

沧州市浅层地下水的咸化和淡化

徐彦泽 田小伟 郑跃军 李文鹏

中国地质大学 北京 北京

中国地质环境监测院 北京

河北省地勘局第四水文工程地质大队 沧州

摘要 Óc YV s ž Ü g 0^{a 1} / £ ¥ É ½ £ Ê „ £ É å N' ù î Š Ü ð¹ / 9 £ d Z M ÷ s y ¥
™ŋ ð y b² T V ü u =¹ / £ ¥ 9 Ä „ Ž Ä V ñ ö 1 | % Ć ' ¹ ¥¹ É ì â 9 Ä V ñ ^ ù î \$ Ž Ä 5 ^ X 9
Ä¹ / £ ¥ d † V ñ b

关键词 0^a1 / £ 9 Ä Ž Ä † V ñ

中图分类号

文献标识码

文章编号

¹ / 9 £ ö 1 s f Ä l aö Ä l ¹ u " Ä
 „ 2 Ä Y ä l v æ ð a, ...® a l S a t a¹ l Z a l ê
 # ê 2 ð ¹ u b ÷ s ö 1 Y ÷ ç † £ { Y ¥ Z
 ÷ s £ Æ ð 5 1 i Y Ú ¥ ¹ V^a r ' ¹
 a l ¥ ÷ s Z M æ ¹ a l —= ¥ ÷ s
 r > € p „ ÄTM l ¥ ÷ s b s ÷ s • Y ¥ r^a Á 3
 ,] ¥ l â H q / µ ,] ¥ ¹ · a Ä Ð a p Ø a p Ø
 Ä Ð „ 3 y Ð + ~ b ¹ / £ ¥ Ä Ð Ä [# 9 £]
) ¥ € p • ? „ ¹ / £ " d ¥ £ l Ð l y á M M
 1['] (b

' Ó ö 1 ^ æ" Š 8 1 É » p 1 É v ø |
ñ ¥ ¥ (Š 8 1 / £ î ÿ M k ž Ü g)
» š µ É ½ £ Ê „ £ Ä Ð ' ¥ g S © Ý
É > s b Ð 5 M k Ĩ : c ¥ " , > æ Œ ^ ù î
W @ M } ! 1 î • Y I H ù ¥ î ÿ : c
" - ¥ î â í Ø a 9 £ ç / ý T µ " × 1 ¥ i l b

区域背景

' u c £ ª F Ã s ¹ ¹ F , ð ' s Y ÿ ¹
a a „ b İ ž Ü g u » * c £ ª
F , ð ' ÿ) [+ _ H { s f ¥ % é

„ x é¹ ö C µ ð é r ª ¹ ë ™ ¶ ï Õ æ |
 Ü¹ Œ p s f Ž¹ Š { ¹ W ¥ s f + Ä b y N
 ¾ c £ ª F † £ € ó H q z ¹ / £ < . £ Ë ~ [
 / d ë 0 ª ¹ / £ ; µ Ž £ 9 µ ± 9 £ b

取样井位置和数据

YV æð' ĩ ¥ 0^{a 1} / £ £ É" |
i MÄ s¹ Ę i ĩ Mh ë¹ Ž Ä t
] i M MÄ, v ë¹ o î t]
i ĩ M9 F ë¹ 9 Ä t] b' [ù î Ê |
c ĩ Ž Ä t] ¥ ñ S©Ý) | „ ĩ 9 Ä t
] ¥ ñ S©Ý) | b | " Ý Ê Â „ " Ö s
" n m „ V b Y È y¹, -¹ / £ ĩ c
î [| + - , - " í » [+ - c 9 b

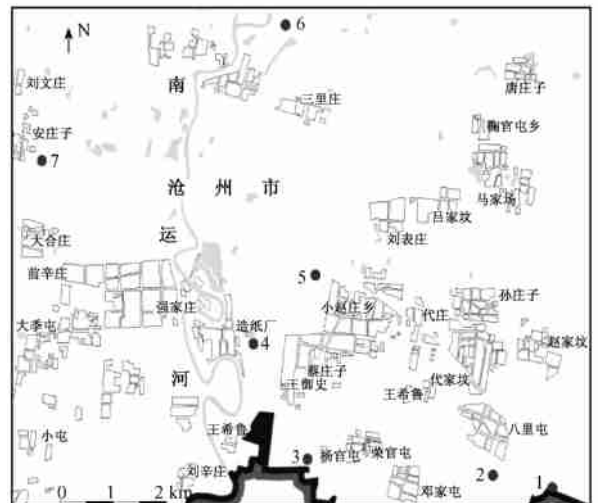


图 沧州市浅层地下水取样井位置图

收稿日期

修订日期

基金项目 [“ “ Z Š @× £ Ö Ì M Ø Ð £ ' ÷ Ú r
æ ” ” ç Ü ð ¹ / £ ½ † Ð V ù
Ã æ ” “ ç Ü ð ¹ / £ ¾ ÿ ì â
ÿ • # ' ÷ ð ÿ ” ó † ' ù

作者簡介 · 6

o ý ñ = V Y¹ / £ ' ÷ ì â Ø

° ù î ý T b

表 沧州市浅层地下水取样井数据

" Ö	" Ê Â	Ý ' °	" HW °	. / ' °	ö 1 Ö 0 c °/0				€ p „ · ° SI			
					+ ° - ° , °	- 1 ° - °	23	/ 3	Z ³ F	â F	F Ü	
Ö Ú ~ 2		.	° °									
			° °									
			° °									
			° °									
Ö Ú ~ 2		.	° °									
			° °									
			° °									
			° °									
} ' Ý ê 2		.	° °									
			° °									
			° °									
			° °									
μ E ½ ó d / ì			° °									
			° °									
			° °									
			° °									
õ ê		.	° °									
			° °									
			° °									
			° °									
È ý =		.	° °									
			° °									
			° °									
			° °									
â 2 ~ ' ó		.	° °									
			° °									
			° °									
			° °									

结果分析

$$1 / \epsilon \hat{y} s$$

| Ý M) M õ Ã M¥ ¹
 / £ Ê ~ ' M Ä w L m s Â / Ä M)

z y s † £ • Y ¹ / £ £ Ê C B Q ü A 6 i
r ž ' M, ' „ My s 7 • • Y è “

Ä M C¹ / £ Ê , ' a i B ñ õ Ã / † V ñ

ž Q M) z C K ® £ Ê ï M è “

Ä M) z s ž = 9 • Y 1 / £ Ê C B Q

$$\begin{aligned} & \left(-\frac{\gamma}{t} + \frac{1}{v} \right) M^{[a-1]} / \mathbb{E} \hat{M}^{\Delta} \\ & = t v) MW^1 / \mathbb{E} \hat{C} \tilde{o} \tilde{A} / t \end{aligned}$$

t] £ ü ¾ S © Ý X ü A s ž Ũ H 3 Á Ý 7 • • Y

) M MK Ú £ Ê ~ ' Ü (. P

$$\cdot \quad M^{\sim} \quad ' \quad 9 \quad F \quad \check{z} \quad . \quad \quad M^{\sim} \quad ' \quad \alpha \quad \acute{I} \quad .$$

M5 ¢ Í . b | Ý | Ý Å Ü Ý '

. b ¾S ©Ý¹ / £Ê~ ' MÄwL m V ü

$$^1 / \varepsilon \hat{t} \ddot{y} M \ddot{A} t] ,, \quad | \acute{Y} \quad ' \quad M \gg b$$
$$| \dot{Y} \quad M \quad) \quad M \quad \text{\AA} \quad H \quad M \neq 1$$

Copyright © 2012 John Wiley & Sons, Ltd.

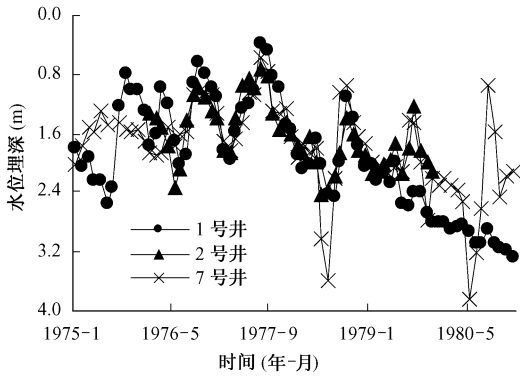


图 沧州市浅层地下水监测井月平均水位埋深曲线图

! " # "

òµÄ = 97S N HW¹ / £Ê)
MVC¹ ĩ 6 t]) MWMî Üĭ
ÄM) - a s t £ € ó · Y¹ / £Ê C
BQü A 6 Mª ¾ S © Ý £ Ê ü As Ü
H7 · Ý · Y M, M) # M,
M (µ B Q \$ / t v ñ ô £ Ê ~
' MÄ a , MKÚ Ü (£ Ê e Å
~ ' . P . M ; r ž . f t £ Ê Å Mî
ÿ MÄª ü S © Ý s ž Ū H ® Ž¹™ Ä` · Y M
' i B ñ t , ë] H 4 U¹ / £Ê) Ú £
Ê £ Ê ~ ' .) . Hi · ? C` Y È¹
/ £ Ê M M Ä - .) . - W s 7 · · Yª
MÄ - ü A 9 v V [r ž í . b
û û u = 1 / £ Ê É ½ S © ' s V ü¹
/ £ € ó Z T ö 1¹ j < 9 Ä , t ĩ t , Z T ö 1
¹ 7 · a · ? , ® Ž¹ { ¥ t , f Ð¹ / £ Ê ~ ' w
L ĩ 1 M 0 a l 1 F' ¥ V ñ ^ B Ä ¥ b £ Ê î
ÿ £ U¹ / £ Ä Ð î s € ó ù ¥ MÄ Ü å
9 Ä ¥ r >ª ĩ · ? ÷ s " r > € p , Ä t s
· ³ Æ 1 P¹ / £ , Æ ÷ s t £¹ ë £
8 ° ¢ Æ 1 P 9¹ / £ , ¢ ž ž £ ¥ t ,
d b Ä l ù ¥ MÄ 7 ·¹ / £ ,¹ V £ " ç
9 Ä £ 8 · ? ¥ ÷ s T = r >ª ~ ' l ç
· ¥¹ / £ i 1 - · ? ÷ s T = d " {
ĭ b 9 ¥ Ýª Ä l a ö Ä l u £ ' ÷ æ " ¥² T ^ £
8 · ? É Æ Ö ì¹ ë , d " { ¥ ÷ s , Æ b
·¹ / £ Ä Ð s
. . Ž Ä t]
m v ü ĩ ž Ä t] ¥ ñ S © Ý " Ö ï Ð
c s f ĩ ž M 1 Æ / + - ' { µ ,] ĩ
| Ý / + - ≈ . M 1 " "¹ . | , | Ý
/ + - í » ' s Y¹ . " . M 1 " " (¹
· b c ® → " / 0 M Ä H | , | Ý
+ - / ¹ ' t _ i Ú ç Z £ d L b 1 "ª a
23 Ð s f t] M » / 3 s f¹ "
ĭ ' ° ç) " / 0 b ® N V n 9 Ä t] ,

/ + - ≈ . ¹ ' s f M 1 " "¹ . b " Ö
c ® → " / 0 M Ä H + - / ¹ ' , Z £
d L ' c v ç " / 0 H + - / ¹ ' (® ç Z £ d L ¹ ' ý¹ . b 1 "ª a - Ð
s f ý] , + - B Ä / 1 "ª , / ¹ ' í »
¹ . " . M 1 " " s Y¹ . " . b 23
s f Ð + - M í Æ | Ý è " 23 c
M Ä , v l ç " / 0 b

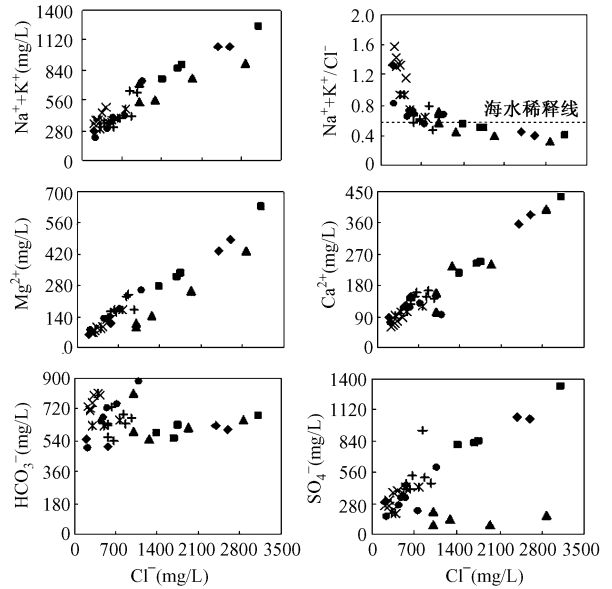


图 沧州市浅层地下水化学曲线图

ÿ | Ý ~ | s Y¹ ◆ ■ ● ▲ × 4 -

[ž Ä t] sª ü + -ª d "ª
- W ĩ L Ÿ 1 " , c ® Ú t ® H M < c
9] , t ® 23 d 3 , ¹ " Ð ·
Ö 0 , ¹ " M » b ® N V n ž Ä t] Q ~¹ B
Ö t v ñ ^ B Ö ž € ó £ , B Ö 9¹ / £ ¥
t b
. . 9 Ä t]
m ĩ ĩ 9 Ä t] ¥ ñ S © Ý " Ö ï Ð
c s f ĩ ž M 1 Æ / + - ' { µ ,] ĩ
| Ý / + - ≈ . M 1 " "¹ . | , | Ý
/ + - í » ' s Y¹ . " . M 1 " " (¹
· b c ® → " / 0 M Ä H | , | Ý
+ - / ¹ ' t _ i Ú ç Z £ d L b 1 "ª a
23 Ð s f t] M » / 3 s f¹ "
ĭ ' ° ç) " / 0 b ® N V n 9 Ä t] ,

Ž Ä t] M] g Q~¹ B Œ † V ñ Ą^ ^ B Œ
9 € ó £ „ B Œ Ž¹ / £ ¥ † b
. ÷ s . ³ Ä Ð Ü™
ô Ö 0 1 " s ¢ Ž Ä „ 9 Ä V ñ L =
(¹ † V ñ b Ä Ð î s " Ð c ĭ ž 1 ¥ L
Ÿ s f í » Q~¹ B Œ € †¹ / £ ĭ ¥ Ä † b
' , ? 3 æ î € , ? 3 £ û Mº T " b
¿ 9 Ä V ñ '¹ ë £ 8 † £ . ³ r >ª d
„ { ¥ ÷ s H . ³ ¥ 4 ^ ñ „ ÷ s € p ¥ . ³
µ 1 b ¿ . ³ ® v ž ĭ " ½ (ö 1 € p . ³ ¥
y ¢ " ½ G Q¹ 1 " ¢ „ , + 3 a
+ 23 a „ 23 ð € p y . ³ d È |
L = À µ @ ¥ H W . ³ î [É Æ ž¹ / £ ĭ ¥
V ? Ÿ " ĭ b ¿ Ž Ä V ñ V [s³ î = „ » B „
^ Ü Å 9 Ä V ñ . ³ • ? ÷ s , ¹ / £ ĭ
Æ » = „ ^¹ ë ĭ â ? 3 ¿ M Æ 1 £ 8 , . ³
h . ³ • ? ÷ s¹ / £ ÷ s , ¢ ž d î [9
Ä V ñ ^ \$ Ž Ä V ñº ^ B Œª Ÿ ¥ d „ †
V ñ b
ô € p . ³ ¥ 5ª " ½ æ " ò S © Ý K * „
K ž M z ¥¹ / £ Ä Ð " M Ä µ ' V E € p
¥ . ³ V ñ ' (b î µ ¥ 1 " " @ ¥ + " - ,ª a
^ € ó £ . ³ 1 " ¢ „ , € p ¥² T î
µ ¥ / 3 # | Ý : Å ¥ î µ Ð ð S © Ý : Å ¥
† s + " ^ . ³ + 3 € p™ î ¥ : Å ¥ 6 † s
+ " " | „ | Ý " î µ ¥ 23 „ " ^ . ³

+ 23 „ 23 € p™ î ¥ f B „ — µ '] 9 . ³
€ p ¥ 1 ' , @ 5 ĭ @ 9 Ø µ K 1 p b | Ý :
Å ¥ 6 † s + " 5 Ð " ? 3 Ö 0 Ą Ð — µ '
¹ b | Ý î µ ¥ " æ 23 „ : Å ¥ ^ . ³
a 23 € p™ î ¥ b 9 - f t . ³ p É ¥ Ÿ ÷
< ¿ ÷ È 1 " ¢ / , a a ? — a È + 3 •
+ / 3 • / 3 „ š b È í £ š b + 23 „ Á š b
+ 23 • 23 û ^ B t ^ . ¥ • ? € p b
.\$ „ . " s
'¹ / £ . ³ ¥ € p r ž „ Å ¥ € p | ö
æ ĭ Ñ , M ¥ H q /¹ / £ ĭ € p ĭ
û , M b æ " / 6 7 9 Ø € p „ . " S Ÿ
' € p ^ ž r ž „ ' (b
S I 9 Ø H 1 µ . / ' „ Ñ ' b . / ' " , †
Ç Ê 4 µ . / ' ¥ " F 9 Ø S I b ð S " ĭ í Ñ
: c ' C | '¹ M Ü (Ñ . º } V¹ / £
Ñ b # 8 © ĭ ' (a 1 ' S I 9 . H . A Ä r ž
„ € p - V . ³ ' S I) H . A) ¿ „ Ÿ €
p . ³ „ æ ĭ) ¿ Ü™ Ÿ ' S I : . H . A¹ V
„ € p | ö æ ĭ b S I 9 Ø² T V V ü Z
³ F ³ S I) . W ') ¿ „ Ÿ
â F 1 " 3 S I¹ .) .) ¿ V „
Ÿ F Ü 23 • / 3 S I K v '¹ . ¹ Ä „
Ÿ b

表 监测井地下水可溶化合物增减量

		%									
" Ö	H W ½	ö 1 Ö 0 c		\$ / 0		Ä † p . ³		\$ / 0			
		+ " - , -	- 1 " -	23	/ 3	1 "	+ / ,	+ 3	+ 23	23	+ Ą Ð
	)										
	)										
	)										
	)										
	)										
	)										
	)										

; ; ® N V n í , € p ¥ . ³ î ^ æ ĭ û ^ µ ½ ¥ b
€ p . ³ H . ³ Q ½ ¿ . ³ ® v ž ĭ † € p æ
î H . ³ ĭ ¥ ^ ¿ æ ĭ æ ĭ Q ½ Ð . ³ Q ½
M Q b „ . " 9 Ø £ ü 9 Ä V ñ ĭ ' £ 8 . ³
• ? ÷ s H À µ . ³ Z³ F „ â F f t Ö ÷ È
€ p F s T = r >ª d „ { ĭ b £ 8 • ? „

. ³ , x - ¥ V ñ ĭ Ö ÷ È € p 9 , Æ î
1 ¾ Ü¹ª <² p Y È ë Á É <² P r >ª ð²
. À d „ {™ î { F b 6 " 9 Ø £ ü 23)
¿ d „ Ÿ î [" X Ü 4 # ¥ Á š b + 23 <
23 € p " 9 µ F Ü 23 < / 3 ¥ . ³ b

\$& 结论

Y V s ž Ü g 0^a 1 / £ É^{1/2} ¥ £ Ê î ÿ w
L a£ Ä Ð î s ¥ Ö 0 M 1 1 " a V · F s ¥ Ä Ð ÜTM
„ · ” □ [/ ² ,

¹ / £ 9 Ä V ñ ^ ù î \$ ¹ / £ Ž Ä ° ^
X 9 Ä¹ / £ ¥ d † V ñ b 9 Ä p Ê ¥ ÿ ÷ ^
£ 8 † † · É ¥ · ? æ î p 7 · ³ † s · ³ ^ μ
Ê 4 ÿ ¥ y¹ î 1 „ 9 Ä ù € ó £ ° ? · ³ V
· ÿ K < ¥ € p Ä ÷ Ë a ? – a Ë „ s b Ë 7 4 ·
€ p Ä Ö ÷ Ë “ y „ { Æ¹ / £ ¥ V ? ÿ
l b

¹ / £ ¥ 9 Ä Ž Ä V ñ „ ’ ¹ ¹ É ì â H
q μ 1 “ = ð S¹ / £ £ É ^ 9 £ î ^ Ž £ >
¹ ë Æ 1 { r > ^a „ d „ { ^ Ž î £ 8 ¥ · ?
÷ s ? € ó £ 8 ð S 9 „ £ v l b Ó Ĩ 4 # ¥
9 Ä „ Ž Ä V ñ ° ^ 1 – C ` Ĩ ¥ B Ō f f v
† s¹ / £ Ä Ð Ä V ñ ^) o î ÿ ¥ μ ¥ M
z ? 3 9 Ä μ ¥ M z C Ž Ä f 4 U á ì € ó £
v l ^ · Y¹ V d „ { ÷ s ¶ “ ¥ ö 1 y í -
B Ä £ V [Ü¹ ë v ÷ s Y V Š ĭ ì Æ Z b

' [ù î Ĩ ¥ 9 Ä V ñ ^ Ä l a ö Ä l¹ u ¥
È n C ` b Ä l ù £ s > † · ? · É † † æ î -
j B „ Š Ê Ä Ĩ 1 9 Ä ù f t · É ? 3
† s · ³ b f Ō · ? · ³ Ō Ĩ ¥ K Ō² T ' (^ ¹
/ £ c μ ¥ † † Ö 0 M' ¿ V Ĩ ¥ Ä Ð î s 9

h (¹ Ú V · ÷ æ î ¥ Ö 0 > € ¥ ^ B t V
· ÿ l ¥ Ä † p æ î ¥ Ö 0 M' ¿ „ · ” 9 Ø Ĩ
¥ Ö ÷ Ë € p î [' ù î ^ Š Ü ð¹ / 9 £
d Z M ÷ s yTM î V ñ ¥ B ñ Å ~ è 0 V [¹
' ¹ ¥ 9 £ ¿ / ý T 4 Ø , G b

参考文献

- ' (; 6 @@ 2 @A3 6\$G8BD EB. B!F
\$8B C B\$&QGH\$& &J B8 \$& B\$&Q\$ 2\$ & D B8
2 & B\$& A / l\$& "\$\$& " \$& &
' (; E8## 6 K#B A K# ! \$& #B#@ &
8& .#@1(0\$& \$& 8#B!#/ *&
' (; #8#36 8 L "\$&#@ M\$&B! ..\$&!K
'1(8& #B& 8& #B&N&%8&B 8#@
' (; H8# @6 1 K8& 0 2\$ B\$&@ 1 &8 @ &
O B '1(+#J P\$F / 8#8 & 6\$J
' (; ..#\$ A \$@ L H\$&K# @B "\$& &J B8
& . \$ B\$&1(6\$&B F# C @#8
' (; #80 + 8FK 8@L 0 E# &' H D et al
\$. B8 \$'8 *&\$8 \$8B\$' B#8 @ O B\$&@B
! B\$& \$G H\$&K# ! 6#!B\$&@ & 8&#@ 6(
6#& N2H2
' (; A #@* L8#%8 M#H#\$&K# @B \$G+ B8 D B8@
2 8G!# & H\$& &J B8 8@B\$& #B@1(0\$& \$&
8#B!#/ *&

NP & # M + \$J# Q +HP #R& 0* D#& .#&

China University of Geosciences Beijing Beijing China

China Institute of Geo environmental Monitoring Beijing China

The th Hydrogeology Group of Hebei Bureau of Geological Development Cangzhou China

(MK@ .#8! @ @B# @ & B\$. \$!#@G"\$ \$ &J B8 &\$ 8&# @ &# \$" & &B# # @&
 . B\$GB# / #C# & C & & B# K@B! J B8 #/# & J B8 O B l B \$G\$C@B/B\$ J# @ M#
8#@B@&! B# B#K!K#&# & ! \$& #B B\$&@ & @# B J# @ #.#& @ \$& B# \$! "\$\$\$! #8/B\$& #B
 @ \$& &B ! \$& #B B\$&@ & @ & "\$ \$ &J B8 B# l #8 @ & @ & B @ \$& @ l B\$& \$& B#J B
B# &GB B\$& G#@J B8
) @ \$ " \$ &J B8 @ & B\$& \$G @ \$ " \$ &J B8 l#@ & B\$& \$G @ \$ " \$ &J B8
#K&! B8#

责任编辑 汪美华