

# “光环”泡沫无人机总体气动动力数据

## 1 总体数据

质量 3Kg

展长 1.6m

弦长 0.2075m

机翼面积  $0.332\text{m}^2$

惯量  $I_{bxx} = 0.11931 \text{ kg.m}^2$

$I_{byy} = 0.31096 \text{ kg.m}^2$

$I_{bzz} = 0.42318 \text{ kg.m}^2$

$I_{bxz} = -0.01537 \text{ kg.m}^2$

## 2 气动数据

## 2.1 纵向气动特性

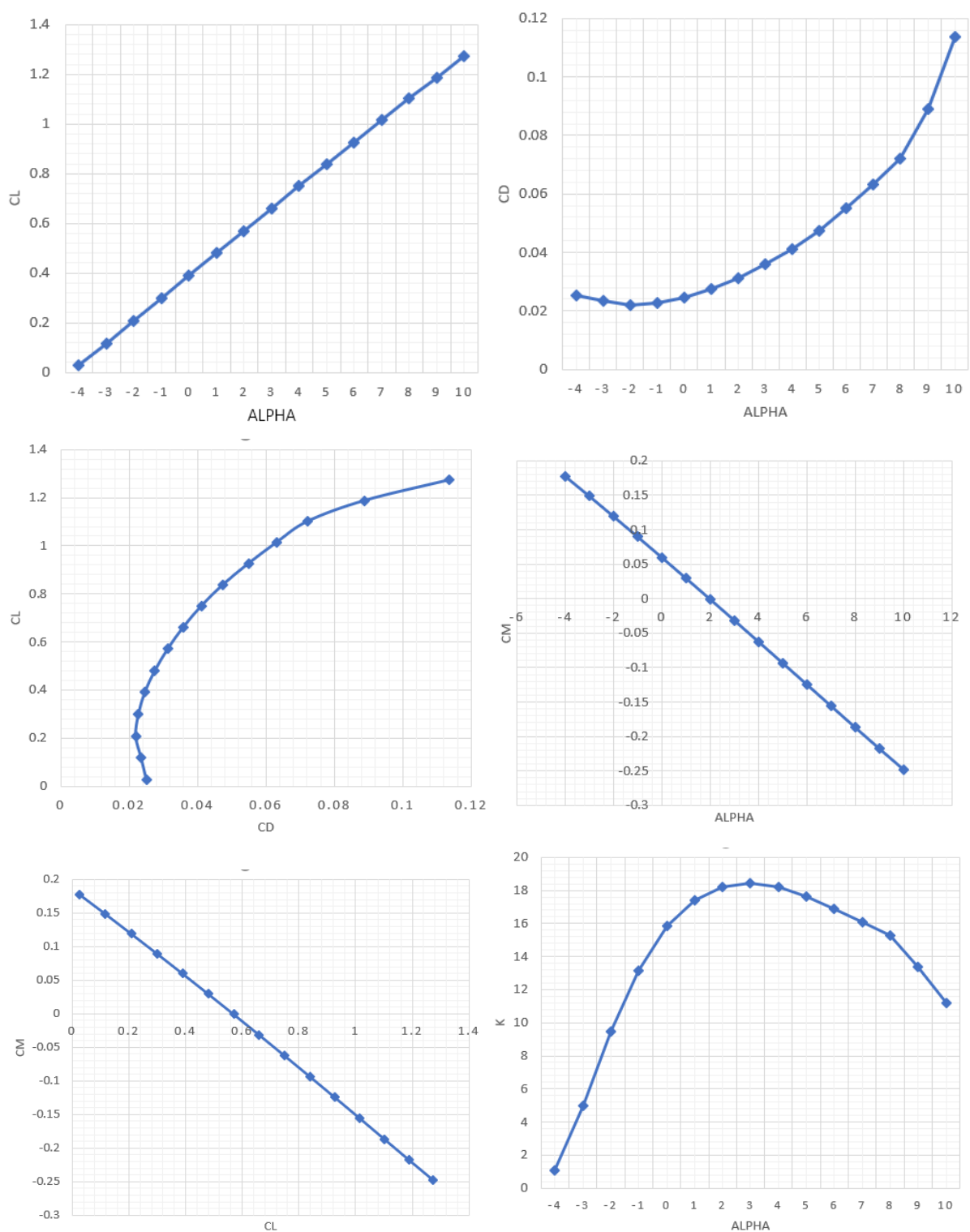


图 1 无人机纵向气动特性曲线

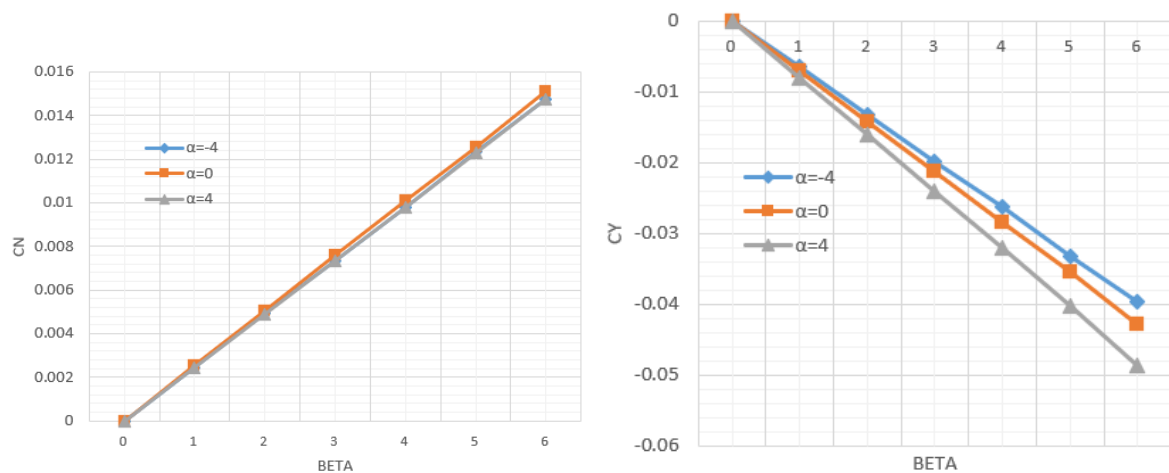
表 1 V=15m/s 教学无人机纵向气动数据

Alpha/(°)	CL	CD	Cm	K	$\Delta C_m/\Delta C_L$
-4	0.026789	0.025102	0.177658	1.067206	
-3	0.117645	0.023564	0.148782	4.992573	-0.31782
-2	0.208478	0.021974	0.119392	9.487485	-0.32356
-1	0.299224	0.022784	0.089776	13.13308	-0.32636
0	0.389818	0.024616	0.059845	15.83596	-0.33039
1	0.480196	0.02757	0.029645	17.41734	-0.33415
2	0.570294	0.031307	-0.00081	18.21618	-0.33807
3	0.660047	0.035806	-0.0315	18.43398	-0.34184
4	0.749392	0.041138	-0.06236	18.21654	-0.34544
5	0.838268	0.047478	-0.09336	17.65592	-0.34882
6	0.926611	0.05497	-0.12443	16.85667	-0.35172
7	1.014362	0.06319	-0.15556	16.05257	-0.35472
8	1.10146	0.072211	-0.18671	15.25335	-0.35769
9	1.187848	0.088883	-0.21755	13.36418	-0.35694
10	1.273466	0.113566	-0.24777	11.21344	-0.35294

表 2 无人机纵向气动特征数据

$\alpha_{CLmax}$	10°	CLmax	1.4293
Kmax	18.4	$\alpha_{Kmax}$	3°
$\Delta C_m/\Delta C_{L_{Kmax}}$	34%	CL <sub>Kmax</sub>	0.660047
Cm <sub>Kmax</sub>	-0.0315	$\alpha_{Cm=0}$	2°
CL <sub>Cm=0</sub>	0.57	K <sub>Cm=0</sub>	15.8

## 2.2 横航向气动特性



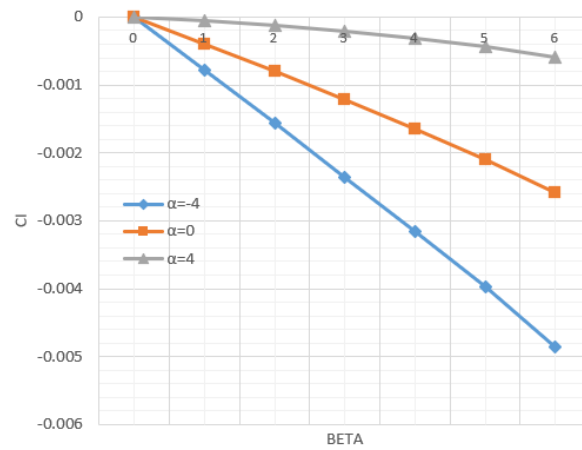


图 2 无人机横航向气动特性曲线

表 3 构型 09-3 无人机横航向气动特性

Alpha/(°)	Beta/(°)	C <sub>Y</sub>	C <sub>l</sub>	C <sub>n</sub>	C <sub>Yβ</sub>	C <sub>lβ</sub>	C <sub>nβ</sub>
-4	0	0	0	0			
	1	-0.00646	-0.00078	0.002411	-0.00646	-0.00078	0.002411
	2	-0.01314	-0.00157	0.004926	-0.00668	-0.00079	0.002515
	3	-0.01984	-0.00236	0.007347	-0.0067	-0.00079	0.002421
	4	-0.02631	-0.00316	0.009784	-0.00647	-0.0008	0.002437
	5	-0.03322	-0.00398	0.012359	-0.00692	-0.00082	0.002575
	6	-0.03966	-0.00485	0.014739	-0.00644	-0.00087	0.00238
0	0	0	0	0			
	1	-0.00708	-0.0004	0.002527	-0.00708	-0.0004	0.002527
	2	-0.01419	-0.0008	0.005053	-0.00711	-0.0004	0.002526
	3	-0.0212	-0.00121	0.007576	-0.00701	-0.00041	0.002523
	4	-0.02835	-0.00165	0.010101	-0.00715	-0.00043	0.002525
	5	-0.03544	-0.0021	0.012575	-0.00709	-0.00046	0.002474
	6	-0.04277	-0.00258	0.015122	-0.00733	-0.00048	0.002547
4	0	0	0	0			
	1	-0.00802	-5.6E-05	0.002457	-0.00802	-0.000056	0.002457
	2	-0.01603	-0.00012	0.004901	-0.00801	-0.000067	0.002444
	3	-0.02399	-0.0002	0.00735	-0.00795	-0.000081	0.002449
	4	-0.0321	-0.00031	0.009807	-0.00811	-0.000101	0.002457
	5	-0.04029	-0.00043	0.012275	-0.00819	-0.000128	0.002468
	6	-0.04857	-0.0006	0.014747	-0.00829	-0.000162	0.002472

2.3 构型09-3 舵面气动特性

2.3.1 方向舵气动效能

计算时取迎角-4、0、4，侧滑角为0，方向舵偏转角度：0、5、10、15、20。其中方向舵定义为右偏为正，左偏为负。

表 4 方向舵气动特性

Alpha/(°)	δe/(°)	CY	CI	Cn	ΔCY/Δδe	ΔCI/Δδe	ΔCn/Δδe
-4	0	0	0	0			
	5	0.007598	0.000264	-0.00312	0.0015196	0.0000528	-0.0006248
	10	0.013652	0.00049	-0.00561	0.0012108	0.0000452	-0.0004976
	15	0.019069	0.000701	-0.00784	0.0010834	0.0000422	-0.0004452
	20	0.024065	0.000903	-0.00989	0.0009992	0.0000404	-0.0004104
0	0	0	0	0			
	5	0.007685	0.000039	-0.00314	0.001537	0.0000078	-0.0006282
	10	0.013806	0.000085	-0.00564	0.0012242	0.0000092	-0.0005
	15	0.019283	0.000135	-0.00788	0.0010954	0.00001	-0.0004472
	20	0.02433	0.00019	-0.00994	0.0010094	0.000011	-0.0004122
4	0	0	0	0			
	5	0.007696	-0.00019	-0.00311	0.0016652	0.0004448	-0.0007082
	10	0.013826	-0.00032	-0.00559	0.001226	-0.0000266	-0.000495
	15	0.019308	-0.00043	-0.0078	0.0010964	-0.000022	-0.0004426
	20	0.024358	-0.00052	-0.00984	0.00101	-0.0000186	-0.000408
8	0	0	0	0			
	5	0.007632	-0.0004	-0.00304	0.0015264	-0.0000806	-0.000607
	10	0.01371	-0.00071	-0.00545	0.0012156	-0.000061	-0.0004828
	15	0.019144	-0.00097	-0.00761	0.0010868	-0.0000528	-0.0004316
	20	0.024148	-0.00121	-0.0096	0.0010008	-0.000047	-0.0003976

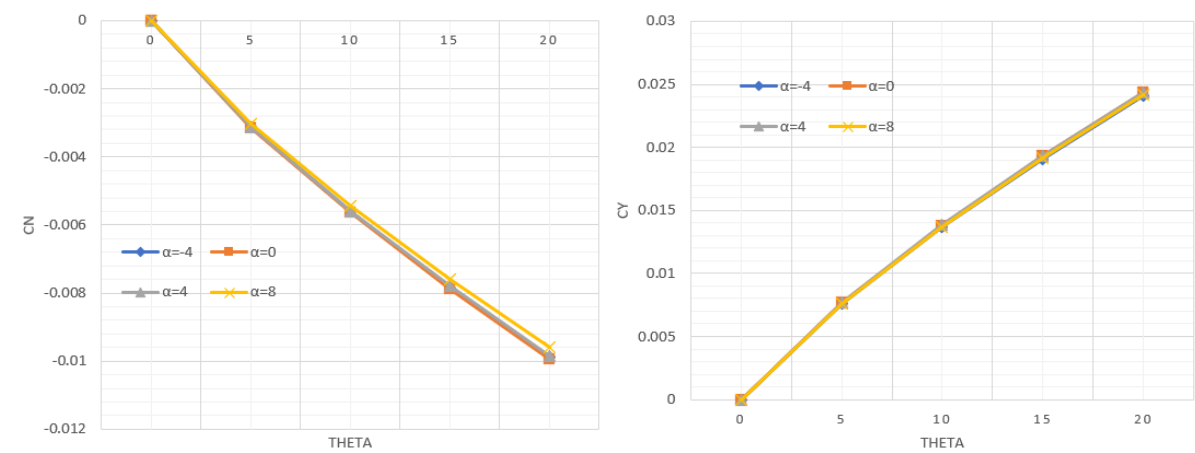


图 3 方向舵操纵效能曲线

### 2.3.2 升降舵气动效能

采用全动式升降舵布置，计算时取迎角-4、0、4、8，侧滑角为0，方向舵偏转角度：-20、-15、-10、-5、0、5、10、15、20。其中升降舵定义为下偏为正，上偏为负。

表 5 升降舵气动效能数据

Alpha/(°)	$\delta e/(^\circ)$	CL	CD	Cm	$\Delta CL/\Delta \delta e$	$\Delta CD/\Delta \delta e$	$\Delta Cm/\Delta \delta e$
-4	-20	-0.04187	0.040193	0.388959			
	-15	-0.02574	0.03438	0.338713	0.0032256	-0.0011626	-0.0100492
	-10	-0.01042	0.029012	0.291103	0.0030658	-0.0010736	-0.009522
	-5	0.004519	0.024688	0.244862	0.0029868	-0.0008648	-0.0092482
	0	0.026968	0.021879	0.175708	0.0044898	-0.0005618	-0.0138308
	5	0.062257	0.021163	0.067569	0.0070578	-0.0001432	-0.0216278
	10	0.094756	0.021152	-0.03185	0.0064998	-2.2E-06	-0.0198842
	15	0.122045	0.022215	-0.11511	0.0054578	0.0002126	-0.016652
	20	0.146479	0.024468	-0.18944	0.0048868	0.0004506	-0.0148658
0	-20	0.307087	0.035117	0.304661			
	-15	0.325332	0.030237	0.249328	0.003649	-0.000976	-0.0110666
	-10	0.343533	0.026051	0.194178	0.0036402	-0.0008372	-0.01103
	-5	0.362523	0.022915	0.13658	0.003798	-0.0006272	-0.0115196
	0	0.387943	0.021731	0.059055	0.005084	-0.0002368	-0.015505
	5	0.420621	0.022481	-0.04085	0.0065356	0.00015	-0.0199818
	10	0.4495	0.02415	-0.12915	0.0057758	0.0003338	-0.0176594
	15	0.474307	0.026832	-0.20501	0.0049614	0.0005364	-0.0151718
	20	0.496977	0.030612	-0.27441	0.004534	0.000756	-0.0138794
4	-20	0.653866	0.045948	0.213251			
	-15	0.673961	0.042335	0.153438	0.004019	-0.0007226	-0.0119626
	-10	0.694748	0.039666	0.09132	0.0041574	-0.0005338	-0.0124236
	-5	0.717461	0.038108	0.023071	0.0045426	-0.0003116	-0.0136498
	0	0.745468	0.038486	-0.06192	0.0056014	7.56E-05	-0.0169984
	5	0.775192	0.04056	-0.15269	0.0059448	0.0004148	-0.0181528
	10	0.800122	0.043804	-0.22917	0.004986	0.0006488	-0.0152972
	15	0.822135	0.047969	-0.29702	0.0044026	0.000833	-0.013569
	20	0.842749	0.053091	-0.36089	0.0041228	0.0010244	-0.0127744
8	-20	0.994547	0.070587	0.116555			
	-15	1.016188	0.068482	0.052906	0.0043282	-0.000421	-0.0127298
	-10	1.039231	0.067551	-0.0155	0.0046086	-0.0001862	-0.013682
	-5	1.065295	0.067965	-0.09363	0.0052128	8.28E-05	-0.0156252
	0	1.0955	0.069906	-0.18506	0.006041	0.0003882	-0.018286
	5	1.121941	0.073214	-0.26586	0.0052882	0.0006616	-0.0161604
	10	1.14264	0.078225	-0.33003	0.0041398	0.0010022	-0.0128332
	15	1.161599	0.083863	-0.38937	0.0037918	0.0011276	-0.0118692
	20	1.179912	0.090213	-0.4472	0.0036626	0.00127	-0.0115646

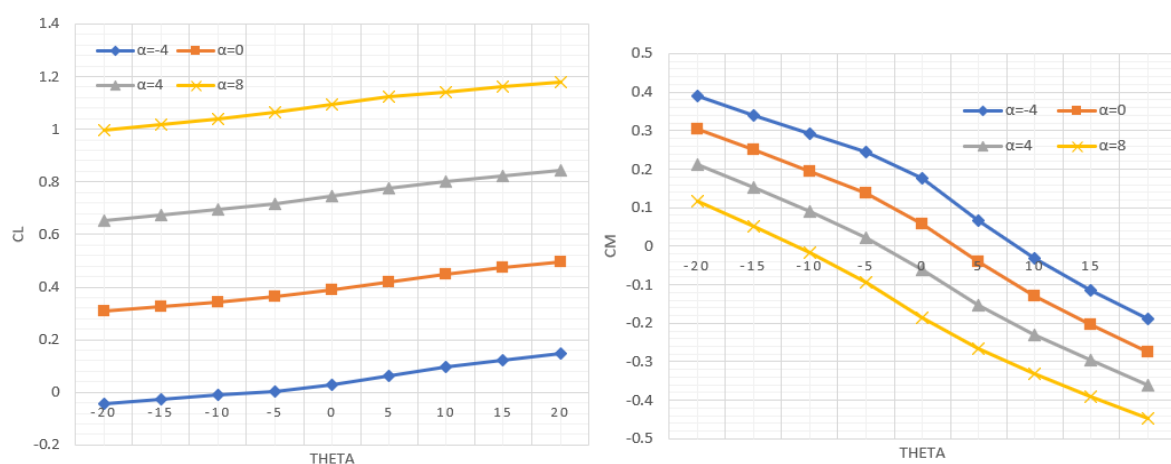


图 4 升降舵气动效能曲线

### 2.3.3 副翼气动效能

Alpha/(°)	$\delta e/(^{\circ})$	CY	Cl	Cn	$\Delta CY/\Delta \delta e$	$\Delta Cl/\Delta \delta e$	$\Delta Cn/\Delta \delta e$
-4	0	0	0	0			
	5	-0.00349	-0.02349	-0.00019	-0.000697	-0.0046972	-0.0000384
	10	-0.00647	-0.04335	-0.00025	-0.000596	-0.003972	-0.0000124
	15	-0.0093	-0.06207	-6.1E-05	-0.0005672	-0.0037442	0.0000386
	20	-0.01207	-0.08016	0.000065	-0.0005528	-0.0036176	0.0000252
0	0	0	0	0			
	5	-0.00357	-0.02355	-0.00034	-0.0007134	-0.004709	-0.0000686
	10	-0.00656	-0.04333	-0.00027	-0.0005986	-0.003957	0.0000146
	15	-0.00942	-0.06201	-4.2E-05	-0.0005714	-0.0037362	0.0000456
	20	-0.01221	-0.08007	0.000008	-0.000558	-0.003612	0.00001
4	0	0	0	0			
	5	-0.00362	-0.02349	-0.00041	-0.0007244	-0.004698	-0.0000814
	10	-0.0066	-0.04311	-0.00045	-0.0005948	-0.0039234	-0.0000088
	15	-0.00945	-0.06166	-0.0004	-0.0005698	-0.0037098	0.0000104
	20	-0.01223	-0.0796	-0.00039	-0.0005576	-0.0035892	0.0000026
8	0	0	0	0			
	5	-0.00365	-0.02332	-0.00021	-0.0007298	-0.0046644	-0.0000414
	10	-0.00657	-0.04267	-0.00034	-0.000585	-0.0038704	-0.0000264
	15	-0.00938	-0.061	-0.00029	-0.000562	-0.0036656	0.0000106
	20	-0.01214	-0.07875	-7.6E-05	-0.0005518	-0.0035488	0.000042

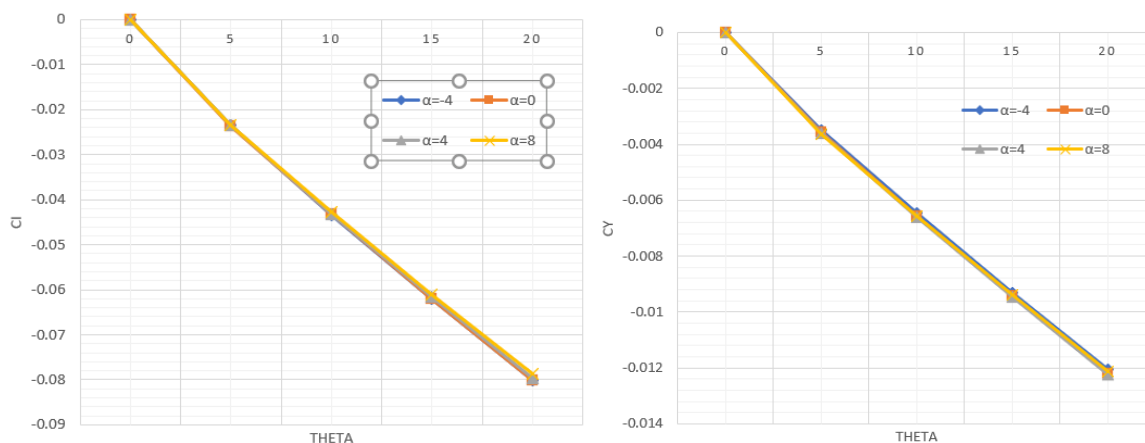


图 5 副翼气动效能曲线

## 2.4 教学无人机动导数特性

表 6 H=500m、V=15/s 无人机动导数特性

Alpha	CYp	Clp	Cnp	CLq	Cmq	CYr	Clr	Cnr
2°	-0.07474	-0.51302	-0.09846	10.06864	-16.76863	0.38431	0.14807	-0.12997

数据修正建议：

$$C_{m\dot{\alpha}} = 0.3C_{mq} ;$$

Clr 减到上表的 0.5 倍；

Cnr 增大到上表的 1.5 倍。

## 3 动力能源数据

### 3.1 动力数据

电机型号：4410

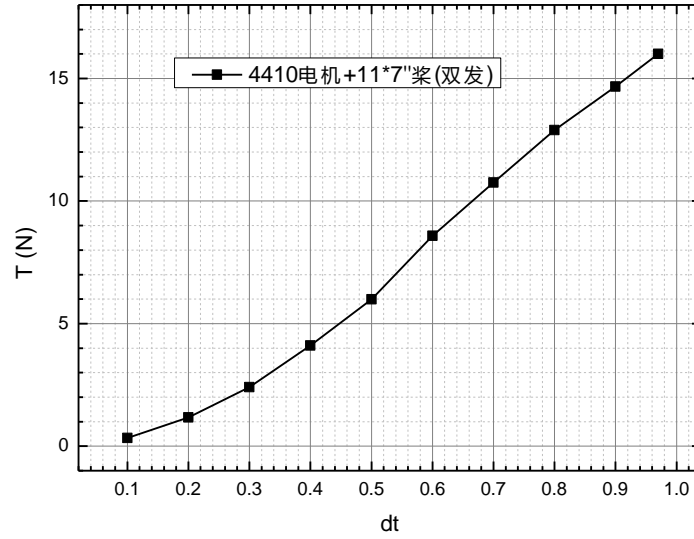
螺旋桨型号：11\*7"

表 7 H=5000m、V=10/s 无人机动导数特性

油门	推力 (N)
0	0
0.1	0.33
0.2	1.17
0.3	2.41
0.4	4.11
0.5	5.99
0.6	8.58
0.7	10.75



0.8	12.89
0.9	14.67
0.97	16



## 3.2 能源数据

电池标称电压：22.2V （6S）

电池标称容量：50Ah