大，应根据各地区的具体情况在图面上采取不同的表示方法。假定某城市 10 年来地下水污染范围迅速扩大，经采取治理措施，预测今后 10 年内扩大的速度可能有所减缓，因而在图面上可采用 3 种不同颜色的界线，分别代表 1990 年初始阶段、2000 年迅速扩大的污染范围和预测 2010 年可能扩大的范围。有的地区水质变化可能突出表现在某单项要素上，如硝酸盐、酚或水的硬度等，同样可采取不同时期的等值线表示，或采取镶图等方法表示其分布面积的变化。

（八）图式、镶图及综合图表

71. 在一般情况下，如果采用 1:25 万国际分幅图，那么图

式与过去出版的 1:20 万综合水文地质图分幅图的图式，基本上相同。即图框上方中央为图名，左侧为柱状剖面图，右侧为图例符号，右侧下方为镶图或图表，图框下方为剖面图。如果不采用国际分幅图，一般情况下图名放在左上方，包括比例尺、编制单位及编图人。图例放在右下方，剖面在下方，利用其他空间放镶图或图表。如果剖面图、镶图及各种图表数量较多，则图框右侧可适当扩大图幅以外的面积。

72. 图例设计力求简明扼要，图例上一般除表明不同类型的含水层系统和相应的补给模数分级以外，不作具体说明。图例下可配合 5~10 个反映边界特征的代表性小型块状立体剖面图。

73. 在含水层系统比较复杂的地区，柱状图可按不同地段，分别编制成两个或 3 个柱状图。在含水层系统比较简单的地区，如果剖面图基本能反映全区含水层系统结构，也可不编柱状图，而把剩余空间作为放镶图、曲线图或其他综合图表之用。

74. 每个图幅所附的水文地质剖面图以 2~3 个为宜，但要选择最能充分反映含水层系统与水流系统结构的代表性剖面图。除区域性的剖面图以外，也可适当配合局部地区具有典型意义的小剖面。剖面图的内容包括：①含水层与隔水层及其岩性；②含水层系统界线（例如浅层水、中层水、深层水系统之间的界线）；③潜水位与承压水位；④流线及流网；⑤水化学类型或淡水、微咸水、咸水之间的界面；⑥控制钻孔及相应的涌水量、降深值、渗透系数、导水系数等参数；⑦污染溶质；⑧地表水体及其与地下水之间的补排关系；⑨水流系统结构（例如区域性、地区性、局部性水流系统相互叠加关系）。

75. 配合三维立体图，反映地表景观以及含水层系统与水流系统的空间结构及其相互之间的关系（参阅德国明斯特盆地三维立体图）。

76. 每个图幅可附 2~3 个镶图，以补充平面图的不足。复杂地区也可适当增加镶图，一般采用 1:50 万或 1:75 万的比例尺。镶图内容以反映单项或双项要素为主，不同地区根据具体需

要，确定镶图的数量与内容。一般情况下，可从以下各种图件中加以选择：①潜水埋藏深度图（一般可与等水位线合编）；②等水压线图（一般可与承压顶板埋深合编），或与潜水等水位线合编）；③导水系数分级图（可与渗透系数等值线合编）；④年均降水量图；⑤地下水水质图或水文化学图；⑥地下水污染程度图；⑦含水层系统结构图；⑧地下水系统结构图；⑨地下水开发利用程度图；⑩地下水开发利用规划图。

77. 为反映、调查地区地下水动态一般规律，应选择典型地段，根据动态监测记录，表现在自然条件或人为因素影响下，地下水水位、水质、水量与有关因素的相关动态曲线，作为图幅内辅助内容之一。

78. 为反映地下水系统的内部结构及其与输入、输出系统之间的相互关系，可编制成相当于概念模型的地下水系统结构框图，作为图幅辅助内容之一。

79. 为反映全区地下水资源分布概况，可根据计算结果编制成“地下水资源统计简表”，作为图幅辅助性内容之一。“简表”内容力求简明扼要，一般情况下可包括以下各栏：①地下水系统名称（一般按所在地名命名）及其编号；②主要补给项及其补给量；③天然资源总量；④可采资源量；⑤开采量；⑥剩余资源量。

80. 有关图面地形（如等高线、河流、湖泊、沼泽、沙丘、山峰等）、地物（如城镇、公路、铁路、水库、渠道等），以及有关制图技术要求等方面，参考所附图例。

二、主要辅助图件的编图方法

(一) 引言

1. 随着地下水资源开发利用程度的不断提高和水文地质科学的迅速发展，过去所编制的综合水文地质图（或称普通水文地质图）已远远不能满足规划设计部门的需要，因此水文地质图的基本概念，已不能以一张综合水文地质图作为代表，而是需要用一个图组，即若干图幅组合而成的系列图作为代表。

2. 水文地质系列图所包括的图幅，根据工作的不同阶段而有所不同。一般情况下可划分为勘查、规划设计、开发管理三个阶段。我国勘查阶段主要通过开展 1:20 万普查，编制相应的综合水文地质图，并配合编制潜水埋藏深度图、地下水水文化学图等图件。目前实际上已进入规划设计阶段，通过调查研究，重点以编制地下水资源图为主，配合编制地下水水质图、环境水文地质图、地下水脆弱性图、地下水开发利用区划图等图件。开发管理阶段主要以编制大比例尺专门性图件为主。

3. 本节重点探讨配合地下水资源图，为合理开发利用地下水进行宏观规划所需要编制的中等比例尺基础性系列图件的编图方法。

4. 我国地区差异很大，不同地区需要编制的图幅不尽相同，必须因地制宜，区别对待，合理选择。

(二) 含水层系统富水程度图

5. 含水层系统富水程度图简称含水层系统图，其所反映的内容，基本上与普查阶段所编制的综合水文地质图相同，即以反映含水层的富水等级为主，与后者的主要区别是它对含水层系统进行了重新划分，并以地下水系统为基础，强调表明系统边界与

边界条件。

6. 地下水资源图与含水层系统富水程度图都具有以地下水系统为基础的共同特点，主要区别是前者重点反映资源量（补给模数分级），后者重点反映富水性（单井涌水量分级），因此两者完全可采用统一的图例，只是把前者图例中补给模数的分级，改为后者的富水性的分级而已。

7. 含水层系统图图例与国际水文地质图图例相比较，其主要区别是：①含水层系统共划分为9类，而国际图例仅划分3大类；②裂隙水、岩溶水系统在国际图例中，一律采用普染色表示，现改用不同颜色的网格表示；但孔隙水系统仍采用蓝、绿、棕三种普染色，与国际图例采用的颜色取得一致（我国原图例蓝色用于岩溶水）；③国际图例图面表示岩性，而含水层系统图不表示岩性，但根据岩性划分含水层类型。

8. 本书中含水层系统图的图例设计，主要参考法国的含水层系统图和德国明斯特盆地地下水流系统图中的图例，编图方法与其较为接近，内容也大致相同。但也存在较大差异，如含水层系统资源量的分级与采用的单位，地下水系统与含水层结构的表示方法等均有所不同。因此本节内未包括的内容，仍可应用1979年地质出版社出版的《综合水文地质图编图方法》中的有关规定。

（三）地下水质量评价图

9. 地下水质量评价图简称地下水水质图。地下水质量评价是环境质量评价与水资源评价的重要组成部分，因此水质图也是水文地质系列图中的基础性图件之一。

10. 根据1993年颁布的国标〔地下水质量标准（GB14848—93）〕，对地下水的质按综合评价分值，划分为5类，即5个等级（括弧内为分值）：Ⅰ．优良（ <0.8 ）；Ⅱ．良好（ $0.80 \sim 2.50$ ）；Ⅲ．较好（ $2.50 \sim 4.25$ ）；Ⅳ．较差（ $4.25 \sim 7.20$ ）；Ⅴ．极差（ >7.20 ）。以上Ⅰ—Ⅲ级基本符合生活用水或工农业用水

的水质要求，仅在程度上有所差别。第Ⅳ、Ⅴ两级一般不宜作为生活用水，部分可作农业用水或工业用水。以上5个等级一般在图面可采用蓝、浅蓝、绿、橙、红五种普染色表示。在水质条件比较简单的地区，也可简化为4个或3个等级。

11. 对于地下水质量评价一般采用的计算方法，如数理统计法、数学模型法、综合指数法等，需要根据每一地区的具体条件进行合理选择。目前一般在单项离子含量评价的基础上，采用加权平均方法，求得综合指数。由于各地区水文地质化学环境和人为影响的差异很大，对水质的要求也有所不同，因此对等级划分的标准，以及各单项要素的分级标准，均需根据实际情况进行合理调整。

12. 由于根据综合指数的分级作为编图依据，因面图面不易反映对水质起主导作用的有关元素或化合物的情况，如原生环境下生成的氟、铁、锰、碘等离子，以及由于污染或其他原因形成的三价氮和汞、砷、硒、铬、酚、氰化物等有害物质，因此应选择其中最重要的1~2种，最多不宜超过3种，分别采用不同颜色的线条、网格或等值线，作为图面第二层次的内容加以表示。

13. 在地下水水质污染条件比较复杂、污染程度比较严重的地区，可专门编制“地下水污染程度图”。也可根据具体情况，编制部分地区较大比例尺的地下水污染程度图，或编制作为水质图镶图的较小比例尺的图。

14. 地下水污染程度图可按污染程度划分4个等级：Ⅰ. 未污染的地下水（未检出有害物质）；Ⅱ. 轻度污染的地下水（检出有害物质但未超标）；Ⅲ. 重度污染的地下水（检出少量已超标的有害物质）；Ⅳ. 严重污染的地下水（检出多种严重超标的有害物质）。以上4个等级可分别采用蓝、绿、橙、红四种普染色加以表示。其分级的定量标准，可根据各地区的具体条件而定。此外可应用线条、网纹分别表示污染类型与污染源的分布，如引发工业污染的各类厂矿及其污染范围，引发农业污染的农药、化肥及其污染分布范围，由三废引发的污染源及其分布范

围。在具有多年水质动态监测资料的地区，应尽可能在图面反映污染面积的演变过程，以及预测今后可能扩大的范围。

15. 对于起主导作用的单项有害物质，可根据其污染指数（实测含量与起始值之比）进行分级，编制成单项有害物质的污染程度图，作为水质图的镶图。

16. 由于生活用水、农业用水、工业用水的水质标准不尽相同，不同地区对水质的要求也存在差异，因此可根据需要分别编制较小比例尺的生活用水、农业用水、工业用水的地下水水质评价图，作为水质图的辅助性镶图。

17. 在与水质有关的地方病高发地区，例如高氟病分布地区，可编制高氟水水文地球化学图，反映地下水的含氟量及其分布，同时反映高氟病的不同发病率及其分布，以便分析对比两者之间的关系。此外，如与地下水碘含量有关的高甲亢病地区，与腐殖酸、硫酸根离子、硒及 pH 值等化学成分有关的克山病发病地区等，均可编制类似的水文地球化学图作为水质图的镶图。凡病区内具备换水、改水条件的地区，例如在高氟水分布区，其中有些地区 60 m 以下有好水，有些地区 150 m 以下有好水，应分别在图面圈出好水的分布范围及其埋藏深度。

（四）地下水脆弱程度图（地下水易污染性图）

18. 地下水脆弱程度图或称地下水脆弱性图，主要反映地下水的易污染性，即脆弱程度愈高，易污染性也愈强，因此也可称为地下水易污染性图，后者比较通俗易懂。

19. 根据国际水文地质学家协会（IAH）1994 年出版的《地下水脆弱性图编图指南》，对地下水的易污染性（脆弱性），主要根据以下 4 种因素进行脆弱性分级：①包气带的厚度与岩性；②含水层的渗透性；③土壤层的性质；④含水层的水流条件。在综合分析以上 4 种因素的基础上，将地下水的脆弱性划分为 5 个等级：①脆弱性较高（极易污染）；②脆弱性高（易污染）；③脆弱性中等（较易污染）；④脆弱性较低（不易污染）；⑤脆弱性很低（很

难污染)。以上 5 个等级在图面采用 5 种不同的普染色加以表示。

20. 以裂隙水、岩溶水为主的基岩山区与以松散岩层孔隙水为主的平原地区, 控制地下水可污染性的因素差别很大, 前者主要取决于岩石性质及其裂隙、溶隙发育程度, 而后者主要取决于包气带厚度与岩性, 以及含水层的水力性质。因此对基岩裂隙水(包括岩溶水), 一般可根据岩性及裂隙、溶隙的发育程度, 划分 3~5 个等级, 另外设计一套颜色图例, 以便与平原地区孔隙含水层反映脆弱性的图例相区别。

21. 为了便于对平原区地下水的脆弱程度进行定量评价, 因此选择以下参数作为计算综合指数的主要依据: ①包气带的厚度; ②包气带土层的渗透系数; ③含水层的补给模数; ④含水层的导水系数; ⑤地下水的水力坡度; ⑥地下水的绝对年龄。根据地区水文地质条件, 可选择其中 3~5 种参数, 划分 3~5 个等级并据此进行打分, 求出综合指数作为划分脆弱程度强弱的依据。也可采用其他计算方法, 如综合模糊数学评判法进行计算。但不论哪种计算方法, 都会因受到人为因素的影响而往往不能得到预期效果。因此定量分析必须与定性评价相结合。

22. 图面除用各种普染色反映脆弱程度外, 为强调其中某项主导因素, 可另设计线条或网格作为第二层次的内容。例如假定平原区包气带土层岩性变化不大, 而厚度变化较大, 是控制可污染性的主要因素, 可根据厚度变化划分 3~5 个等级, 用不同的网格加以区别。如果包气带的厚度变化不大, 而岩性变化较大, 则可根据土层结构划分等级, 用不同网格加以表示。此外, 在水质方面, 也可采用花纹、符号等方法, 适当反映微咸水、咸水的分布, 超标离子如氟离子、铁锰离子等的分布, 以及污染状况如轻污染、重污染, 或污染类型, 如工业污染、农业污染等的情况。

(五) 环境水文地质图

23. 关于环境水文地质图的编图方法, 目前国内外尚无统一

规定，由于各地区自然环境和社会经济条件差异很大，存在的问题互不相同，因此很难作出硬性规定，但一般可掌握以下原则：①以水文地质图为基础，充分反映地下水在天然条件或人为因素影响下所存在的各种环境问题；②根据各地区的特点，突出反映本地区所存在的重点问题；③为便于各有关部门的利用，图面力求通俗易懂。

24. 环境水文地质图主要包括以下内容：①含水层系统富水性；②含水层结构与埋藏条件；③水文地球化学环境（包括天然的与人为作用的）；④由于过量开采造成的含水层枯竭、海水入侵、地面沉降、岩溶塌陷、地裂缝等现象；⑤与开发地下水有关的生态环境恶化，如沙漠化、盐渍化、沼泽化等现象；⑥与地方病有关的水环境问题。

25. 以含水层系统的富水性与水化学条件作为第一层次（普染色）的基本内容。根据水化学条件，含水层系统可划分为两大类：①可饮用的淡水含水层系统；②不能饮用的咸水或受污染的含水层系统。淡水含水层系统以反映富水性为主，非淡水含水层系统以反映水化学特征为主。

26. 淡水含水层系统可简化为2类，即孔隙水系统与裂隙水系统（包括岩溶水）。对富水性的划分，一般可简化为3级：①水量丰富（单井涌水量 $>1000\text{ m}^3/\text{d}$ ）；②水量中等（单井涌水量 $100\sim1000\text{ m}^3/\text{d}$ ）；③水量贫乏（单井涌水量 $<100\text{ m}^3/\text{d}$ ）。在西北干旱区的有些地区，基本无含水层分布，则可增加：④无地下水分布。

27. 对非淡水含水层系统，一般可划分两大类：①含高盐分的地下水，一般可划分2~3个等级，例如微咸水（ $2\sim5\text{ g/L}$ ）、半咸水（ $5\sim10\text{ g/L}$ ）、咸水（ $>10\text{ g/L}$ ）。以上分级标准可因地区而异，对深部有淡水层分布的地区，则采用双层结构的方法表示。②天然的或受污染的劣质水，一般也可划分2~3个等级，例如经处理尚可利用的劣质水与基本不能利用的劣质水。此外由于原生水环境形成的地方病高发地区，例如分布高氟水的高氟病

地区,分布低碘水的高甲亢病地区,应设计专门的图例加以表示。

28. 由于过量开采形成的含水层枯竭、地面沉降、岩溶塌陷、地裂缝等现象,作为第二层次的主要内容,一般采用线条、网格或符号等方法表示。例如岩溶塌陷、地裂缝可设计符号表示,地面沉降或海水入侵可用线条或网格表示,并可根据其发展程度,划分2~3个等级。

29. 在北方特别是西北干旱地区,由于灌区大水漫灌或修建平原水库,常导致地下水位上升,形成土地大面积盐渍化或沼泽化。另一方面由于上游地区大量用水,造成下游河流断流,地下水补给衰减,地下水位持续下降,水质恶化,地表植被林木大片死亡,导致荒漠化。因此应设计相应的图例,反映人为作用对地下水动态的影响及其生态环境效应,这一点十分重要。

30. 对于含水层系统、结构及其埋藏条件,在图面载荷容许的情况下,应适当加以表示。例如以潜水为主的单层含水层,以承压水为主的深层含水层,以潜水、承压水相结合的多层含水层,可分别用单线、双线、方格等形式加以区别。对隐伏的深部含水层,例如埋藏型岩溶水,可用蓝色小圆点表示。西北干旱区或黄土高原,潜水位埋藏很深,也可用类似方法表示,并可按深度划分若干等级,例如 $< 50\text{ m}$ 、 $50 \sim 100\text{ m}$ 、 $100 \sim 200\text{ m}$ 、 $> 200\text{ m}$ 等等。

31. 由于环境水文地质图包含的内容较多,特别在环境条件比较复杂的地区,受图面载荷量的限制,它们往往不能得到充分的表现,因此需要编制镶图作为补充。例如地面沉降地区,为了反映沉降量、开采量与地下水位之间的关系,沉降范围与下降漏斗之间的关系等等,就需要编制专门性图作为镶图加以补充。再如高氟病地区,为了表现高氟水氟离子含量与发病率的关系,也需要编制镶图作为补充等等。

(六) 地下水资源开发利用区划图

32. 地下水开发利用规划图或称区划图,主要根据开发利用

现状，提出今后进一步合理开发的规划设想。因此图面主要包括以下内容：①区别可利用的淡水资源与不可利用的非淡水资源；②地下水的开采程度；③地下水的剩余资源量（或称潜力资源）；④今后地下水开发利用区划。

33. 我国南方除沿海局部地区外，基本无咸水分布，因此不存在咸水问题。华北一般存在三种情况，即全咸区、上咸下淡区及咸淡混杂区，需要区别对待。西北干旱区一般在河流下游，即地下水的排泄区，分布大面积高矿化咸水，不能利用。但矿化度 $1\sim3\text{ g/L}$ 的微咸水，仍可作为饮用水或灌溉用水， $3\sim5\text{ g/L}$ 的半咸水也可作为牲畜用水。因此不同地区对水质的划分，要根据具体情况制订合理标准。

34. 地下水的开采程度，一般根据各地段（可按地下水系统中的子系统作为计算单元）地下水开采量的统计，计算各地段的开采系数（ K_c ），即开采量与可采资源量之比，作为开采程度分级的依据。例如某地区根据计算结果，假定划分4个等级：①开采程度较低（ $K_c < 0.3$ ）；②开采程度中等（ $K_c = 0.3\sim0.6$ ）；③开采程度较高（ $K_c = 0.6\sim1$ ）；④超采（ $K_c > 1$ ）。如果存在严重超采情况，也可增加一个等级：⑤严重超采（ $K_c > 2$ ）。以上4或5个等级，分别用5种普染色表示。

35. 对于地下水的潜力资源，即剩余资源量，也可采用类似的计算方法，按剩余资源量与可利用资源量之比，求出潜力系数（ K_p ）。潜力系数的大小，反映了潜力资源的强弱。因此根据潜力系数，也可划分若干等级。例如：①潜力资源很强（ $K_p = 0.7\sim1$ ）；②潜力资源中等（ $K_p = 0.4\sim0.7$ ）；③潜力资源较弱（ $K_p = 0.1\sim0.4$ ）；④基本无潜力资源（ $K_p < 0.1$ ）。根据以上分级，可编制成“地下水潜力资源（剩余资源量）分级图”，作为区划图的镶图。

36. 对地下水资源进行开发利用区划，一般应考虑以下诸因素：①地下水开采程度；②地下水资源潜力；③各类含水层系统的综合开发；④地下水与地表水的综合开发；⑤外界引水；⑥人

工补给与人工调蓄；⑦岸边取水；⑧保护生态系统，防止生态环境恶化；⑨微咸水或咸水的改造利用；⑩防治由于原生地球化学环境引发的地方病；⑪节水措施；⑫提高水的利用效率；⑬建立合理的灌溉系统，井、泉、渠统一规划；⑭农业用水与工业用水的统一协调；⑮经济社会发展与水资源的协调，达到供需平衡。

37. 通过以上诸因素的综合分析，结合各地区的具体条件，可建立地下水合理开发利用的各种模式。例如东北某地区建立了9种开发模式：①外界引水，第四系、第三系与白垩系承压水联合开发模式；②外界引水、地表水、河谷潜水，第四系及白垩系承压水联合开发模式；③地表水、潜水、第四系承压水联合开发模式；④地下水库开发模式；⑤地下水库、傍河取水联合开发模式；⑥地下水与傍河取水联合开发模式；⑦地下水为主地表水为辅的联合开发模式；⑧地表水、地下水联合开发模式；⑨地下水库调蓄开发模式。以上各种模式可用代号或网纹在图面表示，或用普染色编制成镶图。














































38. 一般情况下，地下水资源的计算以及开发利用区划都以地下水系统（主要按子系统）作为进行计算与区划的基本单元，但为满足地方需要，可同时按行政区划，以县、市为单位进行资源计算与区划，以便于地方部门的利用。因此需要另外编制一幅按县、市为单位的区划图，或作为按地下水系统编制的区划图的镶图。

三、图例设计*

(一)含水层系统划分

地下水补给模数

[单位: $10^4 \text{m}^3 / (\text{km}^2 \cdot \text{a})$]

	>50	30-50	10-30	5-10	1-5	<1
孔隙水系统 (蓝、绿、棕)						
黄土含水层系统 (黄)						
孔隙裂隙水系统 (橙) (主要是白垩系红层)						
火山岩孔洞裂隙水系统 (暗绿) (主要是新生界玄武岩)						
基岩裂隙水系统 (不分类) (棕)						
层状基岩裂隙水系统 (紫)						
块状结晶岩体裂隙水系统 (红)						
岩溶水系统 (蓝)						
夹有碎屑岩的岩溶水 系统 (蓝)						

备注: 由于各地区补给模数差异很大, 因此级别标准应根据各地区具体条件, 参照以上分级, 进行合理调整。

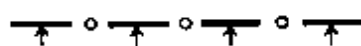
* 部分采用《综合水文地质图编图方法与图例》地质出版社 1979

(二) 地下水系统边界类型

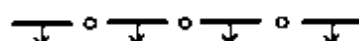
隔水边界



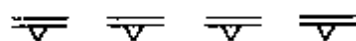
侧向补给边界



侧向排泄边界



承压水顶托补给边界
(数字为承压水顶板深度)



地表水分水岭边界



地下水分水岭边界



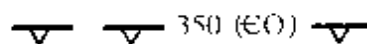
活动边界



人工边界



深埋型地下水系统边界
(注记为深度, 单位: m, 括号内为地层符号)

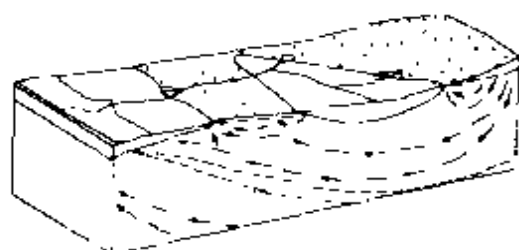


深埋地热田边界
(左边注记为深度, 单位: m, 括号内为地层符号,
右边为水温)



备注: 一级边界 (主系统) 线条宽度 1.2mm
二级边界 (亚系统) 线条宽度 1.0mm
三级边界 (支系统) 线条宽度 0.8mm

(三) 反映边界条件的示意小立体剖面图



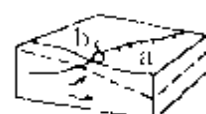
德国明斯特盆地地下水流系统立体剖面图
(反映局部、地区及区域性一级系统)



隔水边界
a. 含水层; b. 隔水层



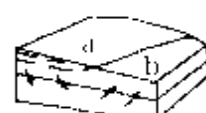
隐伏隔水边界
a. 含水层; b. 隔水层



潜水、承压水边界
a. 潜水; b. 承压水



补给边界
a. 补给区; b. 径流区



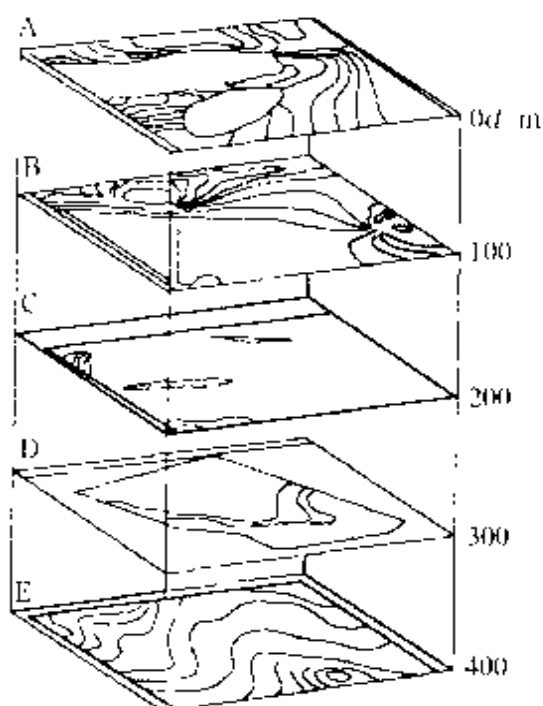
排泄边界
a. 补给区; b. 排泄区



补给边界
a. 潜水; b. 承压水

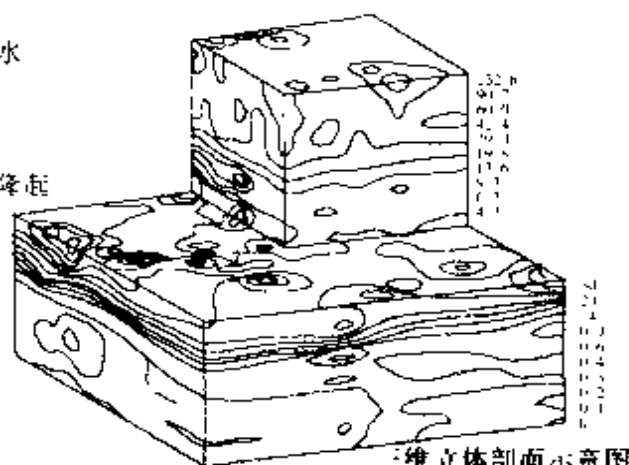


潜水分水岭边界
a. 潜水; b. 基岩隆起



多源信息叠置立体小示意图

- A. 第四系潜水等水位线图
- B. 第四系承压水等水压线图
- C. 第二系承压水等水压线图
- D. 白垩系承压水等水压线图
- E. 奥陶系岩溶水等水压线图



三维立体剖面示意图

(四) 水文地质符号

泉

	下降泉 (左: 编号, 右: 分子为流量, 分母为月: 日)
	上升泉
	特大泉 (流量 > 10L/s)
	泉群
	泉集河 (数字为流量, 单位: L/s)
	季节泉
	脉动泉
	悬挂泉
	微咸泉 (左: 编号, 右: 分子为流量, 单位: L/s, 分母为月: 日, 分式末端为矿化度)
	咸水泉 (左: 编号, 右: 分子为流量, 单位: L/s, 分母为月: 日, 分式末端为矿化度)
	冷矿泉
	温泉
	热泉 (左: 编号, 右: 分子为主要微量元素及流量, 单位: L/s, 分母为月: 日, 分式末端为水温)



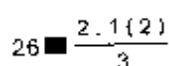
作为供水源并有人工建筑的泉



长期观测泉

注：流量单位采用 L/s

民井及有关符号



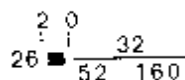
民井（左：编号，右：分子为涌水量，单位：L/s，括号内数字为降深，单位：m，分母为水位深度，单位：m）



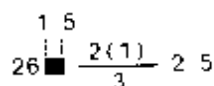
干井



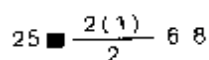
大口井



斜井（左：编号，右：分子为流量，单位：m³/d，分母为深度及长度，单位：m）



微咸水井（左：编号，右：分子为涌水量，单位：L/s，括号内数字为降深，单位：m，分母为水位深度，单位：m，分式末端为矿化度）



咸水井（左：编号，右：分子为涌水量，单位：L/s，括号内数字为降深，单位：m，分母为水位深度，单位：m，分式末端为矿化度）



试坑



人工补给渗坑

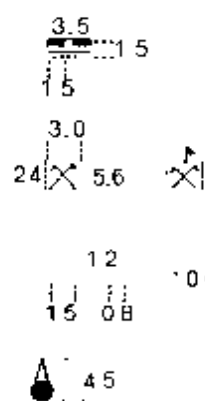


观测井



坎儿井（右边数字为流量，单位：m³/d，括号内数字为长度，单位：m）





截流墙 (上方数字为流量, 单位: m^3/d)

矿山坑道及长期观测矿山坑道 (左: 编号, 右: 排水量)

有水隧洞 (蓝字为排水量)

盐井

钻 孔



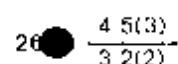
浅孔



深孔



单层抽水孔 (左分子为编号、分母为孔深, 右为涌水量及降深值)



分层抽水孔 (左为编号, 右分子为上层涌水量及降深值, 分母为下层涌水量及降深值, 降深值单位: m)



探采结合孔



生产孔



承压水孔



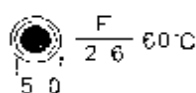
自喷的承压水孔



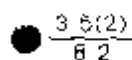
回灌孔



温水孔



热水孔（分子为主要微量元素，分母为涌水量，分式末端为水温）



微咸水及咸水孔（分子为涌水量，单位：L/s，括号内数字为降深，单位：m，分母为矿化度）



上咸下淡及上淡下咸孔



观测孔



小于 $10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的供水水源地（数字为开采量，单位： m^3/d ）



大于 $10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的供水水源地（数字为开采量，单位： m^3/d ）
注：水源地的尺寸标准可根据具体情况选定

岩 溶

无水溶洞



能容数人的小型溶洞



能容数十人的中型溶洞



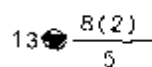
能容数百人的大型溶洞



充水溶洞



干枯的岩溶漏斗



溶洞左边为编号，右边分子为涌水量及埋深，分母为矿化度

②

干枯的落水洞



充水的落水洞

③

干枯的天然竖井（溶井）



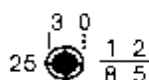
充水的天然竖井（溶井）



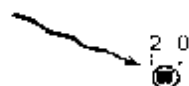
溶潭



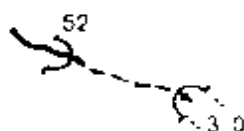
地表塌陷



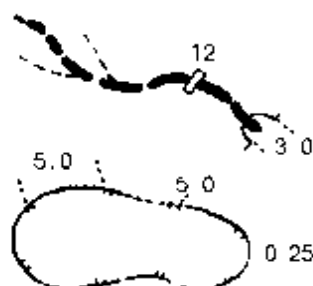
暗河天窗（左为编号，右分子为枯期流量，单位：L/s，
分母为水位深度，单位：m）



盲谷



伏流及其进出口（数字为流量，单位：L/s）



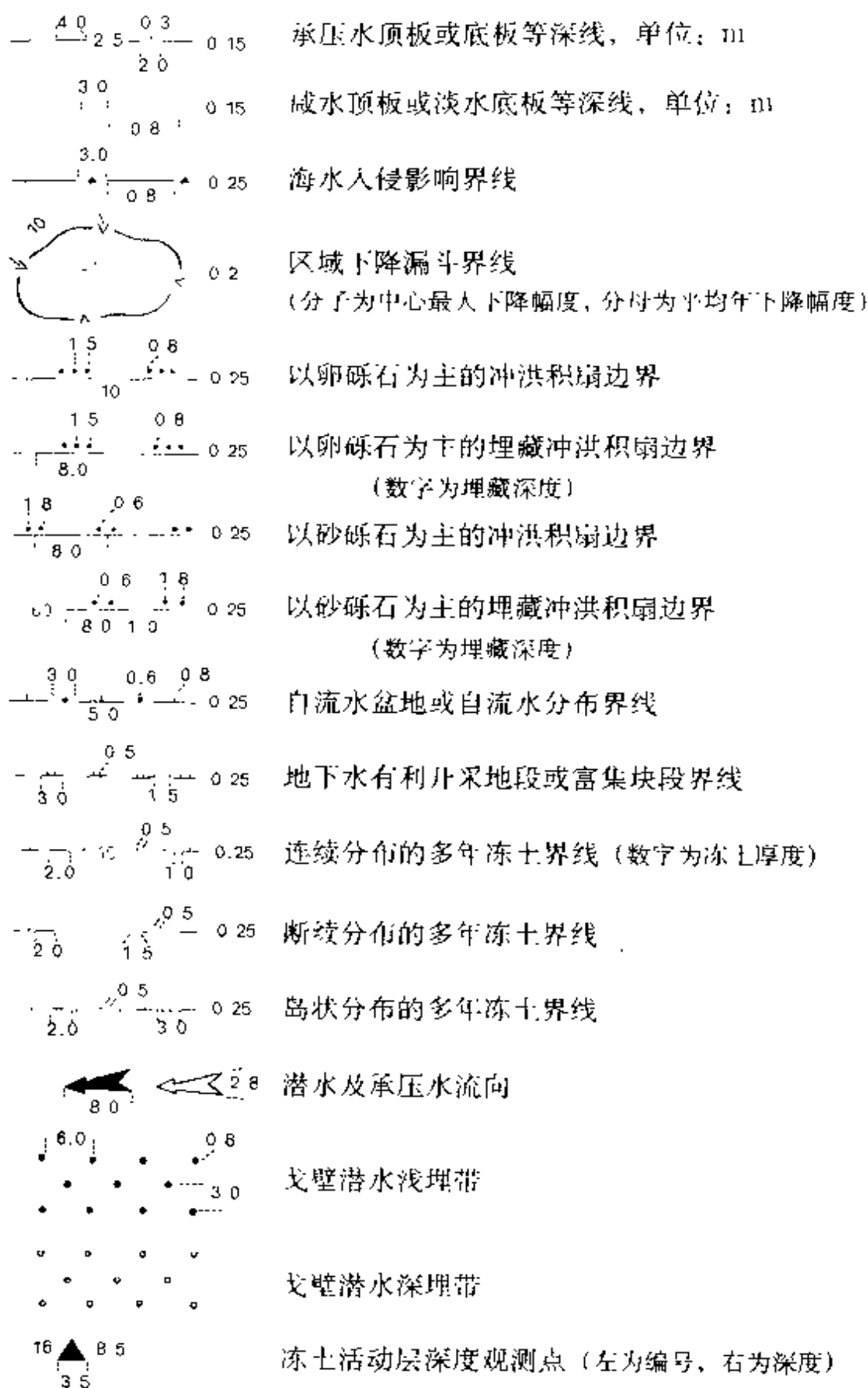
地下暗河及出水口（数字为流量，单位：L/s，
红方块示取水工程）



岩溶洼地



岩溶湖



12 ▽ 6

冻土厚度观测点 (左为编号, 右为深度)

■ 1 5
2.5

冰 锥

▲ 1 0
2.5

冰 丘



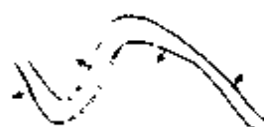
充水的古河床

3 5
3 0
2 0

气象站

◆ 3.0

肥 水

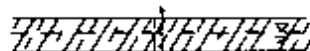


导致地下水污染的河流
(箭头采用图例中相应污染物质的颜色)

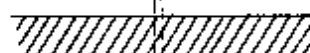
A — ZK₈ (8500) — B

勘探剖面 (数字为地下径流量)

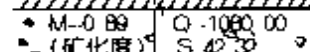
52 (编号)
1085.88 (标高)
- 2.47 (水位)



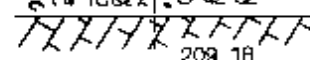
剖面图



(涌水量单位: m^3/d)

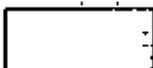
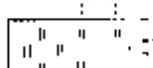
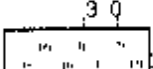
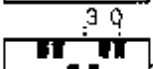
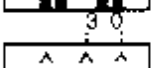
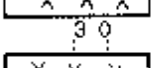
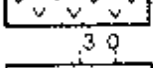
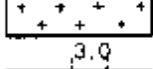
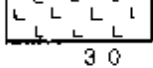
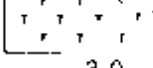

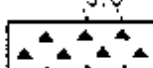
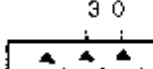
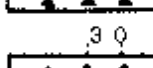
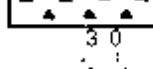
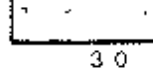


(降深值单位: m)



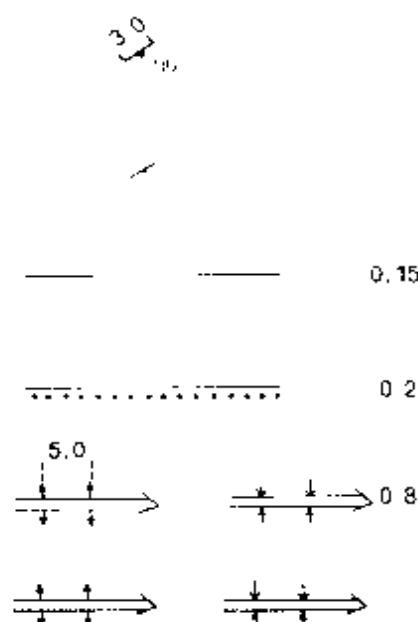
(孔底深度单位: m)

水 质

	1.5 微咸水
	1.5 半咸水
	1.5 咸水
	1.5 卤水
	1.5 硫酸根离子含量超过水质标准
	1.5 氯离子含量超过水质标准
	1.5 硬度超过水质标准
	1.5 铁离子含量超过水质标准
	1.5 氟离子含量超过水质标准
	1.5 氰离子含量超过水质标准
	1.5 铬离子含量超过水质标准
	1.5 砷离子含量超过水质标准
	1.5 汞离子含量超过水质标准
	1.5 酚含量超过水质标准
	1.5 其他有机物(可任意采用各类不同色)
	1.8 具有工业价值的盐卤水(其他有害微量元素符号自行设计)

(五) 地质地形符号

构造要素



岩层产状

片理、片麻理产状

地质界线

不整合

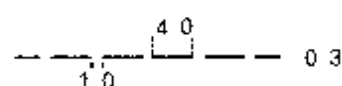
背斜轴及向斜轴

贮水的背斜及向斜构造

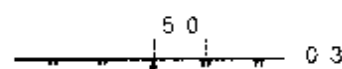
断层



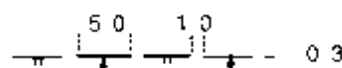
断层线 (性质不明)



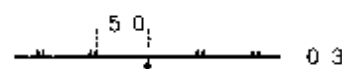
推测断层线 (性质不明)



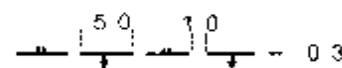
正断层 (箭头指示断层面倾向)



推测正断层 (箭头指示可能断层面倾向)



逆断层 (箭头指示断层面倾向)



推测逆断层 (箭头指示可能断层面倾向)



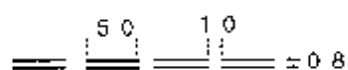
平推断层



推测平推断层

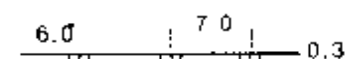


活动断层

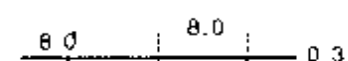


推测活动断层

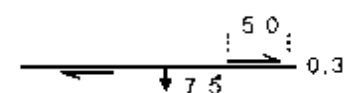
地质力学图例(断裂)



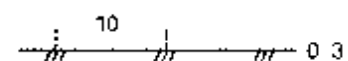
压性断裂(短线示倾向, 数字示倾角)



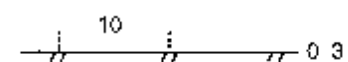
张性断裂(短线示倾向, 数字示倾角)



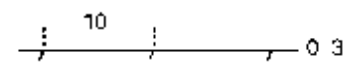
扭性断裂(短线示倾向, 数字示倾角)



压扭性断裂(南盘相对往北东斜冲)



旋扭性断裂



张扭性断裂



挤压破碎带



性质不明的断裂, 断线示推测断裂

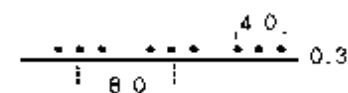


两侧充水的断裂



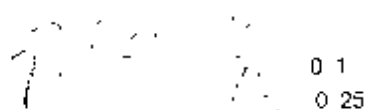
一侧充水、一侧阻水的断裂

(凡充水的各类断裂均采用相同方法表示)

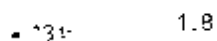


推测充水的断裂

地 形



等高线（粗线示加粗，细线示基本，短线为小坡线，数字示高程）



制高点及注记



高程点及注记



主要山峰及分水岭（数字为海拔高程，单位：m）



地下水分水岭



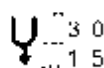
陡崖



活火山



死火山



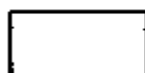
滑坡



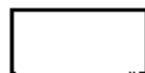
崩塌



冰川、雪被



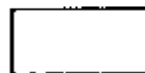
滨海沙滩



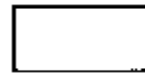
平坦沙地



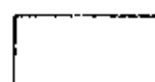
多小丘沙地



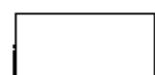
波状沙丘地



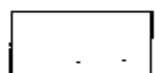
垅状沙丘地



蜂窝状沙地

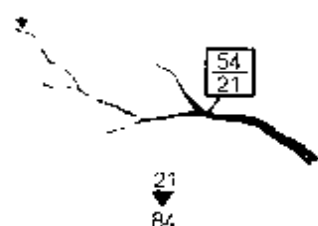


沙窝地

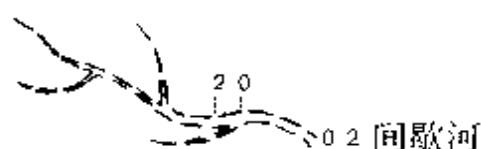


新月形沙丘地

水系及其他



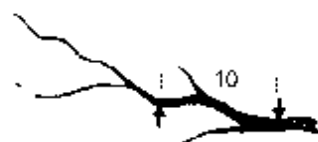
河流及水文站（分子为年平均径流量，分母为枯季年平均径流量，单位： m^3/d ）



沟谷枯季测流点（上面数字为流量，必要时旁边加括弧表明测流日期，下面数字为流域面积）



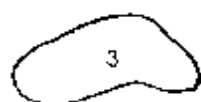
河流补给地下水



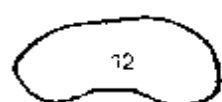
河流排泄地下水



淡水湖



微咸水湖（数字为矿化度，单位： g/L ）



咸水湖（数字为矿化度，单位： g/L ）



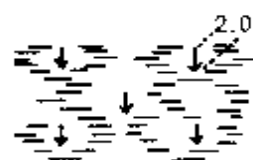
海水咸潮及顶托潮到达位置



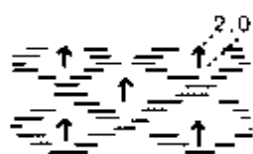
通过困难的沼泽



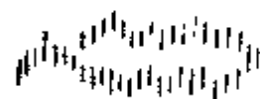
通过容易的沼泽



受降水补给的沼泽



受潜水补给的沼泽



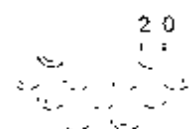
盐 沼



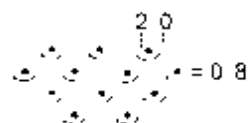
洶洶地

1 6

盐渍化



重盐渍化



硬盐壳



喜水植物

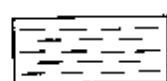


大中型水库（按实际大小，数字为库容，单位：亿 m³）



小型水库

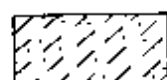
松散岩类图例



粘 土



沙质粘土



粘质沙土



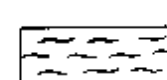
黄土质沙粘土



黄土质粘沙土



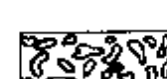
黄 土



淤 泥



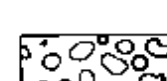
泥 炭



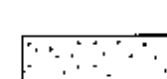
砂 姜



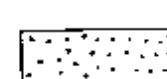
砾 石



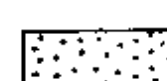
卵 石



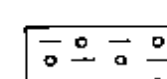
细 砂



中 砂



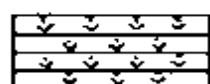
粗 砂



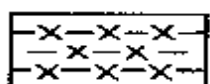
泥 砾



含石膏岩层



含盐岩层



冻土

地表污染图例



已开采矿区



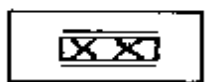
未开采矿区



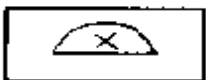
城镇污染源



矿区污染源



工业污染源



农牧业污染源

四、附 件

(一) 计算机系统水文地质制图工作方法

1. 数字制图的基本原理

(1) 数字制图的定义

图形历来是人类表达信息的重要手段之一。在地学中由于其研究对象本身的特点，图件既是成果的重要表现形式，又是研究的必要手段。自从有了地质工作，编图即已开始。数字制图是指利用计算机图数转换技术、交互式图形技术将图件数字化，对其进行编辑修改，然后通过高精度图形设备，直接制图或生成制版胶片，同时生成可反复使用的数字图件。

(2) 数字制图的意义

利用计算机技术所提供的一系列手段，可以极大缩短整个编图周期，减少人力和物力，取消许多传统制图过程。同时，由于图形信息是以数字方式存储于计算机的存储设备中，可以最有效地达到信息共享，为今后图件的修编和各类应用系统的使用奠定基础。

(3) 数字制图的基本过程

数字制图一般包括：资料准备、图形数字化、计算机数字编辑、成果表达输出等 4 个过程。

(4) 数字制图与其他应用系统的关系

在计算机技术中，任何一个技术方法都不是独立存在的，计算机数字制图也不例外。计算机数字制图一般是其他应用系统的重要组成部分，如地理信息系统、全球卫星定位系统、遥感处理系统等。数字制图的功能主要体现在空间信息的成果表达上，同时为各类应用系统的不同应用专题提供专业实体的空间信息和必要的实体属性信息，真正达到信息共享的目的。

2. 数字制图的环境与工具

(1) 硬件环境

计算机系统：由于要处理大量的数据，因此在设备的选择上要区别于一般信息系统应用的计算机或办公用计算机。主机处理速度尤其是显示设备的处理速度要相对较高，内存的容量要大；显示器的屏幕要大，可以保证图形的浏览和观察；硬盘的容量要大，便于存储大数据量的图形数据；最好要有网络连接设备，便于信息备份和共享。

输入设备：主要包括数字化仪或扫描仪。设备的精度要满足制图精度控制的整体要求，设备的幅面要根据原始图件的幅面而定，选用平台式或滚动式扫描仪，其分辨率一般不小于 157 点/cm，具体选择何种设备应根据数字制图的要求确定。

输出设备：一般确定为彩色喷墨绘图仪，输出图面选择 A₀ 幅为宜，对于特殊成果图件的输出，根据具体工作要求确定。

(2) 软件环境

数字化软件系统应在通用的操作系统下运行，并便于和通用的数字化仪、扫描仪、绘图仪进行通讯。主要功能应参照下列功能选择。

数据采集功能：

- 1) 图纸变形改正及扫描机械误差改正；
- 2) 灵活方便的分类码和属性码输入方法；
- 3) 图像编辑功能；
- 4) 对当前目标的编辑功能；
- 5) 二值化、细化和矢量化。

编辑处理功能：

- 1) 能进行图形显示和屏幕图像存贮，开窗放大、缩小、检索；
- 2) 能将检索结果形成原图形数据文件的一个子文件，增补、删除图形实体；
- 3) 对图形进行平移、旋转、复制、分割、连接和拉伸等编

辑修改；

- 4) 对数字与文字注记作相应的编辑与修改；
- 5) 建立要素的位置信息和要素之间的拓扑关系；
- 6) 地图投影变换。

图形输出功能：

- 1) 绘图设备的选择，包括绘图仪的选择以及不同绘图仪的驱动、通讯协议、绘图坐标转换和绘图尺寸配准等；
- 2) 绘图内容的选择，可进行单要素或多要素图形输出；
- 3) 输出形式的选择，可通过显示器或绘图仪输出；
- 4) 图形符号开发和汉字处理，能用开发的图形符号库输出符合质量要求的图件；
- 5) 符号与颜色的选择和扩充；
- 6) 图廓的整饰。

数据输出功能：

应能将数据转换成国家颁布的标准格式或流行的数据格式。

目前流行的可用于数字化制图的软件有很多种，建议使用具有地理信息系统处理功能的软件系统，一个是国际上流行的 Arc/Info，一个是国内流行的 MapGis，具体软件的选择要根据整体系统的要求确定。

3. 水文地质图数字制图的工作方法

(1) 资料准备

根据提供的原始图件（或编稿原图），全面收集有关资料（包括图形报告、数据、记录本等），以保证对专业图形的充分理解。根据图面的要求确定统一的花纹符号、线型、颜色等。在数字化开始之前，也应准备相应的工作日志记录表、质量检查记录表，同时根据图件的特点、工作量，也可编制相应的数字化作业指导书，以规范和统一数字化工作。

资料准备的重点是图件的预处理，图件预处理就是在全面收集资料的基础上，对资料进行系统的分析研究、综合整理及筛选等，以加速图形的录入速度，提高图形录入的精度和准确度。

在图件好的情况下，可以直接进行图形扫描矢量化；若图件不清晰或图面较乱时可将图形分层转绘到不易变形的聚酯薄膜上，为减少各层之间拼接时出现的误差，同时又能满足图形数字化时的清晰度要求，可参照以下说明进行分层清绘。

自由生成 ID 号：以特定图素作为连接关键字的，可将多边形图层绘制在一张图上，一次性生成。

按图面预编 ID 号：为有利于分层编码和图形数字化，可用透明纸分别将不同专题数据类描绘下来，将各图层图素的图元编号（ID 号）标注在上面，并作为图形数字化时图元编号（ID 号）录入的依据；也可将原图复印分层编码。

在描绘的透明纸图上，标制出线要素数字化的路线；对于多边形要素要标出弧段起始位置，确保多边形封闭。

为保证图件精度，每张清绘图件上至少要有 10~13 个控制点，即 4 个图幅角点和 6~9 个分布均匀的方格网交点，最好全部选择方格网交点。

对于原图以虚线表示的内容，清绘时可用实线表示，以利于矢量化。

（2）图件扫描

为确保数据精度，一般有条件的情况下要求采用扫描矢量化，而不采用数字化仪矢量化。图件扫描可采用彩色扫描，也可采用黑白扫描，彩色扫描分辨率必须在 150 dpi 以上，面黑白扫描分辨率必须在 300 dpi 以上。

扫描图件要进行精度检查，如果扫描精度超差，则要进行重新扫描。

（3）图形矢量化

图形数字化是利用输入设备和计算机系统将图形信息数据化，转变成按一定的数据结构及类型组成的数字化图形，从而进行数字制图及建立空间数据库系统，以便地理信息系统综合分析应用的过程。

扫描图件后，按实体要素进行矢量化，一般采用自动矢量或

交互矢量，矢量化软件可采用 VpMax、VpStudio、MapGis 等，矢量化方式采用中心线跟踪矢量化。

采集校正控制点，并确保校正控制点在 13 个点以上，除四个角点以外，其余各控制校正点要均匀分布在图内各方格网的交汇点上。

图形数字化的基本要求和原则包括以下几个方面。

1) 图形数字化的数学基础：图形数字化的投影采用原图的投影方式，其精度要求按国家有关标准执行。

2) 图形数字化的参数：图形数字化时所用到的线型、花纹、色标、符号、图例等无明确规定的均按原图进行。

3) 图层数字化录入的顺序：图形数字化既不能丢失也不能重复录入图形要素，当一个图层要利用另外一个图层中的内容时，利用拷贝的方式将其从另一个图层拷贝到当前图层中来，而不能重复录入。所以要严格按一定的顺序对图层进行数字化录入。对其他图层不出现重复利用图形要素的现象，按图件不同的要素分层进行数字化录入即可。

全自动矢量化一般是对图面较清晰、简单的图形直接采用矢量化软件进行全自动矢量化生成数据文件。半自动和交互式跟踪矢量化则是对图件质量不太好的扫描图像，直接在软件系统中部分自动矢量化、部分交互式跟踪或全部交互式跟踪矢量化，最终形成数据文件。

(4) 主要内容及步骤

控制点矢量化：设置图层和点参数，点参数设置为黑色十字符号，依据栅格文件上的控制点位置录入控制点，形成实际数据的控制点文件。

点要素矢量化：设置当前图层点参数，装入栅格数据文件，依据栅格文件上的点的位置进行录入，同时编辑点要素的图元编号（ID 号）。

线要素矢量化：设置当前图层线参数，装入栅数据文件，依据原图上标注的图元编号（ID 号）顺序，逐条在栅格文件上按

其方向进行跟踪矢量化，同时编辑线要素的图元编号（ID号）。

注释的录入：可以依据栅格文件上的注释位置直接录入，也可在完成点线矢量化后，在矢量图形文件上录入，点属性中包含注释内容的可以通过属性转换形成注释。

在矢量化需要添加其他图层要素的图层时，先将要添加要素的图层全部拷贝到当前图层上来，改变其颜色备用。在矢量化当前图层图元要素时，遇到需要添加其他图层要素时，将其颜色改变为当前图层的颜色并修改其图元编号（ID号），全部完成后将不要的图素删掉。另外，也可以将同一张图件的内容录入到一起进行编辑修改，然后利用图层操作，将不同图层的内容挑出来形成单独的图层文件。

需要注意的是，在进行分层处理前，要严格进行图面的检查，发现遗漏或错误要补充、修改完成后再进行分层处理，图层所使用的公共线，要使用建立区以后的弧段。

（5）图形编辑修改

图形编辑是对点、线、多边形等图形要素的空间数据和图形的属性进行编辑修改。为确保所建空间数据库的质量，必须遵循如下原则：图层中没有遗漏和多余的数据；该连的线必须相连，该断的线必须断开，确保没有打结现象；所有的多边形必须封闭；在进行图形分层处理前，建立点、线、多边形的拓扑关系；没有超出相关比例尺图件编绘标准的图形误差，特别是空间误差。

1) 点要素编辑

点要素的编辑主要是检查点要素的图层、参数、空间位置是否正确，点要素的图元个数是否正确，并针对不同的问题利用编辑系统中的拷贝、删除、移动、修改参数等功能进行修改，直到准确无误。

2) 线要素编辑

线要素的编辑是图形编辑的重点，线要素图形数据的空间位置的精确度、线与线连结的好坏、线与线形成的多边形能否封闭以及图层、参数、圆滑等的正确性，都直接影响拓扑关系的建立

和地理信息系统的使用。

①检查有否漏掉或多余的数据，利用编辑系统中线编辑的输入线、删除线、编辑属性等功能进行编辑修改。

②修改数字化错误的线，包括参数、图层、接头、方向等。

③进行线的自动结点平差，确保所连结的线头能准确无误地连结在一起，结点平差的参数选择要合理，符合精度要求。

④建立拓扑关系，形成多边形。检查、识别错误，返回以上几步修改错误，直到无任何差错为止。最终再进行一次拓扑处理。

3) 多边形要素编辑

①拓扑处理后形成的多边形要对照原图上标注的图元编号(ID号)进行修改。

②修改多边形参数、图层，依据标准编辑多边形颜色和花纹。多边形要素的图形数据要进行严格的检查，此类数据质量的好坏，直接影响到整体图形数据的质量。

③在线实体中与多边形公用图元的，要使用建立拓扑正确的多边形弧段。

4) 图形校正

在图形数字化的过程中，由于操作的误差、扫描仪精度、原图图纸变形等因素，会使得输入的图形与理论上的图形位置有一定的误差，如经编辑修改仍难达到要求，则必须经过误差校正，消除误差，使其满足精度要求。

①利用软件生成标准的理论图框。

②通过采集的控制校正点，利用系统的误差校正功能进行校正。

(6) 图面检查

图面检查是保证数字化工作质量的重要手段之一，不能等到大部分工作完成之后再输出图件进行检查，一般要安排在图件的所有图元输入和拓扑建立完成后就开始图面检查工作，图面检查的主要方法是对编辑的图形喷出全要素图进行图面检查，主要检

查是否丢失图元和内容,要确保与原图完全一致才能转入下一道工序,否则要进行修补。图面检查也可以利用图形软件的放大浏览功能,将图形在显示状态下放大到一定的比例逐片进行检查。对于质量检查工作,要有严格的工作日志记录和修改记录,建立完善的质量保证体系。

(7) 图面整饰输出

图面整饰主要是指在软件系统中对出图的整饰。图面整饰部分的内容,原则上要与图面的内容分别存放,整饰部分的内容也可分为图内整饰部分和图外整饰部分。图面整饰图层要根据原图内容,按相关的出版格式和要求进行整饰。

(8) 空间数据库建立

对于需要建立空间数据库的,应该严格按照相应的标准建立。目前建立空间数据库可遵循的标准或规定有:《地质图空间数据库建设工作指南》、《区域水文地质图空间数据库图层及属性文件格式标准》等,在此类标准或指南中,对空间数据库建设的分层、属性数据库的建设以及相关的工作流程均有比较明确的定义。

4. 水文地质图数字制图成果质量

(1) 图形数据误差来源与误差

图形数据的误差,主要由以下几方面的误差源引起。

1) 编图所用图件资料本身所带的误差

包括:控制点误差、投影误差、展绘控制点误差、编绘误差、清绘误差、复制误差、分色版套合误差等;如果综合误差与各类误差间存在线性关系,即可采用误差传播定律来计算总误差。

2) 图件介质变形产生的误差

图件介质的伸缩与变形随温度和湿度的变化而变化,实践表明,温度不变的情况下,若湿度变化2.5%,则纸的尺寸可能改变1.6%。纸张随温度的升高面变长变宽,温度的降低面产生收缩,变形误差达1.255%~2.5%。

3) 扫描影像的误差

目前,国际上公认地图数据的采集均采用扫描数字化的方法,即先对图件进行扫描获取栅格形式的数字化地图,然后从中提取必要的矢量化的地图信息。

理论上认为,各定向点 Y 方向的采样误差主要影响采样点大地纵坐标 X_0 的精度,而 X 方向的量测误差主要影响采样点大地横坐标点 Y_0 的精度;采样点坐标的误差与地图扫描分辨率的大小成反比。因此提高扫描分辨率是提高数字化结果精度的主要手段。然而提高分辨率虽然提高精度,但图像的存贮量也会随之大大增加,分辨率增加 1 倍相应的数据量将增加 3 倍,由于受到计算机视窗大小和内存大小的限制,分辨率的提高会给数字化作业过程增加麻烦。因此只要保证地图图像具有 250dpi 的分辨率,数字化成果就能满足控制点线误差不超过图上 0.2 mm 的规范要求。

4) 数字化引起的误差

①影响扫描数字化数据质量的因素包括原图质量(如清晰度)、扫描仪精度、配准精度、校正精度等。

②数字化操作人员的技能与经验不同,所引起的数字化误差也会有较大的差异。这主要表现在最佳采样点位的选择、十字丝与目标重合程度的判断能力等方面。

(2) 图形数据质量的控制内容和标准

图形数据作为一种二维空间数据,其质量特性主要表现在以下几个方面:

1) 位置精度,包括数学基础平面精度、高程精度和接边精度;

2) 属性精度,包括要素分类与代码的正确性,要素属性值的正确性和要素注记的正确性等;

3) 逻辑一致性,包括多边形闭合精度、结点匹配精度和拓扑关系的正确性等;

4) 完备性,包括数据分层的完备性、实体类型的完备性、属性数据的完备性、注记的完备性等。

基于上述误差的表现方面和表现方法,参照国内外有关空间

数据质量标准方面的文献资料，特制定了以下标准，以便在具体工作中作为质量监测与质量保证参考。具体内容见表 4-1。

表 4-1

质量特征		质量评定标准
一、数据情况说明	1. 原始资料质量	介质符合要求,出版图重叠误差 ≤ 0.1 mm,图形质量符合国家图式
	2. 数据性	能满足现行需要
二、空间数据精度	1. 图廓、网格点精度	图廓点误差 ≤ 0.10 mm,网格点误差 ≤ 0.15 mm
	2. 控制点精度	控制点误差 ≤ 0.10 mm
	3. 平面位置精度	I 类要素误差 $\leq \pm 0.20$ mm, II 类要素误差 $\leq \pm 0.25$ mm
三、数据逻辑一致性	1. 地理一致性	无地理适应性方面的矛盾,误差超过 3% 以上者为不合格
	2. 拓扑关系	无伪节点,多边形闭合,图元代码惟一
四、数据完整性	1. 数据分层的完整性	分层正确完整,无非本层要素
	2. 实体数据的完整性	漏数据 $\leq 3\%$
	3. 注记完整性	漏数据 $\leq 3\%$
五、矢量制图综合质量	1. 各图形要素的恰当性,载负量的适宜性	错误超过 3% 为不合格
	2. 线型、子图、图案运用与图式一致,界线表示正确,空间要素的关系清楚	错误超过 3% 为不合格

5. 数字制图的成果及存储管理

(1) 数字化图形成果的内容

在完成图件数字化提交成果时,除了要按照专业要求提交彩色喷绘的全要素图件外,还应该提交相应的数据文件和有关数字化工作的相关文档,主要包括:

数据文件——可直接打印输出的图形数据文件,图形分层的

数据文件，原图扫描的图像数据文件。

文档说明文件——图形数字化工作报告，数字化工作日志，数字化质量检查表，元文件，图元实体与图饰图例参数说明，数据文件存储说明。此类文档报告除打印输出外，也应以数字报告的方式提交。

(2) 数字化图形成果的存储要求

提交数据存储介质一律采用光盘。为保证数据安全，需刻制两份，并在光盘标签上注明相关内容说明。光盘中的数据文件按下列路径存储。

一级目录	二级目录文件名及内容		三级目录文件名约定及内容	
	名称	路径	内容	文件名
图件名称	栅格文件	Raster	扫描栅格文件及校准前控制点文件	参照相关的命名规则
	全要素图形	Map	输出的全要素图形数据和工程文件以及图外整饰文件	参照相关的命名规则
	图形数据文件	MapGis 或 ArcInfo	各图层文件	参照相关的命名规则
	元文件	Metalfile	工作日志	DAILY-RECO
			自互检	CHECK
			元数据:图幅 图层 属性 (可为 DBF 数据库格式)	MAP LAYER ATTRIBUTE
	说明文件 (Word 文件)	Readme	图式例库说明	LEGEND
			为制图要求添加注释 释图层说明	ADD-LAYER

6. 结束语

计算机地图制图是一门具有很大应用前景的技术。现实社会中很多应用领域需要电子地图。人们生活在自然世界中，发掘、开发自然资源、发展生产、管理人文社会，首先必须对周围的世界有明确的认识。地图是对周围世界认识的最佳表达方式之一，

也是其他方法和其他技术手段无法替代的。

数字制图已形成一个新兴的产业。地理信息是最基础的信息资源，图形数字化是信息化的基础。本《方法》旨在为水文地质数字制图方面提供有关的数字化制图工作的基本原则、方法和关键技术要点，未尽之处应在具体的工作中参照相应的规程、规范、技术要求和有关标准执行。

（二）遥感图像水文地质解译方法

1. 总 则

（1）在区域水文地质普查工作中应用遥感技术，主要是对卫星图像和航空相片（以下简称卫片和航片）进行水文地质解译，这一工作应贯穿于水文地质普查工作的全过程，使其成为设计编写、野外工作、室内资料整理及报告编写等各阶段工作的组成部分。

（2）在水文地质普查中，除应用卫片和航片外，还应充分采用航空热红外扫描遥感图像，因为热红外遥感图像对地表水体、土壤湿度变化及与不同含水量有关的岩性或构造都有直接或间接的显示，尤其是在第四纪松散沉积层，基岩裸露区和热泉分布区效果较好。

（3）在遥感图像水文地质解译中，目视解译是主要的也是基本解译方法。解译效果与解译人员具备的遥感技术和水文地质的双重知识和经验的丰富程度有密切关系。目视解译可借助于简单工具，包括反光立体镜，袖珍立体镜，立体高差仪，航空相片转绘仪，手持放大镜（3~6倍）和照相机等解译工具以及绘图聚酯薄膜，特殊色笔及脱脂棉等。此外，还应采用计算机辅助解译，如微弱遥感图像信息增强和丰富图像信息分类等处理都可以在计算机上进行；又如进行假彩色合成，彩色密度分割和影像边缘增强等基本图像处理，以突出有效信息；必要时还应采用最新开发出来的特殊图象处理方法和处理软件，以提高遥感图像解译水平。一般常规处理和某些特殊处理都可以在微机上进行。当进行多图幅图像镶嵌时则需要在大容量计算机上进行。

(4) 图像的收录与资料搜集。常用于水文地质解译的卫星图像信息是由地面卫星接收站从各个资源卫星上收录的,用于水文地质解译的卫星图像应符合地面站产品质量要求并且图面云层很少。根据任务要求不同,可分别收录植被茂盛或植被稀少的图像。

(5) 各种航空遥感飞行应根据任务要求、地区特点和天气条件与片种的不同选择飞行季节和时间,进行水文地质动态分析时应采用多时相的遥感图像进行动态对比。

(6) 在有关资料搜集、整理、分析的基础上,应在室内逐步建立水文地质直接和间接解译标志,并对图像进行初步解译。工作顺序应从全区宏观着眼,首先在水文地质现象反映最清楚,前人研究程度较高的地区开始,逐步推广到全区。在水文地质踏勘工作的同时应建立图像的野外解译标志,然后进行图像的详细解译,修改室内初步解译草图。

2. 泉和古河道的图像解译

(7) 泉在 MSS 和 TM 单波段图像上的色调依次由浅色至深色调。例如在 MSS4 和 TM2 波段图像上呈浅色调,而在 MSS7 和 TM5 - TM7 单波段图像上为深色调;在标准假彩色合成片上呈浅绿色或绿色;在彩红外航空相片上为蓝绿色,泉水周围和喜水植物呈红色;在热红外图像上的表现为:夜间为热异常,显示浅色调,呈灰白至白色;白天为冷异常,呈深色调,随着纬度不同和季节差异,色调的深浅将随着泉水温度与环境温度的差异出现深浅不同的色调。总之,泉水温度高于环境温度时泉水呈浅色调,泉水温度低于环境温度时呈深色调。温泉在热红外图像上常呈浅色调即白色或灰白色,隐伏温泉在地面形成的温度需大于仪器温度灵敏度的 10 倍的温差,或具有 3HFU 的热流异常时,图像方有反映。泉在微波图像上。由于水的介电常数(20)大大高于环境物质的介电常数。因而泉水在微波图像上有明显的色调差异。在大比例尺全色黑白航空相片上泉水常呈深色调。

(8) 泉的基本形状呈蝌蚪状,有时呈斑块状或团块状。泉的周围有湿地和喜水植物存在时在黑白图像上呈团块状深色调,在

彩红外图像上呈浅绿色斑块和红色团块状。在基岩山区，泉呈细线状的源头，常呈高阶水系支流的源头。在黄土山区，泉的识别比较困难，一般应从有利部位追索，如：断裂与沟谷交汇处，黄土节理与沟谷交汇处，黄土泥石流沟重力堆积物前沿，黄土滑坡前沿有深灰色蝌蚪状影像的头部。

(9) 地下水溢出带的色调

在 MSS4—MSS5 或 TM2—TM3 单波段黑白图像上呈灰色至浅灰色，在 TM4 图像上呈灰黑至黑色，在 TM5—TM7 波段上由于处于强吸收带故呈黑色。在黑白航空相片上为黑色。在假彩色合成片上呈青灰色。在热红外图像上随着白天或黑夜的不同，季节的不同，水和周围环境的温差不同，分别呈白色、浅灰色、灰色、深灰色至黑色。

(10) 地下水溢出带在隐伏断层带附近常呈带状产出，地下水溢出带处于冲积扇前沿，常呈弧形排列的团块状、絮状纹形图案。地下水溢出带在彩红外图像上有浅绿色水体和湿地斑状，以及红色弧形团块状。

(11) 平原地区古河道常富含地下水，因而在 TM5—TM7 单波段图像及黑白航片上均呈深色调或黑色。在冲积扇上部，由于地下水位较深，古河道色调常呈浅灰或灰白色调；在冲积扇的中部或平原区淤积沙岗上的古河道则呈浅灰色。在彩红外航片上呈绿色或青绿色，周围有植被时则呈红色。在热红外航片上，富水古河道白天呈黑色冷异常，夜间呈白色热异常，其色调随季节变化。古河道地下水温度因与周围物质有温度差而具不同色调。

3. 充水断裂的图像解译

(12) 基岩地区断裂解译标志

①线性影像两侧的地质构造或地貌截然不同而形成的两侧色调和影纹的差异。

②斜切或横切山脊线的直线形或折线形河谷。

(13) 平原地区断裂的影像特征往往比较隐晦，需要仔细解译，下列特征可供参考：

①具有浅色调或深色调，时而清晰时而模糊的线性影像，这种差异是由于隐伏断裂控制的土壤色调、纹理、含水量或植被色调差异。

②水系流向突然发生偏转。

③微地貌呈直线形陡坎。

④河谷潜流溢出带，有时形成沼泽洼地。

⑤沙漠与绿洲呈直线状分界。

⑥湖岸或海岸呈直线状展布。

⑦地下水溢出带和有关植被边界呈直线展布。

(14) 张性断裂因具良好导水性，沼泽较少，故色调较浅，一般呈灰色，特别是在 MSS7 波段黑白片上呈灰白色线性特征；浅色调线性影像，偶尔伴有黑色斑点状或蜂窝状图形，为地表或浅层地下水色调，或是地下水溢出点的反映；在大比例尺航空相片上可解译出断层横切一系列分水岭或次一级沟谷形成的三角面，其特征是各三角面的连线与断裂走向一致，而各个三角面的方向彼此很不一致，故该断裂线呈锯齿状特征。

在假彩色合成片上，断裂沟谷均呈蓝色或蓝灰色，并带斑点或斑块的条带状，线性影像两侧有明显或隐约的色调或纹理差异。

(15) 压性断裂往往是形成基岩山区和盆地的区域断裂，因而在线性影像两侧具有完全不同的色调和影纹差异；线性影像与分水岭平行，并常与区内水系呈直交或斜交形态；线性像一侧有直线状分布的泉群，呈深灰色或黑色。

压性断裂的线性影像在图像上常呈舒缓坡状或弧线状影像，阻水断裂常常与压性断裂有关，因而二者具有许多相同的特征。阻水断裂常呈舒缓状线性影像，在走向延长方向规模较大且稳定，沿阻水断裂常可解译出线性岩脉或环形侵入体影像，与断裂走向平行的构造岩块或挤压褶皱。

(16) 在黑白航空相片上，具有反映地貌差异的两侧色调和纹理明显不同的特征，呈灰色至深灰色线性并有斑点或网状花纹。在假彩色合成片上，断裂常呈蓝灰色或灰色具斑点的带状。

(17) 许多脆性岩石极易形成断裂和断裂网络，如纯灰岩、花岗岩和大部分粗粒硬砂岩等，在图像上呈方格状或菱形网络；不同方向断裂组合成十字形、丰字形、井字形和人字形图案；各种断裂网络图形，或几组断裂交汇的图形是进行地质力学分析的原始图案；不同方向组合的断裂网络交汇点常呈黑色点状、斑块状或块状图形，是富水的典型特征。

4. 土壤的图像解译

(18) 由于我国地域广大，随着气候和水文条件不同，我国土壤有以下几大类：东北黑土，在黑白片上呈深黑色调，假彩色合成片上呈蓝黑色调，是沼泽土壤、高山草甸土壤、森林腐质土壤等一切在还原条件下具有高有机质含量的土壤的共同特点。西北黄土，黑白片上呈浅灰色，假彩色合成片上呈白色至蓝绿色调。中原褐色土壤、中原平原、盆地耕作褐色土壤，在黑白片上呈灰色，假彩色合成片上呈紫红色至蓝紫色。南方红土，黑白片上呈灰色至深灰色，假彩色合成片上呈微黄绿的暗色调，为氧化条件下淋漓土壤的基本特征。

(19) 盐碱土，在黑白航片和 MSS7 波段卫片上呈白色，假彩色合成片上呈蓝灰色，多出现在华北、西北干旱高蒸发地区。而盐渍土则由于排水不畅，在黑白片上呈深色调，在假彩色合成片上呈浅蓝夹棕黄或黄色；周围植被呈红色斑块，从植被覆盖率可以间接判断土壤含盐度。

(20) 不同颗粒度土壤特征

①粗砂或砾质粗砂，在黑白片上呈浅灰色，假彩色合成片上呈蓝色至白色，有条纹混杂，成连续带状分布。

②砂土和砂壤土，在黑白片上呈淡灰色或浅灰色，假彩色合成片上呈黄色（有机质含量高时），或白色（有机质含量低时），成断续带状分布。

③粘土，在黑白片上呈浅灰至灰色，假彩色合成片上呈浅黄色，土壤上覆的植被呈红色斑块状。色调的深浅与土壤含水量和有机质含量有关，含量少者色浅，含量多者色深。

(21) 土壤含水性：黑白航片和单波段黑白卫片上主要以灰阶判别土壤含水性，砂、粉沙和粘土随含水量的增加，反射率降低：当含水量为 5% 时，反射率约为 50%；当含水量为 30% 时，反射率降至 10%；因而在 MSS5—MSS7 波段和 TM4—TM7 波段黑白片上可以根据灰阶估算土壤含水量。

(22) 热惯量。在热红外图像上对水的反应十分敏感，一般在白天呈深色调冷异常，夜间呈浅色调热异常，土壤含水量可按下列式计算：

$$W = C + K \cdot P$$

式中：W——土壤含水量；

P—— $(1 - a)(T_{\text{昼}} - T_{\text{夜}})$ ，为热惯量；

a——反照率；

C 和 K 为经验系数，T 为温度。

(23) 微波雷达图像上的密度值与土壤含水率 (%) 之间大致呈线性关系，因而可以从雷达图像灰阶判别土壤含水率，在已知点上标定土壤含水量与雷达图像密度之间的关系值，即可计算测区各点土壤含水率。

(24) 影响土壤色调的其他因素：

①海拔 2700 m 高山、亚高山草甸土、山地褐土，在黑白片上呈深色调，假彩色合成片上呈褐红色。

②海拔 2100~2700 m 中山山地草甸土，在黑白片上呈浅色调，假彩色合成片上呈蓝色背景，随含水量的增加蓝色色调加深。

③海拔 1800 m 山地棕壤，在黑白片上呈灰色，假彩色合成片上呈红色，红色的深浅和明暗与植物组成有关。

④海拔 1600 m 以下山地褐土，在黑白片上呈浅灰至灰色，假彩色合成片上呈红色和紫红色。

(25) 土壤色调与母岩的关系

①砂质母岩风化成山地褐土，黑白片上呈浅灰至灰色，假彩色合成片上呈红紫色。

②黄土母岩形成山地棕壤，黑白片上呈白灰色，合成片上呈暗棕褐色。

③玄武岩风化成棕褐色土，黑白片上呈灰至深灰色。

④片麻岩风化的草甸土，黑白片上呈灰至深灰色，合成片上呈均匀浅蓝色，间有红色树枝状（反映水系植被）。

（26）多年冻土的识别

①色调。在黑白航卫片上，特别是在 MSS4 波段黑白片上呈暗灰色，在假彩色合成片上呈蓝绿色，有植被及冻土层上积水时呈褐红色。

②形态和微地貌特征。多年冻土区有冻胀丘，易于在黑白航片上识别；在卫片上可以识别多边形结构，特别是在中远红外波段内（MSS6、7，波长 $4.5\sim 5.5\ \mu\text{m}$ 和 $8\sim 12\ \mu\text{m}$ ）黑白卫片上极易识别，比航片识别效果好；在富水冻土区有冰丘，有时高达 60 m，直径有 600 m，冰透镜体，图像上呈圆形或椭圆形。

③水系特征。冻土区水系常呈时宽时窄的串珠状影像，而非冻土区水系则呈平直散流状影像；多年冻土区春季溶化形成湿土或积蓄水洼地时，航卫片上呈不规则黑色圆形影像；

④植被特征：黑云杉群落适应于多年冻土不透水层条件，生长在山脉阴坡或平坦地；苔原是多年冻土区的植被典型特征，呈大面积暗黑色调。

⑤多年冻土在雷达图像上的特征：雷达可探测多年冻土区冻土面的深度，即活动层的厚度；探测溶区、冰透镜体、冰楔和冰丘等；探测冬季已结冰的冰湖、河以及冰下未冻水的范围，可穿透冰层厚度 30 m。

5. 岩石富水性的图像解译

（27）岩石解译标志是根据水文地质对岩性的要求，从图像灰阶、色调、形态和抗风化程度所形成的正负地貌特征进行解译。岩性解译以采用 MSS5—MSS6 和 TM3—TM4 波段为好，该波段对地貌特征反映较好。岩性解译图像的成像季节以 3—5 月份（北方）或 1—3 月份（南方）为好，该季节植被尚未发育并

较少受大气降水的干扰，可清晰地反映地貌特征。

(28) 灰岩解译的基本标志

①色调。灰岩在黑白片上以浅灰至深灰色为基本色调，假彩色合成片上呈浅绿色。

②形态。不同地质时代，不同地区，泥质含量不同的灰岩有不同的形态，大体上有块状、团状和“花生壳”状或“桔皮”皱纹图案。

③植被特征。灰岩地区普遍植被稀少，因而色调单一，随着泥质含量增加，植被增加，彩色合成片上出现红色斑点或斑块。

④裂隙特征。脆性灰岩裂隙发育，故线性影像特征明显；随着泥质含量的增加，灰岩岩性由脆变柔，线性影像数量减少。

⑤水系特征。灰岩地区常以格状水系为主要特征。

(29) 灰岩解译标志的地区特征

①北方奥陶纪灰岩，呈浅灰色，块状，有方格网状纹理，格状水系。寒武纪灰岩，因含泥质较多，呈深灰色，裂隙发育程度差，线性影像数量较少。

②南方寒武纪灰岩，因受雨水侵蚀，形成高差百余米的丘峰和洼地相伴的地貌，在图像上呈球形深灰色斑块和蠕虫状斑块，其间夹以不规则条带状的细纹。南方泥盆纪白云岩，浅色调，裂隙发育，常出现十字形裂隙交叉，形成棱形图案，断裂交汇处常有浅色调斑块（洼地）或深灰色斑块（峰林）定向排列的图形。石炭纪灰岩，灰色，线性影像发育，常呈网格状影像，沿裂隙有黑（峰林）白（洼地）相间的蜂窝状麻点或斑块状。二叠纪灰岩，裂隙发育，易受溶蚀，在航片上呈灰色块状伴以星点状。三叠纪灰岩，常呈带状产出，在卫片上呈“花生壳”或“桔皮”形麻网状影纹。

(30) 碎屑岩类，黑白片上呈浅灰色（砂岩）、灰色（砾岩）或灰黑色（页岩），彩色合成片上呈蓝灰至褐红色，K—N红色砂岩在黑白片上呈浅灰色，合成片上呈褐红色。以砾岩为主的砂砾岩呈条带状分布，影纹平坦，具有树枝状水系；砂岩，呈条带

状和片状，裂隙发育，线性影像数量较多，抗风化，常呈带状、点状影像，南方红色砂岩有粗糙纹理；砂页岩和页岩，呈细条带状分布，易风化呈条带状负地貌阴影，植被发育，在彩红外片上有红色条带。

(31) 花岗岩（侵入岩）类，黑白图像上呈深灰色，假彩色合成片上呈褐红色，裂隙发育，常有共轭线性影像，在不同比例尺图像上多能看到不同级别的网状影纹，强风化区则出现圆形、椭圆形环状影像。一般为网状水系，有时出现环状水系或放射状水系。风化的花岗岩植被发育，彩红外片上呈红色块状。

(32) 火山岩类，主要包括玄武岩、流纹岩、凝灰岩等。在MSS5波段黑白片上呈灰至深灰色。在假彩色合成片上呈暗红色。台地貌是玄武岩的主要特征，图像上呈块状，块状体上常有圆形，反映岩体上的火山锥和火山湖，台地和沟谷在卫片上呈现盘根错节的树根状影纹是玄武岩的另一特征。柱状节理发育，在航片上呈现粗糙不平的形态结构，采用航空雷达图像可以计算玄武岩表面粗糙度，从而估算玄武岩喷出年代，新鲜玄武岩表面极为粗糙，经年久风化，粗糙度降低，表面渐趋平滑。玄武岩表面植被十分发育，在假彩色合成片上有红色斑块。

(33) 变质岩，色调黑白相间，白云片岩和变质砂岩呈浅灰色，假彩色合成片上为浅绿色，板岩、绿岩等呈深灰色或灰黑色。具有蠕虫状条纹，在航片上呈表面粗糙影纹，参差不齐的陡坎，是变质岩受强烈变形的典型图像特征。片麻岩类裂隙发育，常被岩脉充填，在航片上可以看出岩脉线状条纹。易风化，较破碎，多形成舒缓地形。植被发育程度随变质岩种类不同而不同，假彩色合成片上呈稀疏至斑块状红色。

6. 干旱地区指标性植物

(34) 吸收波段和反射波段。MSS4 ($0.5 \sim 0.6 \mu\text{m}$) 波段为蓝绿波段，对健康植物绿色反应敏感，可按绿峰评价植物活力；MSS5 ($0.6 \sim 0.7 \mu\text{m}$) 和 TM3 ($0.63 \sim 0.69 \mu\text{m}$) 为叶绿素主要吸收波段，植被呈黑色；近红外反射波段，MSS7 ($0.8 \sim$

1.1 μm)和 TM4 (0.76~0.90 μm) 为植物强反射波段, 黑白片上呈白色或浅灰色调。

(35) 波段组合。在 MSS4—MSS5 和 TM2—TM3 波段黑白片上植被呈深灰至黑色。在 MSS7 和 TM4 波段上, 植被呈浅色调。MSS7/MSS5 和 TM4/TM3 比值合成片上植被亮度得到增强, 因而更突出黑白片上的白色调。在 MSS5、6、7 和 TM3、4、7 波段, 假彩色合成片上植被均呈红色。在黑白航片上, 植被呈暗色调。在彩红外航片上, 植被呈红色。正彩色航片上, 植被呈各种绿色。

(36) 乔灌木植物。波谱区分乔、灌、草三类植物, 在近红外波段的反射率有较大差异, 阔叶林反射率达 60%, 灌木类约 40%~50%, 针叶林较低, 为 30%, 故可从 MSS7/MSS5 和 TM4/TM3 比值合成片上按灰阶和亮度区分该三类植物: 阔叶林亮度最高, 灌木类中等, 针叶林则最低。

(37) 波段特殊合成区分为:

①MSS4、5、6、7 波段五次曝光组合, 针叶林呈黑红色, 阔叶林呈墨绿色, 灌木类呈浅墨绿色。

②MSS5、6 波段组合, 针叶林为淡绿蓝色。

③MSS5、7 波段组合, 针叶林为深紫色, 阔叶林呈鲜红色, 灌丛呈淡红色, 草地呈白色。

④MSS5、7 波段三次曝光, 针叶林为深棕色, 阔叶林为棕色, 灌丛为白色。

⑤MSS5/7 比值, 针叶林为黑色, 其他为浅色。

(38) 季节区分为:

①夏季各种植物生长旺盛, 红外光波段反射强烈, 相互区别不大。

②冬季卫片上可以对常绿植物制图和圈界。

③夏秋卫片对比可以区分林地和草地。

④在春夏卫片上可将阔叶林和灌丛区分开来。

以上区分应结合当时气候条件, 选用不同月份卫片进行对

比。

(39) 地形垂直分带。植物的垂直分带是十分明显的，并且与不同纬度和不同降水量有关，解译时应根据遥感图像的形与色的特征，结合本区植物垂直分带特点，精确地进行本地植被分带解译。

(40) 图形区分

①在航片上，乔木有树冠并有阴影。

②不同的地形地貌具有不同的形态，可在森林、草原和沙漠边缘三类区域成片解译的基础上再进行亚类区分。

③耕地在航片上均以有较规则的边界线为特征。

(三) 名词解释

有关地下水系统研究涉及到的名词或术语，目前尚缺乏比较统一的定义。作者在参考大量有关文献的基础上，对下列常用的若干名词，作出简要解释如下：

(1) 含水层系统 (aquifer system)：含水层是地下水赋存的主要场所，即地下水的主要载体。一组具有固定边界相互联通或具有水力联系的含水层，称为含水层系统。根据含水介质的不同，可划分为孔隙含水层系统、裂隙含水层系统以及岩溶含水层系统，等等。根据含水层的水力特征，可划分潜水含水层系统与承压含水层系统。根据含水层结构，可划分为单层、双层及多层含水层系统。根据含水层的埋藏条件，可划分为浅层水系统、中层水系统及深层水系统。根据含水层的沉积相，可划分为冲积相、洪积相、湖积相等含水层系统。根据含水层的地层时代，可划分为第四系、第三系或白垩系等含水层系统。如果两个或两个以上不同时代的含水层系统互相叠加，可称为复合型复杂含水层系统。

(2) 地下水系统 (groundwater system)：地下水系统可以看做是一个在时间和空间上具有四维特征，能量不断新陈代谢的有机整体。它可以从出生、成长，一直到衰老或消亡。它的主要特

征表现在：①边界类型与模式；②容积；③结构；④阻力与势能转换能力；⑤流入、流出系统；⑥相邻系统之间的联系；⑦水质类型和模式；⑧地下水系统的发展历史。

地下水系统是一个错综复杂，受各种天然因素、人为因素所制约的，具有不同等级的，既互相联系又互相影响，在时空分布上具有四维性质和各自特征，并不断演化的若干独立单元的统一体。每个独立单元具有各自的渗流场与水化学场。

(3) 地下水亚系统 (groundwater sub-system)：一个完整的地下水系统，一般由若干个互有联系的亚系统（或称子系统）所组成。每个亚系统具有各自的渗流场和水化学场，形成一个独立单元。它们彼此间往往由于具有共同的补给区或排泄区而联结在一起，或由一条河流串联在一起，成为一个统一的整体。亚系统属于地下水系统中的二级单元。

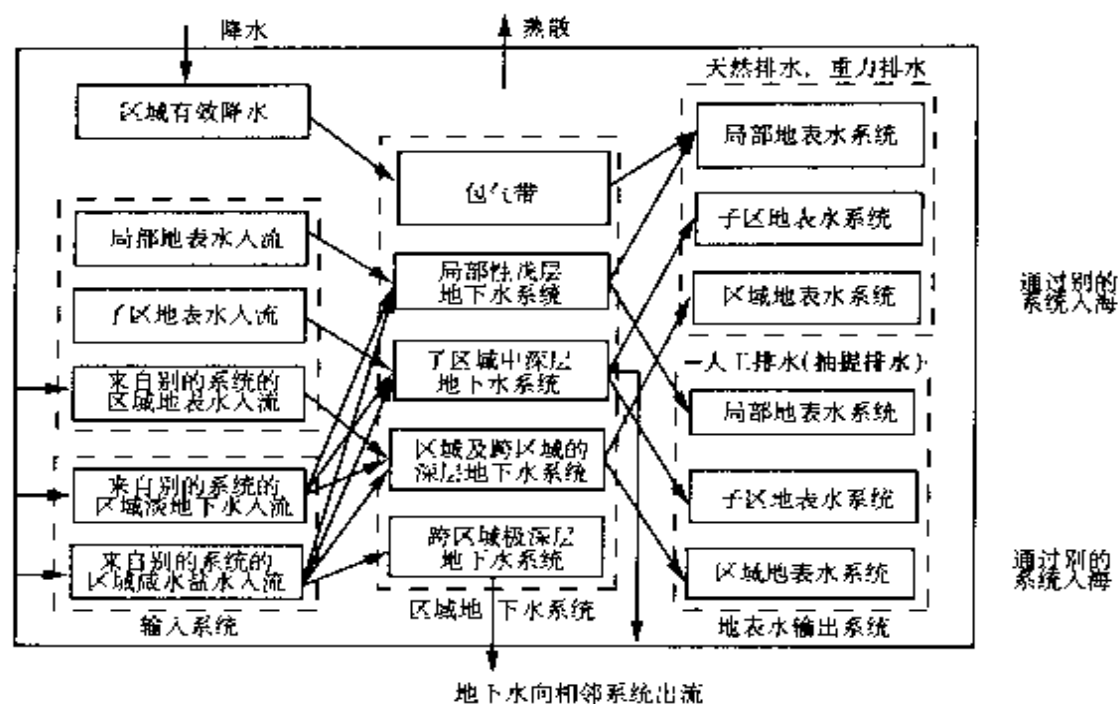
(4) 地下水流系统 (groundwater flow system)：地下水流系统是以流网为基础，在三维空间从补给区、径流区到排泄区的整个演变过程中，形成不断运行的统一的有机体。所以水流系统以研究地下水的循环系统为中心，是确定系统边界和进行定量研究的重要步骤，也是研究地下水系统的一个不可缺少的重要环节。

(5) 水流系统的层次结构 (hierarchy flow system)：水流系统按其不同尺度（量级）可划分为三个层次，即局部水流系统、亚区域水流系统、区域水流系统。局部水流系统，属最低层次，其覆盖范围相对较小；其次是亚区域水流系统，与局部水流系统均叠加在区域水流系统之上，形成一个整体，但又相对各具独立性。前者也可称为浅层水流系统，后者称为深层水流系统。有时三者可相互叠置，如局部水流系统叠置在亚区域水流系统之上，亚区域水流系统又叠置在区域水流系统之上，这种叠置关系称为层次结构或阶梯结构。

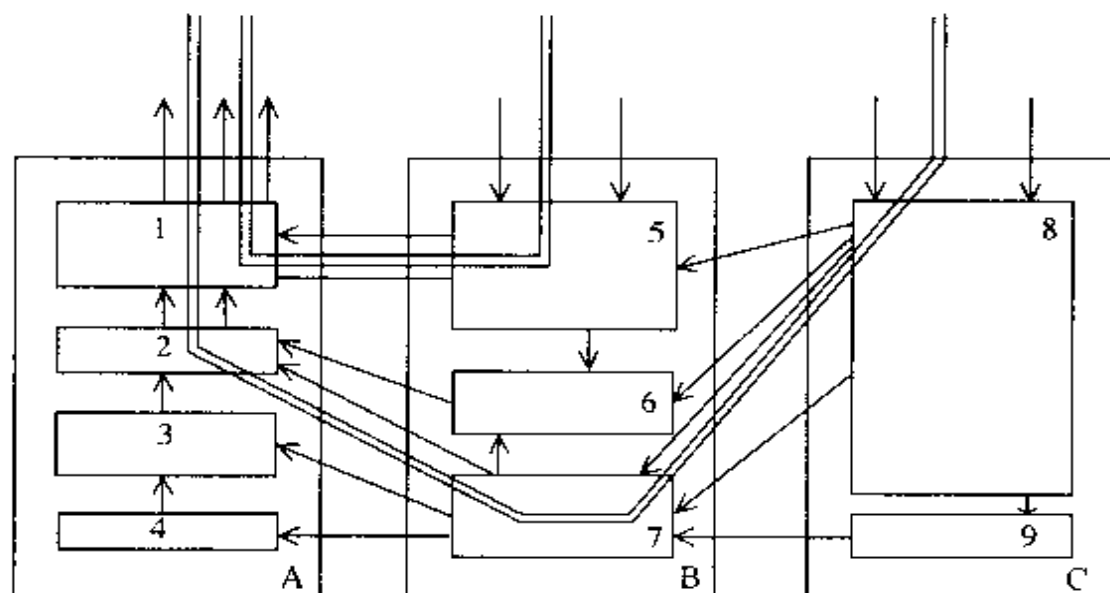
(6) 水流分支系统 (sub-flow system)：为了方便或特殊目的，一个水流系统可人为地划分为若干分支系统，它们相互平行，具有同一补给区或同一排泄区。

(四) 参考用有关图表^①

1. 地下水系统相关网络框架图



2. 地下水流系统相关网络框架图

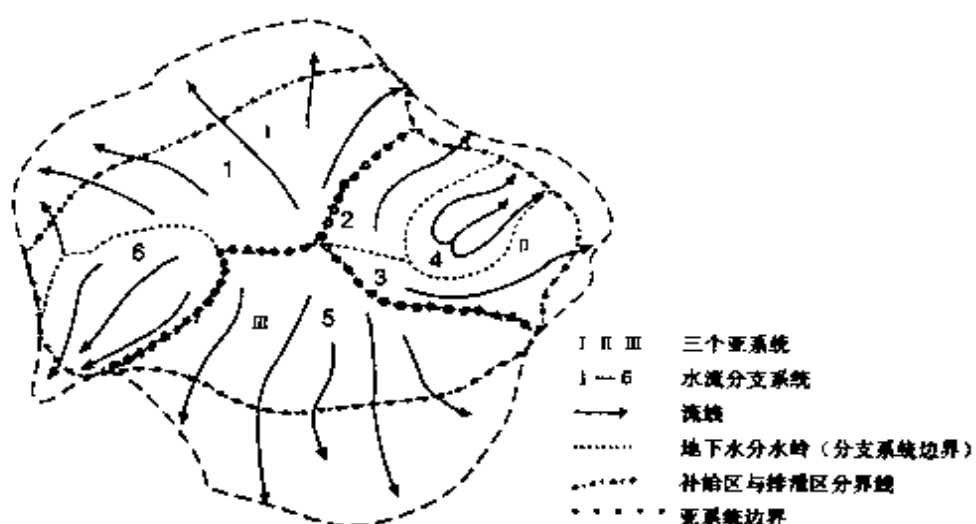


A、B、C：含水层系统；Ⅰ：区域地下水流系统；Ⅱ：亚区域地下水流系统；
Ⅲ：局部地下水流系统；1-9：含水层

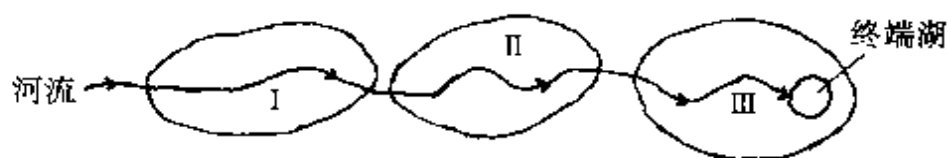
^① 本节内的参考图表，分别摘自参考文献12、16、17。

3. 地下水流系统的三种结构类型

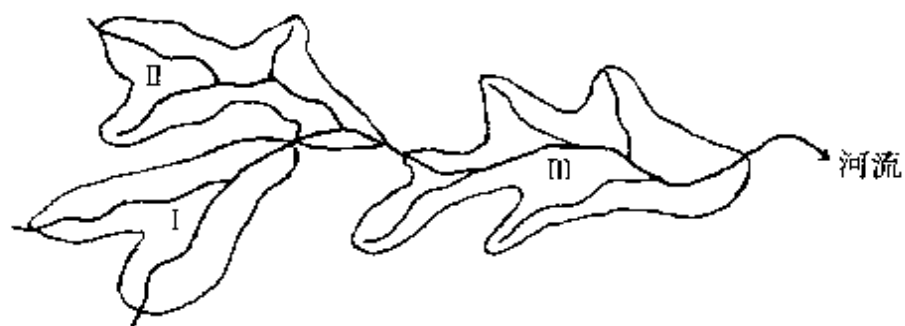
(1) 由具有同一补给来源的 3 个亚系统和 6 个分支系统构成的一个统一的水流系统。



(2) 由上、中、下游三个盆地串联而成的一个统一的水流系统，三个盆地代表三个亚系统。

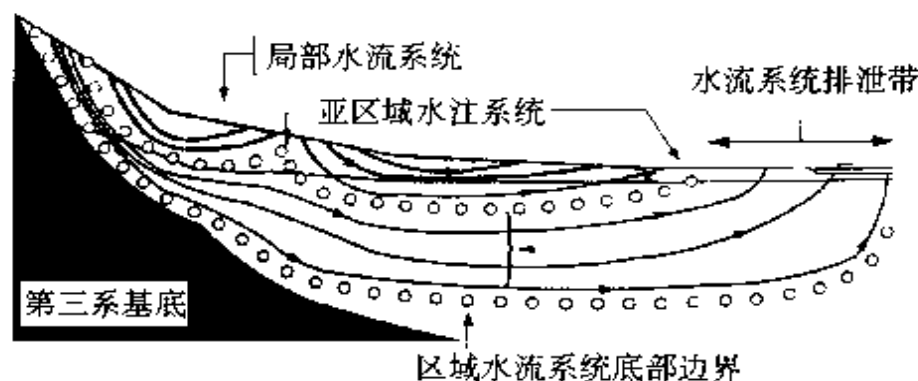


(3) 由上游两个支流和下游干流形成的三个盆地，构成一个统一的水流系统，三个盆地代表三个亚系统。

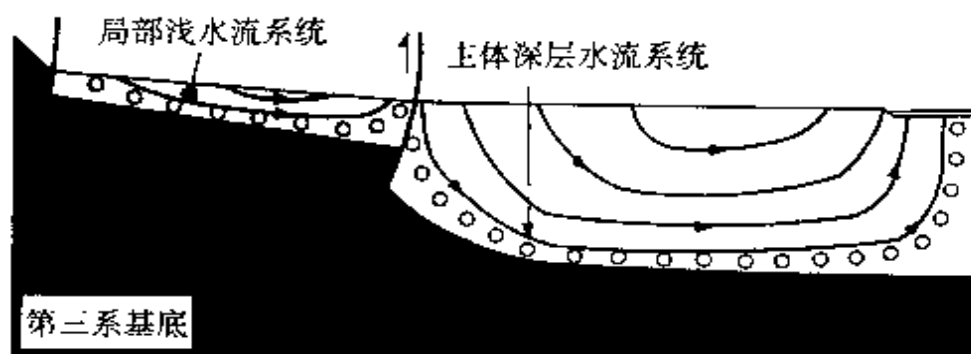


4. 印尼滨海地区山前平原地下水流系统的两种结构类型

(1) 由局部水流分支系统，亚区域系统及区域水流系统共同组成的一个统一的水流系统。

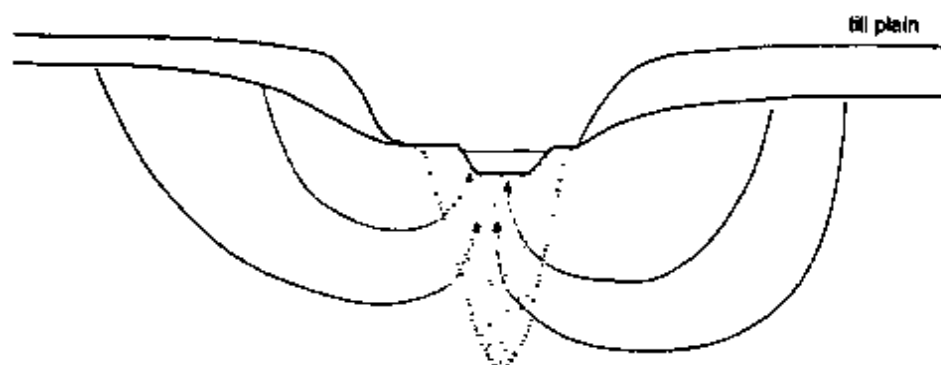


(2) 由断层分割的局部浅层水流系统与主体深层水流系统共同组成的地下水流系统。

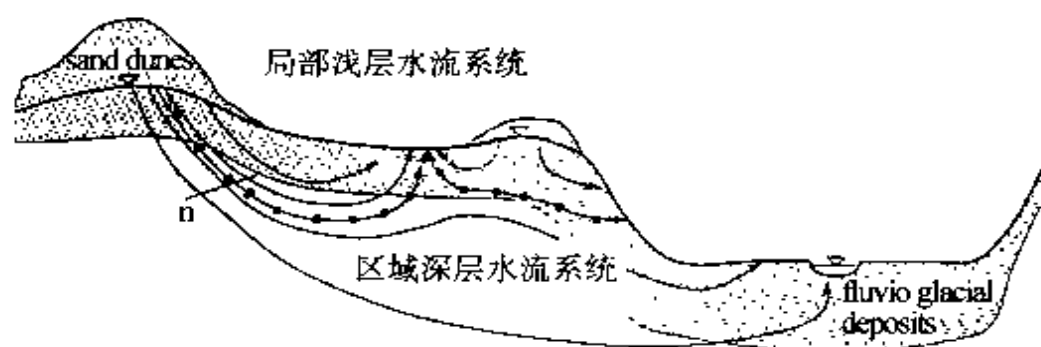


5. 波兰某地冰积平原地下水流系统的两种类型

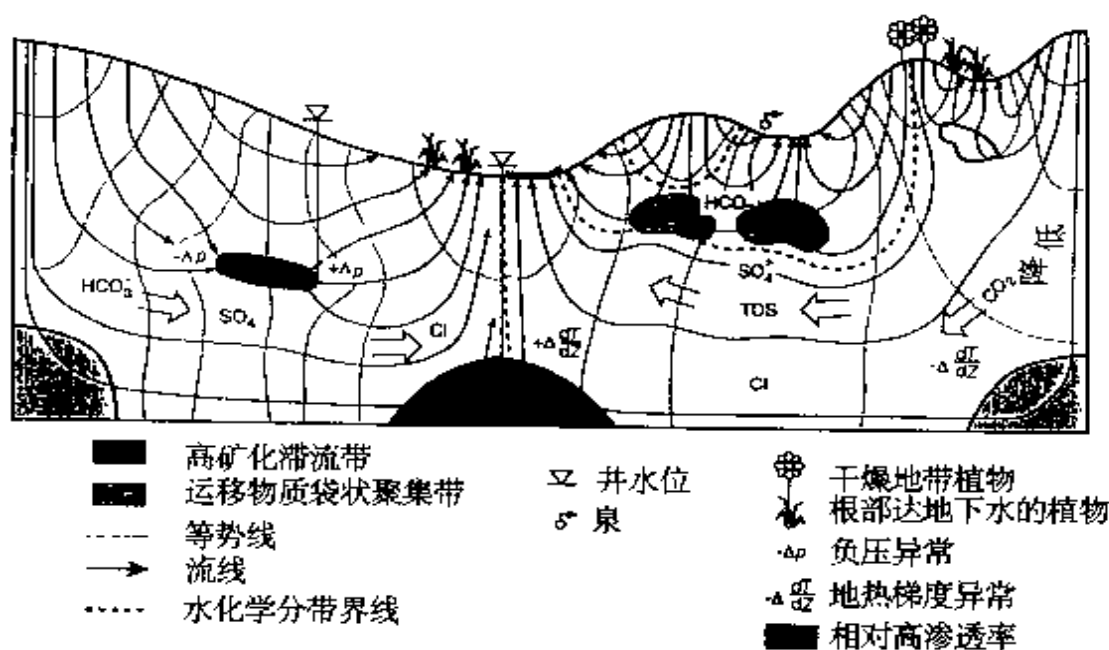
(1) 由具有同一排泄带的两个亚系统所组成的地下水流系统。



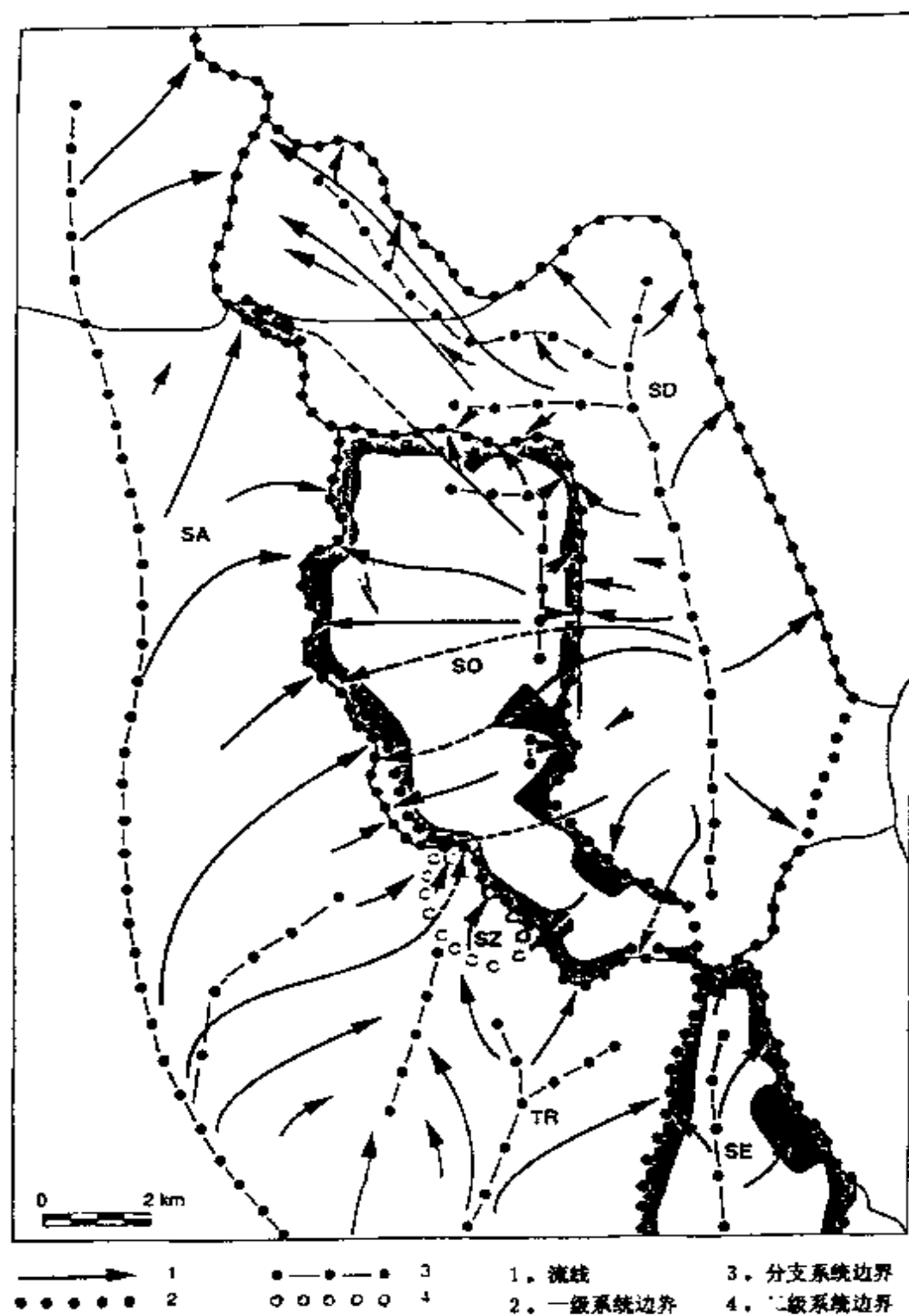
(2) 由两个局部浅层水流系统与一个区域深层水流系统所组成的地下水流系统。



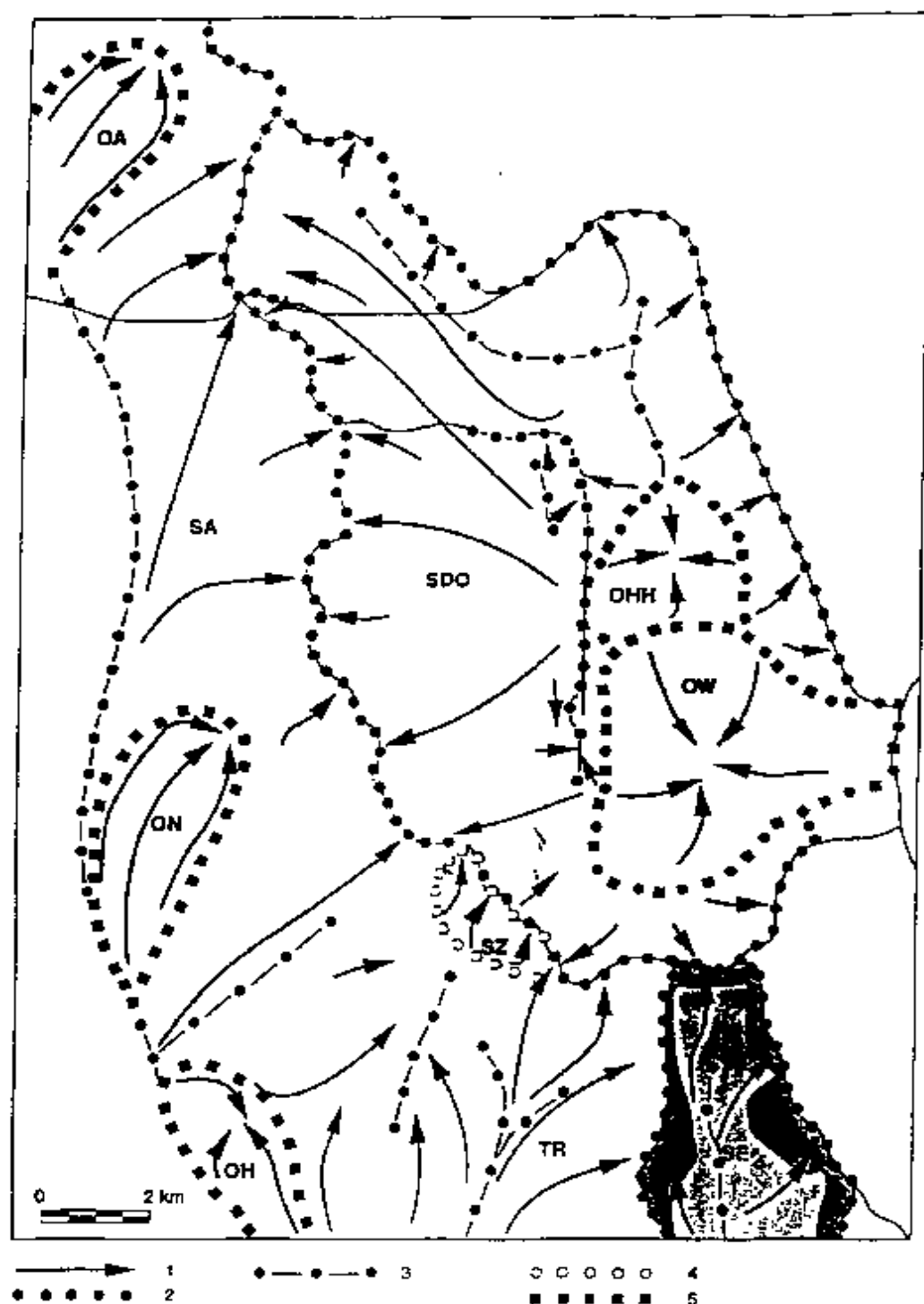
6. 地下水流系统及其水平方向与垂向水文地球化学分带



7. 荷兰某地未受干扰前原始状态下地下水流系统形成的天然流场

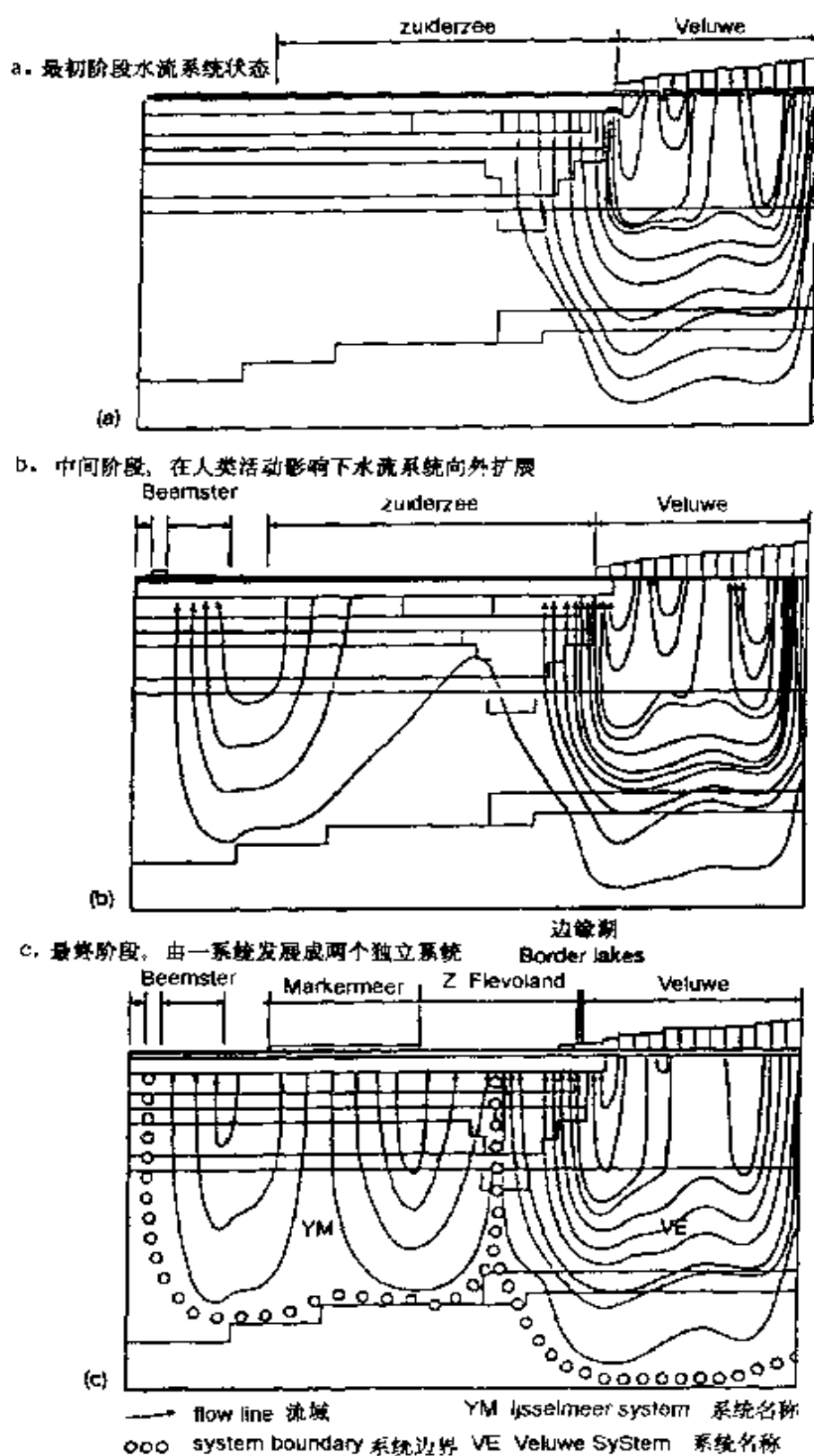


8. 荷兰某地地下水流系统在人工开采条件下所形成的人工流场

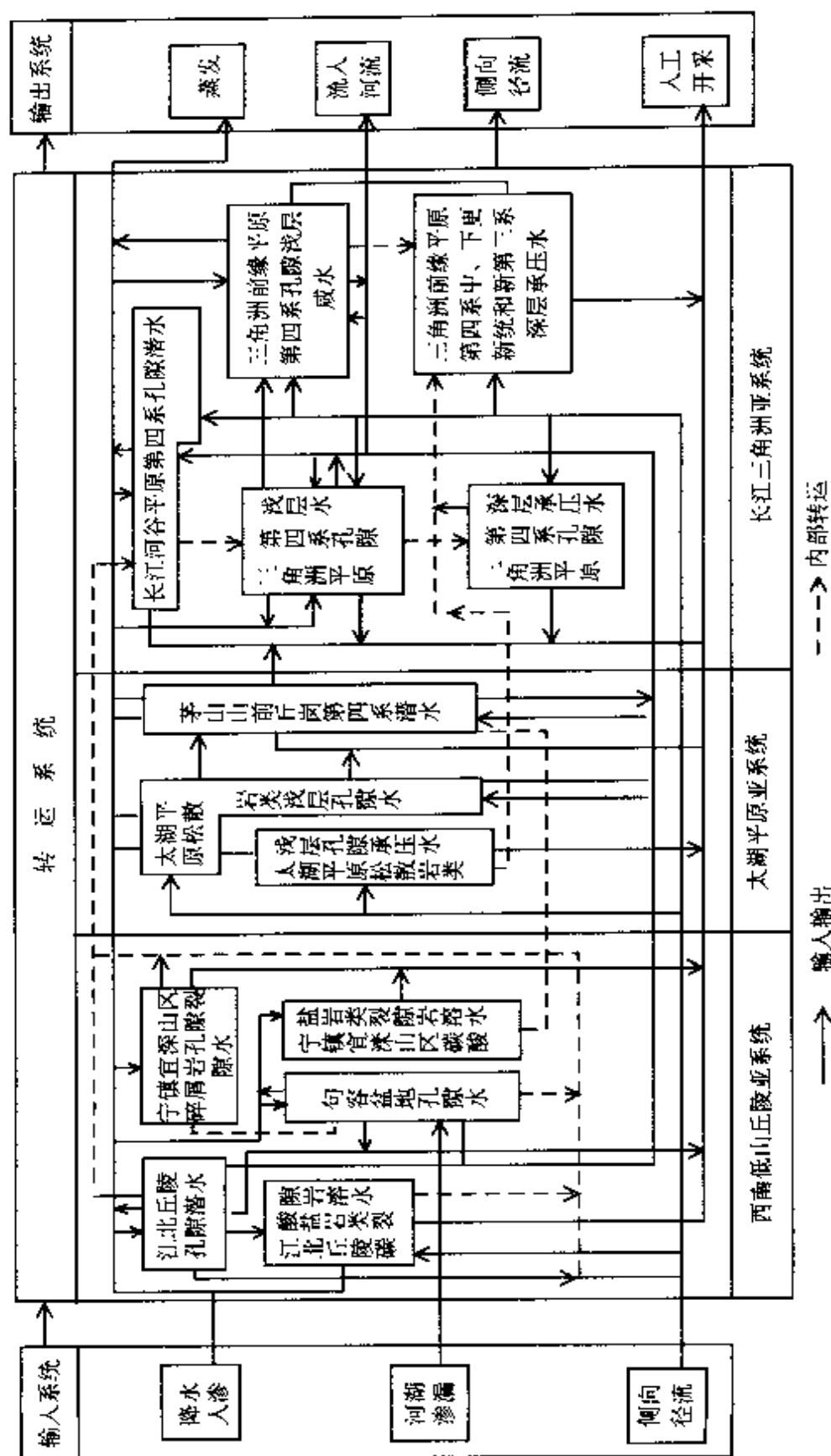


1. 流线; 2. 水流系统一级边界; 3. 分支系统边界;
4. 水流系统二级边界; 5. 人工系统边界

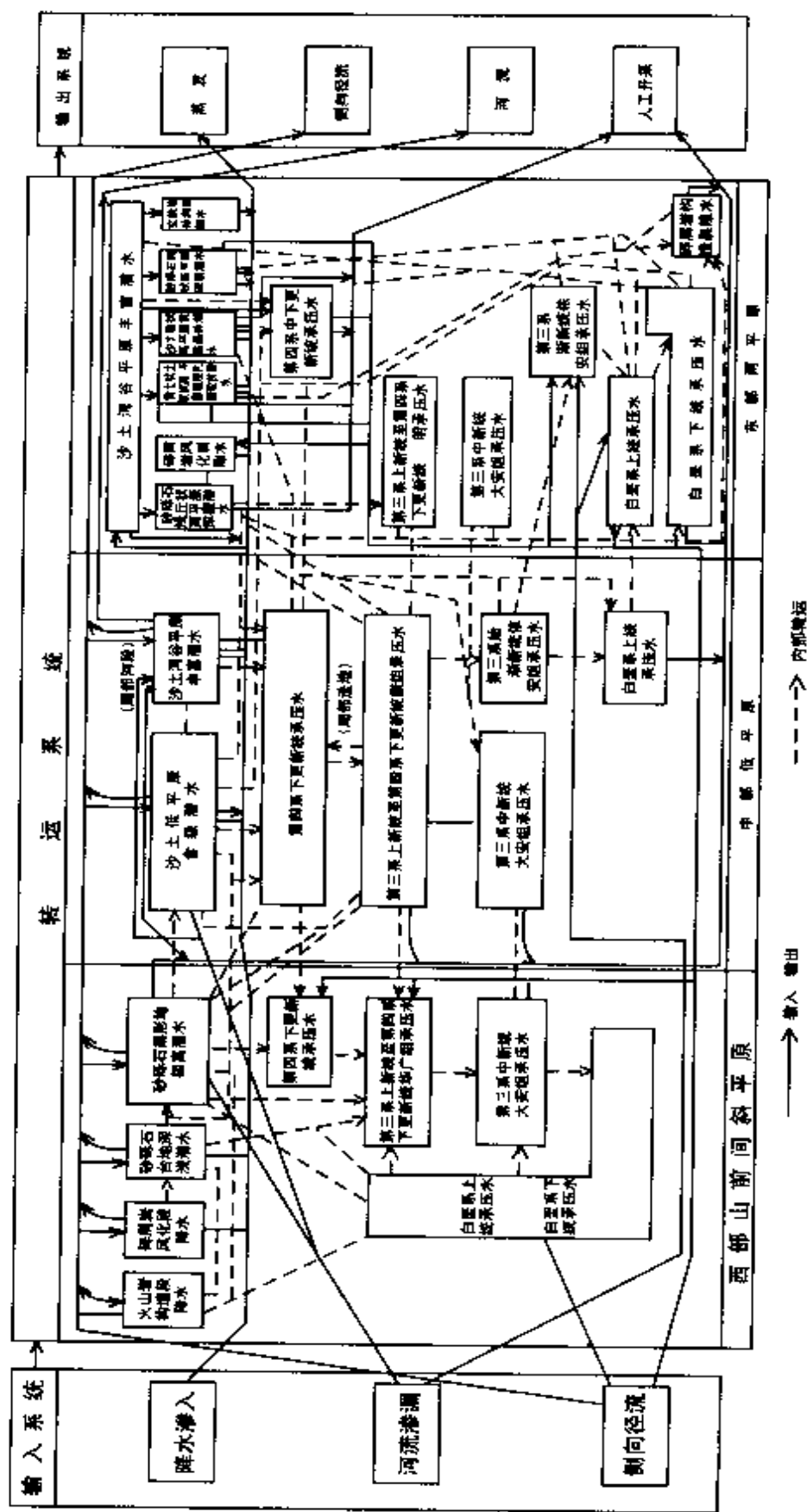
9. 荷兰某地三个同一地区的流网剖面图，表示在人类活动影响下地下水流系统的历史演变



10. 长江下游地区地下水系统框图^①



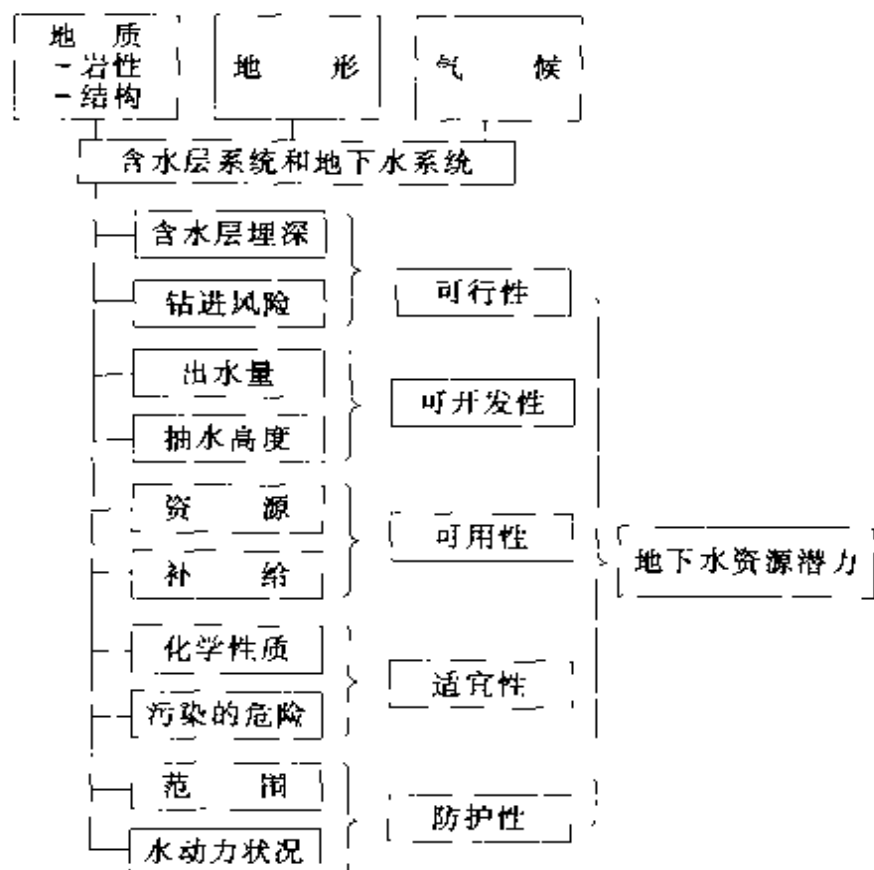
①根据江苏原地质矿产局资料

11. 东北松嫩平原地下水系统框图^①^①根据张振全资料

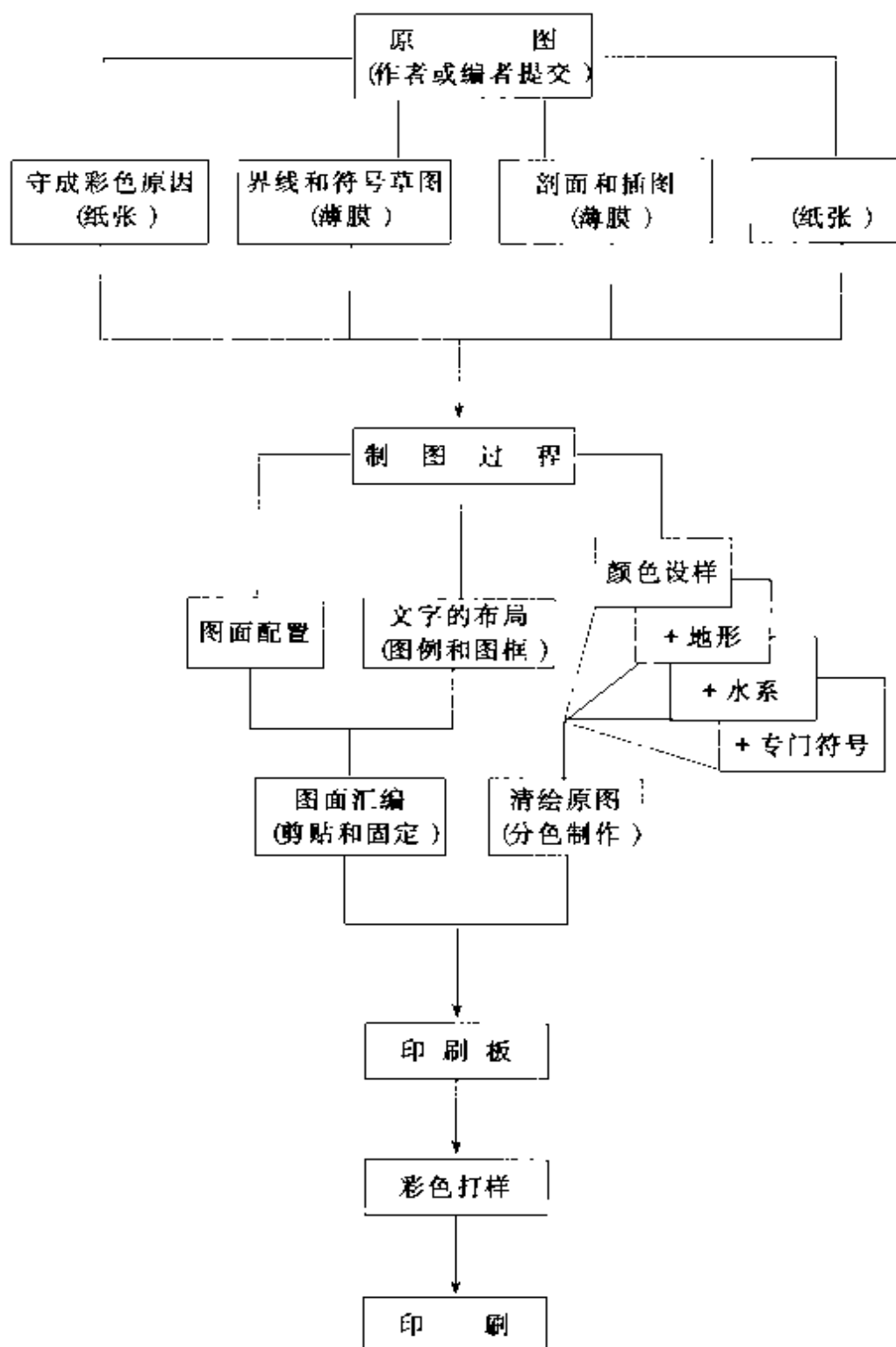
12. 水文地质图的分类系统

研究程度 可能的利用	低 (各种数据缺乏且不平衡)	有改善 (补充了系统的调查, 数据比较可靠)	高 (加上水文地质系统分析和地下水模型)
踏勘和勘探	普通水文地质图 (含水层图)	水文地质参数图 (系列图、图案)	区域地下水系统图 (概念模型表示法)
规划和开发	地下水资源潜力图	专门水文地质图 (规划图)	由地理信息系统诞生面来的图形表示 (各种平面图、剖面、透视图、概要图)
管理和保护	地下水脆弱性图 (Vulnerability)		
可能的利用 参数的表示方法	静态 ——时间属性——→ 动态 低 ——可靠性—— → 高 低 ——单位面积成本—— → 高 大 ——表示范围——→ 小 小 ——比例尺——→ 大		

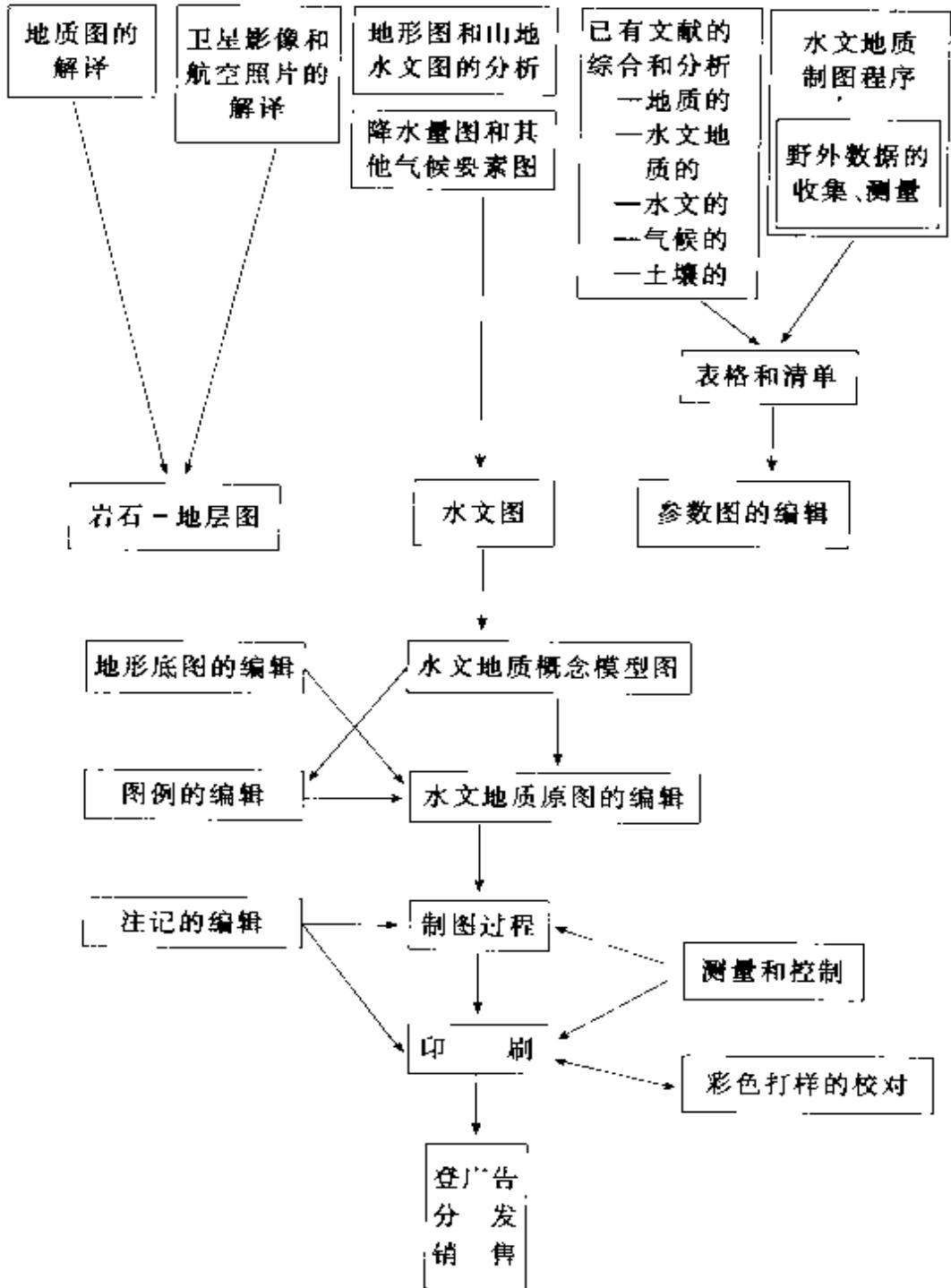
13. 供规划和开发用的专门水文地质图的一例



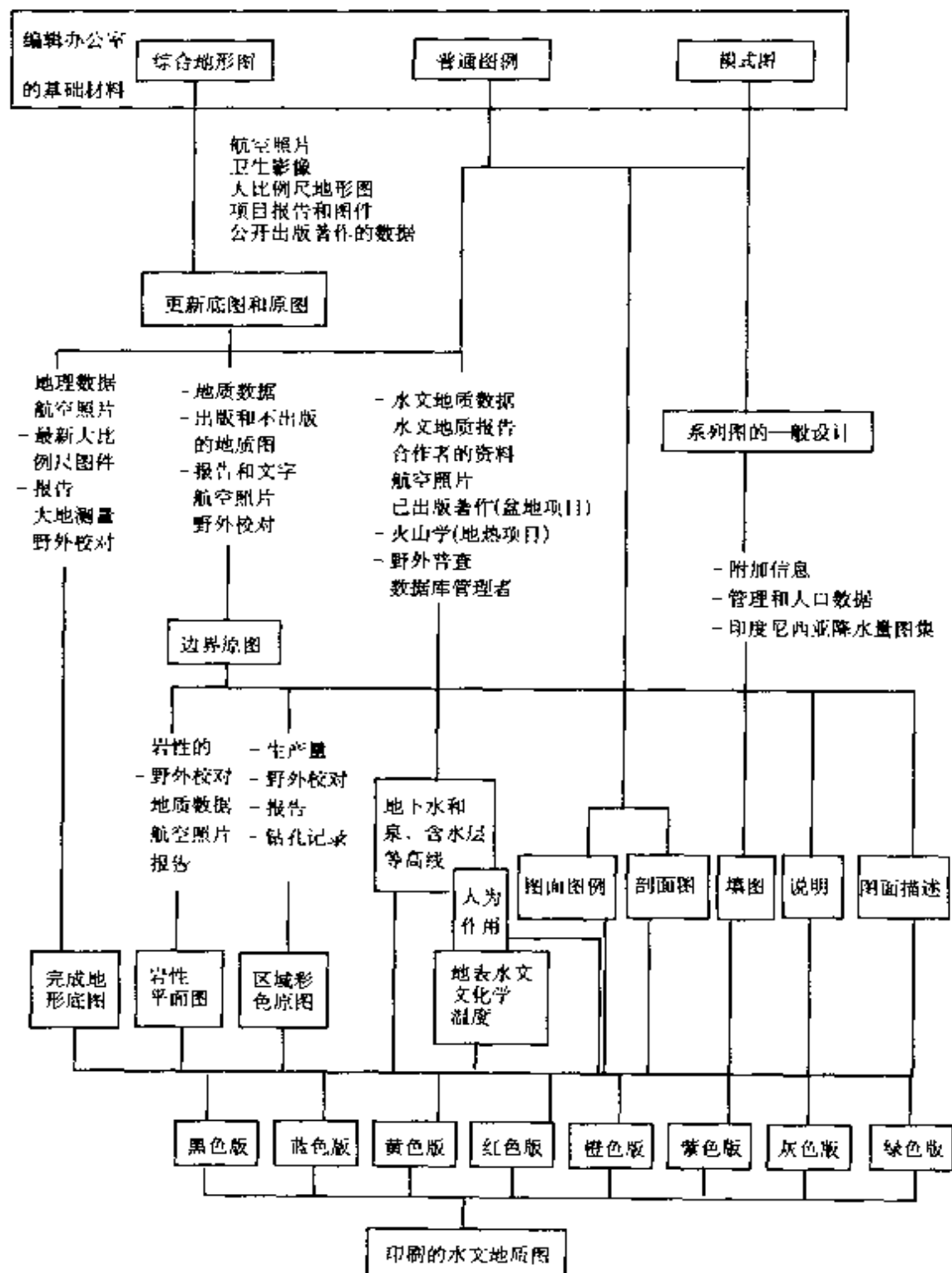
14. 水文地质图的制图编辑工作



15. 水文地质图的编辑流程图



16. 水文地质图系编制及技术准备的范例



参 考 文 献

1. 陈梦熊. 综合水文地质图编图原则探讨. 地质论评, 1964, 22 (3), 224 ~ 233
2. 陈梦熊主编. 黄淮海平原及松辽平原水文地质图系. 地矿部水文地质工程地质局、水文地质工程地质研究所出版, 1966
3. 陈梦熊主编. 综合水文地质编图方法与图例. 北京: 地质出版社, 1979
4. 陈梦熊, 许志荣. 地下水系统论文选编. 地矿部科顾委、河南水文地质总站, 1984
5. 陈梦熊, 焦淑琴. 我国水文地质编图工作的发展与成就. 中国地质, 1984 (10), 19 ~ 22
6. 陈梦熊, 焦淑琴. 亚太地区水文地质编图工作现状与发展动向. 水文地质工程地质, 第五期, 1984
7. 陈梦熊. 最新《水文地质图国际图例》评价. 工程勘察, 1985 (3), 73 ~ 75
8. 陈梦熊. 我国岩溶地区水文地质图编图经验. 中国岩溶, 1988 (3), 199 ~ 204
9. 陈梦熊. 地下水系统分析与概念模型. 城市水资源, 1994 (2), 22 ~ 28
10. 林学钰, 陈梦熊等. 松嫩盆地地下水资源与可持续发展. 北京: 地震出版社, 2000
11. W Struckmeier and others (editors). Hydrogeological Mapping in Asia and the Pacific Region. IAH, Vol. 7, 1985
12. G R Engelen, G P Jones. Developments in the Analysis of Groundwater Flow Systems. IAHS Publication, No. 163, 1986
13. A Volker, J C Henry (editors). Side Effects of Water Resources Management. IAHS Publication, No. 172, 1988
14. Memories of the International Symposium on Hydrogeological Maps. Han-nouer, 1989
15. J Vrba, A Zaporozec. Guidebook on Mapping Groundwater Vulnerability. IAH Publ, Vol. 16, 1994

16. W Struckmeis, J Margat. Hydrogeological Maps. A Guide and a Standard Legend. IAH Publ, Vol. 17, 1995
17. G B Engelen, F H Kloosterman. Hydrological Systems Analysis. Kluwer Academic Publishers, 1996

