



HVDC

基于模型设计在电力电子行业中的大规模应用



Contents

PART01

我 们 是 谁 ？

PART02

为 什么 选 用 M B D ？

PART03

我 们 实 现 了 什 么 ？

PART04

我 们 未 来 看 到 了 什 么 ？

PART01

我们是谁？





特变电工公司介绍

TBEA

TBEA特变电工 全球能源事业提供系统解决方案的服务商

One of major power equipment suppliers in China. In recent years, company has been expanding its business to renewable energy and new material.



国家三大战略性新兴产业

输变电高端装备制造业
新能源
新材料



三大上市公司

特变电工
新疆众和
新特能源



特变电工新疆能源股份有限公司

柔性直流输电解决方案
智能光伏系统解决方案
智能微网系统解决方案
智能风电场系统解决方案



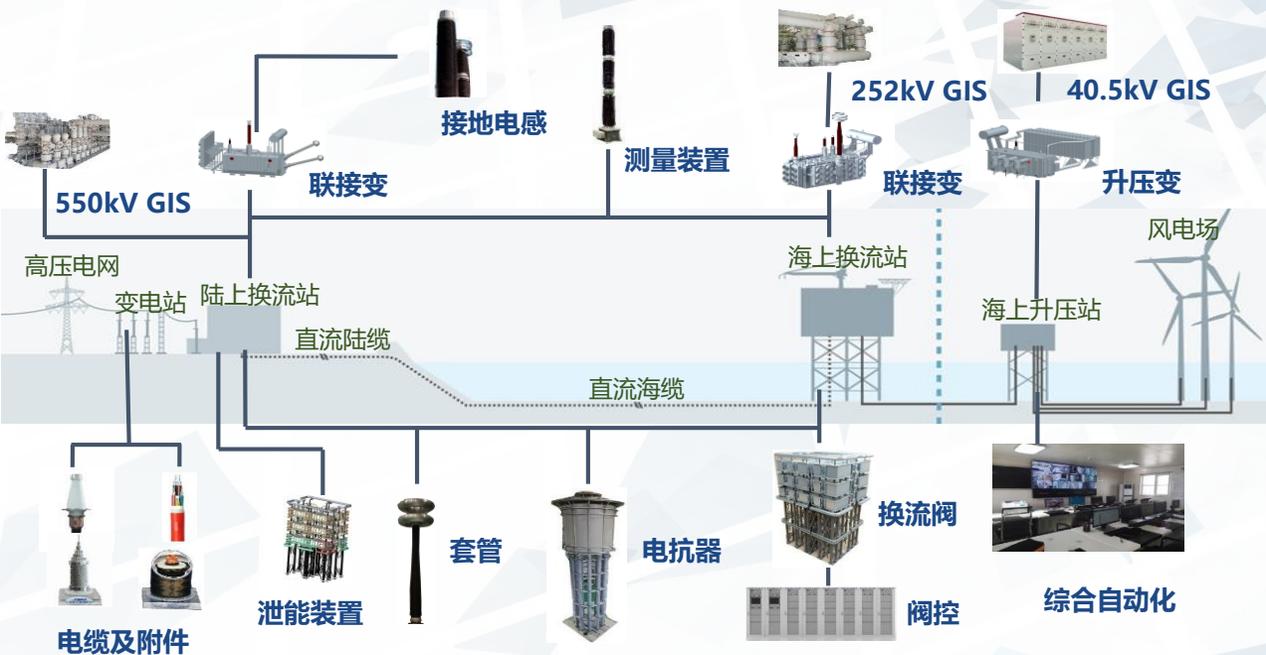
西安柔性输配电有限公司

TBEA Xi'an Flexible Power T&D Co., Ltd

 特高压柔性换流阀

 海上柔性直流成套解决方案

 配网柔性直流成套解决方案



西安柔输公司成立

2014

2015

1GW 阀型式试验通过

±800kV 3GW 模块开发

2016

2017

±800kV 5GW 阀型式试验

中标南方电网乌东德项目

2018

2019





柔性直流输电的控保系统

Control and Protection Systems

运行人员控制层

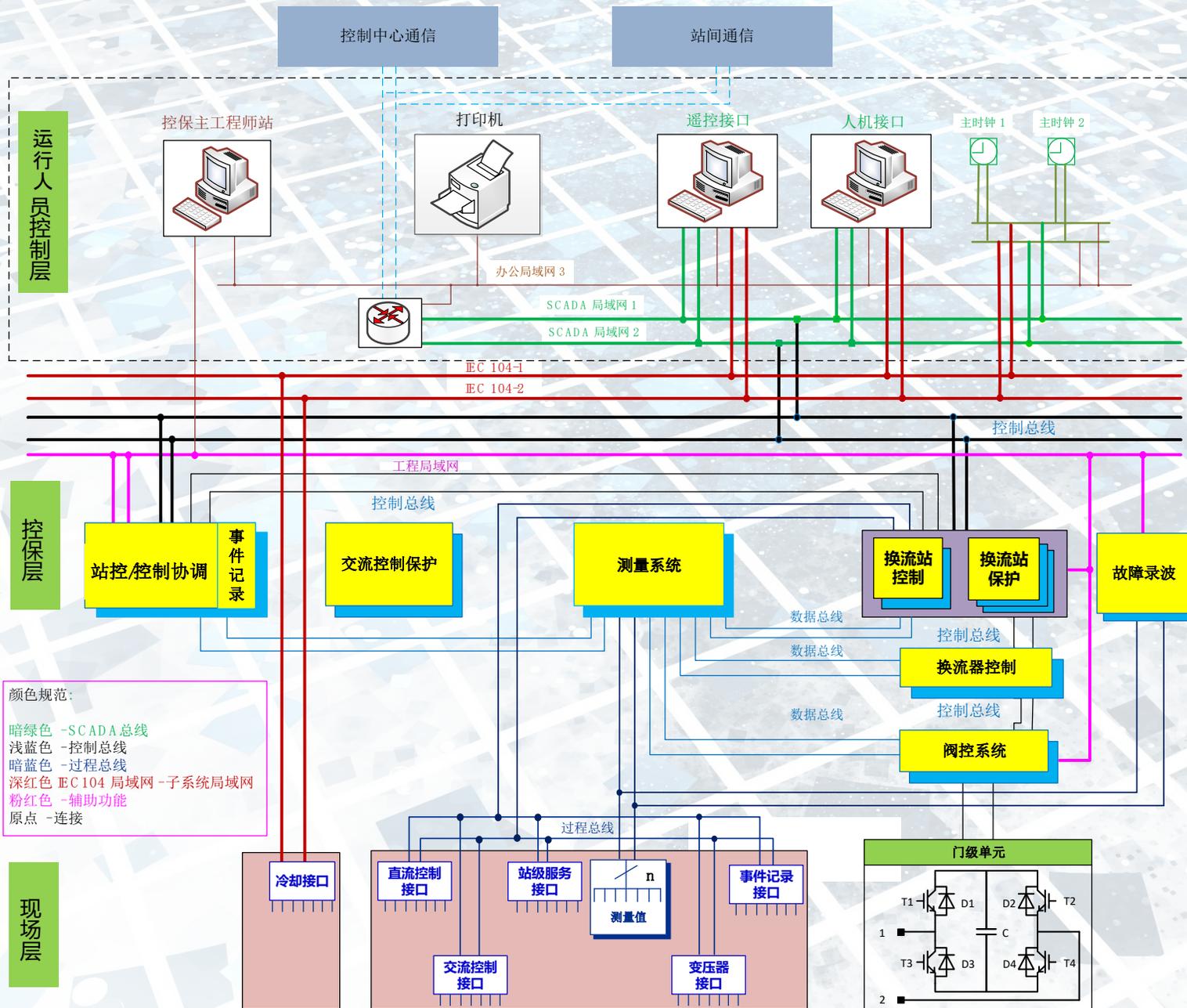
- 人机交互
- 系统监控
- 数据收集

控制保护层

- 交流控保系统
- 站间协调控制
- 测量系统
- 换流站控保系统
- 换流器控制

现场层

- 执行其它控制层的指令
- 完成对应设备的操作控制





PART02

为什么选用MBD?



业主需求

Customer Requirement

| 控保算法逻辑的可视化

Visual Programming

客户要求可以直观的看到供应商提供的软件逻辑，并且附有逻辑中所有模块的具体说明

| 具有实时调试功能

Real-Time Visual Testing

在软件调试阶段，所提供的软件平台应当可以很直观很方便的提供控制保护逻辑中的中间量，便于定位和解决调试中的问题



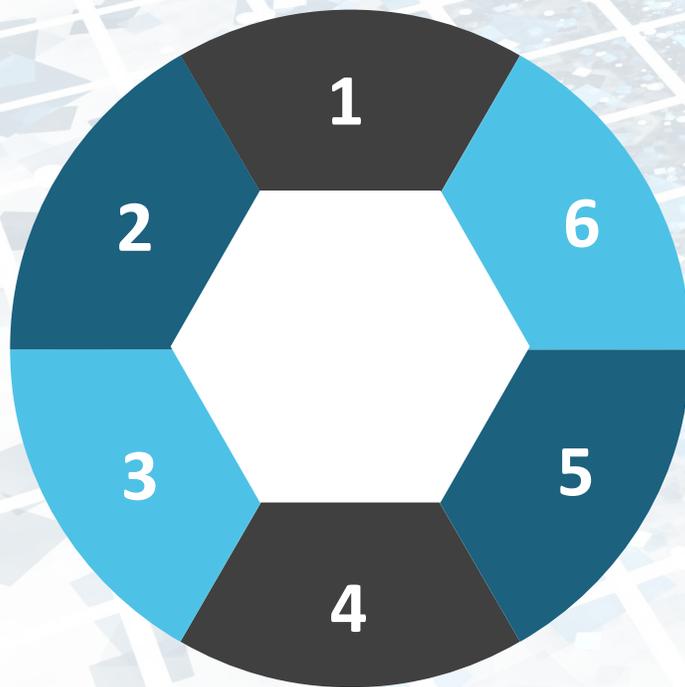
行业需求

Industry Needs

南瑞 |
ACCEL

许继 |
ViGET

四方 |



| GE
Mathworks

| 西门子
SIMATIC TDC

| ABB
HiDraw



自身需求

Self-Requirement

| 当前系统开发的挑战

持续变化的需求

更加强调系统

系统越来越复杂

| 执行中存在的问题

高成本的需求变更

需求追溯不明晰

软件工程师对算法不熟悉

很难实现多人共同开发

RTDS 和 PSCAD测试没有实现统一





PART03

我们实现了什么？



前期调研及培训

Early Stage



海外经验
自身需求

2017.5

2017.8

2017.10



可行性研究
正式立项



| 培训&Workshops

Implementing a Model-Based Design Workflow

Simulink for System and Algorithm Modeling

MATLAB and Simulink for Control Design
Acceleration

Embedded Coder for Production Code Generation

Simulink Model Management and Architecture

Physical Modeling of Electrical Power Systems with
SimPower Systems

Physical Modeling of Multidomain Systems with
Simscape

Stateflow for Logic-Driven System Modeling

Verification and Validation of Simulink Models

2017

2018

2019



导航+内部+咨询项目

Pilot Projects + Internal Trial Projects + Consultancy



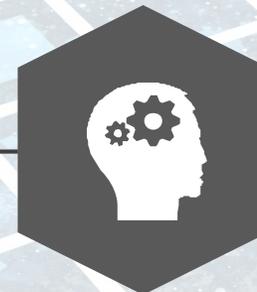
STEP 01 信心

部分模块的代码生成和验证



STEP 02 尝试

PIL



STEP 03 联结

Simulink功能模块代码生成到PSCAD的整体移植



导航+内部+咨询项目

Pilot Projects + Internal Trial Projects + Consultancy

导航/内部/咨询项目

- 建立“团队信心”
- 明确 MBD 的开发方向
- 控制器升级的辅助决策
- 产品级的模型搭建



STEP 04 延伸

利用HDL Coder实现
现阀控中FPGA算法
部分的代码生成



STEP 05 落地

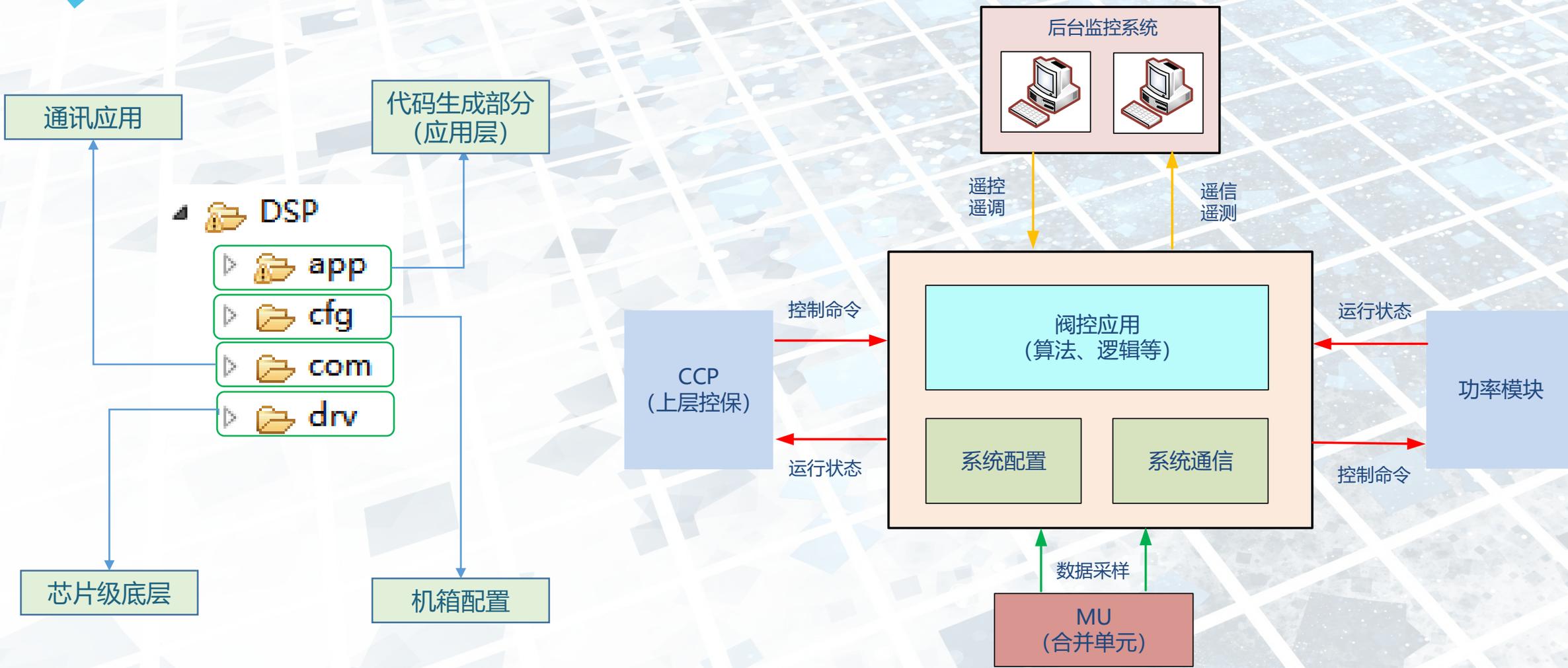
产品级的交付





软件架构的重新设计

Redesign of Software Architecture



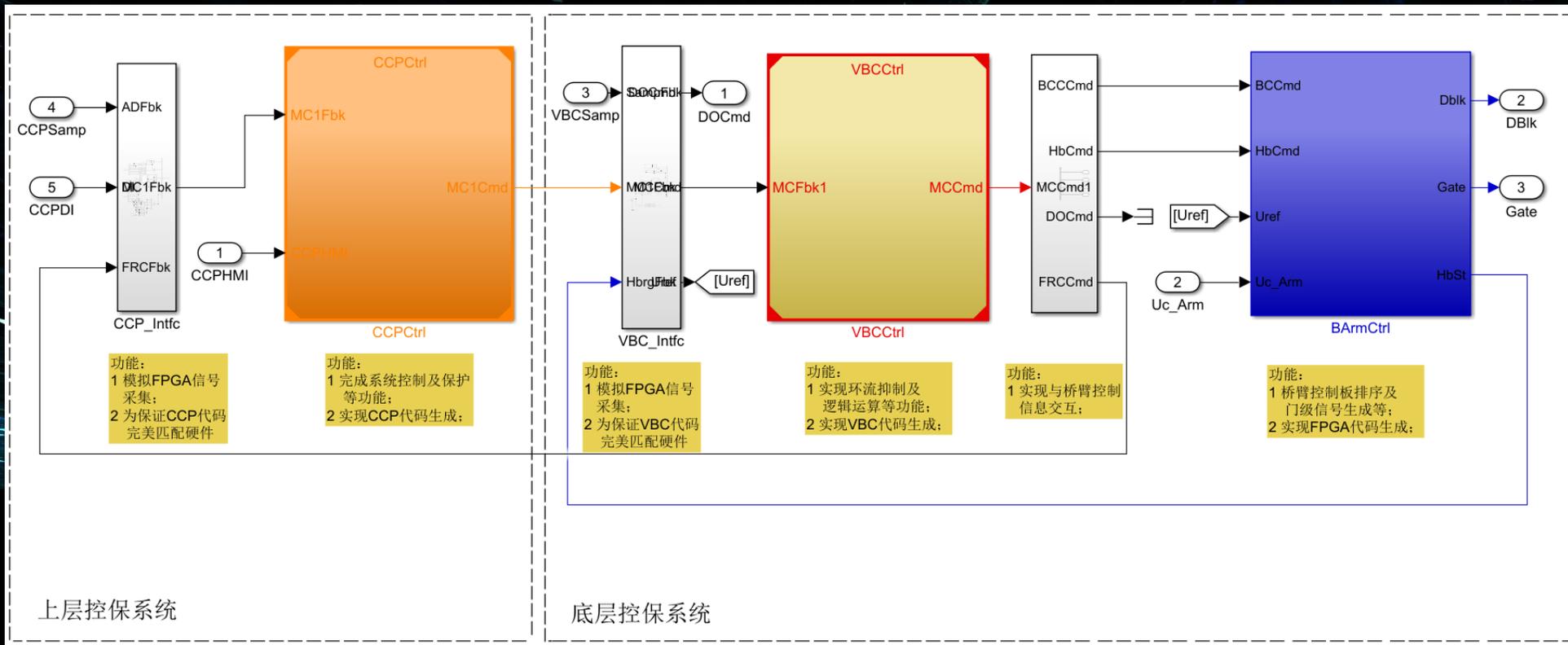
原则：“不为代码生成而代码生成”



控制保护系统架构搭建

Control & Protection System Visualization

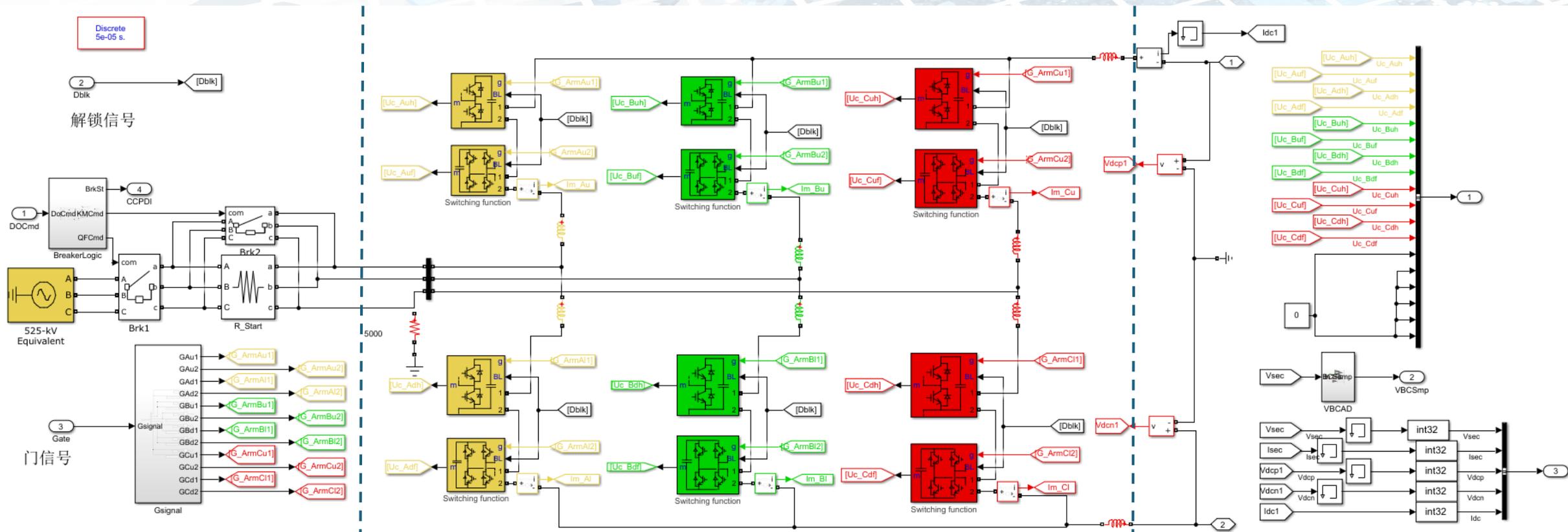
控保 架构





电气模型的搭建

Building Electrical Model



交流系统

换流阀系统

直流系统



模型工作环境架构

Model Working Environment Architecture

2 电气/控保模型

3 代码 (自动化/配置等)

4 图形

1 功能模块库



1_Library



2_Model



3_Script



4_Figure



5_Report

5 自动生成报告

6 数据文件



6_RawData



7_Temp



Tool



StartUp



使用说明

使用说明

7 临时文件

工具箱

启动文件



自动离线系统测试

Auto Offline System Testing

- 稳态动态测试配置
- 大测试矩阵的导入
- 仿真数据结果的自动分析
- 仿真波形的自动配置
- 测试报告的自动生成

UI Figure

Project

Project Path

Load Flow

Fault Config

Test Matrix

Data Analysis

Plot Config

Report Config

Run

Encoding

Select Feature

Interval

Label	Observation	Description	Max	Min	Mean	Abs	Deriv
1_Controll...	P	Active Power	<input checked="" type="checkbox"/>				
1_Controll...	Q	Reactive P...	<input checked="" type="checkbox"/>				
1_Controll...	udc	DC Voltage	<input checked="" type="checkbox"/>				
1_Controll...	Idc	DC Current	<input checked="" type="checkbox"/>				
2_Primer	va	Phase A V...	<input checked="" type="checkbox"/>				
2_Primer	vb	Phase B V...	<input checked="" type="checkbox"/>				
2_Primer	vc	Phase C V...	<input checked="" type="checkbox"/>				
2_Primer	ia	Phase A C...	<input checked="" type="checkbox"/>				
2_Primer	ib	Phase B C...	<input checked="" type="checkbox"/>				
2_Primer	ic	Phase C C...	<input checked="" type="checkbox"/>				
3_Secondary	Vseca	Phase A V...	<input checked="" type="checkbox"/>				
3_Secondary	Vsecb	Phase B V...	<input checked="" type="checkbox"/>				
3_Secondary	Vsecc	Phase C V...	<input checked="" type="checkbox"/>				
3_Secondary	Iseca	Phase Cur...	<input checked="" type="checkbox"/>				

Total Cases

Case No.

Apply to All

Pass

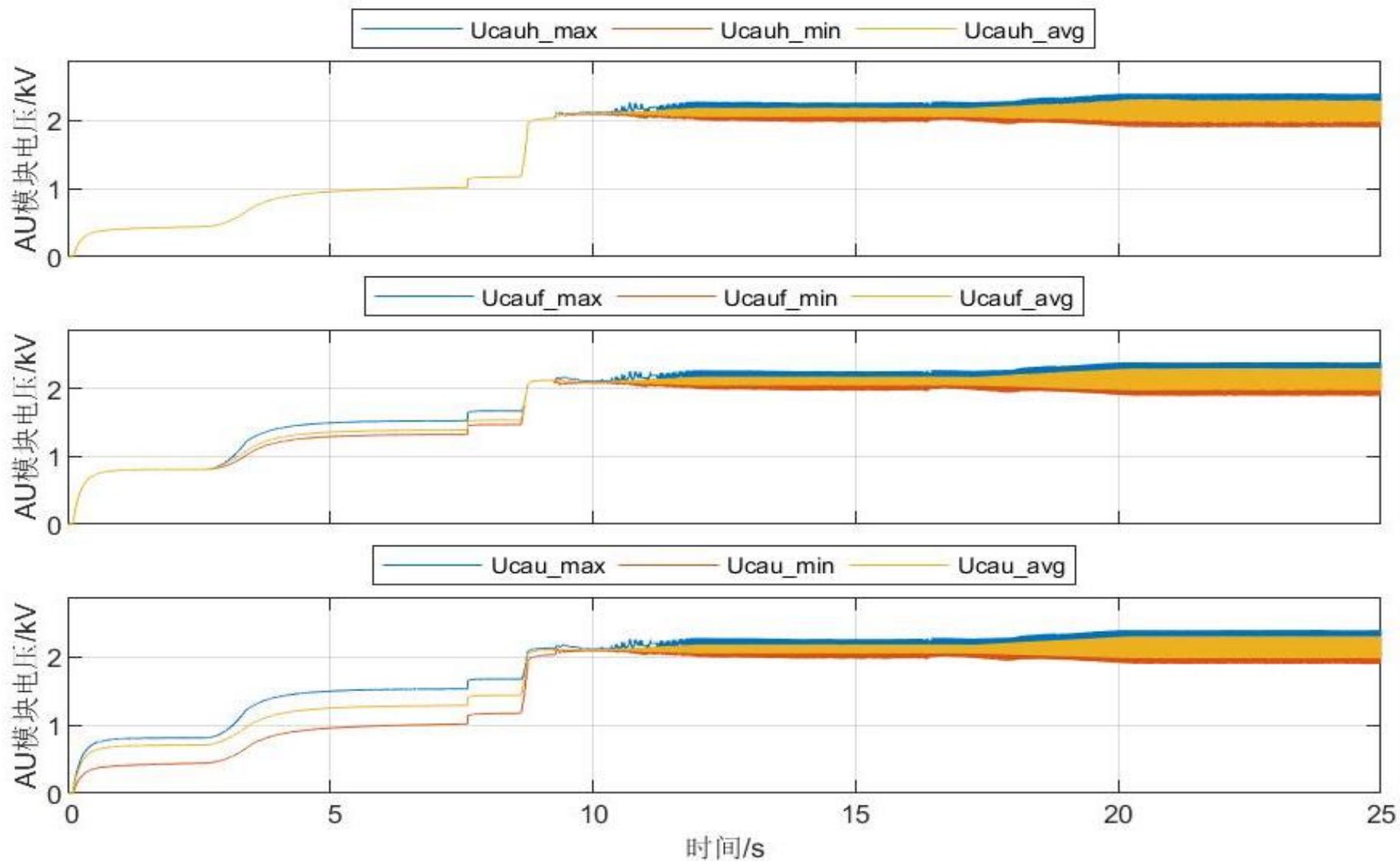


算法离线验证示例

Test Example

柔性直流典型启动波形

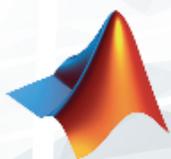
- 阀控顺控逻辑测试
- 自均压算法参数优化
- 波形数据的自动分析
- 启动性能的自动评估



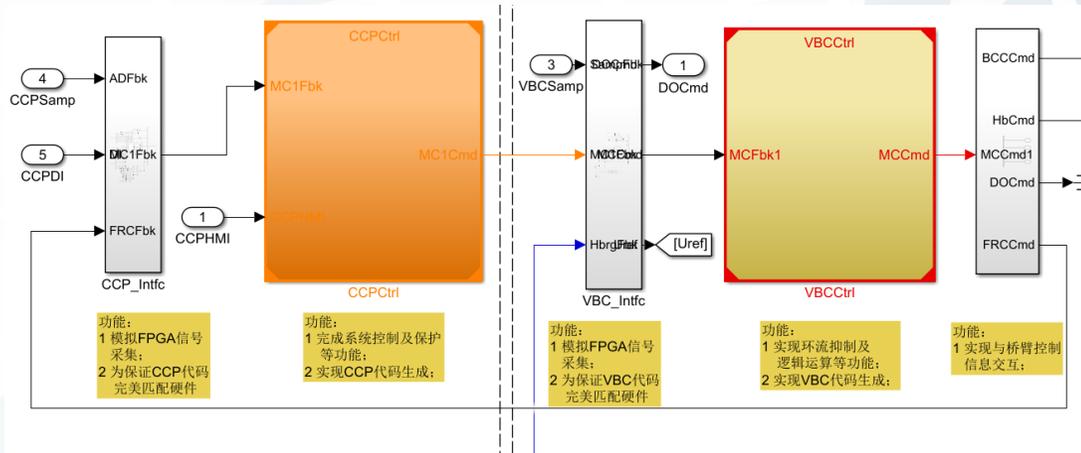


MATLAB与PSCAD的关联整合

Integration of MATLAB and PSCAD

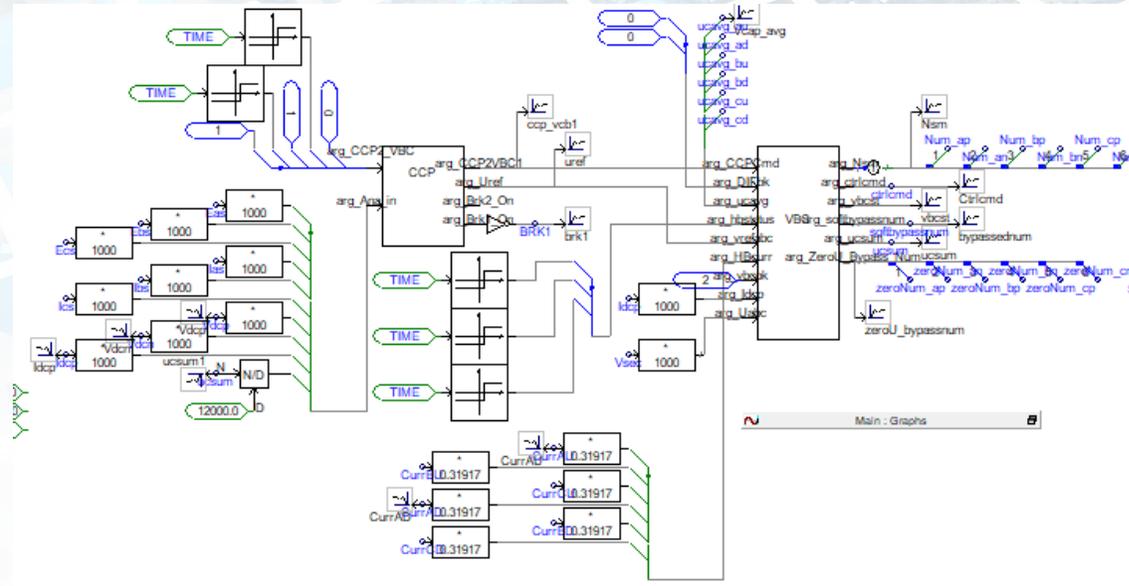


MathWorks®



上层控保系统

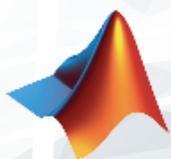
底层控保系统



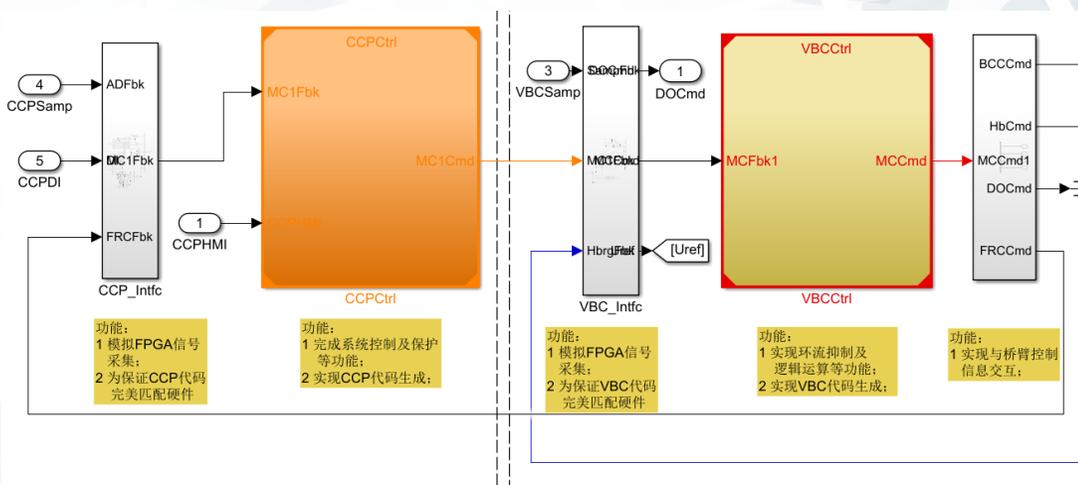


MATLAB与RTDS的关联整合

Integration of MATLAB and RTDS



MathWorks®



上层控保系统

底层控保系统



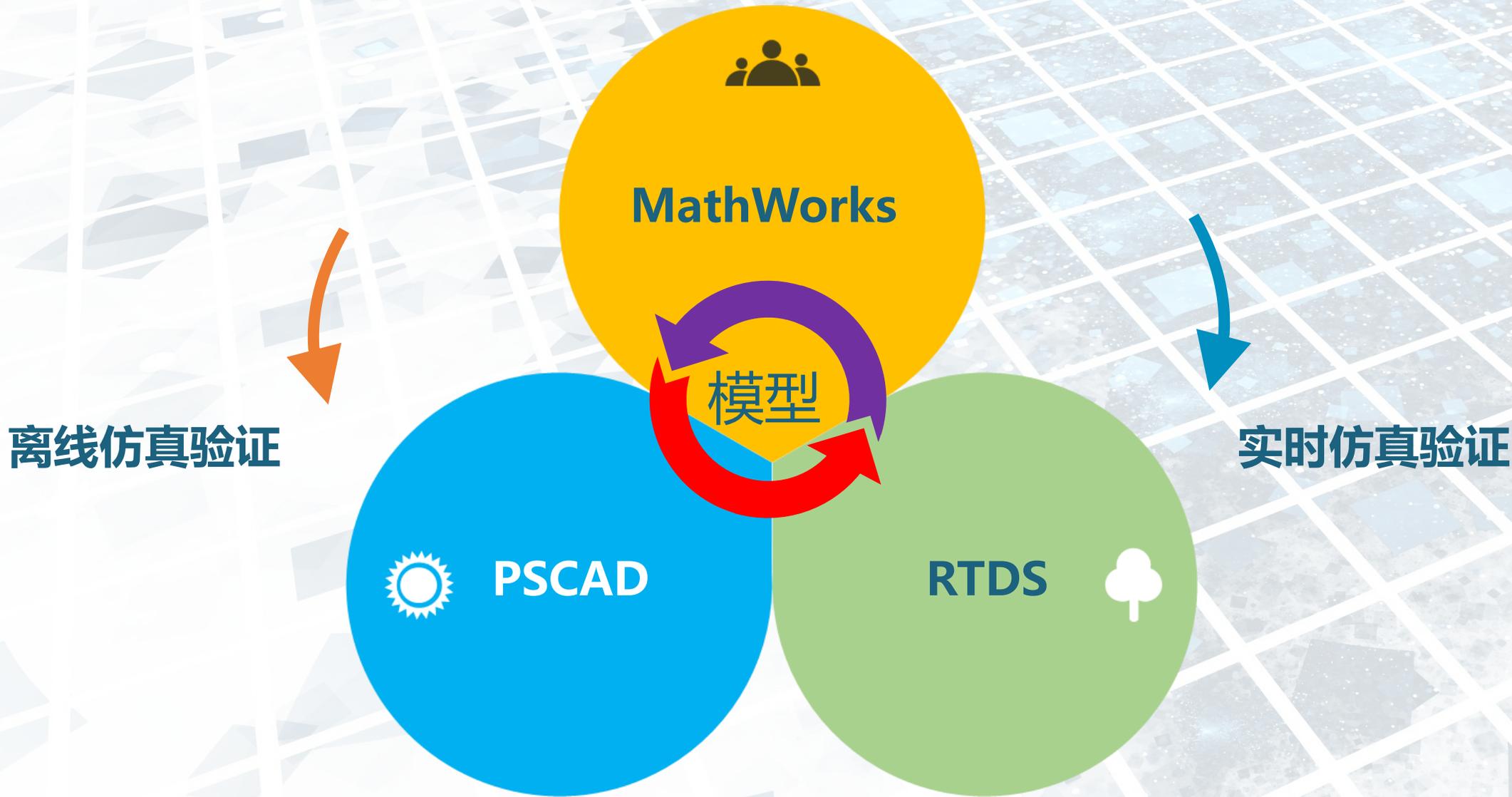
控制保护装置

阀控装置



PSCAD与RTDS的共模型

The Same Model for PSCAD and RTDS





工作步骤

Steps of Realization



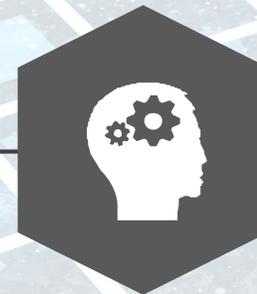
STEP 01 软件架构

软件架构的思考和“取舍”



STEP 02 模型的搭建

控制和电气模型的搭建



STEP 03 模型工作环境设计

根据控保系统批量测试和分析的需求，建立模型工作环境



工作步骤

Steps of Realization



STEP 04 关联PSCAD

通过打通PSCAD和MATLAB实现离线仿真的共模型



STEP 05 控制器下载

通过模型到控制器的一键下载实现实时仿真的共模型

工作步骤心得

- 不为代码生成而代码生成
- 投入精力在顶层设计和规划
- 任务分解和并行推进
- 所有子任务都有一个目的



IT'S BREAK TIME NOW

我们未来看到了什么？



开发方式的演变

Evolution of Software Development Life Cycle



可感知的价值

实现多人并行开发

贯穿软件开发全生命周期的系统分析验证

提升代码的规范性

将 RTDS 和 PSCAD 统一

模型自身就是最好的培训资料





下一步的工作计划

Next Move



将MBD流程的各个节点延伸链接，形成完整的MBD流程



实现控保软件可视化的实时调试



测试和参数优化的整合和自动化



全面使用Polyspace进行代码检测



未来

Bigger Picture



从需求捕捉到产品交付和持续升级全开发周期的
基于模型设计化



离线和在线测试的自动化和性能测试的智能评估

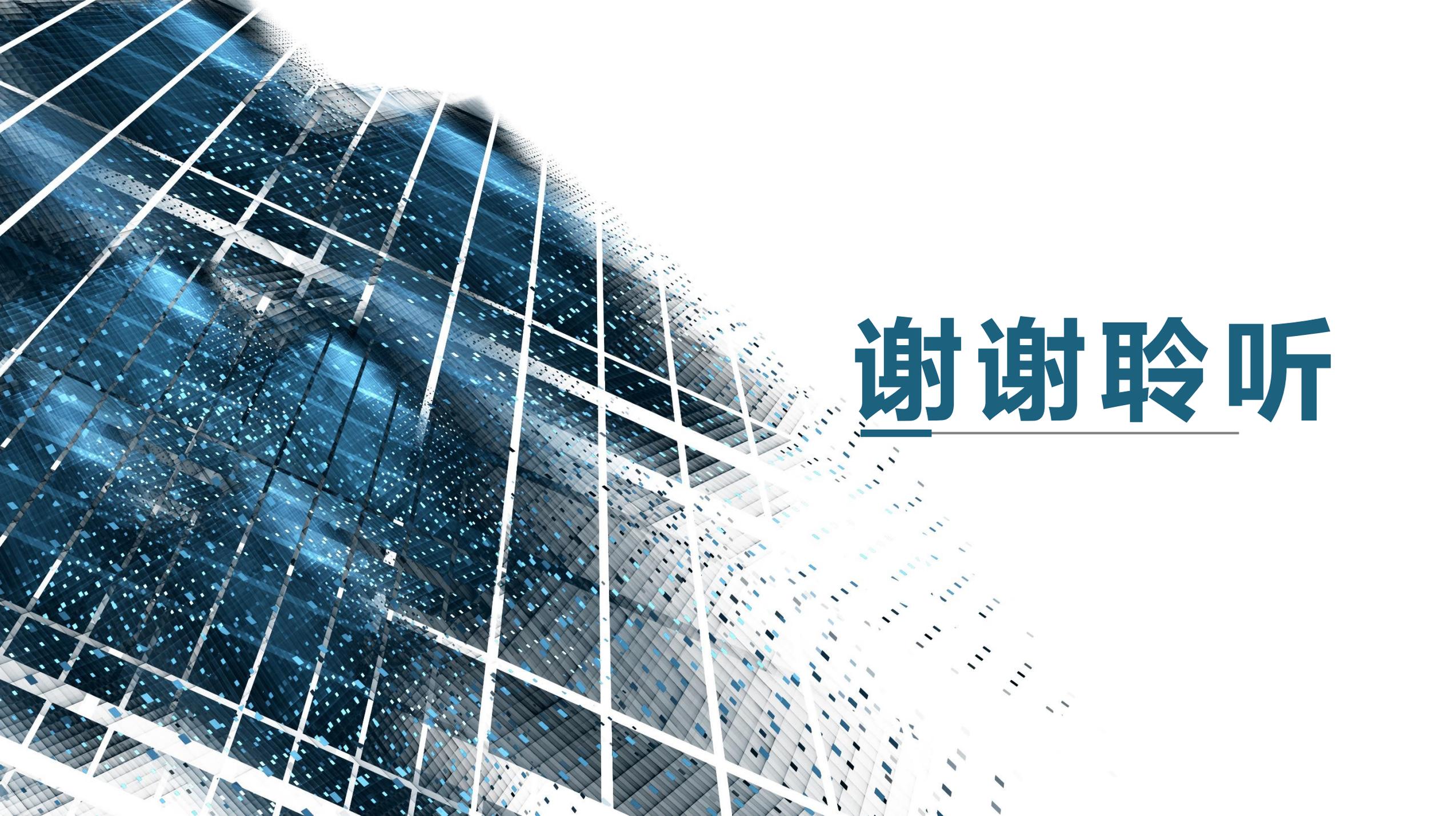


在其他产品线的推广和落地

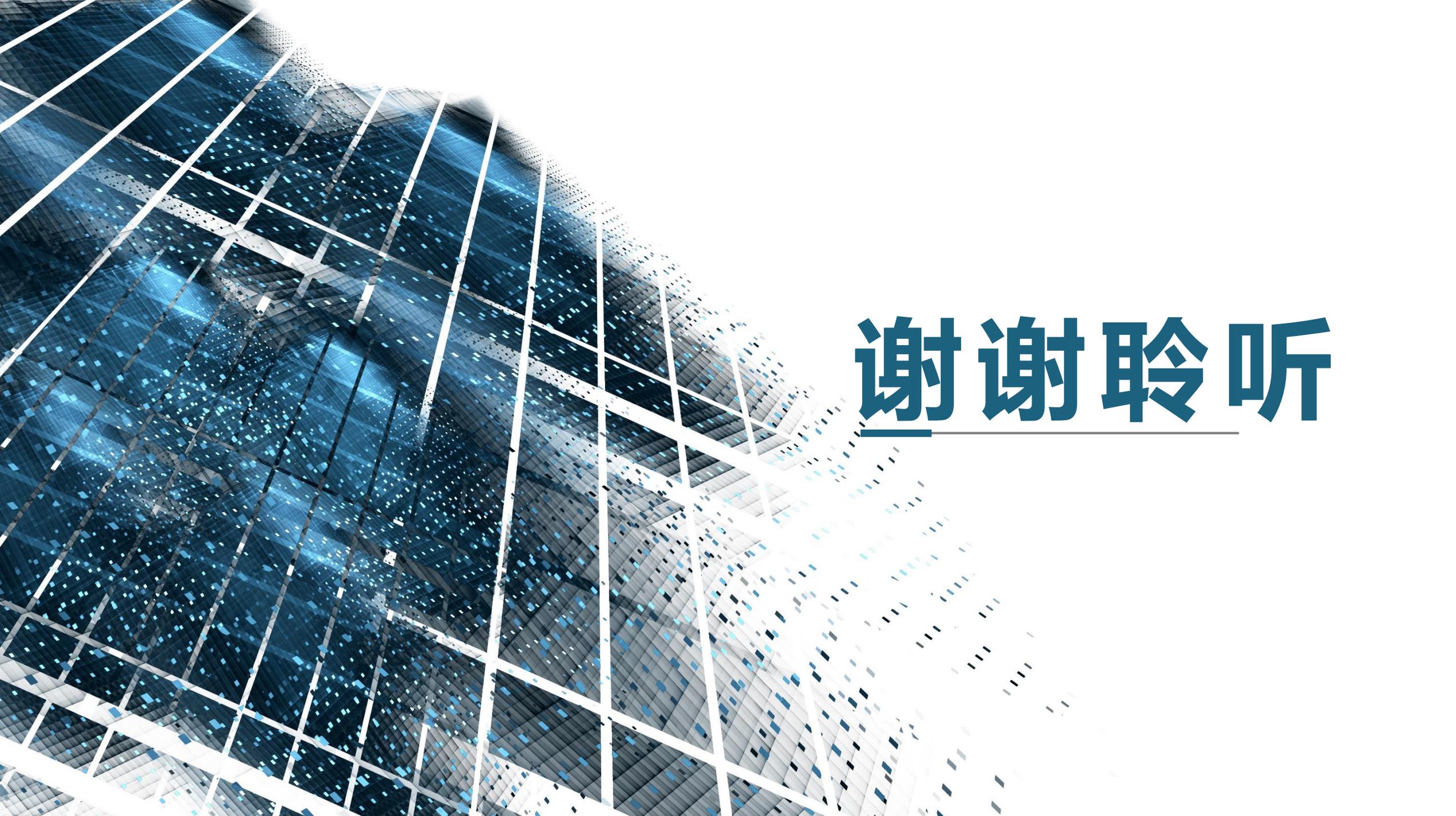


在行业内，引领软件可靠性的标准建立

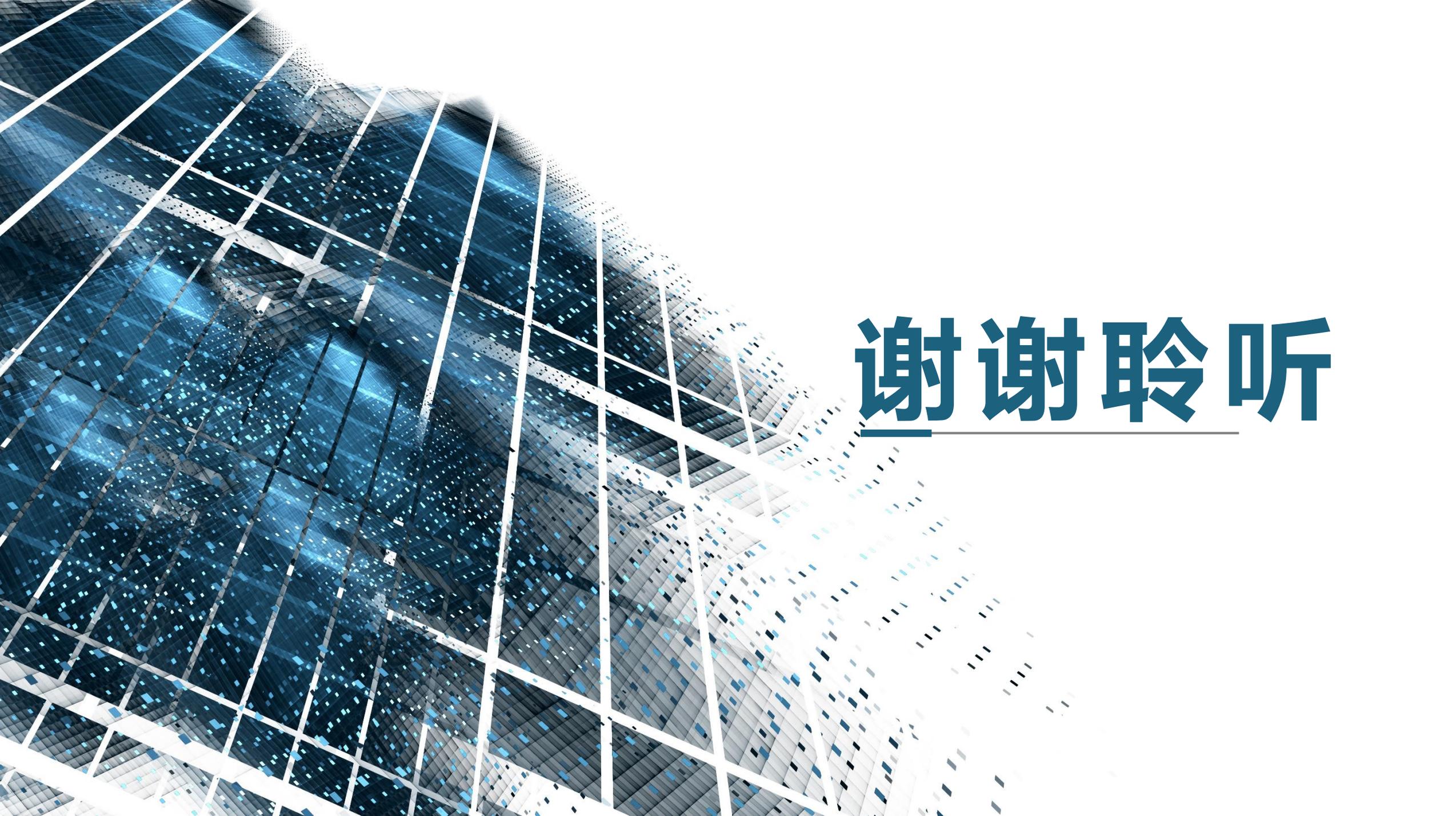




谢谢聆听



谢谢聆听



谢谢聆听