

大连市滨海河谷地下水资源开发利用的可行性

王卫东, 宋庆春, 李宝兰, 巩建伟

(辽宁水文地质工程地质勘察院, 大连 116037)

摘要:大连市是我国严重缺水地区之一,至 2005 年城市缺水为 $11\ 042.5 \times 10^4 \text{ m}^3$,占需水量的 17.1%,其中大连城区(金州以南地区)缺水 $9\ 890 \times 10^4 \text{ m}^3$,占缺水量的 89.6%。开发利用滨海河谷地下水资源,建立滨海河谷型地下水库,不仅可以治理大连地区严重的海水入侵问题,增加水资源量,满足当地农业及生活用水,同时可弥补城市供水的不足。根据前人工作成果分析及野外实地勘察,大连市适于建设河谷型地下水库的滨海河谷有 22 条,建成后的总库容量 $103\ 602.9 \times 10^4 \text{ m}^3$,开采资源量 $25\ 766.88 \times 10^4 \text{ m}^3$,可增加开采资源量 $12\ 542.45 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

关键词:资源性缺水;滨海河谷;地下水资源;地下水库;大连市

中图分类号:P641.8

文献标识码:A

文章编号:1007-6956(2004)04-0268-05

1 大连市水资源现状

大连市位于辽宁省最南端,土地面积 $12\ 573.83 \text{ km}^2$,西北濒临渤海,东南面向黄海,与山东半岛隔海相对,北依东北大陆,素有“京津门户”、“东北之窗”之称,是中国北方重要的港口、工业、贸易和旅游城市。

全市多年平均降水总量约 $91.19 \times 10^8 \text{ m}^3$,蓄水工程总库容为 $22.08 \times 10^8 \text{ m}^3$,是降水总量的 24.26%^[1]。根据“大连市城市供水节水 2010 年规划”,大连市地表水资源总量 $38.1 \times 10^8 \text{ m}^3$,地下水资源总量 $8.84 \times 10^8 \text{ m}^3$,扣除地表水和地下水之间重复水量 $5.8 \times 10^8 \text{ m}^3$,则可利用的水资源总量为 $41.16 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。人均水资源占有量 697 m^3 ,仅相当于全国人均水量的四分之一,金州以南地区人均水资源占有量不足全市的四分之一,按水资源拥有量划定的类型,大连市人均占有量属极低水平,为我国严重资源型缺水地区之一^[2]。

2 大连市供水现状及供需分析

2.1 大连市供水现状

大连市城市供水以地表水为主,地下淡水

资源主要作为地方乡镇工农业用水及城市供水的补充水源,一直发挥着重要作用。截止 1998 年,大连市现有水源工程设施在正常情况下现状供水能力 $160\ 499 \times 10^4 \text{ m}^3$,其中蓄水工程 819 座,现状供水能力 $93\ 156 \times 10^4 \text{ m}^3$;提水工程 457 处,现状供水能力 $19\ 628 \times 10^4 \text{ m}^3$;引水工程 171 处,现状供水能力 $17\ 340 \times 10^4 \text{ m}^3$;地下水工程 5 457 处,现状供水能力 $30\ 375 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。长期以来,水利工程配套建设一直落后于主体工程的建设,大量工程老化失修,渠系及管道跑、冒、滴、漏现象严重,影响到整体效益的发挥,1998 年实际供水量不足现状供水能力的 75%。

2002 年全市各种水源工程总供水量 $9.28 \times 10^8 \text{ m}^3$ (不包含工业直接利用海水量 $12.42 \times 10^8 \text{ m}^3$),其中地表水源(提水工程、引水工程、蓄水工程)供水量 $7.31 \times 10^8 \text{ m}^3$,占 78.7%,地下水源供水量 $1.95 \times 10^8 \text{ m}^3$,占 21.1%;中水回用、海水淡化合计供水 $0.02 \times 10^8 \text{ m}^3$,占 0.2%。供水组成及用水结构见图 1 和图 2(不含利用海水量)。

2.2 水资源供需分析

根据大连市计划委员会 2001 年编制的《大连市“十五”水资源保证规划》,大连市现状供水

收稿日期:2004-07-10

基金项目:中国地质调查局地质调查项目(200112400002)

作者简介:王卫东(1962-),男,高级工程师,长期从事水文地质工程地质环境地质的实际和研究工作,电话:0411-86876528;E-mail:wweidn9661@sina.com。

能力(包括中水回用及海水淡化) $160\,534.5 \times 10^4 \text{ m}^3$,其中城市供水能力 $53\,348.5 \times 10^4 \text{ m}^3$,农业

供水能力 $107\,186 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。21 世纪初期大连市水资源静态供需平衡见表 1。

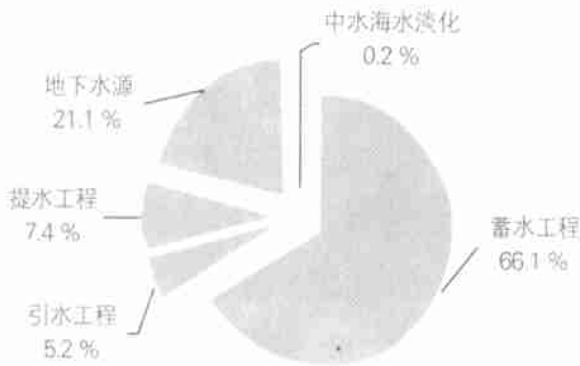


图 1 大连市供水结构示意图

Fig. 1 Schematical map showing the water supply for Dalian City

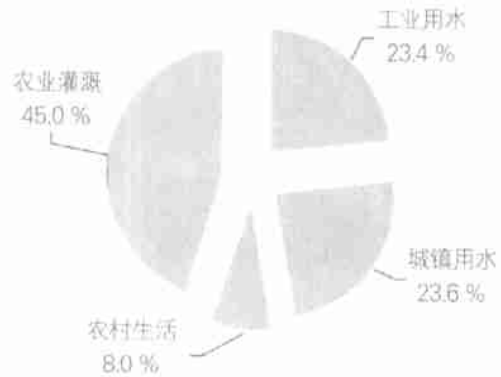


图 2 大连市用水结构示意图

Fig. 2 The schematical map showing the water application for Dalian City

表 1 大连市 21 世纪初期水资源静态供需平衡表($\times 10^4 \text{ m}^3$)

Table 1 Water resource budget at the beginning of the 21th century for Dalian City ($\times 10^4 \text{ m}^3$)

年份 \ 行政区	供水类别	全 市	金州以南地区	瓦房店市	普兰店市	庄河市	长海县
现状供水能力	合计	160 534.5	61 456	27 743	27 261	43 749	325.5
	城市	53 348.5	45 353	4 655	2 225	1 050	65.5
	农业	107 186	16 103	23 088	25 036	42 699	260
2005 年需水量	合计	148 304	69 449	22 265	21 888	34 383	319
	城市	64 391	55 243	4 060	2 829	2 175	84
	农业	83 913	14 206	18 205	19 059	32 208	235
2005 年余缺量	合计	12 230.5	- 7 993	5 478	5 373	9 366	6.5
	城市	- 11 042.5	- 9 890	595	- 604	- 1 125	- 18.5
	农业	23 273	1 897	4 883	5 977	10 491	25
2010 年需水量	合计	159 281	76 446	23 839	22 985	35 625	386
	城市	76 132	62 536	5 157	4 537	3 786	116
	农业	83 149	13 910	18 682	18 448	31 839	270
2010 年余缺量	合计	1 253.5	- 14 990	3 904	4 276	8 124	- 60.5
	城市	- 22 783.5	- 17 183	- 502	- 2 312	- 2 736	- 50.5
	农业	24 037	2 193	4 406	6 588	10 860	- 10

根据静态供需平衡分析,按现有供水能力,农业供水除长海县因海岛独特的地理条件限制,2010 年供水不足外,其它各行政区总体不缺水。城市供水除瓦房店市 2005 年基本均衡外,城市供水均处于缺水状态:2005 年城市缺水 $11\,042.5 \times 10^4 \text{ m}^3$,占需水量的 17.1%,其中大连城区(金州以南地区)缺水 $9\,890 \times 10^4 \text{ m}^3$,占缺水量的 89.6%;2010 年城市缺水 $22\,783.5 \times 10^4 \text{ m}^3$,占需水量的 29.9%,大连城区(金州以南地

区)缺水 $17\,183 \times 10^4 \text{ m}^3$,占缺水量的 75.4%。

根据上述供需平衡分析结果,21 世纪初期大连城市将面临供水缺乏危机,这势必会影响和制约大连建设现代化国际城市的步伐和地区国民经济的发展。因此,在建立一个高效、合理的节水型城市用水系统的基础上,必须开发新的供水水源。

由于大连地区水资源条件和地理环境限制,建设大中型地表水源地和地下水源地的可

能性均较小,解决城市供水的根本出路是跨流域调水。辽宁省政府已经批准大连市引大连和丹东交界处的大洋河水计划,调水量每年 $7.0 \times 10^8 \text{ m}^3$, 预计 2010 年后实施。在该工程实施前,城市供水规划主要依靠大力挖掘节水潜力,增加海水、中水利用,调整农业开采布局以保证城市供水(2002 年开始,为保障城市供水,庄河、英那河、湖里河河谷等原以地表水为主要水源的水稻产区已改为旱田)等措施弥补供水不足。由于现状供水系统的供水能力不足,城市供水依旧十分紧张,因此,有必要通过开发利用滨海河谷地下水资源,建立滨海河谷型地下水库。这样不仅可以治理大连地区严重的海水入侵问题,增加水资源量,满足当地农业及生活用水,同时可弥补城市供水的不足。

3 滨海河谷地下水资源开发的可行性

(1) 第四系含水层主要沿河流分布,在河流主流线的沟谷中,地下水较丰富,由于地下水开采易引起海水入侵,因此研究程度和开发程度均较低。滨海河谷区具有地形坡降大,径流途径短等特点,大量降水没有得到储存和利用,还有较大的开发利用潜力。因此,可以根据河流流域地质条件,选择含水层较稳定,有理想的隔水底板,且补给资源丰富、入渗条件较好的河谷区,通过必要的工程手段,建立滨海河谷地下水库,从根本上解决沿海的海水入侵问题。同时大量增加地下水资源量,以缓解沿海地区城市和农业用水问题。

(2) 大连市多年平均径流量 $34.82 \times 10^8 \text{ m}^3$, 入境地表客水量 $5.55 \times 10^8 \text{ m}^3$, 而地表蓄水工程总库容量 $22.08 \times 10^8 \text{ m}^3$, 仅相当于多年平均径流量和入境地表客水量的 50%, 大量地表径流沿滨海河谷排泄入海,没有得到利用;河谷第四系含水层受沉积条件的影响,一般含水层盖层较薄,主要为砂性土,渗透能力较强,有些河谷的含水砂层与河床直接联通,成为补给地下水的“天窗”,这对河流径流的入渗补给十分有利;因此,开发利用滨海河谷地下水有很好的补给

资源保障。

(3) 第四纪地层主要沿沟谷分布,厚度一般小于 20 m,含水层颗粒较粗,主要为砂砾石和中粗砂,有着较大的地下储水空间,储水条件优越;基底岩石一般为石英岩、板岩、混合岩等,是理想的隔水底板;河流入海口是其唯一径流排泄通道,构成相对独立的水文地质单元,具备建立河谷型地下水库的条件。

(4) 河谷型地下水库在一定工程技术条件下能最大限度地获取水资源,并具有不占地、不动迁、周期短、水资源调节作用强、改善流域生态环境、防止海水入侵、提高防洪能力等优势,达到了资源开发和环境效益的统一,现在已具有完善的施工手段和成功的工程范例。如 2000 年以来,已建成 3 座小型(流域面积小于 100 km^2)地下水库,即大连市旅顺口区三涧堡地下水库(尖包河)、大连市旅顺口区龙河地下水库(龙河)和长海县大长山岛三官庙地下水库;完成前期勘察的 2 座,即大连经济技术开发区的青云河地下水库和大连市旅顺口区龙王塘地下水库。

4 滨海河谷供水潜力分析

经过调查分析,大连地区具备建设河谷型地下水库的滨海河谷有 22 条(见表 2)。按照地下水库的开采思路,采用地下水均衡方法计算这 22 条滨海河谷地下水库总库容量 $103\ 602.9 \times 10^4 \text{ m}^3$, 多年平均地下水总补给量 $41\ 477.66 \times 10^4 \text{ m}^3$, 总开采资源量 $25\ 788.88 \times 10^4 \text{ m}^3$, 可增加开采资源量 $12\ 542.45 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。滨海河谷型地下水库工程截断了海水入侵和地下水排泄通道,既可有效防止海水入侵和地下水咸化,又可大量增加地下水补给量和开采资源量。通过地下水库库容的调蓄,促进“三水”转化和合理的开发,从而使地下水开采资源量得以不断增加。

5 滨海河谷地下水资源利用方案探讨

文中选定 22 条具备建设河谷型的地下水库

王卫东.“中国大连市旅顺口区三涧堡地下水库可行性研究报告”.中日地下水库建设技术交流研讨会(大连)交流材料,2000 年 2 月.

滨海河谷控制流域面积 9 847.9 km², 占大连行政区面积 12 478 km² 的 78.9%, 可以说控制了大连市大部分地区。由于辽东半岛独特的地理环境, 大连地区滨海河谷一般规模较小, 且由于水资源贫乏, 大部分河流中上游已经建立了地表水库, 所说的地下水水库库区主要指流域地表水库下游的河谷第四系分布区, 它的分布面积不大, 沿河谷呈带状分布, 开采资源量受补给条件影响, 季节性变化较大, 因此, 这些河谷区不具备建设大型集中开采水源地的条件。但是, 这些地下水水库建成后, 多年平均总开采资源量

25 788.88 × 10⁴ m³ 和可增加开采资源量 12 542.45 × 10⁴ m³ 分别相当于大连地区现状地下水水源供水量 1.95 × 10⁸ m³ 的 132% 和 64%, 其资源效益是十分巨大的。

这些河谷区最佳地下水开采方式是进行地表水地下水联合开发调度, 按河谷流域比较理想的模式是上游植树造林建设“绿色水库”, 涵养水源; 中游修建地表水库拦蓄地表水; 下游河口附近修地下帷幕拦蓄地下水, 建设地下水水库, 充分利用水资源^[3]。

表2 大连市宜建滨海河谷型地下水水库及资源量统计表

Table 2 The localities suitable for construction of ground water reservoirs and resource volume

地下水名称	流域面积 (km ²)	库区面积 (km ²)	含水层厚度 (m)	库容量 (×10 ⁴ m ³)	补给量 (×10 ⁴ m ³)	开采资源量 (×10 ⁴ m ³)	可增加开采量 (×10 ⁴ m ³)	备注
浮渡河	474	61.5	3.0~20.0	10 465	2 225.1	1 557.6	524.0	
地窖河	112	9.5	1~8	513	253.5	240.8	120.8	
湖里河	440	64.5	1.5~10	4 412	3 029.5	1 514.8	912.3	
英那河	1 004	59.0	2~10	5 310	5 432.8	2 716.4	1 869.6	
庄河	618	87.5	2~8	7 560	4 691.5	2 345.8	1 068.3	
碧流河	2 814	120	3~8	9 720	5 706.6	2 853.3	1 320.3	
复州河	1 638	205	2~15	23 985	5 533.1	3 873.2	1 099.2	
红崖河	109	35	2~8	2 205	548.6	493.7	373.7	
苇套河	201	40.5	1~10	2 187	826.5	702.5	470.5	
永宁河	158	22.0	1~8	1 386	525.0	472.5	87.5	
赞子河	211	42.5	1~7.5	2 677.5	1 183.5	887.6	285.3	
鞍子河	140	13.5	1~7	850	290.2	275.7	170.7	
清水河	226	22.5	1~8	1 575	776.7	699.0	242.7	
大沙河	964	172.5	3~15	18 975	5 730.5	3 151.8	1 618.8	
登沙河	229	45	3~8	4 050	1 339.0	1 004.2	148.2	
旗杆河	51.7	18.5	3~8.2	1 850	390.8	371.2	288.3	
青云河	121	14.8	4~8	817.99	595.48	595.48	471.68	完成前期勘察
三十里堡河	157	39.5	3~15	4 225	1 392.4	1 272.4	822.8	
尖包河	93.4	26.09	1~15	614.2	651.02	500.0	447.5	已建成
龙王塘河	53.4	0.96	1.0~8.1	74.85	70.14	70.14	48.14	完成前期勘察
龙河	30.5	8.5	0.8~5.7	86.5	231.7	127.75	127.75	已建成
三官庙	2.7	1.94	0.8~13.0	63.81	54.02	41.01	24.38	已建成
小计	9 847.9	1 110.79		103 602.9	41 477.66	25 766.88	12 542.45	

具体开采方案可采用如下方式: 1) 小型河谷地下水水库就近用于当地农业开采和小城镇供水; 2) 较大型河谷地下水水库, 在满足当地农业和小城镇用水外, 尚有较大的供水潜力, 应通过上游以城市供水为主的地表水源(地表水库)进行地下水和地表水联合调度, 将地表水库作为储

存库, 以供应城市用水; 3) 由于大连滨海河谷区第四纪地层厚度较薄(一般小于 20 m), 因此, 应以集水廊道、渗渠、集水井相结合的取水工程, 人工控制含水层面状水位, 季节性调节地下水开采量, 在雨季前和雨季扩大开采, 腾出地下库容, 增加地下水的补给能力和含水层库容的调

节能力;4)对相对较大的河流,在水资源比较丰富时,可以进行地表水与地下水的多级开发,沿河谷建立多道地表和地下拦水工程。通过上述开采方式,考虑首先满足当地农业及小城镇供水的前提下,可用于城市补充供水的地下水资源量至少为 $1.0 \times 10^8 \sim 1.1 \times 10^8 \text{ m}^3$,可很大程度的缓解大连城市供水的紧张状况。

6 小结

建设滨海河谷型地下水库,既可防治海水入侵和地下水咸化,又可以大量增加地下水补

给量和开采资源量,对于大连市这样严重缺水的滨海地区,具有极大的资源、社会和经济效益。

参考文献:

- [1]大连市地方志编纂委员会办公室. 大连市志(自然环境志、水利志)[M]. 大连:大连出版社,1993.
- [2]王茂军,张学霞,盖美,等. 21世纪初大连市水资源供需保障与解决途径研究[J]. 地域研究与开发,2001,3(20):65-68.
- [3]赵天石. 关于地下水库几个问题的探讨[J]. 水文地质工程地质,2002,(5):65-67.

The Feasibility of Exploitation and Application of Groundwater Resources in the River Valley of the Coast Zone in Dalian City

WANG Weidong, SONG Qingchun, LI Baofan, GONG Jianwei

(Liaoning Hydrological and Engineering Geological Prospecting Academy, Dalian 116037)

Abstract: Dalian City is one of the serious water deficit cities in China. Till 2005, the city water supply will be short of $11\,042.5 \times 10^4 \text{ m}^3$, accounting for 17.1% of the total amount of demand, in which the urban district of Dalian (south of Jinzhou Town) water supply is short of $9\,890 \times 10^4 \text{ m}^3$, that accounts for 89.6% of the total. Exploitation and application of groundwater resources from the river valleys in the coast zone and construction of the ground water reservoirs of coastal river valley type would not only add water resource to meet the need in agricultural irrigation and life water supply, but also prevent the serious seawater encroachment in Dalian City. According to the comprehensive research and the field reconnaissance in Dalian district region, it is suitable for Dalian to build 22 coastal river valley type reservoirs. Then the total capability of the groundwater in the reservoirs would be $103\,602.9 \times 10^4 \text{ m}^3$, and the exploitation quantity would be $25\,766.88 \times 10^4 \text{ m}^3$.

Key words: resources water shortage; coastal river valley; groundwater resources; groundwater reservoir; Dalian city