

má ± ú: áääá/äääè, , , , , , , Ñ º ·: !! : áá'!% !à à !  
 Å \ #:国家自然科学基金( éääéäääæ;甘肃省教育厅“双一流”科研重点项目( ö û ü/ääæ  
 ¼C U·:贾锦秀( äééè ß),女,山西晋中人,硕士研究生,主要研究方向为交通运输规划与管理。ô/ : % ääi äèää  
 Z' U·:朱昌锋( äééá ß),男,甘肃天水人,教授,博士生导师,工学博士,主要研究方向为交通运输规划与管理。ô/ : ' "äääi äèää

ú & \$ ó \$ ! ! ô ø ô " ! / # ! !ô Š  
! !

, , « R F ¢ • Z ! ¶ ‡ @ [ : G F ¢ • Z <sup>a</sup>  
• ! ° à G [ A › / m à ù Ø ° ~ F ¢ •  
Z # e ! æ ¾ ‡ ê z O â t [ A › / m @ q â  
à w [ A <sup>a</sup> • Ð ! – Z T • â q « R F  
¢ • Z ! @ [ ¶ Ø 2 j m ê

[ A › / m ! ú ĭ + ú ÷ 2 # Ð À ¢ \_ • Z  
6 Ø â Û # 9 ‡ • Z ! @ [ â ‡ t Ñ • <sup>â/â</sup> 8 T 2  
F ¢ • Z 6 Ø ! › / m â Ð â Û Z <sup>a</sup> â t

í h F ¢ • Z [ A Û f / m ! Û ... – Z z Î ê  
– í <sup>a</sup> â è ú ĭ Û Ñ ñ ` ! ý `   
Å æ @ ð \ \$ Û æ W ò ! – Z ê O %  
â % • ÷ <sup>a</sup> â À m @ w [ A š ĭ ! > Û  
! J o â z ĭ y Û L A f Æ « Å <sup>TM</sup> ê

• › / m <sup>TM</sup> â N 2 Ñ • ‘ © f ^ Û f Ê  
œ ú ĭ ê ° Z Ñ › / m W ò j R <sup>TM</sup> Û • ® X !  
N » U © â Ô E æ ç À î 2 ĭ Û f â z ĭ  
F ¢ • Z [ A › / m <sup>TM</sup> ê 9 ‡ J o ¶ • ...

â [ A Ø t ! 0 â " <sup>a</sup> è 5 Å # Ø ‡ <sup>TM</sup> \_  
í 1 <sup>TM</sup> ! G „ \* ô ? s <sup>TM</sup> ê Ô E é / ê J o  
[ A è ü ... Û ! , <sup>TM</sup> â z ĭ À # e ĭ ð Ñ !  
› / m \ \$ Û ` ö § • : Û <sup>TM</sup> ê [ Ò # 5

<sup>a</sup> è À 2 A Û f N \_ Û ý / m <sup>TM</sup> Ê œ  
ú ĭ ê \ › / m ! Û f â R <sup>TM</sup> • Z <sup>a</sup> • ›  
! M ! N W ò â Ú — [ 5 • \_ ! s f A ê  
N ! À Ž [ F â @ ¤ V › / m @ q P

Û ĭ z ! / š ĭ <sup>TM</sup> % = X œ © À í h F ¢ • Z  
[ A › / m @ q ! ú ĭ Ð ê Ð â Ž â <sup>a</sup> ââ 3 ‡  
\_ ĭ / ĭ š / ĭ ° á " ! / ! / # â ø â  
! / š ĭ <sup>TM</sup> z í h F ¢ • Z [ A › / m

<sup>TM</sup> â t › <sup>a</sup> • ! – Z ò Û ! X ... T ›  
Û ` • ! N Å @ q ê O % â ` ¾ Å <sup>a</sup> ââ  
ø <sup>TM</sup> Ð ! / m ĭ r Ê œ è ú ĭ â t [ A  
F ¢ • Z › / m ! – Z ê

Ž ú ĭ Ð á ú ĭ a ü \_ ‡ « <sup>a</sup> • ê Î N  
/ š ĭ <sup>TM</sup> Ø <sup>a</sup> • ! œ © : W ° ! â  
Ô E ââ / ââ } / š ĭ <sup>TM</sup> ... Ç Ÿ Ø <sup>a</sup> • á ú ĭ  
j N • Û ... A œ ĭ / m ® X ! Ø – Z ê "

<sup>a</sup> ââ / š ĭ <sup>TM</sup> Ð ... Ç « <sup>a</sup> • á ú ĭ Å « <sup>a</sup>  
• A œ ĭ / m ! – Z ê Û # 9 ‡ • Z C 9 Å @  
[ â Ô E â ç / â è ‹ À « R F ¢ • Z <sup>a</sup> • ! ú  
ĭ â – 8 â D ¶ ú ĭ [ A › / m 8 ¶ \$ ê

! À O â ( Ô } À ° <sup>a</sup> • Û f â \ « R F  
¢ • Z <sup>a</sup> • ° ú ĭ a â } f ^ • Ê Û ` ! ,  
<sup>TM</sup> – Ç J o â z ĭ « R F ¢ • Z [ A › / m  
<sup>TM</sup> ê j Z W ` ^ t / m ĭ r é ĭ ° ĭ r é Û ` – Å  
é T › Û ` • é <sup>a</sup> • « • <sup>a</sup> 2 p – • ›  
/ m T • ! – Z â ¥ [ A › / m ! , ê

ã, « R F ¢ • Z › / m <sup>TM</sup> ú ĭ

äää, « R F ¢ • Z › / m <sup>TM</sup> z

« R F ¢ • Z <sup>a</sup> • \_ , – Å M N \_ é ĭ > N  
\_ é h Ø á Ž â N \_ é ĭ h F ¢ • Z <sup>a</sup> f ^ [ U F ¢  
• Z M \_ • q G ĭ ! w <sup>TM</sup> | <sup>a</sup> • ê ó « R F ¢ •  
Z ® X Z W Ñ ñ é u M ± Z • <sup>a</sup> < ¥ U M D »  
ô » Z ê Ð á ĭ h F ¢ • Z ¼ " ° N é \_ F é ‡  
F é h Ø z F é D ~ ¶ F É Û é ĭ • • Z ... 2 ĭ ž `   
F ¢ # e Ÿ Ö Æ U ê ( Ô J o Ÿ Å M N \_ ... í > N  
\_ ! [ A W \ Z W s Ñ f Æ â \$ f } Ž > •  
– Ç › / m ! ú ĭ T • ê

« R F ¢ • Z ° ‡ <sup>a</sup> • \ Û ` ° – Å â \ ö  
¥ Û ` ! M \_ ° ! â Å Ö Æ U ! F ¢ • Z <sup>a</sup> • ° C  
ò 1 <sup>a</sup> • á ó 1 <sup>a</sup> • ® X Z W Ñ ñ • ö ¥ ê

[ A › M \_ ! / m Ñ / š ĭ § – Ð !  
A œ ¶ " w ! N ¼ â / m W ò ^ ! j \_ ›  
á á ê › á æ ... ĭ ° á â Û Ö × Û ââ ê › Û  
` Z W ' } N œ o A Ê œ [ A € ' « W \ ĭ ° Ÿ Ÿ  
É • â M " O « W ¥ ! ó è g ê õ O ,  
Å â ( Ô À ø <sup>TM</sup> ú ĭ « R F ¢ • Z [ A ›  
/ m â – Å Å W ò Ñ n ã ĭ V ê

^ š ! š " ë -  
ý ! ý ! ý "

n ã, ø <sup>TM</sup> – Å Å W ò  
õ ää, ø ! ! ! !  
z ø <sup>TM</sup> ! ĭ ð Ñ <sup>2</sup> t [ ò G â Ñ U á ää  
ĭ V ê

ì — ! í ß ° ! !  
ĭ — ! í ° ! ! ß » !  
ĭ — ! í » !  
í — ! í » !

äää







"\$  
 " "  
 " 1  
 = /  
 " &  
 \$  
 "  
 "# \$# %# & ('  
 H W) \*+  
 ,-. = » U i m  
 "  
 " 1  
 = /  
 " &  
 \$  
 "  
 " (  
 " "  
 &  
 " " ( , \$ H W) \*+  
 ,0. Ø » U i m  
 n ãâ, ý › / mT· ! – Z  
 õ ãâ, ø " ý ! ! !  
 Wn ãâW\ B áý í â WV o ` ö ¥ C ò ( M\_ Û` \ \$ ò N\$ « RF ç • Z Û` â/ m ĩ r mP › Ü I X • Ü I W@ ĵ mã › Û` ð w ï ° ĩ Ÿ É ê ý í æ WV Ð X` ö ¥ ò ( M\_ Û` \ \$ ò N\$ « RF ç • Z Û` â › Û` • ĩ µ Ā ĵ mã P s Ÿ L w / mT· ĩ © ! ĩ X ĵ Ê â / ms Œ = À o ` ê ý ĩ ç WV Ñ ñ ` ö ¥ ò ( M\_ Û` \ \$ ò Ñ ñ M\_ Û` ... N\$ « RF ç • Z Û` â › Ü I X ð w • Ü â P Ü # N\$ Û` • ĩ : w â s Ÿ µ Ā ĩ © ĩ X ø â / mT· ø w ê ãâ ø › / mT· ! – Z  
 Wn ãâW\ B âø › Û` • µ Ā ĩ – Z ĵ mã › / mT· ) mü À C ò N ^ ĩ µ ê 8 Ü # ø : G â s Ÿ µ Ā ĩ © ! ĩ X ĵ mã ' } L A o A « â › Û` • \ N ^ ĩ ĩ r 0 ‡ â P 0 ‡ W ò Ð › Û` • , - N ^ ê ç â › / mT· ! – Z  
 Wn ãâW\ B ââ • « • â › ĩ / mT· w â › Û` ï ° Ÿ Ÿ É ĩ © ! ĩ X Ê ê N ĵ À / e ĩ ‡ « RF ç • Z ^ • â « RF ç • Z ^ • ĩ › / mT· ø w â s Ÿ µ Ā ĩ © ĩ ĩ X ø â ĩ ° Ÿ Ÿ É ĩ ĩ ĩ ĩ X ø Ê ê

[illegible]

â, ³ f

本文在考虑不同类型车站的基础上,基于疾病传播理论构建了多层次轨道交通客流拥堵传播模型,给出了模型中传播速率等参数的计算方法。以北京市多层次轨道交通部分线网为例研究了拥堵传播速率以及范围,并对模型中的各参数进行仿真分析,结论如下:

â) 0、»和 ý 对拥堵传播范围的影响较大,0和 ý 与拥堵车站数量呈正相关关系,»与拥堵车站数量呈负相关关系。在多层次轨道交通中,密切关注换乘率和断面满载率,采取限流措施将其控制在合理范围内,可以有效控制拥堵传播范围。

ã) 对拥堵传播范围的影响相对于 0、»和 ý 较小,随着 增加,拥堵车站数量以及拥堵传播范围均增大,相较于传统的单层次轨道交通网络,多层次轨道交通网络的拥堵传播范围更大。ø 对拥堵传播范围的影响较小。

ä) 考虑到客流的方向不均衡性对拥堵传播过程的影响,如何把列车运行方向考虑到模型中,使拥堵传播过程更符合实际,将是下一步研究的重点。

– J Ô E ó

[ â ], 周艳芳,周磊山,乐逸祥 ä城市轨道交通客流高峰传播影响研究[ ü å综合运输, ääää è ): èè/éàà

[ ã ], 彭其渊,段力伟,文超,等 ä突发大客流对轨道交通换乘站服务水平和列车运行影响分析[ ü å城市轨道交通研究, ääää äé ä ): æ/æà

[ ä ], 冯树民,陈勇,辛梦薇 ä突发大客流下地铁协调限流优化模型[ ü å哈尔滨工业大学学报, ääää çā ä ): äéè/ äêçà

[ æ ], 李曼,王艳辉,晋君,等 ä基于路网客流模态的城市轨道交通网络拥堵演变机理[ ü å东南大学学报(自然科学版), ääää æ ä ): ææææèà

[ ç ], óýö ñ, ÷ðþ , úø ö, ! à " Š ! ! & & ! "

!\$ ! [ ü àò " & ò " ! Š ! : ý ! ô% , ääää ää ää ): ççääà [ è ], ý ú , ÷ öýö ò, ò÷öý , ! à " !& ! " ! ! " ! / !! \$ ! ! ñ , ò [ ü à !! Š ý ! ð: ý & ý ! , ääää äâê ää/ää

[ é ], 陈伟,李宗平 ä基于系统动力学的轨道交通客流拥堵传播研究[ ü å计算机仿真, ääää äé ää ): äèä/äèæ

[ ê ], 陈伟,李宗平,刘灿,等 ä考虑拥堵传播的轨道交通车站站台承载人数研究[ ü å系统仿真学报, ääää äæ ( è ): äçèä/äçèä

[ ë ], 方劲皓,朱昌锋,成琳娜,等 ä基于渗流理论的铁路列车延误传播模型研究[ ü å兰州交通大学学报, ääää æ ä ): äè/äéà

[ ää ], 骆晨,刘澜,牛龙飞 ä城市轨道交通超大客流网络拥挤传播研究[ ü å石家庄铁道大学学报(自然科学版), ääää äé ä ): èä/èèä

[ ää ], 熊志华,姚智胜 ä轨道交通拥挤传播速率量化模型研究[ ü å交通运输系统工程与信息, ääää äé ä ): äæ/ äçäà

[ ää ], öýö , ö þ , ý , ! à ! \$ " ø / " ! % !\$ [ ü àð ü ! ! ò " ! ! , ääää äæ ääæäæä

[ ää ], 宋玉蓉,鲍裕霖,李汝琦 ä意识扩散和 ôø 病毒的双层网络传播模型[ ü å系统仿真学报, ääää äæ ää ): äæé/äææä

[ äæ ], úö ü, ñøýöþú ÷ þàü" ! / & !\$ Š " ! \$ [ ü à ô" ý & ù" ñ, ääää èé ä ): äèà

[ äç ], 彭其渊,罗洁,文雯,等 ä区域多制式轨道交通运输组织协同模式研究[ ü å交通运输工程与信息学报, ääää äé æ: ä/ää äää

[ äè ], 林立,孟学雷,马阳阳,等 ä都市圈多制式轨道交通系统有序度研究[ ü å兰州交通大学学报, ääää æ è ): ää/äèà