

航空物探在珠海—深圳地区浅层水资源环境评价中的应用

卢建忠¹, 吴其反², 方迎尧¹, 万建华¹

(1. 中国国土资源航空物探遥感中心, 北京 100083; 2. 清华大学, 北京 100084)

摘要: 珠海—深圳地区位于广东省南部, 由于多种原因, 浅层水资源遭受严重污染, 淡水资源不足, 致使当地人民生活用水和工农业用水比较紧张, 制约着该区的经济发展。为了了解该区水资源状况, 近年来应用航空综合物探(航磁、航空电磁和放射性伽马能谱)测量技术, 快速有效地查明了该区海侵范围和浅层地下水的地质和淡水区的划分与分布, 并对地下水热源进行了预测, 为全面了解该区水资源状况提供了可靠的基础资料, 对科学地评价浅层水资源环境具有重要作用。

关键词: 航空地球物理测量; 珠海—深圳地区; 浅层水资源环境

中图分类号: P631

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2007)06-0598-07

本区地处广东南部, 濒临南海, 属亚热带气候。区内气候湿润, 雨量充沛, 多年平均降雨量 1 594 ~ 2 312 mm。河网发育, 西江、东江、北江、河溪流及潭江水系流入本区, 年径流量为 3 054.96 亿 m³。区内水库很多(据不完全统计有 77 座), 地表水资源丰富, 为地下水主要补给来源。区内地下水以松散岩类孔隙水、碳酸岩类裂隙溶洞水、基岩(块状岩类)或红层裂隙水等 3 大类型为主。松散岩类孔隙水主要分布于滨海平原的中山、新会至珠海一带, 以新生界含水砂、砾岩层为主, 水量丰富。碳酸岩类裂隙溶洞水多产于古生界碳酸岩盐类复向斜槽部地层中, 主要分布于台山至横陂、黄江至坪山一带, 但赋水性极不均匀。基岩或红层裂隙水主要分布在恩平至开平一带的中生界白垩系红层和全区块状基岩(中酸性侵入岩、火山岩)中, 富水性多属匮乏。特殊的地理位置和有利的气候条件, 致使该区成为一个富水地区。虽然本区水资源丰富, 在滨海平原区均遭受不同程度海侵及人文环境污染的影响, 地表和地下水出现不同程度的盐碱化和污染。可饮用淡水的水库和块(层)状裂隙水水源大多处于高放射性本底区的富含核素的花岗岩和火山岩地质环境中, 因此, 饮用水资源环境并不好。该区是我国经济

最发达的地区之一, 城市化、工业化快速发展, 也带来人口的剧增, 为了使该区经济可持续发展, 近年来, 应用航空物探技术, 快速地查明了浅表水资源的状况, 提供了丰富可靠的地球物理信息, 并据此对该区水资源环境进行评估[●]。

1 岩石、土壤和水体的电性及放射性特征

1.1 岩石、土壤和水体的电性特征

理论和实践证明, 航空电磁系统对于岩石、水体的响应特征主要与浅表(埋深小于 100 m)岩石、水体电阻率高低有关。一般而言, 在淡水区, 岩石电阻率随着沉积物颗粒变细而降低, 而在咸水区岩石电阻率往往与岩性结构、含水性及地下水矿化程度等因素有关。据本区电性资料, 含水性能差致密的块状岩类电阻率高, 导电性能较差; 含水性能好的松散的砂石及砂砾岩层及海相沉积物电阻率低, 导电性能良好。两者电阻率存有明显的宏观差异性。近地表含水层及地表水体的电阻率一般随着水的矿化度的增大而急剧下降, 水的矿化度与电阻率成反比关系(表 1)。该区实测的岩石、土壤和地下水的电阻率差异相当明显, 现将它们的平均值列于表 2。

从两表中可以看出, 从淡水—弱淡水—咸水—

表 1 珠海—深圳地区水的矿化度与电阻率关系

类型	水库水井水	淡水	弱半咸水	强半咸水	咸水	盐水	备注
矿化度/(g/L)	0.08~0.1	1	1~3	3~10	10~50	50	定量分析
$\rho/(\Omega \cdot m)$	100~200	6	2~6	0.7~2	0.15~0.7	0.15	小四极测定

● 吴其反, 卢建忠. 广东南部珠海—深圳地区水文环境航空物探勘查成果报告. 中国国土资源航空物探遥感中心, 2003.

收稿日期: 2007-09-01

基金项目: 国土资源大调查项目(20021141000201)资助

表 2 不同介质的电性特征与航空电磁响应对照

介质名称	地面电测 $\rho_s/(\Omega \cdot m)$	TRIDEM 系统航空电磁响应平均变化范围					
		520 Hz		2020 Hz		8020 Hz	
		$Re/10^{-6}$	$Im/10^{-6}$	$Re/10^{-6}$	$Im/10^{-6}$	$Re/10^{-6}$	$Im/10^{-6}$
淡水(<2g/L)	3.5~6	50~200	30~150	50~200	50~100	50~250	100~300
弱淡水(2~3g/L)	2~6	80~600	60~300	80~700	60~300	70~650	60~250
咸水(3~5g/L)	1~2	600~2000	300~1600	600~2000	300~1500	600~2000	300~1600
海水(>5g/L)	<1	1600~4000	400~3000	1200~4000	250~3000	1000~4000	200~2400
土壤	20~160	60~500	40~300	60~500	40~200	50~400	30~150
海积层	10~30	80~1600	50~1000	60~1500	50~1000	60~1500	40~800
沉积层	$5 \times (10^2 \sim 10^3)$	20~100	20~100	40~120	20~100	40~150	20~100
变质岩	$10^3 \sim 10^4$	40~120	20~100	20~160	20~150	20~200	20~200
火山岩	$10^2 \sim 10^3$	10~60	10~60	0~80	10~80	0~100	0~100
花岗岩	$10^3 \sim 10^4$	0~80	0~80	0~100	0~100	0~100	0~100

海水,电阻率在逐渐减小,而岩性地层从海积层—土壤—沉积层—变质层—火山岩,电阻率是逐渐增大。岩浆岩类比沉积岩类大 10~100 倍;在沉积岩中,化学沉积(如石灰石)比泥质岩、砂岩的电阻率高;变质岩的电阻率介于沉积岩与岩浆岩之间,而与其原岩性质有关;但是海积层的电阻率普遍偏低。各种水体的电阻率是最低的。

从表 2 中还可以看出,海水及咸水电磁响应最强;其次为海积层;再次为微咸水和土壤;响应最弱的为火成岩体、变质岩、沉积岩和淡水体。

上述各种不同介质的电性及响应特征表明,对固体介质(岩石和土壤)的导电性取决于其中自由电子的数量;对于液体介质(水体)的导电性取决于水溶液中离子的数量,而离子多少则与水中矿物元素的性质与浓度有关。各种介质的电阻率越大,则电磁响应值越小,它们之间基本上呈负相关关系,因此利用航空物探资料能够比较有效地圈定高矿化度低电阻率的海侵范围、划分咸淡水界线。

1.2 岩石、土壤放射性特征

(1)区内上侏罗系和下白垩系早期地层(J_3-K_1n)火山岩伽马辐射强度较高,其余沉积岩一般较低。

(2)燕山期花岗岩伽马辐射强度最高,随着岩石结构、成分和风化程度的不同,伽马辐射强度略有变化,如细粒花岗岩、中细粒斑状黑云母花岗岩大于中粗粒斑状黑云母花岗岩,新鲜花岗岩较风化花岗岩的伽马辐射强度高。但是,据岩石样品分析结果,铀、钍含量略有不同。

(3)伟晶岩脉和石英脉的伽马辐射强度,前者高于花岗岩,后者低于花岗岩。

(4)地表风化破碎带的伽马辐射强度介于风化与新鲜斑状黑云母花岗岩之间。

(5)草地及土壤等放射性较低。

通过本次野外物性测定和异常踏勘检查,对本区土壤、岩石的放射性分布特征有了初步了解和认识。

区内实测物性数据资料不但对航空放射性测量进行地质填图提供解释依据,亦对研究区水资源放射性环境评价,圈定放射性污染源提供了基础资料^①。

2 浅层和地表富水性分区

2.1 咸水区分布

珠江三角洲的前缘,曾遭受过几次大的海侵过程。该区位于濒海平原,地势平坦,局部低洼及地势较低的水系发育地段及河口、海湾地带,地下水迳流不畅,仍保留有历史残留微咸水体外,而且还受到现代海水、海潮长期侵入渗透,致使该区大面积遭受历史和现代海侵的影响,成为咸水区。通常认为咸水区的咸水程度与海侵程度关系明显,而地貌和地质水文条件对海侵程度又有明显的制约作用。就本区而言,在北部山前坡地或微高岗地和结构致密岩类为海侵程度较低区,地下水矿化度多为 3~10 g/L;南部入海口、海湾及滨海低洼地和松散砂、砂砾石类一般为海侵程度较高区,矿化度为 10~22 g/L。此处咸水区地貌总的特点是由北向南逐渐降低,水质逐渐变坏,矿化度逐渐增高。若按矿化度作为衡量的标准,通常将矿化度小于 2 g/L 的地下水划分为淡水,2~3 g/L 的地下水划分为微咸水或半咸水,3 g/L 以上的划为咸水^②。

由于咸水区的规模、厚度及水的矿化度存在着差异,一般在航空电磁场上响应出不同的异常特征。根据电磁场响应特征,相对强弱及变化程度,结合水文地质和遥感资料,并考虑飞行高度的影响,将本区细分为:重咸水区、咸水区、弱咸水区、微咸水区、上咸淡区及海水区等 6 个类型咸水区(图 1)。

● 刘英汉,张玉庆. 宝安幅、蛇口幅、深圳幅、王母圩幅(F-49-60-B/D;F-50-49-A/B)环境地质图说明书(1:5 万). 广东省地质矿产局,深圳市地质局,1985.

● 陈培虹. 珠江三角洲水文地质工程地质综合评价报告(1:20 万). 广东省地质矿产局水文工程地质二大队,1986.

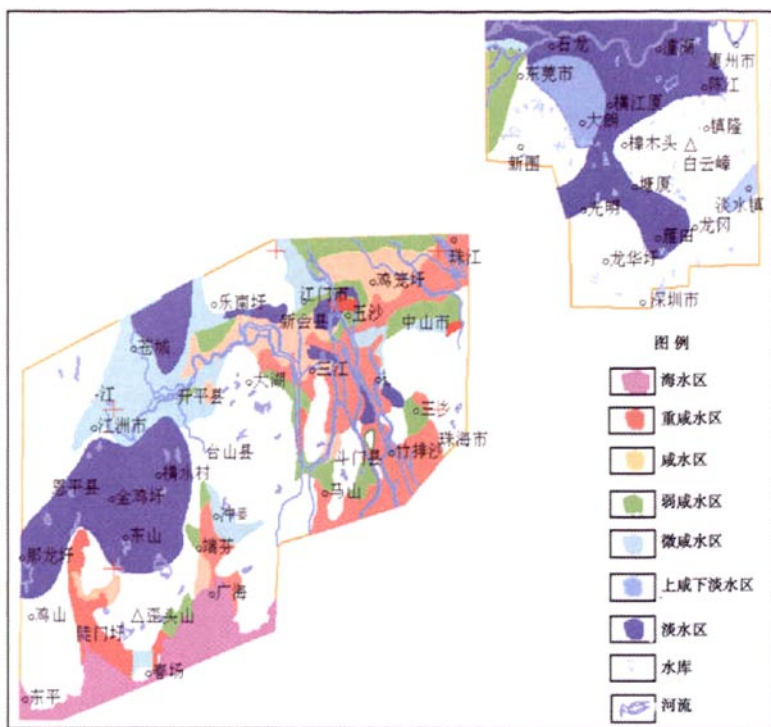


图1 珠海—深圳地区水资源环境分区

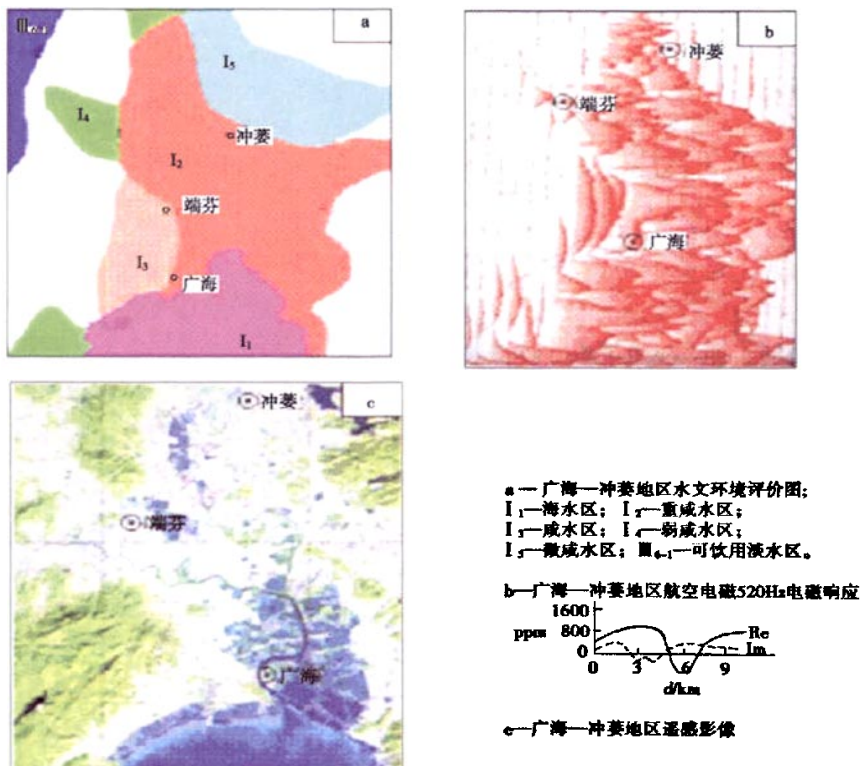


图2 广海—冲葵地区航空电磁、遥感特征与海侵程度对比

重咸水区主要分布在陡门圩、广海—冲葵、五沙—珠江、三江—竹排沙等地的海湾和入海河流发育的第四系低洼区。其航空电磁场实虚分量响应强度大,异常明显。以广海—冲葵地区为例(图2)。该区位于海湾低洼区,异常响应值范围为:520 Hz,实分量(Re)为 $(1\ 600 \sim 4\ 000) \times 10^{-6}$,虚分量(Im)为 $(200 \sim 1\ 400) \times 10^{-6}$;2 020 Hz,Re 为 $(200 \sim 3\ 600) \times 10^{-6}$;Im 为 $(200 \sim 1\ 440) \times 10^{-6}$;8 020 Hz,Re 为 $(1\ 600 \sim 4\ 000) \times 10^{-6}$,Im 为 $(0 \sim 640) \times 10^{-6}$ 。其电磁场异常响应范围与重咸水区较吻合。据遥感和地质水文资料,区内地势低,主要为含水性及渗透性能较好的全新世晚期冲积层构成。从电磁场响应特点看,3个频道响应值实分量均大于虚分量,而且低频响应值明显,与高频响应值相近。该区不但具有良导电性质,亦有一定的厚度(沉积层约15 m),为矿化度高(矿化度10~22 g/L)的地下咸水分布区。

咸水区、弱咸水区主要分布在新会、金笼圩、端芬南、陡门圩、中山、三乡、东莞和珠江以西及马山以北等地区。在航空电磁场剖面平面图上,虽响应强度较重咸水区弱,但同时又具有实分量响应异常值大于虚分量的特点。该咸水区一般与重咸水区相连,距入海主河道相对较远,受现代海侵影响较小,加之区内局部分布有块状和层状岩类,渗透性和含水性均相对较差。分析该区咸水体厚度规模较小,矿化度相对较低,航空电磁场响应强度也相对低,认为属海侵所致的弱咸水区或咸水区。

微咸水区、上咸下淡水区主要分布在开平—牛江、江门和东莞以北、冲葵、东莞—大朗、礼乐—五沙及淡水镇等地区。它们的最大特点是咸水体电磁场响应强度较小,多属低缓状,以高频实分量响应为主。3个频道响应特点:8 020 Hz 虚实分量响应值接近, $Re/Im \geq 1$;2 020 Hz 实分量大于虚分量, $Re/Im > 1$;520 Hz 实分量小于虚分量, $Re/Im < 1$ 。从地质、地形及遥感影像图分析,多位于山前地带,虽地势平坦,但相对较高,水系不发育,距入海主河道相对较远。从频率特性分析,导电异常体主要响应在高频道,低频响应不明显,认为反映了近地表导电异常体的频率特征。从咸水区所处的位置及异常体电磁场响应特征分析,上述微咸水区主要与早期海侵残留的微咸水有关。在礼乐—五沙一带为磁场与重力低区,分析地下可能由较稀疏的低密度岩层构成,具有一定的富水性,是寻找地下淡水的有利地区。推断该区可能属上咸下淡的含水区,即近地表为咸水区,深部有淡水体存在,可成为进一步开发利用的饮用

水资源。

2.2 淡水区分布

除较高电磁场响应的咸水区以外的区域为淡水区。根据航空电磁场结合区内地质构造岩性特征,在淡水区中,区分和预测富、贫淡水区。

富淡水区:富淡水区主要分布在珠海测区西部的、横陂、小东坑、大隆洞和深圳测区的下围、凤岗及雁田等地。这些富淡水区,航空伽马能谱和电磁法响应均为低场。其最大特征是,区内断裂、褶皱构造、裂隙及岩溶均较发育,具有优越的富水条件,是寻找岩溶水和构造裂隙水体的有利地区。

贫淡水区主要分布在中山、珠海、斗门、深圳、东莞及惠阳等地,一般为山区。多由比较坚硬、结构致密的层状(块状)岩石构成,为渗透性和富水性较差的贫淡水区。这些地区由于所处的地势高加之岩性致密,即便是处在海岸附近,一般也不易被海水侵入,它们一般呈高阻低导电性质的电磁场低场区,为渗透性和富水性较差的贫淡水区。

2.3 地表水体水质

河流水体主要分布在惠州—东莞和开平—新会—珠江、新会—斗门,珠海等地势较低平原区,其中流经惠州—东莞的为东江,开平—新会—珠江、新会—斗门,珠海等地位于西江、北江及潭江汇流入海处。凡江河宽度稍大些的地段均呈强电磁场反映,其航空电磁场异常响应特点具有由北向南逐渐增大之趋势,这与水体的矿化度由北向南逐渐增高的变化特点是吻合的。

区内湖泊发育,大、中、小型水库众多。从航空电磁场和伽马能谱场反映结果看,似乎绝大多数湖泊及水库水体电磁场异常响应较低,说明水的矿化度不高。但少数水库水体航空电磁场异常响应明显偏高,如潼湖、赤岗、江边、松籽坑、雁田、横岗、青竹笋、鸡山、井岸及桂南等水库。罗田、长江、周田等八座水库水体周边伽马能谱反映为高场,横岭、井面潭、浮石、上梅林、甘坑、赤奥等6座水库水体也处在伽马能谱反映的高场中,水库水质是否受到影响应进一步分析研究来确认。

3 地下热水资源的预测

珠海—深圳地区处于康氏面、莫霍面的上隆区内,推测由深部的地幔上拱造成,断裂构造发育,深断裂多为活动断裂,以断块构造为主,为形成地热田创造了有利条件。本区有许多热泉和温泉,分布在恩平、大田、台山、新洲、都斛、中山、板芙、三乡、翠亨村、坦洲、斗门及深圳、龙岗、惠州、隆溪等地区。分

析这些热、温泉所处的地质构造位置,可归纳如下:

①几乎全部都位于根据航空物探确定的断裂或断裂带附近(小于3 km),特别是与区域地质调查中确定的活动断裂密切;②它们均在燕山期侵入岩体的旁边(不超过3 km),有的就处在岩体内(如斗门、新洲等地温泉);③大多数温泉分布在以往地震活动频发地区。

根据航磁、重力资料推断该区的断裂构造、侵入岩体、基岩性质的基础上,综合分析研究了地热与以往地震震中和热、温泉分布状况的关系,预测出下述12个地热远景区:即恩平—大槐地热区、大田—良西圩地热区、白沙—金鸡圩地热区、台山—那金圩地热区、都斛—五和村地热区、中山—张家边地热区、珠海—坦洲地热区、三乡—翠亨村—下栅地热区、龙岗—坪山地热区、深圳—布吉地热区、公明—光明地热区、龙溪—潼湖地热区。

4 水资源环境综合评价

4.1 珠海区浅表水资源环境

该区为水资源丰富地区。富淡水区主要分布在珠海测区113°经度线以西,恩平—潭溪—水井圩一带的新近系和古近系、白垩系裂隙发育地带,金鸡圩附近分布的石炭系石篁子段岩溶和金鸡圩至大隆洞一带的寒武系地层断裂构造发育地段,这些地段具有富水条件,水量较大,水质较好,为水资源环境较好地区。该区位于伽马能谱低场区,水中放射性核素含量低,是可以利用和开发的地下可饮用水源。

其余距花岗岩较近,地势平坦,为河溪分布地区,如苍城、牛江及台山附近,为第四系覆盖区,虽然也具有含水性,但均位于高放射场分布区,距上游强放射性花岗岩体较近,是否受到一定程度的放射性影响,值得进一步分析研究。

江门至珠江,新会至南屏一带地势低,水系发育,水资源最丰富,主要为高电磁场响应的非饮用咸水资源区。珠海、斗门、中山等地的高山地区为低电磁场响应、高伽马能谱场的贫淡水资源区,其水源主要产于高放射性花岗岩区中,居住在这里的人长期饮用放射性核素含量较高的水,对健康程度影响,值得关注。该区局部地区地下分布有丰富的地热水资源,如雍陌、板芙及坦洲等地分布有热泉,应大力开发利用。

4.2 深圳区浅表水资源环境

该区主要由块状、层状岩类构成,整体富水性相对较差,多为基岩裂隙水的贫淡水区,水资源贫乏。以松散岩类和构造裂隙为主的富淡水资源,主要分

布在测区北部东江流域的东莞、陈江、惠州和中部的黄江—坪山一带。其中在黄江—新圩—淡水—坪山—横岗—观澜—黄江组成的闭合区域内,岩浆多次侵入喷发,小岩体多,破碎带多,岩石节理、裂隙发育,具有较好的赋水条件,表层网状裂隙水发育,赋水量较大,赋存有可开发利用的饮用淡水资源。东莞至陈江一带地势低,第四系沉积层厚,赋水条件较好,但该区近地表为微咸水区,水资源利用受到限制,地下应有赋水条件较好水量大的淡水资源。其他地区,如深圳至龙华至大岭山一带主要为块状、层状岩类,岩体多,赋水条件较差,为淡水资源贫乏区。

4.3 河流水资源环境

地表河流水源集中分布在珠海测区的新会、中山及斗门等地区。该地区位于西江、潭江入海三角洲附近,地势低。由于本区特殊的地理位置,河流水源受海水海潮影响,河水由北向南水质逐渐变差,矿化度逐渐增高,电磁场响应强度逐渐增强的特点。西江下游、潭江和惠州至东莞的东江河水大部分河段为低电磁场低矿化度的淡水资源。但近年来,沿东江的惠州至东莞江段发展建设较快,工业废水、人文垃圾已对局部河段的水质造成污染,如在惠州、企石、石龙等局部河段发现有明显的航空电磁异常。这主要与沿江人文活动频繁导致对河水环境污染所致。虽然开平西南的支流河段及其附近沿河流有放射性异常分布,惠州至东莞的东江及部分支流河水受到一定程度的污染,总的来说东江、西江和潭江河水的水质相对仍然是好的。

沿潭江上游的一些支流河道两侧出现的带状断续分布的偏高放射性本底区,这些河流均源于附近富含核素的花岗岩区,河水长年累月的活动形成了河流两岸的含有核素泥砂等的沉积、洪积物的堆积;此外,沿河居住区建筑物也多用花岗岩建材,可能由双重因素沿河流及两侧形成这类偏高放射性异常带。因此这些处于偏高本底区的河段水体,其水质受放射性物质污染程度值得进一步研究。

4.4 湖泊及水库水资源环境

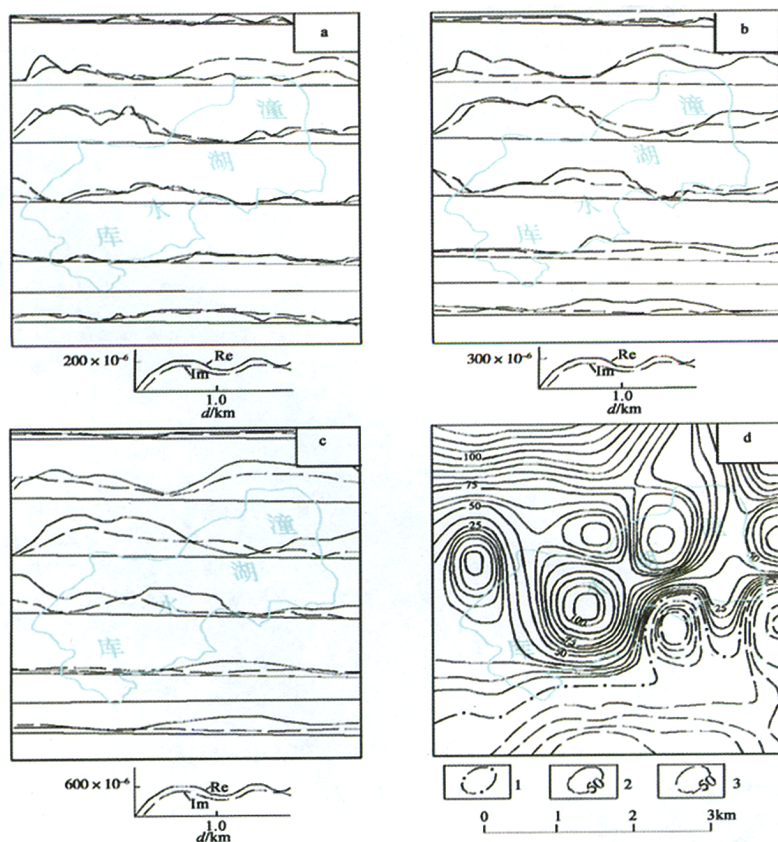
从航空电磁场和伽马能谱场在这些水库水体上反映结果看,似乎绝大多数水库水体及周边电磁场和伽马能谱场为低响应,说明水的矿化度不高,水资源放射性环境比较好。但也有少数水库水体(如潼湖、长江水库等)航空电磁场异常响应明显偏高,周边伽马能谱场为高场,水资源放射性环境可能受到影响。

(1)潼湖水库位于深圳测区北部惠州市南西约22 km,为一大型水库,范围约6 km²。从地形图和

遥感影像图上看,水库所处地势较低,呈北东向展布。在磁、电磁场上 4 条测线穿过水库水体,其中 3 条测线有低缓电磁异常响应,并有对应的航磁 ΔT 异常(图 3)。该水库水体,低频实分量一般为相对负值,随测量频率增高变为正值,而虚分量异常随测量频率增高而增大,有的先增大再减小,因此异常体属典型的导电导磁体。从异常体频率特性分析,高频反映了近地表和地表导电水体和含水综合地质

体,深部主要由导电导磁地质体引起。经实地踏勘发现水面已变小,局部库底已露出,部分水体表面植物(蓝藻)发育。分析认为该水库水体不但存有占海侵残留物,矿化度偏高,亦受到现代人文环境污染,成为氧化水,水质较差,不能作为饮用水源。

(2) 长江水库是中山市的主要饮用水源,位于中山市南东 8.7 km,为一大型水库,范围大于 5 km²。水库水体处于地势高的群山山坳、山涧中,其



a—520Hz 剖面平面图; b—2020Hz 剖面平面图; c—8020Hz 剖面平面图; d— ΔT 等值线平面图

图 3 潼湖水库航空电磁、磁场特征

周边及库底由高放射性花岗岩构成,处于高放射性本底区环境中。在航空电磁场、伽马能谱图上,水库水体均反映为低场,但周边伽马能谱为高场。从航空电磁场响应特点看, $Re/Im \leq 1$, 异常体属导电率较小的高阻水体,因此,推断该水库水质矿化度低。应该指出,虽然该水库水体为低矿化度的可饮用水源,但是水库水体长期处于高放射性岩石地质环境中,水中放射性核素含量可能偏高,水源环境较差,长期作为饮用水源值得关注。

5 浅层地下淡水资源的环境预测

根据航空电磁和伽马能谱测量成果和水文地质资料,结合地貌条件,构造及含水岩类的分布特征,进行综合分析对区内地下水质较好的水资源环境预测如下。

(1) 在深圳区内,从雁田—天堂围—塘厦—围黄—桥头—陈江的半环状宽度 3~4 km 的地区及东江流域的惠州—东莞段,地下水的水质比较好。

(2) 在珠海区 113° 以东的珠海—江门地区内有

5 片水质较好的远景区。①中山市深湾—赖家村—安吉围—麻斗站—孖子龙地区,该区为寒武系地层分布,受海侵影响不严重,放射性本底背景较低,地下水的水质应该较好,可能出水量不会太大。②斗门县月坑—沙涌—平岗—南澳—虾山所圈闭的地区,该区也是泥盆—寒武系出露区,受海侵影响不严重,放射性本底较低,推测地下水的水质较好,但水量也不会太大。③新会县三江—龙泉—南秧—睦洲—良德冲—皮子等地围起来的地区内,也同样是寒武系出露区,放射性本底不高,受海侵影响不严重,推测地下水水质较好。④在新会县城以西到大泽之间,南北宽 3~4 km 的范围,和在大泽以西到沙冲圩之间,南北宽 2 km 的范围,多为寒武系分布,推测地下水水质较好。⑤在江门市、新会县与中山市的交界地区,即四村—天成沙—特子沙—百顷—五沙—穗丰—太平—吉安—三度闸—三沙—中东村等地,推测地下水的上部可能为咸水区或微咸水区,下部为淡水分布,其水量比较大,希望优先检查验证。

对含淡水区(包括富淡水区)的水环境及水质进行了重点分析及远景预测。分布在珠海、深圳、中山、斗门、海晏、新洲、镇隆及大岭山等地中、高山区的贫淡水区,地下亦分布有可利用的淡水资源。这些淡水资源区对今后开发利用提供了有利的保证。

6 结束语

通过航空物探在深圳—珠海地区水资源环境评

价中的应用研究表明,利用航空物探资料可准确圈定海侵范围、划分咸淡水界线,对地表和地下水资源(包括地热资源)放射性环境进行评价和预测。它拓展了航空物探的应用领域,其成果不但为当地合理开发利用水资源及在水资源放射性环境方面提供重要的基础资料,对全面科学地、合理地评价浅表层水资源环境具有重要作用。

参考文献:

- [1] 杨超群、孙叶. 深圳市区域稳定性评价 [M]. 北京:地质出版社,1991.
- [2] 广东省海岸带和海涂资源综合调查大队. 广东省海岸带和海涂资源综合调查报告 [R]. 北京:海洋出版社,1987.
- [3] 全国环境天然放射性水平调查总结报告编写小组. 全国环境天然贯穿辐射水平调查研究 (1983—1990) [J]. 辐射防护, 1992, 12(2): 96.
- [4] 孟庆敏. Y11B 航空物探(电/磁)综合站西北找水初步成果 [J]. 物探与化探, 1998, 22(4): 241.
- [5] 王卫平, 王越胜. 航空电磁法在黄河口地区寻找浅层淡水的地质效果 [J]. 物探与化探, 1999, 23(2): 115.
- [5] 王卫平, 徐东宸. 航空物探综合测量在我国东部沿海地区水工环勘查中的应用 [J]. 物探与化探, 1999, 23(5): 321.
- [6] 徐东宸, 王卫平. 山东黄河口地区环境放射性辐射水平及评价 [J]. 物探与化探, 2000, 24(3): 178.
- [7] 于长春, 郭志宏, 睦素文. 航空物探领域的 GIS 开发与应用 [J]. 物探化探计算技术, 2003, 25(1): 39.
- [8] 王南萍, 黄英, 肖磊, 等. 伽马能谱测量在陆地伽马空气吸收剂量率评价中的应用 [J]. 物探与化探, 2004, 28(6): 512.
- [9] 李怀渊. 航空放射性测量在环境检测中的应用 [J]. 物探与化探, 2004, 28(6): 515.

THE APPLICATION OF AEROGEOPHYSICAL EXPLORATION TO THE EVALUATION OF SHALLOW WATER RESOURCE ENVIRONMENT OF ZHUHAI-SHENZHEN AREA

LU Jian-zhong¹, WU Qi-fan², Fang Ying-yao¹, WAN Jian-hua¹

(1. China Aero Geophysical Survey and Remote Sensing Center for Land and Resources, Beijing 100083, China; 2. Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: The shallow water resources of Zhuhai-Shenzhen area in southern Guangdong Province have been polluted heavily due to different causes. The shortage of freshwater resources has resulted in the tightness of the civil water and industrial water supply and restricted the development of industry. In order to solve the problem, the aerogeophysical survey techniques (aeromagnetic survey, airborne electromagnetic survey and airborne gamma ray survey) were applied in this area in recent year. On such a basis, the distribution of the transgression and the freshwater was detected, and the shallow water quality and the ground hot water resource potential were evaluated. The results obtained prove to be very useful in the scientific evaluation of the shallow water resource environment.

Key words: aero geophysical survey; Zhuhai-Shenzhen area; environment of shallow water resource

作者简介: 卢建忠(1952-),男,高级工程师,主要从事航空物探成果的解释及研究,曾发表论文多篇。