

号:1006-1355(2023)02-0185-05+236

交 列 别

4 j¹ Q Ē £² Æ e •² Æ 1³ å i⁻³ # K 1⁴

(1. 1 < Ç - ¾ 0 ¥ ì¹ Ç ‡, Ö « d ä Þ 1 < 325000;

2. / - ž •TM], Ö « d S Ñ 430063;

3. ° 6 8] Ö 0³ ¥ ¥ ì¹ (w \$ 0 ' N \$] Q • ì Y N / ì ° 6 Ó / ì ° 6 999077;

4. J i¹ Ö 0³ - ¾ , B ò N 0 Ž ' ý B æ] Q Y N / ì ' \$ 330013)

:基于波束形成技术,利用市域轨道交通D型车实车声源成像数据,研究市域列车整车车外噪声源频谱特性,分析受电弓、转向架等局部区域噪声源对辐射噪声的贡献特点,并评估局部噪声特性变化对总噪声特性的影响,得到以下结论:局部噪声源的贡献方面,市域轨道交通D型车转向架区域是主要辐射噪声贡献区,其贡献所占比重超过63%,100 km/h以上运行时其贡献所占比重超过80%;受电弓区域是次级辐射噪声贡献区;其他区域的噪声贡献相对较小。试验研究成果可为市域轨道交通列车减振降噪优化设计提供有力的技术指导。

关 键 词:声学;市域轨道交通;列车;波束形成;声源识别

中 分 号:TB533⁺.2;U239.5;U270.1⁺.6

:A DOI :10.3969/j.issn.1006-1355.2023.02.028

Exterior Noise Source Identification Test of Trains on Suburban Elevated Rail Transit Bridges

WANG Chadiang¹, WU Xiaolong², ZHANG Liangtao²,
ZHANG Chao³, LUO Yunke³, SONG Lizhong⁴

(1. Wenzhou Mass Transit Railway Investment Group Co., Ltd., Wenzhou 325000, Zhejiang, China;

2. China Railway Siyuan Survey and Design Group Co., Ltd., Wuhan 430063, China;

3. Electrification and Automation Engineering Technology Research Centre (Hong Kong Branch),

The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong 999077, China;

4. MOE Engineering Research Centre of Railway Environmental Vibration and Noise,

East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract : Based on beamforming technology, suburban rail transit D-type train noise source imaging data is used to study the noise spectrum characteristics of the suburban rail transit trains. The characteristics of contributions of the local area noise sources, such as the pantograph, bogie etc., to the radiated noise are analyzed. The influence of the change of local noise characteristics on the overall characteristics is assessed. It is concluded that in terms of the contribution of local noise sources, the bogie area of suburban rail transit D-type train is the main radiated noise contribution area, accounting for more than 63 % of the contribution, and more than 80 % of the contribution when the train speed is over 100 km/h. Pantograph area is the secondary radiated noise contribution area. The noise contribution in other regions is relatively small. The experimental results provide a strong technical guidance for the optimization design of vibration and noise reduction of suburban rail transit trains.

Key words : acoustics; suburban rail transit; train; beamforming; noise source identification

:2021-11-11

:国家自然科学基金资助项目(52008169)

作 介:王朝亮(1977—),男,浙江省温州市人,教授级高级工程师,专业方向为城市轨道交通。

E-mail: 641171001@qq.com

信作:宋立忠(1990—),男,山东省阳信县人,博士,讲师。

E-mail: songlizhong@ecjtu.edu.cn

市域铁路是指大都市市域范围内的客运轨道交通系统,服务于城市与郊区、中心城市与卫星城、重点城镇间等,服务范围一般在50 km~100 km之内,其车站距离短、密度大,设计速度宜为100 km/h~160 km/h,平均站间距原则上不小于3 km。

高架线施工难度小、施工速度快,造价仅为地下线的1/4~1/3,因此,市域铁路大多以高架线形式修建。以温州市域铁路S1线为例,线路全长53.5 km,

! j] Æ 4i39 km È" Q Eî 729 % ÄLç-p 2 Jñ
 D Q æ, ' WGÿ * Æ æ"i4i, ' š L NÈ ,ú0± * Ä
 š "ë*6 0 9 x, ' é# _ p \$Ä 4"ë*6 Æ~Ff ÔFJ
 GE-ÿ _L} š.D0! 0-\$ •G- _D0! &é Ä p \$Ä
 4"ë*6 š OÆ?± ' & a _Aö [š •\$Ä Ä
 - } Èh+X, ' \$ÄAö [é# 9# ' @# [1E2] Ä
 ~ÿ# [3] Ä å PFBD ' 6 Ä [4] 1y Ä ! j] Æ • '
 @ \$ÄAö [° _ _ 0/ý5 8 P ~Le G, ' 0^aL\$% #
 ' 4*6 ° _ È =TÖ {Np Y4i Ä(xTÖ {NpLe G Ä
 - KF KÖE Ä -'—(j Ä -6Š'V [5] ÄB é# * ¾
 9 çTÖ {Np4ô @, ' P ~Le G Ö f ' ÈY+X &
 F "r ¼ F ! 4*61Ç# ÈŠ'V-O î \$Ä • A, ' 9+X
 ' È @# • Ä k+ Äx< & Ä f ! é A : , ' ç
 ' Ä ñ+ ÄË)à \$ÄAö [Èÿ ' >Û#{ š \$Ä, ' B 4ö
 ÿ [6] Ä > P5 \$ÄAö [° _ (" È » 2 Ö?ðAö [
 # Äö?¶-# Ä6G F >| # Ä~M' _FO# Ä j »#{
 Gÿ# Æ • ' @ \$ÄAö [° _ +a ¾#{GÿFO Ö ÄÑ1Ç
 x)·Q Ä]Q NÁ 6EØ)· - Ä2 î]K~D /ë#{Gÿ Ä)0c
 1 ÄÜ 1 úF Ø \$Ä, ']Q NÁ @ 6 Ê }2î ÖQ 1y H
 &é⁷ Èa " @ j8Z0^a Ä~Ff ÔFJÄ à uLì1yN¶ =
 5j A, ' \$ÄAö [° _ Ä

»M'TS⁸ X# • ' @ ° _ , ' * .p : È * ¶ 0/ý
 î)àLe G ? » F, ' * ¾# • ' @, ' F6 A \$ÄAö [
 é# ÈF >| ¶B P¼P¼AñÄHe1y⁹ * ¾# • ' @ °
 _ 0 ... ¶Q FO GE-E- F š \$ÄAö [ÈD0! ¶Q FO G
 E- š \$Ä j(© W úNÁBa(© WÈ/j ¶ = <E-FO ; =
 < \$ÄNÁBa, ' F?ð » È À ¶E- F j j&é š
 F?ð » ú k?± \$Ä Ä) » ç 11y [10E11] Y+X * ¾# •
 ' @1Ç# , ' B&K78FJFfEŽEÄ ? P ~Le G#{B 3+
 5 ÈD ... ¶Q FO GE- 300km/hFO ÖF >| &, 'E- F
 š \$ÄCQ)^Gÿ 6 Ä Ä ~ ½1y [12E13] * ¾ 78FJFfEŽEÄ ?
 Le G ¼ FFT-NNLS ý \$0 # • ' @1Ç# 0 ... ¶Q
 FOJñD • ±!â >D *!âQ FO GE-E- F š \$ÄAö [Ä
 FÄ*Z Ä¹⁴ Y+X143FJFf=ê û Le G X W?~Q Jñ :G÷
 Lö ¶ GE-4ÿE÷ &, ' š ž È* ¾ ý \$0 # • ' @
 1Ç# 0 ... ¶EŽE~ š 6/ë.D0! Ä)» LKw ¼:•• [15]
 * ¾# • ' @ ° _) = <2« » ¼ }5ž, 'Eœ A æ j š
 (© WF >| ¶.D0! Ä

9.D0! W J Y+X# • ' @ ° _)Q FO GE-
 \$Ä 0 ... š Aö [.D0! Èv) 2 JñD GE- \$Ä Rì
 9 ÖFf Ä j!" È • \$Y 2 JñD S14i j 0;6ü
 ÿ È* ¾# • ' @ ° _ È÷+B&K œ (BZ-5939 »
 0+ Ø \$ÄAö [3+5 F >|#{B Èö [2 JñD D »E-
 E-F š \$ÄNÁBa(© WÄ \$ÄAö [3+5 P ~Le G 3
 5ž XD /ëF E~] 04i 10 m ÈE G] óQ ¾E~M' 1.2
 m ÈY'M' 35ž ² á ² . 1 p/j Èà j î í ö á ² . 2

p/j Ä

. 1 #(&é Y'M' 35ž .

. 2)à j#{B /j ? .

1 # A© ¹ %o ž Ø)Ú •"©

1.1 # A©E:EóÄNe ö žE: _

{B ¶ 5/ý = <, ' GE-F >|FO Ö ÈB [j 105
 km/hÄFJE÷B Y'M' 0Q &FOÄ80 km/h Ä0 km/h Ä0
 km/h Ä0 km/h Èÿ/ýE-FO w#{B 9!Q È÷Lö 94ô
 ž ÈAñ î#{ ž, ' 9 x W Ä

{B E- » j\$Y 2 JñD S14iF :UE-E¶ È÷+X
 48²5F4ô ' @, ' 2 D » GE-ÄE-E¶ kK'95.2 m Äî
 AÑ 0Q &FO j140km/h È] ÈE- ¾3E- j ØE-4ô È
 E-E¶5F4ô0ûM'/j ? . ² . 3 p/j Ä

1.2 A©P` D B â Ø)Ú •"©

{B OL\$ È÷ gNÁ)-Aî5ž j 32 kHz Ä y -79 â
 @ ~ 6 [Aî5ž ¾#{B Y'M' ¼D /ë#{B Y'M' 30 m
 4 ÈJE÷ GE-%ð#k y -79 â ', ' &L\$ AÑ1Ç GE-
 FO ÖÄG÷ g &K~ i žE-FOF >|B3 x ÈGE-FJE÷#{B
 Y'M' }4Ö 5 s 0 ûG÷Lö ÈGE-FJE÷#{B Y'M' >4Ö s
 5 •G÷Lö Ä

ž 4*6G÷+X0+ Ø# • ' @ \$ÄAö [1Ç# È
 #{B p Ç, 'Le G » 'F >| 4*6 Ä 6 ÄNÁ)-93 \$
 Äî j 630 Hz 8 000 Hz È • IAî5ž j 0.1 m×0.1 m Ä
 I H F éM' Èe GLd jÄArray ShadingÄî5ž j Ô
 F Q ? È... WAö [P @ÄArray Opening AngleÄ 1
 jU AÖ, '70° Ä ž 4*6F 300!Q È 0 _ ý \$0
 £% Ä

. 3 E-E¶5F4ô0ûM'.

6 æE-, ' š \$ÄÄö [j f B 6 j 9 Z j È
6 j ;G j Ä [- Eœ A æ Ä^a » j úNp5h Äæ E
+e ~ú +e ~1y j ÄE-f j ÄG j Ä [- C
5• Ä^aB31y j Ä×a ¾ ;G j š \$Ä=r È ½ 6
!" j 5 5 4ö 6 jEœ A æ j ¼MŽEœ A æ j Ä [
- 0^a » j úNp5h Äæ E +e ~ú +e ~G } ÄÄ § f
B 6/j ? .?ñ . 4 Ä

. 6 60 km/hFO Ö4xE- F \$Ä j Ä .

. 4 \$Ä 6 j/j ? .

2 E: ê > Ä ÒB # A©4§ p ž Ú d

2.1 E: ê HE: > Ä\$d ÒB # A©4§ p ž Ú d

* ¾0+ Ø \$Ä# •' @ \$ÄÄö [° _1Ç# ÈÑ
1Ç = <E-FO ; , ' k j 6 35 Ì Ä . 58# . 75 *
20 km/h 105 km/hFO Ö4x ; È- F š , ' æ f j
Ä . È] ÈZEæ € 7>~jE- fK Ö È€ 7 Ì&é j 1
E-E- Ä ò63 . 4 ÄÈäEæ>~jE- fQ Ö é A Ä

. 7 20 km/hFO Ö4xE- F \$Ä j Ä .

> 1 = <FO Ö ; , ' 0 W Ì)·4x

FO Ö(km ð ¹)	0 W Ì)·4x /dB(A)	0 W \$Ä }5ž
105	1189	2E- }Eœ A æ
80	1096	2E- }Eœ A æ
60	1009	2E- }Eœ A æ
40	99.2	4E- }Eœ A æ
20	95.9	4E- }Eœ A æ

p 20 km/h ` 105 km/h È0 W Ì)·4x Î W 23
dBÄÄ ÄÄ = <FO Ö ; 0 W \$Ä }5ž+• Þ i Èv û
4ø jEžE~ j È!Q X +e C }5ž X .] n/j * 0
Ê ñ+ È~> +e C j š § 9 0G 6CQ)^Gÿ Ä
j Ä . 9 x ` ý P * ¶ GE- ~ \$ š , ' 0^aL\$
6 3?ô » ÈF 0!•AÔÄö š •\$Ä, 'NÁBa(© W È 8
5 * ¶ = <E-FO ; E- F š k Ì)·4x ú Ì)·4x
NÁBaÄ>~25 * Ä/ý#{B FO Ö ; k Ì)·4x ú !
Ì)·4xNÁBa ÄFJE÷ 6 Ä . È¿-pE-FO ð05 km/h
L} ~8# 20 km/h Èk Ì)·4x, 'NÁBa 6 3?ô » * \
1 08\$ ÈM0?±# ? , ' _ È 2 000Hz j+| ÈGE- 6
[105 km/h Ä0 km/h Ä20 km/h, 'E-FOFJE÷ &È

. 5 105 km/hFO Ö4xE- F \$Ä j Ä .

> 15 * Ä/ý#{B FO Ö ; È0 W š \$Ä, ' Ì
)·4x ú ! }5ž Ä \$Ä u IL¿FO Ö Î W6< Î W È0 Ö

Äa Ä105km/h

Äb Ä60km/h

Äc Ä20km/h

. 8 = <FO Ö4x k f ï).4xNÄ 63

>~ 2 = <FO Ö ;, ' k ï).4x ú ! ï).4xNÄBa

FO Ö Äkm ð¹ Ä	k ï).4x / dBÄÄ Ä	kNÄ!â/ Hz	INÄ). / Hz
105	1293	630 1 250 2 000 3 150	1 250
80	121.1	800 1 250 2 000 3 150	1 000
60	1133	800 1 250 2 000 3 150	2 500
40	1100	800 1 250 2 000 3 150	2 500
20	107.9	1 000 1 250 2 000 3 150	3 150

2 000Hz :NÄ). @ 6, ' •" 6 [j 24 % Ä3 % Ä
67 % ÈL¿·pE-FO, 'L} ~ È 000Hz :Q NÄ @ 6, '
•" F@\$@ Î WÄ

j ¶F 0!• ¶@ 4 j š \$Ä >E-FO {L\$, '%D
F £3+ ÈB [= <E-FO ; :G j , ' k ï).4x Ä
CQ)^). ¼ ;G j , ' CQ)^).5 Ì È f . 9 k
ï).4xFO Ö-(£ W "4i 8 Ä X 6 Ä ï).4x >
FO Ö-(£ W "4i & È"4i ï). >~, ' ï).4xL¿FO
Ö, ' F ' È_ 0N@ ,Gý?±, ' ž 7 7 Ä ï).C°
Q >~ > ï).4xL¿FO Ö, ' F \$ È~ >"D Ø š
@ 6" GyC° WÄ p . 9 -; * È-FO 20km/h
105km/h {L\$ & È-FO!ÿ Î W10km/h ÈG j Ä

. 9 = <j k ï).4xFO Ö-(£ W "4i 8

G j ¼ æE- ï).4x Î W4Ö 2 dB(A) Ä2.5 dB(A) ¼
2.6 dB(A) Ä

2.2 E: ê F¼ ³ > Ä\$d ÒB # A©4\$ p ž Ú d

9'— . 4ÄaÄ \$Ä 6 j/j ? . j B 6?ô l ÈÑ

1Ç 4 j = <FO Ö4x ;, ' k ï).4x ¼ ï).4xNÄ

BaÈ . 10 p/j Ä

>~ 35 * = <FO Ö4x ; = <j , ' k ï).4x

ú !NÄBa Ä)" ;G j ¼ :G j , ' k ï). È

6 Ä . ÖG j , ' ï).4xCQ)^Gÿ 0 W ÈG j

, ' ï).4x!Q { æ <E-FO ; ÈÈE-Eœ A æ k ï

).4x w W ¾ E-Eœ A æ k ï).4x x j ÈE- }Eœ

A æ k ï).4x 0 ? È!Q j 4E- >Eœ A æÄ ;G

j l 1 000 Hz # jEžE~ š È NÄ2 000 Hz

Äa Ä105km/h

Äb Ä60km/h

Äc Ä20km/h

. 10 = <FO Ö4x 6\$Ä 6NÄ ï).4x

>~ 3 = <FO Ö ; = < j k ï)·4x ú !NÁBa

FO Ö Äkm ð¹ Å	k ï)·4x :G j	/dB(A) :G j	INÁ)· :G j	/Hz :G j
105	1194	1265	3 150	1 250
80	1124	1202	2 500	1 000
60	1060	1123	2 500	2 500
40	1036	1085	2 500	2 500
20	1030	1060	3 150	3 150

3 150 Hz j(¥ E+e j š x:G j INÁ)·
2 500 Hz 3 150 Hz j0ªB3 »5Y j š kNÁ Ä
i ž . 4 p/j, ' j B 6?ô l Æ x i ž œ ?
Ä1 ÅÑ1Ç .Äa Å p/j 4 j š \$Ä, ' ï)· l Ö
/ _ s / Ä1 Å
! j ÖW>~j ï)· Èw>~j ï)·4x ÈV0>~j * ö
ï)· È l 10¹² W ÄAÑ1Ç 4 j š \$Ä XE-F š

k ï)· l j, ' " Ä l j È ï)· µ p 9

š \$Ä ï)·-(Ð Ç ` j , ' k ï)· Ä . 115
* 4FO Ö4x ; = < j š \$Ä, ' ï)· " 5 ì Ä 6
Ä . Ö

:G j š \$Ä È¿E-FO Ð Ä20 km/h 105
km/h ÄÈCQ)· p 324 %L}8# 13.7 % È4E-FO ; , '
kNÁ @ 6 X2 000 Hz 3 150 Hz NÁ!ä ÈÁ)·-E³QÄ0ª
B3 »5Y j ÄÄ

:G j š \$Ä È¿E-FO Ð Ä20 km/h 105
km/h ÄÈCQ)· p 63.8 % w8#82.2 % È4E-FO ; , '
kNÁ @ 6 W8\$ } ¾630 Hz 1 250 Hz ¼2 000 Hz
3 150 Hz T ZNÁ!äÄEžE~ ¼(¥ E+e j ÄÄ
:G j 7-Gy " CµE÷ 60 % ÈfFO ÖCµE÷
100 km/h ÈG j " CµE÷ 80 % È~Ff ÔFJ •Lì
L} šAîAÑ Ä H x63<• ;G j D-pGý63<• 630 Hz
1 250 Hz ¼2 000 Hz 3 150 Hz T ZNÁ!ä Ä

Äa Ä105 km/h

Äb Ä60 km/h

Äc Ä20 km/h

. 11 = <FO Ö4x 4 j ï)·CQ)· " Ba

3 4§ AÄ

\ . \$Y 2 JñD S14iQ æ4i j » Æ j.D
0!) B' È÷+X0+ Ø \$ÄÄö [3+5 J,) 2 D »E-F
>|#{B È 6 Ä ¶ 2 GE-E- F š \$ÄNÁBa(© W k
?±5 Aê² ; Ö

Ä1 Å = <FO Ö ; 0 W \$Ä }5ž 9+• b i Èv
û4ø jEžE~ j È!Q X +e C š § 9 0G 6CQ
)^Gy Ä

Ä2 Ä¿-pE-FO ð105 km/hL} ~8# 20 km/h Èk
ï)·4x, 'NÁBa 6 3?ô » * \ 1 08\$ ÈM0?±# ? , '
_ È¿-pE-FO, 'L} ~ È 000 Hz :Q NÁ @ 6, ' "
F@\$@ Í W

Ä3 ÄpG š \$Ä, 'CQ)· éM' È2 E~Ff ÔFJ D
»E- ;G j ÄEœ A æ j Ä_ k?±EÄ 4 š CQ)·
j ÈCQ)· p " GyCµE÷ 63 % È00 km/h :F >| &
!CQ)· p " GyCµE÷ 80 % È+e C j _!Q4xEÄ 4
š CQ)· j Ä

Ä4 Ä ;G j š \$Ä È¿E-FO Ð Ä20 km/h
105 km/h ÄÈCQ)· p 63.8 % w8#82.2 % È4E-FO
; , ' kNÁ @ 6 W8\$ } ¾ 630 Hz 1 250 Hz ¼2 000

Hz 3 150 Hz T ZNÁ!äÄEžE~ ¼(¥ E+e j ÄÄ
-5x l) Ö

[1] PH 8 È P ¢ Èx ó] . Beam formingé# , 'Le G.D0!
ú ! X š \$ÄÄö [], ' Ä+X [J]. š > _ Ø x f È2009È
29(3) Ö458.

[2] L 6/E . Äö [GE- š \$Ä, ' 6Š'V# • ' @ ° _ .D0! >
Ä+X[D]. :#§ Ö#§ ÔFJ W - È2010

[3] HOØ Öž È)¹ ÈP% EpËy. 0/yMž8 +a j] \$Ä>~
M' _FOGý '1° F é# [J]. š > _ Ø x f È2020È(2) Ö
33-38.

[4] 6r9 ¢ È% "hMËH w Èy. Q FO GE-?ò y j š \$ÄÄö
[ú D 'CQ)· 6 Ä [J]. š > _ Ø x f È2020È(6) Ö
198-203

[5] ?J J È#; ÈZAN"AËy. # • ' @ \$ÄÄö [° _ .D0!
F ..[J]. - ° _ È2013È2(5) Ö30-435

[6] ?J J È#; È» > L Èy. * ¾# • ' @ é# , 'CWE-E-
F ÐFO š \$ÄÄö [[J]. _ Ø > ä + È2012È1(7) Ö6-70.

[7] ~#; ÈJ J ÈZAN"AËy. L"8 Ba, ' ÄBa. Le# • ' @
, ' š \$ÄÄö [° _ [J]. š > _ Ø x f È2011È1(4) Ö
145-148

5

本文基于实际轨迹分析机场运行时交通流特性,根据交通流分布的自相似理论,建立了基于实际轨迹修正的航空噪声预测模型,进行了航空噪声等值线与机场周边控规区综合集成,提出了基于土地的航空噪声控制策略。得到以下结论:

(1) 噪声等值线实现了噪声分区,划清了航空噪声由跑道向外围的不同程度噪声影响区域范围,地方政府可以依据噪声暴露等级明确土地开发性质和使用性质。

(2) 通过预测得到的未来典型时间航空噪声等值线与地理信息结合可以掌握机场周边声功能环境变化趋势,可以使后续声学调查和噪声监测工作更具针对性。

(3) 本文提出的航空噪声等值预测及其影响评价方法具有一定的可行性。

参 考 文 献 :

- [1] ZHANG M, FILIPPONE A, BOJDO N. Multi-objective optimisation of aircraft departure trajectories[J]. *Aerospace Science and Technology*, 2018, 79(aug.): 37-47.
- [2] 王超,王飞. 离场航迹降噪优化设计的多目标智能方法[J]. *西南交通大学学报*, 2013(1): 147-153.
- [3] GAGLIARDI P, TETI L, LICITRA G. A statistical evaluation on flight operational characteristics affecting aircraft noise during take-off[J]. *Applied Acoustics*, 2018, 134(5): 8-15.
- [4] NEIL D. Technical guidance material on the balanced approach to aircraft noise management[R]. Canada; ICAO, 2017: 2-83.
- [5] 姚琨,徐少辉,户文成. 北京市声环境功能区调整研究[J]. *噪声与振动控制*, 2015, 35(4): 112-114+169.
- [6] SILVA B, SANTOS G S, GOMES R. Land use policy in the vicinity of airports: Analysis and lessons learned from the Brazilian situation[J]. *Land Use Policy*, 2020, 90: 1-8.

(上 189)

- [8] 宋雷鸣. 基于相控麦克风阵列的逆向噪声源识别原理与技术研究[D]. 北京:北京交通大学, 2010.
- [9] HE B, XIAO X B, ZHOU Q, et al. Investigation into external noise of a high-speed train at different speeds[J]. *Journal of Zhejiang University SCIENCE A*, 2014, 15(12): 1019-1033.
- [10] 王德威,李帅,张捷,等. 高速列车车外噪声预测建模与声源贡献量分析[J]. *中南大学学报(自然科学版)*, 2018, 49(12): 3113-3120.
- [11] 王德威. 高速列车车外噪声源贡献量分析及影响因素研

- [7] 赵仁兴,尹建坤,马丽霞. 协调机场及周边土地利用规划减少飞机噪声影响[J]. *环境影响评价*, 2015, 2015(2): 61-65.
- [8] SADR M K, NASSIRI P, HOSSEINI M, et al. Assessment of land use compatibility and noise pollution at imam khomeini international airport[J]. *Journal of Air Transport Management*, 2014, 34(1): 49-56.
- [9] 赖冠中. DPSIR模型的潮州市土地利用规划环境影响评价[J]. *福建建筑*, 2019, 2019(7): 5-9.
- [10] 洪华. GIS下的土地利用规划空间布局合理性评价[J]. *测绘与空间地理信息*, 2021, 44(2): 113-117.
- [11] WOLFE P J, MALINA R, BARRETT S R H, et al. Costs and benefits of US aviation noise land-use policies[J]. *Transportation Research Part D Transport and Environment*, 2016, 44(may): 147-156.
- [12] 郭宪超. 基于ADS-B数据的飞行流量预测[D]. 广汉:中国民用航空飞行学院, 2021.
- [13] 王欣. 空中交通流量预测建模与仿真研究[J]. *计算机仿真*, 2011, 28(8): 363-366.
- [14] 丁聪,曾维理,魏文斌,等. 民用机场噪声评估综述[J]. *航空计算技术*, 2021, 51(5): 130-134.
- [15] 李楠,樊瑞,傅饶. 机场终端区交通流模式识别研究[J]. *武汉理工大学学报*, 2021, 43(5): 34-40.
- [16] 王超. 飞行程序运行评估的理论与方法研究-安全、经济、管制适用性和环境影响分析[M]. 北京:航空工业出版社, 2014.
- [17] 高伟,张腾飞. 随机模拟法在仿真航班计划生成中的应用[J]. *科技创新导报*, 2014, 2014(2): 89-91+93.
- [18] 杜继涛. 机场噪声预测模型及应用研究[D]. 南京:南京航空航天大学, 2012.
- [19] FAA. Aviation environmental design tool(AEDT)_technical manual[R]. United States; FAA, 2017: 241-242.
- [20] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. GB/T 3222.2—2009 声学-环境噪声描述、测量与评价[S]. 北京:中国质检出版社, 2009.
- [21] 柏立森,李延,田爱军. 民用机场飞机噪声污染防治措施的评述[J]. *污染防治技术*, 2010, 23(3): 3.

- 究[D]. 成都:西南交通大学, 2018.
- [12] 杨妍,张捷,何宾,等. 基于试验测试的桥梁与路堤区段高速列车车外噪声特性分析[J]. *机械工程学报*, 2019, 55(20): 188-197.
- [13] 杨妍. 桥梁段与路堤段高速列车车外噪声特性对比研究[D]. 成都:西南交通大学, 2019.
- [14] 邓琪云. 基于偏相关技术的轮轨噪声分离研究[D]. 北京:北京交通大学, 2020.
- [15] 王东镇,葛剑敏. 高速列车运行时不同转向架区噪声特性[J]. *交通运输工程学报*, 2020, 20(4): 174-183.