

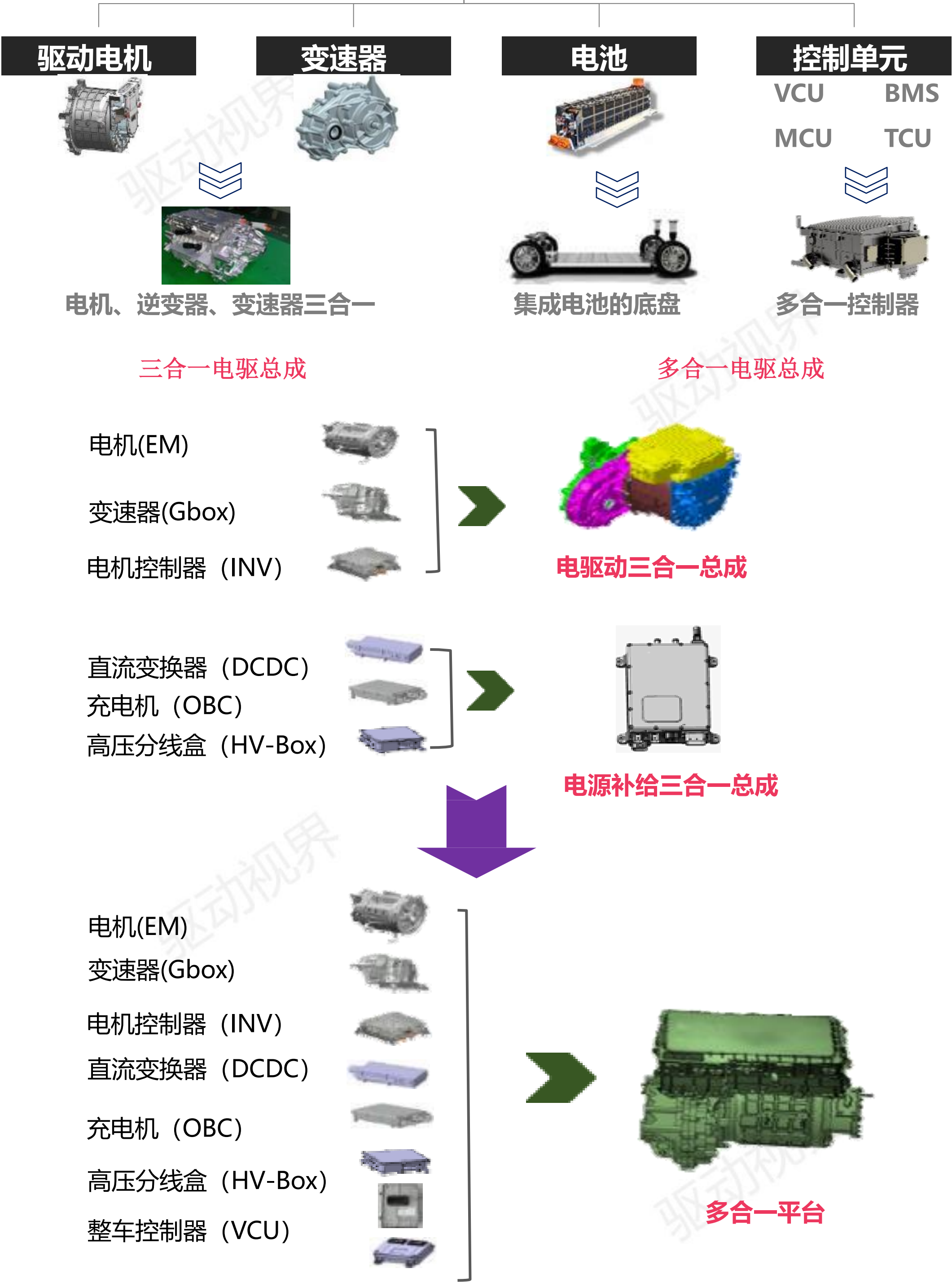
NO. 326

三合一集成EV电驱动总成技术

重庆青山工业有限公司

技术发展趋势

电动汽车驱动单元



- 驱动总成平台化、模块化，适应不同车型搭载需求；
- 动力总成集成化、控制模块集成化、系统软件集成化的多合一电驱平台。

电驱总成开发技术

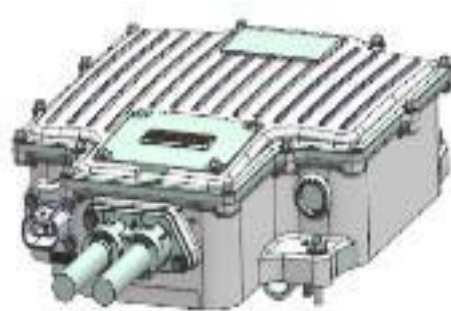
1 总成平台化规格定义



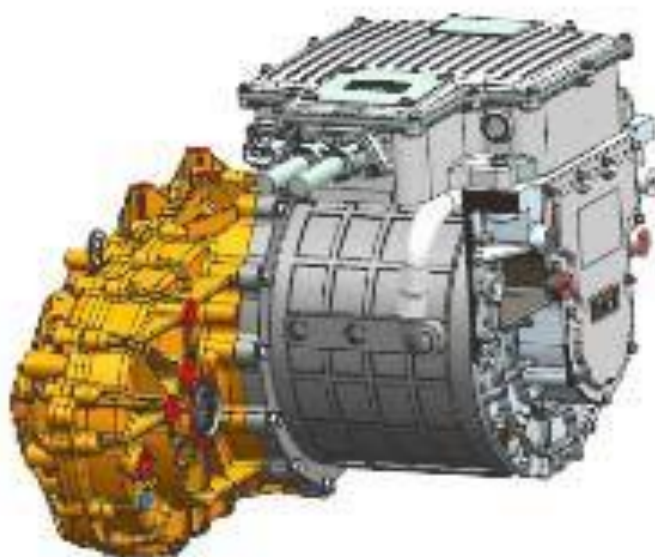
驱动电机



变速器



控制单元



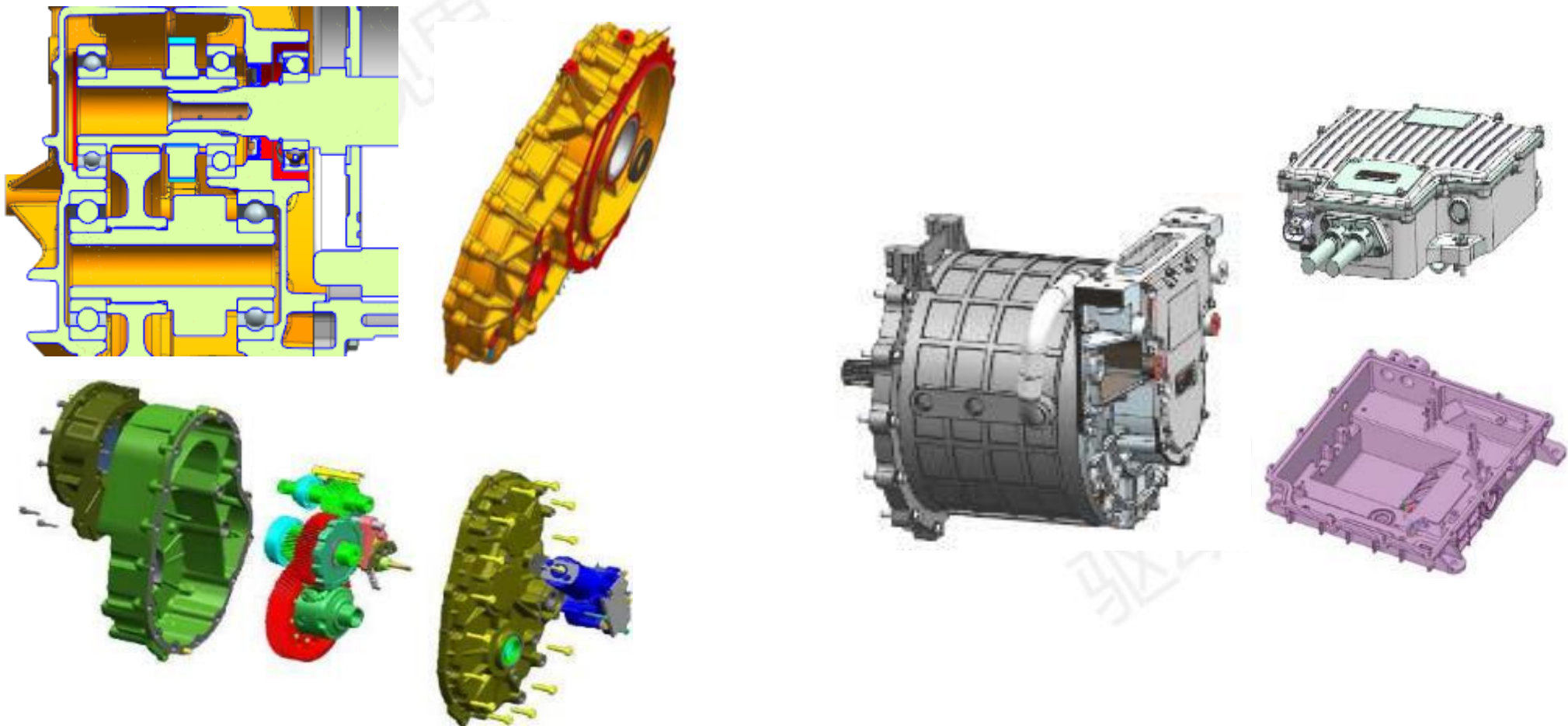
全新三合一电驱动总成

项目	平台1	平台2
尺寸（长x宽x高）	500X488X430	388*458*304
总成峰值功率	120Kw	95kW
总成峰值扭矩	400Nm	250Nm
最高转速	14000rpm	16000rpm
电压范围	260-400V	260-400V
速比范围	8.25/9.11	7-12
输入输出中心距	214	127.5
总成质量（不含油）	88Kg	52 kg
安装角度	10.8°	10°~30°
输入输出高低差	40	25.4
总成防护等级	IP67	IP67
NVH要求	空载噪声≤78dB	空载噪声≤78dB
系统最高传递效率	95.4%	95%
设计寿命	10年/30万公里	10年/30万公里

- 全新一代电驱动总成集成电机、电控、减速器三合一；
- 平台化规划，开发形成大-中-小三个产品；

2 系统集成设计技术

高度集成的结构设计



- 减速器与电机共用右端盖，一体化箱体采用三段式

➤ 轴承浮动独立支撑，卸载总成受力，变形小、NVH好。
- 电机与控制器冷却水道直接串联连接；

➤ 电机引出线与控制器母排直接连接，节约高压连接器及导线；

总成载荷谱研究

QC/T 1022—2015

表 4 疲劳寿命试验指标

试验条件				寿命指标—输出端转数		
				正转正驱动	正转反驱动	反转正驱动
高扭工况	1	输入转速	最大功率点转速±5% r/min	≥80×10 ⁵	—	0.35×10 ⁵
		输入扭矩	最大输入扭矩±5 N·m			
	2	输入转速	(最大功率点转速÷减速比)±5% r/min	—	≥10×10 ⁵	—
		输入扭矩	(最大输入扭矩×减速比)±5 N·m			
高速工况	3	输入转速	最高输入转速±5% r/min	≥40×10 ⁵	—	—
		输入扭矩	最大功率点扭矩±5 N·m			

注：高扭工况中最大功率点转速是指最大输入扭矩时最大功率下的转速，高速工况中最大功率点扭矩是指最高输入转速时最大功率下的扭矩。

档位	时间 (H)	温度 (℃)	转速 (rpm)	扭矩 (Nm)
1-前进	34	80	-4000	-300
2-刹车	4.2	80	-4000	300
3-高速前进	6	80	-12000	-100
4-倒档	2	80	4000	300

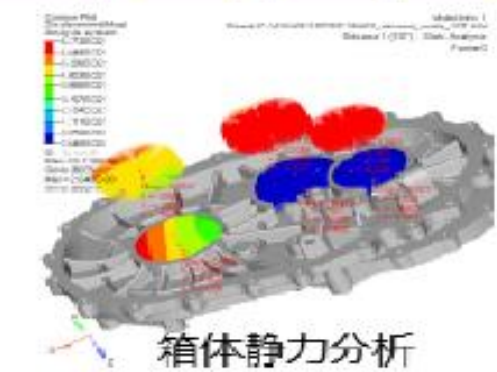
- ✓ 对于齿轮载荷谱过于严苛，存在过设计；
- ✓ 对于轴承载荷谱并不严峻，存在设计不足；



- 进行BEV载荷谱在垫江试验场进行实际测试分析，确 定青山的载荷谱：以LMS和ROMAX按照齿轮、轴承等 损伤浓缩而成。
- 目标实现在轻量化的基础上的高可靠性。

3 机械设计技术

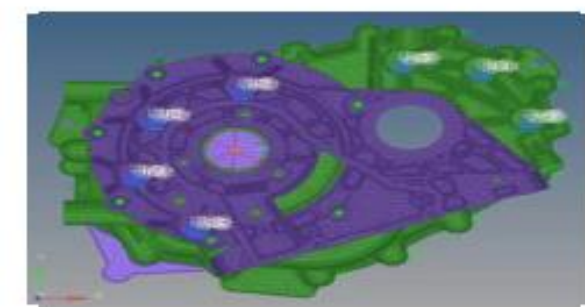
可靠性、性能设计分析



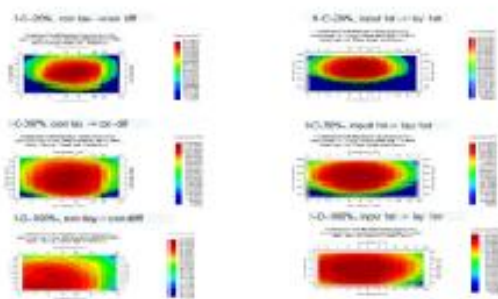
箱体静力分析



驻车振动分析及验证



箱体模态分析

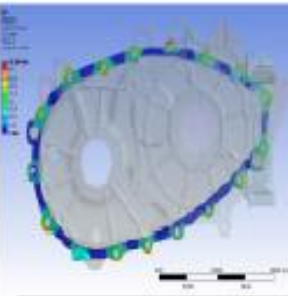


系统变形分析

试验验证技术



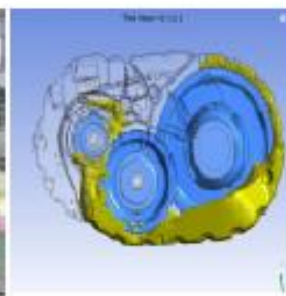
疲劳寿命试验



密封性分析及试验



系统变形分析及验证



润滑分析及验证



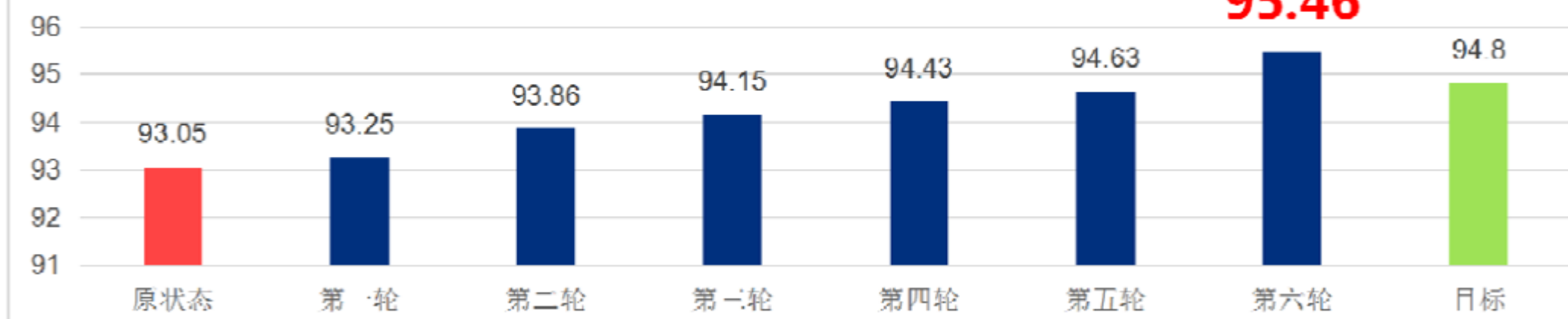
- 零部件同样基于高可靠性、高效率、高NVH性能指标进行设计分析；
- 在总成状态下进行测试及验证与设计分析结果的符合性。

传递效率提升技术

结构设计



NEDC综合效率提升



- 总体效率提升2.41%，达到95.46%的行业新水平。

系统的NVH开发技术

传动设计分析

齿轮设计分析
轴承选型设计
传动效率、NVH预测

CAE分析

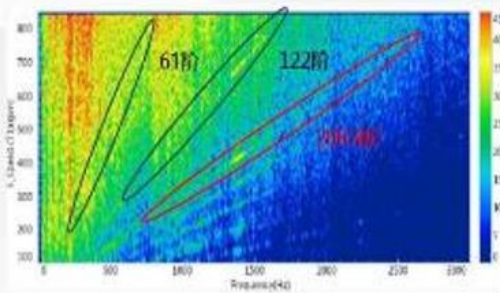
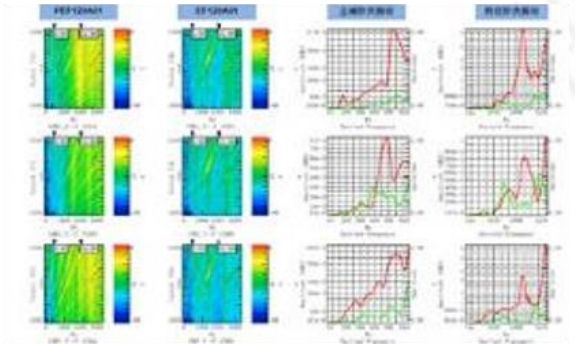
结构拓扑优化 结构分析
声场仿真
流场、温度场仿真

NVH试验测试

变速器啸叫噪音
变速器敲击噪音
电机啸叫噪音

共进行5轮NVH台架测试及整车测试，3轮共9种齿轮微观修形验证，做到最优化

项	次	试验数据	LSI数据	90%置信LSI数据
变速器噪音	1	变速器噪音	变速器噪音	变速器噪音
	2	变速器噪音	变速器噪音	变速器噪音
	3	变速器噪音	变速器噪音	变速器噪音
	4	变速器噪音	变速器噪音	变速器噪音
电机噪音	1	电机噪音	电机噪音	电机噪音
	2	电机噪音	电机噪音	电机噪音



4 电机开发技术

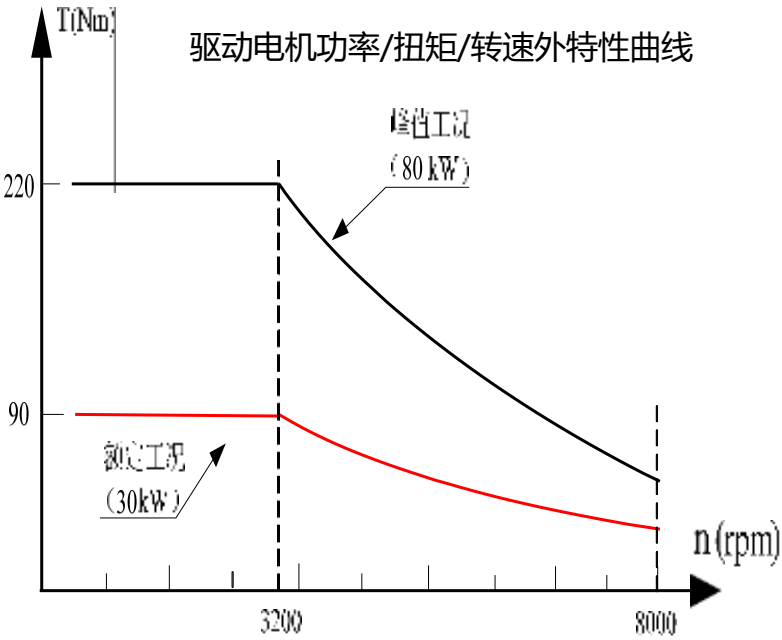
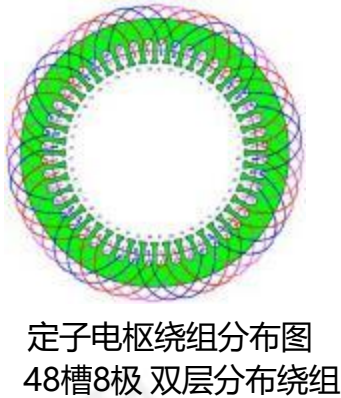
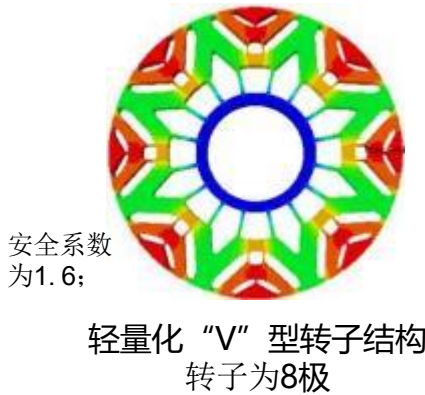
平台定义

电机平台	平台一	平台二	平台三
	小功率/扭矩	中等功率/扭矩	大功率/扭矩
定子直径	160	180-200	≥220
电机外径	200	220-260	≥260
峰值功率	30-120	80-160	160-340
峰值扭矩	40-200	180-300	300-400

基于电机定子直径平台化开发，规划三个平台，通过调整定子长度实现三个平台的功率和扭矩的系列化；

设计分析

- 电机关键参数设计，包含定子规格、转子选型
- 电机轴承、密封件选型及仿真分析
- 电机轴、花键、铁芯参数化设计



整车动力性经济性仿真，确定驱动电机性能指标

为有效控制NVH性能，在减速器速比设计时，控制齿轮齿数啮合阶次与电机定子转子极数产生的阶次差值，防止产生共振激励。

设计分析技术

可靠性仿真分析：

- 轴、花键、铁芯强度
- 轴承校核
- 微观参数优化
- 材料SN分析

电磁仿真分析：

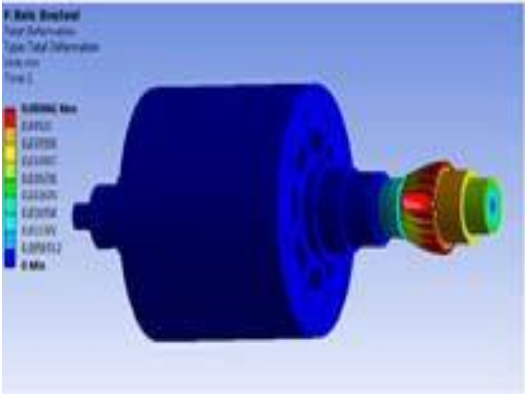
- 磁密云图、磁力线
- 转子分段斜极
- 电机退磁
- 电气时间常数计算
- 运行范围Map图

NVH仿真分析：

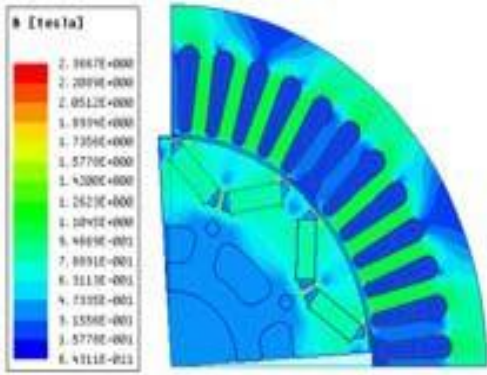
- 电磁力计算
- 振动模态分析
- 振动仿真计算
- 噪声仿真计算

热性能计算：

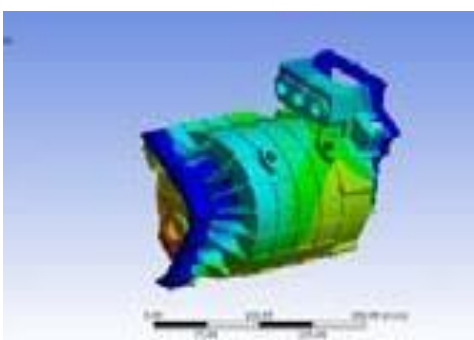
- 损耗分布计算
- 关键部位温度计算
- 电机结构及热传导参数对温度分布的敏感性分析



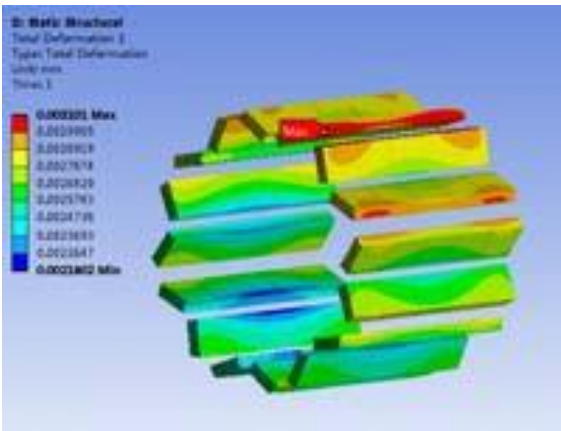
转子变形



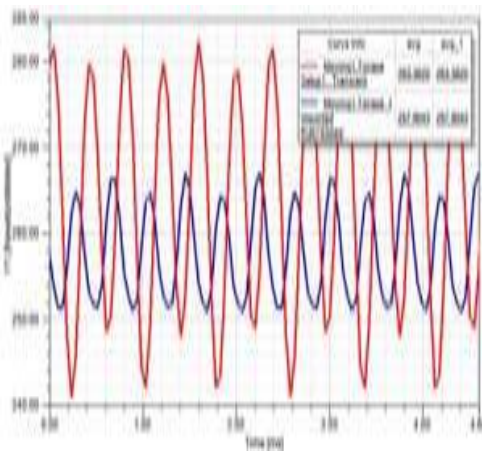
空载磁密云图



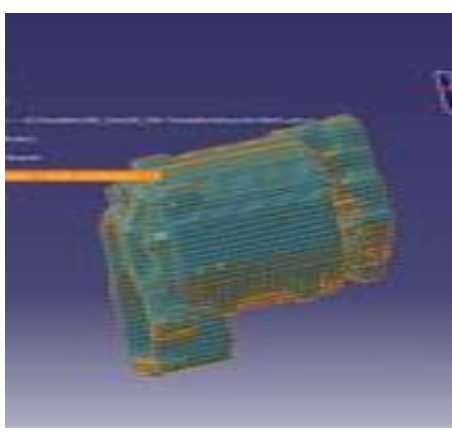
各阶模态



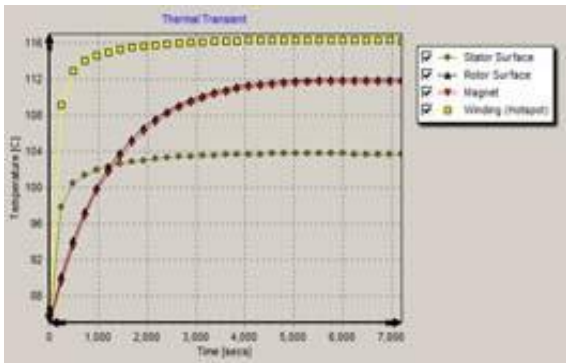
磁钢变形量



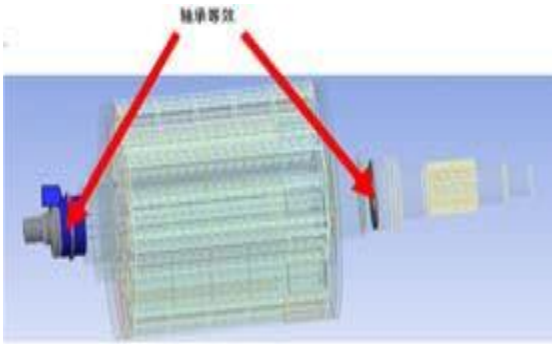
电磁转矩波形



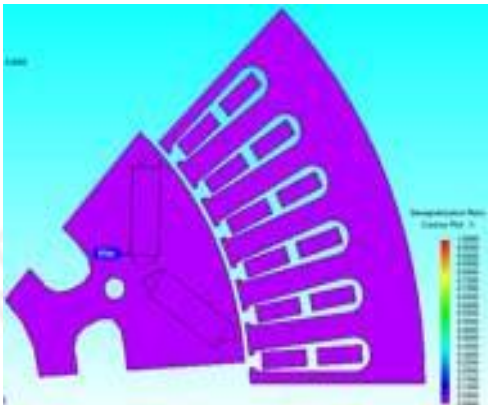
表面声学网格



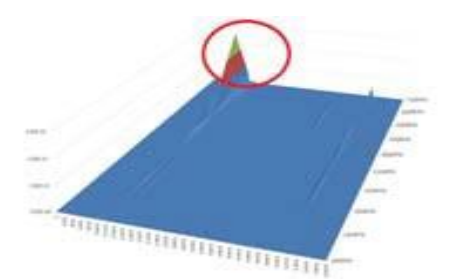
稳态温度分布及瞬态温度仿真



轴承刚度

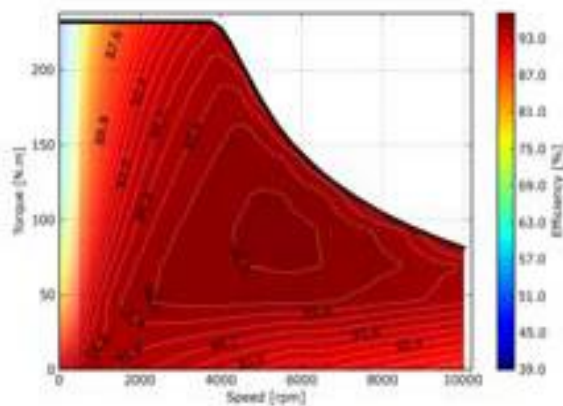


电机磁场强度



声源声功率频谱图

仿真工况	绕组最高温度	判定标准	结论
12000rpm/38kW	167℃	≤170℃	满足要求
4000rpm/38kW	128℃	≤170℃	满足要求
12000rpm/95kW	54s 到达 170℃	持续时间≥30s	满足要求
4320rpm/95kW	37s 到达 170℃	持续时间≥30s	满足要求



“效率MAP

电机效率提升：提高效率=抑制损耗

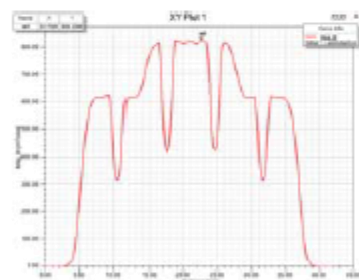
定子损耗

铁耗

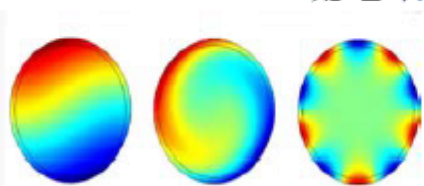
铜耗

提高气隙正弦性

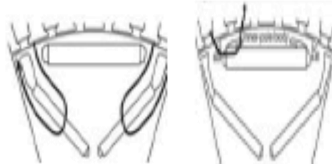
优化磁阻比例



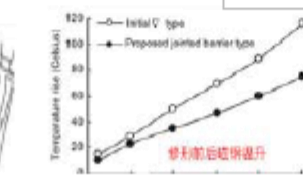
高正弦气隙磁密



时间和空间谐波分析



抑制高次谐波畸变



抑制高次谐波畸变

转子损耗

铁耗

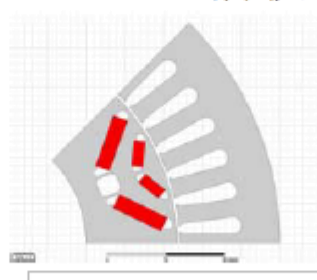
磁钢涡流

机械损耗

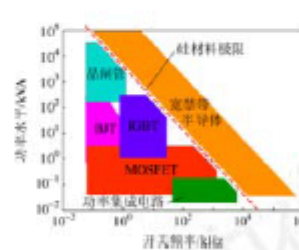
- 去除高铁耗区域
- 抑制谐波能量
- 疏通谐波磁场

- 抑制高次谐波
- 采用多层磁钢
- 磁钢分段

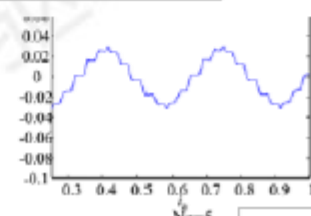
保持转子光滑



采用多层磁钢

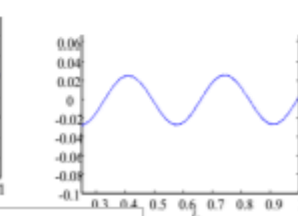


SiC器件耐压高，耐高温，散热容易，低损耗



变频率调制

MTPA仿真模型



变频率调制

电机NVH提升

电机本体

控制策略

转矩脉动

电磁力

降低齿槽转矩

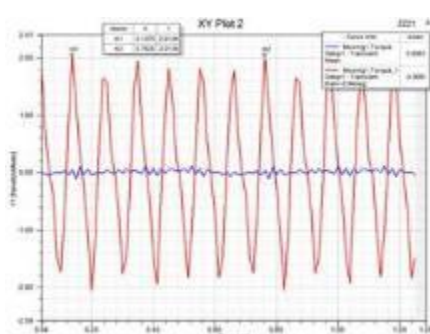
改善磁密正弦性

改善转子偏心

降低48阶电磁力

主动阻尼

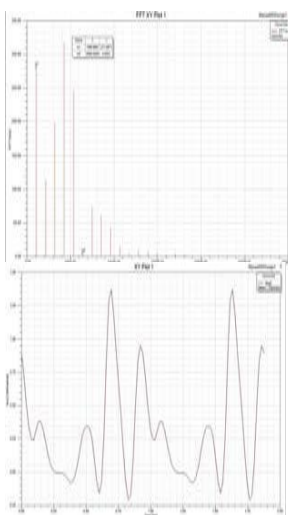
混合随机开关频率-死区补偿



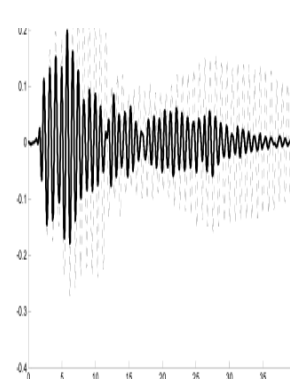
斜极降低齿槽转矩



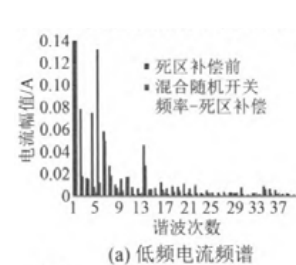
高正弦气隙磁密



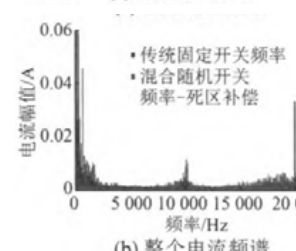
降低48阶径向电磁力



主动减震控制



(a) 低频电流频谱

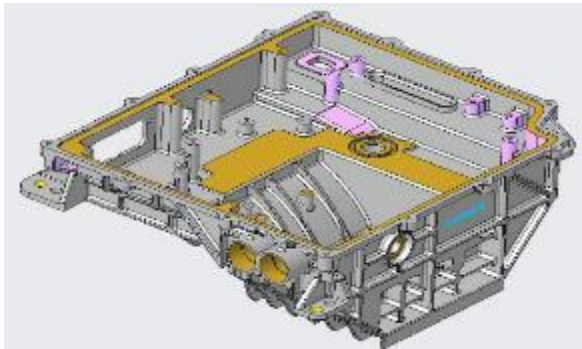
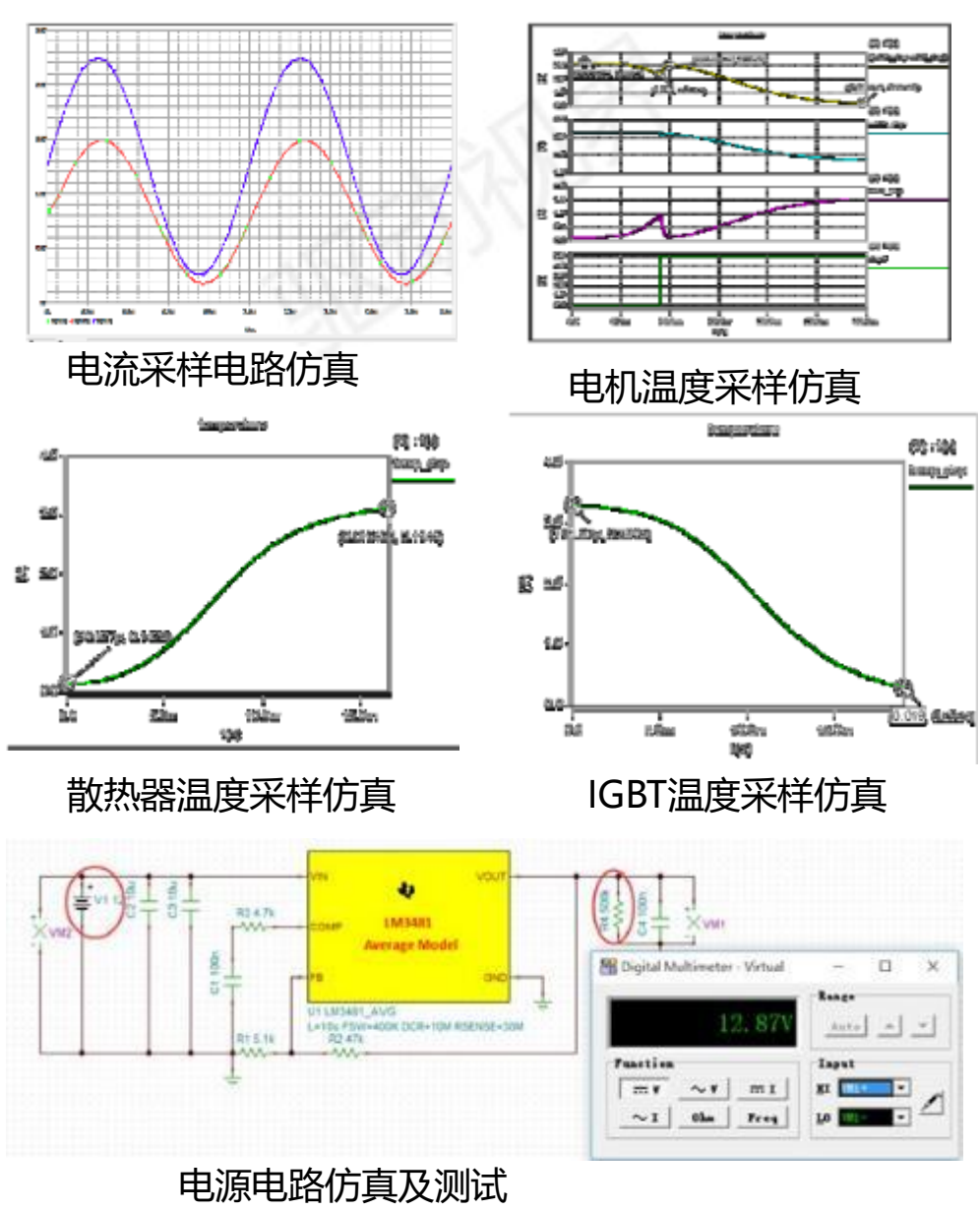


(b) 整个电流频谱

混合随机开关频率-死区补偿

5 控制器MCU开发技术

性能试验及可靠性验证



控制器壳体采用是ADC12 控制器进水口流量为QIN=8L/min, 进口水温T=65℃; 采用英飞凌820A IGBT 模块: 峰值功率下 IGBT 发热功率为2166 W, Diode 发热功率为450 W。

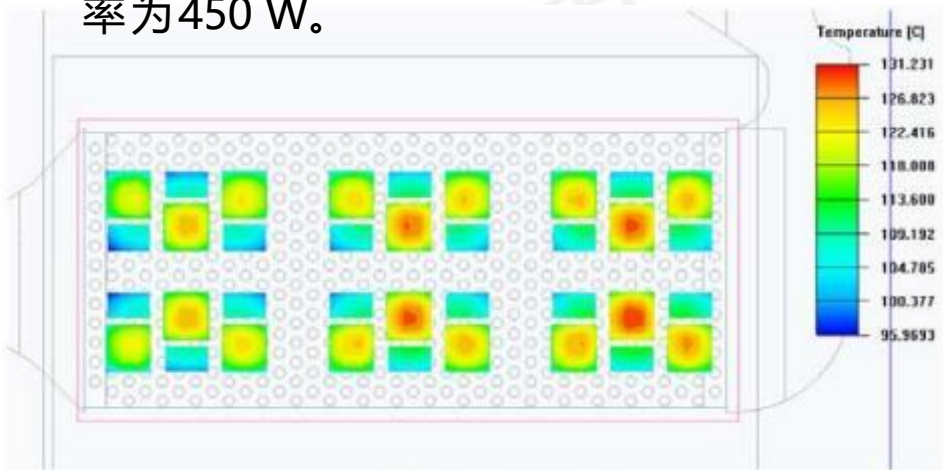
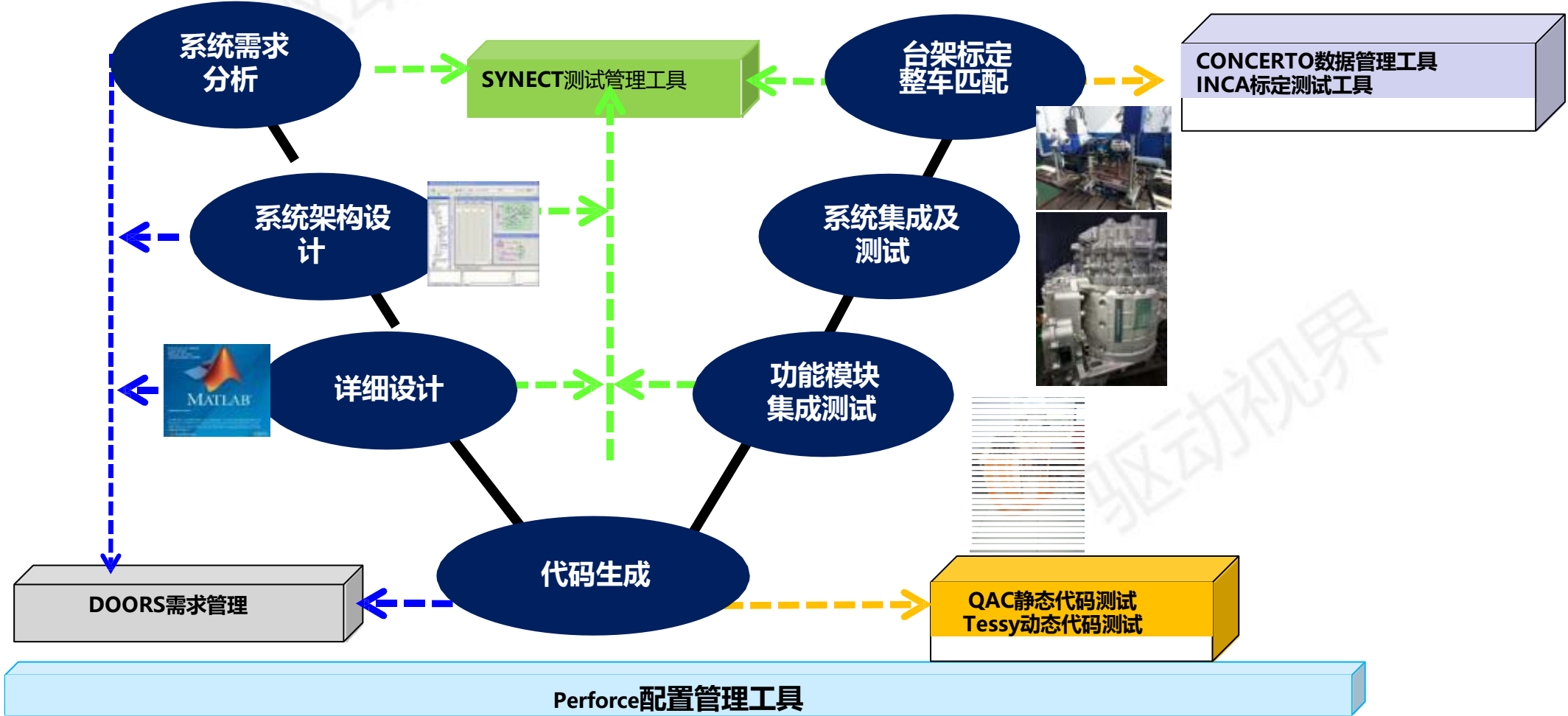


图3 IGBT 热源温度云图

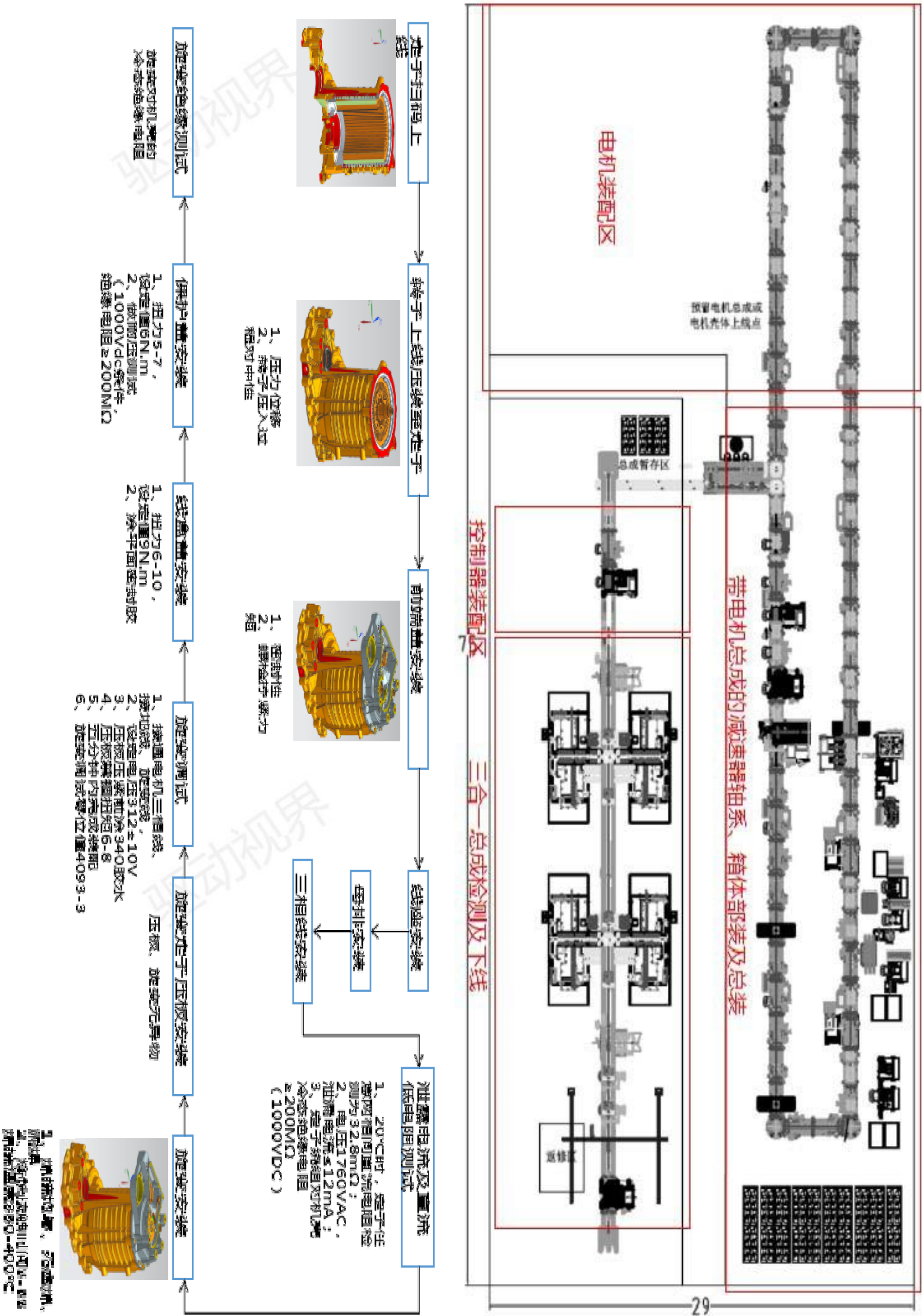
仿真项目	IGBT 最高温度	判定标准	结论
峰值功率	131℃	≤150℃	满足要求

6 电驱动总成软件开发

- 建立需求分析、设计、测试、标定到发布的“4+1”开发平台支撑软件过程开发，具备软件功能、性能、可靠性的模块化开发测试能力；
- 建立从前期设计的控制评价，到后期产品开发匹配能力，形成整车、动力总成、变速器及零部件一体化的匹配能力。



7 电驱动总成制造技术



青山的800V平台架构主要有七合一的主驱和三合一的辅驱，七合一的主驱应用了碳化硅，最高转速达到了18000rpm，目前的峰值功率可以达到230kW，可以向上进行扩展。

基于对辅驱产品的需求分析，用户对成本要求非常苛刻，辅驱采用的是异步电机的方案，异步电机最高功率可以达到190kW。

青山主驱产品主要的特点体现在高集成化、高效率、高性能。

高集成化主要是通过七合一集成技术、结构一体化和拓扑优化分析最终在性能上取得比较好的突破，在效率方面应用了八层扁线的绕组技术以及碳化硅技术，在效率上取得了不错的突破，在性能上更关注的是轴电流的抑制以及主动降噪技术的应用。

青山电机实测的效率区间大于90%的占比目前达到88%，离双9目标还有差距，电控是五合一的，现在的电控是物理集成的，软硬解耦和平台化。

辅驱场景需求

按需增加动力性

提升安全性

适时服役

双系统服役

非服役时段倒拖损耗

整车成本增加

提升效率

降低成本

如何解决?

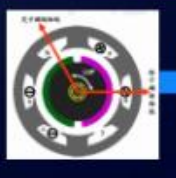
主流方案对标



+



同步+同步



+



+



同步+耦合结构+同步



+



同步+异步

联合开发 (高压)

项目	主驱 (7in1)	+ 辅驱 (3in1)
尺寸 (长x宽x高)	577*576*311	469*455*347
功率模块	SIC	SI IGBT
峰值功率	230kw	190kw
轮端扭矩	≥4380Nm	≥3400Nm
最高转速	18000	17000
工作电压	380-750	350-750V
额定电压	580V	
速比范围	11.5-12.5	9.5-11.5
系统最高效率	≥95%	≥93%
总成质量	≤90kg	≤80kg
传动比	12.011	11.265
投产时间	2024.03 SOP	 驱动视界
产能	30万/年	

图片：青山 杨新涛

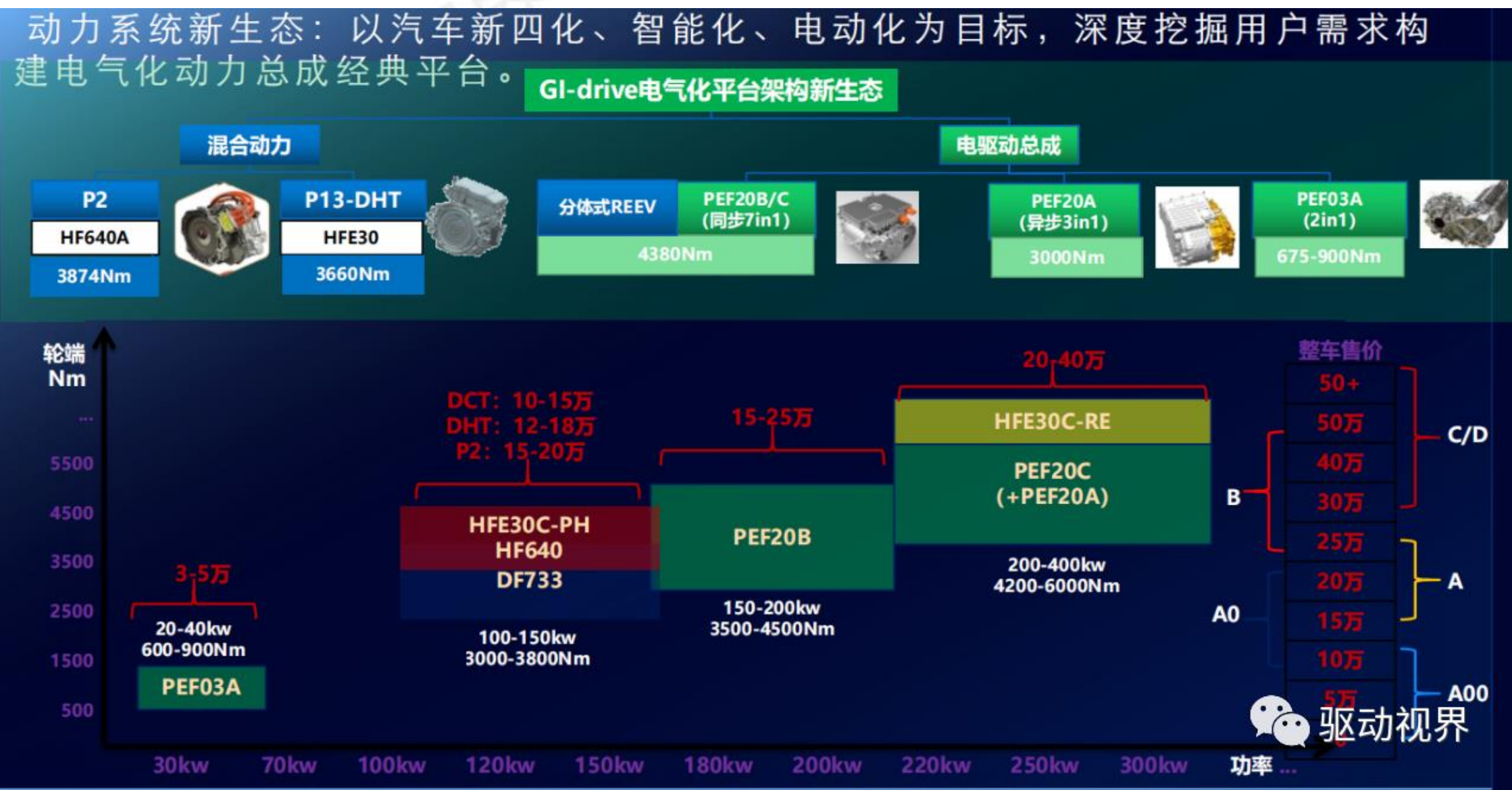
400V和800V严格来说是一个同平台的设计，是根据电压升高之后部分芯片和元器件做了更换，整个架构都是同平台进行设计以及多合一和高压，在功能安全方面也进行了大量的工作，目前可以达到C，正在向D靠拢。

针对辅驱产品，三合一的异步辅驱首先是高性价比，通过异步电机的低阻损失的结构应用，异步采用扁线的技术，在高可靠性方面，通过复合防电腐蚀技术以及三维温度场分析技术，使防电腐蚀性大幅度提高，通过隔流、引流，目前的电腐蚀控制在5%以内。

目前青山的电驱总成主要有混合动力和纯电驱动两类，混合动力有两种构型是P2和P13，这两种构型目前都已经处于量产状态；

电驱动总成方面，二合一的PF03的小功率风冷电驱主要搭在长安的整车，已经量产，而PF20A跟P20C高压产品预计在明年第一季度进行投产，而异步电驱除了高压根据用户的需求，目前衍生出了中压的产品，在这个基础之上进行平台化的开发，成本会进一步降低。

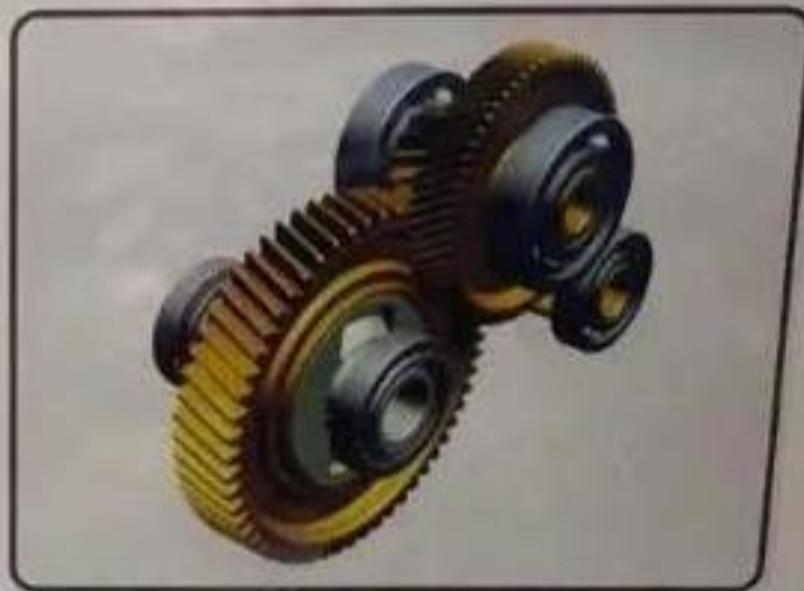
P20B是中压七合一产品。



图片：青山 杨新涛

电驱动总成(三合一)

产品简介:PEF120是青山公司全新开发的一款集减速器、电机、电控于一体的动力总成产品,可承载最大扭矩210Nm,速比10,最高转速14000rpm,动力总成重量轻,速比可选范围大。



技术参数	
项 目	内 容
轴系布置	平行轴式二级减速
结构构型	减速箱与电机一体化壳体(三段式)
尺寸(长x宽x高)	388*458*304
峰值功率	95kW
电机扭矩	210Nm/95kW(峰值,30s) 90Nm/37kW(>=30min)
最高转速	16000rpm
总成质量(不含油)	52 kg
布置角度范围	10°~30°
总速比能力	7-12
输入输出高低差	25.4mm
中心距	127.5mm
最高系统效率	≥91%

HF640变速器是青山公司联合长安安全新设计的基于P2混动路线的混动动力变速器,通过电机平台化兼顾PHEV、HEV的混动产品。

产品开发以平台化、集成化、低能耗、高效率为整体目标,同时更够满足今后发动机升扭及混动升级需求。

搭载整车情况: HF640变速器计划搭载长安逸动及其以上平台车型,匹配NE15T米勒发动机, SOP时间为2020年07月。



青山工业 把·动力·传递到每一处...

P2混合动力变速器 HF640

产品简介：HF640为P2构型混合动力变速箱，P2模块集成三离合器及电机，三个离合器均为湿式多片结构，主体集成在电机内部，有效节约轴向空间。通过改变电机轴向尺寸及功率，可实现PHEV、HEV方案平台化。



【技术参数】

混动构型	P2
轴系布置	输入轴+中间轴+差速组件
尺寸(长x宽x高) (mm)	416.5×650×440mm
挡 位	6前进档+1倒档
离 合 器	湿式离合器 (3个)
承载扭矩(N.m)	≤400N.m
总成质量(不含油) (Kg)	≤120kg
布置角度范围(°)	±5°
速比范围	2.6~14.9
输入输出高低差 (mm)	62mm
中 心 距 (mm)	196mm
传递效率:最高 (%)	97%

P2混合动力变速器 HF630

产品简介：HF630为P2-48V构型混合动力变速箱，P2模块集成三离合器及电机，三个离合器均为湿式多片结构，主体集成在电机内部，有效节约轴向空间。48V电机控制器集成安装在变速箱上，提高机电转换效率，降低成本。



【技术参数】

混动构型	P2
轴系布置	输入轴+中间轴+差速组件
尺寸(长x宽x高) (mm)	416.5×650×440mm
挡 位	6前进档+1倒档
离 合 器	湿式离合器 (3个)
承载扭矩(N.m)	≤330N.m
总成质量(不含油) (Kg)	≤110kg
布置角度范围(°)	±5°
速比范围	2.6~14.9
输入输出高低差 (mm)	62mm
中 心 距 (mm)	196mm
传递效率:最高 (%)	97%



P1P3混合动力变速器 HFE30

产品简介：HFE30为P1P3构型混合动力变速箱，TM电机通过两级减速与差速器连接，GM电机与发动机固联，有效节约轴向空间。通过改变电机轴向尺寸及功率，可实现PHEV、HEV方案平台化。



【技术参数】

混动构型	P1P3
轴系布置	双输入轴+中间轴+主减速齿轮
尺寸(长x宽x高) (mm)	395×510×588mm (含电控)
挡 位	2个发动机挡位、倒档P3电机纯电驱动
离 合 器	单湿式离合器
承载扭矩(N.m)	≤300N.m
总成质量(不含油) (Kg)	≤126kg
布置角度范围(°)	±5°
速比范围	发动机挡位：2.94-4.64 TM到差速器：10.36
输入输出高低差 (mm)	68.5mm
中 心 距 (mm)	197mm
传递效率:最高	97%

单挡减速器EF120

产品简介：EF120为适应输入扭矩在250N.m以内，是青山公司全新开发的一款平台化单挡减速器产品，采用的是左右分箱、单挡两级传动的结构设计,结构紧凑，重量轻，输入转速高，输出扭矩大，适合搭载于A0级和A级车型。。



【技术参数】

尺寸(长x宽x高) (mm)	443x301x213mm
最大输出扭矩(N.m)	2500N.m
最高输入转速(rpm)	16000rpm
速比	8.142/10/11.623/12.057
输入输出中心距(mm)	161/177mm
安装角度(°)	0~12°
重量(Kg)	16~22kg
综合效率(%)	≥96%
轴系布置	平行轴式

ED120基于长安CS75-PHEV车型进行开发，减速器位于车辆后轴，可实现纯电四驱、混动四驱、两驱和能量回收等功能。减速器具备空挡功能，高速工况下可通过断开差速器来降低拖拽能量损耗，提高整车最高车速。

P4电桥 ED120

产品简介：ED120产品是基于PHEV四驱车型而开发的P4电桥产品。其具备断开式差速器结构，具有降低能耗，避免电机超速，提升整车动力性的优点。同时，可实现整车多种驾驶模式（纯电两驱模式、纯电四驱模式、混动两驱模式、适时四驱模式等），为汽车不同的工作状态提供解决方案。已掌握了断开式差速器设计和验证等核心技术，并形成标准和规范。项目申请国内发明专利2项，实用新型专利1项。



【技术参数】

轴系布置	平行轴、两级减速
尺寸(长x宽x高) (mm)	442×246×259mm
挡 位	1+N
承载扭矩(N.m)	≤240N.m
总成质量(不含油) (Kg)	≤23.5kg
布置角度范围(°)	-1°~15°
速比范围	8~10
输入输出高低差(mm)	-3.3mm
中 心 距(mm)	183mm
传递效率:综合(%)	96.5%

EF135是一款前置前驱型式单档双级传动减速器，与电机共用右端盖，同电机和电控组成新型三合一结构（减速器与电机共用右端盖），可承载最大扭矩350Nm，速比9.11，最高转速12000rpm。搭载整车情况：搭载长安C211、奇瑞(X70)、国能(119A)等整车型。

减速器产品（单档+两档）--EF112

产品简介：EF112为适应输入扭矩在150N.m以内，输出扭矩在1500N.m以内开发的减速器，为单档两级传动结构，采用的是左右分箱、单档两级传动的结构设计。具有体积小，结构紧凑的特点。



【技术参数】

轴系布置	平行轴式二级减速
尺寸(长x宽x高) (mm)	362X155X220mm
峰值功率(Kw)	25Kw/48V
承载扭矩(N.m)	150N.m
轮端扭矩(N.m)	1500N.m
最高转速(rpm)	16000rpm
总成质量(不含油) (Kg)	12Kg
布置角度范围(°)	10°~30°
总速比能力	7~15.3 (视有9.2@120N.m;15.3@55N.m)
中心距(mm)	150mm
最高系统效率(%)	98%



青山工业 把·动力·传递到每一处·

单档350N.m减速器---EF135系列产品

产品简介：EF135是基于UAES-EAU 150kw平台开发的一款平台化单挡双级传动减速器，同电机和电控组成新型三合一结构（减速器与电机共用右端盖），可承载最大扭矩345Nm，速比9.3/11.84，结构紧凑，具有寿命长、可靠性高、噪音小，延展适用性高等特点。



【技术参数】

轴系布置	输入轴+中间轴+差速组件
尺寸(长x宽x高) (mm)	466×284×380mm
档位	单档
轮端扭矩 (N.m)	4080N.m
最高转速 (rpm)	16000rpm
总成质量(不含油) (Kg)	< 29Kg
布置角度范围(°)	前倾：-10°~ 10°
速比范围	8~11.8现有速比：9.3/11.84
中心距(mm)	185mm
传递效率:最高 (%)	98%
NEDC效率 (%)	95.1%

三合一电驱总成PEF06

产品简介：PEF06是青山公司全新开发的一款高度集成的三合一电驱总成，减速器与控制器、电机共用右箱体，减速器输入轴与电机轴共用，结构紧凑，重量轻，适合搭载于A00级和A0级车型。



【技术参数】

尺寸(长x宽x高) (mm)	387x444x316mm
电机峰值/额定功率 (Kw)	52/22kw
电机峰值/额定扭矩(N.m)	105/46N.m
电机最高转速 (rpm)	15000rpm
减速器速比	12.457
输入输出中心距 (mm)	150mm
输入输出安装角度(°)	18°
质量 (Kg)	≤38kg
防护等级(不含减速器部分)	Ip67
电机绝缘等级	H
总成最高效率 (%)	≥93%



青山工业 把·动力·传递到每一处…

三合一电驱总成PEF10

产品简介：PEF10是青山公司全新开发的一款三合一电驱总成，减速器与电机共用右箱体，控制器独立，结构紧凑，重量轻，适合搭载于A0级和A级车型。



【技术参数】

尺寸(长x宽x高) (mm)	465x385x304mm
电机峰值/额定功率 (Kw)	95/37kw
电机峰值/额定扭矩 (N.m)	240/90N.m
电机最高转速 (rpm)	14000rpm
减速器速比	10.0045
输入输出中心距 (mm)	127.5mm
输入输出安装角度 (°)	11.5°
质量 (Kg)	≤52kg
防护等级 (不含减速器部分)	Ip67
电机绝缘等级	H
总成最高效率 (%)	≥93%

三合一电驱总成PEF15

产品简介：PEF15是青山公司开发的一款端盖集成式三合一电驱总成，减速器与电机共用右端盖，控制器独立，结构成熟，搭配灵活，适合搭载于A级车型。



【技术参数】

尺寸(长x宽x高) (mm)	483x517x435mm
电机峰值功率 (Kw)	95/125/145kw
电机峰值扭矩 (N.m)	245/300/350N.m
电机最高转速 (rpm)	12000rpm
减速器速比	9.115
输入输出中心距 (mm)	214mm
输入输出安装角度 (°)	10.8°
质量 (Kg)	≤88kg
防护等级 (不含减速器部分)	Ip67
电机绝缘等级	H
总成最高效率 (%)	≥93%

本文PDF文档免费下载链接：

www.shinden.com.cn

百度“无锡胜鼎”，页面右上角“技术文档”



与新能源汽车电驱动工程师共同成长

Growing together with electric drive engineers for new energy vehicles

扫码进群

