

ICS 13.060.20

DB44

广东省地方标准

DB44/T749-2010

饮用水水源保护区划分技术指引

Technical Guideline for Delineating Source Water Protection Areas

(发布稿)

2010-05-14 发布

2010-07-14 实施

广东省环境保护厅 发布
广东省质量技术监督局

目 次

前言	II
1 适用范围	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义	1
4 总则	2
4.1 饮用水水源保护区的设置与划分	2
4.2 划分的一般技术原则	3
5 技术指标	4
5.1 保护区分级	4
5.2 水质要求	4
6 河流型饮用水水源保护区的划分方法	4
6.1 一级保护区	4
6.2 二级保护区	5
6.3 准保护区	6
7 水库型饮用水水源保护区的划分方法	6
7.1 一级保护区	6
7.2 二级保护区	7
7.3 准保护区	7
8 地下水饮用水水源保护区的划分方法	8
9 其他	8
10 饮用水水源保护区的最终定界	8
11 监督实施	8
附录 A 编写技术文件的基本要求（规范性附录）	9
附录 B 水质模型基本方程及解析解（资料性附录）	10

前 言

为贯彻落实《中华人民共和国水污染防治法》、《广东省饮用水源水质保护条例》等相关的法律法规，加强饮用水水源地环境保护、防治饮用水水源地污染，改善环境质量，按照《标准化工作导则》（GB/T 1.1-2009）制定本标准。

本标准在《饮用水水源保护区划分技术规范》（HJ/T338—2007）技术要求的基础上，结合广东省实际情况，进一步细化了地表水饮用水水源保护区划分的基本方法及饮用水水源保护区划分技术文件的编制要求。

本标准为首次发布。

本标准由广东省环境保护厅提出。

本标准起草单位：广东省环境监测中心。

本标准起草人：易雯 岑世柏 刘乙敏 陈小文 陈松明 温丽蓉

本标准广东省环境保护厅和广东省质量技术监督局 2010 年 5 月 14 日批准。

本标准自 2010 年 7 月 14 日起实施。

本标准由广东省环境保护厅解释。

饮用水水源保护区划分技术指引

1 适用范围

本标准适用于集中式地表水、地下水饮用水水源保护区（包括现用、备用和规划水源地）的划分。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注明日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注明日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 3838-2002 地表水环境质量标准

GB 5749-2006 生活饮用水卫生标准

GB 15618-1997 土壤环境质量标准

GB/T 14848-1993 地下水环境质量标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

饮用水水源地 Drinking water source

指提供居民生活及公共服务用水取水工程的水源地域，包括河流、湖泊、水库、地下水等一定区域。

3.2

集中式饮用水水源地 Centralized drinking water source

指集中取水进入输水管网送到用户和具备一定规模(供水人口一般大于1000人或日供水量大于200m³)的现用、备用和规划饮用水水源地。

3.3

界河 Shared jurisdiction river

指流经两个互不隶属行政区之间、边界线所经过的河流，也称共河。

3.4

饮用水水源保护区 Drinking water source protection areas

指国家为防治饮用水水源地污染、保证水源地环境质量而划定，并要求加以特殊保护的面积一定的水域和陆域。

3.5

山区型水库 Mountainous reservoir

指用拦河坝横断河谷，拦截河川径流，抬高水位形成的水库。

3.6

平原型水库 Plain reservoir

指在平原地区，利用天然湖泊、洼淀、河道，通过修筑围堤和控制闸等建筑物形成的水库。

3.7

山脊线 Ridgeline

山脊是由两个坡向相反、坡度不一的斜坡相遇，组合而成条形脊状延伸的凸形地貌形态。山脊最高点的连线即两个斜坡的交线，叫做山脊线。

3.8

分水岭 Watershed

分隔相邻两个流域的地带，可以是山地、高原或是微有起伏的山丘、平原。

3.9

中泓线 Midstream of channel

河道各横断面表面最大流速点的连线。

3.10

库容系数 Storage capacity index

水库兴利库容与多年平均来水量的比值。

4 总则

4.1 饮用水水源保护区的设置与划分

4.1.1 饮用水水源保护区分为地表水饮用水水源保护区和地下水饮用水水源保护区，地表水饮用水水源保护区包括一定面积的水域和陆域，地下水饮用水水源保护区指地下水饮用水水源地的地表区域。

4.1.2 集中式饮用水水源地都应设置饮用水水源保护区；饮用水水源保护区一般划分为一级保护区和二级保护区。饮用水水源地二级保护区外围一定距离内分布有对水环境可能造成重大影响的建设项目或污染源密集区，存在较大污染风险时，宜设置准保护区，并将其纳入准保护区进行管理，其划分范围可参照二级保护区的划分方法确定，但不宜采用类比经验方法确定。

4.1.3 饮用水水源保护区的设置应纳入当地社会经济发展规划和水污染防治规划；跨地区的饮用水水源保护区（含界河）的设置应纳入有关流域、区域、城市社会经济发展规划和水污染防治规划。

4.1.4 在水环境功能区划和水功能区划分中，应将饮用水水源保护区的设置和划分放在最优先位置；跨地区的（含界河）河流、水库、输水渠道，不得影响上、下游（或相邻）地区饮用水水源保护区对水质的要求，并应保证下游有合理水资源量；对同一流域上下游相

距 10 公里以内且分处不同城市的两个水源地，两城市共同协调划定保护区，或由两城市共同的上级政府划定保护区。

4.1.5 跨地区（含界河）和向异地供水的水源地水源保护区的划分按照有关法律法规的规定，由用水城市商水源地所在城市提出划分方案，由地级以上市人民政府报省人民政府批准；存在异议时，可由省人民政府环境保护行政主管部门会同有关行政主管部门和相关市、县人民政府提出划定方案。

4.1.6 应对现有集中式饮用水水源地进行评价和筛选；对于因受污染而达不到饮用水水质要求且经技术、经济论证证明饮用水功能难以恢复的水源地，应采取措施调整饮用水水源地。

4.1.7 饮用水水源保护区的水环境监测与污染源监督应作为监督管理工作的重点，纳入地方环境管理体系中，若不能满足保护区规定水质的要求，则应及时调整保护区范围。

4.2 划分的一般技术原则

4.2.1 水源地分类

4.2.1.1 地表水水源地

4.2.1.1.1 河流型水源地

非潮汐河段水源地：不受潮汐影响。

潮汐河段水源地：受潮汐影响。

拦河闸(坝)型水源地：用拦河闸(坝)横断河流，抬高水位形成的河流型水源地。

4.2.1.1.2 水库型水源地

依据水库规模大小，将水库型饮用水水源地进行分类。

大型水库：水库总库容 ≥ 1 亿 m^3

中型水库：0.1 亿 $m^3 \leq$ 水库总库容 < 1 亿 m^3

小型水库：水库总库容 < 0.1 亿 m^3

4.2.1.2 地下水水源地

地下水按含水层介质类型的不同分为孔隙水、基岩裂隙水和岩溶水三类；按地下水埋藏条件分为潜水和承压水两类。地下水饮用水水源地按开采规模分为中小型水源地（日开采量小于 5 万立方米）和大型水源地（日开采量大于等于 5 万立方米）。

4.2.2 饮用水水源保护区划分的技术指标，应考虑以下因素：当地的地理位置、水文、气象、集水汇流特征、地质特征、土地利用、水动力特性、水域污染类型、污染特征、污染源分布、排水区分布、水源地规模、水量需求等。

地表水饮用水水源保护区范围，应按照不同水域特点进行水质预测，并考虑当地具体条件，保证在规划设计的水文条件、污染负荷和供水量时，保护区的水质能满足相应的标准。

地下水饮用水水源保护区范围，应根据当地的水文地质条件、供水量、开采方式和污染源分布确定，并保证开采规划水量时能达到所要求的水质标准。

4.2.3 划定的水源保护区范围，应防止水源地附近人类活动对水源的直接污染；应足以使所选定的主要污染物（含影响当地人群健康的特征污染物）在向取水点（或开采井、井群）输移（或运移）过程中，衰减到所期望的浓度水平；在正常情况下保证取水水质达到

规定要求；一旦出现污染水源的突发事件，有采取紧急补救措施的充足时间和缓冲地带。

4.2.4 对高强度开发区域，为加强区域环境管理，水源保护区划分范围宜适当扩大。

4.2.5 划分的技术方法可采用水质模型或类比经验方法。但由于各地自然条件不同，为了保证计算的科学性，各地可根据当地的水文地质特征选用合适的模型进行计算。同时开展跟踪验证监测。

5 技术指标

5.1 保护区分级

5.1.1 一级保护区：在取水口附近划定一定范围的水域和陆域，以保证取水口水质安全。

5.1.2 二级保护区：在一级保护区外围划定一定范围的水域和陆域，以保证在正常情况下满足水质要求，同时在出现污染饮用水源的突发情况下，保证有足够的采取紧急措施的时间和缓冲地带。

5.1.3 准保护区：在二级保护区外围划分一定范围的水域和陆域，以防范二级保护区上游高危项目或污染源较集中区域的污染风险，有效控制污染，并保证有足够的采取紧急措施的时间和缓冲地带。

5.2 水质要求

5.2.1 地表水饮用水水源保护区水质要求

5.2.1.1 地表水饮用水源一级保护区的水质必须满足 GB 3838 中的Ⅱ类标准要求，且补充项目和特定项目应满足该标准规定的限值要求。

5.2.1.2 地表水饮用水源二级保护区的水质必须满足 GB 3838 中的Ⅲ类标准要求，并保证流入一级保护区的水质满足一级保护区水质标准的要求。

5.2.1.3 地表水饮用水源准保护区的水质应保证流入二级保护区的水质满足二级保护区水质标准的要求。

5.2.2 地下水饮用水源保护区水质要求

地下水饮用水水源保护区（包括一级、二级和准保护区）水质各项指标不得低于 GB/T 14848 中的Ⅲ类标准。

6 河流型饮用水水源保护区的划分方法

6.1 一级保护区

6.1.1 水域范围

6.1.1.1 通过分析计算，确定一级保护区水域长度。

6.1.1.1.1 非潮汐河段水源地，应用二维水质模型计算得到一级保护区范围，一级保护区水域长度范围内应满足 GB 3838 Ⅱ类水质标准的要求。二维水质模型及其解析解参见附录 B，大型、边界条件复杂的水体采用数值解方法，对小型、边界条件简单的水体可采用解析解方法进行模拟计算。

6.1.1.1.2 潮汐河段水源地，运用非稳态水动力—水质模型模拟，计算可能影响水源地

水质的最大范围。非稳态水动力—水质模型参见附录 B。

6.1.1.1.3 一级保护区上、下游范围不得小于卫生部门规定的饮用水源卫生防护带¹范围。

6.1.1.2 在水文、源强、边界条件等参数无法确定的情况下，可采用类比经验方法确定一级保护区水域范围，同时开展跟踪监测。若发现划分结果不合理，应及时予以调整。河流型饮用水水源地一级保护区水域长度划分见表 1。

表 1 河流型饮用水水源地一级保护区水域长度划分(类比经验方法)

河流型 水源地类型	污染源 类型	水期	取水口上游 2000 米 河段多年平均流速	距取水口上游 水域长度	距取水口下游 水域长度
非潮汐河段	面源	丰水期	<1.5 米/秒	≥1500 米	≥100 米
			≥1.5 米/秒, <2.5 米/秒	≥2000 米	
			≥2.5 米/秒	≥2500 米	
	点源	枯水期	<0.8 米/秒	≥1500 米	
			≥0.8 米/秒, <1.5 米/秒	≥2000 米	
			≥1.5 米/秒	≥2500 米	
潮汐河段				≥1500 米	≥1500 米

6.1.1.3 一级保护区水域宽度

没有堤防的河流型水源地，为 5 年一遇洪水所能淹没的区域；有堤防的为至堤防内侧的水域范围；通航河道在多年平均水位时，水面宽度达 500 米以上的河流，以河道中泓线为界，保留一定宽度的航道外，规定的航道边界线到取水口范围即为一级保护区范围。

6.1.2 陆域范围

一级保护区陆域范围的确定，以确保一级保护区水域水质为目标，采用以下分析比较确定。

6.1.2.1 陆域沿岸长度不小于相应的一级保护区水域长度。

6.1.2.2 河流两岸为浅滩、平原、小山丘的水源地其陆域沿岸纵深与河岸的水平距离不小于 50 米，若有防洪堤则为至堤外侧的距离；同时，一级保护区陆域沿岸纵深不得小于饮用水水源卫生防护范围。

6.1.2.3 河流两岸为陡峭山峰的水源地其一级保护区陆域范围为沿岸侧纵深至第一重山脊线。

6.2 二级保护区

6.2.1 水域范围

6.2.1.1 通过分析计算，确定二级保护区水域范围

6.2.1.1.1 二级保护区水域范围应用二维水质模型计算得到，二级保护区上游侧边界到一级保护区上游边界的距离应大于污染物从 GB 3838 III 类水质标准浓度水平衰减到 GB3838 II 类水质标准浓度所需的距离。二维水质模型及其解析解参见附录 B，大型、边界条件复杂的水体采用数值解方法，对小型、边界条件简单的水体可采用解析解方法进行模拟计算。

6.2.1.1.2 潮汐河段水源地，二级保护区采用模型计算方法；按照排污对取水口影响的程度，计算确定二级保护区上、下游边界位置。

¹卫监发[2001]161 号文 生活饮用水集中式供水单位卫生规范

6.2.1.2 在水文、源强、边界条件等参数无法确定的情况下，可采用类比经验方法确定二级保护区水域范围。河流型饮用水水源地二级保护区水域长度划分见表 2。

表 2 河流型饮用水水源地二级保护区水域长度划分(类比经验方法)

河流型 水源地类型	污染源 类型	水期	该河段多年平均流速	距一级保护区 上游边界	下游侧外边界距一 级保护区边界
非潮汐 河段	面源	丰水期	<1.5 米/秒	向上游延伸 ≥2500 米	≥200 米
			≥1.5 米/秒， <2.5 米/秒	向上游延伸 ≥3000 米	
			≥2.5 米/秒	向上游延伸 ≥3500 米	
	点源	枯水期	<0.8 米/秒	向上游延伸 ≥2500 米	
			≥0.8 米/秒， <1.5 米/秒	向上游延伸 ≥3000 米	
			≥1.5 米/秒	向上游延伸 ≥3500 米	
潮汐河段	不宜采用类比经验方法确定				

6.2.1.3 二级保护区水域宽度：一级保护区水域向外 10 年一遇洪水所能淹没的区域，有防洪堤的河段二级保护区的水域宽度为防洪堤内的水域宽度。

6.2.2 陆域范围

二级保护区陆域范围的确定，以确保水源保护区水体水质为目标，采用以下分析比较确定。

6.2.2.1 二级保护区陆域沿岸长度不小于一级和二级水域保护区河长。

6.2.2.2 二级保护区沿岸纵深范围自一级保护区陆域和二级保护区水域沿岸向外不小于 1000 米，具体可依据自然地理、环境特征和环境管理需要，通过分析地形、植被、土地利用、地面径流的集水汇流特性、集水域范围等确定；两岸是陡峭山峰的河流型水源地，其第一重山山脊线高于 50 年一遇的洪水线时可不划二级保护区；有物理隔离区的、封闭输水河（渠）的水源地可视具体情况不划或适当划分二级陆域保护区；对于流域面积小于 100 平方公里的小型流域，二级保护区可以是整个集水范围。

6.3 准保护区

准保护区划分可参照二级保护区的划分方法确定范围。

7 水库型饮用水水源保护区的划分方法

7.1 一级保护区

7.1.1 水域范围

7.1.1.1 小型水库正常水位线以下的全部水域面积划为一级保护区。

7.1.1.2 大中型水库采用模型分析计算方法确定一级保护区范围。

7.1.1.2.1 当大、中型水库部分水域面积划定为一级保护区时，应对水体进行水动力（流动、扩散）特性和水质状况的分析、二维水质模型模拟计算，确定水源保护区水域面积，即一级保护区范围内主要污染物浓度满足 GB 3838 II 类水质标准的要求。具体方法参见附录 B，宜采用数值计算方法。

7.1.1.2.2 一级保护区范围不得小于卫生部门规定的饮用水源卫生防护范围。

7.1.1.3 在水文、源强、边界条件等参数无法确定的情况下，采用类比经验方法确定一级保护区水域范围，同时开展跟踪验证监测。若发现划分结果不合理，应及时予以调整。

7.1.1.3.1 中型水库水域范围为不小于取水口半径 300 米范围内的区域。

7.1.1.3.2 大型水库为不小于取水口半径 500 米范围内的区域。

7.1.2 陆域范围

水库沿岸陆域一级保护区范围，以确保水源保护区水体水质为目标，采用以下分析比较确定：

7.1.2.1 小型水库至流域分水岭，大、中水库为一级水域保护区沿岸正常水位线以上 200 米范围内的陆域或至流域分水岭。

7.1.2.2 一级保护区陆域沿岸纵深范围不得小于饮用水水源卫生防护范围。

7.2 二级保护区

7.2.1 水域范围

7.2.1.1 通过模型分析计算方法，确定二级保护区范围。二级保护区边界至一级保护区的径向距离大于所选定的主要污染物或水质指标从 GB 3838 III类水质标准浓度水平衰减到 GB 3838 II类水质标准浓度所需的距离，具体方法参见附录 B，宜采用数值计算方法。

7.2.1.2 在技术条件有限的情况下，采用类比经验方法确定二级保护区水域范围。

7.2.1.2.1 中型水库一级保护区边界外的水域面积设定为二级保护区。

7.2.1.2.2 大型水库以一级保护区外径向距离不小于 2000 米区域为二级保护区水域面积，但不超过水面范围。

7.2.2 陆域范围

二级保护区陆域范围确定，应重点考虑面污染源，要依据流域内自然地理、环境特征和环境管理的需要，通过分析地形、植被、土地利用、森林开发、地面径流的集水汇流特性、集水域范围等确定。二级保护区陆域边界不超过相应的流域分水岭范围。

7.2.2.1 小型水库可将上游整个流域（一级保护区陆域外区域）设定为二级保护区。山区型小型水库可不设二级保护区

7.2.2.2 平原型中型水库的二级保护区范围是正常水位线以上（一级保护区以外），水平距离 2000 米区域，山区型中型水库二级保护区的范围为水库周边第一重山山脊线以内（一级保护区以外）及入库河流上溯 3000 米的汇水区域。

7.2.2.3 大型水库可以划定一级保护区外不小于 3000 米的区域为二级保护区范围。

7.3 准保护区

根据水库流域范围、高危项目污染源分布，在二级保护区以外的汇水区域设定准保护区。

8 地下水饮用水水源保护区的划分方法

地下水饮用水水源保护区的划分，应在收集相关的水文地质勘查、长期动态观测、水源地开采现状、规划及周边污染源等资料的基础上综合确定。

广东省地下水饮用水水源保护区划分方法采用《饮用水水源保护区划分技术规范》

HJ/T338-2007 中地下水饮用水水源保护区的划分方法。

9 其他类型饮用水水源保护区的划分方法

- 9.1 如果饮用水源一级保护区或二级保护区内有支流汇入，应从支流汇入口向上游延伸一定距离，作为相应的一级保护区或二级保护区，划分方法可参照上述河流型保护区划分方法划定。根据支流汇入口所在的保护区级别高低和距取水口距离的远近，其范围可适当减小。
- 9.2 非压力式饮用水输水渠道，应划一级保护区，其范围可比河流型保护区适当减小。有自然径流汇入的饮用水输水渠道的水源保护区划分，可参照河流型的划分方法。
- 9.3 以水库为主要补给源的河流型水源地，其饮用水水源保护区范围应包括水库一定范围内的水域和陆域，保护级别按具体情况参照水库型水源地的划分办法确定。
- 9.4 对非主要利用潮汐动力进行水体交换的河口拦河闸（坝）型水源地，应同时满足水库型饮用水水源保护区和潮汐河段型饮用水水源保护区的划分要求。对主要利用潮汐动力进行水体交换的河口拦河闸（坝）型水源地参考潮汐河段型饮用水水源保护区的划分。
- 9.5 对于库容系数大于 10%的具有调节功能的拦河闸（坝）型水源地水源保护区的划分参照水库型饮用水水源保护区的划分方法，其他类型的拦河闸(坝)型水源地水源保护区的划分参照河流型保护区的划分，闸坝下游可不划保护区。
- 9.6 入库河流（引水渠）的保护区水域和陆域范围的确定，以确保水库饮用水水源保护区水质为目标，参照河流型饮用水水源保护区的划分方法确定一、二级保护区的范围。

10 饮用水水源保护区的最终定界

- 10.1 为便于开展日常环境管理工作，依据保护区划分的分析、计算结果，结合水源保护区的地形、地标、地物特点，最终确定各级保护区的界线。
- 10.2 充分利用具有永久性的明显标志如水分线、行政区界线、公路、铁路、桥梁、大型建筑物、水库大坝、水工建筑物、河流汉口、输电线、通讯线等标示保护区界线，并应设置专门标志。
- 10.3 最终确定的各级保护区坐标红线图、表，作为政府部门审批的依据，也作为规划国土、环保部门土地开发审批的依据。

附录 A
编写技术文件的基本要求
(规范性附录)

A. 1“XXXX 饮用水水源保护区划分技术报告”格式

划分饮用水水源保护区,应编写正式的“XXXX 饮用水水源保护区划分技术报告”技术文件。技术文件的基本内容应包括以下几个部分:

A. 1.1 划分依据

A. 1.1.1 相关法律法规;

A. 1.1.2 相关已经批准实施的规划。

A. 1.2 保护区背景分析

1.2.1 饮用水水源保护区所在区域或流域的自然状况;

1.2.2 饮用水水源保护区所在区域或流域的社会经济状况;

1.2.3 饮用水水源地的资源、环境质量评价。评价的基本内容包括水量、水质状况及发展趋势,可能对水源地产生污染影响的主要污染源、污染物及污染影响途径,作为饮用水源开采的前景;与相邻水体的关系,包括饮用水水源保护区上、下游或相邻水域(或相邻区域)的水体功能、保护区的水量 and 水质是否受本行政区外的影响;若受到其影响,列出影响途径、影响程度(水量、水质、生态、经济、人体健康等)等实测数据、定量计算和定性分析结果;

1.2.4 划分饮用水水源保护区的必要性和充分性说明。

A. 1.3 技术方法与计算结果

1.3.1 根据各级保护区的划分方法,说明选用的技术指标、数值计算方法;

1.3.2 计算结果及分析,各级保护区定界的技术说明;

1.3.3 用图表示各级保护区的范围,并用表格确定红线坐标,保护区内污染源、集水区、排水区分布特性等。

A. 1.4 饮用水水源保护区的监督与管理措施

饮用水水源保护区内的水质监测网站的布置,水质项目的监测,陆源污染的监督等;若水质尚未达标,应确定水质达标期限和相应的管理与控制措施。

A. 1.5 饮用水水源保护区划分方案、图件及有关说明

饮用水水源保护区划分方案的说明,表明保护区详细情况(包括监测点的位置等)的图集、饮用水水源保护区登记表、保护区详细情况的文字说明,准保护区划分的必要性及意义等。

A.2 饮用水水源保护区调整的可行性研究技术报告可参照 A1。

附录 B
水动力和水质模型基本方程及解析解
(资料性附录)

二维水质模型的基本方程为:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D_x \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + D_y \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} - u_x \frac{\partial C}{\partial x} - u_y \frac{\partial C}{\partial y} - KC \quad \dots\dots\dots (\text{附 } 1)$$

在稳态条件下, $\frac{\partial C}{\partial t} = 0$, 上式可变形为:

$$D_x \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + D_y \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} - u_x \frac{\partial C}{\partial x} - u_y \frac{\partial C}{\partial y} - KC = 0 \quad \dots\dots\dots (\text{附 } 2)$$

对于应用于水质模拟的二维模型, 会涉及到有无边界影响两类情况。

B.1 无边界水体边界点源的稳态排放

在均匀流场中, 当强度为 M 的点源排放到无限宽的水体中, 见图 B.1:

在边界条件为:

$$\left. \frac{\partial C}{\partial y} \right|_{y=0} = 0 \text{ 时, 式 (附 } 2) \text{ 的解析解为:}$$

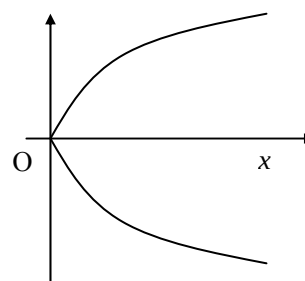


图 B.1 宽度无限水体中的点源排放

$$C(x, y) = \frac{M}{4\pi h(x/u_x)^2 \sqrt{D_x D_y}} \exp\left(-\frac{(y - u_y x/u_x)^2}{4D_y x/u_x}\right) \exp\left(-K \frac{x}{u_x}\right) \quad \dots\dots\dots (\text{附 } 3)$$

式中: u_y ——y方向的流速分量;

D_y ——y方向的扩散系数;

H ——平均水深;

K ——污染物的降解速率 (m^3/s);

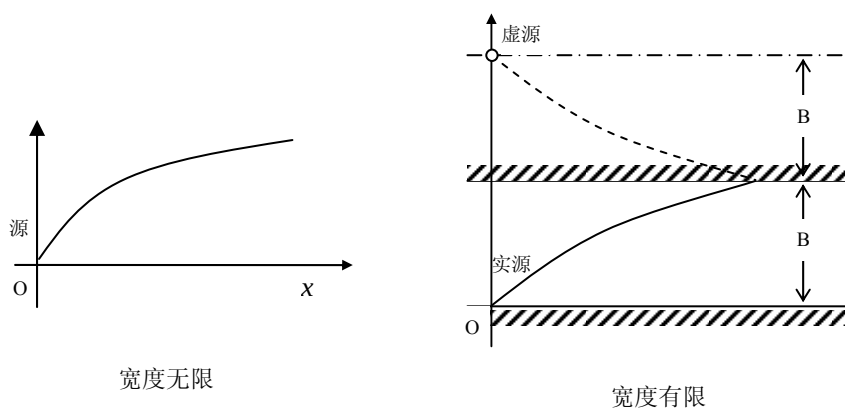


图 B.2 污染物的边界排放

如果是顺直河道,在水深变化不大的情况下横向流速很小,近似为零;纵向扩散项远小于推流的影响,即可以忽略 u_y 和 D_x 项,则式(附2)可简化为:

$$D_y \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} - u_x \frac{\partial C}{\partial x} - KC = 0 \quad \dots\dots\dots (\text{附 } 4)$$

相应的解析解为:

$$C(x, y) = \frac{M}{u_x h \sqrt{4\pi D_y x / u_x}} \exp\left(-\frac{u_x y^2}{4 D_y x}\right) \exp\left(-K \frac{x}{u_x}\right) \quad \dots\dots\dots (\text{附 } 5)$$

B.2 有边界水体连续点源的稳态排放

在有边界的情况下,污染物的扩散会因受到边界的阻碍而产生反射,这种反射可以通过设立虚源来模拟,即设想边界为一面镜子,镜子后面有一个与实际源强度相同,距离相同的虚拟反射源。当有两个边界时,反射会成为连锁式的。

当污染源在边界上,对于宽度无限大的环境,有:

$$C(x, y) = \frac{2M}{u_x h \sqrt{4\pi D_y x / u_x}} \exp\left(-\frac{u_x y^2}{4 D_y x}\right) \exp\left(-K \frac{x}{u_x}\right) \quad \dots\dots\dots (\text{附 } 6)$$

可以看出,对于全反射的边界(不考虑扩散物质被边界吸附),污染物的浓度是没有反射时的两倍。

对于宽度为 B 的环境,则:

$$C(x, y) = \frac{2M}{u_x h \sqrt{4\pi D_y x / u_x}} \left\{ \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \exp\left(-\frac{u_x (2nB - y)^2}{4 D_y x}\right) \right\} \exp\left(-K \frac{x}{u_x}\right) \quad \dots\dots\dots (\text{附 } 7)$$

当污染源在两个边界的中间时,有:

$$C(x, y) = \frac{M}{u_x h \sqrt{4\pi D_y x / u_x}} \left\{ \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \exp\left(-\frac{u_x (nB - y)^2}{4 D_y x}\right) \right\} \exp\left(-K \frac{x}{u_x}\right) \quad \dots\dots\dots (\text{附 } 8)$$

边界的反射的影响随着距离的增加(n 的增大)而衰减很快,当 $n > 4$ 以后,计算结果基本趋于稳定,计算时取 $n = 4 \sim 5$ 就足够了。

如果污染源的位置既不位于边界,也不位于河流正中央,而是位于距岸 y_0 ($0 \leq y_0 \leq B$) 的位置,即可以表达为:

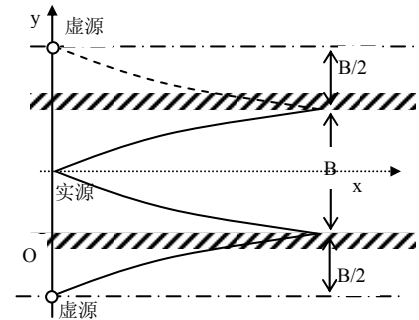


图 B.3 双边界的中心排放

$$C(x, y) = \frac{M}{u_x h \sqrt{4\pi D_y x / u_x}} \left\{ \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \exp\left(-\frac{u_x (y - (2nB \pm y_0))^2}{4 D_y x}\right) \right\} \exp\left(-K \frac{x}{u_x}\right) \quad \dots\dots\dots (\text{附 } 9)$$

瞬时点源排放时,无边界阻碍的情况下,边界条件为:

$$y = \pm\infty, \frac{\partial C}{\partial y} = 0$$

时, 其解析解为:

$$C(x, y, t) = \frac{M}{4u_x h \sqrt{D_x D_y t^2}} \exp\left(-\frac{(x-u_x t)^2}{4D_x t} - \frac{(y-u_y t)^2}{4D_y t}\right) \exp\left(-K \frac{x}{u_x}\right) \dots\dots\dots (\text{附 } 10)$$

有边界阻碍时, 可将上式修正为:

$$C(x, y, t) = \frac{M}{4u_x h \sqrt{D_x D_y t^2}} \left\{ \exp\left(-\frac{(x-u_x t)^2}{4D_x t} - \frac{(y-u_y t)^2}{4D_y t}\right) + \exp\left(-\frac{(x-u_x t)^2}{4D_x t} - \frac{(2b+y-u_y t)^2}{4D_y t}\right) \right\} \exp\left(-K \frac{x}{u_x}\right) \dots\dots\dots (\text{附 } 11)$$

式中, b —污染源到边界的距离

当为岸边排放时, 即 $b=0$ 时, 上式可变为:

$$C(x, y, t) = \frac{2M}{4u_x h \sqrt{D_x D_y t^2}} \exp\left[-\frac{(x-u_x t)^2}{4D_x t} - \frac{(y-u_y t)^2}{4D_y t}\right] \exp(-Kt) \dots\dots\dots (\text{附 } 12)$$

B.3 感潮河段保护区范围计算

由于河道的横向宽度与河口地区相较窄, 水质要素(主要指污染物浓度)在河道横向上的差异并不显著, 可以认为各水力要素在河段断面上是一致的。因此选择一维水动力模型和一维对流扩散方程建立感潮河网一维数学模型。

一维河网水动力模型基本方程表达如下:

连续性方程:

$$\frac{1}{B} \frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial Z}{\partial t} = q_L \dots\dots\dots (\text{附 } 13)$$

动力学方程:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + g \frac{\partial Z}{\partial x} + g \frac{u|u|}{C_s^2 R} = 0 \dots\dots\dots (\text{附 } 14)$$

式中, Z 表示断面水位; Q 表示流量; $u = \frac{Q}{A}$ 表示平均流速; A 为河道过水断面面积; g 为重力加速度; B 表示不同水位下的水面宽度; q_L 为旁侧入流流量; R 是水力半径; C_s 是谢才(Chezy)系数; x 、 t 是位置和时间坐标。

在汇点处的衔接条件目前使用的最广泛的是水流连续和能量守恒两个条件。其表述如下:

(1) 流量连接条件

进出每一节点的流量必须与该节点内实际水量的增减率相平衡, 即:

$$\sum Q_i = \frac{\partial W}{\partial t} = A \frac{Z^{j+1} - Z^j}{\Delta t} \quad \text{..... (附 15)}$$

式中, Q_i 表示通过*i*断面进入节点的流量; W 为节点的蓄水量; A 为调蓄节点的蓄水面积(汇合区面积); Z^{j+1} 、 Z^j 为调蓄节点*j*+1时刻和*j*时刻的水位, 若调蓄节点面积很小, 则:

$$\sum Q_i = 0 \quad \text{..... (附 16)}$$

(2) 动力连接条件

如果节点可以概化成一个几何点, 出入各节点的水位平缓, 不存在水位突变情况, 则各节点相连汉道的水位应相等, 等于该点的平均水位, 即:

$$Z_1 = Z_2 = \cdots = Z_0 \quad \text{..... (附 17)}$$

如果各断面的过水面积相差悬殊, 流速有较明显的差别, 当略去汉点的局部损耗时, 得伯努力(Bernouli)方程如下:

$$Z_1 + \frac{u_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{u_2^2}{2g} \quad \text{..... (附 18)}$$

它表明各支汉河道上在汉点处流体微段的动力学特性趋于一致。

采用四点隐式差分格式, 差分格点的布置如图 B4 所示

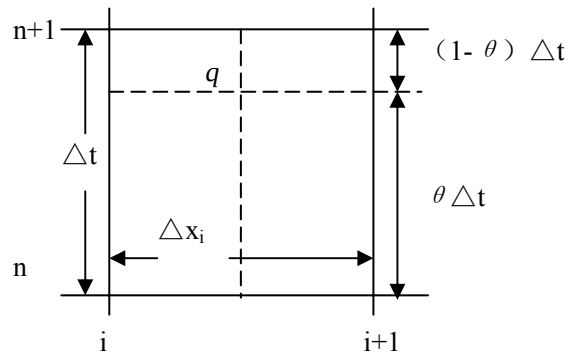


图 B4 一维河网水动力模型使用的四点偏心格式

$$q = \theta(q_i^{n+1} + q_{i+1}^{n+1}) + \frac{(1-\theta)}{2}(q_{i+1}^n + q_i^n) - \frac{\theta}{2}(q_{i+1}^n + q_i^n) \quad \text{..... (附 19)}$$

$$\frac{\partial q}{\partial x} = \frac{\theta}{\Delta x_i}(q_{i+1}^{n+1} - q_i^n) + \frac{(1-\theta)}{\Delta x_i}(q_{i+1}^n - q_i^n) \quad \text{..... (附 20)}$$

$$\frac{\partial q}{\partial t} = \frac{1}{2\Delta t}(q_{i+1}^{n+1} + q_i^{n+1} - q_{i+1}^n - q_i^n) \quad \text{..... (附 21)}$$

$$q \frac{\partial q}{\partial x} = \frac{\theta}{\Delta x_i}(q_{i+1}^n q_{i+1}^{n+1} - q_i^n q_i^{n+1}) + \frac{(1-\theta)}{2\Delta x_i}(q_{i+1}^n + q_i^n)(q_{i+1}^n - q_i^n) - \frac{\theta}{\Delta x_i}(q_{i+1}^n + q_i^n)(q_{i+1}^n - q_i^n) \quad \text{..... (附 22)}$$

式中, q 为变量, 可代表流量、水位等, 将四点隐式差分格式代入连续性方程(附 13)和运动学方程(附 14), 经整理后得差分方程为:

$$H_i - A_2 Q_i + H_{i+1} + A_2 Q_{i+1} = A_5 \quad \text{..... (附 23)}$$

$$-B_1 H_i + B_2 Q_i + B_3 H_{i+1} + B_4 Q_{i+1} = B_5 \quad \text{..... (附 24)}$$

其中:

$$\begin{aligned} A_2 &= \frac{\Delta t}{\Delta x_i} \theta \left(\frac{1}{B_i} + \frac{1}{B_{i+1}} \right) \\ A_5 &= H_i^n - \frac{\Delta t}{\Delta x_i} (1-\theta) \left(\frac{1}{B_i} + \frac{1}{B_{i+1}} \right) (Q_{i+1}^n - Q_i^n) + H_{i+1}^n + q_L^n \\ B_1 &= g\theta\Delta t \left\{ \frac{2}{\Delta x_i} + \left(\frac{u|u|}{C^2 R^2} \right)_i \right\} \\ B_2 &= \left[1 - 2\theta \frac{\Delta t}{\Delta x_i} u_i + g\theta\Delta t \left(\frac{2|u|}{C^2 R} \right)_i \right] \frac{1}{S} \\ B_3 &= g\theta\Delta t \left[\frac{2}{\Delta x_i} - \left(\frac{u|u|}{C^2 R^2} \right)_{i+1} \right] \\ B_4 &= \left[1 + 2\theta \frac{\Delta t}{\Delta x_i} u_{i+1} + g\theta\Delta t \left(\frac{2|u|}{C^2 R} \right)_{i+1} \right] \frac{1}{S} \\ B_5 &= u_i^n + u_{i+1}^n - (1-\theta) \frac{\Delta t}{\Delta x_i} (u_{i+1}^n + u_i^n)(u_{i+1}^n - u_i^n) - g(1-\theta) \frac{2\Delta t}{\Delta x_i} (H_{i+1}^n - H_i^n) - \\ &\quad g(1-\theta)\Delta t \left[\left(\frac{u|u|}{C^2 R} \right)_i^n + \left(\frac{u|u|}{C^2 R} \right)_{i+1}^n \right] - g\theta\Delta t \left(\frac{u|u|}{C^2 R^2} \right)_i H_i - \\ &\quad g\theta\Delta t \left(\frac{u|u|}{C^2 R^2} \right)_{i+1} H_{i+1} - \theta \frac{\Delta t}{\Delta x_i} (u_i^2 - u_{i+1}^2) + g\theta\Delta t \left(\frac{u|u|}{C^2 R} \right)_i + g\theta\Delta t \left(\frac{u|u|}{C^2 R} \right)_{i+1} \\ &\quad \text{..... (附 25)} \end{aligned}$$

式中: S 为过水面积。

对河网非恒定流基本方程组采用一种按隐式计算的三级联合解法, 即将参加计算的方程分成微段、河段、汉点三级, 逐级处理, 再联合运算, 求得河网中各微段断面的水位、流量等值。

河网水质模型基本方程表达如下:

$$\frac{\partial(AC)}{\partial t} + \frac{\partial(QC)}{\partial X} - \frac{\partial}{\partial X} \left(AE_x \frac{\partial C}{\partial X} \right) + S_c - S = 0 \quad \text{..... (附 26)}$$

$$\sum_{l=1}^{NL} (QC)_{l,j} = (C\Omega)_j \left(\frac{dz}{dt} \right)_j \quad \text{..... (附 27)}$$

以上式(附 26)是河道方程, 式(附 27)是河道交汇点方程。式中 Z , Q 是水位及流量;

A是河道断面面积； E_X 是纵向分散系数；C是水流输送的物质浓度； Ω 是河道交叉点—汉点的水面面积；j是汉点编号；l是与汉点j相联接的河道编号； S_C 是与输送物质浓度有关的衰减项，在这里写成 $S_C = K_d A_C C$ ； K_d 是衰减因子；S是外部的源汇项。

河网水质模型求解步骤

(1)根据河道的流态，利用式（附 28）～(附 31)，建立每一条河道上各断面的递推方

$$\text{程组} \quad a_i C_{i-1} + b_i C_i + c_i C_{i+1} = z_i \quad (i = 1, \dots, n) \quad (\text{附 28})$$

式中 a_i ， b_i ， c_i 是系数； C_i 是i断面时段末的浓度；n是某一河道的断面数。

对于一般断面（ $i = 1, \dots, n$ ）有

$$\begin{cases} a_i = -[r_{c1} D_{11} + r_{d1} D_{21} + F_{c1}] \Delta t / V \\ b_i = [r_{c1} D_{11} + r_{c2} D_{22} + r_{d1} D_{21} + r_{d2} D_{32} + F_{c2} - F_{d2}] \Delta t / V + [r_{c1} \bar{K}_{d,i-1} + r_{d2} \bar{K}_{d,i}] \Delta t + 1. \\ c_i = -[r_{c2} D_{22} + r_{d2} D_{32} - F_{d3}] \Delta t / V \\ z_i = \alpha_i C_i^k + [r_{c1} \bar{S}_{i-1} \Delta x_{i-1} + r_{d2} \bar{S}_i \Delta x_i] \Delta t / V \end{cases} \dots\dots\dots (\text{附 29})$$

对于首、末断面（ $i=1$ 或 n ）有

$$\begin{cases} a_1 = 0 \\ b_1 = [r_{d2} D_{32} - F_{d2}] \Delta t / V_2 + r_{d2} \bar{K}_{d,1} \Delta t + 1. \\ c_1 = -[r_{d2} D_{32} - F_{d3}] \Delta t / V_2 \\ z_1 = \alpha_1 C_1^k + r_{d2} \bar{S}_1 \Delta x_1 \Delta t / V_2 \end{cases} \dots\dots\dots (\text{附 30})$$

以及

$$\begin{cases} a_n = -[r_{c1} D_{11} + F_{c1}] \Delta t / V_1 \\ b_n = [r_{c1} D_{11} + F_{c2}] \Delta t / V_1 + r_{c1} \bar{K}_{d,n-1} \Delta t + 1. \\ c_n = 0 \\ z_n = \alpha_n C_n^k + r_{c1} \bar{S}_{n-1} \Delta x_{n-1} \Delta t / V_1 \end{cases} \dots\dots\dots (\text{附 31})$$

(2)建立汉点浓度方程组

(3)根据汉点浓度方程组，求得河网中每个汉点的浓度值

(4)将汉点浓度值回代给与各汉点相连的河段首、末断面浓度未知量。