

柴达木盆地冲湖积平原区深部 淡水利用前景分析

王永贵¹, 李华², 马兴华¹, 贾小龙¹, 康琴³, 马国珍⁴, 黄勇¹, 贾君⁵

(1. 青海省水文地质工程地质勘察院, 青海 西宁 810008; 2. 青海省有色地质工程勘查局, 青海 西宁 810007; 3. 青海省第三地质矿产勘查院, 青海 西宁 810029; 4. 青海省国土资源厅, 青海 西宁 810001; 5. 青海省环境地质勘查局, 青海 西宁 810007)

摘 要: 柴达木盆地中部湖盐、石油和天然气化工基地淡水资源极度匮乏, 供水矛盾日益加剧, 淡水资源不足已成为制约湖盐、石油和天然气等矿产资源开发的瓶颈。根据已有勘探资料分析, 提出在柴达木盆地较大河流下游冲湖积平原浅部咸卤水分布区, 深部沿古河道存在较丰富的淡承压自流水, 具有良好的开发利用前景, 这对缓解柴达木盆地循环经济试验区湖盐、石油和天然气化工基地供水矛盾具有重要的支撑作用。

关键词: 柴达木盆地; 淡水资源; 利用前景

中图分类号: P641.72 **文献标识码:** A

柴达木盆地位于青藏高原东北缘, 为四周被阿尔金山、祁连山、昆仑山、鄂拉山等高山环抱的中新生代断陷盆地。矿产资源几乎遍布全区, 种类全、储量大、分布集中, 素有“聚宝盆”之称。该区淡水资源在平面上分布极不均匀, 尤其在盆地中部的冲湖积和湖积平原区, 浅层地下水均为咸卤水, 淡水资源极度匮乏。长期以来, 湖盐、石油和天然气化工生产及生活用水依靠冲洪积平原区水源地远距离输水, 不仅用水成本高, 而且保证程度低。淡水资源不足成为制约湖盐、石油和天然气资源开发的瓶颈。因此, 迫切需要寻找新水源, 以缓解盐化工基地的供水矛盾。已有水文地质勘探资料表明, 柴达木盆地较大河流下游冲湖积平原咸卤水分布区深部古河道存在较丰富的淡承压自流水, 这为我们寻

找新水源提供了有益启迪。为此, 笔者在已有水文地质勘探资料的基础上, 分析研究柴达木盆地深部淡水资源的利用前景, 以期为循环经济试验区合理开发利用水资源提供依据。

1 区域地质

柴达木盆地四周高山环抱, 受盆地中部的赛什腾山、阿木尼克山等山体分割, 盆地内形成了盆中有盆、盆盆相连的特殊地貌景观。宏观上, 从盆地周边山区到湖盆中心依次发育极高山、高山、丘陵、山前洪积平原、冲洪积平原、冲湖积平原和湖积平原, 沼泽、盐沼及湖沼等叠置在冲湖积平原和湖积平原之上。

收稿日期: 2010-04-02; **修回日期:** 2010-08-05

基金项目: 中国地质调查局资助项目“柴达木盆地地下水资源及其环境问题调查评价”(200210400001)

作者简介: 王永贵(1962-), 男, 青海乐都人, 高级工程师, 从事水文地质工程地质研究工作。E-mail: qhsddywyg@163.com

盆地内气候干旱,降水稀少,蒸发强烈。年降水量为16.09~189.73 mm,多集中在4~10月份,占年降水量的87%~94%,东南部都兰最高,西部冷湖最低。年蒸发量为1 973.62~3 183.04 mm,东南部低,西部冷湖最高(王永贵等,2007,2009)^①。盆地内有大小河流有79条,河流多年平均流量为132.77 m³/s,径流量为41.78×10⁸ m³/a。主要河流有那陵格勒河、格尔木河、香日德河、巴音郭勒河、塔塔陵河等。盆地内共有湖泊63个,其中平原区48个。淡水湖泊16个,平原区只有1个。

柴达木盆地周边山区以基岩为主,盆地中部平原区主要为第四系。第四系以冲积、洪积、沼泽堆积、湖积、化学沉积、风积、冰碛及冰水沉积为主,厚度大,横向变化大。在西北部的花土沟、冷湖、苏干湖等地厚度多为500~1 000 m,一里坪、马海盆地和东、西台吉乃尔等地厚度为1 000~2 000 m。东达布逊湖和西达布逊湖地区厚度大于3 000 m,是柴达木盆地最大的沉降中心。

2 区域水文地质

柴达木盆地河流从四周山区向盆地中心汇集,在山前形成大小不等的洪积扇群,堆积了巨厚的第四系,为地下水赋存和运移提供了巨大的空间场所。纵向上从山前至盆地中心,第四系岩性、岩相及沉积特点上具显明的分带性,沉积物颗粒由粗变细,并由单一卵砾石层过渡为砂砾石、砂层、粉土、粉质黏土相互叠置的多层结构。含水层系统由上游单一潜水含水层,向中游潜水与承压水含水层、下游冲湖积平原区及湖盆中心湖积平原区多层承压(自流)水含水层系统过渡。地下水矿化度由低增高,水质由好变差(李文鹏,1993;李健,2007;李文鹏等,1995,2000)。山前冲洪积平原区为单一潜水分布区,含水层厚度达220 m左右。含水介质为中—上更新统冰水相、冲洪积相含泥砂卵砾石、卵砾石及含泥砂砾石,透水性强,地下水径流通畅,补给

源丰富,单井出水量高达15 000 m³/d,矿化度为0.26~0.47 g/L,水化学类型为HCO₃·Cl-Na·Mg或HCO₃·Cl-Na·Ca型^②。最终至盆地中央现代湖泊及其周边湖积平原区地下水过渡为卤水,含水层厚度变薄,透水性变差,地下径流近于停滞,地下水矿化度高达350~383 g/L。

3 典型冲湖积平原区水文地质特征

3.1 格尔木河冲湖积平原区

格尔木河冲湖积平原后缘,上部为潜水含水层,深部为承压含水层,地下水均为淡水。潜水含水层底板埋深45 m以内,由上更新统一全新统冲积、冲湖积砂砾石、中细砂、粉砂或含泥砂砾石构成,单井涌水量为100~4 000 m³/d,水化学类型为HCO₃·Cl-Na·Mg或Cl·HCO₃-Na·Mg·Ca,矿化度为0.4~0.91 g/L。承压水含水层顶板埋深为40~170 m,厚度为25~60 m,由中—上更新统砂砾石及含砾中粗砂构成,单井涌水量为15~4 000 m³/d,矿化度一般在0.4 g/L左右,多为HCO₃·Cl-Na·Mg型水。该区承压水水头埋深为1~3 m,在青新公路以北2 km左右自流,最高水头可达+18.00 m^{③④}。

格尔木河冲湖积平原中前缘,浅部为潜水含水层,深部为两层承压水含水层。潜水和上层承压水均为咸水,下层承压水属淡水。潜水含水层厚度为3.66~39.00 m,水位埋深达3.78 m左右,矿化度为3~5 g/L。上层承压水含水层为上更新统粉砂,埋深为110~190 m,水头高+21 m,矿化度为3.45~102.06 g/L,水化学类型为HCO₃·Cl-Na、Cl-Na型。下层承压水含水层为中更新统粉细砂,埋深197~291 m,水头高达+36 m,单井出水量为26.18 m³/d,矿化度为0.66 g/L,水化学类型为HCO₃·Cl·SO₄-Na型(图1、图2、图3、表1)。

3.2 塔塔陵河冲湖积平原区

据塔塔陵河下游冲湖积平原区已有的勘探资料

①青海省地质调查院。柴达木盆地地下水资源及其环境问题调查评价报告,2006。

②青海省第一水文地质工程地质大队。格尔木幅1:20万区域水文地质普查报告,1984。

③青海省地质调查院。青海柴达木盆地南缘地下水勘查报告(都兰—格尔木地区),2001。

④青海省第一水文地质工程地质大队。格尔木东农场幅1:20万区域水文地质普查报告,1982。

可知^①，在塔塔棱河冲湖积平原区，上部潜水含水层颗粒较细，含水层岩性以淤泥、粉质粘土和粉细砂为主，地下水径流滞缓，地下水水化学类型属Cl-Na型，矿化度为2~10 g/L，局部大于100 g/L。单井涌水量小于100 m³/d，水量贫乏，水质较差。深部有4个承压自流水含水层，含水层为第四系上更新统冲湖积砾石、粗砂和粉质黏土，水头一般高出地表6~8 m。其中，第一含水层埋深为7.0~16.7 m，厚度为1.0~11.8 m；第二含水层埋深为13.2~39.0 m，厚度为4.6~11.0 m；第三含水层埋深为

20.5~69.8 m，厚度达3.0~25.7 m；第四含水层埋深为42.5~158.8 m，厚度达26.8~104.8 m。第一和第二含水层厚度较薄，富水性较差；第三和第四含水层厚度大、富水性强，单井出水量为5 273~8 276 m³/d，水化学类型以HCO₃·CL-Na·Ca型为主，水质较好，矿化度为0.297~0.363 g/L。

3.3 铁木里克河冲湖积平原区

铁木里克河下游冲湖积平原区钻孔资料表明，在260 m以内，自上至下浅部为咸潜水含水层，岩性为全新统盐层及含盐砂层，水位埋深小于1 m，

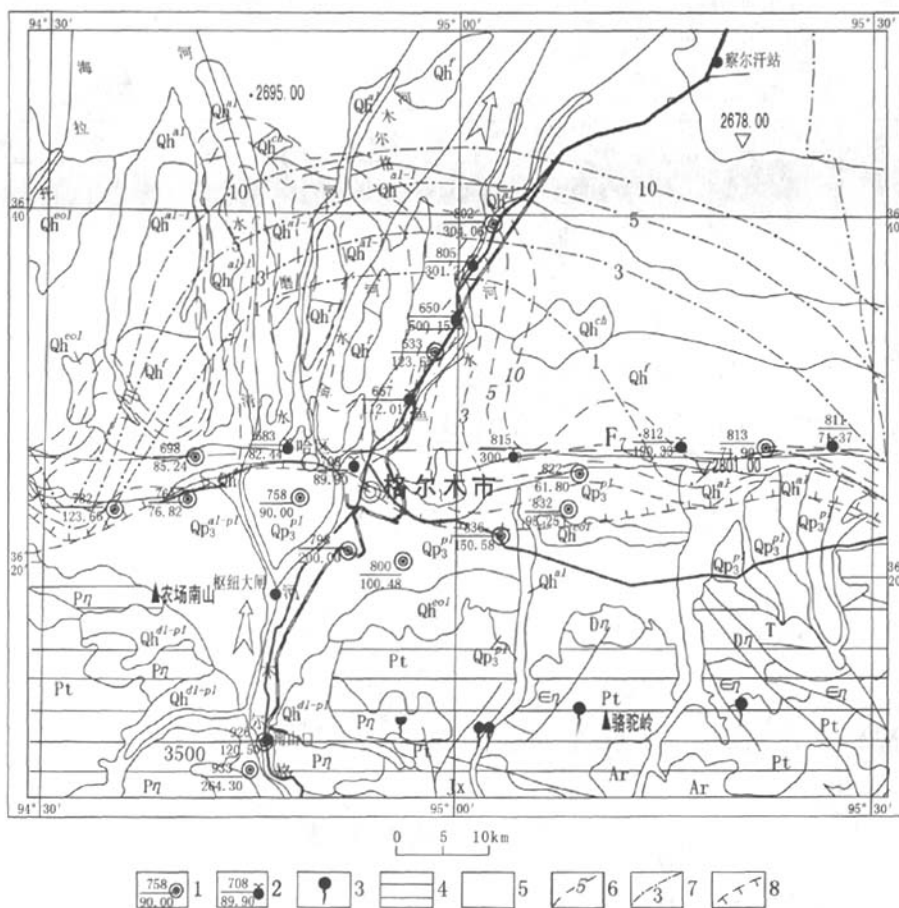


图1 格尔木河流域水文地质略图

Fig.1 Hydrogeological map of Germud river valley

1. 潜水钻孔编号/孔深；2. 承压自流水钻孔编号/孔深；3. 泉点；4. 基岩裂隙水；5. 松散岩类孔隙水；
6. 潜水矿化度等值线；7. 承压水矿化度等值线；8. 承压水界线

①青海省地质局第一水文地质工程地质队。大柴旦镇幅1:20万区域水文地质普查报告，1983。

②青海省水文地质工程地质勘察院。青海省锡铁山铅锌矿供水小柴旦湖北岸水源地水文地质勘探报告，2010。

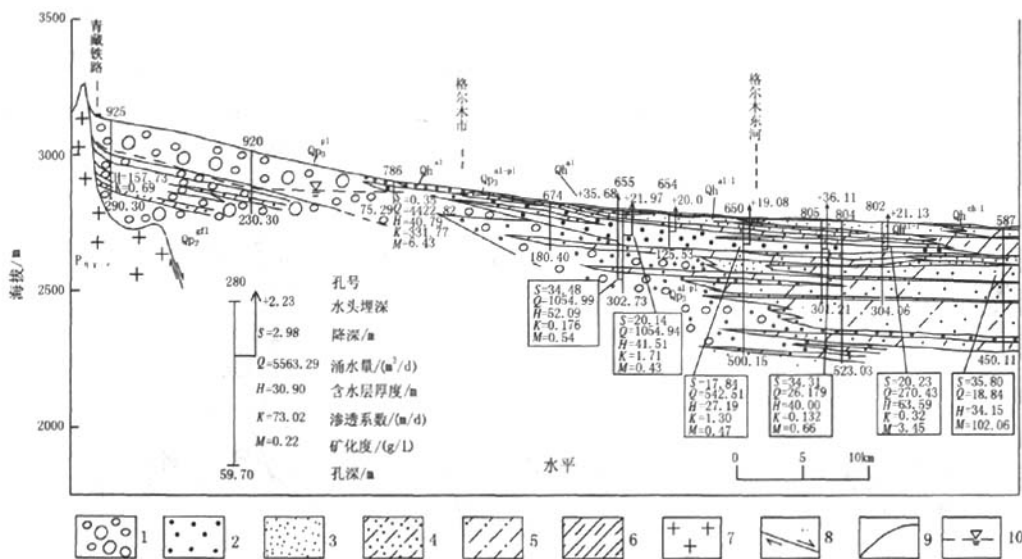


图2 格尔木河流域纵向水文地质剖面图

Fig.2 Vertical hydrogeological profile map of Germud river

1. 卵砾石; 2. 粗砂; 3. 细砂; 4. 亚砂土; 5. 粉土; 6. 亚黏土; 7. 侵入岩变质岩;
8. 正断层; 9. 地层界线; 10. 潜水位

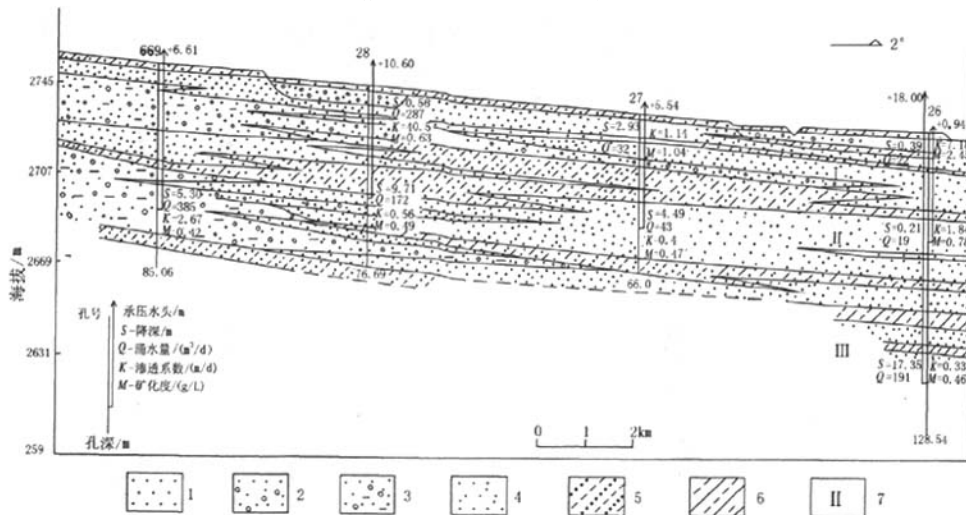


图3 清水河地区水文地质剖面图

Fig.3 Hydrogeological profile map of Qingshui river

1. 砂岩; 2. 砂砾石; 3. 含泥砂砾石; 4. 淤泥质砂层; 5. 亚砂土; 6. 亚黏土; 7. 含水岩组号

表层潜水为卤水。深部可分为3个自流水含水层：第一自流水含水层岩性为细粉砂、中细砂、含砾中粗砂和砂砾石，一般埋深为18.00~113.00 m，厚度为14.19~55.75 m，水头高+6.85~+40.91 m，自流量为1 580~3 998 m³/d，属水量丰富的自流水，水质较好，矿化度小于1 g/L，属HCO₃·Cl-Na·Mg

型水。第二、三层自流水含水层岩性为细粉砂、中细砂及含砾中粗砂和砂砾石，一般埋深88.5~260 m，含水层总厚度为57.55~82.24 m，水头高度达+62 m，单井自流量一般为1 046~2 247 m³/d，最大可达5 000 m³/d，水质较好，矿化度小于1 g/L，属HCO₃·Cl·SO₄-Na·Mg型。

表 1 格尔木冲湖积平原区钻孔资料统计一览表
Tab.1 The drilling data in alluvial-lacustrine plain

钻孔 编号	孔深 /m	含水层岩性	含水层埋 深/m	含水层厚 度/m	水位埋深 /m	地下水 类型	试段	涌水量 / (m³/d)	水化学类型	矿化度 / (g/L)
669	85.06	粉细砂、含砾中粗砂、 亚砂土与粉砂互层	43.50	23.90	+6.61	自流水	I	385.34	HCO ₃ ·Cl—Na·Mg	0.42
654	125.53	中细砂、粉砂、砂砾石 互层	44.70	71.96	+20.00	自流水	I	207.36	HCO ₃ ·Cl—Na·Mg	0.42
655	302.73	中粗砂	76.17	41.51	+21.97	自流水	I	667.87	HCO ₃ ·Cl—Na·Mg	0.43
		中细砂及含砾中粗砂	126.32	52.09	+35.68	自流水	II	95.904	HCO ₃ ·Cl—Na·Mg·Ca	0.54
805	301.21	中细砂、细粉砂	197.3	40.00	+36.11	自流水	I	26.18	HCO ₃ ·Cl—Na	0.66
650	500.15	中砂、粉细砂	99.52	27.19	+19.08	自流水	I	338.86	HCO ₃ ·Cl—Na·Mg	0.48
802	304.06	中细砂、淤泥质粉砂、 粉细砂	96.00	63.59	+21.13	自流水	I	270.43	Cl—Na	3.45
587	450.11	细粉砂与亚砂土	互层	163.20	34.15	承压水	I	18.84	Cl—Na	102.06
26	128.54	砂砾石、砂	2.01	34.65	2.01	潜水	I	22.46	Cl·HCO ₃ —Na·Mg	2.45
		粉细砂	38.20	32.49	+0.94	自流水	I	19.87	Cl·HCO ₃ —Na·Mg	0.78
		中砂、粉砂、细砂	77.70	42.16	+18.00	自流水	II	191.81	HCO ₃ ·Cl—Na·Mg	0.46
27	66	砂砾石、中细砂	1.95	8.15	1.95	潜水	I	32.83	Cl·HCO ₃ —Na·Mg	1.04
		中细砂、细粉砂	34.98	20.03	+5.54	自流水	II	43.20	HCO ₃ ·Cl—Na·Mg·Ca	0.47
28	76.69	砂砾石、中细砂	2.29	16.81	2.29	潜水	I	287.71	HCO ₃ ·Cl—Na·Mg	0.63
		砂砾石、中粗砂	44.86	25.33	+10.60	自流水	II	172.80	HCO ₃ ·Cl—Mg·Na·Ca	0.49

4 深部淡水开发利用前景分析

目前，在柴达木盆地塔塔棱河下游小柴旦湖北岸冲湖积平原区，已建允许开采量达 3.0×10⁴ m³/d 的淡承压（自流）水供水水源地一处，主要供锡铁山铅锌矿矿区生产、生活用水。在铁木里克河下游冲湖积平原区近湖地段已建有阿拉尔水源地，开采量为 241×10⁴ m³/a，开采深层自流水，主要供花土沟镇居民生活及工业用水。事实表明，冲湖积平原区深部淡承压自流水的开发利用，解决了当地湖盐、石油和天然气化工生产及生活用水困难，加快了矿产资源开发进程，促进了当地社会经济的稳步发展，社会效益和经济效益显著。另外，在那陵格勒河、巴音河、诺木洪河、托拉海河、乌图美仁河下游冲湖积平原区部分钻孔也揭露到淡承压（自流）水^{①②}

（表 2）。
从已有的钻探资料和塔塔棱河、铁木里克河下游冲湖积平原区深部沿古河道淡承压自流水开发利用的事实分析推断，柴达木盆地属封闭的内陆断陷盆地，较大河流冲湖积平原区的地质及水文地质条件相似。因此，与塔塔棱河、铁木里克河类似的格尔木河、那陵格勒河、巴音河、诺木洪河、托拉海河、乌图美仁河下游冲湖积平原区，深部沿古河道也存在质优良丰的淡承压自流水，具有很好的开发利用前景。
进一步开展冲湖积平原区水文地质勘查和研究（刘瑞平等，2009），圈定深部地下淡水开发利用远景区，并尽快开发利用深部淡承压自流水，是缓解柴达木盆地循环经济试验区湖盐、石油和天然气化工基供水矛盾的重要途径之一。

①青海省地质局第一水文地质工程地质队．那陵格勒河幅 1：20 万区域水文地质普查报告，1981。
②青海省地质局第一水文地质工程地质队．乌图美仁幅 1：20 万区域水文地质普查报告，1981。

表 2 柴达木盆地典型冲湖积平原区地下水特征表
Tab. 2 The of ground water data in alluvial-lacustrine plain of Qaidam Basin

地区	含水层			水头埋深 /m	矿化度 / (g/L)	水化学类型
	层数	层序	顶、底板埋深/m			
那陵格勒河	6	I	13.66~31.08	+4.40	14.60	Cl-Na
		II	58.97~72.62	2.31	5.71	Cl-Na
		III	87.25~135.95	1.93	0.59	Cl·HCO ₃ -Na
		IV	107.50~131.57	+10.26	0.74	Cl·HCO ₃ -Na
托拉海	4	I	7.10~24.40	2.56	2.98	Cl·SO ₄ -Na
		II	26.95~50.80	2.62	1.88	Cl·SO ₄ -Na
		III	69.00~92.59	1.65	0.84	Cl·SO ₄ -Na·Ca
诺木洪	4	I	18.49~24.99	+13.93	0.43	HCO ₃ ·Cl-Na·Ca
		II	39.49~70.40	+10.95	15.57	Cl-Na
		III	75.82~125.56	+37.39	0.39	HCO ₃ ·Cl-Na·Ca·Mg
			63.21~94.84	~+32	0.65	HCO ₃ ·Cl-Na
		IV	144.90~176.78	+32.87	0.80	HCO ₃ ·Cl-Na
巴音河	4	I	14.96~24.03	0.84	5.00	HCO ₃ ·Cl·SO ₄ -Na·Ca·Mg
		II	13.91~25.34	3.34	0.32	HCO ₃ ·Cl-Ca·Na·Mg
		III	29.50~34.45			
		IV	37.01~49.86			
乌兰	3	I	37.68~109.34	1.85	1.06	Cl·SO ₄ -Na·Mg
		I—II	88.95~97.94 98.96~200.14	15.83	0.70	Cl·HCO ₃ ·SO ₄ -Na·Ca·Mg

5 结论

柴达木盆地较大河流冲湖积平原区的地质及水文地质条件相似，在格尔木河、那陵格勒河、巴音河、诺木洪河、托拉海河、乌图美仁河下游冲湖积平原区，深部沿古河道存在质优良丰的淡承压自流水，具有很好的开发利用前景。开展冲湖积平原区的水文地质勘查和研究，开发利用深部淡承压自流水，对缓解柴达木盆地循环经济试验区湖盐、石油和天然气化工基地供水矛盾具有重要的支撑作用。

参考文献 (References):

王永贵, 李义民, 刘丽峰, 等. 对柴达木盆地形成过程的初步探讨 [J]. 青海科技. 2007, 14 (5): 24-26.
Wane Yonggui, Li Yiming, Liu Lifan, et al. Formation of the Qaidam Basin, a preliminary study [J]. Qinghai Technology, 2007, 14 (5): 24-26.

王永贵, 李义民, 陈宗颜, 等. 柴达木盆地第四纪沉积环境演化 [J]. 水文地质工程地质. 2009, 36 (1): 128-132.
Wang Yonggui, Li Yiming, Chen Zongyan, et al. Quaternary environmental evolution of sedimentary basin [J]. Hydrogeology and Engineering Geology, 2009, 36 (1): 128-132.
李文鹏. 察尔汗盐湖区晶间卤水运动规律的环境同位素研究 [M]. 天津: 天津大学出版社, 1993.
Li Wenpeng. Chaerhan yanhuqu crystal brine motion law of environmental isotope [M]. Tianjin University Press, Tianjin, 1993.
李健, 王辉, 魏丽琼. 格尔木河流域平原区地下水同位素及水化学特征 [J]. 西北地质, 2007, 40 (4): 94-100.
Li Jian, Wang Hui, Wei Liqiong. Golmud River Basin groundwater isotopic and chemical characteristics of water [J]. Northwestern Geology, 2007, 40 (4): 94-100.
李文鹏, 周宏春, 周仰效, 等. 中国西北典型干旱区地下水流系统 [M]. 北京: 地震出版社, 1995.
Li Wenpeng, Zho Hongchun, Zhou Yangxiao, et al. Hao

- Aibing. Typical Arid Region of Northwest China groundwater flow system [M]. Earthquake Press, Beijing, 1995.
- 李文鹏, 郝爱兵, 刘振英, 等. 塔里木盆地地下水开发远景区研究 [M]. 北京: 地质出版社, 2000.
- Li Wenpeng, Hao Aibing, Liu Zhenying, et al. Tarim Basin groundwater development potential areas of [M]. Geological Publishing House, Beijing, 2000.
- 刘瑞平, 朱桦, 亢明仲, 等. 大荔县地下水环境质量评价及成因浅析 [J]. 西北地质, 2009, 42 (2): 116-125.
- Liu Ruiping, Zhu Hua, Kang Mingzhong, et al. Assessment water environment quality and pollution factors for Dali County [J]. Northwest Geology, 2009, 42 (2): 116-125.

Use of Rushed Deep Lacustrine Freshwater in the Plain Area of Qaidam Basin

WANG Yong-gui¹, LI Hua², MA Xing-hua¹, JIA Xiao-long¹,
KANG Qin³, MA Guo-zhen⁴, HUANG Yong¹, JIA Jun⁵

(1. *Hydrogeology and Engineering Geological Investigation Institute of Qinghai, Xining 810008, Qinghai, China*; 2. *Company of Non-ferrous Metals Geological Engineering of Qinghai, Xining 810007, Qinghai, China*; 3. *Third Institute of Qinghai Geological Survey, Xining 810029, Qinghai, China*; 4. *Department of National Land and Resources of Qinghai, Xining 810001, Qinghai, China*; 5. *Qinghai Institute of Environmental and Geological Survey, Xining 810007, Qinghai, China*)

Abstract: Fresh water resources are lack in lake salt, oil and natural gas chemical base in central Qaidam Basin. water supply problem is very serious, which becomes a development bottleneck of lake salt, oil and gas and other mineral resources. Based on the existing exploration data analysis, we pointed out that there is abundant light flow water in shallow salt lake brine distribution region in large river basin downstream and deep ancient river channels, which has a good prospect of development and can solve the water conflict in lake salt, oil and natural gas industry base in circular economy of Qaidam Basin.

Key words: Qaidam Basin; fresh water resources; utilization prospect