

塔里木河干流水质矿化度换算方法研究*

季 方 马英杰 樊自立

(中国科学院新疆生物土壤沙漠研究所, 乌鲁木齐 830011 E-mail: bsdr @ ms. xjb. ac. cn)

摘要 受人类活动的影响, 塔里木河干流水质盐化不断增加, 有必要寻求一种快速简便的方法进行水质矿化度的监测. 从已采集的 100 个不同类型水样所得到的分析结果看, 其矿化度数值变化范围大, 而且水化学类型多样. 由于在本区域内水样的水化学类型随着电导率和矿化度的升高, 其离子组成有一定的变化规律, 因此将电导率测定数值划分成 3 个区间, 进行电导率与矿化度的回归分析, 同时考虑矿化度和水化学类型. 水样的电导率与矿化度回归分析表明, 在 3 个区间内所有回归方程式均在 0.01 水平上高度显著, 并且电导率与矿化度密切相关. 所以, 在塔里木河干流区域可以用电导仪进行水样的电导率快速测定, 然后用电导率进行矿化度的换算, 其结果是可靠的.

关键词 电导率, 矿化度, 水化学类型, 换算方法, 塔里木河干流.

Study on Conversion Method of Water Mineralization in the Main Stream of Tarim River

Ji Fang Ma Yingjie Fan Zili

(Xinjiang Institute of Biology, Pedology and Desert Research, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011

E-mail: bsdr @ ms. xjb. ac. cn)

Abstract The analytical results of water samples in the main stream of Tarim River showed that the changeable range of mineralization is wide and chemical type of water is various. As chemical types of water existed change to some degree with degree of mineralization rising, after values of electric conductivity (Y) are divided into 3 intervals ($0 < Y < 2\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$, $2 \leq Y \leq 5\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$, $5\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1} < Y$), the concentration of mineralization and chemical types of water were involved. The results of regression analysis to electric conductivity and mineralization showed that it is reliable for mineralization of water samples to be calculated with electric conductivity in studied area.

Keywords electric conductivity, mineralization, chemical types of water, conversion method, Tarim River.

塔里木河干流位于塔里木盆地北部, 全长 1321km. 近年来, 受人类活动的影响, 塔里木河水质盐化不断增加, 在 1991 年全年监测中, 塔里木河干流阿拉尔站全年河水矿化度均大于 $1\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$, 其中 4、9、11 月已高于 $5\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

目前, 虽然各观测站都采集了大批水样, 由于用化学方法进行水质矿化度的分析速度慢, 费时费工, 因而现在仅间断进行一些水质矿化度的分析. 利用电导法进行水质矿化度的分析快速简便, 对此已有报道^[2,3], 对土壤可溶盐的分析也可用电导法^[4,5]. 但这些报道均指出电导

率与水质矿化度(含盐量)的关系随水化学类型(盐分类型)、矿化度(含盐量)大小而变化, 所以要确定一个区域电导率与水质矿化度的关系, 必须利用不同水化学类型和矿化度的样品建立回归方程, 检验它的可靠性, 才能利用电导率进行矿化度的换算.

* 国家“九五”科技攻关项目(The National Key Science and Technology Project During Ninth Five-Year Plan Period)
编号: 96-912-02-02

季方: 男, 40 岁, 副研究员

收稿日期: 1998-02-04

1 样品类型和分析方法

1.1 样品类型

所采集的样品类型包括河水、水库水、农田排水、地下水,河水来自 5 个水文观测站,水库水来自沿河 9 个平原水库,农田排水来自 3 个总干排,地下水主要来自英巴扎沿河横断面的观测井.水样矿化度变化范围 $0.204\text{--}22.712\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$.

1.2 分析方法

水样矿化度采用 $105\text{--}110^{\circ}\text{C}$ 烘干干涸残渣值,8 大离子采用常规化学分析方法.电导率采用 CM-20S(日本产)电导仪测定(25°C 时).

2 水样电导率与矿化度的换算方法分析

水溶盐具有导电作用,其导电能力的强弱,可用电导率表示.在一定浓度范围内,含盐量愈高,电导率也愈大.因此水样电导率的数值能反映含盐量的高低^[5].由于电导率不能反映混合盐的组成,要用电导率来反映矿化度,必须先配置出不同浓度不同盐分类型的一系列混合溶液,测定其电导率后,绘制成电导率-矿化度的关系曲线,或者在研究区域内采集大量不同盐分类型和不同浓度的样品,在分析数据基础上,进行统计分析,然后绘制出电导率-矿化度的关系曲线,这无疑大大增加了工作量.与此同时,要用电导率进行水样矿化度的换算,还必须知道水样的盐分类型,这也增加了快速测定的困难.

在塔里木河干流区域,河水的矿化度和盐分类型在不同的时间变化是很大的,见表 1.在短短的 3 个月中,阿拉尔站 06-15 河水矿化度最高为 $4.256\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$,是 8 月份的 5.2 倍;新齐满站 06-03 最高达到 $8.915\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$,是 8 月份的 10 倍;英巴扎站 06-02 为 $7.165\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$,是 8 月份的 8.3 倍;而卡拉站在 07-15 为 $4.924\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$,是 8 月份的 5.7 倍.除此之外,盐分类型在这 3 个月中也在不断变化.由于塔里木河干流区域河水的矿化度和盐分类型变化很大,这造成以河水为源流的水库水和以河水渗漏补给为

来源的地下水其矿化度和盐分类型也会发生变化.所以,在此区域内,用电导仪进行水样的连续测定,将电导率换算成矿化度,既要考虑盐分类型,又要考虑矿化度的浓度,在实际操作中是难以实现快速测定的.

表 1 塔里木河干流 4 个水文观测站 1997-06~08 河水矿化度和水化学类型变化

站名	取样日期/年-月-日	矿化度/ $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	水化学类型
阿拉尔	1997-06-06	0.884	Cl-SO ₄ -Na
	1997-06-15	4.256	Cl-SO ₄ -Na
	1997-07-14	0.864	Cl-SO ₄ -Na
	1997-08-15	0.820	SO ₄ -HCO ₃ -Ca-Mg
新齐满	1997-06-03	8.195	Cl-Na
	1997-06-14	2.312	Cl-SO ₄ -Na
	1997-07-12	1.700	Cl-SO ₄ -Na
	1997-08-17	0.888	Cl-SO ₄ -Na
英巴扎	1997-06-02	7.165	Cl-SO ₄ -Na
	1997-06-19	2.016	Cl-SO ₄ -Na
	1997-07-17	1.052	Cl-SO ₄ -Na
	1997-08-17	0.864	Cl-SO ₄ -Na
卡 拉	1997-06-18	2.008	Cl-SO ₄ -Na-Mg
	1997-07-15	4.924	Cl-SO ₄ -Na
	1997-08-15	1.016	Cl-SO ₄ -Na

从目前塔里木河干流所采集的 100 个水样,其电导率、矿化度和水化学类型分析结果看(见表 2),电导率和矿化度很低的水样,在离子组成中 HCO₃⁻ 的 mmol% 值高,随着电导率和矿化度的升高,Cl⁻ 和 SO₄²⁻ 的 mmol% 成为主要的成分.这也就是说在塔里木河干流水样电导率和矿化度浓度由低到高的变化中,盐分类型也存在一个大致の変化趋势.这样只要将水样的电导率数值由低到高划分成几个区间,进行电导率和矿化度的回归分析,实际上已经考虑了盐分类型和矿化度浓度变化.

表 2 包括了各类水样的矿化度和电导值测定结果.从水样矿化度浓度和水化学类型 2 方面的变化考虑,可将水样电导率划分为 3 个区间,即小于 $2\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ 、 $2\text{--}5\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ 和大于 $5\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$.对水样的电导率和矿化度按所划分的 3 个区间进行直线回归分析,可得到表 3.

表 2 塔里木河干流不同水样的电导值、矿化度和水化学类型

水样类型	电导值 $Y/\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$	矿化度 $X/\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	水化学类型	水样类型	电导值 $Y/\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$	矿化度 $X/\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	水化学类型
河水	0.30	0.220	$\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca-Mg-Na}$	地下水	3.44	2.132	$\text{SO}_4\text{-Cl-Na-Mg}$
河水	0.33	0.204	$\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$	河水	3.56	2.312	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na}$
河水	0.34	0.224	$\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca-Mg}$	地下水	3.72	2.512	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na}$
河水	0.36	0.232	$\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca-Mg}$	地下水	3.74	2.668	$\text{SO}_4\text{-Cl-Na-Mg}$
河水	0.39	0.252	$\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca-Mg}$	地下水	3.97	2.512	$\text{HCO}_3\text{-Cl-Na-Mg}$
河水	0.39	0.236	$\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$	地下水	3.98	3.036	Cl-Na-Ca
河水	0.40	0.232	$\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca-Mg-Na}$	地下水	4.00	2.860	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na}$
河水	0.41	0.272	$\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Ca-Mg}$	水库水	4.18	2.720	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na-Mg}$
河水	0.42	0.244	$\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca-Mg-Na}$	水库水	4.30	2.856	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na-Mg}$
河水	0.49	0.308	$\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca-Mg-Na}$	农排水	4.54	2.872	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na}$
水库水	0.57	0.360	$\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Na-Mg-Ca}$	水库水	4.61	3.184	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na-Mg}$
地下水	0.60	0.400	$\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Mg-Ca}$	水库水	4.62	3.064	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na-Mg}$
水库水	0.80	0.508	$\text{SO}_4\text{-Cl-Mg-Na-Ca}$	地下水	5.44	4.012	$\text{SO}_4\text{-Cl-HCO}_3\text{-Na-Mg}$
水库水	0.95	0.604	$\text{SO}_4\text{-Cl-Ca-Mg}$	地下水	5.67	4.020	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na}$
地下水	1.08	0.764	$\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca-Mg}$	农排水	6.14	4.552	$\text{SO}_4\text{-Cl-Na-Mg}$
河水	1.20	0.716	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na}$	河水	6.29	4.256	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na}$
地下水	1.31	0.848	$\text{HCO}_3\text{-Cl-SO}_4\text{-Na}$	地下水	6.60	6.004	$\text{SO}_4\text{-Cl-Mg-Ca-Na}$
水库水	1.32	0.888	$\text{SO}_4\text{-Cl-Na-Mg}$	地下水	6.67	5.072	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na-Mg}$
水库水	1.39	0.860	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na-Mg}$	地下水	6.91	6.224	$\text{SO}_4\text{-Cl-Mg-Na-Ca}$
河水	1.41	0.876	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na}$	地下水	7.04	4.604	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na}$
河水	1.44	0.864	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na}$	河水	7.15	4.924	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na}$
河水	1.44	0.864	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na}$	地下水	7.47	5.508	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na-Mg}$
地下水	1.44	0.960	$\text{Cl-SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Na}$	农排水	7.70	5.604	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na-Mg}$
河水	1.46	0.884	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na}$	地下水	9.24	5.972	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na}$
河水	1.47	0.888	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na}$	地下水	9.24	6.244	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na}$
河水	1.57	0.820	$\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Na-Mg}$	农排水	9.74	6.688	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na}$
河水	1.64	1.052	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na}$	水库水	9.76	7.000	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na-Mg}$
河水	1.64	0.964	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na}$	农排水	10.1	6.928	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na}$
河水	1.65	1.016	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na}$	地下水	10.1	6.996	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na}$
河水	1.69	1.080	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na}$	河水	10.5	7.165	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na}$
水库水	1.78	1.220	$\text{SO}_4\text{-Cl-Na-Ca}$	地下水	10.5	6.972	Cl-Na
水库水	1.94	1.224	$\text{SO}_4\text{-Cl-Na-Mg}$	河水	10.7	7.605	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na}$
河水	2.00	1.168	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na}$	地下水	10.9	7.228	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na}$
地下水	2.02	1.368	$\text{SO}_4\text{-Cl-HCO}_3\text{-Na-Mg}$	河水	11.3	7.940	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na}$
水库水	2.26	1.472	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na-Mg}$	河水	11.4	8.195	Cl-Na
地下水	2.61	1.592	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na-Mg}$	水库水	11.5	8.190	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na}$
河水	2.64	1.700	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na}$	地下水	12.0	7.956	Cl-Na
河水	2.72	1.788	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na-Mg-Ca}$	地下水	12.3	9.560	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na-Mg}$
河水	2.75	1.672	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na-Mg}$	地下水	16.4	10.26	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na}$
地下水	2.80	1.908	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na-Mg}$	农排水	16.9	13.00	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na-Mg}$
地下水	2.90	1.976	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na}$	农排水	17.6	13.21	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na}$
水库水	2.96	1.892	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na}$	地下水	17.8	12.59	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na}$
地下水	3.01	1.956	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na}$	地下水	18.9	14.10	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na-Mg}$
河水	3.02	2.008	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na-Mg}$	地下水	22.4	16.86	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na-Mg}$
水库水	3.07	1.996	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na-Mg}$	地下水	26.6	18.88	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na-Mg}$
水库水	3.11	1.956	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na-Mg}$	地下水	27.0	16.67	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na}$
地下水	3.15	2.016	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na}$	地下水	28.2	22.71	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na-Mg}$
河水	3.18	2.016	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na}$	地下水	28.4	20.28	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na-Mg}$
地下水	3.25	2.180	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na}$	地下水	29.1	20.95	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na}$
地下水	3.29	2.360	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na-Ca}$	地下水	29.1	21.70	$\text{Cl-SO}_4\text{-Na}$

表 3 水样电导率和矿化度的回归分析结果

回归方程	电导率区间/ $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$	样品数	相关系数	F 计算值	显著水准
$Y = 1.587X + 0.005$	$0 < Y < 2$	32	0.991	1574.1 ¹⁾	$F_{0.01} = 7.54$
$Y = 1.327X + 0.404$	$2 \leq Y \leq 5$	30	0.975	533.6 ¹⁾	$F_{0.01} = 7.60$
$Y = 1.349X + 0.430$	$5 < Y$	38	0.989	1612.7 ¹⁾	$F_{0.01} = 7.40$

1) 表示 F 检验其回归关系达到极显著水准

从表 3 的分析结果可看出, F 计算值远大于 $F_{0.01}$ 的显著水准值, 说明回归方程式在 0.01 水平上高度显著. 而水样电导率和矿化度的相关系数(样本数为 30—38)均大于 0.97, 表明电导值和矿化度密切相关. 这样在塔里木河干流水样矿化度的换算中, 就可以根据电导率数值, 选择不同的回归方程进行矿化度的换算.

3 结语

在塔里木河干流区域不同时期、不同水样类型的矿化度变化很大, 水化学类型也不相同. 由于水化学类型随着电导率和矿化度的升高, 其离子组成有一定的变化规律, 因此将电导率测定数值划分成 3 个区间, 进行电导率与矿化度的回归分析, 实质上不仅考虑了矿化度浓度变化, 而且也兼顾到了水化学类型. 对水样的电导率与矿化度回归分析表明, 在 3 个区间内所有回归方程式均在 0.01 水平上高度显著, 并且电导率与矿化度密切相关. 所以, 在塔里木河干流区域可以用电导仪进行水样电导率的快速测

定, 然后用电导率进行矿化度的换算, 其结果也是非常可靠的.

由于在塔里木河干流和主要支流上有 5 个水文观测站, 在英巴扎有地下水观测井, 在塔里木河干流中、下游还有 7 座水库需要从干流引水, 因此用电导率进行水质矿化度的换算, 不仅速度快, 省时省力, 而且还可得到系统的水质盐化资料. 同时也对指导生产者选择较低河水矿化度时期引水和控制较高矿化度的农田排水进入河水有很大的帮助.

参 考 文 献

1 樊自立主编. 新疆土地开发对生态与环境的影响及对策研究. 北京: 气象出版社, 1996. 90

2 M·A·别尔里聂尔, 沈玉其译. 土壤、表土及地下水中含盐量的电测法. 北京: 科学出版社, 1957

3 劳家桢主编. 土壤农化分析手册. 北京: 农业出版社, 1988. 541—547

4 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析. 上海: 上海科学技术出版社, 1978. 196—200

5 中国土壤学会农业化学专业委员会编. 土壤农业化学常规分析方法. 北京: 科学出版社, 1989. 199—202