

第四纪滨海相地下卤水的研究*

THE GEOTECHNICAL PROPERTIS OF THE SHALLOW SOIL LAYERS OF THE SOUTHERN BOHAI GULF AND THEIR RALA-TIONSHIP WITH THE SEDIMENTARY FACIES IN THE AREA

王珍岩

韩有松

(中国科学院海洋研究所 青岛 266071)

*

1 第四纪滨海相地下卤水的分布规律

在我国黄、渤海沿岸低地平原区,第四纪滨海相地下卤水有着广泛的分布,卤水的储量、储层结构及水化学特征随着各海岸区岸段的不同存在着一定的差异。这与卤水赋存区所经历的第四纪古海洋环境、古气候环境、地貌及构造活动的演化历史密切相关,并受地下和地表水体混合作用的影响。

在中国北方主要有两大类海岸地貌单元,滨海平原海岸和基岩港湾海岸。渤海三大海湾沿岸都属于滨海平原海岸,第四纪地下卤水呈连续的平行海岸线的带状分布,矿带宽几公里到几十公里不等。受陆向山前冲、洪积平原区的地下淡水径流及海向的海水稀释的影响,地下卤水的矿化度呈现出平行矿带的中间

* 国家自然科学基金项目 49676293 号。
收稿日期:1997-09-19

高、两侧逐渐降低的分布。在垂向上,地下卤水分层分布,储层结构与当地几次大的第四纪海侵地层的分布相一致。受第四纪构造活动的影响,莱州湾滨海平原的第四纪沉积物的厚度自东向西逐渐增厚,地下卤水的埋深及层厚随之加大^[1]。在山东半岛和辽东半岛的基岩港湾海岸区,第四纪沉积物仅分布于小型海湾中,地下卤水以斑块状赋存于相互分离的湾顶盆地内,不形成大的卤水矿带。因为第四纪沉积层比较浅薄,储层结构相对简单,只有潜水卤水层或微承压卤水层发育^[1,2]。由于受河流冲淡作用的影响,河口区地下卤水的矿化度都相对降低^[2,3]。

2 地下卤水的水化学特征

第四纪滨海相地下卤水来源于海水,由于它存在的地质历史短,变质程度低,其水化学特征既不同于现代盐湖卤水,也不同于第四纪以前的古地下卤水。

中国北方沿海地区第四纪地下卤水水化学类型单一,按舒卡列夫分类法划分,全部属于 $\text{Cl}-\text{Na}$ 型水。卤水的矿化度一般为 50~150 g/L (最高值为 218 g/L),并随岸段的变化存在差异,莱州湾滨海平原地区地下卤水的平均矿化度最高,普遍大于 100 g/L;而基岩港湾海岸区则多低于 80 g/L^[1,4]。

地下卤水的主要化学组分与海水基本相同,主要离子含量的排序为: $\text{Cl}^- > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{SO}_4^{2-}$; $\text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+}$; $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Br}^-$, 与正常海水相一致。阴阳离子中占绝对优势的 Cl^- , SO_4^{2-} , 和 Na^+ , Mg^{2+} 的毫克当量百分数(分别为 90.60, 9.25 和 76.11, 21.35)也与正常海水的值(分别为 90.21, 9.30 和 76.04, 19.19)非常接近^[1,3]。但是,张永祥等人在对莱州湾南岸地下卤水的研究中发现,古海水在转化为卤水的过程中,发生了方解石和石膏的沉淀及钠长石和钙长石的蚀变,使得卤水中各主要离子的浓度并不是以相同的浓缩倍数增长;在卤水与淡水的混合带,还存在着 Na^+ 与 Mg^{2+} , Ca^{2+} 离子之间的交换吸附^[4]。韩有松等人发现卤水的 $\text{Na}^+/\text{Mg}^{2+}$, $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$, Cl^-/Br^- , $r\text{Na}^+/r\text{Cl}^-$, $r\text{Mg}^{2+}/r\text{Cl}^-$, $r\text{Ca}^{2+}/r\text{Cl}^-$ 值虽然与海水接近,但都低于海水的相应值,说明当地的地下卤水绝非海水简单浓缩的产物^[1]。

周仲怀等人的研究发现,莱州湾沿岸的地下卤水还存在着一些明显的微量元素地球化学异常,其中钴的异常现象最明显,个别岸段的浓度是海水的 5 000 倍;铀的含量最高可达 100 $\mu\text{g/L}$, 是正常海水浓度的 30 倍。微量元素的异常程度随岸段的不同而变化,但

并不与卤水浓度线性相关。地下卤水在形成与演化的过程中存在着与围岩的相互作用。

地下卤水的同位素组分的研究,目前仅在莱州湾沿岸的昌邑、莱州岸段做过几个水样的 δO^{18} 分析,其值在 -3.35~ -1.66 间变化。各含卤层的卤水由于经历的地质历史及与其他水体的水力联系的不同, δO^{18} 值也略有变化^[1]。

3 第四纪滨海相地下卤水的成因

在 80 年代初期,韩有松等人对第四纪地下卤水的成因问题进行了探讨。研究了莱州湾滨海平原第四纪古地理环境、古气候环境及地下卤水的水化学特征,探索性地提出了海岸带潮滩生成卤水的可能机理。后来,随着海岸潮滩生卤实验、现代潮滩生卤带调查的进行以及勘查研究工作在不同的卤水远景分布区的开展,这一生卤机理得到了进一步完善,并不断地被验证。90 年代,韩有松等人系统地论述了海岸潮滩成卤理论,概括为:第四纪滨海相地下卤水形成于第四纪海侵期的海退阶段-海岸潮滩淤长阶段;海岸潮滩及海水退缩后出露的滩面“浅盆”和萨布哈干化盐沼滩地是卤水生成的场所,不断供给的海水来源、干旱的气候环境是地下卤水形成的必要条件;地下卤水的生成过程可归纳为海水→潮滩→蒸发浓缩→下渗聚集→海退埋藏→继续浓缩+化学作用+生物作用→地下卤水;地下卤水的形成过程不是简单的海水蒸发浓缩,其间还包括复杂的水化学变质过程^[1]。

另外,韩有松等人还结合海水结冰析盐的自然事实,提出中国北方第四纪滨海相地下卤水的成因还可能包括冰冻生卤机制,即“陆架平原冰冻生卤”假说。假说认为:中国东部沿海地区在第四纪,特别是晚更新世以来的地质历史时期,古气候环境出现多次大的冰期与间冰期的交替。冰期时由于气候寒冷,海平面下降,现在的渤海、黄海海域海退成陆,年平均气温下降 7~10 $^{\circ}\text{C}$,使得大部分成陆后的陆架平原区成为永久冻土区。在陆架平原上保留下来的残留海湾和咸水湖中,残留的海水由于结冰析盐浓缩形成卤水;海退时潮滩蒸发生成的浅层卤水也会由于冻土层的形成而结冰析盐进一步被浓缩。这些卤水可能在下次海侵到来前被陆相沉积地层埋藏后得以保存下来^[1]。目前,“陆架平原冰冻生卤”假说只处于探讨阶段,进一步的研究工作正在开展之中。

4 地下卤水的勘探开发及综合利用

由于第四纪滨海相地下卤水的矿化度高,且埋藏浅,分布范围比较广,在沿海地区被广泛应用于制盐、盐化工及海水养殖业。目前地下卤水勘探开发的技术方法已比较成熟,通常是采用卫星遥感技术、古地理环境分析、地面电法勘探、水文地质钻探和室内测试实验等方法相结合分阶段进行,最后进行综合论证研究^[1]。多年的研究实践证明,这套技术方法是非常经济有效的。

地下卤水中不仅含有丰富的 NaCl 资源,还含有钾盐、镁盐、溴及一些微量元素。尽管这些次要组分多数达不到工业开发品位,但它们在制盐后的苦卤中得到了浓缩,再进一步采用化学富集技术,可以使其达到具有开发价值,成为发展盐化工的原料。目前从地下卤水中直接提取溴素的技术已实现较大规模的生产;利用苦卤生产钾系和镁系等产品也有了一定的进展^[1,5];对从卤水中提取微量化学成分的研究也已引起有关部门的重视。

近年来,在一些水产养殖区,低浓度的地下卤水已成为取代海水的新的优质养殖水源;地下卤水常年保持 10℃ 以上的水温,也为养殖生物的越冬解决了供暖问题,降低了生产成本^[1]。

5 今后的研究方向

针对上述研究现状,作者认为今后的研究工作应

着重针对以下几个方面:

(1) 开展把第四纪滨海相地下卤水的远景分布区推广到其他气候带(如热带、亚热带)的海岸环境的研究。目前,在华南及东南沿海第四纪地层中已发现有卤水分布。

(2) 加强对地下卤水的水化学特征,特别是微量元素及同位素组分的分析研究,加深对卤水形成、演化过程的认识,全面地揭示卤水成矿机理。

(3) 完善“陆架平原冰冻生卤”假说,并在实践中验证。着重解决两个关键性问题,即冰期由于结冰作用形成的卤水在陆架平原上的封存机制和自然界中由结冰作用生成的卤水区别于由蒸发作用生成的卤水的地球化学标志。

(4) 加强对地下卤水资源综合利用的研究。

(5) 开展对大规模开发利用地下卤水的环境效应的评价。

参考文献

- 1 韩有松、孟广兰等。中国北方沿海第四纪地下卤水,北京:科学出版社,1996。1~193
- 2 韩有松、王少青等。海洋地质与第四纪地质,1997,17(2):93~102
- 3 张永祥、薛禹群等。海洋学报,1996,18(6):61~68
- 4 傅美兰。水文地球化学理论与方法的研究,北京:地质出版社,1985。126~130
- 5 周仲怀、王建华等。海洋科学,1997,2:59~62