



金风模型设计之路

刘忠朋, 金风科技



MATLAB EXPO

金风科技简介

金风科技是全球可信赖的清洁能源战略合作伙伴，致力于构建“可持续·更美好”的未来社会能源基础，在清洁能源开发、装备、服务与应用领域提供可信赖的产品与解决方案，以不断创新的智慧能源帮助城市与企业满足经济、生态与社会责任综合可持续发展需求。



6大洲 38个国家
金风科技全球业务网络



1,368+ 亿元
金风科技总资产



464+ 亿元
金风科技2022年营收



2 IPOs
金风科技实现两地上市



11,200+ 员工
其中超3,400名研发人员



金风科技全球装机突破一亿千瓦

北美

1,116MW

南美

804MW

欧洲

595MW

非洲

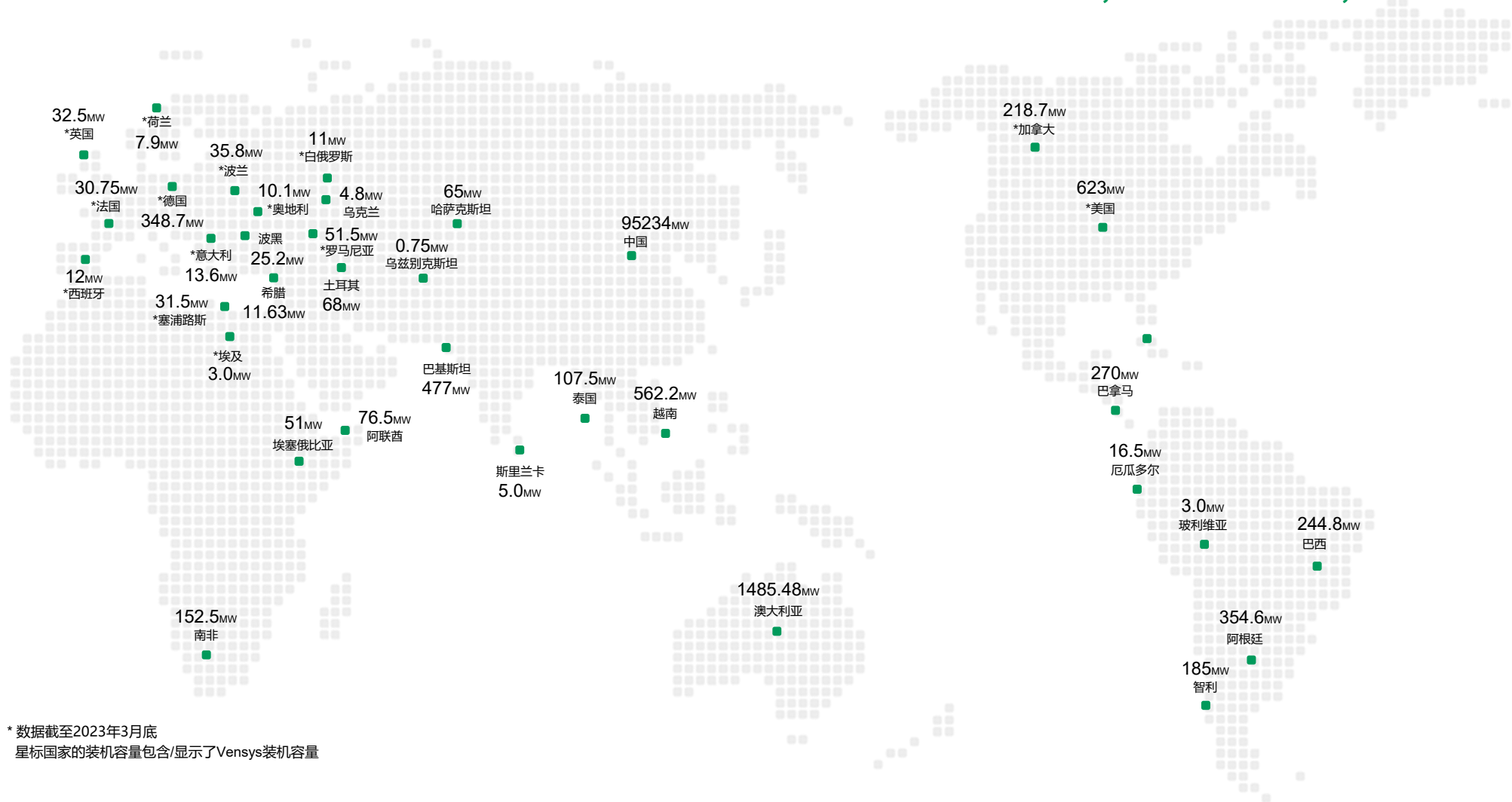
207MW

亚洲

96,628MW

大洋洲

1,485MW

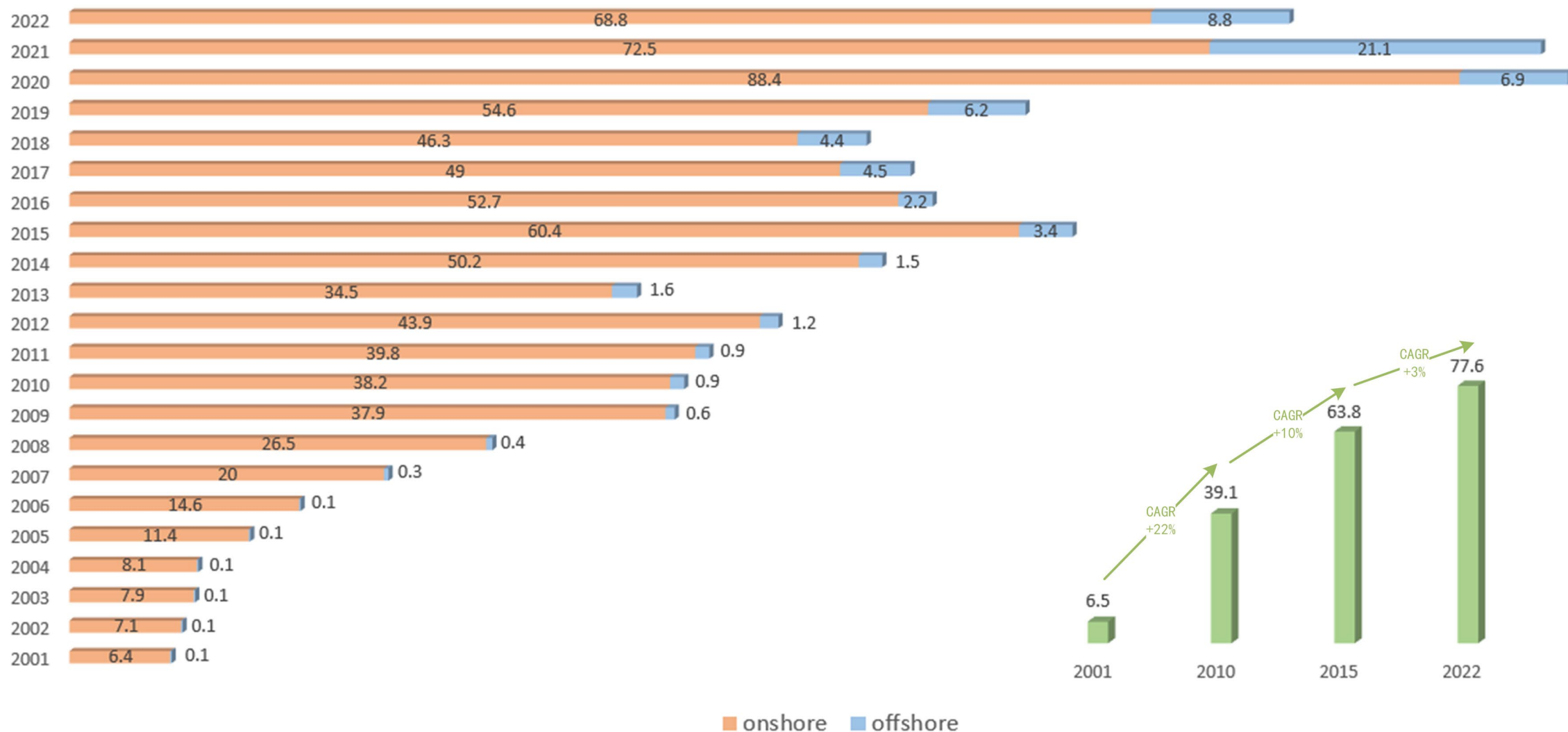


国家	数量 (台)	装机容量 (千瓦)
中国	45,892	95,234,640
澳大利亚	495	1,485,480
美国	272	623,000
越南	130	562,200
巴基斯坦	278	477,000
阿根廷	109	354,600
德国	145	348,700
巴拿马	108	270,000
加拿大	56	218,700
南非	61	152,500
智利	75	185,000
泰国	43	107,500
巴西	54	244,800
罗马尼亚	21	51,500
埃塞俄比亚	34	51,000
哈萨克斯坦	26	65,000
英国	17	32,500
土耳其	24	68,000
塞浦路斯	21	31,500
法国	29	30,750
波兰	20	35,800
厄瓜多尔	11	16,500
阿联酋	17	76,500
其他
合计	47,982	100,835,650

* 数据截至2023年3月底
 星标国家的装机容量包含/显示了Vensys装机容量

行业背景

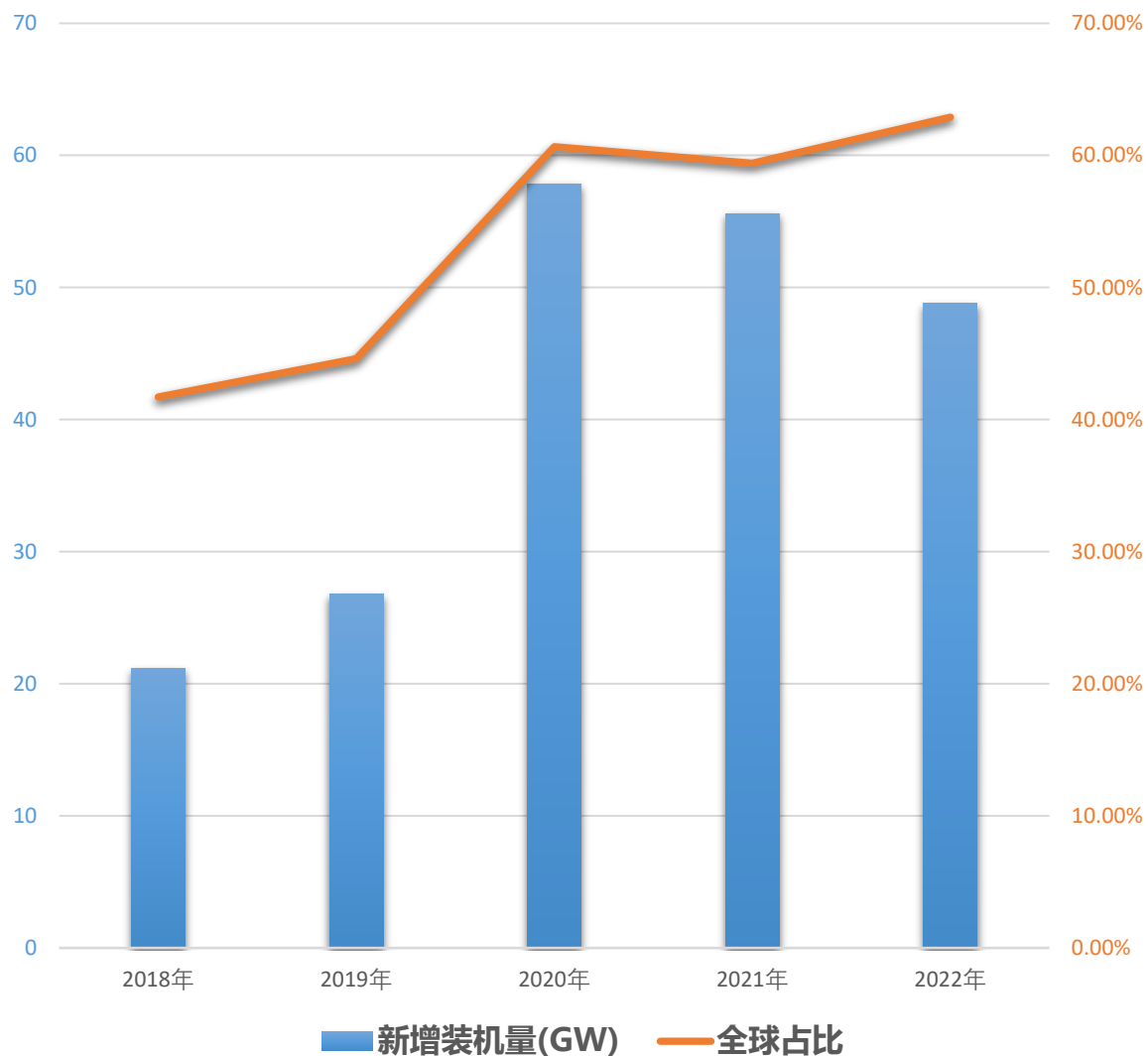
全球风电新增装机容量变化(GW)



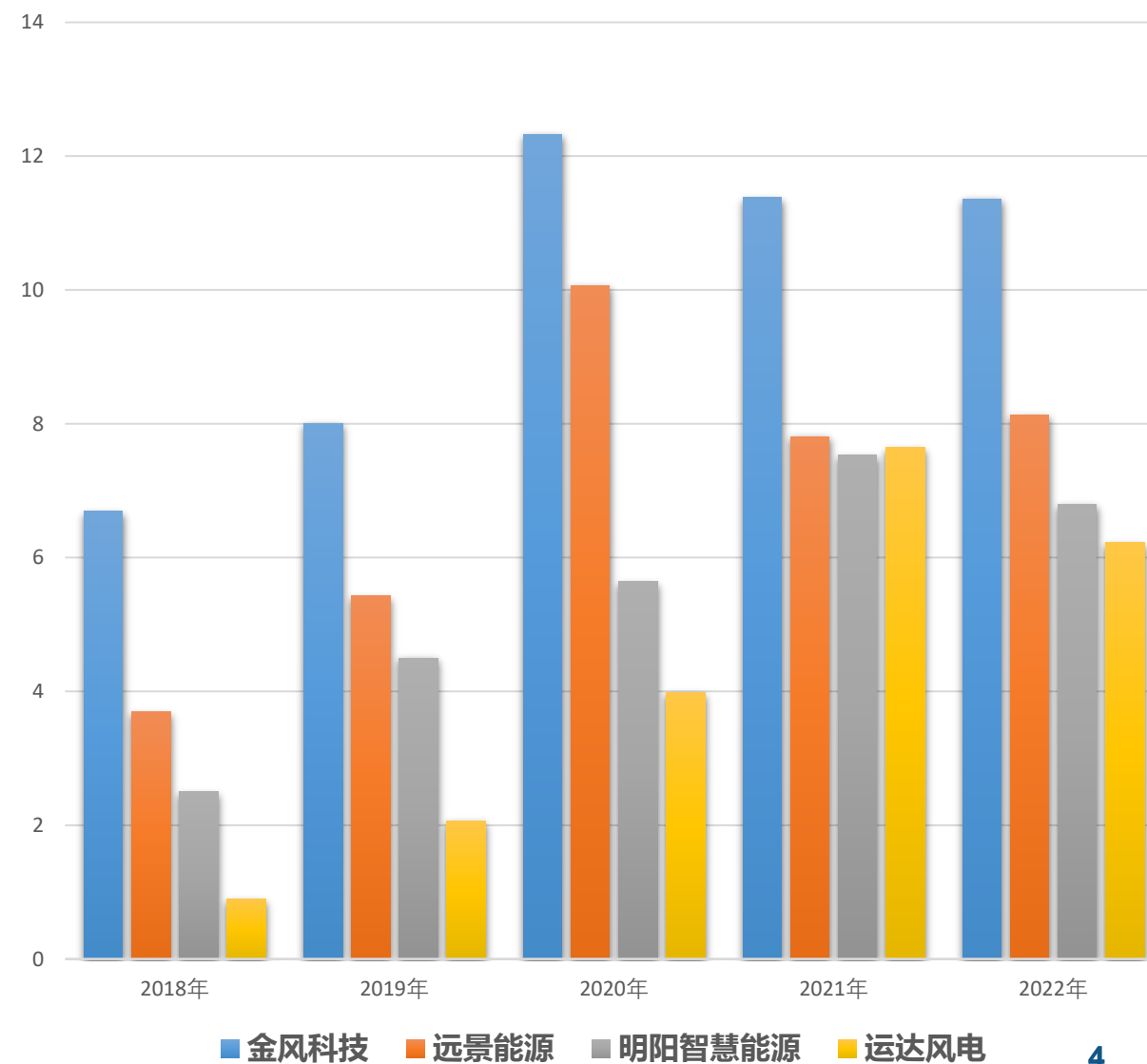
数据来自Bloomberg

行业背景

中国市场年新增装机量



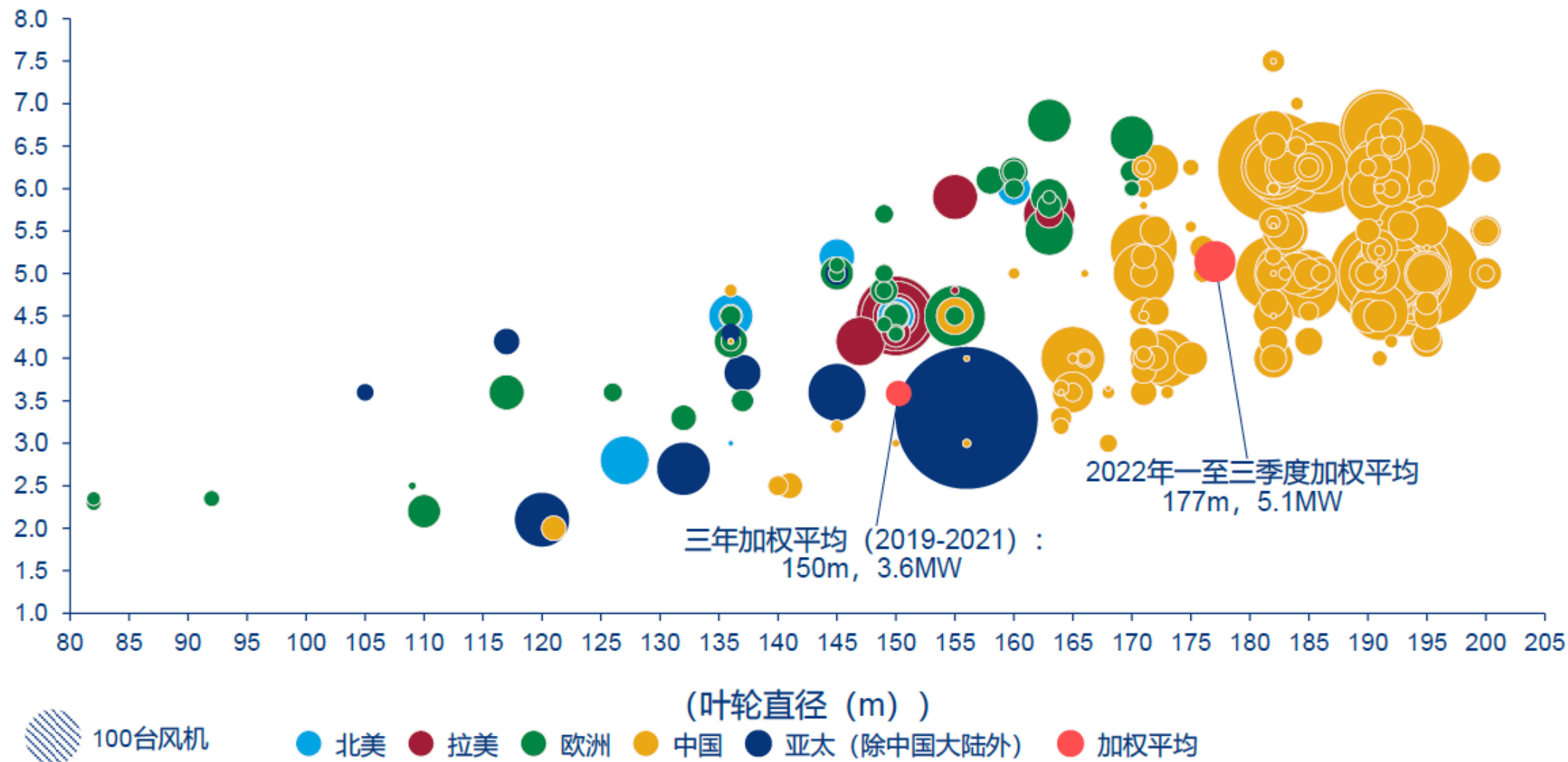
国内头部企业年新增装机量 (GW)



数据来自Bloomberg

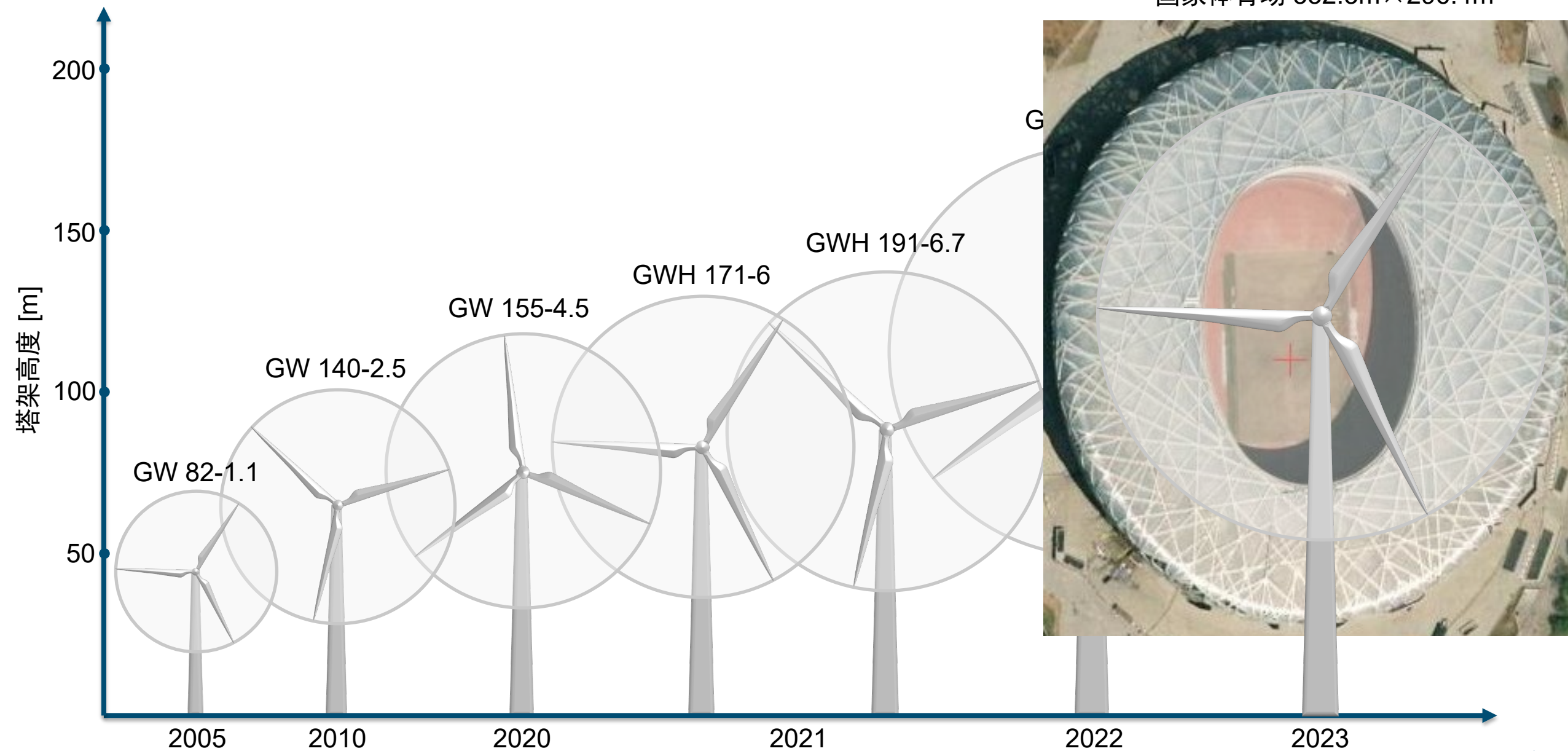
行业背景

(单机容量, MW)



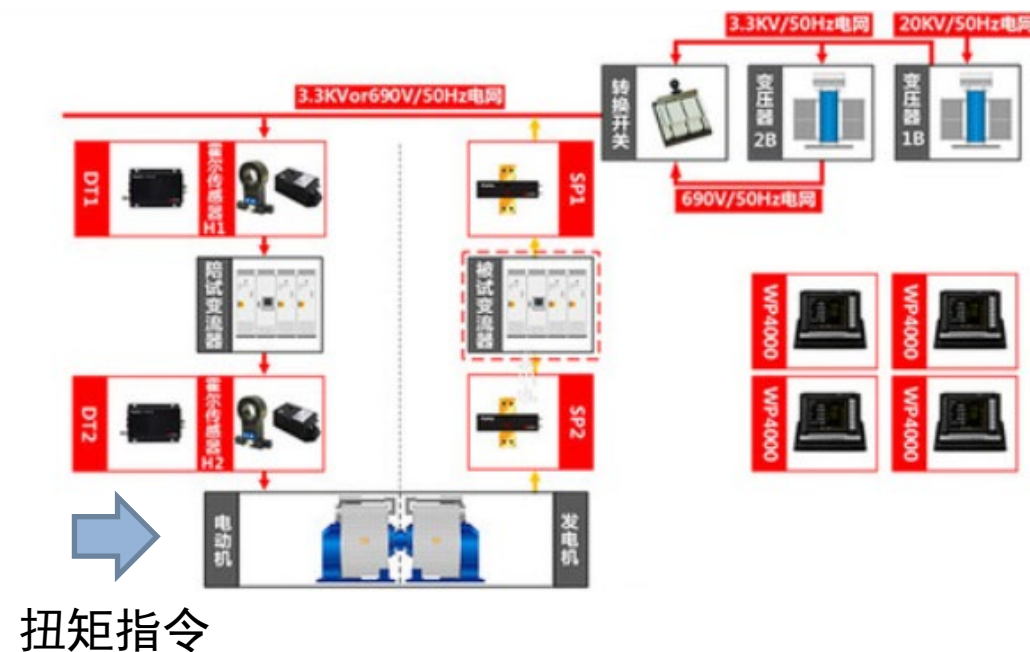
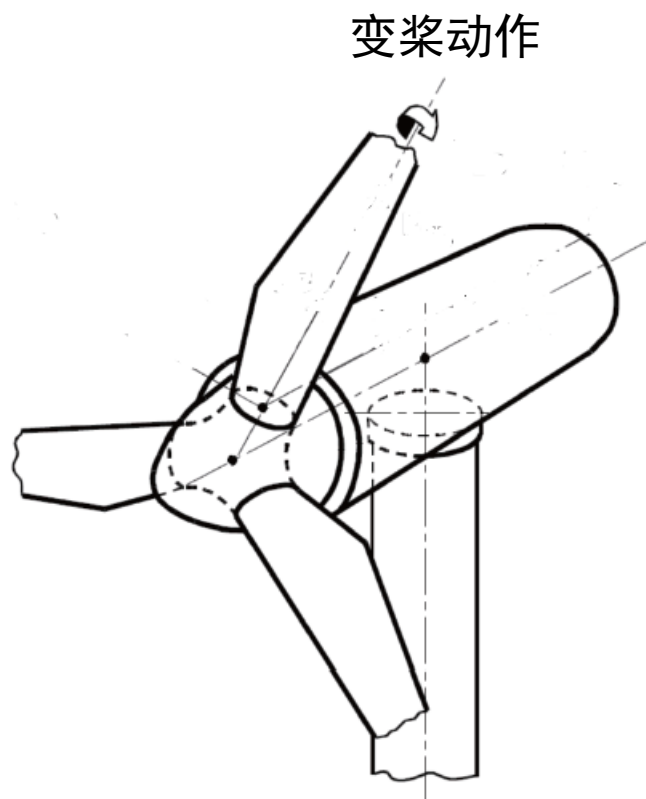
数据来自Wood Mackenzie

行业背景



算法团队的工作内容

- 通过调节桨叶的桨矩角，来改变叶轮气动能力
- 通过给变流器扭矩指令，来调整机组上网能力



需求背景

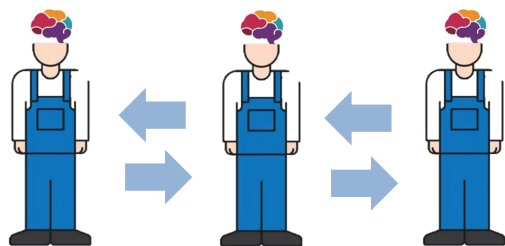


需求分析



模块化

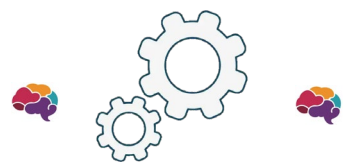
原始状态



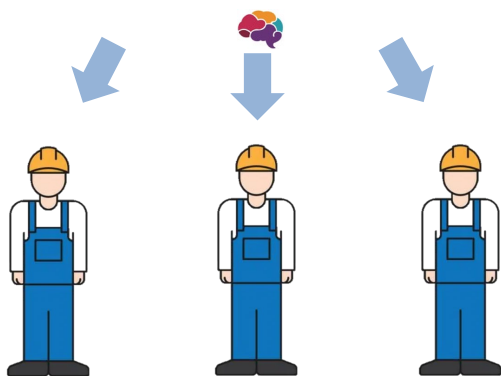
模块化



调度决策



功能实现



程序集合

独立子系统A

独立子系统B



独立子系统N

功能实现

子功能A

子功能B

子功能C

子功能D

子功能E



调度实现

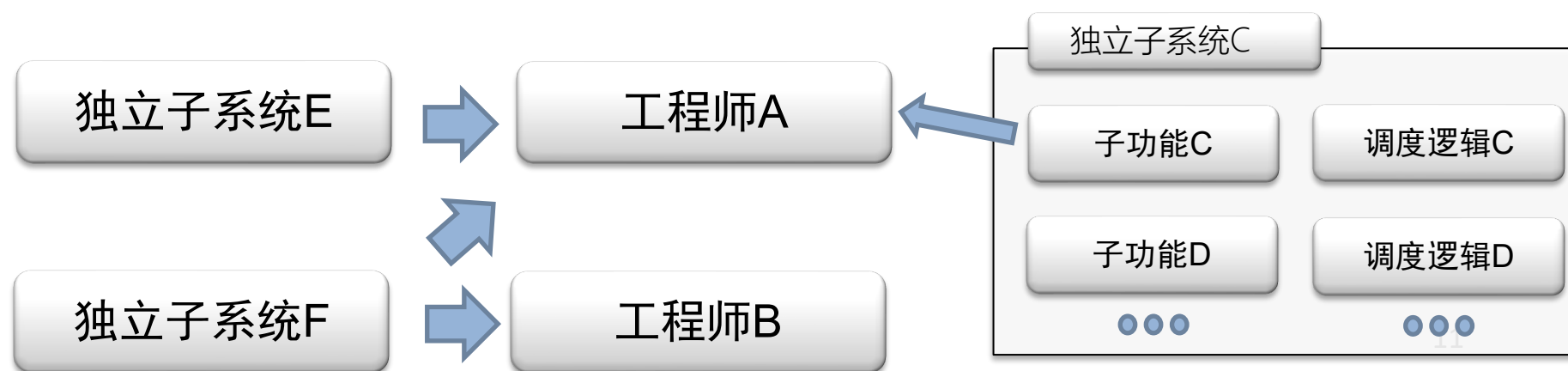
子功能A, B, D
调度逻辑

子功能C, E
调度逻辑

10



权限管理



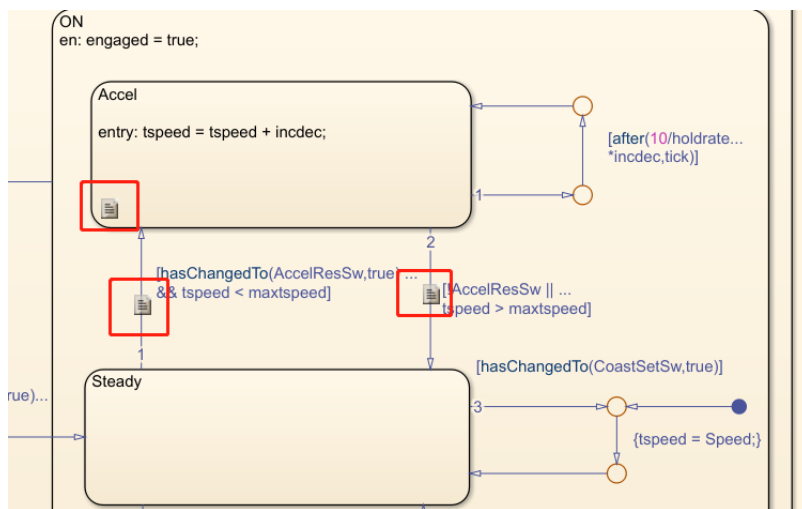
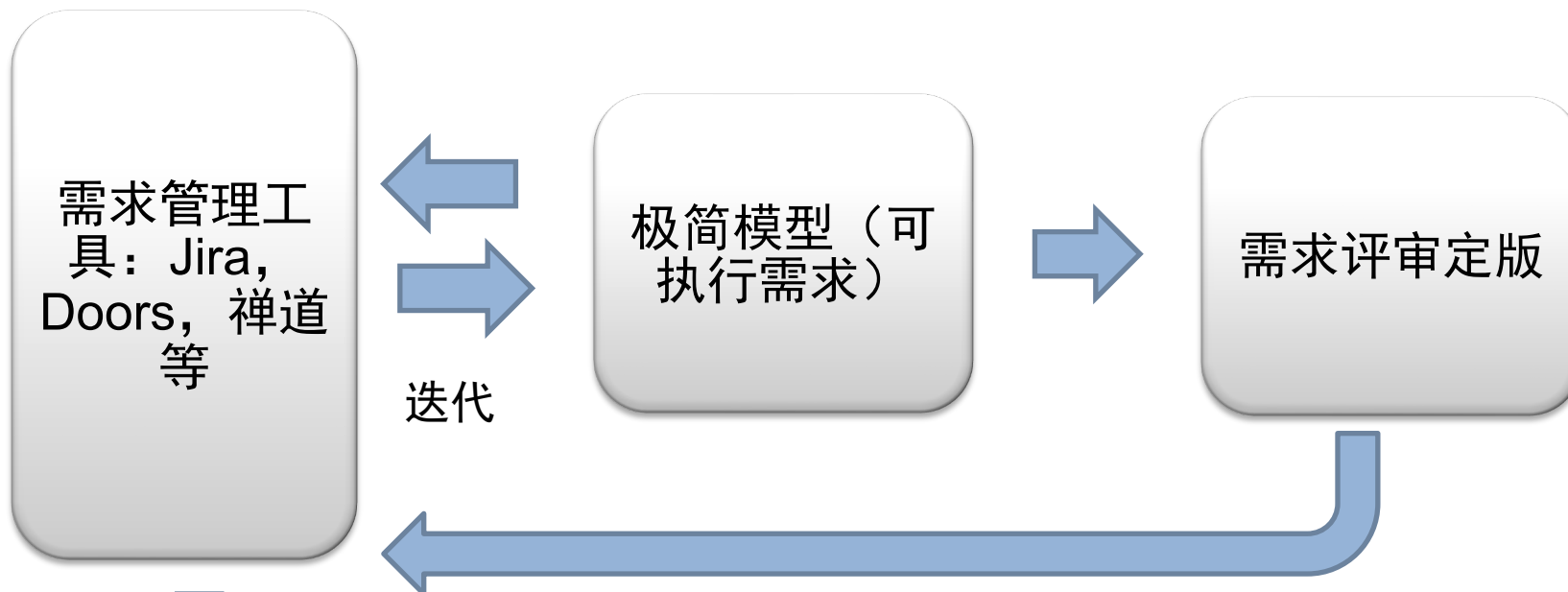
分布式开发与版本管理



自动化集成与发布



需求管理

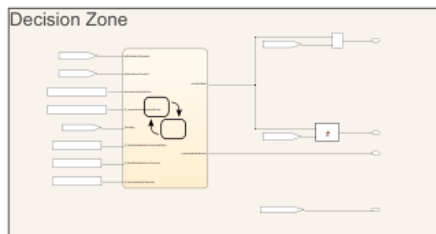
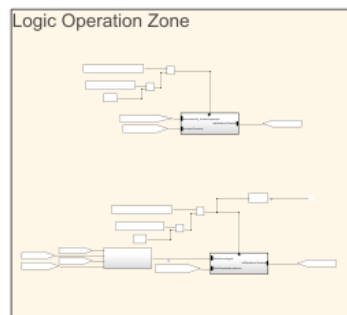
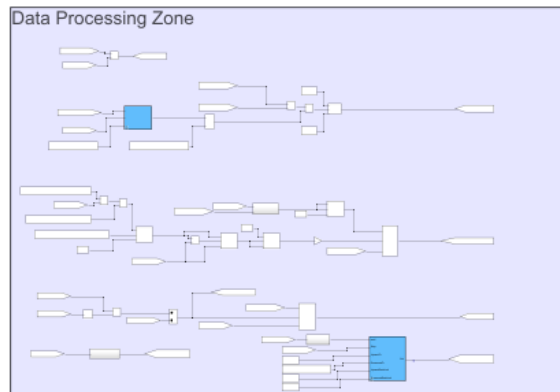
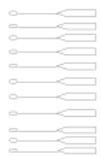


闭环



Index	ID	Summary	Implemented	Verified
MW CruiseCont...				
1	#1	Interface	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
1.1	#2	Enable/Disable Switch	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.2	#3	Set Speed/Decelerate Button	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.3	#4	Resume Speed/Accelerate Button	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.4	#5	Vehicle Speed Input	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.5	#6	Vehicle Brake Input	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.6	#8	Engaged (active) Output	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.7	#9	Target Speed Output	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	#10	Functional	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	#25	Safety	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	#30	Justifications	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

开发规范



开发标准

命名规则

数据类型

布局规则

模块使用规则

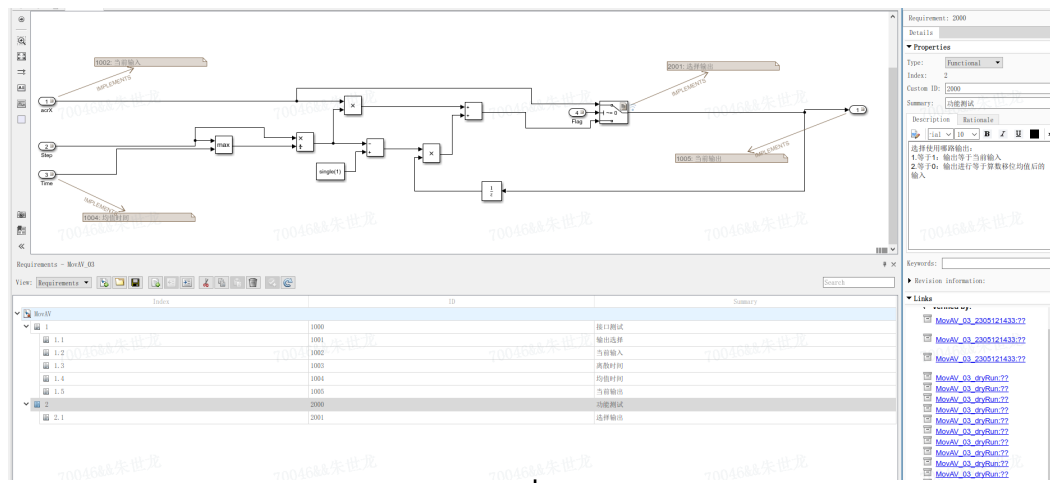
系统架构规划

模块化规则

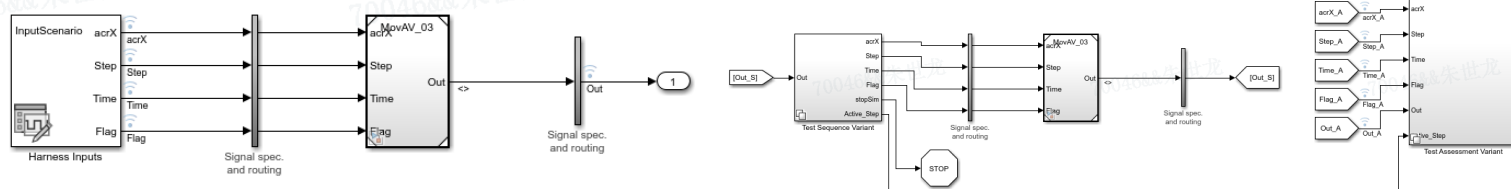
调度规则

单元测试

创建需求， 关联需求



创建测试用例

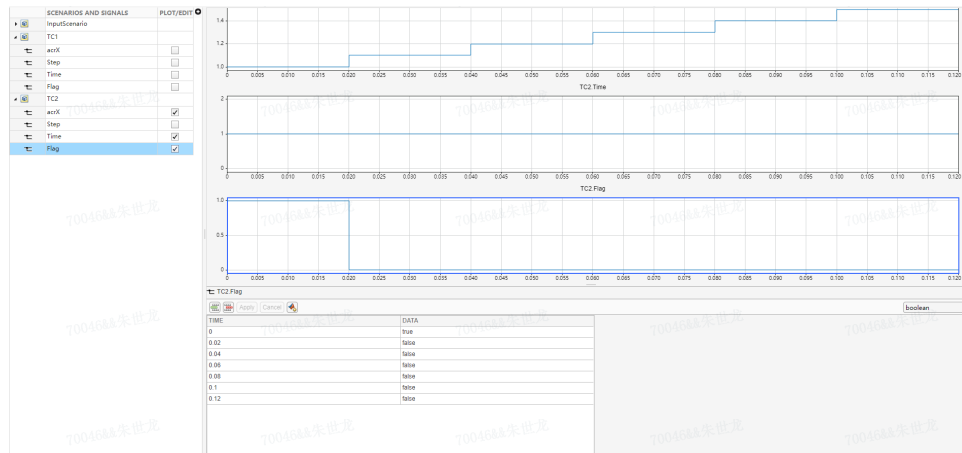


Test Case Name	Description	CalSet (CaSet OR mmat file)	Requirements	streqx file	External TestVector	Scope
TC1	Signal Editor based functional test case for requirement 1000 to 2001	Default	1000;1001;1002;1003;1004;1005;2000;2001	MovAV.streqx		Y
TC2	Signal Editor based functional test case for requirement 1000 to 2001	Default	1000;1001;1002;1003;1004;1005;2000;2001	MovAV.streqx		Y

Begin of the test vector (do not edit)		Time	0	0.02	0.04	0.06	0.08	0.1	0.12	
输入信号	数据范围	输入信号插	信号名							
single	[-3.4E+38 3.4E+38]	ZOH	acrX	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
single	[-3.4E+38 3.4E+38]	ZOH	Step	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
single	[-3.4E+38 3.4E+38]	ZOH	Time	1	1	1	1	1	1	1
boolean	[0 1]	ZOH	Flag	0	0	0	0	0	0	0
输出信号	数据范围	sTelToTimeI	信号名							
single	[-3.4E+38 3.4E+38]		Out							

单元测试

输入编辑



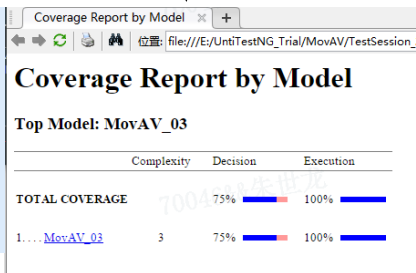
运行测试用例

Begin of the test vector (do not edit)				Time	0	0.02	0.04	0.06	0.08	0.1	0.12
输入信号	数据范围	输入信号插	信号名								
single	[-3.4E+38 3.4E+38]	ZOH	acrX	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	
single	[-3.4E+38 3.4E+38]	ZOH	Step	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	
single	[-3.4E+38 3.4E+38]	ZOH	Time	1	1	1	1	1	1	1	
boolean	[0 1]	ZOH	Flag	1	0	0	0	0	0	0	
输出信号	数据范围	sTelToTimeT	信号名								
single	[-3.4E+38 3.4E+38]		Out	1	1	1.01	1.01	1.02	1.03	1.04	

Begin of the test vector (do not edit)				Time	0	0.02	0.04	0.06	0.08	0.1	0.12
输入信号	数据范围	输入信号插	信号名								
single	[-3.4E+38 3.4E+38]	ZOH	acrX	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	
single	[-3.4E+38 3.4E+38]	ZOH	Step	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	
single	[-3.4E+38 3.4E+38]	ZOH	Time	1	1	1	1	1	1	1	
boolean	[0 1]	ZOH	Flag	0	0	0	0	0	0	0	
输出信号	数据范围	sTelToTimeT	信号名								
single	[-3.4E+38 3.4E+38]		Out	0.02	0.04	0.06	0.09	0.12	0.14	0.17	

测试结果呈现

测试用例覆盖度



测试报告

Report Generated by Test Manager

Title: MovAV_03_MIL_Tests
 Author: 70046
 Date: 12-May-2023 14:53:46

Test Environment

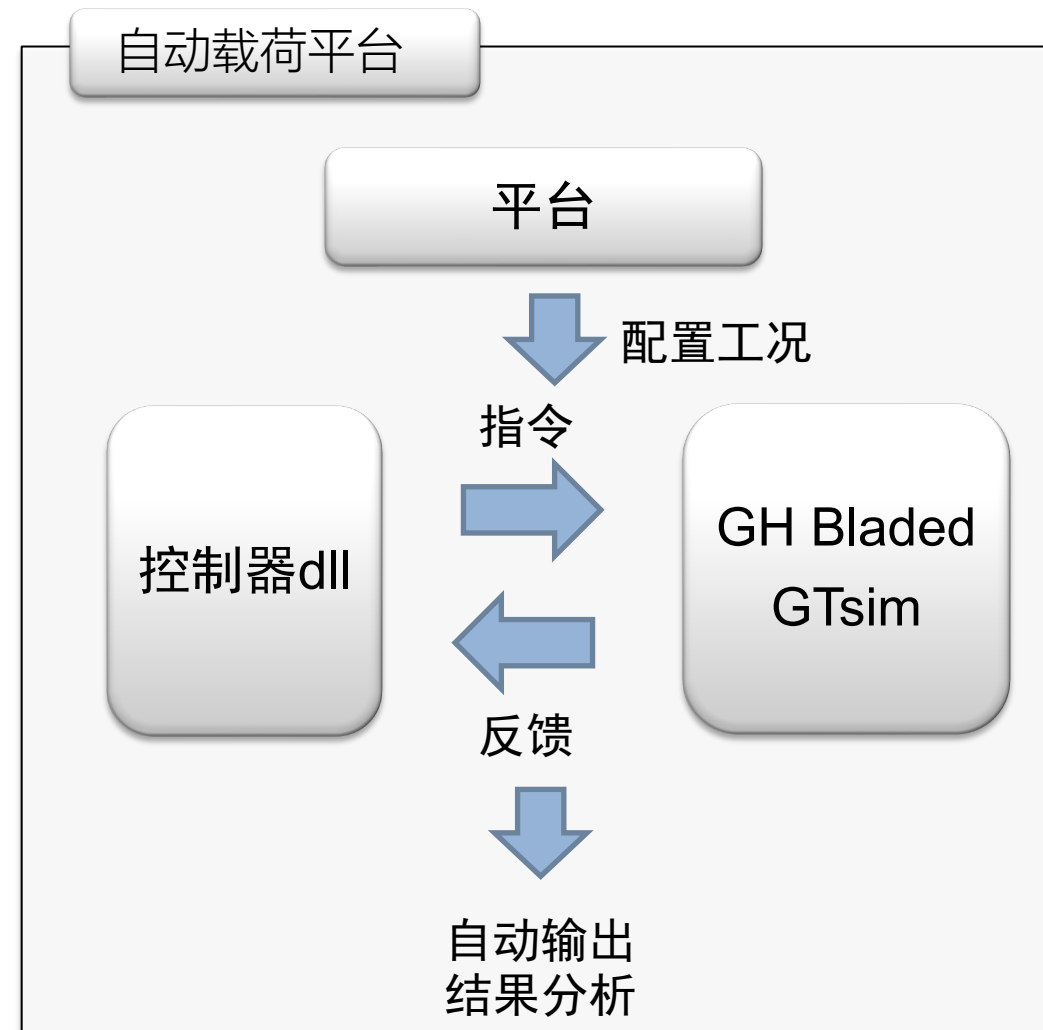
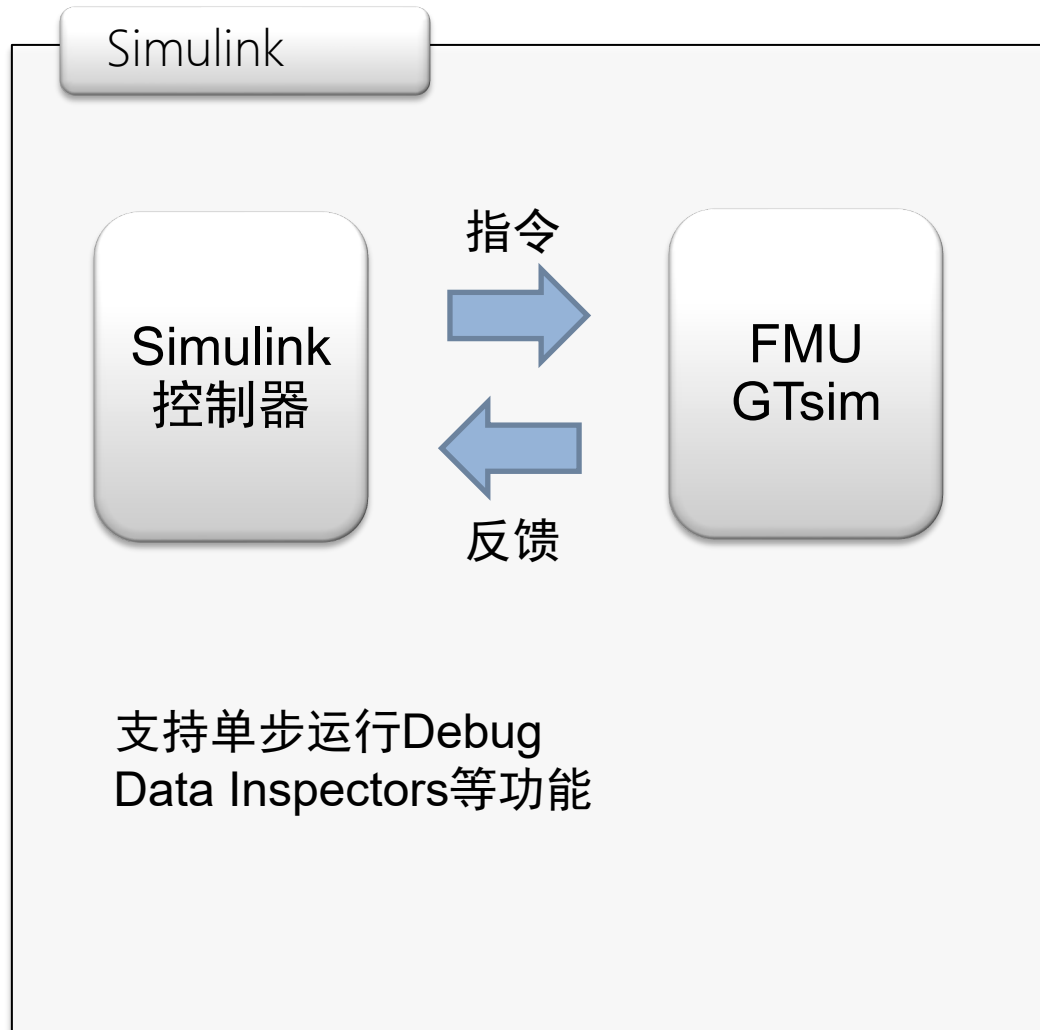
Platform: PCWIN64
 MATLAB: (R2019b)

自动生成的测试用例 (可选)

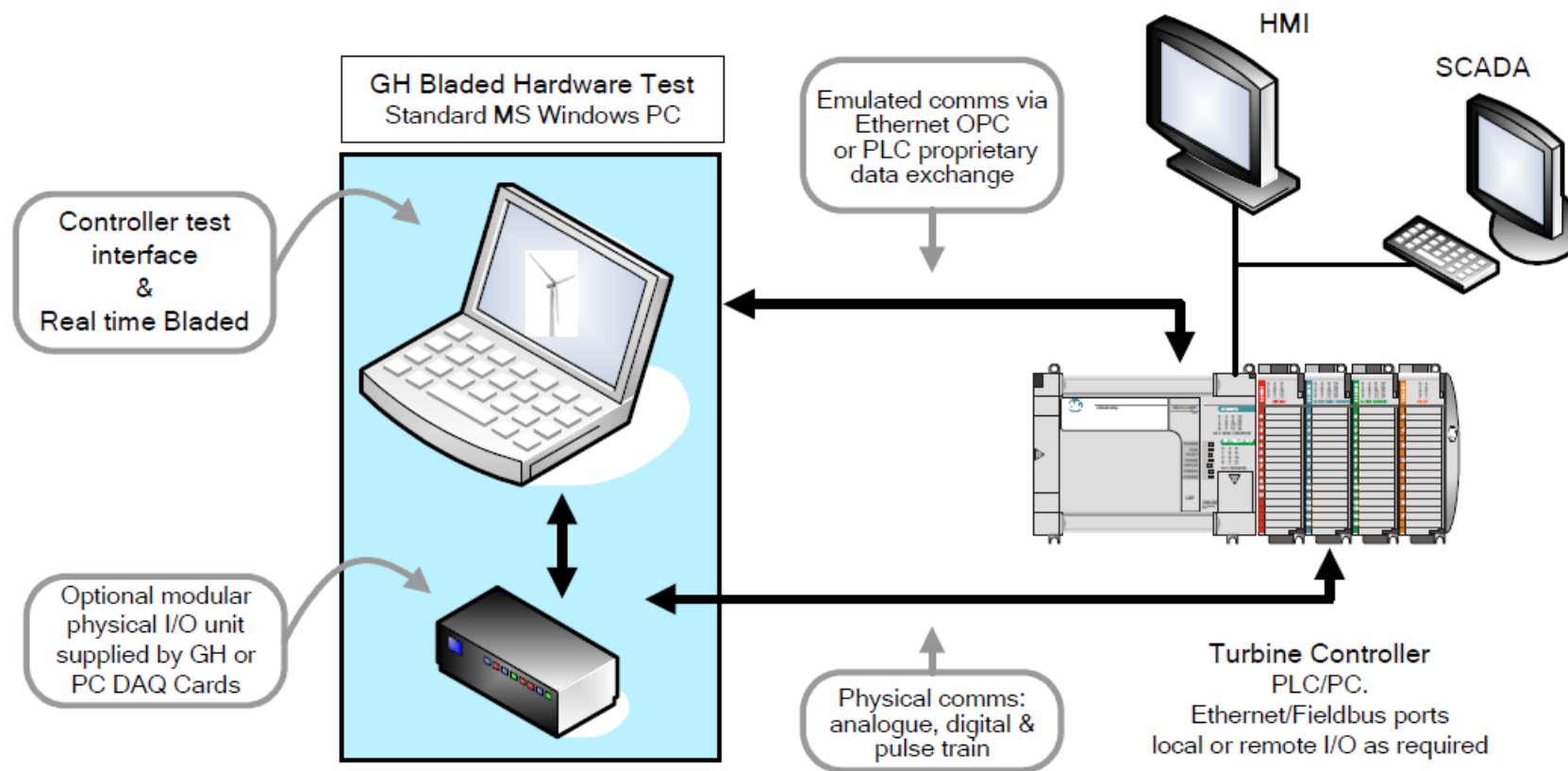
Simulink Design Verifier Report

MovAV_03
 70046

策略集成测试



软件集成测试



现场调试

```

LP_HighYawErrorAverageWindSpeed_mps = LP_HighYawErrorAverageWindSpeed_mps;
(* Outputs for Atomic SubSystem: '<S1>/Yaw Derating'' *)
(* Lookup_n-D: '<S166>/1-D Lookup Table'' incorporates:
 * Output: '<Root>/LP_HighYawErrorAverageWindSpeed_mps'' *)
(* Column-major Lookup 1-D
  Search method: 'binary'
  Use previous index: 'off'
  Interpolation method: 'Linear point-slope'
  Extrapolation method: 'Clip'
  Use last breakpoint for index at or above upper limit: 'off'
  Remove protection against out-of-range input in generated code: 'off' *)
(* Prelookup - Index and Fraction
  Index Search method: 'binary'

```

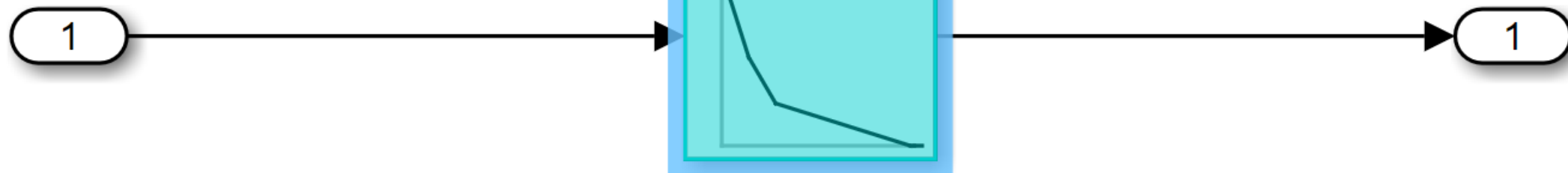
terpolate6

View All

```

= 14
= 0
flag = FALSE
= 25
= 2757093
= FALSE
= 2425417
g = TRUE
= 8
= 0

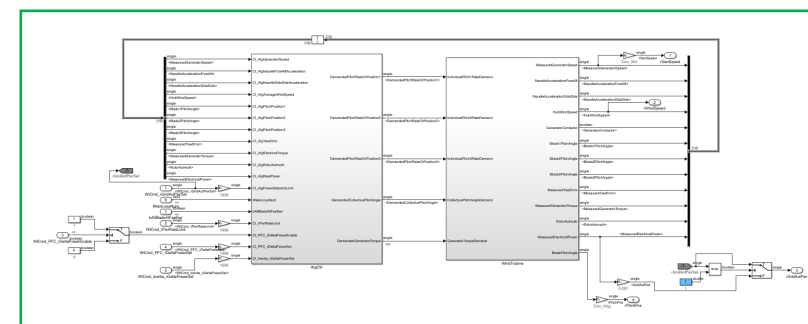
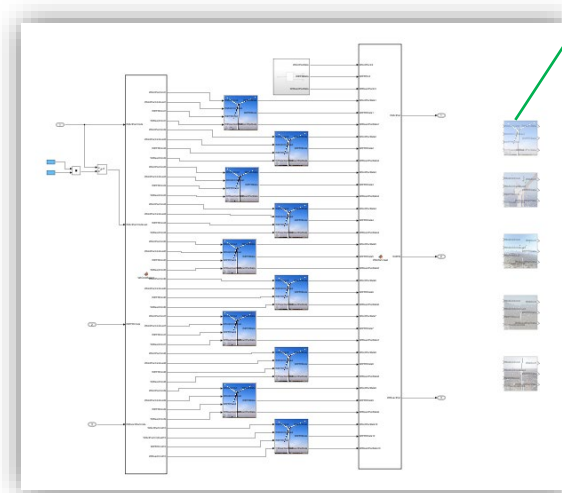
```



扩展应用——场控开发

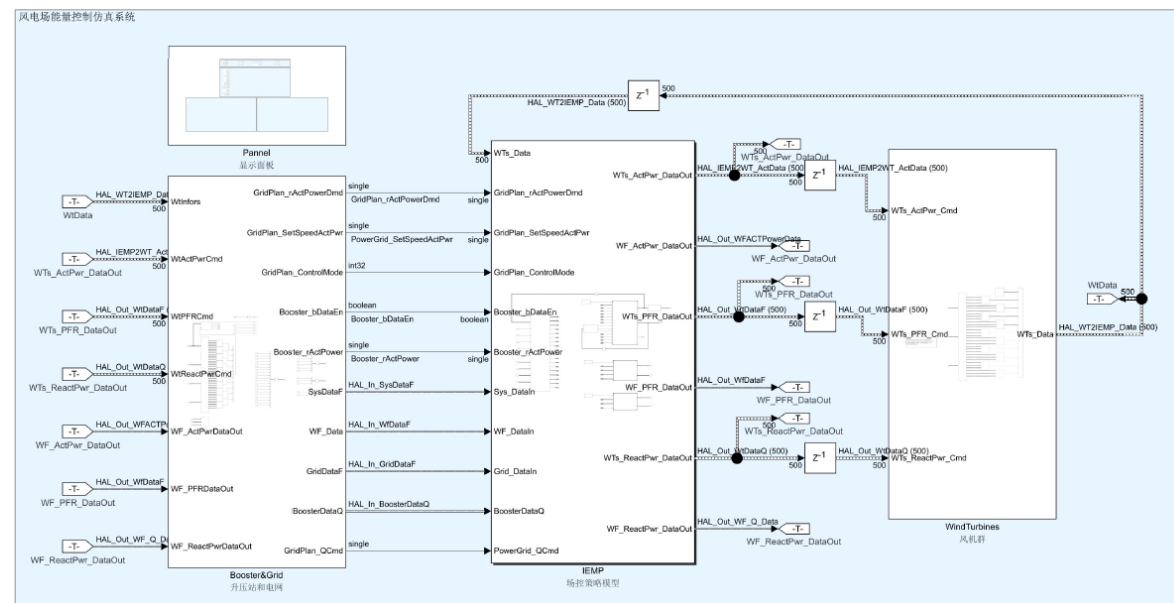
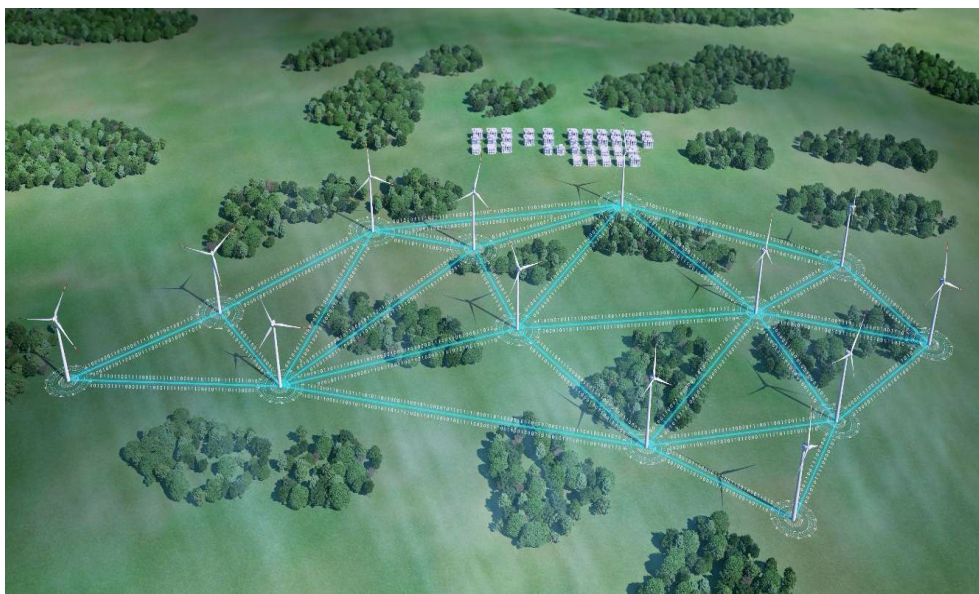


- 支持**1~50+**台机组;
- 支持**3S/4S/5S/GP21/V11/V12**平台机型, 含直驱/中速永磁, 支持**混排**;
- 支持现场**风速倒灌**或**自定义风文件**;
- 机组**差异化风速**输入;



- **单机控制策略MBD**, 可直接用于仿真;
- 基于**GTSim**的自主气弹仿真模块, 可仿**功率/转速/桨距角/扭矩/振动**及**关键部件载荷**, 获TÜV NORD权威认证;
- **变流器简化模型**, 仿真**电压/电流/无功功率**;
- 可接入RTDS/RTLAB电网模型, 仿真**电网频率**特性;

扩展应用——场控开发



6大应用场景

- 集中式
- 分散式
- 大基地
- 海上/平原
- 丘陵/山地
- 风光储

电网

- 频率变化
- AGC有功指令
- AVC无功指令

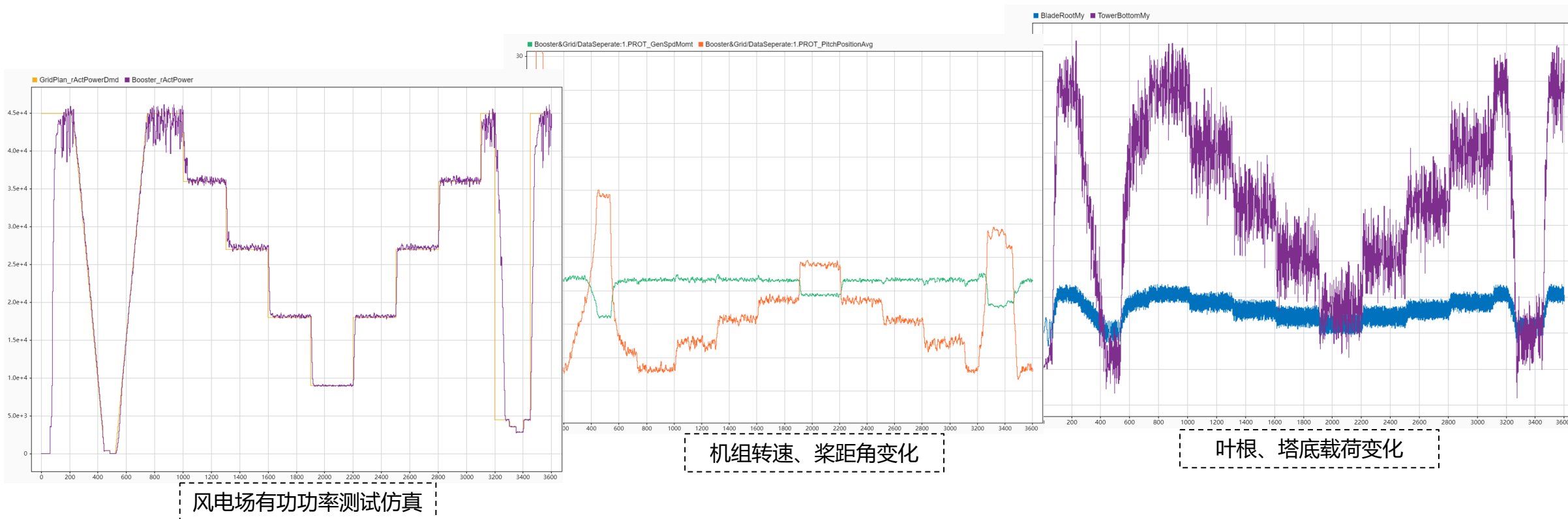
风电场控制

- 一次调频
- 二次调频
- 无功电压

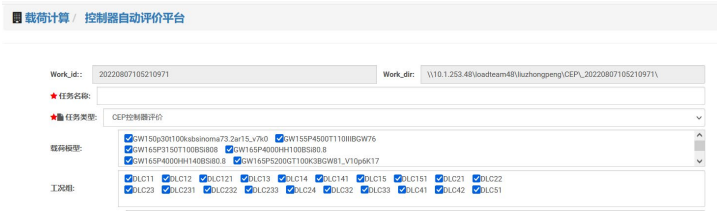
风机群

- 机组
- 风况
- 环境参数

- 可自由设计每台机组的风况，模拟**时空变化下的风速差异**、湍流风、草帽风等风况。
- 经与实测对比，可有效支撑场控逻辑设计，**可以验证不同场控策略对风机载荷、安全、寿命的影响**。
- 有效验证 **风况差异—场控策略—单机策略—机组载荷** 的闭环设计。
- 可扩展储能模型，仿真**源、网、荷、储、氢场景下的发电最优策略**。

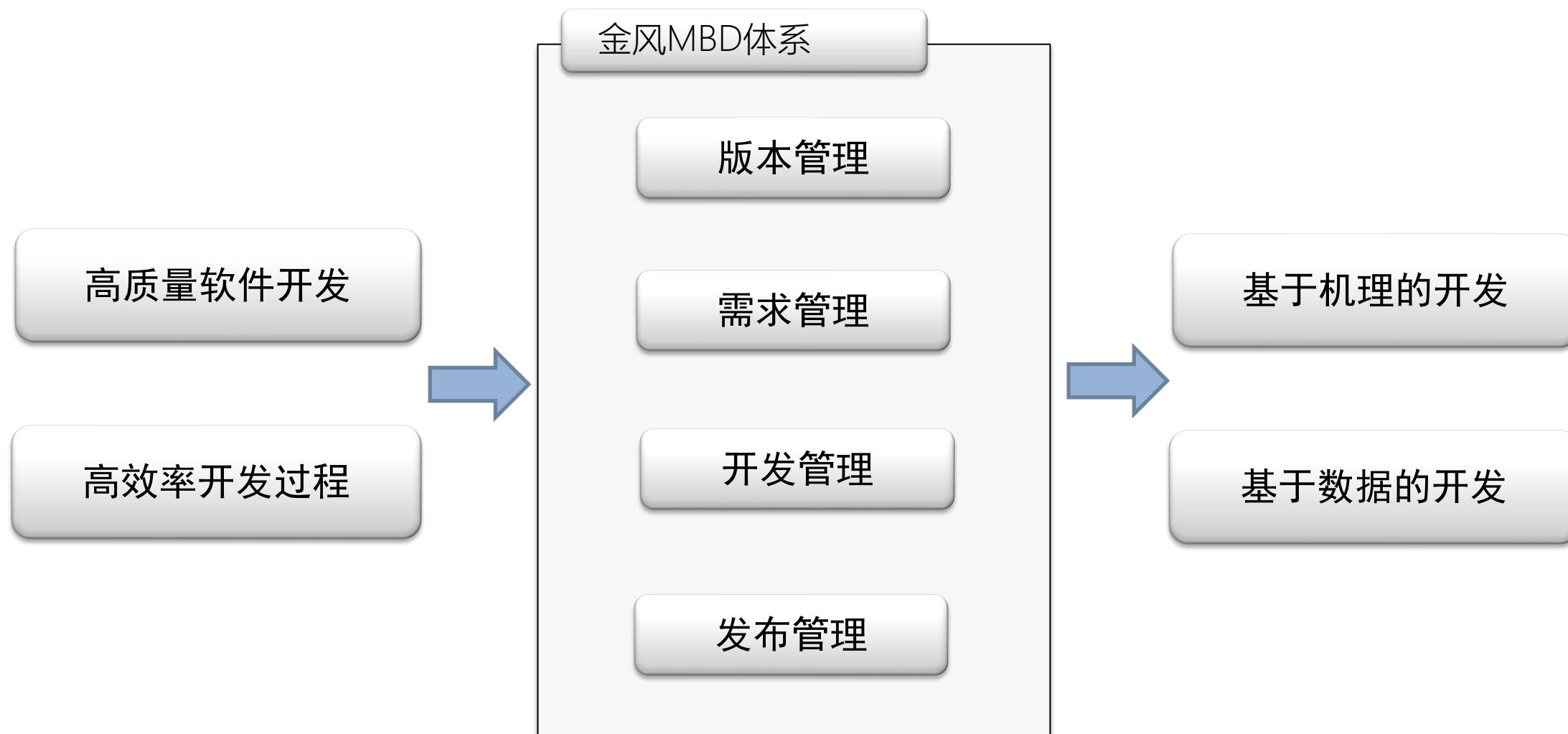


总结



采用MBD方式, 从需求到原型机测试周期可缩短5倍以上

未来展望



MATLAB EXPO

Thank you



© 2023 The MathWorks, Inc. MATLAB and Simulink are registered trademarks of The MathWorks, Inc. See [mathworks.com/trademarks](https://www.mathworks.com/trademarks) for a list of additional trademarks. Other product or brand names may be trademarks or registered trademarks of their respective holders.