

基于流域结构分析的中国流域划分方案^{*}

张国平¹⁾ 赵琳娜¹⁾ 许凤雯¹⁾ 徐新良²⁾

(1) 国家气象中心, 100086, 北京; 2) 中国科学院地理与自然资源研究所, 100081, 北京)

摘要 采用 GIS 技术,在 DEM、水系和地貌分布数据的基础上,建立了我国一级流域划分方案,并将我国划分为 29 个一级流域.将我国一级流域分为 6 种类型,针对每种类型建立了二级流域划分方案,并将全国划分为 90 个二级流域.建立了三级流域划分方案,将全国划分为 183 个三级流域.并为每个流域设计了 9 位字符串的流域编码.对比分析表明本方案所生成的三级流域划分结果可以与现有的流域划分结果进行无损转换,为水文气象科研和业务提供了一种新的流域划分方法.

关键词 水文; 流域划分; 数字高程; 地理信息系统

0 引言

流域划分是水文气象预报的基础工作之一.流域划分方法主要有数字高程(DEM)流域自动分割法,基于水系图和 DEM 的人工划分法^[1-6].国家级流域划分方案主要有 4 类:

方案 I:主要考虑流域管理隶属关系,如水利部公布的我国流域划分标准将全国划分为黑龙江、辽河、海河、黄河、淮河、长江、浙闽台诸河、珠江、广西、云南、西藏、新疆诸国际河流域、内流区等 10 个流域.相应的划分了 63 个二级流域(水系)分区,并赋予了分类码,但未对这些分区边界的具体划分方法做出明确规定^[7].

方案 II:主要考虑水系分布,如国家测绘局公布的标准,将全国划分为 10 个一级流域,二级流域的数量为 57 个^[8].与之相似的还有中国科学院地理科学与资源研究所在中华人民共和国国家自然地图集中的划分方法^[9],该方法将全国划分为 14 个一级流域.

方案 III:考虑自然流域的完整性和隶属关系,将全国分为互不相属的一级流域单元,每个单元之间不相隶属,每个单元对应一个一级流域,再根据需要将一级流域单元合并成为 9 个流域片^[10].

方案 IV:考虑流域所在大江大河的属性,依据独立的汇流关系、人口和径流深度空间分布状况将我国主要河流所在流域提取为一级流域,再参照方案 II 和方案 III 对内陆流域进行分割,将全国划分为 34 个一级流域,二级流域的数量为 83 个,该方案首次提出了三级流域的划分方法并将全国划分为 255 个三级流域单元^[11].

以上 4 种方案,在流域等级、划分方法和划分结果上差异非常大,以一级流域为例,除了长江和黄河这 2 个流域较为一致外,其他均不一致,在数量上和空间分布上差别极大,具体表现为:

1) 一级流域划分方面:方案 I 考虑了流域的管理属性,每个一级流域基本上对应一个流域行政管理机构,与实际的自然流域边界出入很大;方案 II 主要考虑了自然水系分布并引入了河流的内流与外流属性、流向国外与否等属性,将国际河和内流河当作不同的类型,导致分类标准存在矛盾,以伊犁河流域为例,伊犁河流向国外,属于国际河,但伊犁河最终流向封闭湖泊,并不流向海洋,应该也属于内流河;方案 III 考虑流域自然属性,划分的一级流域在面积上差别极大,实际应用中需要再进行合并,文献中合成流域片后每个流域片的分布类似于方案 II;方案 IV 考虑了主要河流域的独立性,将全国划分为 34 个一级流域,但东南沿海流域却仍然包括了台湾岛、华南沿海流域也仍然包括了海南岛,流域单元在空间上不连续,不利于水文气象工作的实际应用.

2) 二级流域划分方面,方案 I 没有给出流域边界分布,方案 II 没有进行详细的划分;方案 III 和方案 IV 在划分数量上存在很大的不一致性,方案 I 分出 57 个二级流域,方案 II 分出 83 个二级流域.方案 III 分出的二级流域数量过少,当用户关心流域的上、中、下游的水文气象问题时,方案 III 的二级流域划分就显的无能为力.简单地将方案 II 中的二级流域进行合并难以形成流域上、中、下游分片图,需要将一些二级流域进行拆分,分别合并到相邻的二级流域当中才能形成流域上、

^{*} 国家自然科学基金面上资助项目(40971016);中国气象局“十一五气象监测与灾害预警工程”资助项目;2007 年公益性行业(气象)科研专项资助项目(GYHY(QX)2007-6-37);公益性行业专项资助项目(GYHY200906007)

收稿日期:2010-03-11

中、下游分布图. 这导致方案 在此需求下无能为力.

3) 在三级流域的划分方面, 目前只有方案 提出了三级流域的划分方法.

可以看出, 目前全国流域划分方案存在划分标准不统一, 划分结果不一致等诸多问题, 存在一级、二级和三级体系不完整以及划分结果的共享等问题. 这些问题造成了水文气象模拟、预报、评估研究和实际业务中难以应用现有全国流域划分成果. 本文利用 3S 技术, 在 DEM 数据、水系图、地貌图和卫星影像图的基础上进行全国一级、二级和三级流域的划分.

1 数据

进行流域划分目的是要建立全国一级、二级、三级流域的划分方法, 并在 GIS 技术的支持下, 生成流域划分的空间数据, 并在此基础上进行流域编码(图 1).

进行流域划分时, 主要基于 1:25 万 DEM 数据、1:400 万地貌图、1:100 万水系数据、1:25 万水系数据、1:10 万陆地卫星(TM)影像全国拼图. 在本文的研究过程中, 以 ARCGIS 为数据处理平台, 将 1:25 万基础数据中的矢量等高线数据转换成 TIN 格式的数据, 最终插值成分辨率为 1000 m 的栅格数据, 再对 DEM 数据进行平滑、凹陷点填充处理.

2 流域划分方法

本文首先在 1:25 万 DEM 数据的基础上将全国划分为一级流域单元, 每个单元相互不发生隶属关系; 然后结合我国主要河流和 1:400 万地貌图将一级流域单元分别合并生成 29 个一级流域; 利用历史延用的上、中、下游的俗称将一级流域分为上、中、下游, 对于一级流域内没有隶属关系的各流域单元, 按地貌状况和流域单元的独立性进行二级流域的划分; 对于三级流域, 主要依据全国水系图, 将大江大河的一级支流所在流域划分为三级流域. 对于西北地区和青藏高原地区, 需要 TM 拼图数据辅助来确定流域边界(图 1).

2.1 全国流域单元的划分方法 流域单元的划分基础为 DEM 数据, 如图 2-A 所示, 每个栅格内的数字代表海拔高度(m); 对于每个栅格单元, 其中心点指向相邻的 8 个栅格单元中心点的 8 个线段分别代表了 8 个方向, 8 个方向上坡度最陡的那个方向即为栅格单元的水流流出方向(图 2-B); 接下来统计所有流入本栅格单元的累积上游栅格单元数目(图 2-C); 图 2-C 中值为 0 的栅格对应了山脊的位置, 所有山脊的中心点接起来就形成了分水岭, 值大的栅格对应了河谷所在位置, 最大值的位置对应了流域的出口, 分水岭在最大值处闭合形成了流域完整边界, 如图 2-D, 这样一个区

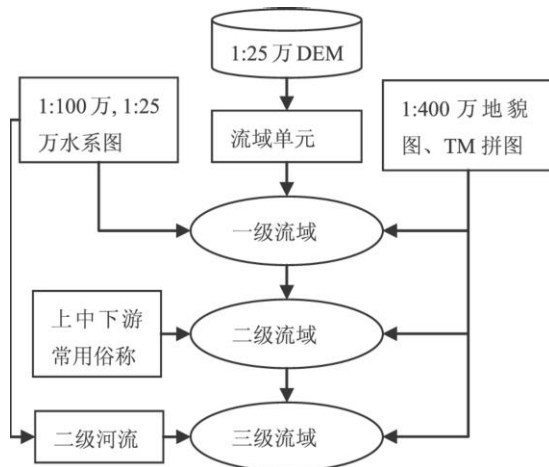


图 1 全国流域划分流程

域就可以划分为几个相互独立的流域.

可以利用 DEM 数据生成水系, 如图 2-E 所示. 并进一步根据水系图, 确定干流上的 1 个或多个位置点(可以是水文站所在位置), 根据图 2-E 所指示的汇流关系可将流域拆分为 2 个或更多的子流域(图 2-F). 针对全国 1:25 万 DEM 数据, 利用以上方法, 在 ARCGIS 软件的支持下, 生成全国一级流域单元空间分布矢量数据.

流域单元代表了自然条件下我国一级自然流域的分布状况, 一级自然流域单元数量多, 面积差别大, 难以应用, 需要对这些流域单元进行合并, 形成空间上连续, 面积相差不至于悬殊, 且能适应实际需求的一级流域单元.

2.2 一级流域划分方法 一级流域划分的原则有: 空间连续性, 即同一个一级流域单元内部在空间上是连续的, 没有被其他流域或者是海洋分隔; 历史延续性, 即现有的类如 7 大江河流域单元在本研究中得到继承; 地缘政治地位, 一些面积不是很大的流域, 如鸭绿江、元江等所在流域因地缘政治意义而作为一级流域划分出来; 地貌类型归属原则, 即对于大量内流区和无河流的区域, 依据同一地貌类型进行一级流域划分.

进行流域划分, 先确定流域单元内的河流为外流河或内流河, 将所有外流的自然流域单元进行合并, 就形成了我国外流河流域分布图(图 3). 外流河流域包括我国东北、华北大部、西北地区东部、华东、华南、西南地区中部和南部, 新疆北部的额尔齐斯河也位于外流区域, 剩余地区均属于内流流域(图 3). 再确定是否是国际河流域, 如果流域出口指向国外或该河流是国界河, 则所在流域即为国际河流域, 如果不是则认为是国内河流域. 我国东北地区的大部分地区、西南地区西南部和南部的大部分地区、伊犁河流域等属于国际河

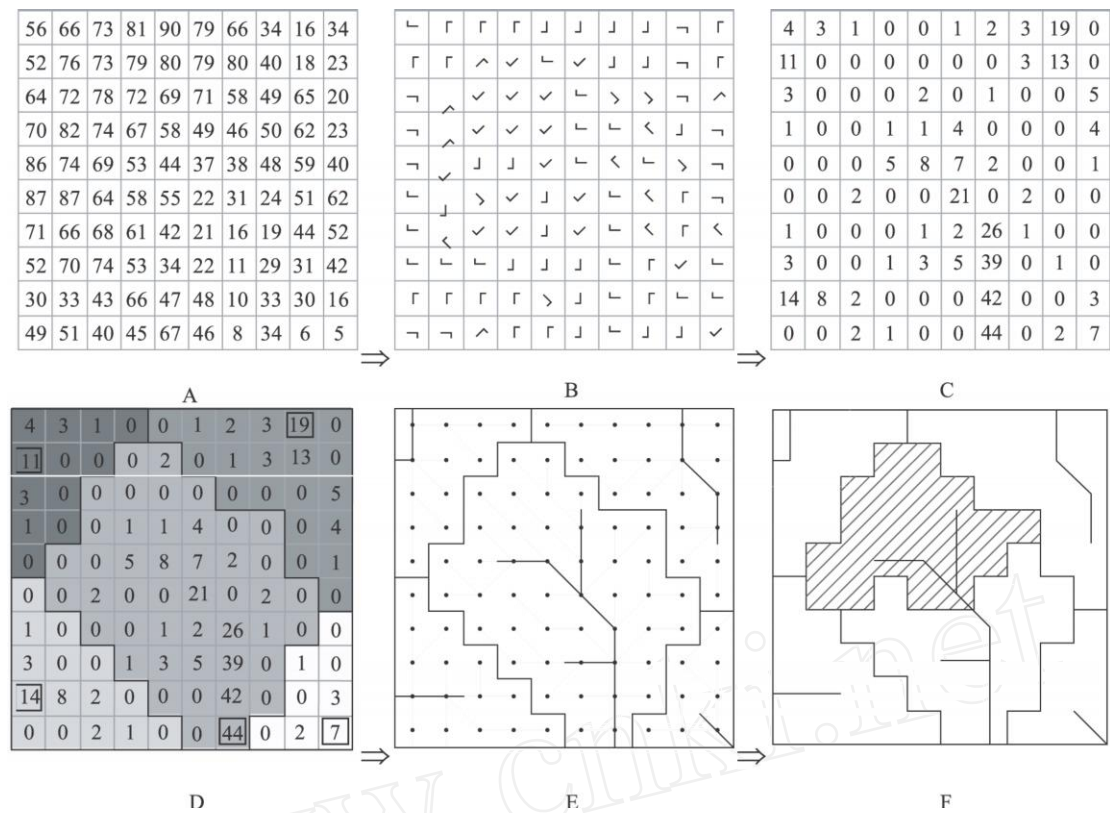


图 2 流域单元的划分过程示意

流域(图 3).具体划分方法为：

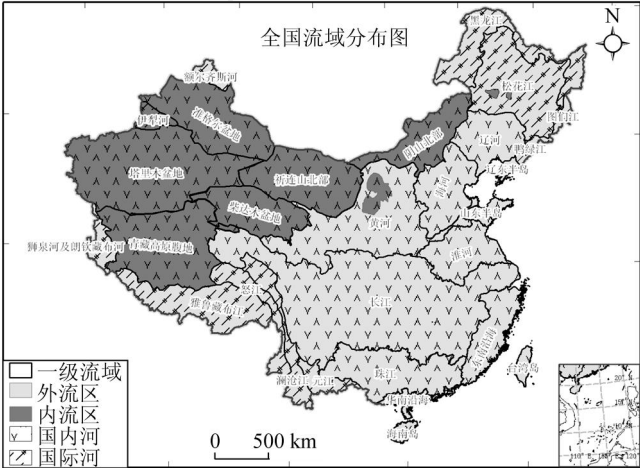


图 3 我国一级流域分布

保留现有的 7 大江河流域,分出长江、黄河、珠江、淮河、海河、辽河、松花江流域.虽然松花江流域在汇流关系上应该属于黑龙江流域,但考虑到 7 大江河流域这一划分方法得到普遍应用,所以仍将松花江作为一个单独的流域.

将辽东半岛、山东半岛、东南沿海、华南沿海(粤桂琼沿海诸河)、海南岛和台湾岛作为独立的流域;按地貌单元并考虑河流发源地和汇流方向将内流区分为内蒙古高原、阿拉善高原、准格尔盆地、塔里木盆地、柴达

木盆地和藏北高原流域.对于西北地区和青藏高原腹地,内流区众多、分水岭不明显、大量中小河流域自成体系,主要根据 1 25 万 DEM 数据、1 400 万地貌分布数据和 1 10 万 TM 影像全国拼图,通过人工勾画来界定流域边界.

从国际河所在区域划分出鸭绿江、图们江、黑龙江(除松花江以外的国内部分,以下均如此)、额尔齐斯河、伊犁河、狮泉河及朗钦藏布河、雅鲁藏布江、怒江、澜沧江、元江.图 3 和图 4 列出了一级流域划分的空间分布状况.

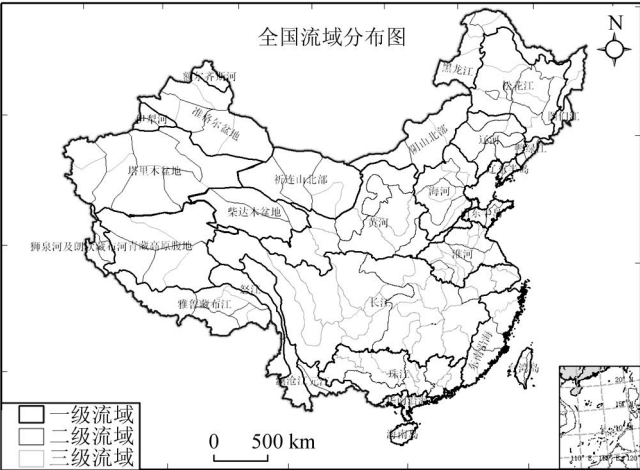


图 4 我国三级流域分布

从 29 个一级流域的空间位置和水系特征来看,主要分为 6 种类型:1) 干流型,流域内仅一条干流,具有唯一流域出口(图 5-A),如黄河、长江、松花江、黑龙江、鸭绿江、额尔齐斯河、伊犁河、雅鲁藏布江、怒江、和澜沧江等流域。2) 干流混合型,流域内有一条主要河流,但同时还有一条或几条等级较低的独立汇流的河流,具有多个出口(图 5-B),如珠江、淮河、海河、辽河和元江等流域。3) 沿海型,流域内有多条河流,难分主次,具有多个出口,大多流向海洋,主要为沿海分布的流域(图 5-C),如东南沿海诸河流域和华南沿海诸河流域。4) 半岛岛屿型,主要为半岛或岛屿,流域内有多条河流呈放射状向外流向海洋(图 5-D),如山东半岛、辽东半岛、海南岛、台湾岛。5) 高原型,流域内河流稀少,河流大多流向荒漠并最终消失(图 5-E),如内蒙古高原、阿拉善高原和藏北高原流域。6) 内陆盆地型,周围为高大山体,河流由盆地四周流向盆地中央(图 5-F),如柴达木盆地、准格尔盆地、塔里木盆地流域。

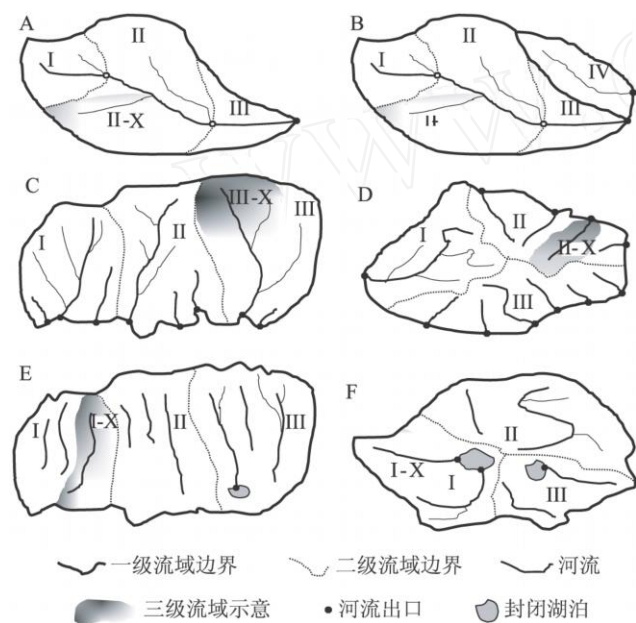


图 5 我国一级流域结构类型示意

2.3 二级流域划分方法 二级流域的划分原则除了继承一级流域的划分原则外,还考虑了上、中、下游的历史俗称,一级流域内面积较大的独立汇流流域作为二级流域,一级流域内大的内流区也作为二级流域。

分别针对我国一级流域空间分布的 6 种类型,确定每种类型的二级流域划分方法:

针对干流型流域,按俗成的上、中、下游的划分方法将流域划分为 2~4 个二级流域(图 5-A),如长江流域,分别将宜宾以上、宜宾至九江之间、九江以下分别划分 3 个二级流域单元;对于没有俗成的上、中、下游的流域,则考虑流域面积均衡的原则,将流域划分为

2~3 个二级流域。

针对干流混合型流域,对于干流所在部分,按俗成的上、中、下游的方法将流域划分为 3 个二级流域,再将独立汇流的部分按照空间连续性和面积均衡的原则划分为 1~3 个二级流域(图 5-B),如对于淮河流域,将王家坝以上、王家坝至洪泽湖、洪泽湖以下分别划为 3 个二级流域,将沂泗河流域划分为 1 个二级流域。

针对沿海型流域,按从北到南或从东到西的顺序,结合流域内主要的几条河流,将流域划分为 3~4 个二级流域(图 5-C),如东南沿海流域,按从北到南的顺序划分出钱塘江流域、闽江流域和韩江流域。

针对半岛岛屿型流域,按照地貌位置、面积比例,同时考虑主要的河流,将流域划分为 2~3 个二级流域(图 5-D),如将台湾岛分为台湾东部流域和台湾西部流域。

针对高原型流域,主要参照地貌单元的分类,结合流域内主要河流,将流域分为 2~4 个二级流域(图 5-E),如将内蒙古高原流域划分为:大兴安岭以西、太行山西北和阴山以北流域。

针对内陆盆地型流域,参照流域内主要河流和地貌单元,将流域分为 2~5 个二级流域(图 5-F),如将柴达木盆地流域划分为青海湖、格尔木河、柴达木河、盆地北部 3 个二级流域。

按照以上原则对全国 29 个一级流域进行拆分,形成 90 个二级流域(表 1、图 4)。

2.4 三级流域划分方法 将二级流域进行拆分,方法为:1) 针对面积比较大的二级流域,将中国 1:100 万河流水系图中定义的 2~3 级河流所在流域作为三级流域划分的主要依据,先从大的二级流域单元里提取二级河流所在的流域,再将干流单元进行分段,如长江中游流域可划分为:长江干流宜宾至重庆流域、乌江流域、长江干流重庆至万县流域、嘉陵江流域、汉江上游、汉江中游、长江干流万县至宜昌、长江干流宜昌至沙市、沅江流域、资水流域、湘江上游、洞庭湖区、长江干流沙市至汉口、长江干流汉口至九江、赣江上游、赣江下游共 16 个三级流域;2) 针对中等面积的二级流域,当流域内主要为 1 条干流时,按照上中下游的规则,将其拆分为 2~3 个三级流域,如嫩江流域是 1 个二级流域单元,将其划分为上、中、下游 3 个三级流域单元,当流域内有若干条重要的河流时,依据主要河流将其拆分为 2~4 个三级流域,如将珠江上游划分为南盘江、北盘江、红水河、黔江柳江流域;3) 针对面积较小的二级流域,考虑子流域面积的均衡则直接列为三级流域,不进行拆分,如图们江流域,在本文的划分过程中其三级流域单元仅为 1 个(表 1、图 4)。

表 1 全国三级流域划分结果

一级流域(编号)	二级流域名称(数量)	三级流域名称(数量)
长江(01)	宜昌以上、宜昌-九江、九江以下(3)	金沙江巴塘以上、金沙江巴塘-攀枝花、金沙江攀枝花-宜宾、雅砻江、岷江、沱江、干流宜昌-重庆、乌江、干流重庆-万县、嘉陵江、汉江上游、汉江中游、干流万县-宜昌、干流宜昌-沙市、沅江流域、资水流域、湘江上游、洞庭湖区、干流沙市-汉口、干流汉口至九江、赣江上游、赣江下游、干流九江-大通、干流大通-南京、干流南京以下和太湖(26)
黄河(02)	兰州以上、兰州-府谷、府谷-三门峡、三门峡以下、内流域区(4)	龙羊峡以上、干流龙羊峡-刘家峡、干流刘家峡-兰州、干流兰州-青铜峡、干流青铜峡-府谷、干流府谷-龙门、渭河、干流龙门-三门峡、干流三门峡-花园口、花园口以下(11)
珠江(03)	大湟江口以上、大湟江口-高要、高要以下(3)	南盘江、北盘江、红水河、黔江柳江、桂江、郁江浔江、西江、北江、东江、珠江三角洲(一)和珠江三角洲(二)(11)
淮河(04)	王家坝以上、王家坝-洪泽湖、洪泽湖以下、沂泗河(4)	沂河上游、沭河上游、沂河和沭河下游、南四湖地区、枣庄和徐州地区、洪泽湖以下淮河下游、涡河及淮河中游淮干、颍河上游及周口以上、蚌埠至洪泽湖和淮干中下游以及浍河流域、颍河中游以及周口至阜阳段、汝河及洪河上游、淝河及颍河下游、史河流域、淮河上游息县到王家坝、淮河上游大坡岭至息县(15)
海河(05)	滦河、永定河、大清河子牙河、漳卫河徒骇马颊河(4)	滦河、蓟运河、潮白河上游、潮白河下游、永定河山区、大清河、子牙河、海河下游、漳卫河、徒骇马颊河(10)
辽河(06)	辽河上游、辽河中游、辽河下游、大凌河、大辽河、内流区(6)	内流区、西辽河、东辽河、辽河中游、辽河下游、大凌河、大辽河(7)
松花江(07)	内流区、嫩江流域、松花江上游、松花江中游、松花江下游(5)	内流区 1、内流区 2、嫩江上游、嫩江中游、嫩江下游、松花江上游松花湖以上、松花江上游饮马河段、松花江中游拉林河段、松花江中呼兰河段、牡丹江、松花江下游(11)
辽东半岛(08)	半岛西部、半岛东部(3)	半岛西部、大洋河、英那河-碧流河-沙河(3)
山东半岛(09)	北部、东部、南部(3)	北部、东部、南部(3)
东南沿海(10)	钱塘江、闽江、韩江(3)	钱塘江、瓯江、闽江、九龙江、韩江(5)
华南沿海(11)	西部、雷州半岛和东部(3)	防城江-钦江-大风江、南流江、雷州半岛、鉴江、漠阳江(5)
海南岛(12)	昌化江、南渡河、万泉河(3)	昌化江、南渡河、万泉河(3)
台湾岛(13)	西部、东部(2)	淡水河、大安溪-大甲溪-乌溪-北港溪、曾文溪-高屏溪、台湾岛东部(4)
内蒙古高原(14)	大兴安岭以西、太行山西北、阴山以北(3)	大兴安岭以西、太行山西北、阴山以北(3)
阿拉善高原(15)	疏勒河、黑河、石羊河(3)	疏勒河、黑河、石羊河、巴丹吉林-腾格里沙漠(4)
准格尔盆地(16)	乌伦古河、艾比湖-玛纳斯河、吐哈盆地(3)	乌伦古河、阿拉湖上游、艾比湖、玛纳斯河、吐鲁番盆地、哈密盆地、伊吾河(7)
塔里木盆地(17)	克孜勒苏河-叶尔羌河、阿克苏河-和田河、塔里木河下游、车尔臣河、孔雀河(5)	克孜勒苏河、叶尔羌河、阿克苏河、和田河、塔里木河下游、车尔臣河、孔雀河、罗布泊(8)
柴达木盆地(18)	青海湖、格尔木河-柴达木河、盆地北部、盆地西部(4)	青海湖、格尔木河、柴达木河、盆地北部、吉乃尔湖、达布逊湖(6)
藏北高原(19)	高原北部、高原西部、高原东部(3)	可可西里、阿克赛钦湖、班公错湖、昂拉仁错湖、扎日南木错、当惹雍错、昂孜错湖、色林错湖、纳木错湖(9)
图们江(20)	图们江(1)	图们江(1)
鸭绿江(21)	上游、中游、下游(3)	上游、中游、下游(3)
黑龙江(22)	额尔古纳河、干流漠河-抚远、乌苏里江(3)	呼伦湖、海拉尔河、额尔古纳河中游、额尔古纳河下游、干流漠河-黑河、干流黑河-抚远、乌苏里江(7)
额尔齐斯河(23)	布尔津以上、布尔津以下(2)	干流布尔津以上、干流布尔津以下(2)
伊犁河(24)	伊犁河、特克斯河(2)	伊犁河、特克斯河、喀什河(3)
狮泉河及朗钦藏布河(25)	狮泉河、朗钦藏布河(2)	狮泉河、朗钦藏布河(2)
雅鲁藏布江(26)	日喀则以上、日喀则-墨脱、墨脱以下、苏班西里河(4)	干流日喀则以上、拉萨河、易贡河、干流日喀则-墨脱、苏班西里河、大峡谷区、察隅河(7)
怒江(27)	福贡以上、福贡以下(2)	干流福贡以上、干流福贡以下(2)
澜沧江(28)	兰坪以上、兰坪以下(2)	干流兰坪以上、干流兰坪以下(2)
元江(29)	元江、黑水河(2)	元江、黑水河、南温河(3)

3 全国流域划分结果分析

3.1 全国流域划分结果 按照一级流域的划分方案,共划分出 29 个一级流域:长江、黄河、珠江、淮河、海河、辽河、松花江、辽东半岛、山东半岛、东南沿海、华南沿海、海南岛、台湾岛、内蒙古高原、阿拉善高原、准格尔盆地、柴达木盆地、塔里木河、藏北高原、鸭绿江、黑龙江、额尔齐斯河、伊犁河、狮泉河及朗钦藏布河、雅鲁藏布江、怒江、澜沧江和元江等流域.按照二级流域和三级流域的划分方案,共划分出 90 个二级流域和 183 个三级流域(表 1).

3.2 几种分类方法的比较 将本文的划分结果与已有的 4 种方案比较发现,一级流域划分比方案 1、方案 2 和方案 3 细致,且现有的 29 个一级流域可以通过不同的合并方式分别形成方案 4、方案 5 和方案 6 的结果,实现了与这 3 个方案的对接,方便选择了不同方案的用户进行流域数据的无损转换.方案 4 比本方案多出 5 个流域,但可以利用本方案的二级流域合并生成方案 4 的一级流域.

对于二级流域,本方案与方案 4 的差别主要是二级划分时考虑了一级流域的上、中、下游分布和相互独立的水系等因素,有利于用户直接进行流域上、中、下游的水文气象分析.本方案针对 7 大江河流域的三级流域划分,可以合并转换为方案 4 的二级流域,但在其他流域特别是我国西北地区的流域,2 种方案划分还存在一些边界上的不一致.

本方案的三级流域基本上对应于我国 1:100 万河流水系图中定义的 2~3 级河流所在流域单元,如在长江流域除将长江干流分段划分为几个三级流域外,其他三级流域基本上都是长江的重要支流.这为开展四级流域的划分提供了基础,以嘉陵江为例,按照本文的分类方法,可将嘉陵江上、中、下游分别作为隶属于嘉陵江流域的 3 个四级流域,进一步可将嘉陵江的主要支流及干流分段区作为五级流域.方案 4 关于三级流域的划分要比本文的方案细,除了在 7 大江河流域两者关于三级流域的划分较为一致外,其他地区还明显存在因为划分方法不同而存在的不一致性.

3.3 流域编码 流域水资源分配、污染、生态环境恶化等问题越来越多的成为国际性问题,进行流域编码时要考虑更大区域上的可用性,考虑到流域所在国家、内流属性、国际或国内属性、一级流域、二级流域和三级流域,本文采用 9 位字符串对流域进行编码.

第 1~2 位为字母 CN 代表中国境内的流域,如果针对其他国家的划分,则可以是其他字母组合;第 3 位代表是否为内流流域,外流流域为 1,内流流域为 0;

第 4 位代表是否为国际河,国际河为 1,非国际河为 0;第 5~6 位表示一级流域编号;第 7 位表示二级流域编号;第 8~9 位表示三级流域编号.

比如淮河上游大坡岭至息县流域的编码为:CN1004101;“CN”表示该流域位于中国;第 3 位为“1”表示该流域属于外流河(内流河为“0”);第 4 位为“0”表示该流域属于国内河流域,不是国际河流域(国际河为“1”);第 5~6 位为“04”,表示所在的淮河流域在全国一级流域中编号为“04”(一级流域的编码列在表 1 中);第 7 位为“1”,表示该流域处于淮河流域的上游;第 8~9 位为“01”,为该流域在淮河 15 个三级流域中的编号.在研究区域水方气象问题时,可以直接使用后 5 位数字作为三级流域的编码.

按照以上编码方法,很容易利用 GIS 对每一个三级流域是否处于内流或外流区、国际河或国内河流域、所在二级流域、所在一级流域等属性进行唯一性表述和查询;还可以直接利用编码提取矢量数据且能拼接形成新的流域边界.

一级流域编码的排序列在表 1 中;二级流域采取自流域干流源头向流域出口方向排序,对于多出口的流域先主流域、后附属流域、后内流区顺序排序,对于流域单元不分主次的流域,采取自西向东、自北向南顺时针排序;对于三级流域,与二级流域的排序方法类似,三级流域的排序是针对一级流域内所有的三级流域单元进行排序,与二级流域的编码没有关系,仅考虑让每个二级流域内的所有三级流域的编号数字能够顺序连起来.

4 讨论

流域划分是水文气象科研和业务应用的基础性工作,本文建立了全国流域划分方案,将我国分为 29 个一级流域,90 个二级流域,183 个三级流域,并建立了流域编码方法.与现有的 4 种方案对比表明,本文的划分结果可在一定程度上与其他划分结果进行转换,但也存在西部地区三级方案划分边界不一致的问题.

不同方案差别较大,也反映了不同的水文气象需求,解决特定的水文气象问题时需要有针对性的流域划分方案,但作为各种方案的对比基准或是满足一些基础性水文气象需求时,需要建立全国流域划分的标准方案.目前的方案(包括本文的方案)在三级流域的划分方面还存在许多问题,如三级流域大小如何确定、西北和青藏高原地区流域边界的统一等等,这就需要进行进一步的工作,本文只是起到抛砖引玉的作用.

本文利用了中国资源环境数据库中 1:400 万地貌图和 1:10 万 TM 拼图,谨表感谢.

5 参考文献

- [1] 左伟,曹学章,李硕. 基于数字地形分析的小流域分割技术[J]. 测绘通报, 2003 (5): 52
- [2] 李昌峰,冯学智,赵锐. 流域水系自动提取的方法和应用[J]. 湖泊科学, 2003, 15(3): 205
- [3] 能怡,张家桢. 中国水文区划[M]. 北京:科学出版社,1995
- [4] 章毅之,丁向群. 基于 GIS 的流域数字划分方法研究[J]. 江西气象科技, 2003, 26(3): 37
- [5] 陈加兵,励惠国,郑达贤,等. 基于 DEM 的福建省小流域划分研究[J]. 地球信息科学, 2007, 9(2): 74
- [6] 赫振纯. 基于 DEM 的数字水系的生成[J]. 水文, 2002, 22(4): 8
- [7] 中国国家防汛抗旱总指挥部. 水利工程基础信息代码编制规定 SL213-98 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1999
- [8] 国家基础地理信息中心. 全国 1:100 万流域分区数据, [EB/OL]. [2009-12-28]. <http://nfgis.nsdi.gov.cn/sdinfo/thedata.asp?a=04>
- [9] 中国科学院地理科学与资源研究所. 中华人民共和国国家自然地图集[M]. 北京: 中国地图出版社, 1999
- [10] 徐新良,庄大方,贾绍凤,等. GIS 环境下基于 DEM 的中国流域自动提取方法[J]. 长江流域资源与环境, 2004, 13(4): 343
- [11] 陈子丹,陈德清,王娜. 对全国流域分区方案进行调整的初步设想[J]. 水文, 2007, 27(6): 85

STUDY ON BASIN PARTITION SCHEME OF CHINA BASED ON BASIN STRUCTURE ANALYSIS

ZHANG Guoping¹⁾ ZHAO Linna¹⁾ XU Fengwen¹⁾ XU Xinliang²⁾

(1) National Meteorological Center, 100086, Beijing, China;

2) Institute of Geographic and Natural Resource Research, CAS, 100081, Beijing, China)

Abstract River basin partition is important to hydro-meteorological research and applications. There are 4 quite different partition schemes in China that still need further improvement. Based on national 1:250 000 digital elevation model (DEM), river map, Landsat-TM mosaic map and geomorphic map, a new drainage basin partition scheme in China is proposed with GIS technique. The scheme includes three sets of gradation system. The first grade includes 29 basin partitions; the second grade includes 90 basin partitions. There are 183 basin partitions for the third grade. The new coding scheme is adopted. The comparison shows that the basin partitions in the paper can be transformed to partitions of existing basin partition scheme through simply recombination of third class basin partitions. Moreover, 29 first class basin partitions can be divided into 6 groups.

Key words hydrology; basin partition; DEM; GIS