

地下水水源保护带确定的理论原则

孟 伟¹ 赫英臣² 郑丙辉¹ (1. 中国环境科学研究院, 北京 100012; 2. 河北建筑科学技术学院, 邯郸 056038)

文 摘 针对我国水资源保护面临的现实, 借鉴在国外的研究经验, 提出地下水保护的水源地保护带划分的概念, 将地表补给区划分为“三带”, 对“三带”划分的原则、理论依据和技术方法给出了较详细的说明, 认为“三带”的划分和 50 天线的确定要充分依据地下水的动力学特征、细菌在地下水中的消减规律和地下水覆盖层的性质来确定, 地下水的动态特征、赋存形式和不同岩石的保护程度指数 I 影响 50 天线的范围。在确定保护带的基础上, 要加大环境保护的执法力度, 针对不同保护带提出明确的环境标准和技术规范, 在这方面, 我国在环境科学技术上还是薄弱的, 应加强技术研究和示范, 逐步建立适合我国特色的技术标准体系。

关键词 地下水资源 保护带划分 50 天线 理论原则

Theory principle on the determination of underground water resources protection zone. Meng Wei¹, He Yingchen², Zheng Binghui¹ (1. Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012; 2. Hebei Construction Scientific Technology College, Handan 056038). *China Environmental Science*. 1998, 18(2): 176~ 179

Abstract—Against the reality of water resources protection in China, this paper addresses the concept of the division of water sources area protection of underground water protection referring international research experience, divides surface water refill area into “three zones”, provides detail description to the principle, theory proof and technique method of the division of “three zones”, considers the division of “three zones” and the determination of 50 days—line should be bases on the dynamic features of groundwater, exist shape and the scope which protection degree index I for different rock affects 50 days—line. On the base to determine protection zone, law execution force on environmental protection should be enhanced, clear environmental standard and technique specification should be addressed according to different protection zone. In this aspect, environmental scientific technology of China is still weak. Technique research and demonstration should be enhanced and technique standard system corresponding Chinese characteristics should be established gradually.

Key words: underground water resources dividing protection zone 50 days—line theory principle

地下水是我国水资源的重要组成部分, 也是我国众多城镇生活、生产赖以生存的水源地, 随着经济和社会的不断发展, 水污染问题已不仅仅限于地表的江河湖泊。如何保护地下水资源不受地表经济活动的影响, 尽量减少地表污染物通过自然补给过程进入地下水, 危及城镇居民的饮水安全。防患于未然, 提出防止地下水污染和补给区控制的环境管理技术规定是十分必要和现实的。依据地下水的特征和覆盖层的性质给地下水的补给区划分保护带, 国内尚未有更多的理论和实践, 而德国、法国等欧洲国家在这一领域有多年的研究成果和明确的技术规定, 如地下水保护三带划分的理论原则, 50 天线的确定和不

同类型岩石的保护程度指数等。本文力图把这一领域的环境保护技术规定介绍给大家, 为逐步加大对环境的管理力度起到借鉴的作用。

1 地下水水源保护带划分原则

地下水水源环境保护一般应采用三级控制原则, 划分地下水环境保护带不仅要考虑集水区的地下水补给范围, 同时也要考虑地面影响范围, 对不同环境污染源的影响按其类型、地点、使用期限和基础特征, 或者限制在不同保护区范围之内, 或者禁止存在。

1.1 地下水水源环境保护带的划分

地下水水源环境保护一般可划分为三个保护带。

1.1.1 远区保护带(Ⅱ带) 远区保护带也可称为区域侵害保护带,目的是保证水源免受来自区域难分解的化学或放射性污染物的侵害,必要时Ⅱ带又可分为Ⅲ_b和Ⅲ_a两个亚带。

1.1.2 近区保护带(Ⅲ带) 近区保护带也可称为卫生保护带,主要用来保证水源免受病菌和微生物的污染。

1.1.3 开采区保护带(Ⅰ带) 开采区保护带也可称为直接保护带,主要用来保证饮用水开采井的直接范围内免受任何一种污染物的侵害。

1.2 各环境保护带边界的确定

地下水水源保护带边界的测定主要考虑地区的水文地质条件,特别要考虑含水层性质,地下水运动特征,地下水的形成特征,地下水循环系统特征,以及地下水含水层的覆盖层性质和土壤性质等因素,还要考虑污染物迁移和病菌、微生物生长条件以及其他人为因素等(图1)。

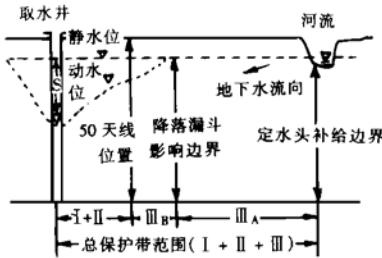


图1 地下水水源保护带三带的确定

Fig.1 Theory principle of three zone for groundwater resources protection

1.2.1 远区保护带(Ⅱ带) 根据水源保护区水文地质条件不同,Ⅱ带保护范围与水源的取水量大小,地下水流速的大小,与定水头补给边界和隔水边界的存在关系都十分密切。原则上Ⅱ带的保护范围应该是水源集水井降落漏斗的影响范围,在平面上延伸至定水头补给边界或至地下水分水岭止。

根据含水层性质(孔隙、裂隙和岩溶含水层)不同,在有条件的情况下,应把Ⅱ带再细分为Ⅲ_b

和Ⅲ_a带。Ⅲ_b和Ⅲ_a带范围大小与地下水流速大小和含水层厚度,以及覆盖层厚度关系十分密切。一般情况下,Ⅲ_b带测定的范围应是自50天线至降落漏斗边界的范围,Ⅲ_a带测定的范围应是自降落漏斗边界至地下水分水岭边界的范围。下面根据含水层性质等因素来确定划分Ⅲ_b和Ⅲ_a的两个基本原则。(1) 孔隙地下水含水层和裂隙地下水含水层。孔隙地下水含水层中的地下水性质基本上为潜水,深部也有承压水,地下水的流速一般较小至中等。如果地下水的流速差达到10m/d时,Ⅲ_b和Ⅲ_a带之间界限应位于取水区上游水流约为2km的距离较适合,如果速度差大于10m/d距离还要增大,具体测定要根据区域地下水等水位线图和漏斗图来圈定。应注意的是,Ⅲ_b带范围内可利用的地下水含水层厚度至少为5m,在高速度差时(>10m/d),厚度至少为8m。确定自可利用的地下水至少需要50天才能流动到饮用水开采井的距离为50天线^[1],因此,如果含水层上覆有一定厚度的弱渗透岩组成的相对隔水层时,Ⅲ_b和Ⅲ_a带分界也不能位于50天线之内,距取水区的距离应不超过1km。(2) 岩溶地下水含水层。具有地下水高速度差的无相对隔水层覆盖的岩溶地下水含水层一般Ⅱ带可不必再细划分为Ⅲ_b和Ⅲ_a带。如果含水层上覆具有一定厚度并在平面上广泛分布的弱渗透的相对隔水层时,必要时可划分出Ⅲ_b和Ⅲ_a带,覆盖层特征应至少有8m厚的粘土-亚粘土层;或由至少有5m厚的完整弱渗透相对隔水层把含水层隔开。划分时,Ⅲ_b带距饮用水开采井的最小距离应为1km,Ⅲ_a带的边界自Ⅲ_b带边界起可延伸至降落漏斗边界或至地下水分水岭,也可延伸至定水头补给边界或隔水边界。

1.2.2 近区保护带的测定(Ⅲ带) Ⅲ带的确定依据是50天线,这个最小的滞留期间一般可保证病菌和微生物被抑止。所以Ⅲ带的范围很显然与地下水的流速相关,地下水流速大,Ⅲ带范围也大,相反则小。

对于孔隙地下水含水层和裂隙地下水含水层,如果地下水流速较小时(<2m/d),Ⅲ带的范

围应从饮用水开采井起按表流延伸 100m 为界, 有确切数据依据时也不应低于 50m。

岩溶地下水含水层, 该类性质的含水层 II 带的范围一般为它的总集水区或者为它的大部分。

开采区保护带 (I 带), I 带的保护范围一般要沿取水井四周至少 10m 划界, 开采时沿接受地下水方向至少 20m, 在岩溶地下水含水层中至少 30m。

2 地下水水源保护带划分的理论原则

地下水水源环境保护带划分的依据主要包括地下水运动的动力学特征、地下水中细菌的消减规律和地下水覆盖层的性质。

2.1 地下水运动的动力学理论原则

为了研究地下水的动力学特征, 应用地下水动力学的有关理论和技术方法, 需研究的主要参数有渗透性 (k)、水力坡度 (I)、流速 (v)、水位和含水层厚度 (h、H)、流量 (q、Q), 以及水位降深 (s) 和抽水井结构等。

地下水水源保护带的确定首先要依据取水井生产时造成的地下水运动的流场状态, 按着地下水运动原理和给定的流场状态可以确定其动力学参数。因此地下水水源保护的 II 带主要就可按流场的给水边界来确定, 一般给水边界可认为是取水井降落漏斗的边界, 也可认为是地下水分水岭的边界, 或是定水头补给边界 (有地表水体存在时)。所以 II 带 (II_b 或 II_k) 的准确确定应在绘制取水区降落漏斗图和等水位线图的基础上来完成。

2.2 地下水细菌学理论原则

II 带的保护范围主要依据细菌学理论原则确定。一般情况下细菌或病毒在地下水中存活时间比在地表水中长, 而在地下水中病毒存活期又比细菌长, 在一定存活期内, 细菌或病毒的运移距离又与地下水的流速有关。所以根据大量试验研究, 推出 50 天线来确定 II 带保护带范围的大小, 可以这样理解, 在这个最小的滞留期间和输运过程中一般可保证病菌和显微生物被抑止或消除。这样可按地下水流速计算出 50 天线的范围, 即可确定出 II 带的保护范围。

2.3 地下水含水层覆盖层的保护作用原则

地下水水源保护带的确定还必须考虑地下水含水层覆盖层的保护作用, 也就是应考虑饱水带以上包气带的结构、岩性组成和厚度等因素, 根据覆盖层的性质其保护作用有很大差异。

2.3.1 由沉积岩组成的覆盖层的保护作用 在含水层上方往往分布有由各种沉积岩组成的覆盖层, 覆盖层对含水层起到一定的保护作用。根据大量试验研究, 总结提出了每个单层单位厚度内的保护程度指数 (I), 然后根据保护程度指数和每个单层的实际厚度, 可计算出总保护作用 (Ld), 可参见表 1^[2]。

地下水含水层覆盖层的总保护作用 Ld 可按下式计算:

$$Ld = h_1 \cdot I_1 + h_2 \cdot I_2 + h_3 \cdot I_3 + \dots \quad (1)$$

式中: h_1 h_2 h_3 为每个单层实际厚度; I_1 I_2 I_3 为每个单层的保护程度指数。当 $Ld \geq 1.0$ 时, 从理论上可以取消 II 带, 或 II 带可以缩小。

如果 $Ld < 1.0$ 时, 覆盖层还达不到有足够的保护作用, 则应设 II 带保护, II 带的保护范围可按地下水应滞留的时间 $T = 50(1 - Ld)$ 天来计算。例如, 一个地下含水层上覆有一层 1m 厚度的粘土层和一层 3m 厚的砂质粘土层, 其覆盖层的总保护作用 $Ld = 1 \times 0.5 + 3 \times 0.4 = 1.7$, 这种情况下可不必考虑留设 II 带。如果含水层上覆有一层 2m 厚的细至中砂层, 一层 2m 厚的中至粗砂层和一层 3m 厚的粗砂层。则 $Ld = 2 \times 0.17 + 2 \times 0.1 + 3 \times 0.07 = 0.75$, 这种情况则应考虑留设 II 带。II 带的范围应这样确定, 先计算出 $T = 50(1 - 0.75) = 12.5$ 天, 再根据地下水实际流速 (如果 $v = 2\text{m/d}$) 来确定, 这种情况 II 带边界距取水区的距离至少应为 25m。

2.3.2 由火成岩或变质岩石组成的覆盖层的保护作用 在山区地下水含水层上覆盖物多为火成岩或变质岩的坚硬岩石, 若位于中等高度的山脉, 受山体形态的影响标高变化很大, 致使等水位线差很大 (局部可 $> 50\text{m}$)。坚硬岩层的地下水覆盖层也具有一定的保护效应, 但由于坚硬岩石的裂隙发育规律不同, 则应注意在水平和垂直方向的保护效应有很大差异。如使含水层覆盖

层能达到最大的保护效应, 则要求 $Ld \geq 0.5$, II 带的保护效应评价方法和计算方法与沉积岩石相同。当地下水含水层覆盖层达不到最大保护效应时, II 带在水平方向上的延伸以流动时间 25 天线为 II 带确定边界, 可按下式计算:

$$E_{\min} = \sqrt{Q_{25}/M \cdot P_w \cdot \pi}$$

(2)

式中: Q_{25} 为 25 天内的取水量(m^3); M 为含水层厚度; P_w 为含水层的孔隙率(可按岩性推断)。

表 1 不同类型岩石保护程度指数 I

Table 1 Protection degree index for different rock type

序号	不同沉积岩层	I 值	序号	不同火成岩或变质岩	I 值
1	无裂隙的粘土、亚粘土、硬粘砂土	0.5	1	辉绿岩、泥灰岩	0.05
2	砂质粘土至亚砂土	0.4	2	含粘土岩夹层的砂岩、粘土和云母页岩、千枚岩	0.025
3	亚砂土、粘土质砂、少量亚粘土和粘土	0.33~ 0.22	3	玄武岩和其它火山岩	0.017
4	细至中砂	0.17	4	硬砂岩、长石砂岩、亚粘土- 粘土胶结砂岩	0.01
5	中至粗砂	0.1	5	花岗岩、花岗闪长岩、闪长岩、正长岩	0.007
6	粗砂	0.07	6	石英岩、坚硬硅质砂岩、硅质页岩	0.005
7	亚砂土砾石, 相当比例的砂和粘土	0.13	7	大理岩、纯石英岩	0.0025
8	少砾, 多砂	0.08			
9	细至中砾, 丰富的砂	0.04			
10	中至粗砾, 少砂	0.03			
11	岩石, 少砾和砂	0.02			

3 结语

3.1 为防止由于近年来日益增强的经济活动和社会发展而产生的地表环境污染物经过自然补给过程进入地下水, 保护地下水环境质量, 为众多城镇居民提供饮用水的安全保护, 在地下水的地表补给区划分保护带, 并对各带提出明确的环境保护规定在科学上是可行的, 也是环境保护工作的一个重要领域, 这是保护地下水防患于未然的重要技术措施。

3.2 保护带的划分要充分依据地下水的动力学特征、细菌在地下水中的消减规律和地下水覆盖层的性质来确定, 50 天线是保护饮用地下水卫生和环境质量达标的重要技术措施, 地下水的赋存形式和覆盖层不同岩石的保护程度指数 I 是确定 50 天线的重要依据。

3.3 我国在地下水环境保护领域制订的环境

标准、技术规范还达不到实际工作的要求, 应积极开始示范研究, 逐步形成适合我国特色的地下水环境保护技术标准体系。可以从各地环保部门做起, 国家从技术上给予总体指导和要求。

参考文献

1 Deutscher Verein von Gas- und Wasserfachmaennern Regelwerk, 1994
2 Technische Regel Arbeitsblatt W101, 1995

作者简介

孟 伟 男, 1956 年 9 月生。1982 年毕业于青岛海洋大学, 同年分配入中国环境科学研究院水所工作。1992 年破格晋升为高级工程师, 1996 年度被评选为全国环境保护先进科技工作者。先后参加和承担完成了多项国家科技攻关课题和国家环境保护局重点科技计划项目, 在水资源保护、废弃物安全填埋和污水海洋排放处置设计参数技术研究等领域做了大量的研究工作。发表论文 20 余篇。