

## 中华人民共和国国家环境保护标准

HJ/T 338-201□

代替 HJ/T 338-2007

---

### 饮用水水源保护区划分技术规范

### Technical guideline for delineating source water protection areas

(征求意见稿)

201□-□□-□□发布

201□-□□-

---

环 境 保 护 部 发 布

# 目 次

前 言.....	7
1 适用范围.....	8
2 规范性引用文件.....	8
3 术语和定义.....	8
4 总则.....	9
5 河流型饮用水水源保护区的划分.....	15
6 湖泊、水库饮用水水源保护区的划分.....	17
7 地下水饮用水水源保护区的划分.....	19
8 其他.....	23
9 饮用水水源保护区定界.....	23
10 饮用水水源保护区图件制作.....	23
附录 A（资料性附录）饮用水水源地环境状况调查技术要求.....	25
附录 B（规范性附录）编写饮用水水源保护区划分（调整）技术文件的基本要求.....	28
附录 C（资料性附录）二维水质模型基本方程及求解.....	30
附录 D（资料性附录）地下水水源保护区划分概念模型.....	33
附录 E（资料性附录）地下水溶质运移数值模型.....	35

## 前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国水污染防治法》，加强饮用水水源地环境保护和治理、防范饮用水水源地污染风险，保障饮用水安全，制定本标准。

本标准规定了地表水饮用水水源保护区、地下水饮用水水源保护区划分基本方法、定界、饮用水水源保护区图件制作和饮用水水源保护区划分技术文件编制的技术要求。

本标准是对《饮用水水源保护区划分技术规范》（HJ/T 338-2007）的修订。

本标准首次发布于 2007 年。本次为第一次修订。

此次修订主要内容：

- 增加了饮用水水源地环境状况调查的技术要求；
- 增加了饮用水水源保护区划分技术步骤的要求；
- 增加了饮用水水源保护区划分的基本方法；
- 增加了饮用水水源保护区图件制作的技术要求；
- 完善了饮用水水源保护区定界的技术要求；
- 完善了饮用水水源保护区划分技术报告编制的要求。

自本标准实施之日起，《饮用水水源保护区划分技术规范》（HJ/T 338-2007）废止。

本标准的附录 B 为规范性附录，附录 A、附录 C~附录 E 为资料性附录。

本标准由环境保护部水环境管理司、科技标准司组织制订。

本标准主要起草单位：中国环境科学研究院。

本标准环境保护部 201□年□□月□□日批准。

本标准自 201□年□□月□□日起实施。

本标准由环境保护部解释。

# 饮用水水源保护区划分技术规范

## 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（包括备用和规划水源地）的划分和调整。

## 2 规范性引用文件

本标准引用了下列文件中的条款。凡是不注明日期的引用文件，其有效版本适用于本标准。

GB 3838 地表水环境质量标准

GB/T 14848 地下水质量标准

HJ/T 433 饮用水水源保护区标志技术要求

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

### 3.1 饮用水水源保护区 **drinking water source protection area**

指为防止饮用水水源地污染、保证水源水质而划定，并要求加以特殊保护的一定范围的水域和陆域。饮用水水源保护区分为一级保护区和二级保护区，必要时可划分准保护区。

### 3.2 集中式饮用水水源地 **centralized drinking water source**

进入输水管网送到用户或具有一定取水规模（供水人口一般大于 1000 人）的在用、备用和规划水源地。依据取水区域不同，集中式饮用水水源地可分为地表水饮用水水源地和地下水饮用水水源地；依据取水口所在水体类型的不同，地表水饮用水水源地可分为河流型饮用水水源地和湖泊、水库型饮用水水源地。

### 3.3 饮用水水源一级保护区 **primary protected area of drinking water source**

指以取水口（井）为中心，为防止人为活动对取水口的直接污染，确保取水口水质安全而划定需加以严格限制的核心区域。

### 3.4 饮用水水源二级保护区 **secondary protected area of drinking water source**

指在一级保护区之外，为防止污染源对饮用水水源水质的直接影响，保证饮用水水源一级保护区水质而划定，需加以严格控制的重点区域。

### 3.5 饮用水水源准保护区 **quasi protected area of drinking water source**

指依据需要，在二级保护区外，为涵养水源、控制污染源对饮用水水源水质的间接影响，保证饮用水水源二级保护区的水质而划定，需开展生态保护和实施水污染物总量控制的区域。

### 3.6 卫生防护距离 **hygienic buffer zone**

指为防范病原微生物对取水口（井）的直接影响而确定区域的边界到取水口（井）的最小距离。

### 3.7 潮汐河段 tidal river

指河口地区河流中受潮汐影响明显的河段。

### 3.8 潜水 submerged groundwater

指地表以下第一个稳定隔水层以上，具有自由水面的地下水。

### 3.9 承压水 confined groundwater

指充满两个连续稳定隔水层之间含水层中的地下水。

### 3.10 孔隙水 pore water

指赋存并运移于松散沉积物颗粒间孔隙中的地下水。

### 3.11 裂隙水 fissure water

指赋存并运移于岩石裂隙中的地下水。

### 3.12 岩溶水 karst water

指赋存并运移于岩溶化岩层中的地下水。

### 3.13 傍河取水井 riverside pumping well

指布置在河流冲积层中的水源井，在抽水时不仅直接吸取含水层中的水，而且可以使河水经过含水层进入井中，这种水井实际上是一种地下水和地表水联合开发的形式。

## 4 总则

### 4.1 水源保护区的设置与管理

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范围的水域和陆域，地下水饮用水水源保护区指地下水饮用水水源地周围的地表区域。

4.1.2 饮用水水源地（包括备用的和规划的）都应设置饮用水水源保护区。饮用水水源满足以下情况之一的，应增设准保护区：（1）现状水质不达标的水源；（2）湖库型水源；（3）流域上游风险源分布密集的水源；（4）流域上游社会经济发展速度较快、存在潜在风险的水源。

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；跨地区的河流、湖泊、水库、输水渠道，其上游地区不得影响下游（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。

4.1.5 应对现有饮用水水源地进行评价和筛选；对于因污染已达不到饮用水水源水质要求且经技术、经济论证证明饮用水功能难以恢复的水源地，应采取的措施，有计划地建设新的饮用水水源地。

4.1.6 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重点，纳入地方环境管理体系中，若不能满足保护区规定的水质要求，则应及时扩大保护区范围，加强污染治理。

### 4.2 水源保护区的水质要求

#### 4.2.1 地表水饮用水水源保护区及准保护区水质要求

地表水饮用水水源一级保护区的水质基本项目限值不得超过 GB 3838 中的 II 类标准，且补充项

目和特定项目应满足该标准规定的限值要求。

地表水饮用水水源二级保护区的水质基本项目限值不得超过 GB 3838 中的Ⅲ类标准，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。

地表水饮用水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的要求。

#### 4.2.2 地下水饮用水水源保护区及准保护区水质要求

地下水饮用水水源保护区（包括一级保护区、二级保护区）和准保护区水质各项指标不得低于 GB/T14848 中的Ⅲ类标准。

### 4.3 水源保护区划分的一般技术原则

4.3.1 确定饮用水水源保护区划分的技术指标，应考虑以下因素：水源地的地理位置、水文、气象、地质特征、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、社会经济发展规模和环境管理水平等。

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定量预测，并考虑当地具体条件，保证在规划设计的水文条件、污染负荷以及供水量时，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。

4.3.2 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；在正常情况下可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时间和缓冲地带。

4.3.3 划定的水源保护区范围，应以确保饮用水水源水质不受污染为前提，以便于实施环境管理为原则。

#### 4.4 水源保护区划分的技术步骤

4.4.1 开展饮用水水源地水质状况、环境管理状况调查，分析水源地存在的水质和管理问题，识别水源地主要环境问题和环境风险的情况，作为保护区划分的基础资料（保护区环境状况调查技术要求见附录 A）。应根据拟划定保护区的水源类型和采用的保护区划分（调整）方法确定具体的调查内容，调查深度根据保护区划分（调整）的实际需求确定。

4.4.2 依据不同水源地类型、取水规模、污染源分布状况、主要污染特征、取水口所在水体（水域、区域）水文、水动力条件、径补排特征等技术资料的详尽程度，结合环境管理现状及要求，筛选出适宜的保护区分方法，通过计算分析，合理确定各级保护区的水域、陆域范围，并初步确定保护区边界主要拐点的经纬度坐标。

4.4.3 进行保护区现场定界，最终确定主要拐点的经纬度坐标。

4.4.4 依据最终确定的经纬度坐标，修订保护区边界，核定各级保护区的范围和面积。

4.4.5 制作饮用水水源保护区图件。

4.4.6 编制饮用水水源保护区划分（调整）技术报告（大纲参见附录 B），完成保护区划分（调整）方案。

4.4.7 饮用水水源保护区划分（调整）的技术步骤见图 1。

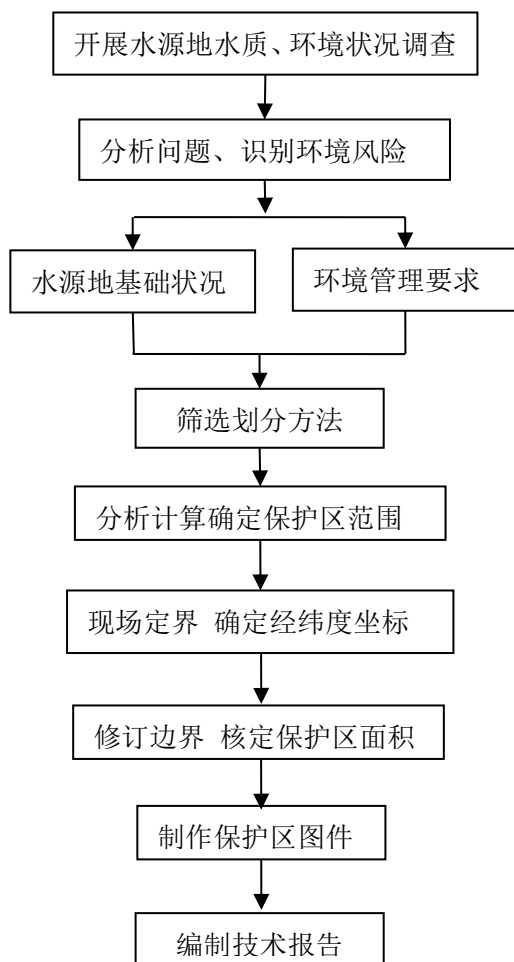


图1 饮用水水源保护区划分技术步骤

## 4.5 水源保护区划分的技术方法及适用条件

### 4.5.1 地表水饮用水水源保护区划分方法

水源保护区水域的划分有类比经验法、应急响应时间法、数值模型法等3种方法。陆域的划分有类比经验法、地形边界法、缓冲区法等3种方法。

当几种方法得到不完全相同的结果时，可以结合水源地区域开发、自然环境条件确定合理范围。

#### 4.5.1.1 水域保护区划分方法

##### (1) 类比经验法

按照相关法规、文件规定、依据统计结果和管理者的实践经验，确定保护区范围的一种方法。采用该方法划分保护区，水源地必须满足以下条件：水源地现状水质达标、主要污染类型为面源污染，且上游24个小时流程时间内无重大风险源。

采用类比经验法划分保护区后，应定期开展跟踪监测。若发现划分结果不合理，应及时予以调整。

##### (2) 应急响应时间法

以应急响应时间内，污染物到取水口的流程距离作为保护区的长度的计算方法。适用于河流型水源及湖泊、水库型水源入湖（库）支流的水域保护区划分。保护区上边界的水域距离计算公



式为

$$S = \sum_{i=1}^k T_i \times V_i \quad (\text{公式 1})$$

式中：S——为保护区水域长度 m；

$T_i$ ——从取水口向上游计算，第*i*河段污染物迁移的时间，s；

$V_i$ ——第*i*河段平水期多年平均径流量下的流速，m/s。

当饮用水水源上游点源分布较为密集或主要污染物为难降解的重金属或有毒有机物时，应采用应急响应时间法。采用应急响应时间法时，应急响应时间的长短，应依据当地应对突发环境事件的能力确定，应急响应时间一般不小于 2 个小时。其计算公式为：

$$T = T_0 + \sum_{i=1}^k T_i \quad (\text{公式 2})$$

式中：T——应急响应时间，s；

$T_0$ ——污染物流入最近河段的时间，s。

### (3) 数值模型法

以主要污染物浓度衰减到目标水质所需要的距离确定保护区范围的一种方法。小型、边界条件简单的水域可采用解析解进行计算。大型、边界条件复杂的水域采用数值解，需采用二维水质模型计算确定，二维水质模型及其求解方法参见附录 C。

当上游污染源以城镇生活、面源为主，且主要污染物属于可降解物质时，应采用数值模型法。采用数值模型法时，其水域范围应大于污染物从 GB 3838 III类水质浓度水平，衰减到 GB 3838 II类水质标准浓度所需的距离。

#### 4.5.1.2 陆域保护区划分方法

##### (1) 类比经验法

见 4.5.1.1

##### (2) 地形边界法

以饮用水水源周边的山脊线或分水岭作为各级保护区边界的方法。其中，山脊线是水源周边地域的海拔最高点，分水岭是集水区域的边界。其中，第一重山脊线可以作为一级保护区范围，第二重山脊线或分水岭可作为二级或准保护区边界，该方法强调对流域整体的保护，适用于周边土地利用程度较低的地表水水源地。

##### (3) 缓冲区法

利用一定范围的陆域拦截地表径流携带污染物的能力，降低地表径流污染对饮用水水源的不利影响，从而确定保护区边界的方法。缓冲地区宽度确定考虑的因素有：地形地貌、土地利用、受保护水体大小以及设置缓冲区的合法性等。

#### 4.5.2 地下水饮用水水源保护区划分方法

按含水层介质类型的不同，地下水分为孔隙水、基岩裂隙水和岩溶水三类；按地下水埋藏条件的不同，分为潜水和承压水两类；按开采规模，地下水水源地又可分为中小型水源地（日开采量小于 5 万 m<sup>3</sup>）和大型水源地（日开采量大于或等于 5 万 m<sup>3</sup>）。

地下水饮用水水源保护区划分的技术方法主要有：经验值法、经验公式法、数值模型法 3 种，可根据不同水源的水文地质特征和水源规模选择不同的保护区划分方法。具备计算条件的水源地采用数值模型计算法，中小型水源可采用经验公式法，资料严重缺乏的采用经验值法确定保护区范围。

对于集中式供水水源地，井群内的井间距大于一级保护区半径的 2 倍时，可以分别对每口井进行一级保护区划分；井群内的井间距小于等于一级保护区半径的 2 倍时，则以外围井的外接多边形为边界，向外径向距离为一级保护区半径的多边形区域作为一级保护区（示意图参见附录 D）。

对于集中式供水水源地，井群内的井间距大于二级保护区半径的 2 倍时，可以分别对每口井进行二级保护区划分；井群内的井间距小于等于二级保护区半径的 2 倍时，则以外围井的外接多边形为边界，向外径向距离为二级保护区半径的多边形区域作为二级保护区（示意图参见附录 D）。

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察、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，用多种方法得到的结果合理确定。同时，应开展跟踪验证监测。若发现划分结果不合理，应及时予以调整。

##### 4.5.2.1 经验值法

依据含水层介质的类型，以取水井井口为中心，依据经验值确定保护区半径的划分方法。不同含水层介质的各级保护区半径如表 1 所示。

表 1 中小型潜水型水源保护区范围的经验值

介质类型	一级保护区半径 R (m)	二级保护区半径 R (m)
细砂	30	300
中砂	50	500
粗砂	100	1000
砾石	200	2000
卵石	500	5000

注：二级保护区是以一级保护区边界为起点

该方法适用于地质条件单一或水文地质资料缺乏的中小型潜水型水源地。

##### 4.5.2.2 经验公式法

依据水文地质条件，选择合理的水文地质参数，采用经验公式计算确定各级保护区半径的方法。该方法适用于中小型孔隙水潜水型或孔隙水承压型水源地。保护区半径计算经验公式：

$$R = \alpha \times K \times I \times T / n \quad (\text{公式 3})$$

式中：R——保护区半径，m；

$\alpha$ ——安全系数，一般取 150%（为了安全起见，在理论计算的基础上加上一定量，以防未来用水量的增加以及干旱期影响造成半径的扩大）；

K——含水层渗透系数，m/d；

I——水力坡度（为漏斗范围内的水力平均坡度），无量纲；

$T$ ——污染物水平迁移时间，d；

$n$ ——有效孔隙度，无量纲，采用水井所在区域代表性的  $n$  值。

#### 4.5.2.3 数值模型法

利用数值模型，确定污染物相应时间的捕获区，划分各级保护区范围的方法。水文地质条件比较复杂的水源地应采用数值模型法划分地下水源地保护区（参见附录 E）。

该方法需要模拟含水层介质的参数，如孔隙度、渗透系数、饱和岩层厚度、流速等。如果参数不足，则需通过对含水层进行各种实验获取。

## 5 河流型饮用水水源保护区的划分

### 5.1 一级保护区

#### 5.1.1 水域范围

采用类比经验法，确定一级保护区水域范围。

5.1.1.1 一般河流水源地，一级保护区水域长度为取水口上游不小于 1000m，下游不小于 100m 范围内的河道水域。

5.1.1.2 潮汐河段水源地，一级保护区上、下游两侧范围相当，其单侧范围不小于 1000m。

5.1.1.3 一级保护区水域宽度，为 5 年一遇洪水所能淹没的区域。通航河道以河道中泓线为界，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；非通航河道为整个河道范围。

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

#### 5.1.2 陆域范围

采用类比经验法，确定一级保护区陆域范围。

5.1.2.1 陆域沿岸长度不小于相应的一级保护区水域长度。

5.1.2.2 陆域沿岸纵深与河岸的水平距离不小于 50m；同时，取水口到岸边的水域宽度与陆域沿岸纵深宽度之和不得小于饮用水水源卫生防护规定的范围。

## 5.2 二级保护区

### 5.2.1 水域范围

5.2.1.1 依据水源地周边污染源的分布和排放特征，选择采用数值模型法或应急响应时间法，确定二级保护区水域范围。

5.2.1.1.1 采用二维水质模型法时，二级保护区上游侧边界到一级保护区上游边界的距离，应大于主要污染物从二级保护区边界控制的 GB 3838 Ⅲ类水质浓度水平衰减到 GB 3838 Ⅱ类水质标准浓度所需的距离。二维水质模型及其求解参见附录 C，大型、边界条件复杂的水域采用数值解方法，对小型、边界条件简单的水域可采用解析解进行计算。

5.2.1.1.2 采用应急响应时间法时，二级保护区的边界，是以一级保护区上游边界为起点，一定响应时间内的流程距离。应急响应时间可根据水源地所在地区的应急能力状况确定，一般不小于 2 个小时。

5.2.1.1.3 潮汐河段水源地，二级保护区宜采用数值模型法；按照下游的污水团对取水口影响的频率设计要求，计算确定二级保护区下游侧的外边界。

5.2.1.2 满足条件的水源地，可采用经验类比方法确定二级保护区水域范围。

5.2.1.2.1 一般河流水源地，二级保护区长度从一级保护区的上游边界向上游（包括汇入的上游支流）延伸不得小于 2000m，下游侧外边界距一级保护区边界不得小于 200m。

5.2.1.2.2 潮汐河段水源地，二级保护区不宜采用类比经验方法确定。

5.2.1.3 二级保护区水域宽度为一级保护区水域向外扩展到 10 年一遇洪水所淹没的区域，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。通航河道以河道中泓线为界，保留一定宽度的航道外，规定的航道边界线到取水口侧岸边 10 年一遇洪水所淹没的区域范围即为二级保护区的水域范围；非通航河道为整个河道范围。

### 5.2.2 陆域范围

以确保水源保护区水域水质为目标，可视情采用地形边界法、类比经验法确定二级保护区陆域范围。

5.2.2.1 二级保护区陆域沿岸长度不小于二级保护区水域河长。

5.2.2.2 二级保护区沿岸纵深范围一般不小于 1000m，对于流域面积小于 100 km<sup>2</sup> 小型流域，二级保护区可以是整个集水范围。具体可依据自然地理、环境特征和环境管理需要确定。

5.2.2.3 当面污染源为主要水质影响因素时，二级保护区沿岸纵深范围，主要依据自然地理、环境特征和环境管理的需要，通过分析地形、植被、土地利用、地面径流的集水汇流特性、集水域范围等确定。

### 5.3 准保护区

5.3.1 当水源地水质受保护区附近点污染源影响严重时，应将污染源集中分布的区域划入准保护区管理范围，以利于对这些污染源的有效控制。

5.3.2 根据流域范围、污染源分布及对饮用水水源水质影响程度，需要设置准保护区时，可参照二级保护区的划分方法确定准保护区的范围。

## 6 湖泊、水库饮用水水源保护区的划分

### 6.1 水源地分类

依据湖泊、水库型饮用水水源地所在湖泊、水库规模的大小，将湖泊、水库型饮用水水源地进行分类，分类结果见表 2。

表 2 湖库型饮用水水源地分类表

	水源地类型		水源地类型
水库	小型 $V < 0.1$ 亿 m <sup>3</sup>	湖泊	小型 $S < 100\text{km}^2$
	中型 $0.1$ 亿 m <sup>3</sup> ≤ $V < 1$ 亿 m <sup>3</sup>		大中型 $S \geq 100\text{km}^2$
	大型 $V \geq 1$ 亿 m <sup>3</sup>		

注： $V$  为水库总库容； $S$  为湖泊水面面积。

### 6.2 一级保护区

#### 6.2.1 水域范围

采用类比经验法确定一级保护区。

6.2.1.1 小型水库和单一供水功能的湖泊、水库应将正常水位线以下的全部水域面积划为一级保护区。

6.2.1.2 小型湖泊、中型水库保护区范围为取水口半径 300m 范围内的区域。

6.2.1.3 大中型湖泊、大型水库保护区范围为取水口半径 500 m 范围内的区域。

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

#### 6.2.2 陆域范围

采用地形边界法或类比经验法，确定湖泊、水库水源地一级保护区陆域范围。

6.2.2.1 小型湖泊、中小型水库为取水口侧正常水位线以上 200 m 范围内的陆域，或一定高程线以下的陆域，但不超过流域分水岭范围。

6.2.2.2 大中型湖泊、大型水库为取水口侧正常水位线以上 200 m 范围内的陆域。

6.2.2.3 取水口到岸边的水域范围与陆域沿岸纵深范围之和不得小于卫生部门规定的饮用水水源卫生防护范围。

### 6.3 二级保护区

#### 6.3.1 水域范围

6.3.1.1 依据水源地周边污染源的分布和排放特征，选择采用数值模型法或应急响应时间法，确定二级保护区水域范围。

采用数值模型法时，二级保护区边界至一级保护区的径向距离，应大于所选定的主要污染物从二级保护区边界控制的浓度水平衰减到 GB 3838 II 类水质标准浓度所需的距离。数值模型的计算方法参见附录 C。

采用应急响应时间法时，二级保护区的边界，以一级保护区上游边界为起点，一定响应时间内流程的径向距离。应急响应时间可根据水源地所在地区的应急能力状况确定，一般不小于 2 个小时。

6.3.1.2 满足条件的水源地，可采用类比经验法确定二级保护区水域范围。

小型湖泊、中小型水库一级保护区边界外的水域面积设定为二级保护区。

大中型湖泊、大型水库以一级保护区外径向距离不小于 2000 m 区域为二级保护区水域面积，但不超过水域范围。

#### 6.3.2 陆域范围

二级保护区陆域范围，应依据流域内主要环境问题，结合地形条件分析确定。

##### 6.3.2.1 依据环境问题分析方法

当面污染源为主要污染源时，二级保护区陆域沿岸纵深范围，主要依据自然地理、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、流域汇流特性、集水域范围等确定。

##### 6.3.2.2 采用地形边界法或类比经验法

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。

小型湖泊和平原型中型水库的二级保护区范围是一级保护区以外水平距离 2000 m 区域，山区型中型水库二级保护区的范围为水库周边山脊线以内（一级保护区以外）及入库河流上溯 3000 m 的汇水区域。二级保护区陆域边界不超过相应的流域分水岭范围。

大中型湖泊、大型水库可以划分一级保护区外径向距离不小于 3000 m 的区域为二级保护区范围。二级保护区陆域边界不超过相应的流域分水岭范围。

## 6.4 准保护区

6.4.1 当水源地水质受保护区附近点污染源影响严重时,应将污染源集中的区域划入准保护区管理范围,以利于对这些污染源的有效控制。

6.4.2 按照湖泊、水库流域范围、水质现状、污染源分布特征及对饮用水水源水质的影响程度,必要时可以在二级保护区以外的汇水区域,参照二级保护区的划分方法划分准保护区。

## 7 地下水饮用水水源保护区的划分

### 7.1 孔隙水饮用水水源保护区划分方法

#### 7.1.1 孔隙水潜水型水源保护区的划分方法

潜水型饮用水水源地应分别划分一级、二级和准保护区。

##### 7.1.1.1 中小型水源保护区划分

###### 7.1.1.1.1 一级保护区

以开采井为中心,按公式(3)计算的结果为半径的圆形区域。公式中,一级保护区  $T$  取 100 d。资料不足情况下,以开采井为中心,按表 1 所列的经验值  $R$  为半径的圆形区域。

###### 7.1.1.1.2 二级保护区

以开采井为中心,按公式(3)计算的结果为半径的圆形区域。公式中,二级保护区  $T$  取 1000 d。资料不足情况下,以开采井为中心,按表 1 所列经验值  $R$  为半径的圆形区域。

###### 7.1.1.1.3 准保护区

孔隙水潜水型水源准保护区为补给区和径流区。

##### 7.1.1.2 大型水源保护区划分

建议采用数值模型(参见附录 E),模拟计算污染物的捕获区范围为保护区范围。

###### 7.1.1.2.1 一级保护区

以取水井为中心,溶质质点迁移 100 d 的距离所圈定的范围。

###### 7.1.1.2.2 二级保护区

一级保护区以外,溶质质点迁移 1000 d 的距离所圈定的范围。

###### 7.1.1.2.3 准保护区

必要时将水源补给区划为准保护区。

#### 7.1.2 孔隙水承压水型水源保护区的划分方法

##### 7.1.2.1 中小型水源保护区划分

###### 7.1.2.1.1 一级保护区

将上部潜水的一级保护区作为承压水型水源地的一级保护区,划分方法同孔隙水潜水中小型水源地。

###### 7.1.2.1.2 二级保护区

一般不设二级保护区。

### 7.1.2.1.3 准保护区

必要时将水源补给区划为准保护区。

## 7.1.2.2 大型水源保护区划分

### 7.1.2.2.1 一级保护区

将上部潜水的一级保护区作为承压水的一级保护区，划分方法同孔隙水潜水大型水源地。

### 7.1.2.2.2 二级保护区

一般不设二级保护区。

### 7.1.2.2.3 准保护区

必要时将水源补给区划为准保护区。

## 7.2 裂隙水饮用水水源保护区划分方法

按成因类型不同分为风化裂隙水、成岩裂隙水和构造裂隙水，裂隙水需要考虑裂隙介质的各向异性。

### 7.2.1 风化裂隙潜水型水源保护区划分

#### 7.2.1.1 中小型水源保护区划分

##### 7.2.1.1.1 一级保护区

以开采井为中心，按公式（3）计算的距离为半径的圆形区域。一级保护区  $T$  取 100 d。

##### 7.2.1.1.2 二级保护区

以开采井为中心，按公式（3）计算的距离为半径的圆形区域。二级保护区  $T$  取 1000 d。

##### 7.2.1.1.3 准保护区

将水源补给区和径流区划为准保护区。

#### 7.2.1.2 大型水源保护区划分

需要利用数值模型（见附录 E），确定污染物相应时间的捕获区范围作为保护区。

##### 7.2.1.2.1 一级保护区

以地下水开采井为中心，溶质质点迁移 100 d 的距离所圈定的范围。

##### 7.2.1.2.2 二级保护区

一级保护区以外，溶质质点迁移 1000 d 的距离所圈定的范围。

##### 7.2.1.2.3 准保护区

必要时将水源补给区和径流区划为准保护区。

### 7.2.2 风化裂隙承压水型水源保护区划分

#### 7.2.2.1 一级保护区

将上部潜水的一级保护区作为风化裂隙承压型水源地的一级保护区，划分方法根据上部潜水的含水层介质类型，参考对应介质类型的中小型水源地一级保护区的划分方法。

#### 7.2.2.2 二级保护区

一般不设二级保护区。

#### 7.2.2.3 准保护区

必要时将水源补给区划为准保护区。



### 7.2.3 成岩裂隙潜水型水源保护区划分

#### 7.2.3.1 一级保护区

同风化裂隙潜水型。

#### 7.2.3.2 二级保护区

同风化裂隙潜水型。

#### 7.2.3.3 准保护区

同风化裂隙潜水型。

### 7.2.4 成岩裂隙承压水型水源保护区划分

#### 7.2.4.1 一级保护区

同风化裂隙承压水型。

#### 7.2.4.2 二级保护区

一般不设二级保护区。

#### 7.2.4.3 准保护区

必要时将水源补给区划为准保护区。

### 7.2.5 构造裂隙潜水型水源保护区划分

#### 7.2.5.1 中小型水源地保护区划分

##### 7.2.5.1.1 一级保护区

应充分考虑裂隙介质的各向异性。以水源地为中心，利用公式（3）， $n$ 分别取主径流方向和垂直于主径流方向上的有效裂隙率，计算保护区的长度和宽度。 $T$ 取 100 d。

##### 7.2.5.1.2 二级保护区

计算方法同一级保护区， $T$ 取 1000 d。

##### 7.2.5.1.3 准保护区

将水源补给区和径流区划为准保护区。

#### 7.2.5.2 大型水源地保护区划分

利用数值模型（见附录 E），确定污染物相应时间的捕获区作为保护区。

##### 7.2.5.2.1 一级保护区

以地下水取水井为中心，溶质质点迁移 100 d 的距离为半径所圈定的范围。

##### 7.2.5.2.2 二级保护区

一级保护区以外，溶质质点迁移 1000 d 的距离为半径所圈定的范围。

##### 7.2.5.2.3 准保护区

必要时将水源补给区和径流区划为准保护区。

### 7.2.6 构造裂隙承压水型水源保护区划分

#### 7.2.6.1 一级保护区

同风化裂隙承压水型。

#### 7.2.6.2 二级保护区

一般不设二级保护区。

### 7.2.6.3 准保护区

必要时将水源补给区划为准保护区。

## 7.3 岩溶水饮用水水源保护区划分方法

根据岩溶水的成因特点，岩溶水分为岩溶裂隙网络型、峰林平原强径流带型、溶丘山地网络型、峰丛洼地管道型和断陷盆地构造型 5 种类型。岩溶水饮用水水源保护区划分，须考虑溶蚀裂隙中的管道流与落水洞的集水作用。

### 7.3.1 岩溶裂隙网络型水源保护区划分

#### 7.3.1.1 一级保护区

同风化裂隙水。

#### 7.3.1.2 二级保护区

同风化裂隙水。

#### 7.3.1.3 准保护区

必要时将水源补给区和径流区划为准保护区。

### 7.3.2 峰林平原强径流带型水源保护区划分

#### 7.3.2.1 一级保护区

同构造裂隙水。

#### 7.3.2.2 二级保护区

同构造裂隙水。

#### 7.3.2.3 准保护区

必要时将水源补给区和径流区划为准保护区。

### 7.3.3 溶丘山地网络型、峰丛洼地管道型、断陷盆地构造型水源保护区划分

#### 7.3.3.1 一级保护区

参照地表河流型水源地一级保护区的划分方法，即以岩溶管道为轴线，水源地上游不小于 1000 m，下游不小于 100 m，两侧宽度按公式（3）计算（若有支流，则支流也要参加计算）。同时，在此类型岩溶水的一级保护区范围内的落水洞处也宜划分为一级保护区，划分方法是以落水洞为圆心，按公式（3）计算的半径（ $T$  取 100 d）的圆形区域，通过落水洞的地表河流按河流型水源一级保护区划分方法划分。

#### 7.3.3.2 二级保护区

一般不设二级保护区。

#### 7.3.3.3 准保护区

必要时将水源补给区划为准保护区。

## 8 其他

8.1 如果饮用水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和二级保护区，划分方法可参照上述河流型水源保护区划分方法。根据支流汇入口所在的保护区级别高低及距取水口的远近，其范围可适当减小。

8.2 非完全封闭式饮用水输水河（渠）道均应划分一级保护区，其宽度范围可参照河流型保护区划分方法；在非完全封闭式输水河（渠）道及其支流可设二级保护区，其范围参照河流型二级保护区划分方法。

8.3 湖泊、水库为水源的河流型饮用水水源地，其饮用水水源保护区范围应包括湖泊、水库一定范围内的水域和陆域，保护区范围按具体情况参照湖库型水源地的划分办法确定。

8.4 入湖、库河流的保护区水域和陆域范围的确定，以确保湖泊、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级、二级保护区的范围。

8.5 傍河取水井，应按照河流型和地下水型分别划分一级、二级保护区范围，并将保护区的并集，作为傍河取水井的一级、二级保护区的范围。

## 9 饮用水水源保护区定界

### 9.1 现场定界

为了便于开展日常环境管理工作，完成保护区划分技术方案和电子图件后，应立即开展现场勘查定界工作。

### 9.2 定界要点

定界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、通信线等标示，结合水源保护区的地形、地标、地物特点，确定各级保护区的地理界线并修改完善电子图件。最终确定各级保护区坐标红线图、表。

### 9.3 设立标志

政府批准保护区划分方案后，有关地方人民政府应当按照 HJ/T 433 的要求，在饮用水水源保护区的边界设立界标，敏感部位设立警示标志。

## 10 饮用水水源保护区图件制作

### 10.1 制图比例尺及图件信息

选用 ArcGIS 软件作为保护区划分专用软件。保护区电子地图所有的图层尽可能为 SHP 格式，基础图比例尺可采用 1:1 万、1:2.5 万、1:5 万中的一种，宜采用经纬度坐标系。可利用经过纠正后的环境卫星数据。

### 10.2 基础地理图层

基础地理信息应至少包含（但不限于）以下图层：

省级行政区界、地级行政区界、县级行政区界、水系、道路、水利工程大坝；省级政府驻地、地级政府驻地、县级政府驻地等。

### 10.3 专题图层

饮用水水源取水口、饮用水水源一级、二级和准保护区水域和陆域范围、环境质量监测点、污染源分布等。饮用水水源取水口、一级保护区、二级保护区、环境质量监测点等专题图层属性数据至少包含 CD（饮用水水源地代码）、NAME（名称）、ID（顺序号）等字段。

基础地理图层属性数据至少包含 NAME（名称）字段，基础图层与专题图层，在不影响图纸内容识别的前提下，均可合并绘制。

### 10.4 制图步骤

#### 10.4.1 数据处理

依据前期调查资料，对饮用水水源地地形地貌等情况进行数据采集，主要包括水源地名称、地理位置及地理坐标、所在水系或河流湖库、水源地补给（客水情况）、径流和排泄情况、地质构造情况等。把处理好的数据建成 SHP 格式的各种数据图层（能与行政区划图叠加），方便输入 ArcGIS 作图。

#### 10.4.2 成图

根据保护区划分结果，提取需要的各种数据图层输入 ArcGIS，对各个图层进行调试，做到科学分层、合理布局，完成保护区电子地图。图例格式要求如下：

图例类型	名称	图例格式	配色方案	大小/磅
点状	地表水取水口		RGB(255,0,0)	8
	地下水取水口		RGB(255,0,0)	8
	排污口		RGB(0,0,0)	12
	保护区界线控制点		RGB(0,0,0)	2
线状	保护区界线		RGB(0,0,0)	2
	国家行政区界		RGB(255,190,190)	4
	省级行政区界		RGB(130,130,130)	3
	地级行政区界		RGB(130,130,130)	2
	县级行政区界		RGB(130,130,130)	1
	乡镇级行政区界		RGB(130,130,130)	0.5
	河流		RGB(115,223,255)	0.5-2
	道路		RGB(0,0,0)	0.5
面状	饮用水水源地一级保护区		RGB(56,168,0)	-
	饮用水水源地二级保护区		RGB(163,255,115)	-
	水域		RGB(190,232,255)	-
	村镇		GIS 选用	-
	工业用地		GIS 选用	-
	农田		GIS 选用	-

## 附录 A

(资料性附录)

### 饮用水水源地环境状况调查技术要求

**A.1 调查方式** 采用资料收集、现场调查、现状监测与长期动态资料分析等方法。当现有资料不足时，应组织现场监测及水文地质勘察与试验，并可选用不同历史时期地形图以及航空、卫星图片进行遥感图像解译配合地面的现状进行调查与评价。

#### A.2 调查范围

A.2.1 地表水水源地：水源周边对取水口影响较显著的水域和陆域。一般是取水口上游 20-25km 的汇水区域。

A.2.2 地下水水源地：包括地下水源的补给、径流、排泄区域，以及与地下饮用水水源地相关的主要污染源分布的区域。必要时，还应扩展至完整的水文地质单元及可能与水源地所在水文地质单元存在直接补排关系的区域。

#### A.3 水源地基础状况调查

A.3.1 水源地基础信息。水源名称、水源类型（如河流、湖泊（水库）、地下水）、取水口位置及附近的设施，包括水工建筑物、防洪堤工程、水上交通运输及航道分布等。

A.3.2 水源地运行状况。水源地建设时间、工程设计取水量、实际取水量、取水方式等；水源地使用状况（在用、备用、规划）。

A.3.3 地下水水源井的分布情况。包括取水层位、开采层的成井密度、水井结构、深度以及开采历史与规模。

A.3.4 水源服务区域调查。包括用水量、服务人口、与水厂的距离及输水方式。

A.3.5 水源服务水厂调查。包括水厂规模、处理工艺及处理效率。

A.3.6 应对突发环境事件的应急响应能力调查。包括物资储备、应急预案制定和演练、技术储备等情况。

#### A.4 社会经济及土地利用概况调查

##### A.4.1 社会经济状况

A.4.1.1 行政区划分、人口及分布。

A.4.1.2 水源地所在流域的产业结构及布局。包括工业结构（工业类型和布局、企业主要原料和产成品、距取水口的距离）、农业种植结构、能源结构与道路交通状况等。

##### A.4.2 土地利用状况

A.4.2.1 土地利用格局。工业、交通、城镇用地、农村居民用地、农业种植用地、林地、草地、荒山、沙洲等面积及比例。

A.4.2.2 水源涵养林、护岸林和自然湿地面积及维护情况。

A.4.2.3 水源地周边采石场、陆地面积，坡耕地面积及其占耕地面积比例，水土流失及治理面积，

土壤侵蚀模数等参数。

### A.5 相关规划、区划情况调查

水源（取水口）所在水体的水功能、水环境功能区划、区域土地利用规划、区域社会经济发展规划、区域城市发展总体规划、区域水环境保护规划、区域供水规划等涉及水源地保护相关内容等资料。

### A.6 自然地理特征调查

#### A.6.1 水源地自然特征

A.6.1.1 地表水水源取水口及所在水域、地下水取水井或井群的地理位置和经纬度。

A.6.1.2 河流、湖库流域边界，河流、湖库的长度、面积、库容、水下地形。

A.6.1.3 河流、湖泊（水库）地表水体特征、规模、类型及地下水源地的水文地质特征。

#### A.6.2 地表水饮用水水源水文特征

A.6.2.1 流域面积及河流长度，流速、年径流量（年均值和频率值），含沙量。

A.6.2.2 丰水期、平水期、枯水期的天数、径流量，占全年径流量的百分比等。

A.6.2.3 河流平直及弯曲情况，水力坡度、水位、水深、河宽、流量、流速及其分布。

A.6.2.4 河网地区应调查各河段流向、流速、流量关系，了解流向、流速、流量的变化特点。

A.6.2.5 潮汐河口的水文调查与水文测量的内容，除与河流相同的内容外，还有潮汐河段的范围，涨潮、落潮及平潮时的水位、水深、流速、流向。

A.6.2.6 湖泊、水库的面积和形状，库容，水位、流入、流出的水量，停留时间，水库调度和贮量，水温分层情况及水流状况（湖流的流向和流速，环流的流向、流速及稳定时间）等。

#### A.6.3 地下水饮用水水源水文地质特征

A.6.3.1 水文、土壤和植被状况；地层岩性、地质构造、地貌特征与矿产资源；包气带岩性、结构、厚度；含水层的分布特征、岩性组成、厚度、密度、孔隙度、渗透系数、赋存地点和富水程度；隔水层的岩性组成、厚度、孔隙度、渗透系数。

A.6.3.2 地下水的类型、地下水径流、补给和排泄条件；泉的成因类型，出露位置、形成条件及泉水流量、水质、水温，开发利用情况；地下水现状监测井的深度、结构以及成井历史、使用功能；地下水背景值等。

#### A.6.3.3 水文地质问题调查

地下水开采过程中水质、水量、水位的变化情况以及引起的环境水文地质问题。

### A.7 饮用水水源水质调查

#### A.7.1 地表水源水质调查和评价

有监测资料以来的水质监测数据及水质评价结果。评价指标、方法参数参照 GB3838，湖泊、水库水源补充综合营养状态指数的评价。

#### A.7.2 地下水水源水质调查

A.7.2.1 调查地下水水位、水质的动态监测，了解和查明地下水水流与地下水化学组分的空间分布现状和变化趋势。

A.7.2.2 地下水饮用水水源水质评价指标和方法依据 GB/T14848。

## A.8 污染源调查

调查可能对水源地水质造成影响的污染源，包括：点源、非点源、固体废物堆放（填埋）场调查和流动源及其他污染源，其中，非点源调查主要针对湖泊、水库型水源地。

### A.8.1 点源

工业或生活排污口，包括：排污口名称、污染源位置（说明与取水口的距离和位置关系）、排放量及渗漏量、排放方式、排放途径、去向、主要污染物及其浓度、废水处理和综合利用状况等。

### A.8.2 非点源

A.8.2.1 种植业污染调查，包括：农田面积、坡度、农作物类型、土壤类型、年降雨量、轮作方式、化肥农药施用量、施用方式等；

A.8.2.2 农村生活污水及固体废弃物，包括：农村综合用水量和排水量、农村人口数量、分散式畜禽养殖数量。

A.8.2.3 畜禽养殖污染源，包括：规模化畜禽养殖企业的养殖种类及数量、年用水及排水量、排污方式、处理工艺、排放污水浓度。

### A.8.3 固体废物堆放（填埋）场调查

A.8.3.1 工业固体废物堆放（填埋）场应测定其位置、堆积面积、堆积高度、堆积量等，并了解其底部、侧部渗透性能及防渗情况。

A.8.3.2 对生活污染源中的生活垃圾、粪便等，应调查其物质组成及排放、储存、处理利用状况。

### A.8.4 流动源

流动源应重点调查地表水水源取水口上游船运码头、水上交通运输量、运输物质类别等；对地表水源取水口周边或上游有跨河大桥、地下水水源地周边陆地道路的交通运输情况，需补充调查如运输物质种类、车载重量、行驶路线等信息。

### A.8.5 距离地下水饮用水水源较近的污染源影响调查

应对污染源所在区域可能污染的位置，如物料装卸区、储存区、事故池等开展包气带污染调查。包气带污染调查取样深度一般在地面以下 25cm-80cm 之间。当调查点所在位置一定深度之下有埋藏的排污系统或储藏污染物的容器时，取样深度应至少在排污系统或储藏污染物的容器底部以下。

## A.9 饮用水水源地环境管理状况调查

A.9.1 饮用水水源保护区周边道路危险品的运输情况及管理措施。

A.9.2 饮用水水源地预警与应急能力情况。

## 附录 B

(规范性附录)

### 编写饮用水水源保护区划分（调整）技术文件的基本要求

划分饮用水水源保护区，应编写正式的“××××饮用水水源保护区划分（调整）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：

#### B.1 总则

- B.1.1 划分目的或调整的必要性
- B.1.2 划分（调整）依据
  - B.1.2.1 相关法律法规
  - B.1.2.2 相关已经批准实施的规划
- B.1.3 保护区划分（调整）的技术路线

#### B.2 饮用水水源基础环境状况

- B.2.1 饮用水水源地所在区域或流域的自然状况
- B.2.2 饮用水水源地所在区域或流域的社会经济状况
- B.2.3 饮用水水源地规划、水功能区划、重要生态功能区划等情况
- B.2.4 饮用水水源保护区划分现状与问题（适用于保护区调整的水源）
- B.2.5 饮用水水源地基础状况
- B.2.6 饮用水水源地的水质状况调查评价
- B.2.7 饮用水水源地周边及上游污染源调查
- B.2.8 饮用水水源地水环境风险分析

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；作为饮用水水源开采的前景；与相邻水域的关系，包括饮用水水源取水口上、下游或相邻水域（或区域）的功能、水源水量和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。

#### B.3 保护区划分（调整）与定界

B.3.1 确定各级保护区划分（调整）的技术方法，说明选用的技术指标、数值计算方法及理由、准保护区划分（调整）的必要性及意义等。

- B.3.2 初步划分（调整）结果及分析
  - B.3.2.1 一级保护区范围的确定
  - B.3.2.2 二级保护区范围的确定
  - B.3.2.3 准保护区范围的确定
- B.3.3 保护区定界方案



#### B.3.4 保护区定界的技术说明

#### B.3.5 调整前后保护区范围的比较（适用于调整保护区的水源）

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

### **B.4 饮用水水源保护区规范化建设与管理要求**

饮用水水源保护区的规范化建设突出问题及整治措施、水源水质监测网站的布置，水质项目的监测，污染源监督等；若水质尚未达标，应确定水源准保护区要实施总量控制，并提出水质达标期限和相应的管理控制措施。

### **B.5 饮用水水源保护区建设投资估算**

#### B.5.1 保护区规范化建设项目投资估算

#### B.5.2 规范化建设目标达标的可行性分析

### **B.6 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（调整）方案包括：保护区详细情况（包括取水口位置、监测点位、周边污染源分布等）图集、饮用水水源保护区登记表、一级、二级保护区和准保护区详细情况的文字说明，包括各级保护区边界主要拐点的经纬度坐标、面积和调整前后面积比较（适用于调整保护区的水源）等内容。

## 附录 C

(资料性附录)

## 二维水质模型基本方程及求解

二维水质模型的基本方程为：

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

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

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

对于应用于水质模拟的二维模型，会涉及有无边界影响两类情况。

## C.1 潮汐河段水源保护区范围的非稳态数值计算方法

对于潮汐河流，按照公式 (C.1)，通过数值计算方法求解，确定保护区范围。

## C.2 大型河流、湖泊及水库水源保护区范围的稳态数值计算方法

对于大型河流、湖泊及水库水源地，按照公式 (C.2)，通过数值计算方法求解，确定保护区范围。

## C.3 一般河流水源保护区范围的稳态解析解计算方法

## C.3.1 无限宽水域岸边点源的稳态排放

在均匀流场中，当强度为  $M$  的点源排放到无限宽的水域中，见图 C.1。

在边界条件为：

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

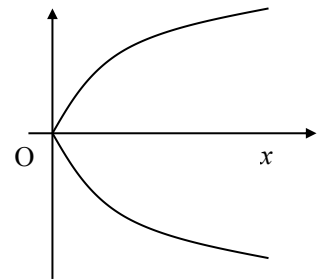


图 C.1 宽度无限水域中的点源排放

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

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， $\text{m}^3/\text{s}$ 。

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  $u_y$  项和  $D_x$  项，则公式（附 2）可简化为：

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

相应的解析解为：

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

### C.3.2 有边界水域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（见图 C.2），有：

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

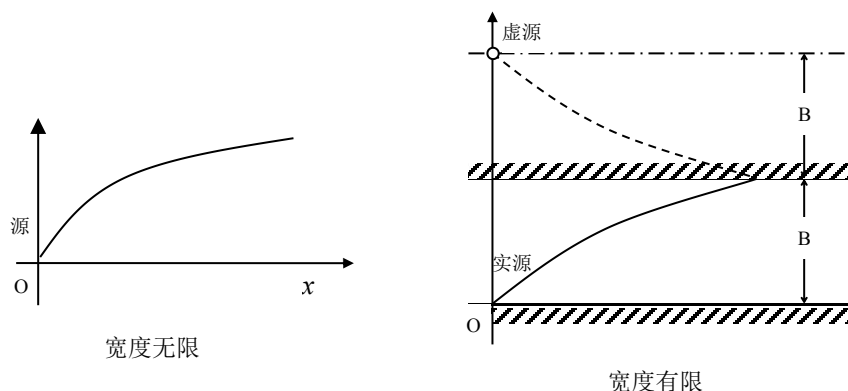


图 C.2 污染物的边界排放

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：

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

当污染源在两个边界的中间时（见图 C.3），有：

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

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:

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

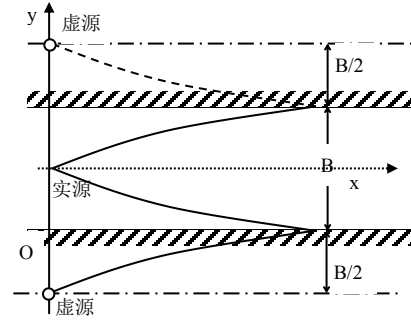


图 C.3 双边界的中心排放

(C.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:

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

有边界阻碍时,可将上式修正为:

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

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:

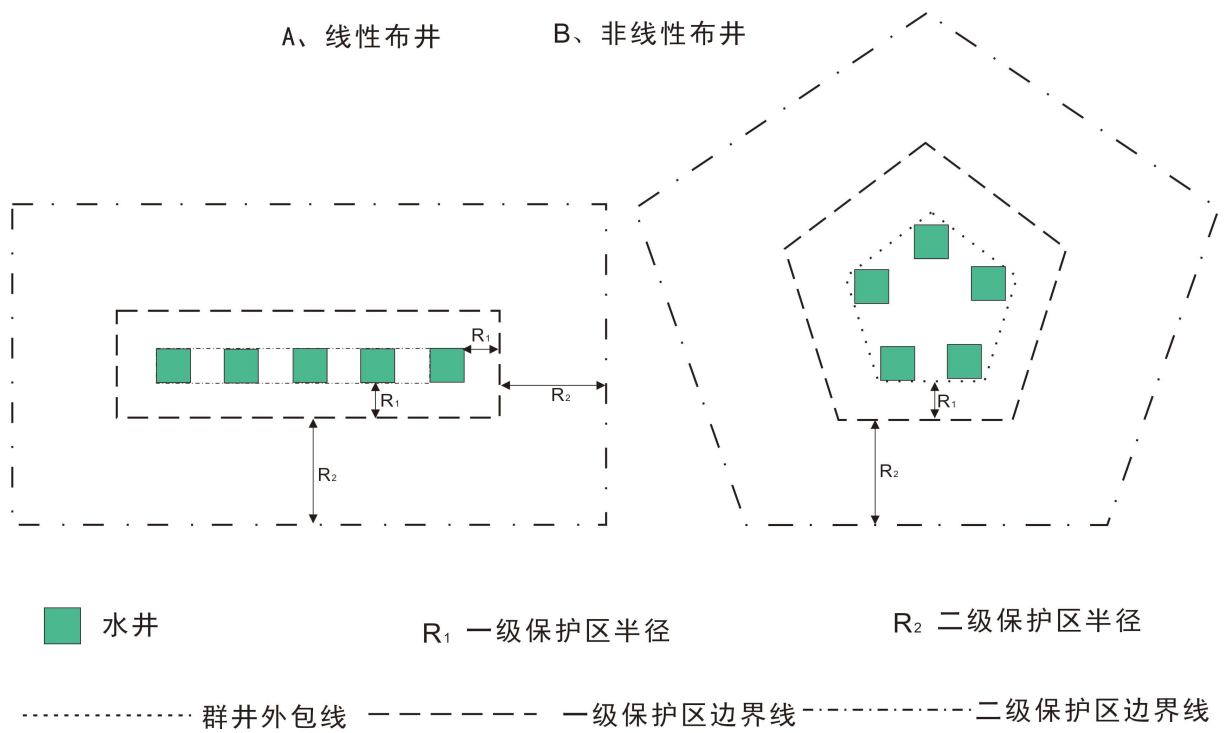
$$C(x, y, t) = \frac{2M}{4u_x h \sqrt{D_x D_y t^2}} \exp\left[-\frac{(x - u_x t)^2}{4D_x t} - \frac{(y - u_y t)^2}{4D_y t}\right] \exp(-Kt) \quad (C.12)$$

附录 D

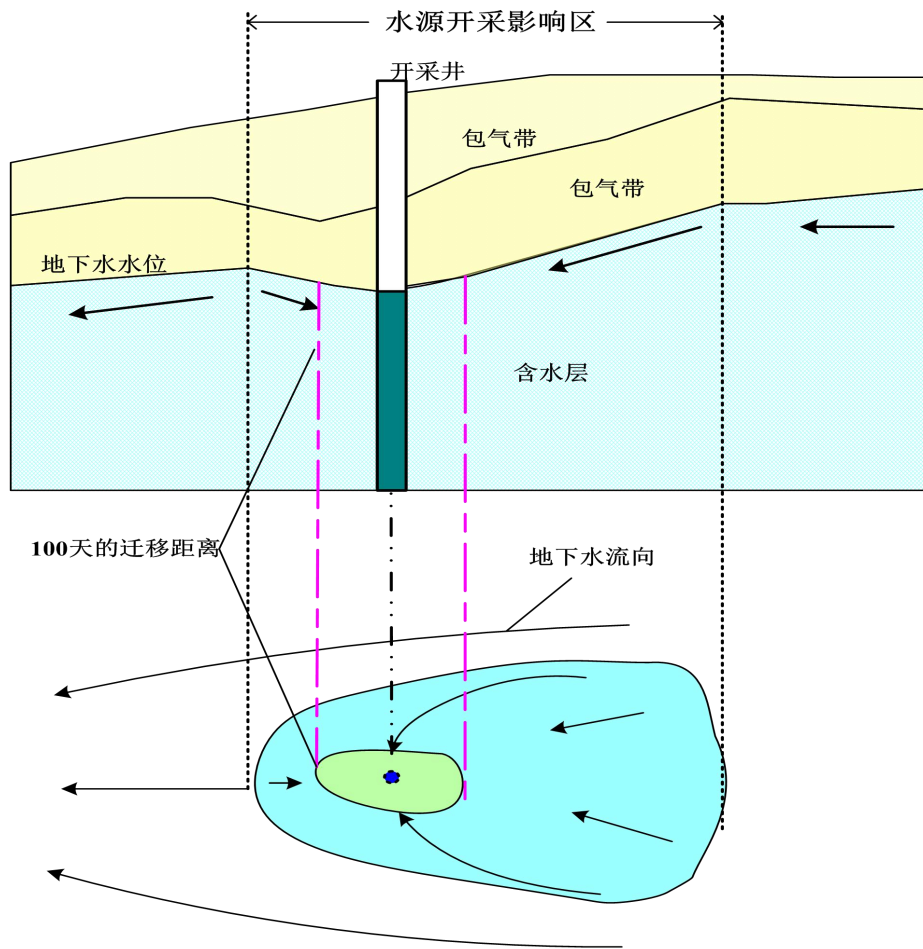
(资料性附录)

地下水水源保护区划分概念模型

D.1 群井的水源保护区范围的概念模型图



### D.2 抽水井的水源开采影响区的概念模型



## 附录 E

(资料性附录)

## 地下水溶质运移数值模型

水是溶质运移的载体，地下水溶质运移数值模拟宜在地下水流场模拟基础上，因此地下水溶质运移数值模型包括水流模型和溶质运移模型两部分。

## E.1 地下水水流模型

非均质、各向异性、空间三维结构、非稳定地下水流系统：

1) 控制方程

$$S_s \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( K_x \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_y \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( K_z \frac{\partial h}{\partial z} \right) + q_s$$

式中： $S_s$ ——给水度[L<sup>-1</sup>];

$h$ ——水位[L];

$K_x, K_y, K_z$ ——分别为  $x, y, z$  方向上的渗透系数[LT<sup>-1</sup>];

$T$ ——时间[T];

$Q_s$ ——源汇项[T<sup>-1</sup>].

注：方括号[ ]中的符号为量纲，以下同。

2) 初始条件

$$h(x, y, z, t) = h_0(x, y, z) \quad (x, y, z) \in \Omega, t = 0$$

式中： $h_0(x, y, z)$ ——已知水位分布；

$\Omega$ ——模型模拟区。

3) 边界条件：

第一类边界：

$$h(x, y, z, t) \Big|_{\Gamma_1} = h(x, y, z, t) \quad (x, y, z) \in \Gamma_1, t \geq 0$$

式中： $\Gamma_1$ ——一类边界；

$h(x, y, z, t)$ ——一类边界上的已知水位函数。

第二类边界：

$$k \frac{\partial h}{\partial n} \Big|_{\Gamma_2} = q(x, y, z) \quad (x, y, z) \in \Gamma_2$$

式中:  $\Gamma_2$ ——二类边界;

$K$ ——三维空间上的渗透系数张量;

$\vec{n}$ ——边界  $\Gamma_2$  的外法线方向;

$q(x, y, z)$ ——二类边界上已知流量函数。

第三类边界:

$$\left( k(h-z) \frac{\partial h}{\partial n} + \alpha h \right) \Big|_{\Gamma_3} = q(x, y, z)$$

式中:  $\alpha$ ——系数;

$\Gamma_3$ ——二类边界;

$k$ ——三维空间上的渗透系数张量;

$\vec{n}$ ——边界  $\Gamma_3$  的外法线方向;

$q(x, y, z)$ ——三类边界上已知流量函数。

## E.2 地下水水质模型

1) 控制方程

$$R\theta \frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left( \theta D_{ij} \frac{\partial C}{\partial x_j} \right) - \frac{\partial}{\partial x_i} (\theta v_i C) - q_s C_s - q'_s C - \lambda_1 \theta C - \lambda_2 \rho_b \bar{C}$$

式中:  $R$ ——迟滞系数, 无量纲

$$R = 1 + \frac{\rho_b}{\theta} \frac{\partial \bar{C}}{\partial C}$$

$\rho_b$ ——介质密度[ML<sup>-3</sup>];

$\theta$ ——介质孔隙度, 无量纲;

$C$ ——组分的浓度[ML<sup>-3</sup>];

$\bar{C}$ ——介质骨架吸附的溶质浓度[ML<sup>-3</sup>];

$t$ ——时间[T];

$x, y, z$ ——空间位置坐标[L];

$D_{ij}$ ——水动力弥散系数张量[L<sup>2</sup>T<sup>-1</sup>];



$v_i$ ——地下水渗流速度张量[ $\text{LT}^{-1}$ ];

$q_s$ ——源和汇[ $\text{T}^{-1}$ ];

$C_s$ ——源或汇水流中组分的浓度[ $\text{ML}^{-3}$ ];

$\lambda_1$ ——溶解相一级反应速率[ $\text{T}^{-1}$ ];

$\lambda_2$ ——吸附相一级反应速率[ $\text{T}^{-1}$ ]。

## 2) 初始条件

$$C(x, y, z) = C_0(x, y, z) \quad (x, y, z) \in \Omega, t = 0$$

式中:  $C_0(x, y, z)$ ——已知浓度分布;

$\Omega$ ——模型模拟区域。

## 3) 定解条件

第一类边界——Dirichlet 边界:

$$C(x, y, z, t) = C_0(x, y, z, t) \quad (x, y, z) \in \Gamma_1, t \geq 0$$

式中:  $\Gamma_1$ ——定浓度边界;

$C(x, y, z, t)$ ——定浓度边界上的浓度分布。

第二类边界——Neumann 边界:

$$\theta D_{ij} \frac{\partial C}{\partial x_j} = f_i(x, y, z, t) \quad (x, y, z) \in \Gamma_2, t \geq 0$$

式中:  $\Gamma_2$ ——通量边界;

$f_i(x, y, z, t)$ ——边界  $\Gamma_2$  上已知的弥散通量函数。

第三类边界——Cauchy 边界:

$$\theta D_{ij} \frac{\partial C}{\partial x_j} - q_i C = g_i(x, y, z, t) \quad (x, y, z) \in \Gamma_3, t \geq 0$$

式中:  $\Gamma_3$ ——混合边界;

$g_i(x, y, z, t)$ ——边界  $\Gamma_3$  上已知的对流弥散总的通量函数。