

海岸地区海水入侵盐份的预告与控制

陈绳甲

(武汉水利电力学院)

迄今,世界上对海水的入侵问题还未获得解决。为了使海岸地区与三角洲地区供水问题得以保证,需对海水入侵盐份进行预告,并采用有效工程予以控制,这对沿海地区的开发与开放都具有重要意义。

一、盐份的来源

海岸地区或三角洲地区盐份来源颇多,除海水入侵外,还有低洼地含盐地下水的渗漏、由盐土中扩散的盐份、农田回归水中排出的盐份等。大自然中也有大气盐份供给,但其量甚微,可以忽略不计。

伴随着潮汐、海浪向海岸和河口三角洲入侵的盐份,其影响大、范围广,是要着重研究的对象。至于低洼地地下水带来的盐份,是按照不同地面高程而慢慢渗漏而带来的,不同透水层所带来的盐份浓度也是不同的。盐土中扩散的盐份则取决于土壤中盐份分布的梯度。

设新鲜水盐份浓度为 C_0 ,地面向下深度为 x 处的地下水盐份浓度为 C_1 , t 为时间。若盐份在地表各方向是均匀分布的,于是盐土中盐份向地表迁移扩散的方程为:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = k \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} \quad (1)$$

式中, C 为任意位置水的盐份浓度; k 为扩散系数,积分(1)式,有:

$$C - C_0 = (C_1 - C_0) \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{x/2\sqrt{kt}} e^{-y^2} dy$$

可解释 t 时间后,土壤因扩散作用而上移的总盐量 S 为:

$$S = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \varepsilon (C_1 - C_0) \sqrt{kt} \quad (2)$$

式中, ε 是土壤孔隙度。

关于农田回归水排出的盐份是按照土壤渗透原理,随地下水而带来的盐份;这与原始灌溉的水质以及土壤结构的成份有关。一般来说,这部分的盐份是局部而又有限的。

二、海水入侵盐份的预告

随着海潮向海岸或河口三角洲入侵的盐份,其多寡主要取决于河水与海水之间的相对关系;位置不同,盐份分布也不同;而同一位置上,盐份在断面上的分布可以大致认为是均匀的。这种盐份沿程的变化,对人们的饮用水、工农业用水和水生生物的生存等方面,都有重要的影响,亟需予以预告。

设河口断面的流速为 V_0 ,流量为 Q_0 ;自河口断面至海洋方向上的沿程距离为 x ; C_x 为距河口距离为 x 处海水的盐份; C_0 为河水盐份; C_s 为深海区海水盐份。若断面水流稳定,盐份是均匀分布的,于是有:

$$V_0 \cdot C_x = E \cdot \frac{\partial C_x}{\partial x} \quad (3)$$

式中, E 为扰动扩散系数。

海水盐份与河水盐份间的关系如图1所示。

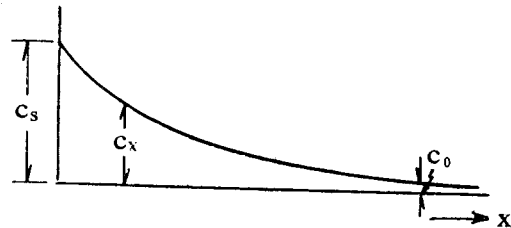


图1 海水与河水盐份间关系

沿程任意位置为 x 处的海水入侵盐份预报公式:

$$C_x = (C_s - C_0) \cdot e^{-xQ_0/E} + C_0 \quad (4)$$

(4)式表明, C_x 在数值上等于河水盐份 C_0 加上海水与河水盐份差额,乘以上游流量和距离有关的一个衰减因子。应用(4)式作沿海岸或三角洲地区海水入侵盐份预告,一般是成功的。

有时还可考虑用经验公式作预告,即利用沿程盐份梯度公式作预告。(5)式为美国旧金山海湾的经验公式:

$$\frac{\Delta C}{\Delta X} = \frac{2 \cdot \bar{V} \cdot \bar{C} \cdot e^{-0.0014 \bar{C}}}{d^3} \quad (5)$$

式中, \bar{C} 为断面平均盐份; x 为沿程距离; \bar{V} 为退潮平均速度; d 为断面最大深度(潮水位)。

三、海水入侵盐份的控制措施

为了保证生活供水、工农业用水等的要求，除对海水入侵的盐份进行预告外，还应该同时采取控制措施。

控制措施一般有两种。一是在平坦地区或轻微坡度地带建立蓄水池群或蓄水池带，用以拦蓄来自各方面的新鲜水。例如：储存上游河段的新鲜水（退潮后上游河流向前推进的新鲜水）、高地带的地下新鲜水、海岸或三角洲地带沙丘下面蓄积着的新鲜水和雨水等。这类蓄水池群或蓄水池带可以解决部份供水问题。二是修建水库。即在避开潮区位置上或海湾处或在包围海水侵入的要道上修建水库。在海岸地区或三角洲地区修筑筑坝措施往往是十分有效的。这类水库的优点是：（1）海岸线短，海水侵入的盐份减弱。

（2）能较好抵御海浪与风暴潮。（3）对于低洼地上排水得到改善。（4）带入水库的盐份可由水库排水量加以控制。（5）比修坝前航运更方便。

海岸地区水库盐度的预告方程用下式表示：

$$C = C_1 \times e^{-d \times t / v} + \frac{q \times C_1}{d} \times (1 - e^{-d \times t / v}) \quad (6)$$

式中， q 为水库入流量； d 为水库排水流量； C_1 为入流的盐份； C 为水库盐份； V 为水库蓄水量； t 为时间。式（6）表明，水库的盐份取决于水库入流量与入流盐份，排水量与水库蓄水量的多寡随不同时间而定。由于 q 、 d 、 V 、 C_1 能在预告前确定，故水库各时刻盐份可预告。

在水库盐份预告方程中，有关盐份的变化规律可参阅图2所示。

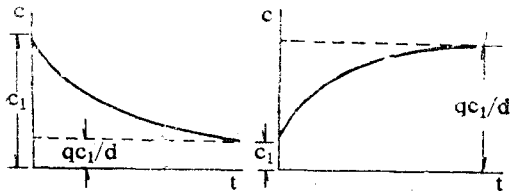


图2 水库盐份变化规律示意

四、海岸控制盐份水库的预报调度

海岸地区控制盐份水库的预报调度与河川里水库调度类似，所不同的有以下几个方面：（1）海岸水库的出流量依靠海水的重力作用来排除，即依赖潮汐

所带来海水的重力来达到。这时期潮水返回海岸，要考虑向陆地风向的影响。（2）海岸水库里的盐份平衡与河川水库的水量平衡具有同样的重要性。（3）通过海岸水库洩放的新鲜水应考虑盐份的控制。（4）若海岸水库被低洼地所包围，则四周的低洼地的排水与灌溉情况取决于水库水位，该水位不应出现超过限制范围的波动。（5）海岸水库的调度要求进行逐日预报和逐日调度水库水位。

海岸水库除有以上不同特点外，一般预报调度还应考虑地区气候条件。图3列举了三种不同类型的气候区，可进行不同的预报调度。

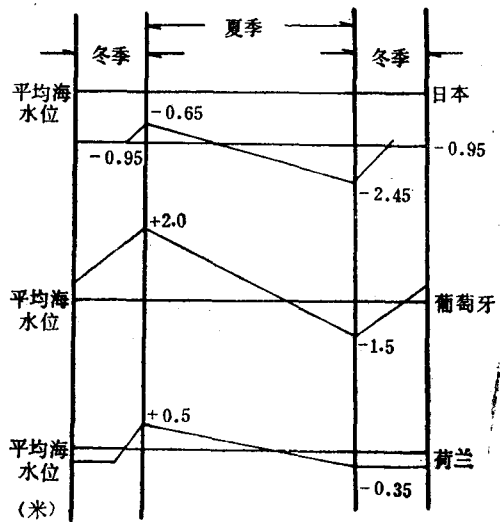


图3 不同气候区的海岸水库调度示意

图3中，第一个气候代表区是日本柯齐玛湾。该区夏季台风频繁、暴雨也多，海岸水库的水位常年都在平均海平面水位下-0.95米，有时水位由-0.65米降至-2.45米；而冬季又回到-0.95米以上。第二个气候代表区是葡萄牙的马拉提卡湾，属半干旱地区，夏季水库水位最高达海平面平均水位以上2.0米，而低水位为-1.5米。第三个气候代表区是荷兰齐塞尔湖，属于北方气候，常年降雨均匀。因此，湖水位围绕平均海平面水位的0.5米至-0.35米之间进行调度，即基本上围绕着海平面平均水位附近波动。

可见，为了控制海岸水库的盐份，需按照不同气候区、不同地区的特点与要求进行预报和调度，以达到最优水质和最佳供水，满足海岸地区与三角洲地带人民生活 and 工农业生产发展的要求。