

滨海地区海水入侵的一种测定方法

钟启明 陈建生 陈 亮

(河海大学岩土工程科学研究所 江苏 南京 210098)

摘要 海水由于含盐量较高而具有较高的电导率,通过测定滨海地区的地下水电导率并和该地区地下水标准电导率进行对比,可判断海水入侵现象。结合辽宁省大连市一处海边场地,介绍了根据地下水中的电导率分布情况来判断场区是否存在海水入侵的方法。通过对现有观测孔的电导率测试,选择适当的剖面,绘制各剖面的电导率分布图,结合当地的水文地质情况,判断是否有海水入侵现象以及海水入侵的范围和程度。测试结果表明,场区除局部电导率偏高外,没有发生大面积的海水入侵现象。

关键词 海水入侵;电导率;示踪法;地下水渗流;大连市

中图分类号:P641.3

文献标识码:A

文章编号:1006-764X(2007)01-0050-03

Method for measurement of seawater intrusion in coastal areas//ZHONG Qi-ming, CHEN Jian-sheng, CHEN Liang (Geotechnical Research Institute of Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: Seawater is of high electrical conductivity due to its high salinity. The electrical conductivity of groundwater in seashore area was measured and compared with the standard value of this area, so that the seawater intrusion could be evaluated. With a seashore field in Dalian City of Liaoning Province as an example, the method for evaluating seawater intrusion based on the distribution of electrical conductivity was introduced: certain cross sections were selected according to the measured data of electrical conductivity at existing observation boreholes, then the distribution diagram of electrical conductivity in each cross section was plotted, and finally whether the phenomenon of seawater intrusion occurs as well as its range and degree was evaluated according to the local hydrological and geological condition. Test result shows that, although high electrical conductivity occurs in local area, large area seawater intrusion does not take place.

Key words: seawater intrusion; electrical conductivity; tracer method; groundwater seepage; Dalian City

滨海地区经常发生海水入侵现象,查明海水入侵的范围和程度对滨海地区进行工程建设有着重要的意义。海水入侵范围和程度的确定是一项复杂的工作,常规的方法有压水试验法、测压管法、物探法等直接的测试方法。本文根据辽宁省大连市的工程实例主要介绍利用地下水中电导率分布情况判断海水入侵范围的方法,通过电导率值的测定,确定海水入侵的程度,为工程建设提供依据。

1 电导率测试方法

地下水与海水相比,一般来说其矿化度较低,电导率值也较低,因此水中的电导率值可以作为判断海水入侵的天然参数,它不但有助于查清海水入侵的情况,而且还可以确定地下水流场的分布及变化情况,对于检验同位素示踪效果是非常重要的^[1-10]。

测量仪器采用德国 WTW 公司生产的 Multi 197i 型便携式测试仪。WTW 新型 Multi 197i 多参数计可同时测定不同深度的 pH 值、溶氧、温度和电导率,

准确度为 $\pm 0.5\%$ 测试值。使用不锈钢沉水组件,内置温度传感器,最长电缆可达 100 m。

使用该仪器对场区内的每一个钻孔进行测量,测定出地下水位以下每米处的电导率值,由于钻孔的深度一般小于 100 m,因此一直测量到钻孔的底部。记录每个钻孔不同深度的电导率值,绘制出整个场区平面和剖面的电导率分布图,结合场区的具体水文地质情况对场区的海水入侵状况进行评价。

2 研究区水文地质情况及钻孔布置

研究场区位于大连瓦房店市东岗乡小孙屯一带,场区地貌按其组成的形态和成因可分成平缓丘陵、沟谷、海滩、沿岸堤、海蚀阶地、冲沟。场区中部主要是丘陵,包含有分水岭,海滩、沿岸堤为海积,海蚀阶地为海蚀成因,冲沟为流水成因。场区内中等风化花岗岩岩体基本质量分级为坚硬岩,较完整或较破碎(Ⅱ,Ⅲ级);强风化花岗岩岩体为较软岩,较完整或较破碎(Ⅲ,Ⅳ级);强风化变质岩岩体为软质

岩 破碎岩体(Ⅴ级)。场区地下水类型为基岩裂隙水和第四系松散堆积孔隙潜水;基岩裂隙水分布在混合岩和沉积岩组成的基岩裂隙中,第四系孔隙水分布于低凹的沟谷第四系松散堆积物中。地下水分别从北东和北西两个方向流入渤海。

根据前期资料显示,地下水埋深大多为 5 m,部分 5~10 m。地下水化学类型在沿海地带以 Cl-Na 型为主,内陆区则以 Cl-Na-Ca 型为主;第四系地层的透水性较强,在基岩区的近地表、近海岸裂隙带属强透水地层,向深部透水性减弱。地下水的补给完全依靠大气降水,补给、径流、排泄周期短。场区钻孔布置如图 1 所示。

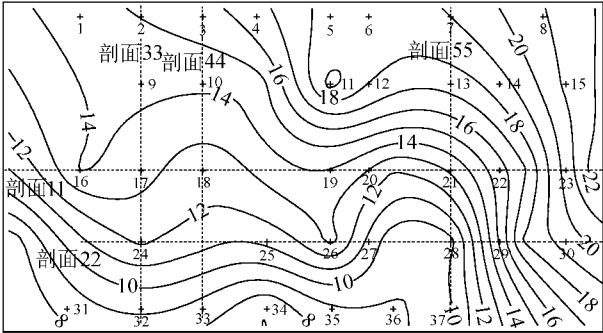


图 1 场区内钻孔布置及等水位线(单位:m)

3 地下水渗流场探测

如前所述,地下水的电导率是良好的天然示踪量,海水的电导率比地下水要高很多,因此通过测定温度和电导率能够确定地下水的补给,以及判断厂区内是否受海水的影响[11-12]。

在 2005 年 2 月 27 日和 3 月 3 日,分别对各观测孔不同深度地下水的电导率进行了测量。该地区的地下水标准电导率值为 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 左右,通过对各个钻孔的电导率的分析,可以看出钻孔 17、20、11、2、1、27、37 的电导率比较异常,比其余各孔明显偏大,是标准值的 1~2 倍,明显受离子浓度较高的补给源影响,怀疑有海水入侵。钻孔 27 在 2 月 27 日和 3 月 3 日的两次测量结果最大电导率相差较大,怀疑是受到了潮汐的影响。其余各孔的电导率基本正常,有些钻孔局部地层的电导率偏大,可能也是受到海水的影响。部分钻孔的电导率值明显低于标准值,经过调查,由于钻孔的成孔时间较短,钻孔清洗液导致了电导率值的降低。为了更加深入地了解场区内的海水入侵现状,同时考虑岩层的分布情况,分别绘制标高为 8 m、-2 m 和 -4.7 m 共 3 个面上的电导率分布图(图 2~4),这样可以更加明确不同深度整个场区的海水入侵状况。另外选取不同的纵横剖面,绘制垂直海平面的各剖面的电导率分布图,可以判断

海水的入侵深度和范围。对于剖面 11 和剖面 22,分别选择钻孔 16 和 24 的位置为坐标轴的原点,横坐标的比例尺是 1:20;对于剖面 33、剖面 44 和剖面 55,分别选择钻孔 32、33 和 37 为坐标轴原点,横坐标的比例尺是 1:10。以上剖面的纵坐标均为钻孔中的水位标高。由测量结果可以得到场区各剖面的电导率分布,见图 5~9。

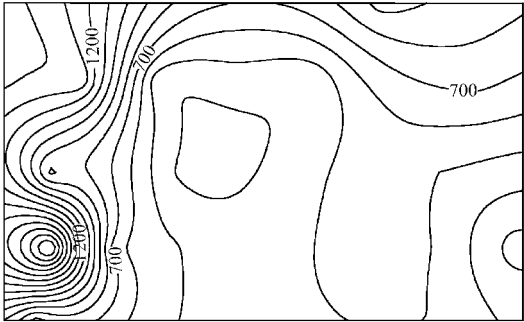


图 2 场区标高 8 m 处电导率分布(单位: $\mu\text{S}/\text{cm}$)

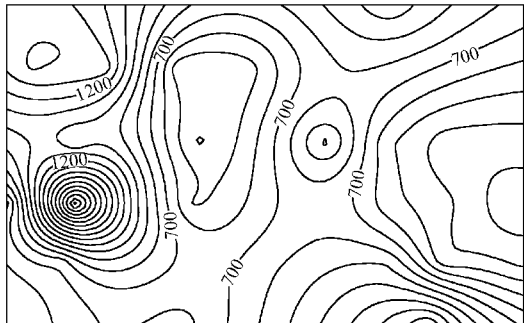


图 3 场区标高 -2 m 处电导率分布(单位: $\mu\text{S}/\text{cm}$)

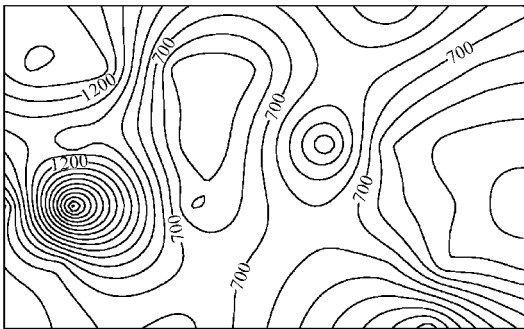


图 4 场区标高 -4.7 m 处电导率分布(单位: $\mu\text{S}/\text{cm}$)

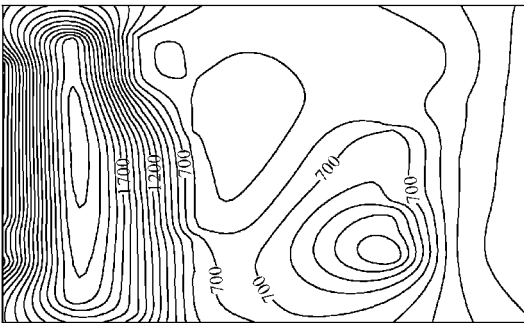


图 5 场区剖面 11 电导率分布(单位: $\mu\text{S}/\text{cm}$)

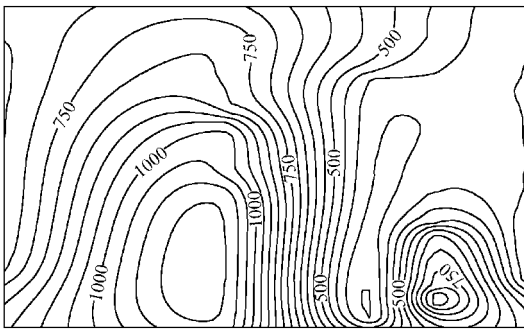


图6 场区剖面 22 电导率分布(单位: $\mu\text{S}/\text{cm}$)

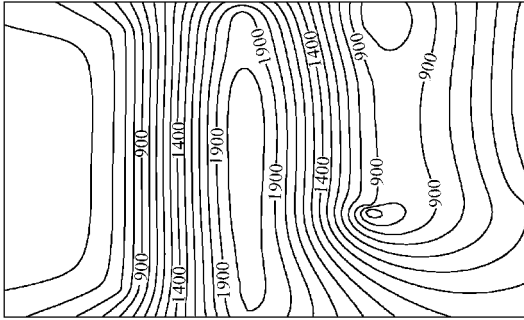


图7 场区剖面 33 电导率分布(单位: $\mu\text{S}/\text{cm}$)

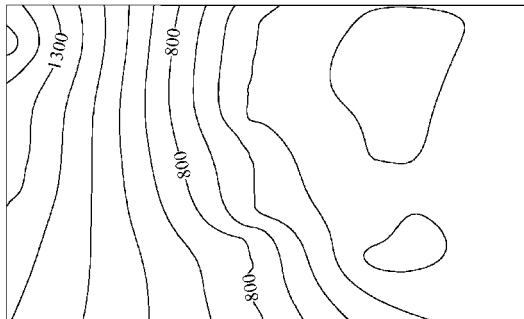


图8 场区剖面 44 电导率分布(单位: $\mu\text{S}/\text{cm}$)

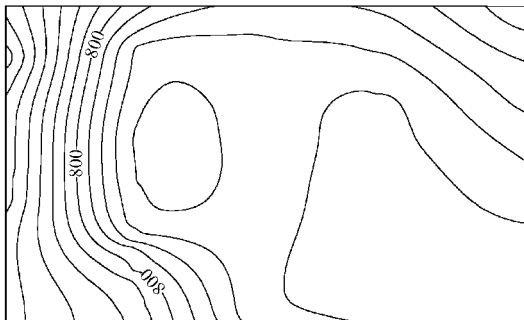


图9 场区剖面 55 电导率分布(单位: $\mu\text{S}/\text{cm}$)

由剖面 11 电导率分布图(图 5)可以看出,越靠近海岸的地方电导率越大,说明可能有海水入侵,离海较远的地方电导率较低,基本排除海水的影响。剖面 22 电导率分布图(图 6)的情况也说明了靠近海岸的电导率要高于远离海岸的电导率。由剖面 33 电导率分布图(图 7)可以看出,在钻孔 17 处发生异常,两次测量的电导率值都非常大,最大值超过 $2000 \mu\text{S}/\text{cm}$,而其他钻孔的电导率较小,怀疑可能受

到地层断裂的影响,有海水通过断裂带入侵,但是断裂带的延伸不是很远,只是个别钻孔受到影响。由剖面 44 电导率分布图(图 8)可以看出,受海水影响的钻孔的电导率要高于其他钻孔。剖面 55 电导率分布图(图 9)基本上没有出现异常,表明离海岸较远的分水岭的一侧钻孔基本不受海水的影响。

4 结 论

电导率示踪分析表明,靠近海边的地区电导率较大,该地区已经受到海水的影响,但是没有发现大面积的海水入侵现象。场区中钻孔 17 的实测电导率明显偏大,平均在 $2000 \mu\text{S}/\text{cm}$,应对此处进行详勘,以查明原因。而很多钻孔的电导率存在由浅层到深部增大的规律,怀疑受季风或潮汐的影响有海水入侵,同时由于场地的渗透性能较差,导致了海水在陆地上残留,经过地表降水的混和,在浅层产生低电导,而在平面的分布上产生离散。

通过对钻孔中电导率的测试可以对场地的电导率分布情况有一个较全面的了解,找出电导率分布异常的地段,便于进行其他方法的详勘。另外,电导率值的大小还与地下水流经地层的岩石成分有关,这有助于确定地下水渗流场的分布及变化情况,同时也可以对其他的测试方法进行检验。因此,利用地下水中电导率分布情况判断海水入侵范围的方法是一种简单经济而且较为准确的方法,水中的电导率值可以作为另一种非常好的天然参数,尤其对于海水入侵和水库渗流通道的确定具有很大的指导意义。

参考文献:

- [1] 陈建生,董海洲,凡哲超,等.示踪法对小浪底坝区绕坝渗漏通道的研究[J].长江科学院院报,2004,21(6):14-17.
- [2] 陈建生,余波,陈亮.利用地下水温度场研究江都高水河船厂段堤防的渗漏[J].岩土工程界,2002(12):37-39.
- [3] 陈建生,董海洲.井中测定流速广义示踪稀释物理模型[J].水利学报,2002(9):122-130.
- [4] 董海洲,陈建生.利用温度示踪方法探测基坑渗漏[J].岩石力学与工程学报,2004,23(6):2085-2090.
- [5] 陈建生,杨松堂,刘建刚,等.环境同位素和水化学在堤坝渗漏研究中的应用[J].岩石力学与工程学报,2004,23(6):2091-2095.
- [6] 陈建生,张发明,张虎成.龙羊峡大坝同位素示踪方法探测渗流场研究[J].河海大学学报:自然科学版,1999,27(6):1-6.
- [7] 陈建生,刘建刚.北江大堤石角堤段渗漏探测分析[J].岩土工程学报,2002,24(4):436-441.

(下转第 74 页)

项目融资的发展。另外,也可以通过职业培训的方式在当地培养一些相关技术人员和员工,这样既可以解决农村就业问题,提高人口素质,也为这些水资源开发利用项目企业提供了稳定的职工队伍^[11]。

d. 加快国家水网和电网建设,为跨流域调水和“西电东输”提供便利条件。国家不仅应在污水处理和水电建设上广泛吸引民间资本,在水网和电网建设上也应根据实际情况,吸引民间资本投资水网和电网建设,使全国各地水网和电网有机结合成统一的国家大水网和大电网,使西部丰富的水电资源和南部丰富的水资源不仅能够满足本地区经济发展的需要,也能够高效便捷地为缺水的华北和缺电的东部经济发达地区服务,提高这些地区水资源开发利用项目企业的经济效益。

e. 根据流域特点,建立统一的水务管理体制,鼓励民间资本成立集供水、发电、灌溉、污水处理于一体的大型水利水务集团企业。

4 BOT 方式进行农村水资源开发建设应注意的问题

水资源开发不同于其他建设项目,由于是基础设施项目,项目成败对社会影响大。业主(政府)必须在对投资者提供较为便利的条件时,也应在合同条款中详细提出保证要求。投资者也应根据实际情况确定切实可行的收费标准,以确保水资源开发利用项目的运行。边远农村山区及民间企业发展的不确定性将给这些地区水资源开发利用项目的建设及运行带来较大困难,业主(政府)及投资者均应充分考虑项目建设的困难性。目前,我国已将建设社会主义新农村作为振兴我国经济和实现社会和谐发展的一项重要战略来实施,在凭借 BOT 方式对社会主义新农村的水资源进行开发的同时,如何充分利用 BOT 的优点来带动农村其他行业的发展,并提高农村人口的素质,以使 BOT 水资源开发项目的综合效益实现最大化,实现农村的全面和谐发展,也是我国当前迫切需要解决的问题。另外,政府应做好我国产业布局合理规划,合理配置水资源,防止私人资本逐利行为而盲目上马一些项目,导致重复建设和破坏水环境的现象发生。

5 结 语

将国际上常用的 BOT 融资方式用于我国水资源开发利用建设是一项有益的探索,尤其是针对西部农村不发达地区中小型水资源开发利用项目的实

际情况提出以吸引国内社会资金为主的投资理念是新的探索,这既解决了由于政府建设资金不足而导致的难以建设足够数量水资源开发利用项目的投资问题,保证了这些项目的运行效果,又促进了投资者对国内情况的了解,从而有利于降低项目建设成本。因此,BOT 方式应成为我国尤其是不发达地区建设水资源开发利用项目的主要途径之一,也成为西部大开发的有力支撑之一。当然,健全的法制、完善的管理机制以及国家对投资的导向是 BOT 方式能否得以运行的关键。

参考文献:

[1] 李春.中国水资源现状[J].半月谈,2005(8):126-127.
[2] 刘宏远.以 BOT 方式兴建中小城镇污水处理厂的可行性研究[J].浙江工业大学学报,2005(4):181-183.
[3] 段力平.BOT 方式及其在我国水利水电工程建设中的应用研究[J].西北水力发电,2005(6):26-28.
[4] 侯维东.水利基本建设运用 BOT 的探讨[J].水利经济,1999(4):159-160.
[5] 章国富.积极探索水利投融资体制改革[J].水利天地,2003(2):73-74.
[6] 刘耀祥.项目融资在水利建设中的应用分析[J].水利经济,2005,23(4):85-86.
[7] 苏中原.关于对 BOT 项目“水利经济评价”的几点认识[J].西部探矿工程,2005(3):65-66.
[8] 许志云.我国水利 BOT 投资方式分析[J].山东水利,2002(12):153-154.
[9] 罗小勇.BOT 机制在水利基础设施建设中的应用[J].水利经济,2000(6):123-126.
[10] 高颖.浅谈水利水电建设项目的 BOT 融资方式[J].水利技术监督,2000(5):43-45.
[11] 吴蓬生.BOT 投资方式在我国基础产业建设中的应用分析[J].经济前沿,1999(8):37-39.

(收稿日期:2005-09-22 编辑:熊水斌)

(上接第 52 页)

[8] 刘建刚,陈建生,陈亮.综合示踪方法探测复杂堤基渗流[J].地质与勘探,2002,38(2):94-96.
[9] 成建梅,黄丹红,胡进武.海水入侵模拟理论与方法研究进展[J].水资源保护,2004(2):3-8.
[10] 荆艳东,束龙仓,李砚阁.大连沿海海水入侵与地下水位关系研究[J].水资源保护,2004(增刊):5-7.
[11] 毛昶熙.渗流计算分析与控制[M].2 版.北京:中国水利水电出版社,2002.
[12] 刘光尧,陈建生.同位素示踪测井[M].南京:江苏科学技术出版社,1999.

(收稿日期:2005-09-07 编辑:熊水斌)