

裂隙—管道介质泉水流量衰减过程中的 有色噪声辨识与消减

王 勇 束龙仓 董贵明 鲁程鹏 张蓉蓉 刘丽红 王 恩 季叶飞

河海大学水文水资源与水利工程科学国家重点实验室 南京

哈尔滨商业大学基础科学学院 哈尔滨

摘要 Óc L i Eû·' / £ " d ...@ š hVñ¥ \$ Œ y Vñĩ i ¥µä. 2 Û5 4 æ"
 Ý} EÐ1M1M, xZµMY„ hhy Vñĩµä. 2 ' ç # 5j° Éû· ...šh@ µ
 Ø" 1M1+~ i î y y è # 5j° Éİ û· ...@ ¥_ 1í B Zñ 4Ú ~ Ú b
 关键词 # 5j° É š hVñ µä. 2 !" # \$ Ý} E 1M1M, xZµ
 中图分类号 %& (' %& 文献标识码 文章编号: (& (')

1 引言

1.1 引言
 引言部分主要介绍了研究的背景和意义。在裂隙-管道介质泉水流量衰减过程中，有色噪声的辨识与消减是一个重要的课题。本文旨在探讨这一问题，并提出相应的解决方案。研究的意义在于提高对这类噪声的认识，为工程实践提供理论支持。

引言部分主要介绍了研究的背景和意义。在裂隙-管道介质泉水流量衰减过程中，有色噪声的辨识与消减是一个重要的课题。本文旨在探讨这一问题，并提出相应的解决方案。研究的意义在于提高对这类噪声的认识，为工程实践提供理论支持。

收稿日期)) 修订日期
 基金项目)(9 Ä 23 @ + ö' F Ä Ð a < Y 3 y " d Ø e & ' (• â † É ~ Ð € „ 7 • v ? Z 9 Ä v a d è a £ Ó V ñ Ò † Ø ù î * +)) ó † ' ù
 作者简介 i §) 3 p V ù î 3 - • q ö 1 V Y 1 / £ ' ÷ Ì , ' ç Y Û 5 ù î b
 \$! - (& . \$ / \$

1.2 引言
 引言部分主要介绍了研究的背景和意义。在裂隙-管道介质泉水流量衰减过程中，有色噪声的辨识与消减是一个重要的课题。本文旨在探讨这一问题，并提出相应的解决方案。研究的意义在于提高对这类噪声的认识，为工程实践提供理论支持。

M ¥ Hq " Kl = ð E 9 ~ · " ² T ^ ,
B Á ¥ 0 ² ¹ b

2 室内实验模拟

L æ " ‡ S \$ 5 ! ³ 3 Á ¥ !"
\$ [/ e ë ¹ # ~ É > | E ²
emÂ m b # ¥ L ç ¹ É \$ az \$ Ú \$
¥ p [L ¹ ¥ Ñ O ç V Ø á ^ [| TMT Y ù
î ' £ Ó Ö ì ï p Ø C ` ¥ Â b
ö 1 µ [/ + ñ † q † £ " d a © â 5 ac
£ ° É Eu a .. g „ 7 · Ý © b † £ " d ö 1 ¹ L
4 A 1 ¥ † £ H q b · " È T ± " h
ñ " Ò ~ ¹ (& b K v † £ < V r ž (6 \$
K l † £ < ¹ (6 \$ b ¹ ù f t Â V µ
r ¹ E † £ # ¹ V å @ - W ¥ 1 " # ¹ / £ @ #
· Y y í - W ¥ 1 " b
û · Eu " ç EL = ¹ u ¥ û · 5 j a #
s f f f Eu = å b F ç û ° É E Ç ® v
† £ € ó 7 í @ € ó ¥ · > û · c £ 8 ¥ ¹ / £ @
î b
.. g EL = ¥ .. £ @ ' Eu ¥ ¹ / £ Ê
Ú ç .. g .. g 7 S @ b

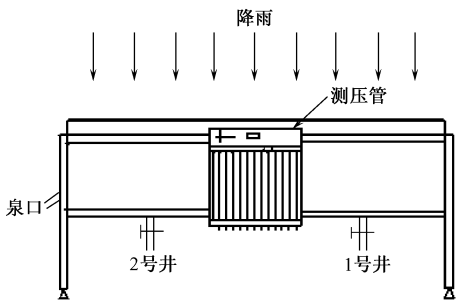


图1 BHS 结构简图

Fig.1 Major controlling components of BHS

¹ e Ä ù î H q L ç ĩ ° å b F ç û ð
„ B ñ 5 j " ð - W ¥ % # E û · u #
ð / ! B 5 j E û · u 5 j ¹ É H q Ü © ç #
q ¹) 5 j É \$ z \$ Ú \$ b 7 ·
Ý EL = ¹ u ¹ / £ ¥ 7 · Y V Ø « 7 1 ¥ 7
ñ EL = ¹ u ¹ / £ 7 · ¥ M Ä b s Y ,]
İ < 4 (' ' & &) . & . . (' ' &
& / \$ / © ç .. £ @ Đ H W ¥ 1 " ? C
Đ - W µ · " f " 1 " b

3 数据残差的自相关性与异方差性

3.1 —µ í B _ E

n 5 < " Kl = ð E 9 B í L Y ~ i p —
µ [- a [¹ \$ ³ d M [ò Ö V ? ¥ M 1
M Â a © T ¹ ³ d M É > L Y E † ò
Ö E † TMT É > d 9 _ Ê 4 A ÷ ¥ K a E † TMT
T ¹ ½ M 1 ¥ 8 TMT ' ç 1 M 1 ¥] H 9 '
ç 1 M 1 ¥ TMT Â a ë ¥ T b

3.2 7/8 _

7/8 _ " ç _ —µ ½ ¥ 1 M 1 Y 7 9
„ 8 4 7/8 _ d 9 ¹
7/8 4

$$\frac{\sum_4}{\sum_4} 4 \left[\frac{\sum_4}{\sum_4} \right] 4 \rho'$$

T ĩ ρ — M # — µ Đ ¥ M 1 " " b
7/8 ' ° ç 2 ' - W i O 7 9 „ 8 ó
A ÷ £ Ü : / ,] " ' , a 1 M ñ " _
¥ " , ' „ 6 ' Q L ĩ 4 . ' 6 4
.. (| ³ 7/8 ' < Æ ¥ u W ' V ' Y ~ ¥ 1 M
1 y ĩ ≤ 7/8 ≤ 6 5 ½ i ž M 1 ĩ ≤
7/8 ≤ 5 ½ í M 1 0 (2 ¹ b

3.3 Y } E

MY ½ —µ 1 M 1 Y a | B í L Y í B
~
4 β ; β ; ε
ç | ¹
' 4 β ρ ; β ' ; µ &
İ
' 4 ρ ρ ρ ((... ρ)
' 4 ρ ρ ρ ((... ρ)
) Đ T V U M Y —µ µ " 1 í B a h
h 1 M 1 Y ¥ T µ ^ M ° y ë ¥ Ū î [X
j @ â . 2 L ! V ° α y ë ~ b

3.4 _ 1 í B

M # \$ 4 _ 1 í B ~ <
" < \$! b f Ö ~ · " Z ñ ó ë ¥ TM
T Ä B ñ Z ñ ĩ = 3 M ~ ¥ † † = 3 M ¥

ì a [É ' í B V 7 9 † † = 3 M ¥ î ÿ 1 " b
 ~ ¥ B î T M T 1
 4 ; ... ; ; ... ; ; ε

T İ — » = 3 M _
 — » " 3 M _
 ... " ... — € 9 ¥ • " "
 — = 3 M „ " 3 M ¥ " ì a ù
 ε — Û î [b
 ~ İ = 3 M μ " ì a î [V ë 1
 = ~ b ~ ^ d 2 Ä ¥ Z ñ ~ "

¿ í • M W ¥ î ÿ 1 " 0¹¹ b
 3.5 1 M 1 M , x Z μ >
 ! <
 æ" , < - (. È q 4 ¥ 1 M 1 M , x Z μ ÿ
 ? V [y ë L ÿ ~ ¥ V ñ İ ° ð h " s Z μ b ³
 ÿ i ¥ ^ f Ö Z E Û Ä ¿ M • " ¥ Ä 9 Ö • ¿ M
 9 ' ¥ S μ 0¹¹ b M) @?@# ³ w
 , < - (. È q μ ÿ + ¥ M Y a h " B í L ÿ í B İ
 — μ ¥ s Z μ ÿ „) Ø — μ 1 M 1 ÿ a y ë ~
 ¥ ÿ ? b

4 消减有色噪声后的衰减方程

L i = æ" # !! E İ < 4 . 6/\$
 † £) - a T , † £ [İ T H : ¹ S H Y i
 © ç ... g £ @ b © ð ñ " | 1 - "
 a T Û Ä m m b

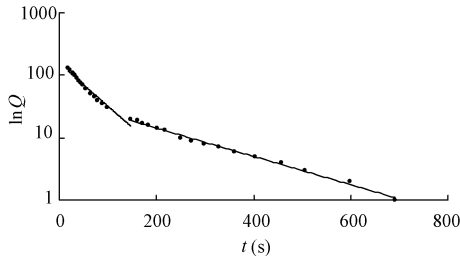


图2 lnQ-t 坐标上的数据散点图
 Fig.2 Scatters in the lnQ-t coordinate

@m V n @ V ñ V s ¹ ñ " ' š h w
 L ¥ ñ ð î ÿ [') ¹ | Ä » B " @ š
 h y [5 i £ † „ ¹ ö » = " š h ÿ Ü İ
 [# £ † „ ¹ ö b æ" , < - (. È q [5 i @ †
 „ ¹ è y ë š h w L Z ñ b
 n 5 L ! ½ — μ μ ä . 2 ¥ - 4 / y ë B
 í L ÿ í B Z ñ

表1 白噪声假定下的线性回归模型

Table 1 Linear regression model to the assumed flat noise

	S μ	Mô À q
" " . & & (.)) (. ' .	(' .) & ' .	.
" ' % ç " " . && &	p • 5 . ' &	.
Ø œ ¥ " ' . &))	# 5 . ((.
% ç " " .) & &	A _ ' (. &	.
7/8 _ " » - ' . (& (Mô À q .	.

@V ð í B Z ñ Ä /
 4 ! 4 . & & (.))
 d 9 _ İ Ü È æ" % 9 Mô À q ¥ †
 _ E " ¿ Z ñ ¥ A ÷ ÿ _ % 9 ' V U _
 İ U » B È p ¥ V ? ÿ v l [# _ í B " " A
 ÷ ÿ ¥ # _ ' Ó Í æ" 7/8 _ T —
 μ 1 M 1 ¥ _ b ³ 1 ÿ i ¥ ^ İ — μ , j @ â . 2
 L ! 5 ~ # í B " " ¥ A ÷ ÿ _ | > r b
 V İ 7/8 _ ¹ .) & & Y V ° 7 9 „
 8 V © — μ ½ i 1 M 1 ' , j @ y ë L ÿ
 Z ñ ¥ — μ ÿ ë ¥ L ! — μ ½ ^ μ ä . 2 b ³ É
 B „ æ" , < - (. È q T h " — μ 1 M 1 ¥) Ø „
 ç Ä /

Á 3 — μ ½ ¹ b
 s ž — μ ½ 1 M 1 1 " V
 4 .) ' ; . (. (' ()
 @V İ _ Ä • £ Ü ¹ . H ' í
 B " " A ÷ , ¹ a ü T y ë † Ø V T ¹ — μ ½
 Ø " 1 M 1 V r T b V İ V © ð @ ½ 9 μ Ø
 " 1 M 1 ¥ + ~ b
 (æ" T & y ë • Z ñ V (ÿ i K a ¥ í
 B ~ ¥ È " [^ V İ È " [½ 1 M 1 Ø È
 " [í 1 İ ε ¹ Û î [b i O N H ¥ 7/8
 ' ¹ .)) ' & : Ä • / < Ä í 1 M 1 u x a
 ¹ N H X h " — μ ½ ¥ 1 M 1 ž ÿ L ! / —
 μ ÿ ë b

7 @ V (ð h h μ ä . 2 a ¥ í B ~ ^
 4 . & ; .) . ' ;
 . ((. ') .) ;
 . ' . ((; ε
 4 . & ; .) . ' ;
 . ((. ') ; . ('
 ' ; . & (; ε

表2 残差三阶自相关

Table 2 Three order lag auto correlation of residuals

	" "	S μ	-	Mô À q
ρ	.)	' . &&	' &	'
ρ	. (. (.&	.
ρ _t	. ('	.)(&	.) (.)
" ' %ç " "	.) (p• 5	. &(
∅œ¥ " ' %ç " "	.) (# 5	. &'''
7/8 _	. &		A _	.')'
" » -'	.)' &		Mô À q	. &

表3 消减有色噪声后的模型

Table 3 VAC model after decreasing the colored noise

	" "	S μ	-	Mô À q
.)	. ')	.	&	.
. ' .	. ')	. ' ' .	' (&	.
. (. (
" ' %ç " "	.&)		p• 5	(. (')
∅œ¥ " ' %ç " "	.&& ' .		# 5	(.''' (
7/8 _	.)' &		A _	&')
" » -'	&)'		Mô À q	. ' (

T Ĩ 5 j £ @ 4 ¹ @ 9 HH
 Y V U H Y - - ¥ » ñ H Y b A - f , ^
 B ñ ð Ÿ i l / ¥ . " š h w L ~ 7 ^ B ñ _
 1 í B ~ © T . H c = 3 M " " 3
 M ¥ Ø " 1 í B [< (~ O ^ B ñ h
 h — μ 1 M 1 Ÿ „ s Z μ Ÿ a α ž ¥ ~ y 7 V a
 E T û . 5 j £ @ š h V ñ ¥ E Ú 1 z
 ¿ B í L Ÿ í B Z ñ b
 È » V α # £ š h V ñ ¥ (~ Â /
 4 (. & . ((; . ;
 . ' & (. ((' ; . (' ;
 (.) ; (. (& ((

5 结语

æ" , < - (. È q V [e L ¹) î š h
 w L Ĩ μ ä . 2 ¥ M Y i ' ç @ ½ 1 M 1 " "
 y ¥] H > î — μ s Z μ ¥) Ø b
 L Ĩ ¥ û . # 5 j c £ ° É / ¥ ... @
 μ Ø " 1 M 1 ¥ + ~ b
 (h " — μ s Z μ „ 1 M 1 a — μ) V ž Ÿ

s f ¥ L ! / V Ú ' ¹ y ë û @ š h V ñ
 ¥ _ 1 í B Z ñ _ † „ ç © ¥ Ú μ î 4
 Ú b
 ' Ó Ĩ Z E V È » w < ž y ë û . x c £ °
 É Ĩ ¥ ... @ š h V ñ ~ [# ñ 5 x M Y a
 h h μ ä . 2 ¥ " d ĩ 0 ² & 1 b

参考文献

- 0 1 ... Ó [/ Ĩ S 3 @ + £ ù î 0 @ 1 / Z] 6 v Ð
 ñ) ' &
- 0 1 Ú ä / @ š h Z ñ # < " — [œ ó û . ©
 ¹ ¹ è 0 B I / Ĩ S û . &/
- 0 (1 ù l / ð î Ÿ ~ ... £ @ š h Z ñ ¥) 0 B I /
 > ³ S Ð / œ ' /
- 0 ' 1 ñ ' 0 ~ / • Y 3 @ + ¹ / £ Ø ¹ Ÿ ? ¥ y í
 ¥) 0 B I / Ĩ S û .) /
- 0 1 ù ç / û . c £ a Ĩ ¹ / £ _ ... g @ î ¥
 ³ ~ 0 B I / Ĩ S û .) (') /
- 0 & 1 ç / û . 5 j # b # Ø x b # ° É ¹
 / £ @ ~ # E Z E ù î 0 B I / ¹ o S Ð
 ' (& (&/
- 0) 1 " B \$ " C / " ! /
 ! 5 - \$! 5 5 = \$
 > = < D 5 \$ 0 B I / , < \$!
 E ! " ') & ') /
- 0 1 Ú @ ! > £ Ü / £ Ó H W ½ ~ # ç Z E
 0 @ 1 / 2 Ø Š Z v Ð ñ ' ' & /
- 0 1 ¹ ö / μ μ ä . 2 ¥ ~ • " 9 0 B I / £ æ
 Ð ') /
- 0 1 f § ð Ĩ à f / μ ä . 2 Ä / ¥ B Ö " d O
 M Z E 0 B I / 2 Ø t b t ? v Ð Ð & # &
) /
- 0 1 Ú » [/ í } Ü μ Ø , # < " 0 @ 1 / Ø ³ b +
 ñ ' /
- 0 1 + Ð ¿ d y ¿ / £ Ó © μ s Ð ß ç 0 @ 1 /
 Ø Ĩ S £ æ £ È ñ) ' /
- 0 (1 E " , % C E - ! \$ @ B > E " /
 H W ½ s ç © Ð e Á 0 @ 1 / \$ ' r / Ø Ĩ
 S d 9 ñ) ' ' /
- 0 ' 1 ^ ... é / " s Ð , < - < " 0 @ 1 / Ø Ĩ S d
 9 ñ (&) /
- 0 1 Ĩ Ò • / ¹ / £ î ĩ Ð 0 @ 1 / = ñ / Ø ¹ É ñ
) &) /
- 0 & 1 S 2 Â / 1 ¿ û . 3 @ + ¹ u £ ' ÷ È ~ # 8 †
 7 ? í Ø ¥) 0 B I / Ĩ S û . ' ' ' /

下转第(页

Abstract \$! \$ 9!" ! - G 5 " - \$ \$
 " 5 " - = !> <!! "D" / " ! 5
 - \$ - < 9 5 5 " - \$ \$ "/
 ! 5 - ! " 5 - \$ \$ " - <
 = 5 !!/ 8 ! 5! 5 ! \$ 5
 9 5 "\$ 9 - - \$ 9 F F (\$ -
 !G/H " \$! > " < - ! = >- ! !
 5 - !! 9 (. ':): 9 - \$ C\$ \$ = <!
 < " = <! - . & . . + 5 \$! > " \$ \$ - 9"
 " < - 9" ∞ 9 / ! 5 - ! " 5 \$ @
 # = \$9 5 - / * = # 5 "
 < ! < \$ 5 9 F (- . . + ! < \$ 5 5 "\$
 9 F - . 9 ! 9 5 - ! <
 \$ - . (. (. \$ 7 5 " < ! 5
 \$ 9 F F (9 5 / * -
 \$ 9!" ! > " \$ \$ \$ " 5 " < - ! = <
 - " 5 > 9 \$ " - 5 - \$ - " - !!-
 ! /
Key words > " 5> " - \$ - 9 5 " 9

责任编辑 汪美华

上接第 (页

Colored noise identification and its decreasing of spring flow attenuation in fissure-conduit media

8 FEI " # H6 " " 7 FE E \$ " 6H " = "
 J FE " " 6H6 " 8 FE, B! 5
 / ! ! " # \$ %
 & ' #
 / ! ! ! \$ % ! #

Abstract ! 9 \$! 5 = " 5 - 5 \$ 5 " -
 \$ \$ \$ 9 - > !
 < - 5 ! " ! \$! < ! = " = / +
 ! 5 > ! < - " 5 = "
 5 \$ 5 ! " ! / < " < \$! 5
 = " 5 - 5 5 \$ 9 9! \$! ! < ! < ! " \$!
 = /
Key words 5 \$! ! " # \$
 = > ! <

责任编辑 汪美华