



上汽集团
SAIC MOTOR



上汽大通
MAXUS



GT-suite 在P0混合动力计算中的应用

上汽商用车技术中心

崔清章

智选·智联·智行·智享



目录



1. P0 架构下的主要运行模式及原理
2. P0架构在GT-SUITE软件中的搭建
3. 基于某款车型的NEDC循环的计算
4. 基于发动机、电机的性能的分析
5. 结论



上汽集团
SAIC MOTOR

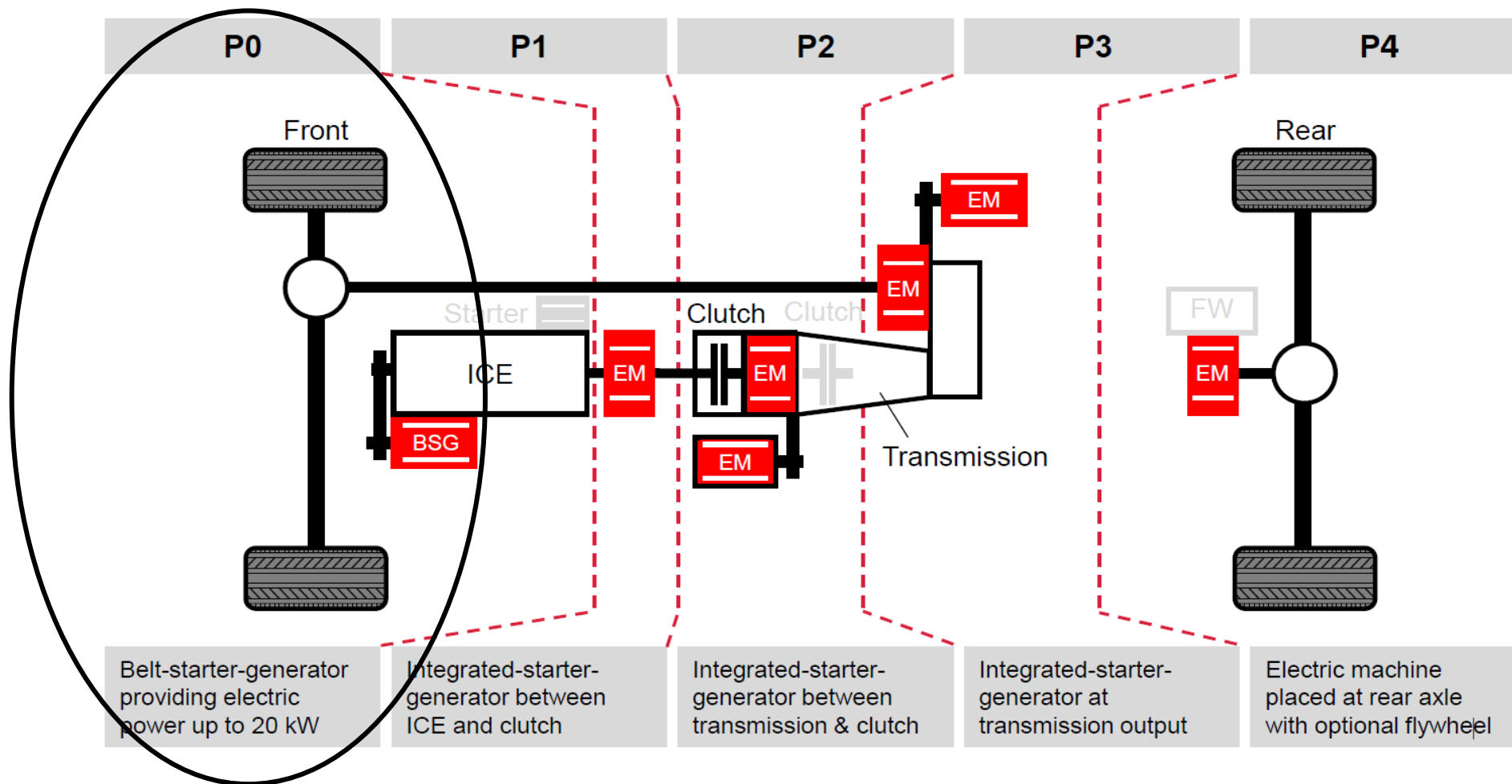


上汽大通
MAXUS

P0 架构下的主要运行模式及原理



■P0 架构：





上汽集团
SAIC MOTOR



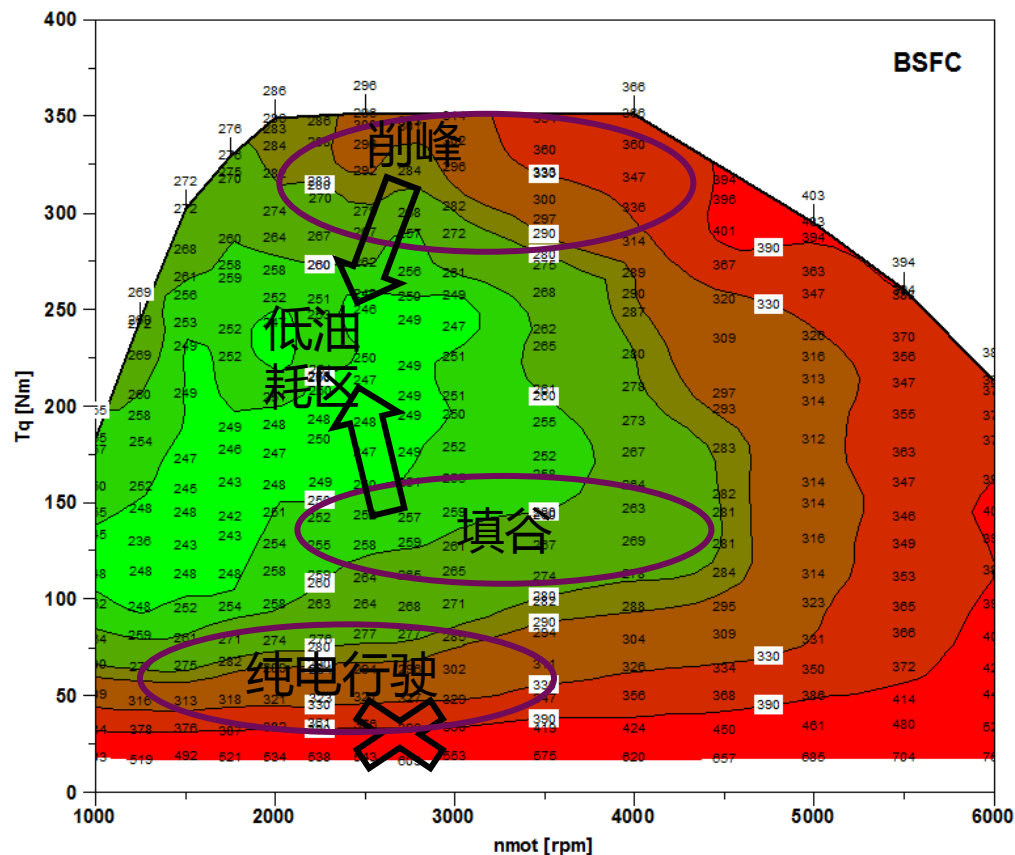
上汽大通
MAXUS

P0 架构下的主要运行模式及原理



■ 传统理论研究下的P0架构的优势：优化发动机工况，降低油耗和排放：

- ✓ 舒适起停，更平顺（进入怠速再喷油）。
- ✓ 大负荷需求时电机助力，“削峰”优化发动机工况。
- ✓ 小负荷需求时智能充电，“填谷”优化发动机工况。
- ✓ 低速低负荷工况纯电驱动，维持发动机断油。
- ✓ 制动能量回收，将部分制动能量通过电机发电回收，减少制动盘摩擦损失。





上汽集团
SAIC MOTOR

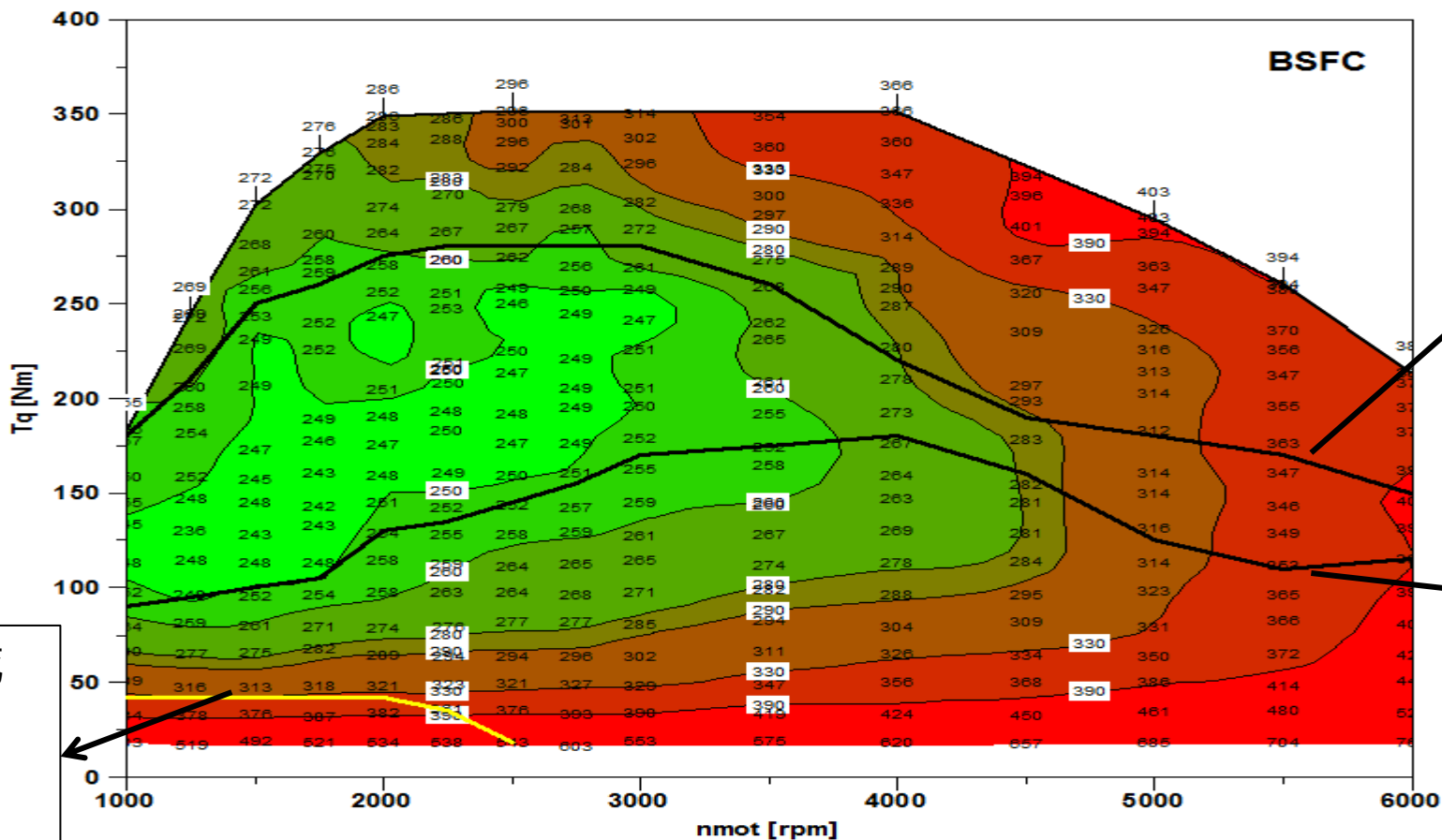


上汽大通
MAXUS

P0架构在GT-SUITE软件中的搭建



■P0 在GT-SUITE中的原理：



低油耗扭矩高限值(分为A1,B1,C1三组曲线, $A1 < B1 < C1$)

低油耗扭矩低限值(分为A2,B2,C2三组曲线, $A2 > B2 > C2$)

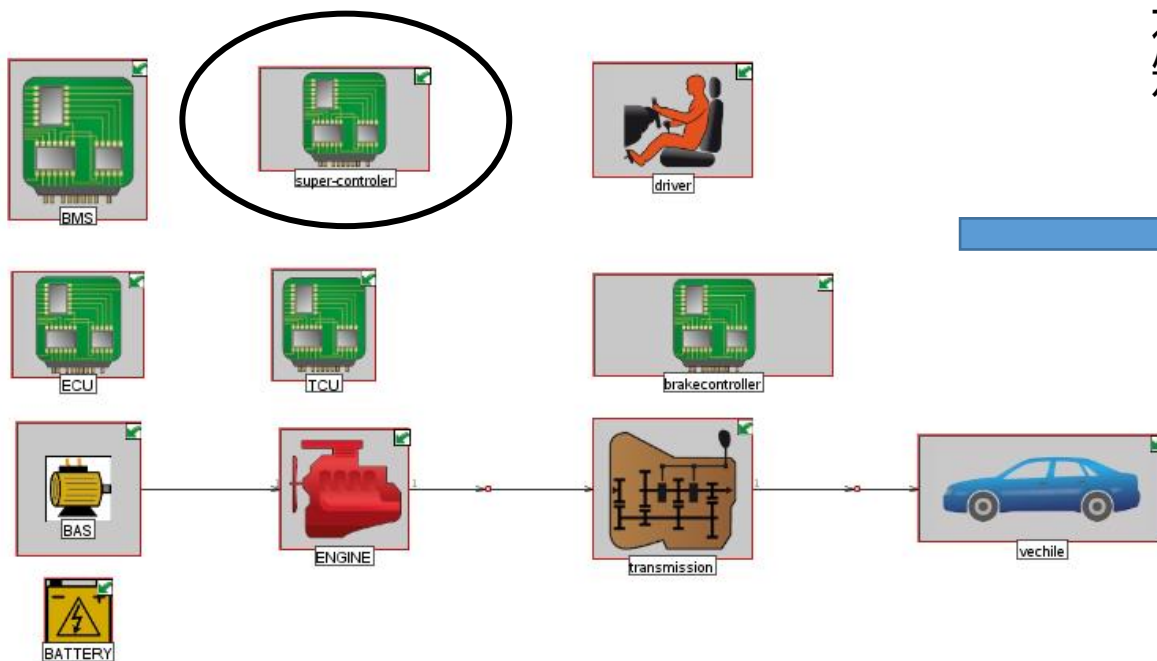
纯电行驶区域(分为A3,B3, C3三组曲线, $A3 > B3 > C3$)

P0架构在GT-SUITE软件中的搭建

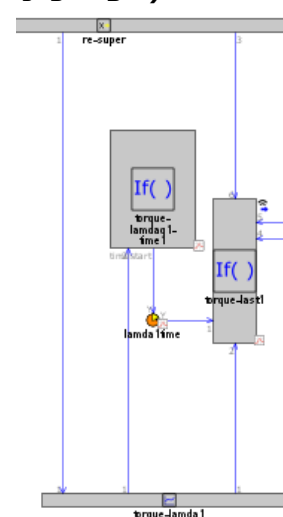


■P0 在GT-SUITE中的实现策略一：

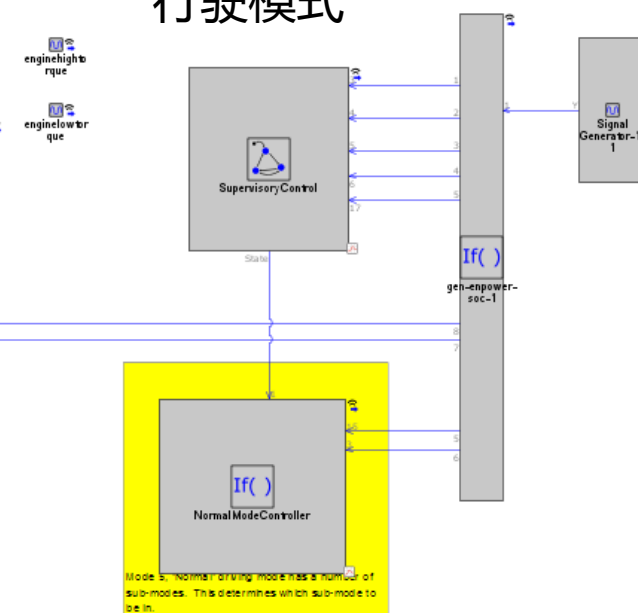
超级控制：实现
扭矩分配功能



输入（车速、转速、SOC、扭矩需求等）



行驶模式



计算输出控制

P0架构在GT-SUITE软件中的搭建



■P0 在GT-SUITE中的实现策略二：

行驶模式控制：

行驶模式：

行驶模式	运行模式描述
model-1	整车停车停机
model-2	启动发动机
model-3	整车怠速，充电
model-4	整车运行，充电（填谷）
model-5	整车运行，不充电
model-6	整车运行，电机助动（削峰）
model-7	纯电行驶
model-8	制动能量回收

SOC 扭矩 (Nm)	$SOC \leq SOC_{low2}$	$SOC_{low2} < SOC \leq SOC_{low1}$	$SOC_{low1} < SOC \leq SOC_{high1}$	$SOC_{high1} < SOC \leq SOC_{high2}$	$SOC_{high2} < SOC$
$TT < 0$	model-8 or model-9	model-8 or model-9	model-8 or model-9	model-8 or model-9	model-8
$TT = 0$	model-3	model-3	/	/	/
$0 < TT \leq T_{motor}$	model-4	model-7	model-7	model-7	model-7
$T_{motor} < TT \leq T_{low}$	model-4	model-4	model-4	model-4	model-5
$T_{low} < TT \leq T_{high}$	model-5	model-5	model-5	model-5	model-5
$T_{high} < TT$	model-5	model-6	model-6	model-6	model-6



上汽集团
SAIC MOTOR



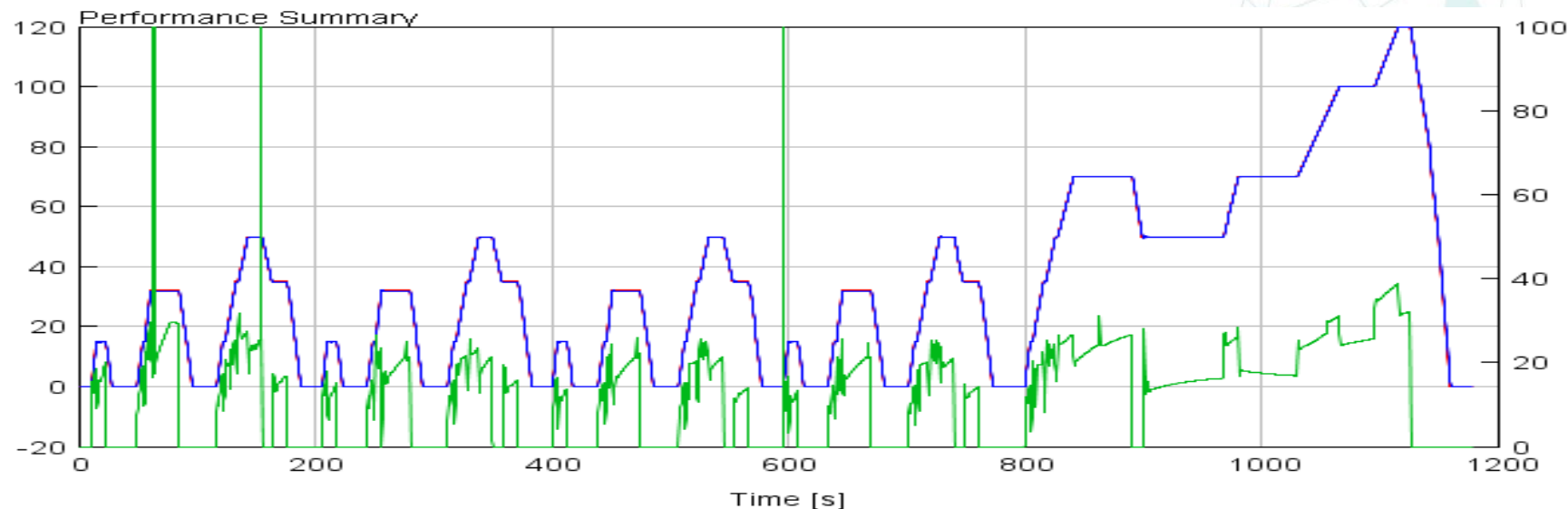
上汽大通
MAXUS

基于某款车型的NEDC循环的计算

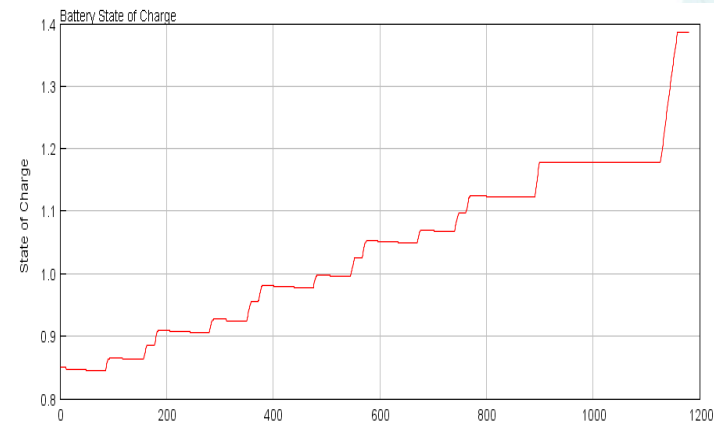
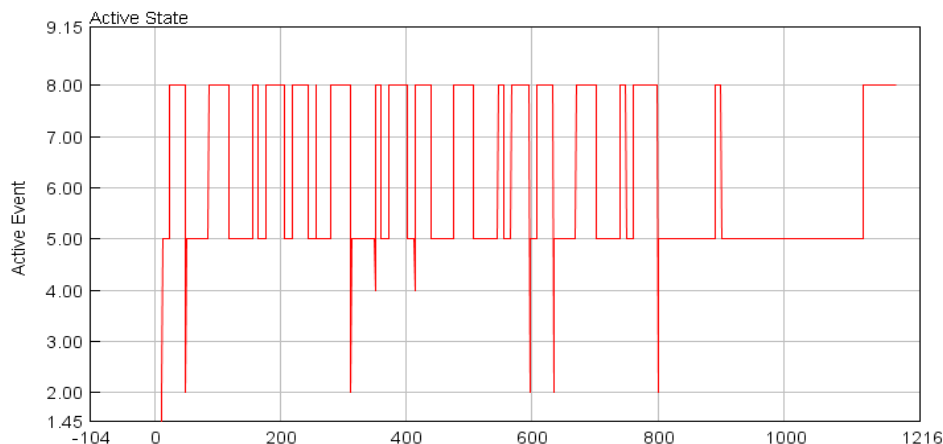


■某款车型的NEDC计算结果一（只有制动能量回收功能）：

车型	MPV
驱动型式	前置前驱
发动机	2.0T
整备质量, Kg	2005
满载质量, Kg	700
变速器	8AT
节油技术	类P0(只是制动能量回收)
NEDC综合油耗, L/100km	8.21(只是制动能量回收, SOC增加0.54)



行驶模式	运行模式描述
model-1	整车停车停机
model-2	启动发动机
model-3	整车怠速, 充电
model-4	整车运行, 充电(填谷)
model-5	整车运行, 不充电
model-6	整车运行, 电机助动(削峰)
model-7	纯电行驶
model-8	制动能量回收





上汽集团
SAIC MOTOR



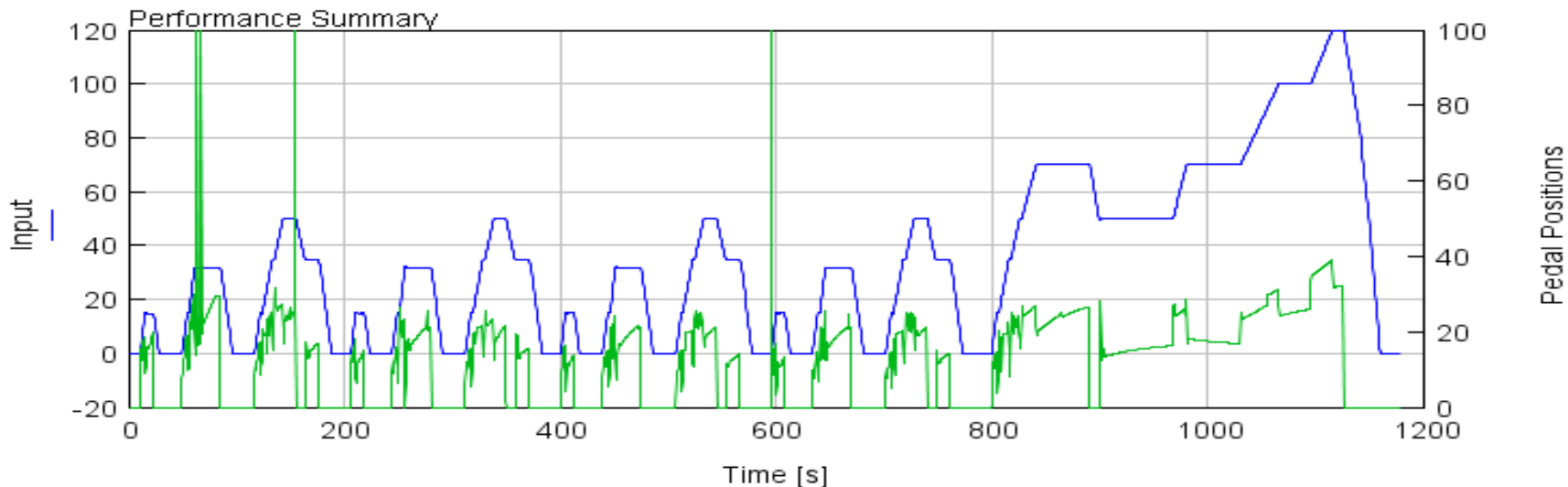
上汽大通
MAXUS

基于某款车型的NEDC循环的计算

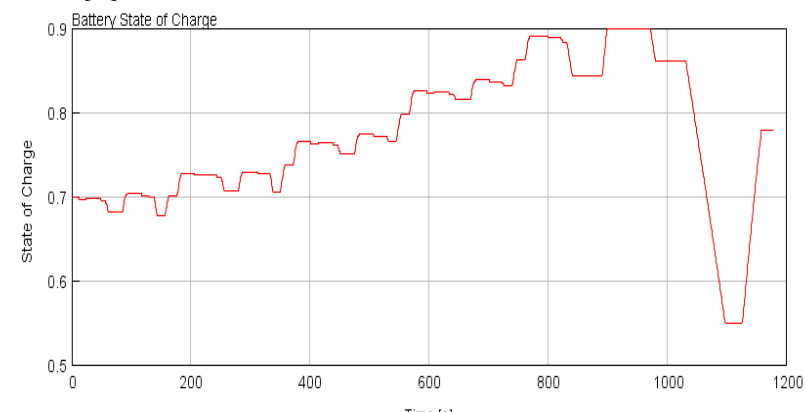
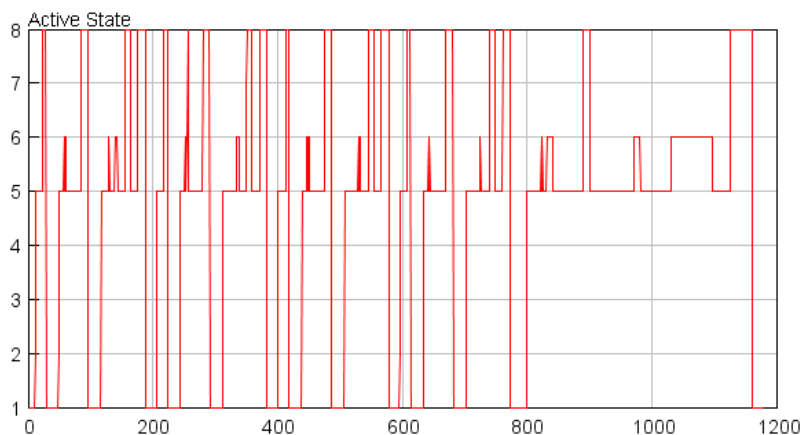


■某款车型的NEDC计算结果二（制动能量回收功能+电量平衡）：

车型	MPV
驱动型式	前置前驱
发动机	2.0T
整备质量, Kg	2005
满载质量, Kg	700
变速器	8AT
节油技术	类P0(只是制动能量回收)
NEDC综合油耗, L/100km	7.85(只是制动能量回收, 并增加电量 平衡控制)



行驶模式	运行模式描述
model-1	整车停车停机
model-2	启动发动机
model-3	整车怠速, 充电
model-4	整车运行, 充电(填谷)
model-5	整车运行, 不充电
model-6	整车运行, 电机助动(削峰)
model-7	纯电行驶
model-8	制动能量回收





上汽集团
SAIC MOTOR



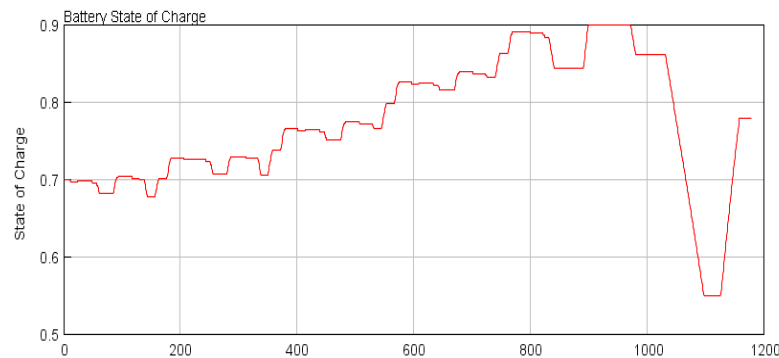
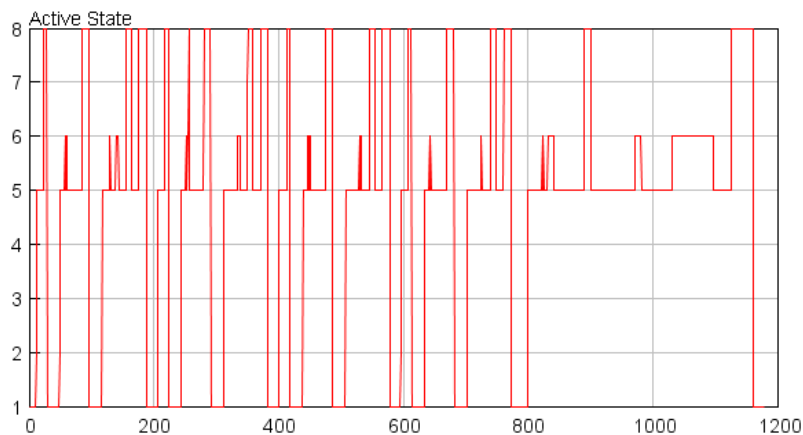
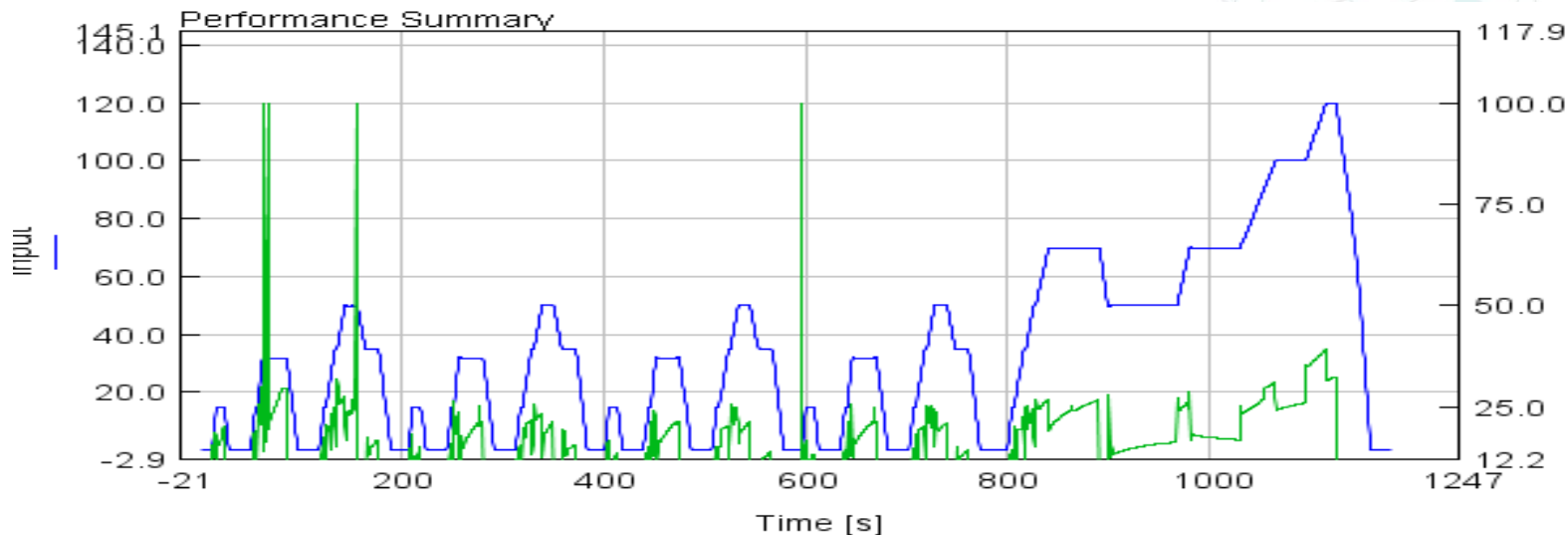
上汽大通
MAXUS

基于某款车型的NEDC循环的计算



■某款车型的NEDC计算结果三（制动能量回收功能+电量平衡+削峰）：

车型	MPV			
驱动型式	前置前驱			
发动机	2.0T			
整备质量, Kg	2005			
满载质量, Kg	700			
变速器	8AT			
节油技术	PO			
	PO控制-纯电功能	无		
	PO控制-填谷功能	无		
	PO控制-削峰功能	方案A	方案B	方案C
	制动能量回收+电量平衡	有		
NEDC综合油耗, L/100km	/	7.95	7.9	7.85



行驶模式	运行模式描述
model-1	整车停车停机
model-2	启动发动机
model-3	整车怠速, 充电
model-4	整车运行, 充电 (填谷)
model-5	整车运行, 不充电
model-6	整车运行, 电机助动 (削峰)
model-7	纯电行驶
model-8	制动能量回收

2019/11/27

智选·智联·智行·智享

10



上汽集团
SAIC MOTOR



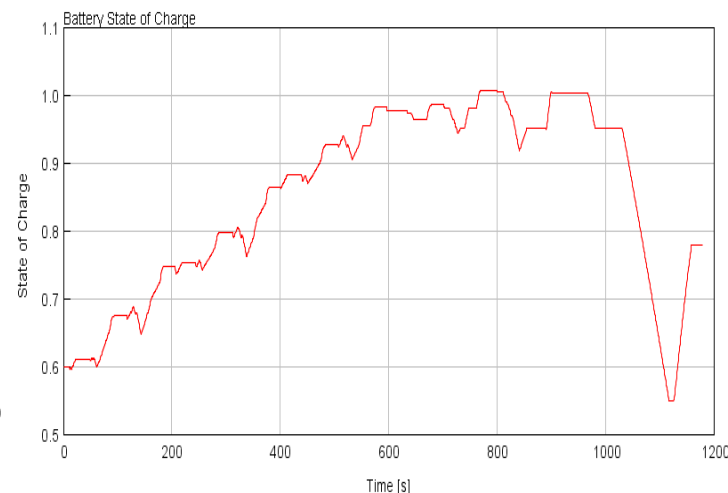
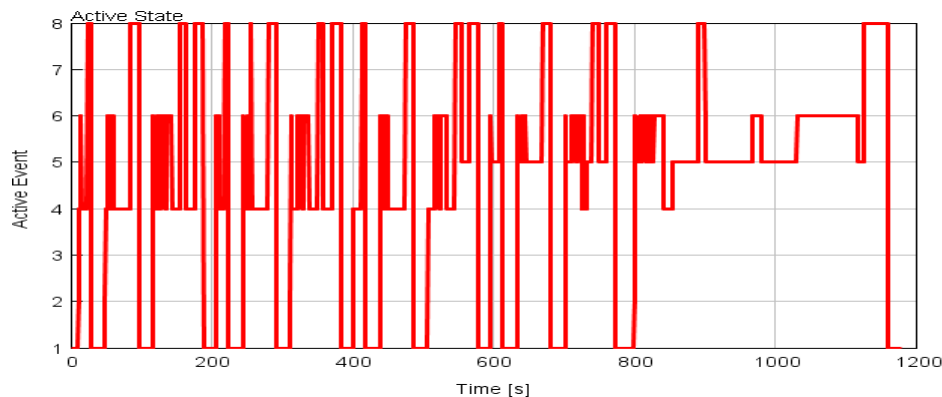
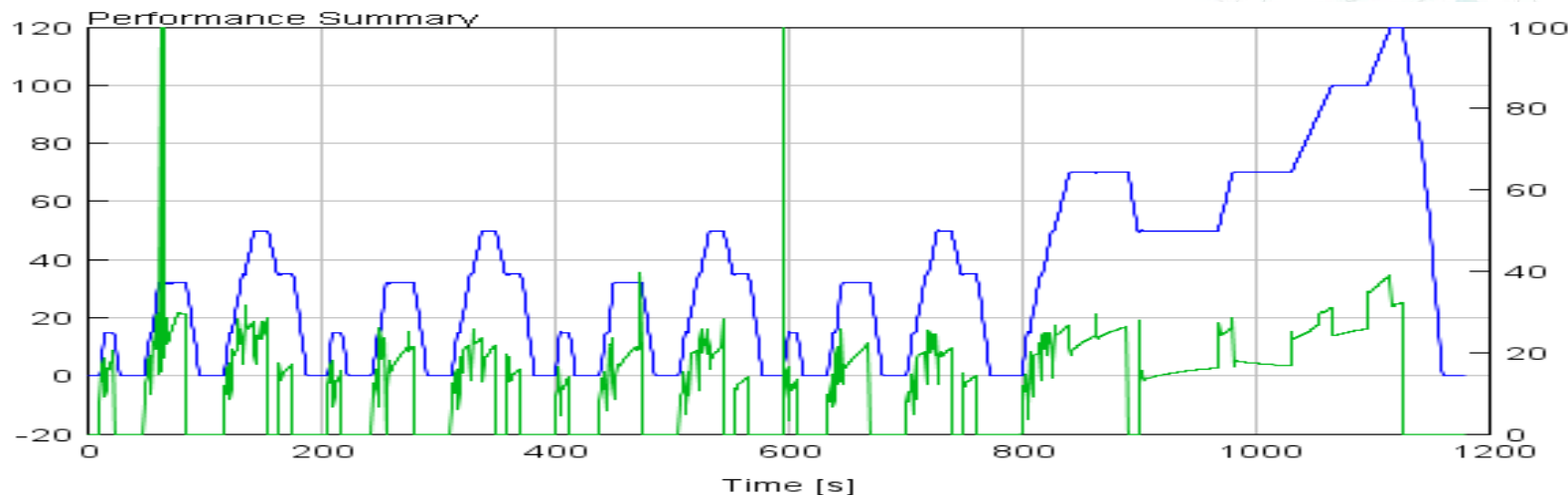
上汽大通
MAXUS

基于某款车型的NEDC循环的计算



■某款车型的NEDC计算结果四（制动能量回收功能+电量平衡+填谷）：

车型	MPV			
驱动型式	前置前驱			
发动机	2.0T			
整备质量, Kg	2005			
满载质量, Kg	700			
变速器	8AT			
	P0			
节油技术	P0控制-纯电功能	无		
	P0控制-填谷功能	方案A	方案B	方案C
	P0控制-削峰功能	无		
	制动能量回收+电量平衡	有		
	NEDC综合油耗, L/100km	/	8.13	8.04
			7.85	



行驶模式	运行模式描述
model-1	整车停车停机
model-2	启动发动机
model-3	整车怠速, 充电
model-4	整车运行, 充电 (填谷)
model-5	整车运行, 不充电
model-6	整车运行, 电机辅助 (削峰)
model-7	纯电行驶
model-8	制动能量回收

2019/11/27

智选·智联·智行·智享



上汽集团
SAIC MOTOR



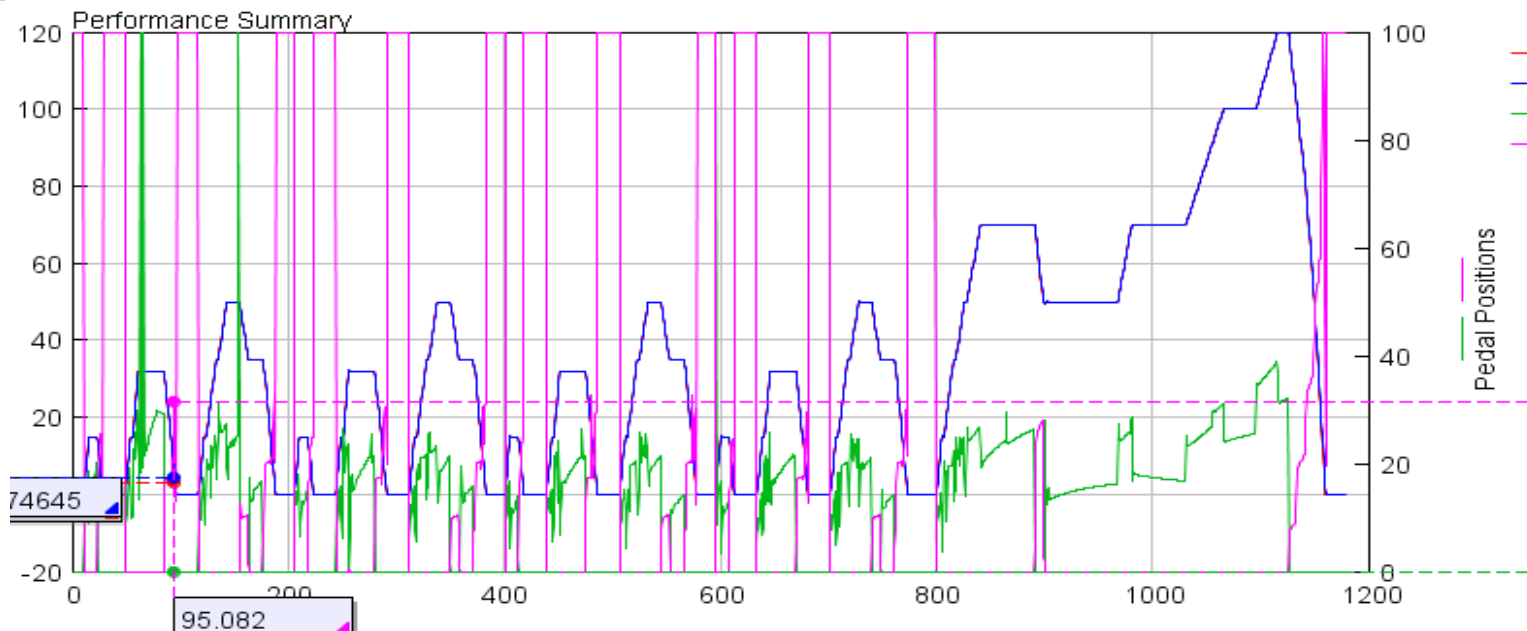
上汽大通
MAXUS

基于某款车型的NEDC循环的计算

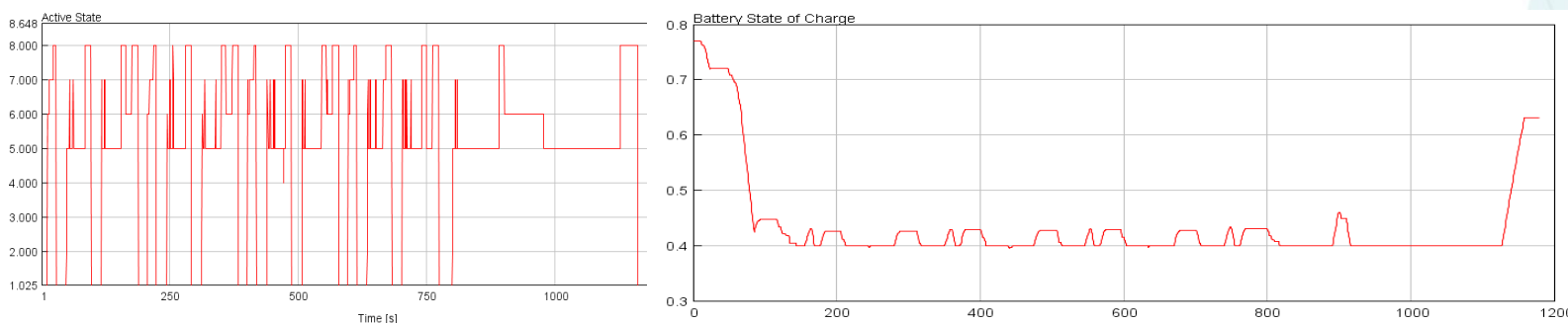


■某款车型的NEDC计算结果五（制动能量回收功能+电量平衡+纯电行驶）：

车型	MPV			
驱动型式	横置前驱			
发动机	2.0T			
整备质量, Kg	2005			
满载质量, Kg	700			
变速器	8AT			
节油技术	P0			
	P0控制-纯电功能	方案A	方案B	方案C
	P0控制-填谷功能	无		
	P0控制-削峰功能	无		
	制动能量回收+电量平衡	有		
NEDC综合油耗, L/100km	/	8.65	7.95	7.85



行驶模式	运行模式描述
model-1	整车停车停机
model-2	启动发动机
model-3	整车怠速, 充电
model-4	整车运行, 充电 (填谷)
model-5	整车运行, 不充电
model-6	整车运行, 电机助动 (削峰)
model-7	纯电行驶
model-8	制动能量回收



2019/11/27

智选·智联·智行·智享

12

发动机摩擦扭矩：



转速	倒拖扭矩
1000	14.1
1500	16.0
2000	19.0
2500	21.4
3000	25.1
3500	29.4
4000	34.3
4500	40.1
5000	47.2
5500	51.9
6000	55.5
6500	62.7

电机的效率 (<85%) :

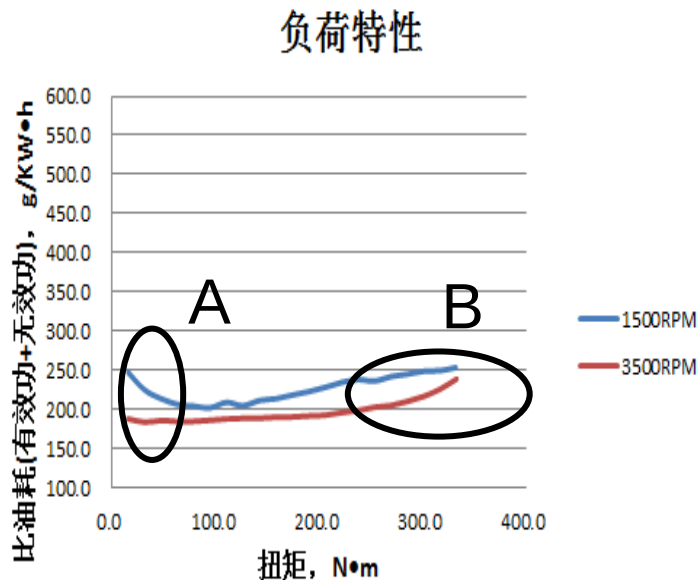
传统P0控制：A区和B区属于高油耗区，需要填谷和削峰。

Age - Sex (M)		Age (Y)															
Age (Y)	Sex	0	100	200	300	1000	1500	1600	1800	2000	2200	2800	3000	3600	4000	4600	5000
00	M	0.14	0.24	0.22	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
01	M	0.14	0.27	0.24	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
02	M	0.20	0.22	0.64	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68
03	M	0.22	0.28	0.68	0.69	0.78	0.78	0.78	0.79	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
04	M	0.22	0.28	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.79	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
05	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
06	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
07	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
08	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
09	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
10	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
11	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
12	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
13	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
14	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
15	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
16	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
17	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
18	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
19	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
20	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
21	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
22	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
23	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
24	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
25	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
26	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
27	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
28	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
29	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
30	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
31	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
32	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
33	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
34	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
35	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
36	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
37	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
38	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
39	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
40	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
41	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
42	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
43	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
44	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
45	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
46	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
47	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
48	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
49	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
50	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
51	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
52	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
53	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
54	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
55	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
56	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
57	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
58	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
59	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
60	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
61	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
62	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
63	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
64	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
65	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
66	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
67	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
68	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
69	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
70	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
71	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
72	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
73	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
74	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
75	M	0.22	0.28	0.68	0.68	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
76	M	0.22	0.28	0.6													

基于发动机、电机性能的分析



■发动机、电机特性二：



一：考虑到摩擦功，A区的燃油耗的恶化不大。

**发电机的发电效率
85% * 电动机的机械
效率85%=72%**

二：因为电量平衡的需求，考虑发电机与电机的效率损失28% > 20%~25%，从这个方面考虑，在A区和B区引入电机工作，燃油耗是增加的。



■针对P0架构主要的节油功能：

- ✓大负荷需求时电机助力，“**削峰**”优化发动机工况？——在当前的电机效率下，综合考虑节油效果不佳。
- ✓小负荷需求时智能充电，“**填谷**”优化发动机工况？——在当前的电机效率下，综合考虑节油效果不佳。
- ✓低速低负荷工况**纯电驱动**，维持发动机断油？——在当前的电机效率下，综合考虑节油效果不佳。
- ✓**制动能量回收**，将部分制动能量通过电机发电回收，减少制动盘摩擦损失。——通过制动能量回收，降低整车油耗，预计在3%~4%之间，和电机的效率和电量平衡策略有关系。

■P0架构其它功能：

- ✓ 增加动力， P0电机可以短时增加>40Nm，持续20Nm的动力。
- ✓ 快速启动发动机到怠速，降低一部分整车冷态排放物。

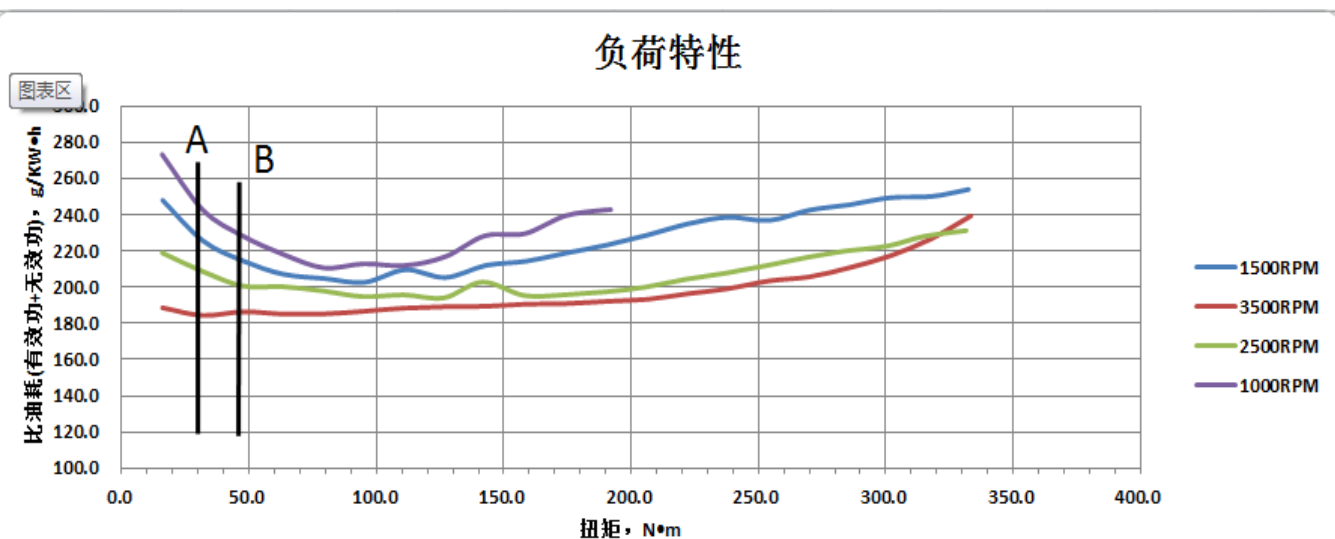


THANKS

P0 工况收益率估算——填谷



■某款电机性能：



■某款发动机的排放 (RTS95)：



上汽集团
SAIC MOTOR

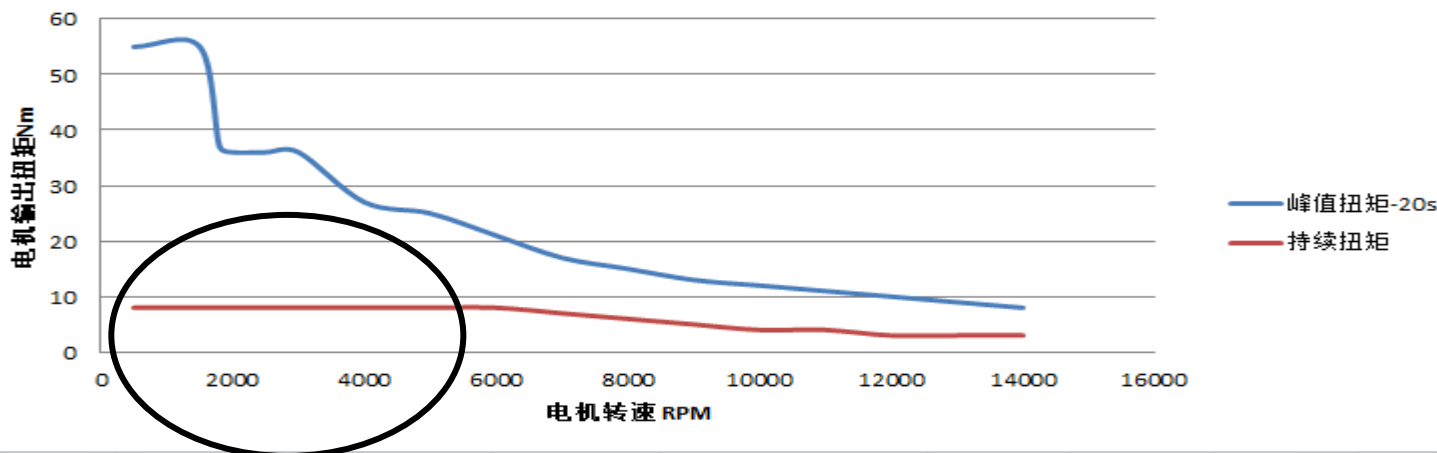


上汽大通
MAXUS

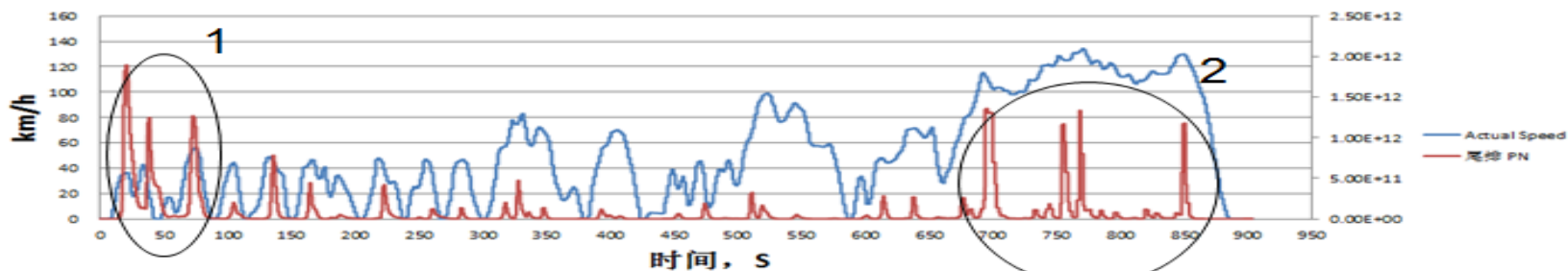
备注



■某款电机性能：



■某款发动机的排放（RTS95）：



SV91OV10-加载90%

