

福建马坑矿区水化学微量组分的指示作用

杜欣 陈植华 林荣荣 秦松柏

中国地质大学 武汉 研究生院 武汉

中国地质大学 武汉 环境学院 武汉

摘要 YV u x 1 É ß Ø ° s a C Æ | " „ i = © k ù î " ` € u 1 / £ £ Ä Ð + ~ ' ç ,] È ~ 1 / £ ¥ + ~ k Y Ö Ö s ' / £ Ï ± í í c s È ð y î i Y V ù î 1 / £ Ï r í í ¥ £ Ó ' o Ä Ð + ~ ' € u 1 / £ â @ Æ 9 ¥ < Ð „ r í í ¶ " + ~ ' 1 ' Y € ` ö 1 ¶ £ £ ÷ 4 ' M G b

关键词 M € ± í í r í í . U T "

中图分类号

文献标识码

文章编号

" ` M € Ê ¿ C û © 1 ê 2 ø S K / Ï ® ö u 1 T M - M é < † £ § b ö € 8 ® i ¿ Ï F d Ü ~ F " ' 1 a Ï [" v a û . ? â a ¶ £ ÿ < ¥ / ö û) F " Ö ÷ û È 1 ä ð 1 Û (® a î 1 - H , " § (1 ¶ £ µ ¥ # û a ö 1 ¶ s v † £ € ó § _ € ó b € u [û . £ 1 ö < £ Ó ' É H q Ï © - ¥ ö ... T M û . £ Ó ' É È ~ € 5 b u = / ? â 1 a] † ò 1 a û ÿ ¶ £ ñ , B 1 / £ È ~ 9 " b ö 1 c £ a " ¶ £ ÿ Ð Ï © ¥ » 1 " d # £ c £ a a ¶ £ ÿ Ð Ï © ¥ # £ c £ a a û . £ c £ a „ v û È „ Ä d # # £ c £ a # s b € u ' † ü % 7 • 3 1 • Ä † £ b y N ° b ò c £ a - W # 1 / £ Ð 1 V £ - W ¥ £ ï ó " ^ ' ç © v † ' H q / € ` ¶ £ . Ä l £ ¥ x 1 G - B b ' Ó Y V u x ÿ £ Ó ' É Ø ° a C Æ | " „ i = © k s € u ò Ö 1 / £ £ Ä Ð F s ù î ,] È ~ 1 / £ # 1 V £ ¥ £ Ä Ð ' + ~ Y V È Ð ± í í s ' ç ,] È ~ £ ¥ + ~ Ö Ö 1 ' Ä € u £ Ó ' É H q a M ' Y € ` ö 1 ¶ £ £ ÷ 4 ' M ¥ G b

样品采集及分析方法

' Q ù î £ " • " ¿ M É > • " ñ £ " Ï £ " ñ \ i d Ý 1 Ä | "

ñ 1 V ... £ ñ m b • " î " Y Ñ P " % ¥ & ' (Ï ž) - a " € Ö Ö £ b ! Ä ê ! " b £ " • " a C Æ © ç Ñ ¶ & a È • q i Ð y Ä í L i b L i " 8 » r V r i | s î z B z Ä Æ Ï S 1 É v Ð € Ä Ð ' ÷ S E x Ä L i ® È È Ò † © Ö Ö 8 É ö N # , - © ç £ " Ï ¥ . a d / 1 a 2 a 3 a 4 2 a 5 a 6 © Ö Á < Ö Ö c 6 B z ® Ï S 1 É v Ð ï â Ð ý L Ï • " Ö Ö ä ö N 78 © ç " Ö Ï ¥ " a (a & " (a © | Ö Ö c # s b

结果与分析

£ Ä Ð È ~ s È ® ¿ ® i ° É ß ,] ,] î y 1 / £ ð S Ä Ð î s ,] b ? - € a a † H q µ s P x 1 / £ T M ¶ V ñ Ï Ð Û ¶ ° É , T " £ Ï . 3 F s 9 Û - , ? 3 M Ä V 7 % ç £ ¥ Ä Ð È ~ # s b ñ £ " Ï 1 V " Š ñ £ " † ý T 1 1 V £ " d ù î £ Ä Ð + ~ „ Ð 1 / £ ¥ u Y Ð ó " b : Ä ñ • " Ä T 1 " ' 1 / £ É > s È b s È H • " d 9 Ð ¥ È s Z E i " È 5 • s È È > n î ¶ 2 T V ü " ` € u ¥ 1 / £ ö 1 " Ø Ö È ~ ç û û . £ a 1/2 Ö û „ é û # £ # † £ È ~ b Ï ç û û . £) < & " (" ~ £ ö 1 1 ... • # Ý d | £ € ó u â @ u £ Ï ¥ S K ÿ " (i Ú # £) ö 1 1 & " (" , 9 a & " (" ' ~ 1 Û s f ¿ € u = † £) ö 1 1 û . £ „ é û # £ ,] ñ † î Á ö 1 s f ¿ Ü ; = # " Š L B { b £ Ä Ð ' Ü œ Ø s ù î u û . £ „ # £

收稿日期 修订日期
作者简介 (o p V ù î 3 ö 1 V Y ù . £ Ä Ð ù i b



图 马坑矿区采样点分布图

® ç û £ ï -3 ^ c µ³ Ö"(¥¹ / £ Ð ¶ c
 ð ¥ Z M Ö ÷ ù T " ¥² T Û " â @ H W ¥ ü É
 „ â @ o â ¥ 9 F £ ï ¥ -3 c ï v 9 F -3, 9
 ´ g ï v 6 Ú # \$ b y N ç û £ ï -3, 9 ´ ¹ ;
 : 7- 9 Ú -3 c ü A Ú ÿ # £ ï ¥ c
 b 6 " ' A U ; ¹ î ê T M¹ / £ P : 7- 6
 Ú Ö -3, 9 ´ • Y , v # \$ V • " Ä ¥ L " s
 9 V α ž £ b Â Ø | £ " Ä : 7- s È Ú Ö -3
 , 9 ´ • ° µ Ü - % s ? C ¾ | " Ä s ¹
 V † £ • Y ø x £ " ï M Ö 0 c È Ú Ö
 -3, 9 • Y | b y N -3, 9 ´ ? z Q ~ ù • £
 ¥ ? - â @ H q † " ! ¹ Ä • Y ^ ù • £ " d ù
 î Ø X ¥ ? - U 6 4 # \$ b

表 不同类型水微量元素对比分析表

± í í	ù • £	# £	" Š £	† £
, 1 96	:	:	:	:
"/ 96	:	:	:	:
µg6	:	:	:	:
-3 µg6	:	:	:	:
5 µg6	:	:	:	:
-3, 9	:	:	:	:
" /-3	:	:	:	:
-35	:	:	:	:
, 95	:	:	:	:

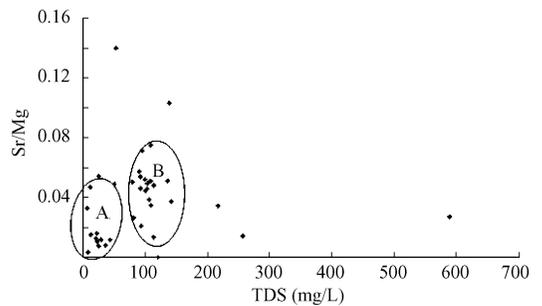


图 马坑矿区水样 / 关系图

- # £ 5 - ç û £

® m V A ç û £ „ # £ -3, 9 : 7- 1 "
 m Z f ,]] H ü A S M s È Ä b Â < - a
 < - Ä ¥ -3, 9 = . ü A Ú ÿ ð Ä Ü s ?
 C Ä (< ÿ † £ È ~ Ð 5 : 7- , Ú Ö -3 c
 { Ú ÿ ç û £ 7 ù ù Ú ÿ # £ , 9 c 5 ® ÿ
 ç û £ Ú ÿ # £ Ü V 1 ´ j A µ s ÿ b < -

ö 1 j F s u Y ÿ " & "(„ : 7- ,] È ~
 ¹ / £ Ä Ð F s c M Ä v Q ~ ,] ¹ u ¹ /
 £ î y „ â @ H q µ s b - 7 Ç Y V È í í “ 4
 É B „ s £ " - W ¥ € ó â @ 1 " [# í í c
 s È ð y î y N î | £ " È › ± í í s ^
 A 1 ¥ b

± F s + ~ s

¹ / £ ¥ ± í í ^ ¹ / £ % i a M V ñ ï
 Ð ¶ ù M ° T " ¥² T B ç ñ Q ~ ¹ / £ ¥ £
 È + ~ „ T M î ì â # \$ b ® ÿ ± í í î + µ ¥ ¹ o Ä
 Ð ÿ È T ¹ • U í í ÿ s O £ ï p È ÿ ÷ æ
 î ù ì â „ î y Z è µ x 1 T " # \$ b Y V ± í
 í s V [? C ,] È ~ ¹ / £ ï ± í í c i
 ü A µ Y V b

® V V [A " Š £ ¥ ± í í c ü A
 Ú ÿ ù • £ „ # £ ï -35 a 95 a 1 ð a 3 ©
 í í µ < • U i | b í í 5 ¹ / £ ï c Ð
 € ó â @ u ¥ ù F F s µ 1 ^ z ¥ ? - U 6
 4 # \$ b ® Ñ £ " d ï -3 c V [Q ~ £ ù M
 ° T " H W T " H W ß È £ ï ¥ -3 c ß Ú y
 N V " ÿ U 6 £ Ö ì # \$ b ® -3, 9 : 7- 1 " m m
 V [A # £ -3, 9 ´ ¹ ; : 7- 9
 “ ® f ^ ® ÿ è ú ½ Ö ù # £ ö 1 µ s v † ï
 € ó £ ù M ° T " H W Á P £ ï -3 „ : 7- c

^ £ Ó4 © d | " „ s 1 á @ u ç ú £ Æ 1 Á
P-3 c „ :7- 6 Ú < - | ' ' V £ | " Ê ç
= | 3 ç # ¼ 1 u £ C Ì 2 O € u Á £ 1 †
À ¼ Á P Ö 0 c s È b £ " < - æ - -3 a
, 9 c ž È 7 : 7 - c s È Ú s ð y ? C
< - < - (- " ~ £ ¼ Ä \$. a a a a i
¶ 1 • > ~ £ . a [ê . a i £ ® ç £
Ð F Û a ? 3 . r T " Á P - (c s È N "
Î V ? ® ç € ` b > î Á b
. ± í í s È • s
' Q • " Ä < - £ Ó 4 © G d > M
Ð M î | æ £ " Ü © k (A U † s Ö
0 c s È ' a 3 & 9 c Ê Ú Ð N] H G d Ì £
" Ñ 1 ° C b „ s ^ ® ç 1 / £ Ì ï ü É
£ û M ° T " H W G d , V ç û ° À ½ Ö û P æ ç
û £ „ # £ B ç ñ † O ¼ Ä µ 1 £ C `
i b ' A U ú É û a ½ Ö û a T r û [# Ö ÷
û - 3 c M 1 ¶ " ^ 4 - 3 í í p É ÿ ÷ æ ö
1 û # \$ & 9 ö 1 ^ 1 § p É É ù s s V ñ Ì ® ç
• < T " T M î f Ö T " a a ' † ? 3 % M b
Ó D j £ B £ £ r > „ £ Ì & 9 û È
C s È Ú ' s È B ç ñ Q ~ ' † ... T M
„ 1 £ T " V [T 1 B Ö 1 £ . S í í # \$ b y N
„ ' ¼ d £] ' † C } û } î Á P ¼ Ä
£ Ñ È Ú b
. ! r í í s
r í í 4 ^ . ð 0 ½ " 1 ; 6 6 /
¥ B F í í y µ M » 7 » µ " d µ s ¥ Ä Ð ÿ
É 7 \$ < W " ç U 6 ò È 1 o Ä Ð 8 " ¥ p É ÿ ÷ Ð
Ä V ñ # \$ b 1 / £ Ì ¥ r í í Ð ñ @ V ¥ û F a
r > ÿ É µ 1 ^ 1 / £ € ó ÷ ¥ ? - 1 o Ä Ð U 6
4 ñ „ &] É í æ] É í „ ' T U 6 4 ¥ ² T B
Á # \$ b B î 7 ý Ö ÷ û r c ® ç é û ½ Ö
û û . # £ ¥ r 9 Ú ç ½ Ö û „ Ä # £ Ö
ÿ H q / r ÷ ^ ç s < 7 û . T " Ð Û M € ¥
Ä s ³ T " < ^ ç r í í % M # \$ b
" ` € u # £ : 7 - ® 1 . ; . 9 6
* & ' . ; . Š £ : 7 - ' 1 . ; . 9 6 * &
' 1 . ; . ç û £ : 7 - ' . ; . 9 6 * &
' . ; . b € u „ Ä # £ Σ 4 ' B î û v ç
µ 9 6 K Ú ' r . µ 9 6 7 ç û 1 / £ Ì ¥ Σ 4 ' .
(l ç µ 9 6 b Š @ p É ö 1 ® Š @ . ³ M .
. µ d â r V r V p É a Š @ C æ p

. µ d â r , V r V p É „ Š @ æ p © F
î b Y È Š £ Ì . ³ ý 4 i d È ® " Š £ Ì
. ³ ý 4 i ' 1 . ; . µ 9 6 ù Ú ç W , Š
£ Ü (. ³ ý 4 i ' 19 © # \$ [# ê ð a è
2 ð # 2 ð 1 u Š @ Á É ~ ¥ i ' 19
© # \$ ð y ç " Š £ Ì C i c Š £ Ì µ
p „ < 8 î s ~ ¶ £ 8 È Ö ÿ ý < Ð 3 ê T M ñ
Ú € u Á £ 1 † ! 1 y í • Y Á P ¼ Š @ . ³
ý 4 i M Ú b
" s È ^ r í í x 1 + ~ ,] Ä î ð ì á
• Y i N ý # % M ¶ " + ~ b „ " s È ¥ ð
y " K ö 1 ¥ ^ î û ° É Ä î ð H q ¥ M Ä b
7 1 / £ Ä î ð H q ¥) ç û î 1 / £ ¥ T M
î á í 1 / £ Ì ¥ s f ? p µ x 1 ¥ i l # \$ b
T δ " A $\frac{\sqrt{6} \cdot B}{\sqrt{6} \cdot B}$ V " ç 9 Ø " s È ' " a
6 . á . s Y V U " Ö Ì r í í " æ á c ¥
S Ä ' b ô T 9 Ø ' u 1 / £ " s È ' ?
C î | £ " (V C 1 M Ä î á Ç £ " V C 1
" ¶ " < M î ð ¥ ì á b • Á ¼ Ä " ž s È ¥
ð y , b # µ € É B „ ° £ b
í í / È [È É] M T M T ¶ " ç æ î p Ì " Ö
ï / s È È V C p ÷ ¥ / s È + ~ # \$ b / + y ¥
Ä Ð ÿ É P £ û T " V ñ Ì [+ y ¥ " U 6 4 "
T M T É Á 1 / £ y 7 ù î / ¥ ¶ " Ð „ á µ ù ç
' 1 / £ ¥ î y # \$ b á @ H q z £ Ö 9 á í ¥
1 / £ / ' ® Q - £ Ö 9 Ð ' † Ö Ì ¥ 1
/ £ / ' È Ú b y N V [Y V / 1 / £ " S
„ Ä s # \$ b ² T A U M ç ç û £ # £ µ
Ú ¥ / ' M ç \ i „ Ý d | " Ä ... £ „ |
" Ä µ Ú / ' È ç € u _ ¥ ... T 1
û . 1 / £ á @ † „ Ä £ Ö Ì Ö 9 y µ ® ¥
/ ' ç ` 1 u 1 / £ 1 2 ê _ _ á @
ç] È ~ £ " ¼ 1 u g ö 1 ï C 2 ê _
í » Ö Ì v † ® ¥ / ' Ö ® ç s a • £ ÿ • Y
/ ' µ o i b
£ Ó' É Ì Ì r - / : 2 1 ' Q ~ 1 / £ Ì
¥ Ì r s < < Ð b Á £ " a a (È ç Ö ÷
û u < \ i | £ £ " È ç a {) µ Ú
- / : 2 ' û . T " < „ Ì r s < 7 £ " a
1 ç û £ „ # £ † û . T " h Ð Ì r s
< r T µ b
[, / © 4 ¥ ñ 6 o ì F Ü (' 1

S # \$ s Y | ç û £ a # £ „ " Š £ Å ~ £ "

1 } V 9 Ø¹ / £ o i F S Ä r s f T m

" Ö ¥ r í í s f T ö 1¹ . ` | ï ^ r

¶ " ~ " Š £ δ / i C μ s È ç û £ „ # £ μ

s v Ç < - V C¹ / μ s È b " A U „ Ä

£ 6 / C 2 · ¹ . ; . 6 / - · ¹ . ;

. ï ^ r ¶ " ~ D / C 2 · ¹ . ; . δ /

ï C μ s È ç û £ 6 / C 2 · ¹ . ; . 6 /

· ¹ . ; . ï ^ r ¶ " ~ D / C · ¹

. ; . x r í í s < ñ Ð δ / μ ž s È

„ μ s È & 4 M ¶ " ^ W , S ¶ Š @ . ³ y

4 s ¥ T ¥ ö 1 + ~ # \$ 7 " Š £ " ï ^ r

¶ " ~ 6 / C 2 · ¹ . ; . 6 / - · ¹ . ;

. D / C · ¹ . ; . δ / μ s È b ù î A

U Š £ ï μ É 4 ¥ > ¹ " À 1 x 1 ¥ T

" # \$ b y N s i ¹ y í á y < Ð 3 ê ™ [# € u

Á £ 1 † © · Y Á P " Š £ ï ^ r ¶ " r í

í c v b

é û £ b ï - 35 a 95 a 1 æ © í í ç u s

,] È ~ ¹ / £ μ < · U i l b

û · £ ï - 3, 9 ' ü A Ú ç # £ ? z Q

~ û · £ ¥ ? - à @ H q - 3, 9 : 7 - 1 " m V b # u

s ,] È ~ ¹ / £ i S M s È Ä b

s † T " „ ¹ £ T " · Y £ " < - ±

í í s È b „ ' V ? ¹ ¾ d £] ' † C

} û } î î Á b

" ` ¹ u # £ r í í 9 Ú ç û £ Ö E

® ç " Š £ b " s È A U ¾ u £ " ö 1¹ M

À ì â / ' Q ~ ¹ / £ à @ Ö 9 < Ð ç û £ 1

£ μ ÷ Ú ¥ / ' T ¹ û · £ à @ † „ Ä

.. £ Ö Ì Ö 9 y μ ® ¥ / ' £ " a s

a · Y ¹ ç û £ „ # £ † û · T " h Ð ï

r s < r T μ b

参考文献

- # \$ ž y 8¹ É Ö ž y 8 C û g " ` M € u € W % > ¹ É á # 4 \$
- # \$ u , ç ä £ ž Ú Ó 3 ç € Ö Y € Y £ ï μ] í í ¥ % M + Y # E \$ ç Ð
- # \$ Ä k ¼ l „ ' ç d - Y € u ö 1 c £ a ± í í ¥ ¹ o Ä Ð + ~ ù î # E \$ ï S ç
- # \$ + * * Ù k ³ Ö · ¹ + Ñ ~ Á " ¹ u ¹ / £ Ä Ð + ~ ù î # E \$ < ê ± í í S Ð
- # \$ f · Ö í í V 3¹ o Ä Ð + ~ # Ø , \$ # , \$ § Ü g § Ü v Ð ñ
- # \$ a) : 9 · y î l ¹ u û · £ ï 5 í í ¥ £ Ó¹ o Ä Ð + ~ # E \$ ï S ù ·
- # \$ W' C ç 7 Ó # y ¼ © < " ì à] È Í Z E ù î ' Š ÷ u £ Ó Ì + ~ # E \$ ¹ Ø Ð¹ Ø · S Ð
- # \$: 9 · > a · V © ü Š ... û · £ " d - 3 , 9 a 3 " s f + ~ # < " # E \$ £ Ó¹ É ý ñ¹ É
- # \$ > i Æ l L * f ? « € ... £ ï ± í í ð ¶ " ¥ ¹ o Ä Ð ì à # E \$ £ Ó¹ É ý ñ¹ É
- # \$: ï > v < · ½ Z © Š @ r í í ¹ o Ä Ð ù î É Z # E \$ ¹ o S Ð É Z
- # \$ ç i š Ù \$ < ê à i ¹ u ¹ / £ r í í +

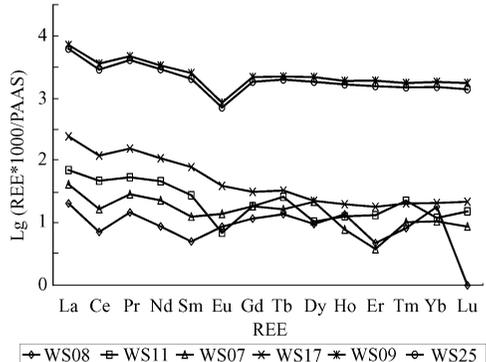


图 福建马坑矿区地下水球粒陨石标准化稀土分布模式图

结论

s © a¹ Ø a / © H q · Y " ` € u ¹ /

£ ö 1 s¹ Ø Ö È ~ û · £ a # £ # † £ b û ·

£ ¹ & " (— " ~ < õ â £ à @ € ó u „ à @ u £

Ä Ð + ~ i μ s # £ ö 1¹ & " (— " · , 9 a

& " (— " · ' ~ < . £ Ö 0 c ® † £ ¹ û

· £ „ # £ ,] ñ † V C ü A ¥ μ s Y b

" Š £ ï ± í í c ü A Ú ç û · £ „

~ # i l #ES ' ÷ Ð ì â
 # \$! ¥ æ l • ÷ f î ~ î / ~ È _ r í í £
 Ó' o Ä Ð + ~ #ES ' É] Ð ì â ' 1
 # \$ ± WZ Á ü r í í £ 8 Ì ¥ ì â Ä Ð)
 ' # 3 p r < #ES j < ì â ' 1

\$ > ‡ . £ ä ü í í ' o Ä Ð • , # , \$ Ø ' 1
 É ñ
 # \$ _ > # ! y » i L Ü ï Ø ß W • E î p • Á
 ' a ¥ r í í + ~ # ' É i l #ES Ø v
 Ð Ð 1 - S Ð ñ
 # \$ u ½ ô ,] o ì F Ü (' r í í • " ¥ •
 Y #ES S Ä j

&'

'

\$

(\$) * +

7? 8 1 "&' 0))/ 6+ 4! 19 319 F+ -! 192

, (1 G 2 !H39!1 9!!9 1l G G 1 H * 1 /3 1G 1 !!3 G * * 3
 G !1 G) 39!)) 3 G3 G !H93/1 J G3 1, @19 G G *! 1G !/G G G ! G
 1G !/ 2 / H3 G19/) 19 H H3 1G @1 !H93/1 J G3 1 K19 G / !H 2! 3 G !H3
 1G 1 93/1 J G3 1 L 919 G G G I !H93/1 J G3 1) 3 G3 G !H33 3G 1G
 4 *3! 19 G 3 2 3 !1 H3 L 919 G !/3 !H93/1 J G3 2/3 G19
 - ' 31 1 G 1G 4 G 3

责任编辑 汪美华

上接第 页

" \$

'

+ \$

"

<? F 19)/ D (C 1 6+ < 1 L19 0&' D< E+ 8 ! 19 &' C/ 19 <' DD/ 19

, :) * * 3 / G ** 2 G 1 I 1G9 !H G! H3 / G1!H G J ! I /
 /) G 3 G G! 93 G! 3* G G HJ */ * 19 G G G! 1 G 3J !J1 */ * 19
 G G G! + G G3! * !H! 3G 3") 1 G 3 * 3 !1 !1)/9 1 G) 19 193/1 J G3
 I !2! / @19 G H / G G / G G J ! I / 2 !1 1G 1 G! :) * * 3* 3 1G
 G! 1 G " D G! G 3 G / " ! * 3 J G G ! H 3* G G HJ */ * 19
 G G !/2 G HJ */ * 19 G 3 / G H G " D G! !3 3 2 G! G !3 G G 1H/ 1
 !H G G! *) 3 * 3 /3 2 7-M 4 1 G J 1 39!1 93/1 J G3 I I 3 G1!1J ! I /
 1G / 1G * * 3 :)) 19 1 G J ! I / J G G 1 J G 93/1 J G3 I 3J !J1 !
 /

- ' !1 !H * 3 !1 */ * 19 G G !3 G1!H93/1 J G3 I J ! I / " D G!

责任编辑 汪美华