

# GT-Power软件在发动机开发上的应用



上汽通用五菱  
SGMW

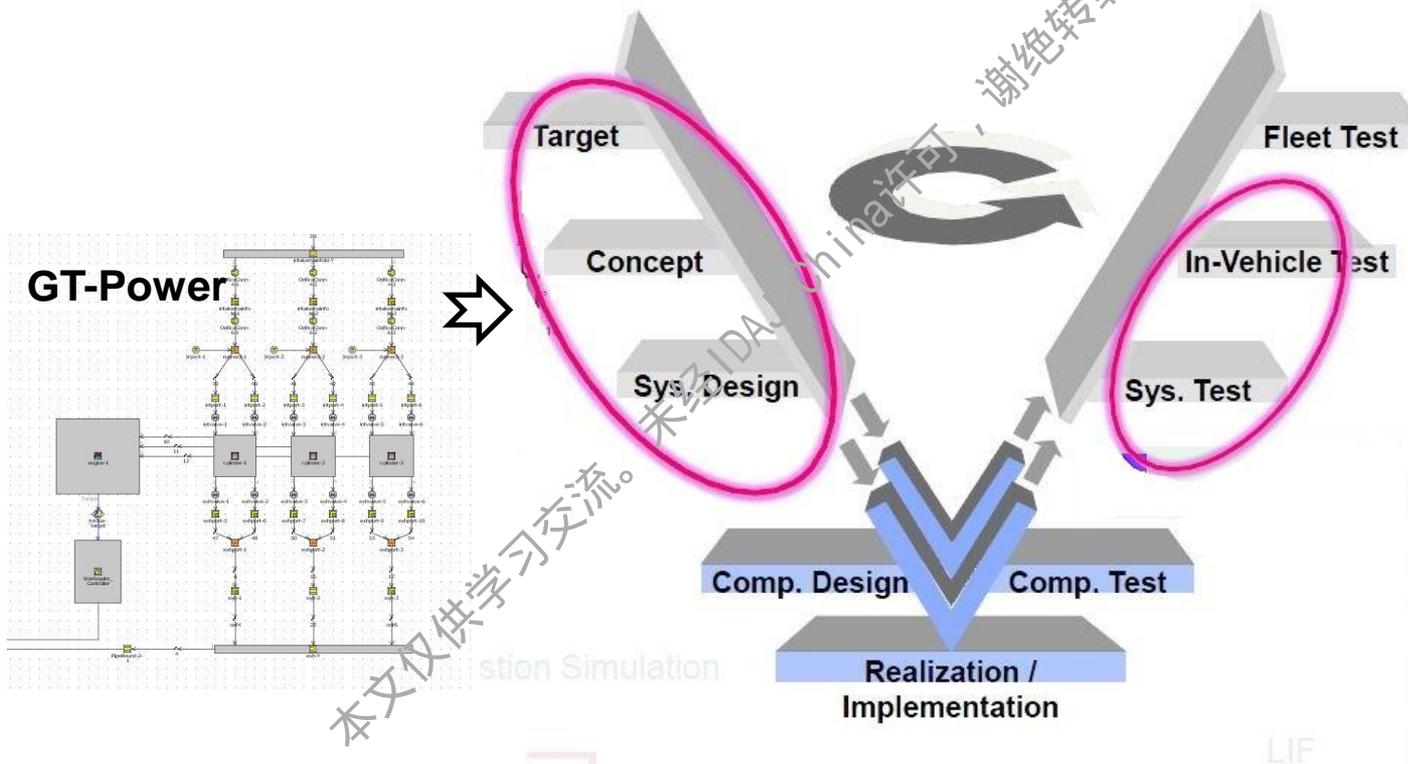
# 目录页

CONTENTS PAGE

1	前言
2	模型标定的准确性
3	GT-Power应用
4	总结

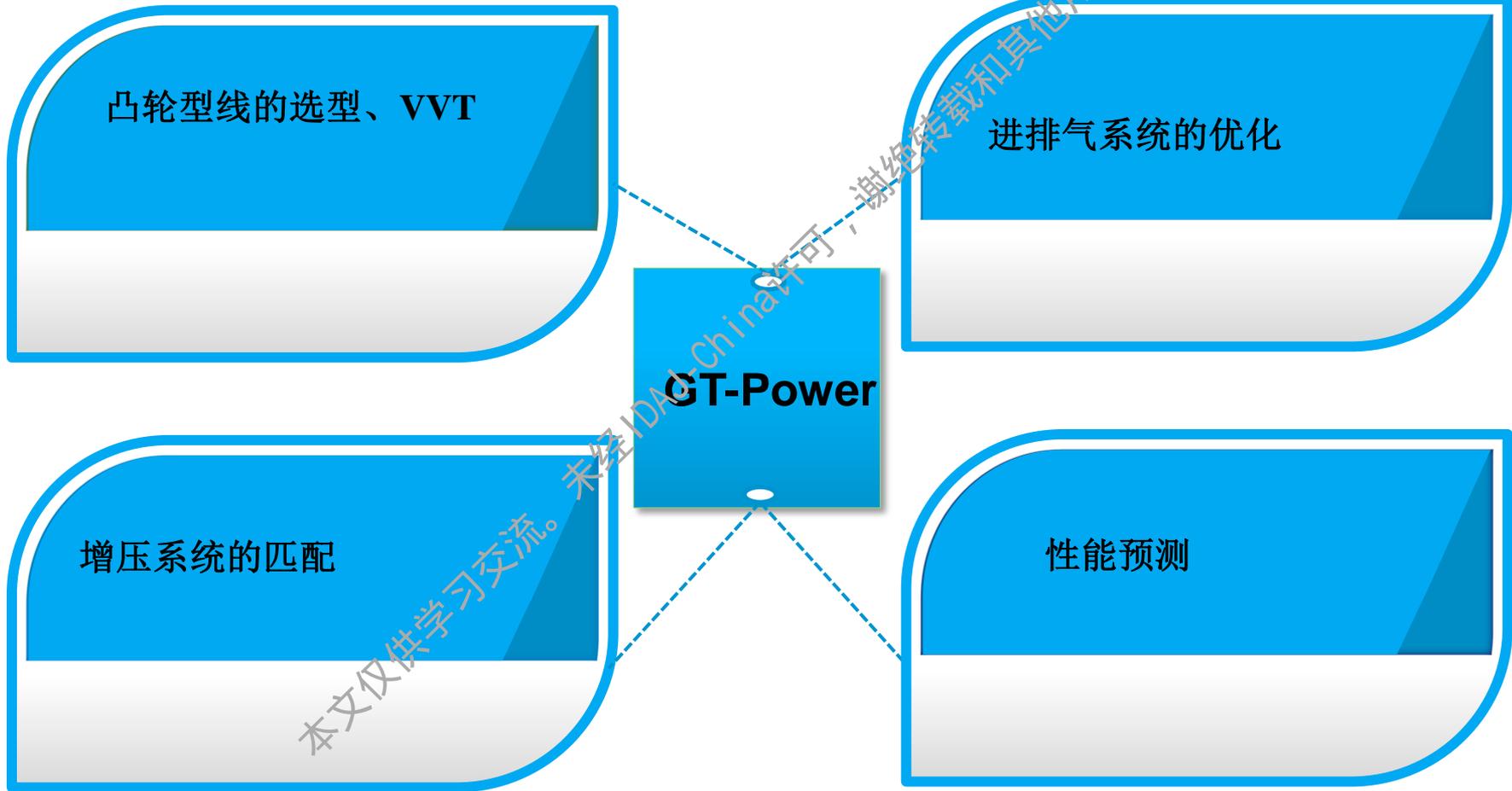
本文仅供学习交流。未经ChinaPPT网，谢绝转载和其他用途。

在发动机概念性设计阶段和性能改进阶段，GT-Power软件在发动机设计参数的设计和改进发挥着非常重要的作用。



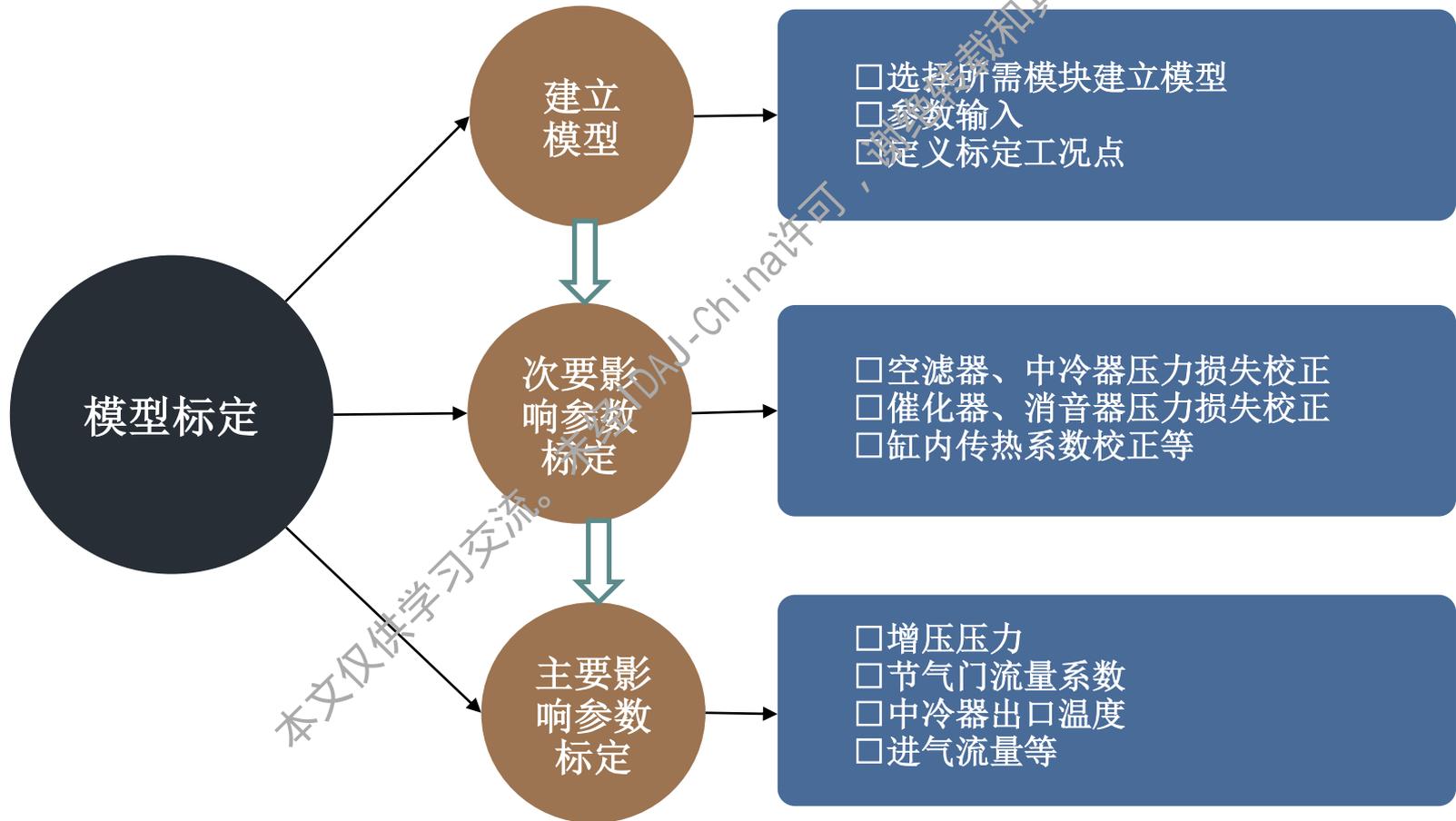
GT-Power在产品开发流程中的应用

## GT-Power常规应用



# 模型标定的准确性

目前，国内的发动机和整车行业较少做全新发动机的设计项目，主要集中在对现有发动机的改型设计，为对发动机性能进行合理的改进，模型标定的准确性尤为重要。以增压汽油机的模型稳态工况标定为例：



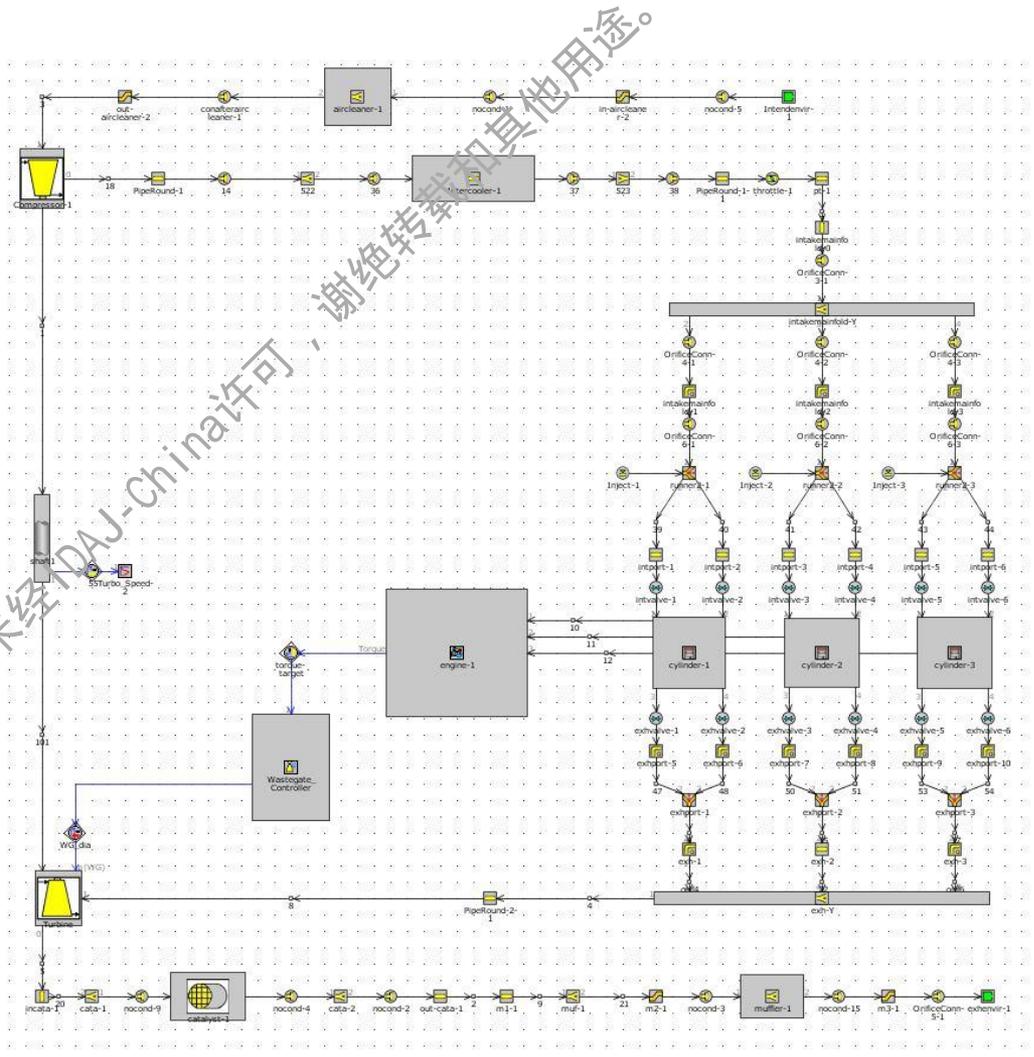
# 模型标定的准确性

进气系统的空气流量  
 压气机入口的压力和温度  
 压气机出口的压力和温度  
 中冷器出口的压力和温度  
 涡轮增压器入口的压力和温度  
 涡轮增压器出口的压力和温度  
 涡轮增压器转速

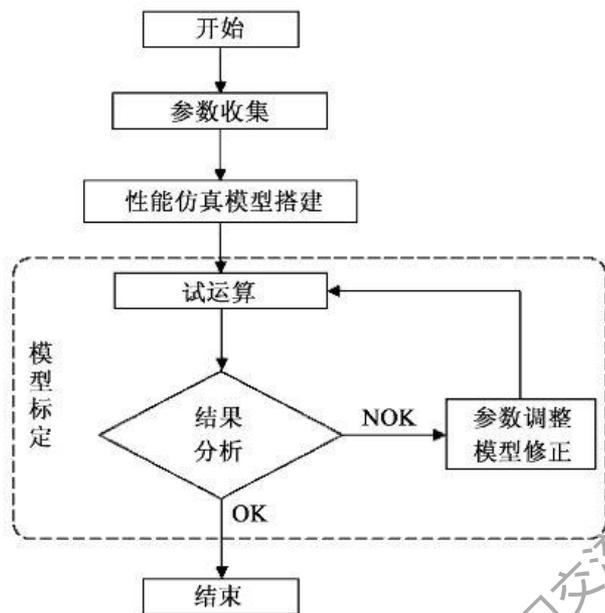
需要  
 标定  
 参数

发动机扭矩  
 发动机功率  
 BSFC  
 FMEP  
 排气温度  
 EGR率  
 涡轮增压器效率  
 压气机效率

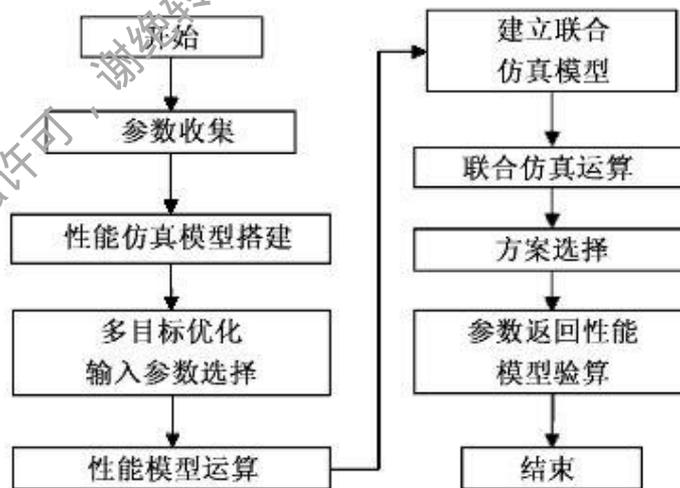
需要  
 关注  
 参数



引入多目标优化方法进行模型标定：



发动机性能仿真一般标定流程

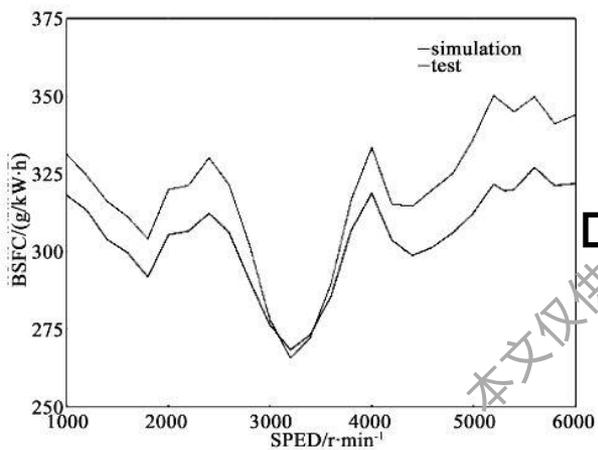


发动机性能仿真多目标优化标定流程

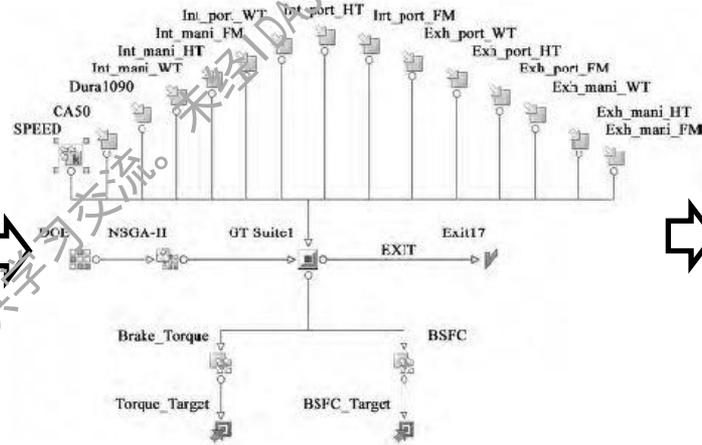
应用多目标优化方法对发动机性能仿真模型进行标定，速度快、精度高、智能化且能够提供输入输出相关性分析，可为后续设计提供更多的理论依据。

采用多目标优化软件**ModeFrontier** 进行优化标定:

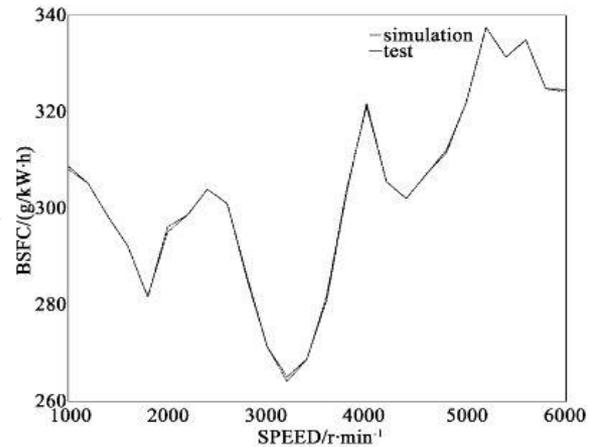
变量	名称	单位	最小值	最大值
CA50	50% 燃料燃烧时曲轴转角	deg	5	25
Dura1090	10-90% 燃料燃烧时曲轴转角	deg	20	30
Int_mani_HM	进气歧管传热比例系数	-	0	2
Int_mani_FM	进气歧管摩擦比例系数	-	0	2
Int_mani_WT	进气歧管壁温	K	300	330
Int_port_WT	进气道壁温	K	350	400
Int_prot_FM	进气道摩擦比例系数	-	0	2
Int_port_HM	进气道传热比例系数	-	0	2
Exh_port_FM	排气道摩擦比例系数	-	0.5	2
Exh_port_HM	排气道传热比例系数	-	0.5	2
Exh_port_WT	排气道壁温	K	450	550
Exh_mani_WT	排气歧管壁温	K	500	800
Exh_mani_FM	排气歧管摩擦比例系数	-	0.5	2
Exh_mani_HM	排气歧管传热比例系数	-	0.5	2



优化标定前



ModeFrontier

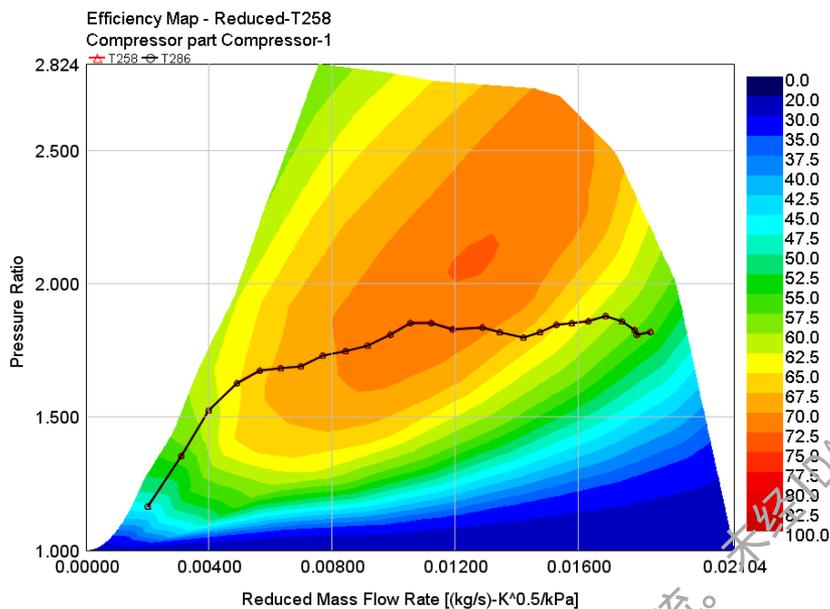


优化标定后

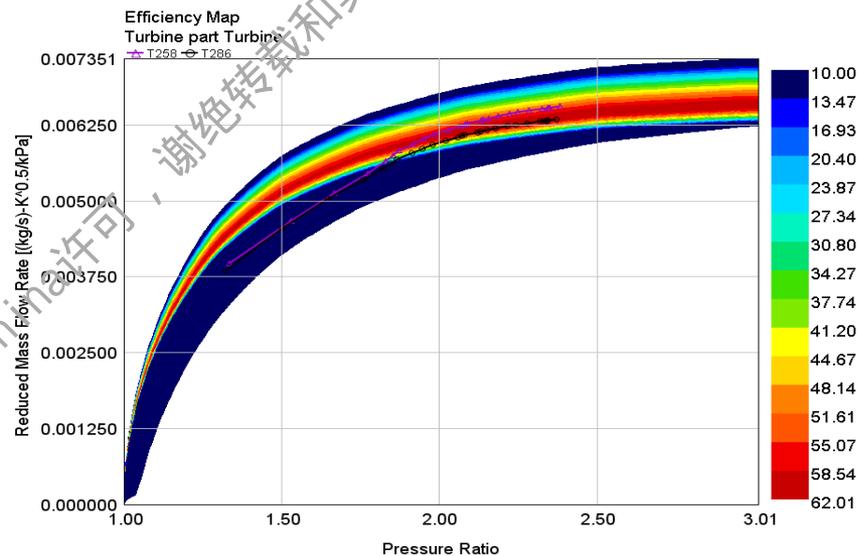
# GT-Power应用



利用GT-Power进行增压器匹配计算，减少试验匹配工作量。



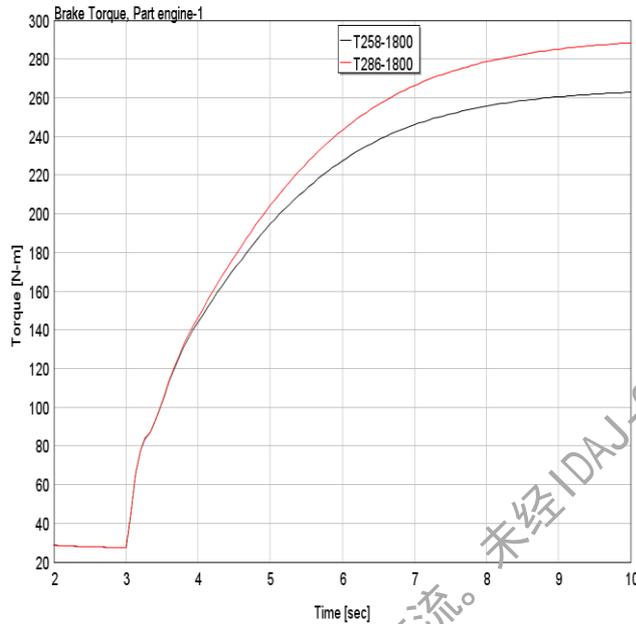
压气机运行曲线



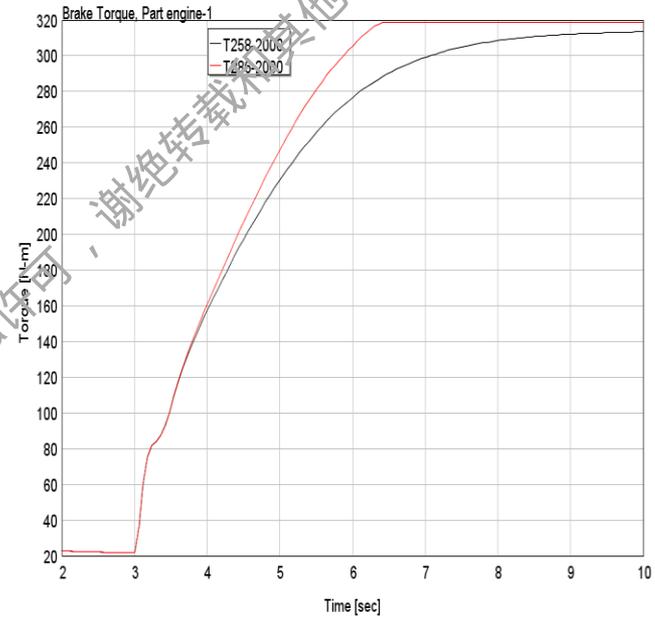
涡轮机运行曲线

增压器匹配目标：压气机在发动机工作工况不发生喘振和堵塞且均有一定的裕度，高原余量；压气机和涡轮机工作在高效区。

## 评价增压器瞬态响应特性



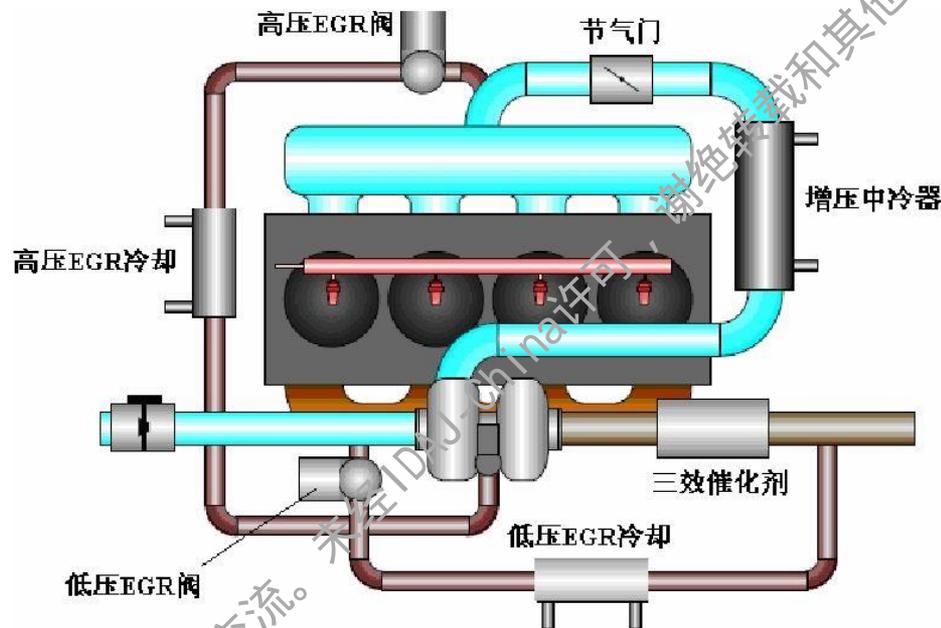
1800rpm工况，达到90%目标扭矩所需时间



2000rpm工况，达到90%目标扭矩所需时间

增压器的响应要迅速，避免出现响应迟滞现象。

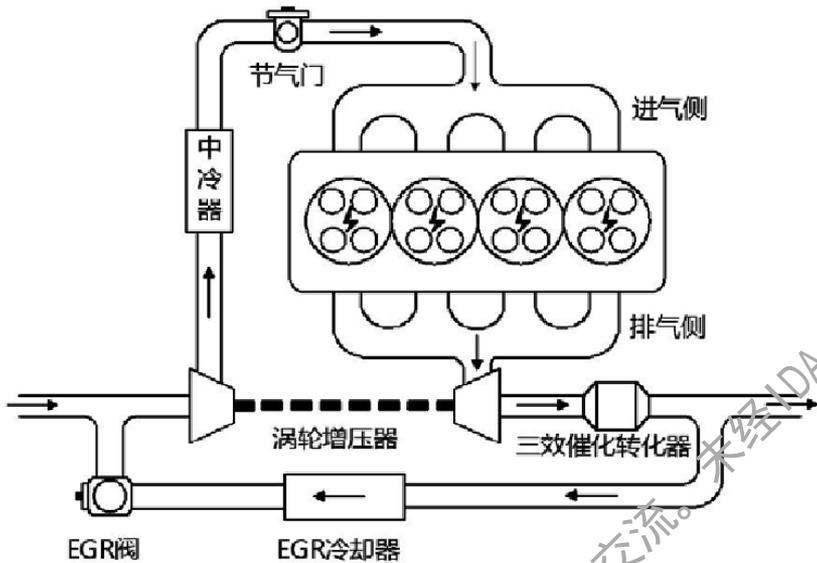
增压汽油机小负荷时采用**EGR**能减少泵气损失，降低油耗；大负荷时，**EGR**对抑制爆震有明显作用，允许增大压缩比来提高热效率，进而提高燃油经济性。



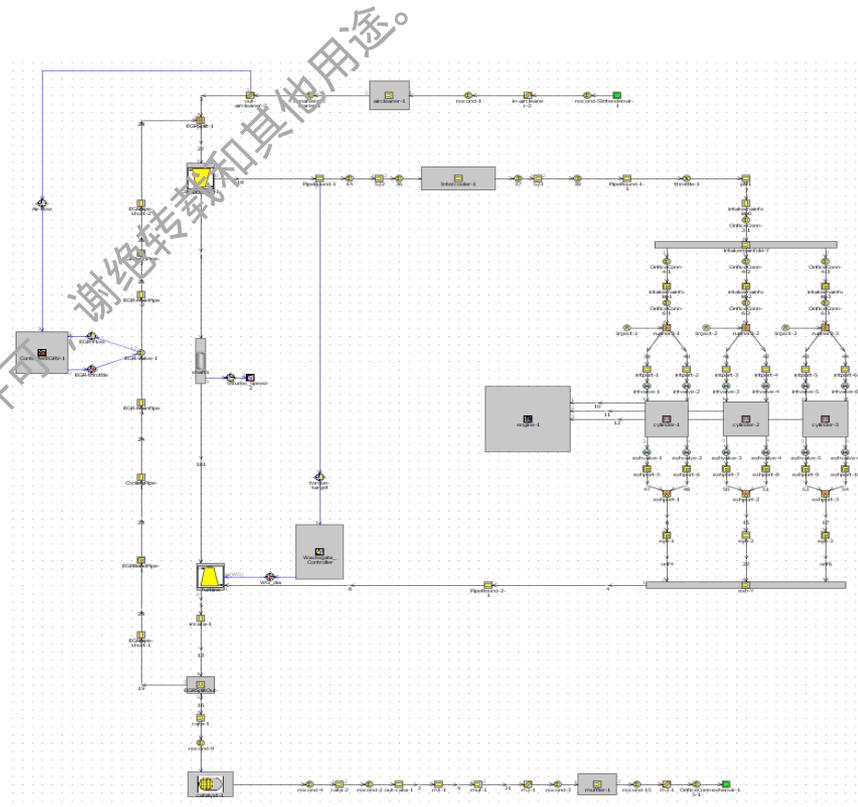
增压汽油机EGR布置示意图

相比高压**EGR**率而言，低压**EGR**率以其更好的混合气冷却效果，更好的缸-缸**EGR**分配和更快的增压器响应速率的优势，更适合于汽油机。

## 低压冷却EGR循环GT-Power模型建立



低压冷却EGR循环



低压冷却EGR循环GT-Power模型

谢绝转载和其他用途。  
未经允许，不得转载。  
本文仅供学习交流。

## 扭矩

扭矩增大  
扭矩减小<5%

压缩比	转速	1000	2000	3000	4000	5000	6000
9.5: 1		<b>87.40</b>	<b>150.94</b>	<b>150.92</b>	<b>150.90</b>	<b>135.01</b>	<b>119.12</b>
	1	88.82	153.37	153.86	155.01	140.22	124.14
	2	87.92	151.46	151.84	152.84	138.19	122.25
	3	87.01	149.53	149.80	150.67	136.17	120.35
	4	86.08	147.59	147.75	148.49	134.13	118.43
	5	85.14	145.64	145.69	146.31	132.07	116.52
	6	84.19	143.67	143.62	144.11	130.01	114.58
	7	83.22	141.70	141.53	141.90	127.92	112.63
11.5:1	8	82.24	139.70	139.44	139.68	125.83	110.66
	9	81.25	137.70	137.33	137.45	123.72	108.66
	10	80.25	135.68	135.20	135.21	121.59	106.66
	12	78.22	131.61	130.92	130.70	117.29	102.59
	14	76.15	127.47	126.58	126.14	112.92	98.46
	16	74.05	123.27	122.18	121.52	108.49	94.28
	18	71.92	119.01	117.74	116.85	104.00	90.05
	20	69.76	114.70	113.25	112.12	99.47	85.75
	25	64.18	84.07	101.76	99.98	87.90	74.66
	30	58.38	72.73	89.94	87.42	75.65	62.63

压缩比	转速	1000	2000	3000	4000	5000	6000
9.5: 1		<b>87.40</b>	<b>150.94</b>	<b>150.92</b>	<b>150.90</b>	<b>135.01</b>	<b>119.12</b>
	1	89.65	155.13	156.08	157.86	143.50	127.35
	2	88.74	153.20	154.03	155.66	141.44	125.42
	3	87.82	151.26	151.97	153.46	139.36	123.47
	4	86.88	149.30	149.89	151.24	137.28	121.52
	5	85.93	147.32	147.80	149.01	135.18	119.54
	6	84.96	145.34	145.70	146.77	133.07	117.55
	7	83.99	143.34	143.59	144.52	130.94	115.55
12.5:1	8	83.00	141.32	141.46	142.27	128.80	113.53
	9	82.00	139.30	139.33	140.00	126.64	111.49
	10	80.99	137.26	137.17	137.72	124.46	109.42
	12	78.94	133.14	132.83	133.12	120.06	105.25
	14	76.86	128.95	128.43	128.48	115.59	101.03
	16	74.74	124.71	123.94	123.78	111.06	96.74
	18	72.59	120.40	119.40	119.03	106.47	92.40
	20	70.41	116.04	114.80	114.21	101.83	88.01
	25	64.78	83.07	103.12	101.80	90.01	76.49
	30	58.92	73.20	91.14	88.92	77.35	64.20

## 油耗降低

### 有效燃油消耗率

压缩比	转速	1000	2000	3000	4000	5000	6000
9.5: 1		<b>293.44</b>	<b>348.12</b>	<b>371.44</b>	<b>388.50</b>	<b>405.19</b>	<b>413.93</b>
	1	286.12	341.09	361.36	376.72	391.04	397.70
	2	289.01	343.04	365.80	381.60	396.36	403.47
	3	292.67	347.10	370.37	386.62	401.83	409.43
	4	295.09	351.28	375.07	391.79	407.48	415.59
	5	298.29	355.58	379.91	397.11	413.32	421.96
	6	301.60	360.00	384.91	402.61	419.35	428.57
	7	305.01	364.56	390.05	408.27	425.59	435.42
11.5:1	8	308.52	369.25	395.35	414.11	432.06	442.54
	9	312.16	374.08	400.83	420.15	438.75	449.96
	10	315.90	379.06	406.49	426.39	445.69	457.67
	12	323.73	389.49	418.38	439.53	460.40	474.12
	14	332.06	400.63	431.11	453.64	476.30	492.00
	16	340.91	412.56	444.79	468.84	493.57	511.53
	18	350.36	425.37	459.51	485.27	512.39	532.99
	20	360.44	439.15	475.39	503.15	532.97	556.67
	25	389.00	489.32	521.75	555.72	594.13	628.50
	30	423.53	521.65	580.39	623.80	674.80	726.22

压缩比	转速	1000	2000	3000	4000	5000	6000
9.5: 1		<b>293.44</b>	<b>348.12</b>	<b>371.44</b>	<b>388.50</b>	<b>405.19</b>	<b>413.93</b>
	1	282.39	334.14	355.61	369.98	383.11	388.66
	2	285.25	338.03	359.98	374.77	388.31	394.29
	3	288.21	342.03	364.48	379.70	393.67	400.09
	4	291.28	346.15	369.11	384.77	399.20	406.10
	5	294.44	350.39	373.88	390.00	404.92	412.33
	6	297.71	354.76	378.79	395.40	410.82	418.79
	7	301.08	359.25	383.86	400.96	416.94	425.47
12.5:1	8	304.56	363.88	389.08	406.70	423.27	432.42
	9	308.15	368.65	394.48	412.63	429.82	439.67
	10	311.85	373.57	400.05	418.76	436.63	447.22
	12	319.59	383.86	411.76	431.67	451.04	463.26
	14	327.82	394.85	424.31	445.53	466.63	480.71
	16	336.57	406.63	437.89	460.46	483.55	499.79
	18	345.90	419.27	452.57	476.61	501.97	520.71
	20	355.88	432.87	468.44	494.18	522.12	543.82
	25	384.10	478.54	514.37	546.12	581.97	613.86
	30	418.22	516.18	572.36	613.76	660.95	708.98

增大压缩比，在保持动力性的前提下，经济性改善的EGR率范围变大。

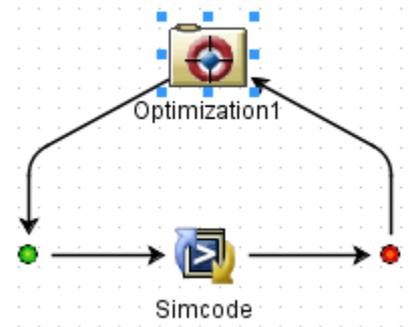
# GT-Power应用-多变量优化

GT-Power可与mode FRONTIER、Isight等多目标优化软件与搭建耦合模型，以达到优化发动机性能的目的。以GT-Power与Isight耦合计算为例：

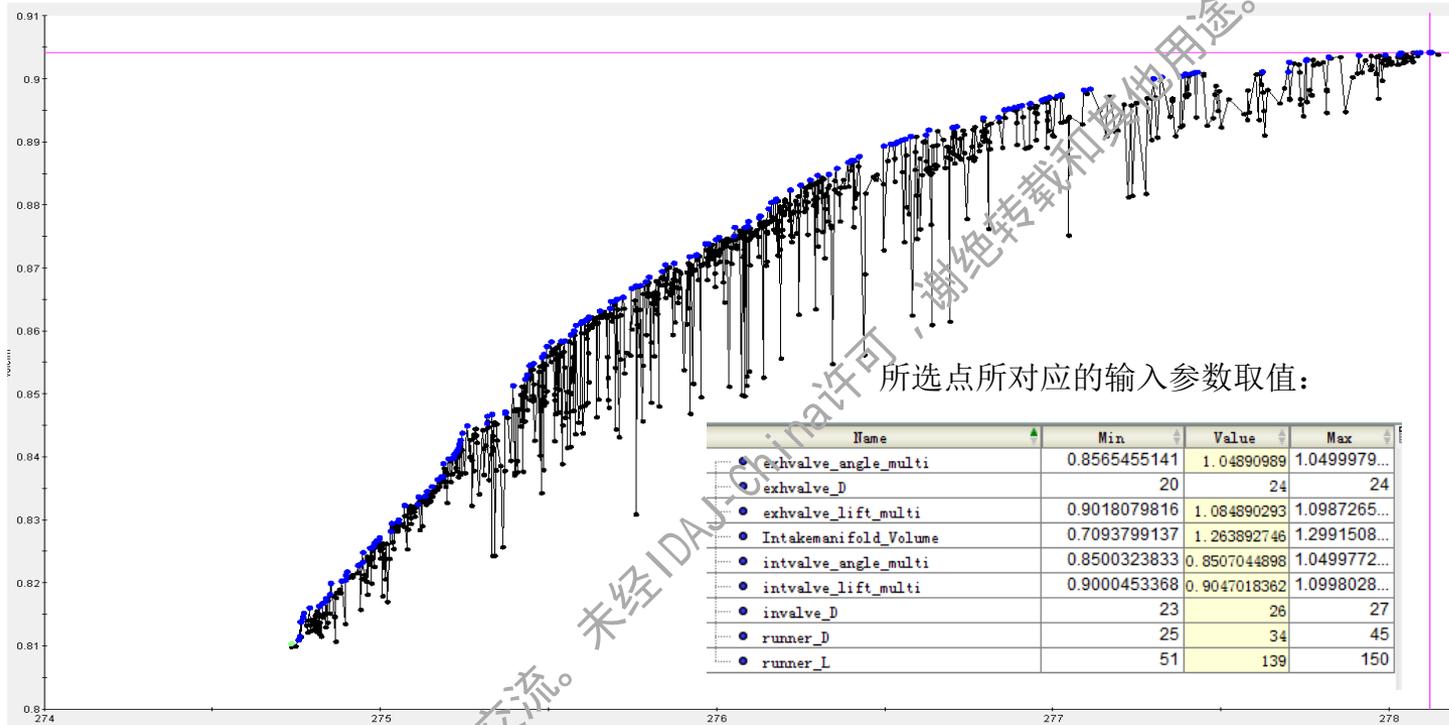
General Variables Constraints Objectives					
	Parameter	Lower Bound	Value	Upper Bound	All
<b>Optimization1</b>					
<input checked="" type="checkbox"/>	exhvalve_angle_multi	0.85	1.0	1.05	
<input checked="" type="checkbox"/>	exhvalve_D	20.0	22	24.0	
<input checked="" type="checkbox"/>	exhvalve_lift_multi	0.9	1.0	1.1	
<input checked="" type="checkbox"/>	Intakemanifold_Volume	0.7	1.0	1.3	
<input checked="" type="checkbox"/>	intvalve_angle_multi	0.85	1.0	1.05	
<input checked="" type="checkbox"/>	intvalve_lift_multi	0.9	1.0	1.1	
<input checked="" type="checkbox"/>	invalve_D	23.0	25	27.0	
<input checked="" type="checkbox"/>	runner_D	25.0	35	45.0	
<input checked="" type="checkbox"/>	runner_L	50.0	100	150.0	

变量及其变化范围

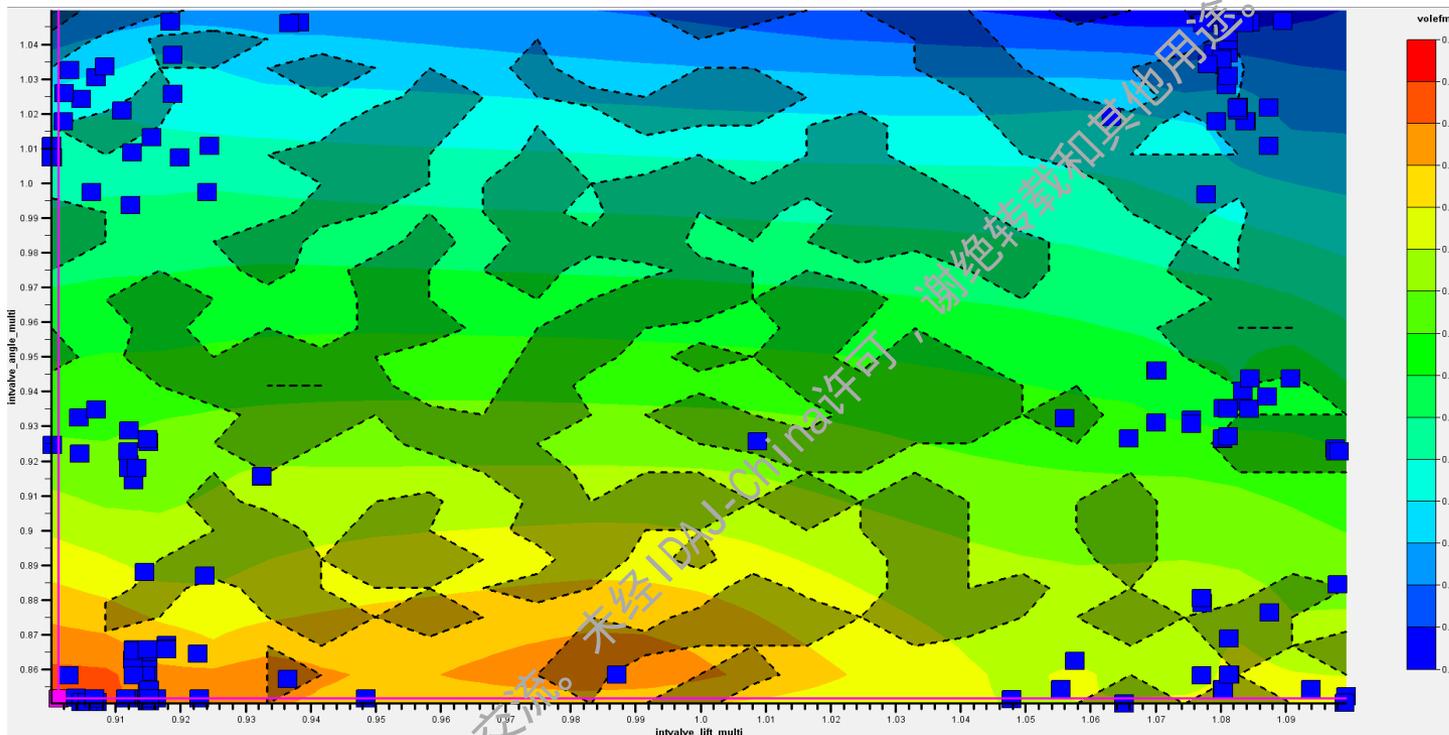
目标：油耗最低、充气效率最高。  
 约束条件：压比 $\leq 2.3\text{bar}$ 、最大缸压 $\leq 90\text{bar}$ 。  
 优化算法：NSGA-II优化算法。



Isight优化计算模型



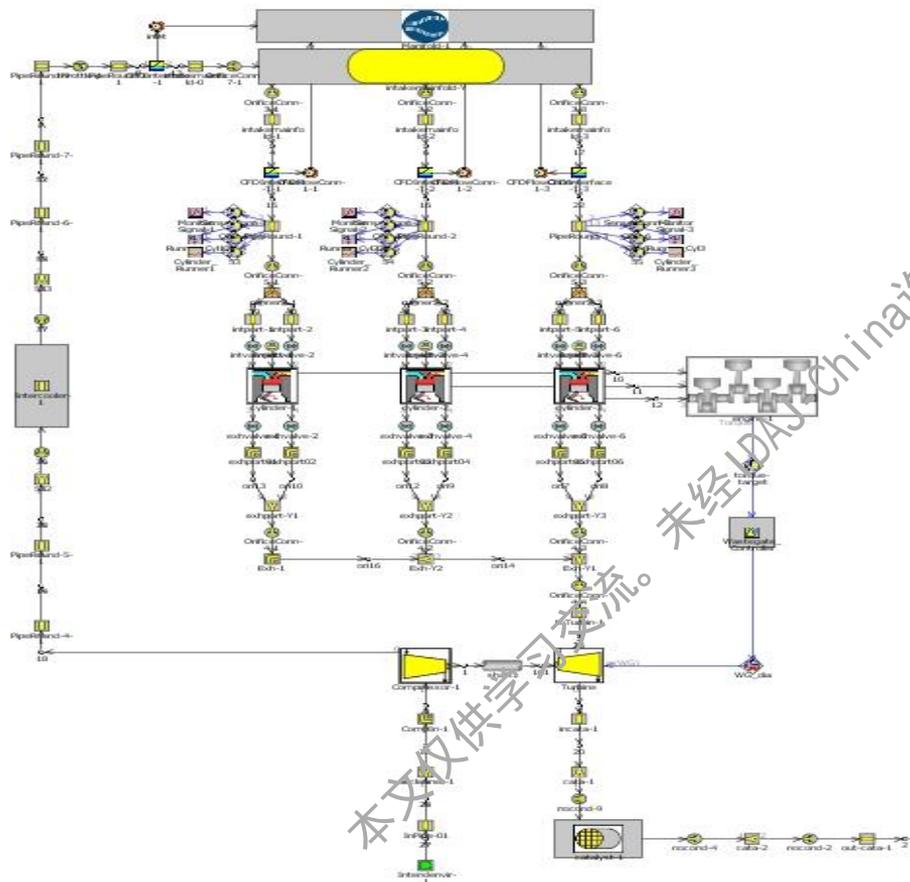
- 蓝色的点为Pareto前沿，横坐标为油耗率，纵坐标为充气效率。
- Pareto前沿为一组最优解集，具体选择哪个点需要根据目标要求，没有最优，只有最满足要求。
- 从图中可以看出，右上角的点，在油耗没有较大增加的情况下，充气效率最高，因此此点较优。



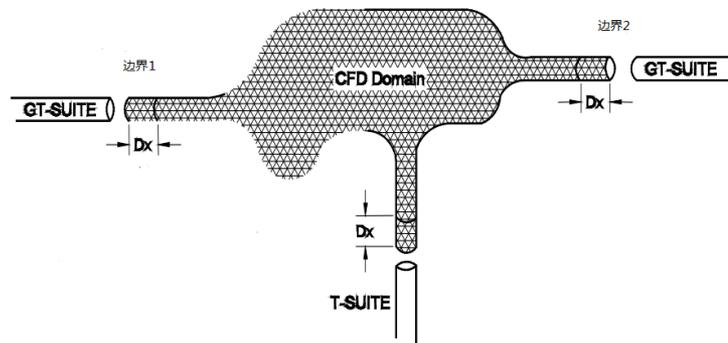
2D约束图

- 2D约束图在MAP图上叠加了所有的约束条件，阴影部分是不可行区域，Pareto前沿也大部分避开了阴影区域。
- 从图上可以看出，左下角的区域处于较佳的位置，既满足了充气效率最高，也满足约束条件。

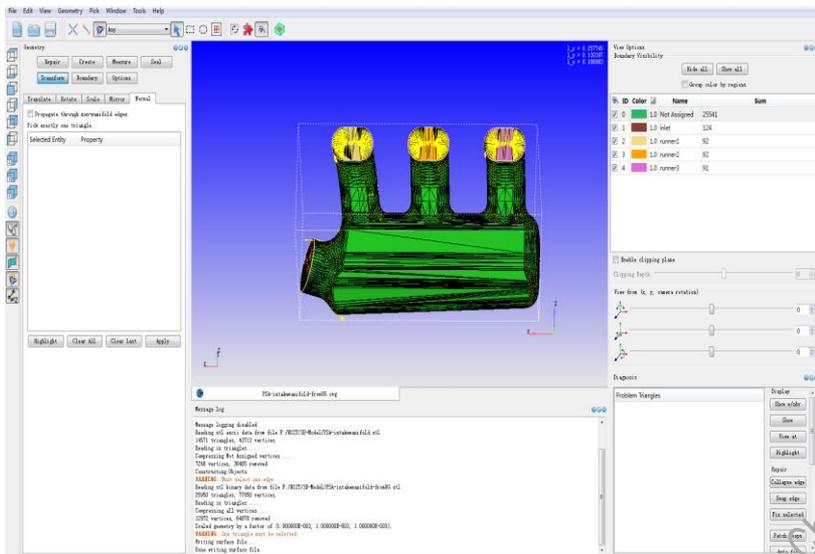
进气歧管进气均匀性计算：采用GT-Power与CONVERGE-Lite耦合仿真的方式进行。



在三维CFD计算模型的进出口段选择出一段计算域，并GT-POWER模型中增加相应的附加管道单元。GT-POWER模块和三维CFD 计算模块在该区域进行数据交换。每个时间步，三维CFD计算得到该区流域的密度、动量、温度等平均值。随后，将数据传送到GT-POWER模型的附加管道段，由GT-POWER求解整个发动机的管道流动，并得到下一时间步数据交换区的流量、动量和能量等参数。最后，将GT-POWER计算数据作为CFD 区域在该时间步的边界条件。



GT-Power-CONVERGE-Lite耦合仿真模型



CONVERGELITE软件界面

- 首先进行了80个循环的稳态计算，经过约3个循环的加载过程，然后是80个循环的耦合计算；
- 计算最大功率点(5500rpm)。

Cylinder1 (g/s)	Cylinder2 (g/s)	Cylinder3 (g/s)	(Max-Min) /Average
34.34579	34.17612	34.27588	0.5%

□评价方法：进气系统设计好坏主要通过各个管道流动不均匀度来评价，要求进气歧管不均匀度 $\leq 3\%$ 。

□从计算结果来看，各歧管的进气不均匀度在3%以下，均匀性较好。

- GT-Power软件在发动机开发过程发挥重要作用。
- 利用GT-Power软件能解决很多实际的工程问题。
- 不断追求提高标定的准确性和计算的精确性。
- 希望与IDAJ共同进步，共同发展。

本文仅供学习交流。未经IDAJ-China许可，谢绝转载和其他用途。

**谢谢！**  
**欢迎各位专家提出宝贵建议！**

本文仅供学习交流。未经IDAJ-Online许可，谢绝转载和其他用途。