

μαÇÁ Óóó ÓÑ# SéÑ# Óúá# ú½

P ELDpc ç g | 9 4CKLÔ c • @ @ÎA/£

M TÆwK ' * ßwM > ßwT} € °wB8/K³

æš-D GT " 7 ÔC " K•"K, >->-¶ æ@! ß0 +0ž-¶*b } .p - T " g*b /8 " K•"K, >->-¶ æ@! !@ç
è ž È /8 T " =ò40î)3 ; ¶ • /8 " K•"K, >->-¶ æ@! !"ß ø

...æ@ÎA & P ELN =y+± ç g | 94CKLwg4ÑZ , g ' (Ý r KÉw-E-' 4CKLN =ywθ #L- ELDpc C
B²Dpc FúÝ4CKLK MÁ ý ' ³ - .ú ELDpc | 94CKLÔ c • @ @Îæ' wR=' ³ /@p FE , ç@y T { w
u T ++: Bà£ & ç g4CKLN =yÖ . ' TE =y³ 3 ½ 50;~] C*y 2M - ò • 8 w /øE/5
ç g3â> Ô È " N , ' L< Çe!A Ô È N , wf > 4CKLELÓ k | >ÿ Ô È- Fú7b | >ÿ ÷ >ÿEL
Ó%og Ô c • DÀ' 4 \$ wA/£4CKLN =y+±Ö . ' T 9 # 3 ¼4CKLN =yK!C A c ^ » μ < '
Çi w 9N =y/ Ç T7æ , ,L4 È = ; Å Ô c • 6* L 6 u ý P Dpc CB²Dpc FúÝ4CKL+±ELÓ w
59A6* L . | 94CKLN =y+± Ç T wg P ELDpc ç g | 94CKLÔ c • @ @Îý È - .ú JC

æ[æ@ÎÁ ç g4CKL Gg | 9 Ô c • @ @ÎN =y/ Ç T Ô . ' T
Z + 31" \$ Á è0 @æææ' ([4 - . Äæææ' 0 4C\$ Áß!!!K@ %@! ß o! 0K x" K

ææ7 û ç g %üç] Çç > UçU ù d= " öÆU
ß ßj " #«E ¶ Z Ä] = Ì DÿU ' "3üDô n j
+±p , " ç g - \ , %& = &ì " £ U 1 VM³ Z p
R³ £ (' +±%*U ß%, ä ç g U %E80! &m
Qw ± &" î 6* È ÷ h (1è Ó0v æL •] ³ K} c "
ž ú j W%OE (Î +± = Ì (' + C "- , ä ç g
ZEA' (Ý r KÉ" ò M7ø Z Ú (Î E "s UE ¶ Z
6 6*BhA ç g59-a | j W%OE @Î? % ' " G
ç g | 94CKL6* - TK} Ó p R , g E ì " È (Ý G
ç g | 9 4CKLN =y %j ü wK öÆ ù • ç ç U w
!•ç U ç : ç d v Ô c & à 0 f ' 0 î) 3 " û 59 ý P ç g
1 = (Î +± u (" ê ç g - *U80! "Dè] ¶ • &
P L • T] " =y1.ú (Î +± , +± 00%

G ç g | 94CKLU)3 @çA/£ 1 /8 Á*U7 ±
6Fú>@±< v " £ Ä³ : >-A/£ = É % z "
ç g | 94CKLK MÁ±A/£ BB±² C " 52+±-"
" K0% ç g , 8 %\ - .ú /§ Z g • ç " : 50
;~ £ ÈKr+±N =yÖ È " ' T " 3 £ ê Ažg - .ú ±
67 h6* È +±§6* € 00%' # ç g | 9/ Ç T
Ô c ^ DTC g G §6* € 2(4 +±/ Ç Ô c % z " 6
G §6* € 2(4 +±-A/£ h >@KóZ U - 7! TK

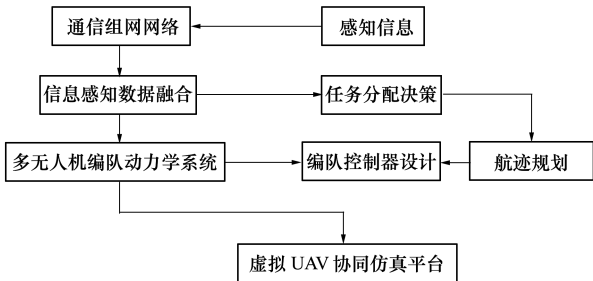
MÁ K00 &ÑkK MÁ ß Kx0 1 4CKLK MÁ ß K0 % & » G §
6* € 2(4 +±4CKLÔ c ' A! " £ / Ç T \ 4 G §6* €
2(4 +±DýÖ 9 ' ß0%' ([ß ÒA/£ ³ ± 6 L<3ì T
1 K1/4 g • ~ §6* € 4-4 +±3 0 < 9 ' K MÁ' G
§6* , p+±G ç g | 9 %EKóZ <4 ± % | 94C
KLÔ c Z "KL• . \ - Wh>@K MÁ%g È (Ý ç
g4Ñ M± +± , . " Ç +±K!C N =y "L->@Ô c ü ä
ç g ELÓ "7W>>ÿ0vN =y æ" - £ Dè] - 7! T ,
+±%0! ß0 j "n P H0vç ý ' - .ú ç g Dpc 4CKL
N =y Ô c æ' " £ ù g Dpc .è 4CKLg ' -m & Ô c
(' @ @Î' 0Ä" È (Ý -A/£ ß 0%0! ß' j "4» * •)0
S• È (Ý ³ Q ç g Dpc 4CKLN =y " e§ Z Dæ Í
!æ | & Ò " \ - W¥ , +±Dpc | 94CKLN =yDð/8 %
T Z , ' Ç5) ç g | 94CKLP ELN =yDð8 Z "Kó
4ÑZ , g ' (Ý r KÉ" L->@FúÝDpc CB²Dpc 4CKLN
=y" 3ü = g -A/£ +±& %æ r Y ' ý ' ? à U G
ç g P EL4CKLN =y ZDpc | 9 Ô c +±K MÁ%
Y ' lµ & ç g4CKLU " =y%OE (Î # "g4Ñ
Z , g ' (Ý r KÉ" L-E-' 4CKLN =y% ç g , 4
=Ø(Z & g r KÉ: E/ É4 4 U4CKLZ "KL• =Øa |
L-FúÝ3ñKL4CKLo" 2(4 | 9/ Ç T =ØE-a " : 6*

1 = %E (Î "ý ' 3 - .ú ç g 4CKL| 9N =y Ô
 c • ++Á R r KÉæJF@@"Îæ" "ý P N =y| 9 4CKL
 +± Ç T "6* L ÷ #A0j 4CKLZ ç g +±FúÝ4C¿
 1 æ3Fz"Dè] G ç g | 94CKLN =y+±, ++%

Öt (Î üE

t @æeU" =y - N %E (Î Z "n^ n %o! ßoã
 ç 3ñ =++4CKL3 X û : 9 +±g g Bn "z - 4 Ç
 g " =y %E (Î %U (Î " =yx z "L->50;~ y
 æ+±) 5 È È " K/§2(4 " &] h (2(4 " WE
 \ f E€' 7W) f +±6* È ".@N g ÷ ç g 7 CÖ
 3ÓÏT6*0v"E È \ > æ %og ' Ô ç ÈE =y1è- €
 (+±i 50%g 3 ý t € (=y Ô+± = ì (" > æ ç
 g 4CKLi ò>@o,%¿Fz5 "%¿ | 9 "59AK4ÑK!EG
 Dô• › J+ž Ø æ"E =y4 - à0f" | 9 3 " .
 æ- g q g | xK!+±C .è "j 6* 6! , 4Vü ç
 g xK!+±%& z 4' 1 ELÓ%E & ç g U: o E g
 (Ü Z ¶ • P u & ELó-› " =y %E (Î \ 7 Fú
 >@±%

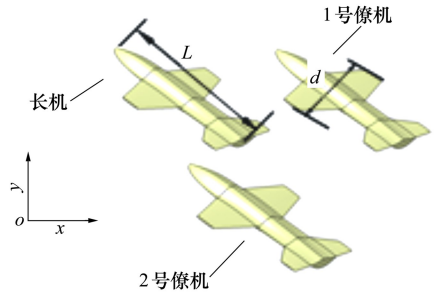
& » ^ ,! € ((Î Z " | 94CKLÔc \ ò & cA
 ® £ Fú@±- WÜT %E =y ç g | 94CKLÔc •
 @@"ÎNÁu g SL\$Dè±M@ "g %o æ- g | o& ç g
 4ÑE =y æL- " £ & æE =y<^ 5 " £ NU" =y (Ì
 Dð8 Z " £ Z - ã ç g r KÉ" ç g 4CKLFúÝ4C
 ¿ "M@ "g 3 L - æE =y<^ 5 1) 3 " %ú Ý o3
 Fz" ELà0f" - ü ã ç g *L = L H+±7VE&E =yFú
 Ý>ñ? "&c; V*Um-A/£ +± | 9 Ôc) 3 @ç KL• @è
 @Îæ" È (Ý | 9N =y %Y ' @@"Dð8 Z "@ñj æ-
 g q g | xK!+±E@M\$ r " ÷ g xK! æME?
 Dè] È # T %- ; E@ðZ ' ç g | 9; ‡ , L
 "O'@imý ' +± Ôc æ" U/ ÇN =y Z +± =y
 T %+ ßg ç g | 94CKLN =y Ôc +±"n/8 + %



+ ßæG ç g | 94CKLN =y4 ± +

#‡ N , ' /ø

A ç g J-3Ó "] "5) , ê 3Ó 0] "Bn FúFú3Ó
 ! 'k"2 7Wb2(4 @# "ê KxN =y@DÁg "ML
 • "Çz Ôc • "• › Ñ • • 0v %A ç g - *U'Í D'
 þ Ög "ý È - TBn FúFü 0"! ¶ " 7VELÓ T3Óg
 x0] ð "TDûÿ^ ELA *y i g !] ð " - T&dæFüg
 ß! Á"- T 7W#K! g 0! | ç %6 æ- g q g | 4C
 KLN =y ^0% ç g | 94CKL , N , - + 0 m.g á



+ 0æ ç g | 94CKL , N ,

#Öt ç g 3â > !A Ô È N ,

□ 6 Ô È- Fú+±E 4 T • " N , i • "E@æ(
 4 DÖ@ \ E =y i •] @Î%U!A Ô N , i • @x-A
 /£ Z "A ç g 3â > E 4 • " N , - %ßo < 1 %o <
 m.g á

éVù è- !. 0 x - 0. ! ! - !. ß@
 èú è ! - x ß@ !. @ ! ú ¼
 èú = è ! - . x - ."® ! ú ¼
 èú è ! ! ß ! è
 éVù è! . ß è ! è !
 èú è ! " " x è ! "ú^{iH} %ßo
 èú + è _ . ! "ú^{iH}
 èú è ! è ! è !
 éVù è !. x ! - 0. ! ! - !. ß@
 èú è- ® x - x ß@ - ® x ! ú ¼
 èú = è 0! " - ! " - ß ! ú ¼
 èú è ! ß ! ! è
 éVù è !. 0® - !. ®xù
 èú è- ß! ß x" . x@ è ! è !
 èú + è - . 0 ß - 0x è ! è !
 èú è ! ! è ! è !

< Z " $i_H = \bullet \cdot g \wedge EL > \ddot{y} \neq \bullet \cdot g \quad \zeta g, \% \& \gg / \S ! A + \pm EL$
 Ó ¼ " $q^1 \theta 3 X = \bullet \cdot g \quad \zeta g + \pm D \hat{u} \ddot{y}$ " > $\ddot{y} EL \hat{O}$
 ÷ > $\ddot{y} \theta_A^1 \delta_B g 7b | > \ddot{y} \%$

A • " $N_s \ddot{u} E \quad \zeta g 4CKL3\hat{a} > g \hat{O} \quad \bullet \zeta EL$
 Ó $V_o = x0] \delta N = y " N = y P \quad \hat{O} g " ! !] " \alpha_o) \quad \circ \% E$
 . $\acute{u} N_s g , g N_s " \backslash ' / \theta U \quad \zeta g L < 3\hat{i} T N_s 0-$
 C ; $\% \kappa \cdot \hat{O} t @ \ddot{e} + \pm 3\hat{i} T C ; o + \pm N_s , \%$

$\hat{z} \hat{t} \quad \zeta g L < 3\hat{i} T N_s$
 $\zeta g L < 3\hat{i} T \hat{O} . 2(4 N_s + \pm \hat{O} c) 3 @ @ @ \hat{I} 3$
 $\frac{1}{2} \backslash ! D^\circ K \hat{e} + \pm " T G \bullet L < 3\hat{i} T 2(4 N_s \ddot{i} \bullet F \hat{o} * U$
 - < $1/8 "] @ \hat{I} \% \quad \zeta g L < 3\hat{i} T N_s - 8^{030} \hat{o} \hat{a}$

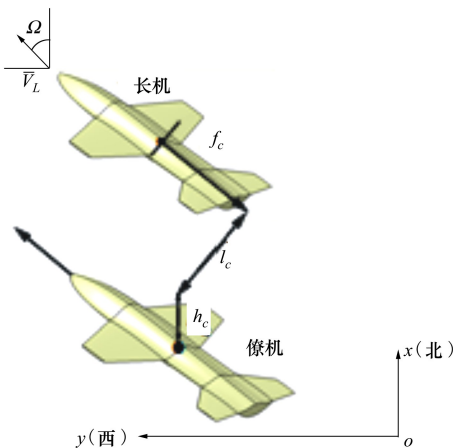
$$\begin{cases} \dot{x} = f \% \delta " G " F_A \% \delta o " M_A \% \delta oo \\ \dot{y} = y \% \delta " G " F_A \% \delta o " M_A \% \delta oo \end{cases} \% oo$$

< Z " $x g \quad \zeta g \hat{a} . - F \ddot{u} \ddot{y}^1 \delta t g D \hat{A}' - F \ddot{u} " G$
 $g T \} 4 2(8 + \pm , \ddot{i} \bullet - F \ddot{u} \ddot{y}^1 y g G \in \} 4$
 $2(8 + \pm * N_s , \% A \hat{O} \hat{E} F_A^1 ! A \hat{O} \hat{E} - M_A E G e * U$
 $! A \hat{O} \hat{i} \bullet = \bullet \cdot g \hat{a}_D g K h \hat{E} 2(\bullet \& \gamma g \hat{O} > \hat{E} 2(\bullet \& L$
 $g t \hat{E} 2(\bullet \& l g \$ D T \hat{E} - 2(\bullet \& m g \quad \hat{E} - 2($
 $\bullet \& n g | 7 W \hat{E} - 2(\bullet \%$

$$F_A = q \hat{e} C_Y \% \delta o \acute{u} \quad \alpha M_A = q \hat{e} C_m \% \delta o \acute{u}$$

ú $\hat{t} \hat{O} c \bullet @ @ \hat{I}$

4CKLN = $y \hat{O} c 2 \quad Q \hat{a} L \bullet + \pm K M \hat{A} \hat{B} \hat{a} >^1 W >$
 $\hat{O} c \bullet @ @ \hat{I} " Y ' \mu \& 3 \hat{a} > \hat{O} c \bullet @ @ \hat{I} \% U \quad T \}$
 $4 2(8 e l - g q g | + \pm \% \& z 4 \} ^ - + m g \hat{a}$



+ $\alpha e l - g q g | 4CKLN = y z 4 \} , N_s$

ú $\hat{z} \hat{t}^2 (\hat{U} \hat{O} c @ @ \hat{I}$
 $^2 (\hat{U} \hat{O} c @ @ \hat{I} \hat{L} g^3 j \quad 6^* + \pm \hat{E} T \acute{u} N \mu \hat{E} + \div \hat{E}$
 $(\acute{Y} M \pm L + \pm 7 W \hat{E} \& " 9 \# \quad . D^\circ 5) 3 + \pm 7 W, "^\circ ' \gg \% \hat{B} o$

< $1 \% \hat{B} o < \% 3 \hat{a} >^2 (\hat{U} \hat{O} c \bullet \backslash \& L H + \pm \$ D T \hat{y} \acute{y}$
 $@ @ \hat{I} \pm "^\circ = \hat{O} - ,] C (\hat{U} \hat{O} c \bullet " 6 \quad 8 \quad 2(\hat{a}$
 $i_H = K_q q + K_\theta q \% \hat{B} o - \theta_d o \quad \% \hat{B} o$
 $E \hat{E} \hat{i} \bullet E G \hat{D} \hat{o} f D \bullet E \& + \pm \hat{a} \hat{e} " D \hat{O} @ \hat{O} / K_q = ! . \hat{B} o " K_\theta =$
 $! " ! " n @ \hat{K} (\hat{U} 2(4 + \pm K h i ! \quad \xi = ! " x " K (\hat{U} 2(4 \hat{E}$
 $+ \div \hat{O} G M = \hat{B} . \gg , \% \hat{O} P M = \hat{B} \%$

* $\wedge \hat{O} * L + \pm W \hat{O} >^2 (\hat{U} \hat{O} c \bullet \backslash . \acute{u} 3\hat{i} T \hat{O} c$
 $\bullet * U " E * C W n @ \hat{e} \zeta + \pm D \hat{u} \ddot{y} " E G \hat{D} \hat{O} C (\hat{U} \hat{O} c \bullet ' \hat{O} c "$
 $\hat{E} \hat{I} \quad \zeta g W \hat{O} > / \quad \zeta " \neg * U \quad 8 + \pm \quad 2(\hat{a}$
 $\delta_A = K_p p + K_\phi \% \hat{B} o - \phi_d o \quad \% \hat{B} o$

$$\delta_R \% \hat{B} o = K_r \frac{s}{s + \omega_o} r \% \hat{B} o \quad \% \hat{B} o$$

$\alpha e \alpha f \gg f D \bullet E \& \hat{a} " \quad " \$ D T \hat{y} \acute{u} N \mu \hat{E} + \div K_p = ! ! " x "$
 $K_\phi = ! " " \neg \hat{A} K (\hat{U} \hat{E} + \div \xi = ! " " K (\hat{U} 2(4 \hat{E} + \div$
 $\hat{O} G M = \hat{B} . x \gg , \% \hat{O} P M = \hat{B}^\circ " | 7 W \hat{y} \acute{u} N \mu \hat{E} + \div$
 $K_r = ! . \hat{B} \% g 5) B L \hat{s} - e \bullet \omega_o = \hat{B} " K (\hat{U} \$ D T \hat{K} h i$
 $\xi = ! . \hat{B} " \hat{E} + \div \hat{O} G M = \hat{O} ! ! \gg , \% \hat{O} P M =$
 $" . \hat{B} \%$

ú $\hat{z} \hat{t} C (\hat{U} \hat{O} c \bullet @ @ \hat{I}$

$C (\hat{U} \hat{O} c \bullet 2 \quad Q F 3 " - , !^1 ! a \quad Q F 3 \%$
 $- , ! \hat{a} \gg \backslash - W \hat{B} \hat{i} T \hat{O} c \bullet " E G \hat{D} \hat{O} c P \quad \acute{O} A \quad 1$
 $) \bullet " A \hat{O} \hat{T} N g + \pm \acute{u} / \quad T \% \hat{O} c \bullet \acute{y} \hat{E} M \pm L + \pm \zeta \hat{O}$
 $> \ddot{y} \theta_d D \hat{A}'^2 (\hat{U} \hat{O} c \bullet Z \hat{a}$

$\theta_d = K_h h + K_{h_s} \hat{h} \quad \% \hat{B} o$
 $! a \quad \backslash - . \acute{u} L < 3\hat{i} T \hat{O} . \acute{u} \$ A \hat{O} c \bullet " ' \gg \hat{O} c \bullet -$
 $* U z >^1 ; > A \quad \% o g D \hat{A}' " A \hat{O} c \bullet > @ o \$ D T \hat{y} \acute{y}$
 $^1 D \hat{u} \ddot{y} 4 \quad \% o g^2 (\hat{U} \hat{O} c \bullet 4 4 \hat{a}$

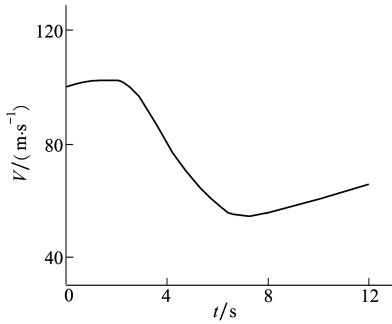
$$\begin{cases} \dot{\theta}_T \hat{u} = f \% \hat{B} o - x_L " \hat{e} f \hat{u} \hat{u} o \\ \dot{\theta}_d \hat{u} = \hat{e} f \hat{u} \hat{u} o \end{cases} \% oo$$

$\alpha e \alpha L < 3\hat{i} T \hat{O} . \acute{u} \$ A \hat{O} c \hat{a} " " U \quad L \bullet \hat{O} \hat{E} " 80^\circ ;$
 $" \mu L < 3\hat{i} T " E G \hat{D} \hat{O} \neg * U \acute{u} N \mu \hat{B} \hat{i} T C N_s \% U - \hat{E} "$
 $\zeta + \pm t @ \hat{e} \# 8 " E . \acute{u} \hat{O} c \hat{a} " \quad \neg * U - . \acute{u} 0 - ,$
 $+ \pm 3\hat{i} T - \backslash ' \hat{E} (\acute{Y} \% \& \gg ! " \zeta K M \hat{A}' L < 3\hat{i} T 2(4 + \pm$
 $" ! \hat{B} \backslash \quad z >^1 ; > C . \hat{e} A \quad f^1 l \% o g D \hat{A}' " @ \hat{e} \zeta$
 $+ \pm D \hat{u} \ddot{y} \theta_d^1 \$ D T \hat{y} \delta_T \% o g D \hat{A}' \% f \gg \acute{u} N \mu \hat{B} \hat{i} T C$
 $) 3 @ \hat{e} !] D \hat{A}' 6 \neg \zeta + \pm \$; " z 6 D \hat{A}' \% D \hat{A}'^1$
 $D \hat{A}') \bullet \backslash \quad E 3 + \pm " \mu \& ' K M \hat{A}' - K c^1 1 K c) \bullet D \hat{A}'$
 $' - 8 \hat{a}$

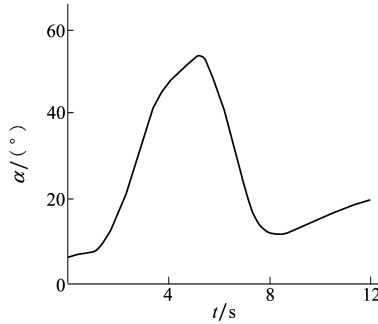
$$\begin{cases} \dot{\theta}_T \hat{u} = \hat{e} V_{xy} = \zeta \% \hat{B} o - x_L o \\ \dot{\theta}_d \hat{u} = \hat{e} V_{Lxy} - V_{xy} \% \hat{B} o \bullet \% \hat{B} o - x_L o \hat{u} + \Omega_L \hat{e} f \hat{u} \hat{u} \end{cases} \% oo$$

T "1 » a*y ^ELä . %® ; " ç g ‡ T g Ô" k | >ÿ' Ô È- FÜ7b| >ÿ' 1 » Ô. C"- ; E#= B, » !|"A! ; ç g U g ÔDð8 Z . 7œª ±±Ô. / Ç T % >ÿELÓ q Dë] - T7 !|ð"UG- ø ±± ß " ç g 1 »!a 'ã . " >ÿELÓ g !"K¼m

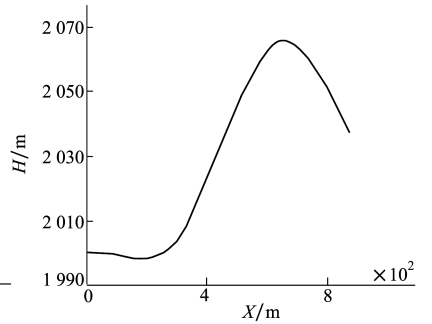
ELÓ È T " ŽD #Dë] - T+x ; E#=ü < "® # ELÓ- < " ç g 1 » ^ELä . "® x ; "ELÓE#= • :] / Ç N=y'ã . " >ÿELÓ œE#=B, > » L#% ' Dð8 A! ; ç g U g ÔDð8 Z 6* L . 7W> / Ç %



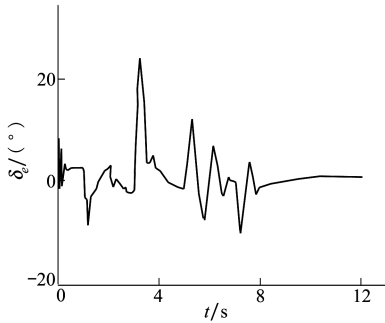
a) 无人机的速度



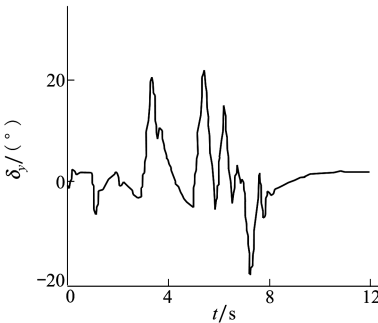
b) 无人机的迎角



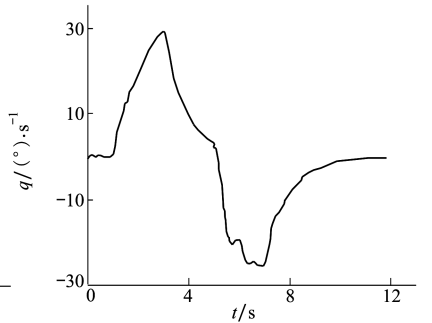
c) 无人机的飞行高度



d) 无人机的平尾偏角



e) 无人机的偏舵角



f) 无人机的俯仰角速度

+ xœ ç g 4CKLN=yDð8 , . C Ô. " T

œœ ,L4 É k.g " ç g U ‡ TDÛÿ3â > g ÔDð8 Z "K¼m >ÿ DÛÿ±±È T "N=yELÓKz{ "€Dë] - TDÛÿ# "ELÓ ù ß!] ðKz] ³ x0 '] ð"U ® # >ÿ' DÛÿ• : "ELÓœ- ø È Í % >î" (Ý ç g U3â> TDÛÿg ÔDð8 Z6*Füœ^L< e T "œ^(' 3Ó® Ž . " ' # DÛÿ ò M" ÷ # • :] / Ç N=y'ã . # ±±T < " ' (Ý ç g & ð Ô g T 6* ý ' ³ ! P >® " >® ð Ô g ð 6D°T ±±ÖFü " 9 # | 9N=y Ô c 2(4 ±±@ @Îœ9 dFü>®% ½±4CKLN=y Ô. " T 3 ½

ç g 4CKL' Ç T Ô c • U @ @ Kcâ \ L < e J[±±"s , ,L-A/£=• ; K (Ü2(4 / Ç T 1 E*CWü É " \ *^"xFü1 N, A mBB±±%8L• &4CKL| 9N =yE=y/ Ç TE=y3 ½â

£ Z4CKLâ_c = - 0!] "f_c = 0!] "h_c = 0!]

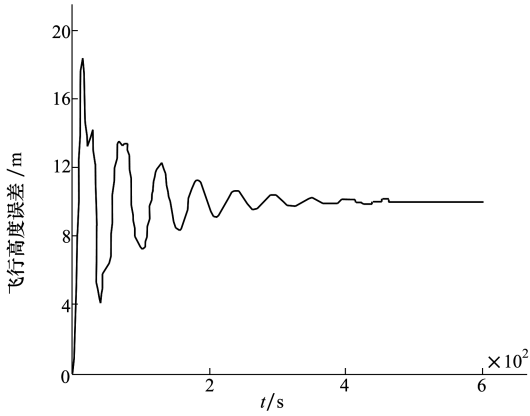
, ,L J ø • > ° ò ã

t !A Ô SJ-ã¾ !.®] "5) , b = 0] "5) , L•

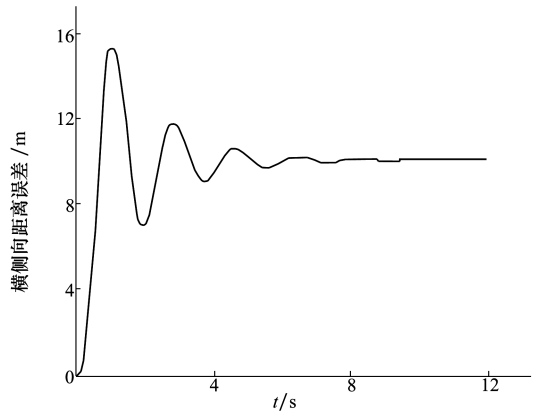
/ S = ß x0] 0 "BUFü m = 0" 'k" Ô È F = " . x" ¶ " T È- ä_xx = ß 0! 'k¼] 0 "I_yy = ® ß 0 'k¼] 0 "I_zz = ß 0! 'k¼] 0 "I_xz = - !. 0xß 'k¼] 0 "%3â > !A Ô) • â

$$\begin{cases} C_{D_o} = !. !. ! "C_{D_{\alpha}} = !. !. ! "C_{D_q} = ! \\ C_{D_{i_H}} = - !. !. x "C_{L_o} = - !. !. x "C_{L_{\alpha}} = . 0" \\ C_{L_q} = - !. !. ! ß "C_{L_{i_H}} = !. ß ! "C_{m_o} = !. !. 0® \\ C_{D_{\alpha}} = - !. x® "C_{m_q} = - . xx "C_{m_{i_H}} = - !. x \end{cases}$$

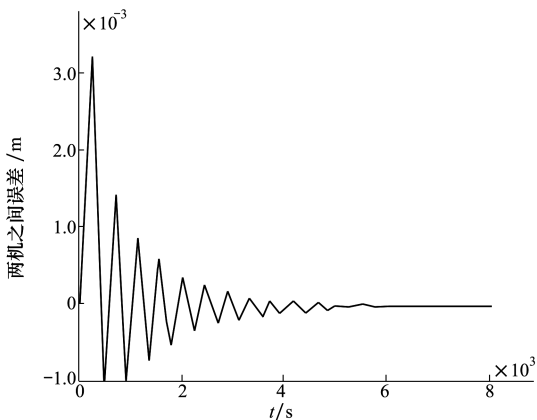
œœ Y ' m @ @ Î ± Ô c & / . A ð 6 µª ±±Q® ÿ T % & » K (Ü2(4 / Ç @ ¶ " U n M'. 80! ² E6 Wü • " 3 X g τ_Td "C_Lo "C_Lα "C_mα "C_lα ¹ C_nβ % U 8 , ,L + Z " , ,L4 É 1 È KrN=y• > E=y! D°"Q £ eJ-g | ±±N=yï • & » e g | %og ï 50" g , ,L ±±J ø Ž # @ , %9 " ' # 4CKLÔ c { ÒDpL È g %, ,L + " + " m.g â



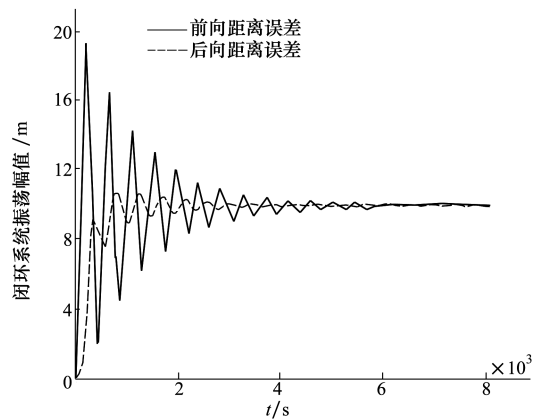
a) 编队飞行垂直误差



b) 横侧向距离误差



c) 同飞机两机之间的距离



d) 闭环系统振荡幅值

+ "æ ç g4CKLN =yA , ,L +

ææUN =yDð8 "J-g 1 g xK!±±, ! P ÓÁ " u(Ý - .úMÑ B, ì "x ; B, »/ . %UG- ø "J-g 1 g xK! ...U æME?b < " 3i±±\ 8Žr ÓD° T "59; B, »' Çi %U ç g4CKL" =y(ÎDð8 " gK_ ç g xK! C .èDô<59p *L-Ý Ë "m@@Î ±±Ôc • - ç g xK!±±WÔ>C .èA 1 » ¶ • 80! ² ý - ' Çi %^ + "&o - "UG- ø "J-g 1 g xK!±±WÔ>C .è : - 7! "u(Ý - .ú | r ÓD° T±±B, ì "E⊕δúNµA07 | E#=ü < "59; 4@ • B, »/ Ç %U ç g4CKL | 9N=yDð8 Z "z > úNµ! ; > úNµA07 & ç g±±/ Ç TBqmfú⊕± %*U"° . ç g4CKL , KL• : "9 # ü ã ç g ² 6, %9 z4) ¹ , . % - + "ùo - "U G- ø "; > úNµ | \ r i D° < "9 # ; > úNµ z > úNµ6* L UD° - #K!Dè] , . / Ç %U ç gDp C 4CKLÔcDð8 Z "m@@Î±K (Ü2(4 Ôc • "6* L - ç g xK!±±%&A u(Ý - .ú u Ë T ; E#=ü < " - 3ô4@ B, »/ Ç±±B, ì %^ + ")o - "4CKL N=yz > úNµ! ; > úNµ"UG- ø '(Ý < r Ó±±

\ 8Ž"E \ *^ » g 6LSDè±±ej-g | û Ò e g |C .èA \$ "] E=y \$ 1)3&c; 3Fz g "U' L K! "G' (Ý æME?b < (ÝAŽ" F ej-g q g |' e g q g |' (Ý | 9N=yZC .è : - 7! %=• ßg '([0! Ò' Y ' ý ' P ELDpC Ôc • , ,L • > &! %

=• Ô¶ , ,L • > &! 3 ½

, ,L • >	t z >C	t ; >C	t -, ! C
.èA ð	.èA ð	.èA ð	.èA ð
' ([0! Ò	B' Ž0	q0ž "	ßŽ⊕
Y ' "	Ž "	q0Ž "	! Ž

û '([, ,L • > ¹ Y ' , ,L • > &! - àU ç gP ELDpC Fú4CKLDð8 Z " t z >C .èA " t ; >C .èA ÷ t -, ! C .èA t ! ' ([, ,LA < "59A z >C .èA ü < ³ Ž⊕⊕ "; >C .èA ü < ³ "Ž. " ÷ t -, ! C .èA ü < ³ x⊕Ž". "A! ; Y ' m@@Î±Ôc • - Ä

ç g 4CKL| 9N =yDð8 Z "6* L ELDþC 4CKLFúðñ"
1 = %oE (î %

Ä ç g 4CKLû K64 KL• "] « • 4CKL°] 4CKLK6
4 ; ç ^ »/ ÇN =yã . "59 A ð 67œ± ±Q@ý T %
EΘÆ6 5E/±±ú NµĒ±±" ç g 6* L 6 &"M±L ±±
D•E&' , 4CKLN =y" s &DþC .è CB²DþC .è | 9
N =y59?- "² (Ü Ô c • U%đ Ó/: Û 6 ĒE 4@' 8 -
' L->@ 4 E =y-A/£ %

‡4 ‡@ç

Y ´ m@î±Ô c • \ ' »L<3ì T Õ . ú\$A&
L<3ì T • " N , E =y Ô c "EΘδ² C(Û | 9 Ô c "¬

ï 50´ ([Å

BÖœ7)i ~ "• "æg "0v ŽG ç g | 94CKLN =y Ô c ±±A/£ (Ý'ã . ÖŽVWS " Ò " O!! "x%œoâ! K B
èLê P=çk14L" _Lêk; d•çk" èLêk =çk" wUŽ• Uüdi vüü •! ••ø =Uw' è•đ U#ç è =çdw •çwþ !•øXü wK öÆ . ÖŽöüwU
ö øçLüwüU wö wþ çLüwüUi =çüU O!! "x%œoâ! K B %œ d=ç o
00œ—J 4NžŽĀ CA Nø&3Ā C c) f ±±ÿ •! T ÷ , ,L . ÖŽŽĀ C; \$i v /8 " O!! B" !%œoâ B K B @
ü Lêk dU@çŽi•] dUüwç= wü •! çç!dLç > .U Lç > çwi ÷ ü U#ç è üdç=@ •ç çç!dLç > Hü= > X= = . ÖŽçç!dLç > Lç
ÂU ç6çk=ç ççk" O!! B" !%œoâ B K B %œ d=ç o
Öœ7)i ~ "• " Ü8/ Ö Ž- .ú' »ü (Ü Ô c ±±G ç g 2Tó4CKLN =y ÖœeO!! ; 7WS ´ 7Wþ " ; - \ • * ‡ *L "
\ @ç " O!!
èLê P=çk14L" _Lêk; d•çk" è çkXUçfLê" wUŽö Xü wK öÆÖU > •ç ÖüUkÄ•q •çwþ ÖœçU#ç èd Ö öüU] =è•K
dñ" O!! %œ d=ç o
xÖœ •ç f . i " • U¼ üUý Žö> Lçwü •çwþ •! öÆ =ç • K•üq > è•đ U#ç è =çdw Öœèøü > =çk •! wü ö] çç!Lê •çwþ
•ç! ç çü " O!!! â x K"
" Öœ@U] ÖŽ d •! ö=çUwü U w öüd=ü è• ç • üüw#ç è è•đ U#ç è =çdw Öœèøü > =çk •! wü è ü= ÖfçLç =ç
èLê i f] ç ç =ñ] B à B@B@B@x
Öœ d=çd' U' O è" i ç f ç . " èLê HŽè U K ´ =çk •çwþ =çd è =U#ç è w è•đ U#ç è =çdw Öœèøü > =çk •! wü wü ç66
•ç! ç çü •ç Ö ü =çç Lç > •çwþ " B à 0x K0x@
@ÖœÂ H" d•çk ç _ ŽÖ ü çwU = > è•đ U#ç è •çwþ !•çi] U K üU ••&w U] =çd ö çç ç f] =çf . ÖŽX üdU#ç è =ç " O!! " B
%œoâ " K!
Öœ@ü ö @' U . Ö " @U X è" wUŽ •ç ç ü •! UÂ U çé• •çk Xü wK6k çwi f w] =çd ç KÜwü ü =çdw Lç > ç = . ÖŽ
ç6 •çwþ d •çf² ö ç ç =çU#ç è " O! Bx" %œoâ B BxK B B
Öœö&=çç X" öüdu•ù X ç " ö &LçdL " wUŽ & çU#ç è •! U dLç > dLç •çç] =ç i wüüwç =ç w K %œ Ö' Ö' oM Uw
√ %œŽ H AE . ÖŽèdç =çU • ÷= Â wç " O! Bx" B B%œoâ oâ B O!! B
B! Ô î = _ _ " ü Lêk _ " XU; . ŽÖ Uç •ç ç ü •! Â U çé• •çk Xü wK6k çwi f w] . ÖŽöüwUèdç =çU =çüU O! Bx" %œoâ
x! O! Kx! O! O
B B Ö . =Â @' Â ç ç è Ž •ç ç ü ö ç U f = •! Xü wK6k çwi f w] =çd Xü wç ç Ö Uç . ÖŽöüwUèdç =çU i çüU O! B" B
%œ" oâ x B" K B B
B B Ö ç U Lê . =çk Ž i • üw#ç •! U U •! ••wU#ç ç U • U#ç = wü ••wU#ç ç ÖfçLç =ç 6 @U#ç è =çk wü H ç ç U > Æ U#ç ç U ç wU#ç è
d •çf . ÖŽöüwUèdç =çU i çüU O! B " 0%œoâ 00B K O
B Ö ö ç > • " Â ç H è Ž =çk ç Ö Uç •] ç ç U#ç è i üd] =ç ÖfçLç =ç üwüwè > &Lü' •çwþ ç!•çç w •ç > •çwþ i f K
w] . ÖŽöüwUèdç =çU i çüU O! Bx" %œoâ @
Bx Ö !U#ç U & ç • Ž è •ü =çk !•ç Xü wK6k çwÖfçLç =ç i f w] à ö k ç wü Lç > d •çf . ÖŽ ç66 ç Lç •ç öüwU U#ç •çwþ "
O!! " " B%œoâ x! B K O!
B " Ö i ü ; " > Lç ; i " i ü . " wUŽ i f ç wü = " i wüüwç Lç > è ç ç ç wü •! •&Uw% o •] ç 4 =çd " " K => ç =çü ö =ç . ÖŽ ç w
6 ç k •]] " O!! " B B%œoâ @ K !
B Ö d ý ý " ö d ç @ i Ž è •ç U#ç è •çwþ •! X •&= ö k ç w > U > •ç ççwç6k çwÖ = wü çü ÖfçLç =ç . ÖŽ öüwU U#ç O! B B" x@
%œ! oâ O! K B O

ßÖ ö! dUj =ö" i • wLk#é dkUk#è" XU dUk# " wUŽèL&æUk#z Uj öqq æUk#z! U¶ X•>#> 6 ùwùd] æU i z • ç K
æk ¶ Uk#K æU Uj U¶ f i f z v d = > i ùd#! >U !•ç i ð ü wLk • ü Ö w d æ U k # z ! ,^{ow} " ü^{ow} Uj @^{ow} ç z æ ü U w ç Uj
i •] è•• wü! i U j q . Öž ö z U f w è U d æ U ö ù w U ! O! B " @ßä OßK!

ß Ö ö & æ ð X " ö ù d U • ù X ¶ " ö ð i " w U Ž & æ U k # z ! U d U k # > d U j # z æ i = i w ü ù w è æ w K %^M Ö^M o M U w %æž
H Æ . Öž è d f æ U • ù = Â w w ç " O! B x " BßO%ß oâ B O! ! B

ß Ö . n P H " M³ Ž ç g D j c 4 K L N = y ' N ; , L . Öž W S / 8 E , " O! B O " %oâ! K ®
P = i d z k # z " ; d U j k ; d Ž X • æ k Uj i ð ü U k # z ! ö Æ • è ð U k # z è k d w • ç w . Öž ö ù Uj è ö ç z U w è U i è z ù
Uj 6 z k æ ç k " O! B O " %oâ! K ® %æ d z o

O! Ö Hü _ " i Uj • ç > " U j q U H " w U Ž Ö æ z Uj è k d w w æ k 6 ü U k # z ! è ð U k # z • ç w Ä U . Öž ç 6 6 d z • z • ç w
i f w j ù z • • k f " O! ! " B x %oâ Bß! " Kßß

Oß Ö • • ' Uj . Ž ö æ q Uj è k d w Ö f z Uj æ Uj ö ü w j U w è è k d w • ç w . Öž Ö æ z ö z U f = ² • U ù d • ç ç U k # z " B " " O%oâ
! ® O K ®

00 Ö i wü z > Â " Â = è Â " . d z • z 6 ¶ Ž ö æ U w • ç w Uj i ð ü U k # z ä Ö f z Uj æ " • ç w Ö æ z " Uj ö ü w z • ü i f w j
X Öž 6 z k Uj " . d z • z ü = f " O! B "

0 Ö • U i X Ž è Ö Bž K 6 i ð ü z ' • • & 4 ! • ç è k d w Ö f z Uj æ Uj • ç w ö z U f = . Öž H] ç w ; = W O! ! B " B %o oâ ®
O x Ö H j Uj X " ý d æ ç ö ö Ž i w d w K q U i • ç ç z U k # z ! ö ç f z Uj æ Uj d U k # z w ç w è i Uj è æ U w U w @ k d ö z k • i ö w ü ' . Öž
. ü ç U • i ö æ U w B x " B %o oâ Bß! Kßß "

Ry•e s¥ Yã 5 VJ,RSãã• 9¥• ÷ sçã s• Yã -Û ÷ ssSã-9Yæã
Ps-B 9Ys¥ ÷ s¥Ys ã-µ ãç V¥

; dUjk .æU•z k^ß " _ Uj .æUj k^ü•^ß " ; dUjk êü^ß " P=î æU @U⁰ " ÄZ XU • z k

æßž ùd• • i öüw j U k # z • ç w " ¶ • w d w ç è • f w ü d z æ U z æ ç æ f " î æ Uj Bß! B O " d z U t ö
ç Öž ùd• • i X ù d U k # z 6 z k æ ç k " î æ Uj z æ ç æ f " î æ Uj Bß! Bß! " d z U t ÷
è Ž • k • i 6 @æ j z w X Uj k] z w Uj i U w f 6 z k æ ç k " ö ç è æ ü 6 z k æ ç k z æ ç æ f " î æ Uj Bß! " B " d z U t ÷

Û çY-9Pã ö ð æ z k U w d d k d K q > ! k d w ! w ö Æ ù • q æ U w è ! • ç U k # z " d z U æ z k ö Æ d U • ü ù w ç > "
z > w 4 æ w d ! • ç U k # z ! k d w Uj & ù • • ç ü q ç ù • w ! • ç ! w d ! • ç U k # z @ æ i f Ž ö ! U w ü • ù • q æ U w è
! • ç U k # z ù ç w ç ç > æ z] w > = ç ç ç > w] U ü q ! • ç • w d ! k d w æ k ç & ü w j " Uj & ç æ ü] æ z •
w j æ ç ç ç f Uj Uj U f w d > f z Uj æ Uj ù d U k # z w ç w è i ö Æ ! • ç U k # z ! k d w Ž U æ z k w d 4 w ç U ! U w ç ' z • z
æ w ù z æ æ U k # z " w æ k ü q ! • ç w d • z k æ Uj] Uj ü ù ç • i z • z æ Uj w d ü w ù w ç Uj ü z w U f U ç > f z Uj æ] > K
" U ù w ç æ z w w d ! • ç U k # z ù • ç æ f " ! U w è æ ü > ç Uj k Uj w d ü w ù w ç Uj ç æ d Uj k ù • ç æ f ! • ç ç ç K
ç ç z æ z æ ç ü w è]] z æ z U ! • ç w d ù ç w ç U ù d w d > f z Uj æ Uj ù d U k # z w ç w è i ö Æ ! • ç U k # z ! k d w Ž
X Uj d = " w d ! • ç U k # z ! k d w = w L z ù ç ç = w d ù z ù ç z ù w U i : 4 > ü U " Uj w d w B = æ f ! w d ù • q æ U k
w è ! • ç U k # z ! k d w = k • > Ž d ð ü U k # z ! • ç ü w ç w d U w d ù ç w ç ç Uj ! ! ù w è f ð ç ç ù w d q > !
w d ù • • ç ü q ç ù • w ! • ç U k # z " Uj] U z w ç w d w B = æ f ! w d ! • ç U k # z ! k d w d æ d ç ç ù U] w d •
w d ù • • ç ü q ç ù • ! • ç U k # z ! k d w ù ç w ç ç > æ z Ž

Pæ s-çã ö Æ ! • ç U k # z +] ü w K ö Æ ù • q æ U k # z + ù ç w ç ç > æ z + ! k d w w B = æ f + > f z Uj æ Uj ù d U k # z w ç w è