

附錄

催化反應之實驗數據

十二醇在固定床流動反應器之氧化反應

1. 鉬金屬含量對十二醇氧化反應之影響
2. 反應溫度對十二醇氧化反應之影響
3. 接觸時間對十二醇氧化反應之影響
4. 空氣流量對十二醇氧化反應之影響
5. 活化時間與溫度對十二醇氧化反應之影響
6. 載體對十二醇氧化反應之影響
7. 鉀改質對十二醇氧化反應之影響



十二醇在固定床流動反應器之氧化反應

1. 鉬金屬含量對十二醇氧化反應之影響

反應物：十二醇		溶劑：甲苯		
反應物/溶劑：1/15		觸媒重量：0.1 g		
觸媒種類：2.6 Mo/MWNTs		接觸時間：35.8 g · h/mol		
反應溫度：300		空氣流速：60 ml/min		
活化溫度時間：350 1h		收集方式：液針收集		
載流時間 (min)	轉化率 (mol%)	選擇率(mol%)		產率(mol%)
		Dodecanal	Dodecene	Dodecanal
15	80.25	68.11	31.89	54.66
45	66.76	69.41	30.59	46.34
75	64.53	68.76	31.24	44.37
105	62.86	68.08	31.92	42.79
150	61.02	66.29	33.71	40.45

反應物：十二醇		溶劑：甲苯		
反應物/溶劑：1/15		觸媒重量：0.1 g		
觸媒種類：5.3 Mo/MWNTs		接觸時間：35.8 g · h/mol		
反應溫度：300		空氣流速：60 ml/min		
活化溫度時間：350 1h		收集方式：液針收集		
載流時間 (min)	轉化率 (mol%)	選擇率(mol%)		產率(mol%)
		Dodecanal	Dodecene	Dodecanal
15	84.31	65.01	34.99	54.81
45	71.09	67.59	32.41	48.05
75	68.47	67.44	32.56	46.18
105	67.32	66.06	33.94	44.47
150	64.33	63.80	36.20	41.05

反應物：十二醇		溶劑：甲苯		
反應物/溶劑：1/15		觸媒重量：0.1 g		
觸媒種類：11.1 Mo/MWNTs		接觸時間：35.8 g · h/mol		
反應溫度：300		空氣流速：60 ml/min		
活化溫度時間：350 1h		收集方式：液針收集		
載流時間 (min)	轉化率 (mol%)	選擇率(mol%)		產率(mol%)
		Dodecanal	Dodecene	Dodecanal
15	83.48	64.66	35.34	53.98
45	69.65	67.04	32.96	46.70
75	66.55	67.55	32.45	44.95
105	65.68	66.53	33.47	43.69
150	63.74	64.73	35.27	41.26

反應物：十二醇		溶劑：甲苯		
反應物/溶劑：1/15		觸媒重量：0.1 g		
觸媒種類：17.6 Mo/MWNTs		接觸時間：35.8 g · h/mol		
反應溫度：300		空氣流速：60 ml/min		
活化溫度時間：350 1h		收集方式：液針收集		
載流時間 (min)	轉化率 (mol%)	選擇率(mol%)		產率(mol%)
		Dodecanal	Dodecene	Dodecanal
15	83.05	63.92	36.08	53.08
45	67.77	66.68	33.32	45.19
75	64.52	68.24	31.76	44.03
105	63.26	67.39	32.61	42.63
150	62.73	66.08	33.92	41.45

反應物：十二醇		溶劑：甲苯		
反應物/溶劑：1/15		觸媒重量：0.1 g		
觸媒種類：25 Mo/MWNTs		接觸時間：35.8 g · h/mol		
反應溫度：300		空氣流速：60 ml/min		
活化溫度時間：350 1h		收集方式：液針收集		
載流時間 (min)	轉化率 (mol%)	選擇率(mol%)		產率(mol%)
		Dodecanal	Dodecene	Dodecanal
15	81.40	64.07	35.93	52.15
45	61.47	66.85	33.15	41.09
75	59.63	68.03	31.97	40.57
105	57.54	67.65	32.35	38.93
150	57.08	65.69	34.31	37.49

2. 反應溫度對十二醇氧化反應之影響

反應物：十二醇		溶劑：甲苯		
反應物/溶劑：1/15		觸媒重量：0.1 g		
觸媒種類：17.6 Mo/MWNTs		接觸時間：35.8 g · h/mol		
反應溫度：250		空氣流速：60 ml/min		
活化溫度時間：350 1h		收集方式：液針收集		
載流時間 (min)	轉化率 (mol%)	選擇率(mol%)		產率(mol%)
		Dodecanal	Dodecene	Dodecanal
15	56.20	78.98	21.02	44.38
45	36.79	77.73	22.27	28.60
75	29.44	77.51	22.49	22.82
105	26.08	78.28	21.72	20.41
150	24.45	79.11	20.89	19.34

反應物：十二醇		溶劑：甲苯		
反應物/溶劑：1/15		觸媒重量：0.1 g		
觸媒種類：17.6 Mo/MWNTs		接觸時間：35.8 g · h/mol		
反應溫度：275		空氣流速：60 ml/min		
活化溫度時間：350 1h		收集方式：液針收集		
載流時間 (min)	轉化率 (mol%)	選擇率(mol%)		產率(mol%)
		Dodecanal	Dodecene	Dodecanal
15	67.13	70.51	29.49	47.33
45	44.48	71.38	28.62	31.75
75	40.13	72.59	27.41	29.13
105	37.60	72.90	27.10	27.41
150	35.69	74.69	25.31	26.66

反應物：十二醇		溶劑：甲苯		
反應物/溶劑：1/15		觸媒重量：0.1 g		
觸媒種類：17.6 Mo/MWNTs		接觸時間：35.8 g · h/mol		
反應溫度：300		空氣流速：60 ml/min		
活化溫度時間：350 1h		收集方式：液針收集		
載流時間 (min)	轉化率 (mol%)	選擇率(mol%)		產率(mol%)
		Dodecanal	Dodecene	Dodecanal
15	83.05	63.92	36.08	53.08
45	67.77	66.68	33.32	45.19
75	64.52	68.24	31.76	44.03
105	63.26	67.39	32.61	42.63
150	62.73	66.08	33.92	41.45

反應物：十二醇		溶劑：甲苯		
反應物/溶劑：1/15		觸媒重量：0.1 g		
觸媒種類：17.6 Mo/MWNTs		接觸時間：35.8 g · h/mol		
反應溫度：325		空氣流速：60 ml/min		
活化溫度時間：350 1h		收集方式：液針收集		
載流時間 (min)	轉化率 (mol%)	選擇率(mol%)		產率(mol%)
		Dodecanal	Dodecene	Dodecanal
15	88.87	61.30	38.70	54.48
45	80.89	63.74	36.26	51.56
75	80.06	62.26	37.74	49.84
105	78.43	61.61	38.39	48.32
150	76.49	60.30	39.70	46.12

反應物：十二醇		溶劑：甲苯		
反應物/溶劑：1/15		觸媒重量：0.1 g		
觸媒種類：17.6 Mo/MWNTs		接觸時間：35.8 g · h/mol		
反應溫度：350		空氣流速：60 ml/min		
活化溫度時間：350 1h		收集方式：液針收集		
載流時間 (min)	轉化率 (mol%)	選擇率(mol%)		產率(mol%)
		Dodecanal	Dodecene	Dodecanal
15	94.22	54.78	45.22	51.61
45	92.35	58.65	41.35	54.16
75	92.26	57.92	42.08	53.44
105	91.35	58.45	41.55	53.39
150	89.18	58.24	41.76	51.93

3. 接觸時間對十二醇氧化反應之影響

反應物：十二醇		溶劑：甲苯		
反應物/溶劑：1/15		觸媒重量：0.02 g		
觸媒種類：17.6 Mo/MWNTs		接觸時間：7.16 g·h/mol		
反應溫度：300		空氣流速：90 ml/min		
活化溫度時間：350 1h		收集方式：液針收集		
載流時間 (min)	轉化率 (mol%)	選擇率(mol%)		產率(mol%)
		Dodecanal	Dodecene	Dodecanal
15	30.98	67.89	32.11	21.03
45	20.01	71.02	28.98	14.21
75	19.40	69.71	30.29	13.53
105	19.26	69.31	30.69	13.35
150	16.52	68.32	31.68	11.29
coke 15	32.05	60.90	39.10	19.52
45	23.25	66.54	33.46	15.47
75	19.48	69.84	30.16	13.60

反應物：十二醇		溶劑：甲苯		
反應物/溶劑：1/15		觸媒重量：0.05 g		
觸媒種類：17.6 Mo/MWNTs		接觸時間：17.9 g·h/mol		
反應溫度：300		空氣流速：90 ml/min		
活化溫度時間：350 1h		收集方式：液針收集		
載流時間 (min)	轉化率 (mol%)	選擇率(mol%)		產率(mol%)
		Dodecanal	Dodecene	Dodecanal
15	60.66	65.88	34.12	39.96
45	40.87	68.10	31.90	27.83
75	35.31	67.84	32.16	23.95
105	29.92	67.34	32.66	20.15
150	33.60	67.21	32.79	22.58

反應物：十二醇		溶劑：甲苯		
反應物/溶劑：1/15		觸媒重量：0.1 g		
觸媒種類：17.6 Mo/MWNTs		接觸時間：35.8 g · h/mol		
反應溫度：300		空氣流速：90 ml/min		
活化溫度時間：350 1h		收集方式：液針收集		
載流時間 (min)	轉化率 (mol%)	選擇率(mol%)		產率(mol%)
		Dodecanal	Dodecene	Dodecanal
15	75.79	65.16	34.84	49.39
45	60.37	66.77	33.23	40.31
75	56.24	67.33	32.67	37.86
105	53.86	66.89	33.11	36.03
150	52.25	66.16	33.84	34.57

反應物：十二醇		溶劑：甲苯		
反應物/溶劑：1/15		觸媒重量：0.2 g		
觸媒種類：17.6 Mo/MWNTs		接觸時間：71.6 g · h/mol		
反應溫度：300		空氣流速：90 ml/min		
活化溫度時間：350 1h		收集方式：液針收集		
載流時間 (min)	轉化率 (mol%)	選擇率(mol%)		產率(mol%)
		Dodecanal	Dodecene	Dodecanal
15	92.07	61.39	38.61	56.53
45	82.48	65.66	34.34	54.16
75	79.32	65.44	34.56	51.91
105	78.02	64.61	35.39	50.41
150	76.45	63.29	36.71	48.39

反應物：十二醇		溶劑：甲苯		
反應物/溶劑：1/15		觸媒重量：0.3 g		
觸媒種類：17.6 Mo/MWNTs		接觸時間：107.4 g · h/mol		
反應溫度：300		空氣流速：90 ml/min		
活化溫度時間：350 1h		收集方式：液針收集		
載流時間 (min)	轉化率 (mol%)	選擇率(mol%)		產率(mol%)
		Dodecanal	Dodecene	Dodecanal
15	100.00	53.91	46.09	53.91
45	100.00	62.50	37.50	62.50
75	96.68	62.41	37.59	60.33
105	95.70	62.22	37.78	59.54
150	94.91	60.07	39.93	57.01

4. 空氣流量對十二醇氧化反應之影響

反應物：十二醇		溶劑：甲苯		
反應物/溶劑：1/15		觸媒重量：0.1 g		
觸媒種類：11.1 Mo/MWNTs		接觸時間：35.8 g · h/mol		
反應溫度：300		空氣流速：0 ml/min		
活化溫度時間：350 1h		收集方式：液針收集		
載流時間 (min)	轉化率 (mol%)	選擇率(mol%)		產率(mol%)
		Dodecanal	Dodecene	Dodecanal
15	52.12	27.05	72.95	14.10
45	31.45	28.32	71.68	8.91
75	24.62	29.36	70.64	7.23
105	21.30	30.03	69.97	6.39
150	18.79	30.90	69.10	5.80

反應物：十二醇		溶劑：甲苯		
反應物/溶劑：1/15		觸媒重量：0.1 g		
觸媒種類：11.1 Mo/MWNTs		接觸時間：35.8 g · h/mol		
反應溫度：300		空氣流速：60 ml/min		
活化溫度時間：350 1h		收集方式：液針收集		
載流時間 (min)	轉化率 (mol%)	選擇率(mol%)		產率(mol%)
		Dodecanal	Dodecene	Dodecanal
15	83.48	64.66	35.34	53.98
45	69.65	67.04	32.96	46.70
75	66.55	67.55	32.45	44.95
105	65.68	66.53	33.47	43.69
150	63.74	64.73	35.27	41.26

反應物：十二醇		溶劑：甲苯		
反應物/溶劑：1/15		觸媒重量：0.1 g		
觸媒種類：11.1 Mo/MWNTs		接觸時間：35.8 g · h/mol		
反應溫度：300		空氣流速：90 ml/min		
活化溫度時間：350 1h		收集方式：液針收集		
載流時間 (min)	轉化率 (mol%)	選擇率(mol%)		產率(mol%)
		Dodecanal	Dodecene	Dodecanal
15	90.59	62.00	38.00	56.16
45	81.06	64.47	35.53	52.25
75	78.73	63.90	36.10	50.31
105	77.54	62.16	37.84	48.20
150	75.40	60.38	39.62	45.53

反應物：十二醇		溶劑：甲苯		
反應物/溶劑：1/15		觸媒重量：0.1 g		
觸媒種類：11.1 Mo/MWNTs		接觸時間：35.8 g · h/mol		
反應溫度：300		空氣流速：120 ml/min		
活化溫度時間：350 1h		收集方式：液針收集		
載流時間 (min)	轉化率 (mol%)	選擇率(mol%)		產率(mol%)
		Dodecanal	Dodecene	Dodecanal
15	77.53	60.86	39.14	47.19
45	62.03	66.17	33.83	41.04
75	59.69	66.53	33.47	39.71
105	58.39	66.04	33.96	38.56
150	56.40	64.44	35.56	36.35

5. 活化時間與溫度對十二醇氧化反應之影響

活化時間(0-1h)

反應物：十二醇		溶劑：甲苯		
反應物/溶劑：1/15		觸媒重量：0.1 g		
觸媒種類：17.6 Mo/MWNTs		接觸時間：35.8 g · h/mol		
反應溫度：250		空氣流速：60 ml/min		
活化溫度時間：350 0h		收集方式：液針收集		
載流時間 (min)	轉化率 (mol%)	選擇率(mol%)		產率(mol%)
		Dodecanal	Dodecene	Dodecanal
15	58.12	78.89	21.11	45.85
45	37.43	77.12	22.88	28.87
75	30.21	77.87	22.13	23.52
105	28.41	79.04	20.96	22.45
150	25.90	79.41	20.59	20.56

反應物：十二醇		溶劑：甲苯		
反應物/溶劑：1/15		觸媒重量：0.1 g		
觸媒種類：17.6 Mo/MWNTs		接觸時間：35.8 g · h/mol		
反應溫度：250		空氣流速：60 ml/min		
活化溫度時間：350 0.5h		收集方式：液針收集		
載流時間 (min)	轉化率 (mol%)	選擇率(mol%)		產率(mol%)
		Dodecanal	Dodecene	Dodecanal
15	54.40	78.77	21.23	42.85
45	36.97	77.79	22.21	28.75
75	31.26	77.54	22.46	24.24
105	27.37	77.82	22.18	21.30
150	25.86	79.30	20.70	20.51

反應物：十二醇		溶劑：甲苯		
反應物/溶劑：1/15		觸媒重量：0.1 g		
觸媒種類：17.6 Mo/MWNTs		接觸時間：35.8 g · h/mol		
反應溫度：250		空氣流速：60 ml/min		
活化溫度時間：350 1h		收集方式：液針收集		
載流時間 (min)	轉化率 (mol%)	選擇率(mol%)		產率(mol%)
		Dodecanal	Dodecene	Dodecanal
15	56.20	78.98	21.02	44.38
45	36.79	77.73	22.27	28.60
75	29.44	77.51	22.49	22.82
105	26.08	78.28	21.72	20.41
150	24.45	79.11	20.89	19.34

活化溫度(300-500)

反應物：十二醇		溶劑：甲苯		
反應物/溶劑：1/15		觸媒重量：0.1 g		
觸媒種類：11.1 Mo/MWNTs		接觸時間：35.8 g·h/mol		
反應溫度：300		空氣流速：60 ml/min		
活化溫度時間：300 1h		收集方式：液針收集		
載流時間 (min)	轉化率 (mol%)	選擇率(mol%)		產率(mol%)
		Dodecanal	Dodecene	Dodecanal
15	83.11	66.11	33.89	54.94
45	70.90	67.29	32.71	47.71
75	69.60	67.44	32.56	46.94
105	66.97	66.76	33.24	44.71
150	65.15	64.67	35.33	42.13

反應物：十二醇		溶劑：甲苯		
反應物/溶劑：1/15		觸媒重量：0.1 g		
觸媒種類：11.1 Mo/MWNTs		接觸時間：35.8 g·h/mol		
反應溫度：300		空氣流速：60 ml/min		
活化溫度時間：350 1h		收集方式：液針收集		
載流時間 (min)	轉化率 (mol%)	選擇率(mol%)		產率(mol%)
		Dodecanal	Dodecene	Dodecanal
15	83.48	64.66	35.34	53.98
45	69.65	67.04	32.96	46.70
75	66.55	67.55	32.45	44.95
105	65.68	66.53	33.47	43.69
150	63.74	64.73	35.27	41.26

反應物：十二醇		溶劑：甲苯		
反應物/溶劑：1/15		觸媒重量：0.1 g		
觸媒種類：11.1 Mo/MWNTs		接觸時間：35.8 g · h/mol		
反應溫度：300		空氣流速：60 ml/min		
活化溫度時間：400 1h		收集方式：液針收集		
載流時間 (min)	轉化率 (mol%)	選擇率(mol%)		產率(mol%)
		Dodecanal	Dodecene	Dodecanal
15	84.02	60.03	39.97	50.44
45	66.88	65.99	34.01	44.13
75	64.74	66.45	33.55	43.01
105	61.22	66.21	33.79	40.53
150	60.26	65.86	34.14	39.69

反應物：十二醇		溶劑：甲苯		
反應物/溶劑：1/15		觸媒重量：0.1 g		
觸媒種類：11.1 Mo/MWNTs		接觸時間：35.8 g · h/mol		
反應溫度：300		空氣流速：60 ml/min		
活化溫度時間：450 1h		收集方式：液針收集		
載流時間 (min)	轉化率 (mol%)	選擇率(mol%)		產率(mol%)
		Dodecanal	Dodecene	Dodecanal
15	91.75	50.43	49.57	46.27
45	79.99	60.64	39.36	48.51
75	78.67	61.29	38.71	48.21
105	77.80	61.10	38.90	47.53
150	77.49	59.90	40.10	46.42

反應物：十二醇		溶劑：甲苯		
反應物/溶劑：1/15		觸媒重量：0.1 g		
觸媒種類：11.1 Mo/MWNTs		接觸時間：35.8 g · h/mol		
反應溫度：300		空氣流速：60 ml/min		
活化溫度時間：500 1h		收集方式：液針收集		
載流時間 (min)	轉化率 (mol%)	選擇率(mol%)		產率(mol%)
		Dodecanal	Dodecene	Dodecanal
15	48.56	59.77	40.23	29.02
45	32.87	61.58	38.42	20.24
75	32.11	66.59	33.41	21.39
105	32.55	66.82	33.18	21.75
150	34.88	67.04	32.96	23.38

6. 載體對十二醇氧化反應之影響

反應物：十二醇		溶劑：甲苯		
反應物/溶劑：1/15		觸媒重量：0.1 g		
觸媒種類：5.3 Mo/MWNTs		接觸時間：35.8 g · h/mol		
反應溫度：300		空氣流速：60 ml/min		
活化溫度時間：350 1h		收集方式：液針收集		
載流時間 (min)	轉化率 (mol%)	選擇率(mol%)		產率(mol%)
		Dodecanal	Dodecene	Dodecanal
15	84.31	65.01	34.99	54.81
45	71.09	67.59	32.41	48.05
75	68.47	67.44	32.56	46.18
105	67.32	66.06	33.94	44.47
150	64.33	63.80	36.20	41.05

反應物：十二醇		溶劑：甲苯		
反應物/溶劑：1/15		觸媒重量：0.1 g		
觸媒種類：5.3 Mo/SiO ₂		接觸時間：35.8 g · h/mol		
反應溫度：300		空氣流速：60 ml/min		
活化溫度時間：350 1h		收集方式：液針收集		
載流時間 (min)	轉化率 (mol%)	選擇率(mol%)		產率(mol%)
		Dodecanal	Dodecene	Dodecanal
15	95.03	37.58	62.42	35.72
45	89.71	44.29	55.71	39.74
75	87.58	47.99	52.01	42.03
105	86.49	50.40	49.60	43.60
150	82.92	52.24	47.76	43.32

反應物：十二醇		溶劑：甲苯		
反應物/溶劑：1/15		觸媒重量：0.1 g		
觸媒種類：5.3 Mo/ -Al ₂ O ₃		接觸時間：35.8 g · h/mol		
反應溫度：300		空氣流速：60 ml/min		
活化溫度時間：350 1h		收集方式：液針收集		
載流時間 (min)	轉化率 (mol%)	選擇率(mol%)		產率(mol%)
		Dodecanal	Dodecene	Dodecanal
15	75.60	31.11	68.89	23.52
45	52.01	37.85	62.15	19.69
75	44.87	45.45	54.55	20.39
105	38.90	50.46	49.54	19.63
150	38.07	55.21	44.79	21.02

7. 鉀改質對十二醇氧化反應之影響

反應物：十二醇		溶劑：甲苯		
反應物/溶劑：1/15		觸媒重量：0.1 g		
觸媒種類：11.1 Mo/MWNTs		接觸時間：35.8 g·h/mol		
反應溫度：300		空氣流速：60 ml/min		
活化溫度時間：350 1h		收集方式：液針收集		
載流時間 (min)	轉化率 (mol%)	選擇率(mol%)		產率(mol%)
		Dodecanal	Dodecene	Dodecanal
15	83.48	64.66	35.34	53.98
45	69.65	67.04	32.96	46.70
75	66.55	67.55	32.45	44.95
105	65.68	66.53	33.47	43.69
150	63.74	64.73	35.27	41.26

反應物：十二醇		溶劑：甲苯		
反應物/溶劑：1/15		觸媒重量：0.1 g		
觸媒種類：1 K/11.1 Mo/MWNTs		接觸時間：35.8 g·h/mol		
反應溫度：300		空氣流速：60 ml/min		
活化溫度時間：350 1h		收集方式：液針收集		
載流時間 (min)	轉化率 (mol%)	選擇率(mol%)		產率(mol%)
		Dodecanal	Dodecene	Dodecanal
15	79.51	83.06	16.94	66.04
45	71.53	78.79	21.21	56.36
75	72.22	77.09	22.91	55.67
105	72.05	75.11	24.89	54.12
150	72.99	72.82	27.18	53.15

反應物：十二醇		溶劑：甲苯		
反應物/溶劑：1/15		觸媒重量：0.1 g		
觸媒種類：2 K/11.1 Mo/MWNTs		接觸時間：35.8 g·h/mol		
反應溫度：300		空氣流速：60 ml/min		
活化溫度時間：350 1h		收集方式：液針收集		
載流時間 (min)	轉化率 (mol%)	選擇率(mol%)		產率(mol%)
		Dodecanal	Dodecene	Dodecanal
15	88.94	91.82	8.18	81.67
45	86.37	89.25	10.75	77.08
75	81.83	87.08	12.92	71.26
105	82.37	87.26	12.74	71.88
150	83.40	86.56	13.44	72.19
210	82.32	85.38	14.62	70.29
270	81.54	85.22	14.78	69.49
330	84.37	84.16	15.84	71.01
390	84.46	84.00	16.00	70.95
450	85.42	83.30	16.70	71.16
540	86.00	82.88	17.12	71.28

簡歷

姓 名： 廖舜宇

籍 貫： 台灣省台中縣

出生日： 民國 72 年 4 月 14 日

學/經歷： 私立衛道中學

(民國 87 年~民國 90 年)

私立東海大學 化學系

(民國 91 年~民國 94 年)

私立東海大學 應用化學研究所

(民國 94 年~民國 98 年)