

MATLAB EXPO

人工智能算法在变速箱耐久试验中的应用

刘远超, 本田汽车零部件制造有限公司



目录

01

公司&产品介绍

02

项目背景、目的&设计思路说明

03

任务①：外观图像AI模型开发

04

任务②：信号数据AI模型开发

05

任务③：监视软件界面（App）开发

06

总结

目录

01

公司&产品介绍

02

项目背景、目的&设计思路说明

03

任务①：外观图像AI模型开发

04

任务②：信号数据AI模型开发

05

任务③：监视软件界面（App）开发

06

总结

公司介绍

基本信息

- **公司名：本田汽车零部件制造有限公司**
(Honda Auto Parts Manufacturing Co., Ltd.)
- **设 立：2005年9月20日**
(本田技研工业(中国)投资有限公司100%出资)
- **所在地：广东省佛山市南海区南海经济开发区**
(广州往西约30Km)
- **生产开始：2007年2月**
- **产 品：变速箱**
- **客户公司：广汽本田汽车有限公司、东风本田发动机有限公司
东风本田汽车有限公司**

公司理念和发展历程

基本理念

~尊重人 三个喜悦~

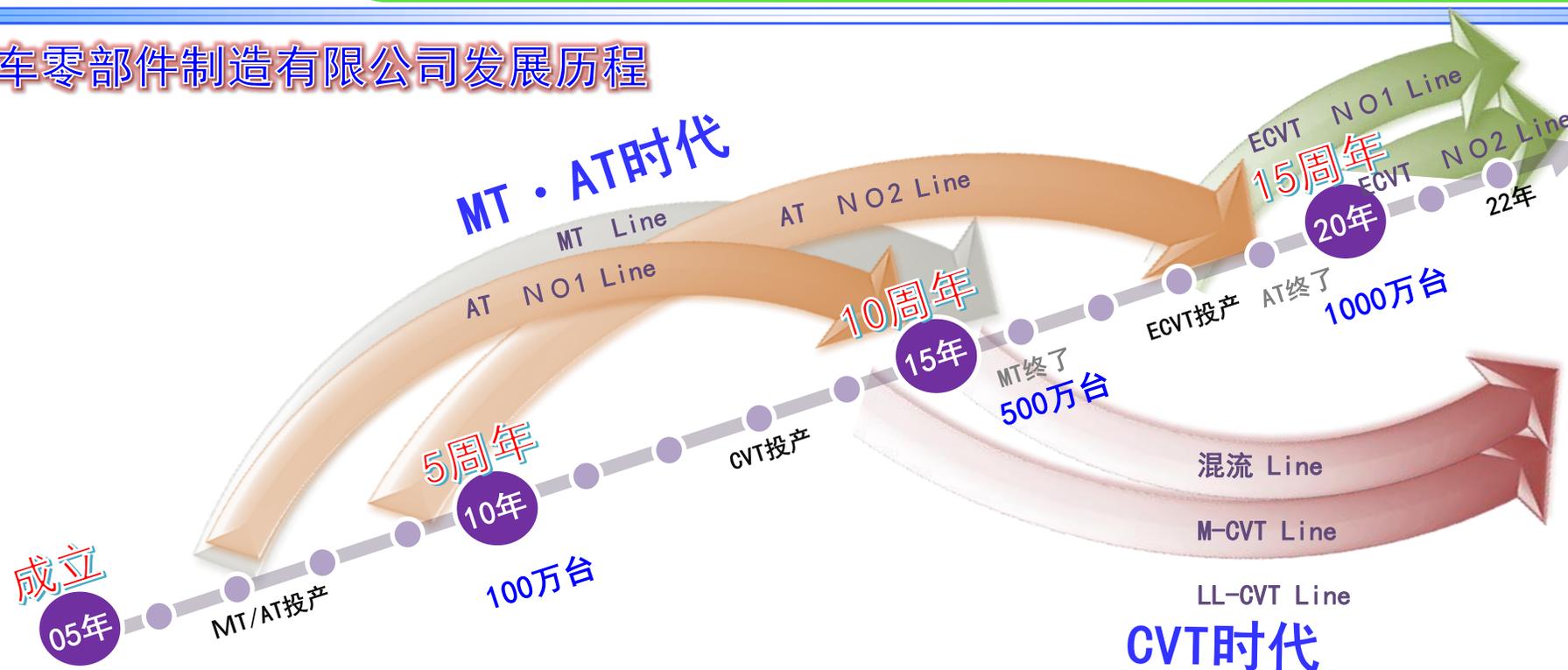
公司宗旨

我们放眼全球，竭尽全力以合理的价格提供高质量的商品，让全世界的用户满意。

运营方针

- 经常保持梦想和朝气
- 尊重理论、创意和时间
- 热爱工作、注重相互沟通
- 共同创造和谐、有条不紊的工作流程
- 勿忘不断的研究和努力

本田汽车零部件制造有限公司发展历程



产品介绍

CVT无级变速箱

CVT (Continuously Variable Transmission)



高效率·节能 Two-Motors
混合动力变速箱 (ECVT)

SPORT HYBRID i-MMD
Intelligent Multi-Mode Drive



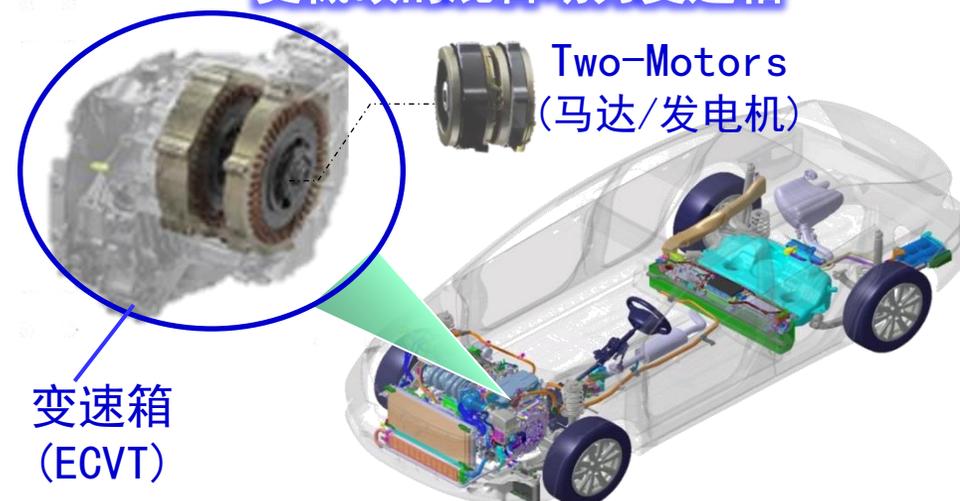
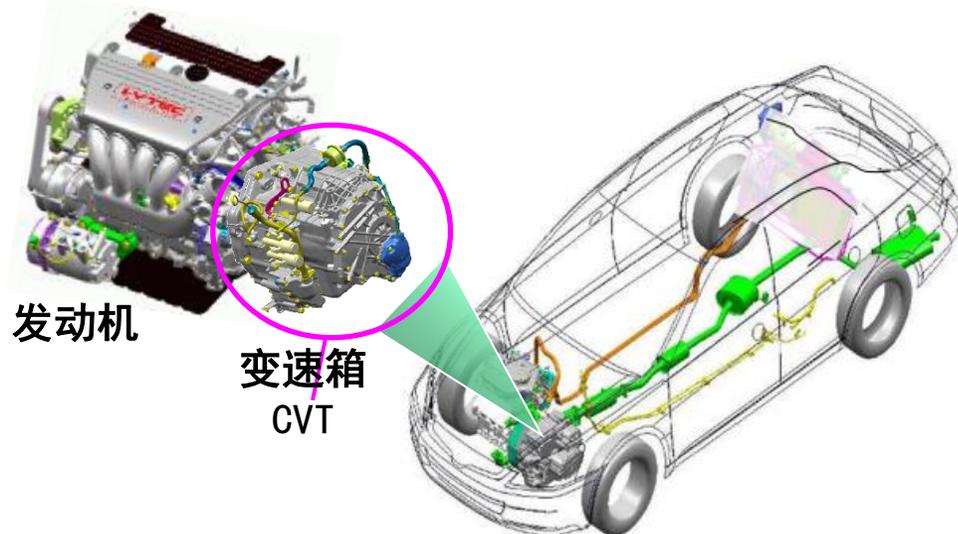
让发动机以适当的扭矩和转数输出动力的机构。

<无级变速箱 (CVT)>

<混合动力变速箱 (ECVT)>

更高燃效 · 更环保 · 更低碳的无级变速箱

通过高效率的Two-Motor协调、
切换最适运转模式 · 更高燃效 · 更环保 ·
更低碳的混合动力变速箱



目录

01

公司&产品介绍

02

项目背景、目的&设计思路说明

03

任务①：外观图像AI模型开发

04

任务②：信号数据AI模型开发

05

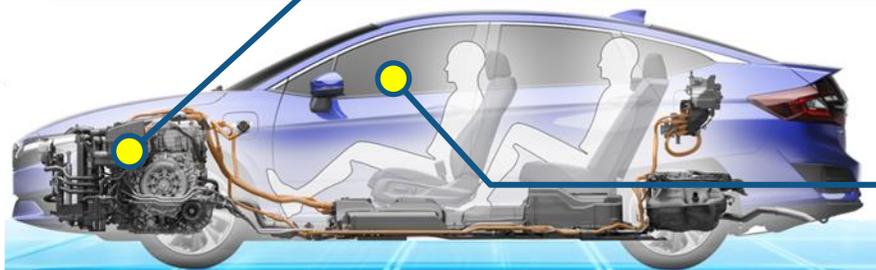
任务③：监视软件界面（App）开发

06

总结

项目背景

环境变化



图片引用: Honda混合动力技术

动力系统
低碳化

混合动力
电动

燃料电池

动力单元
控制系统
升级&进化

车辆控制
智能化

自动驾驶/泊车

智能语音

智能安全系统

车辆各类
控制系统
升级&进化

软件不断向
自动化/智能化
发展

动力单元开发&制造

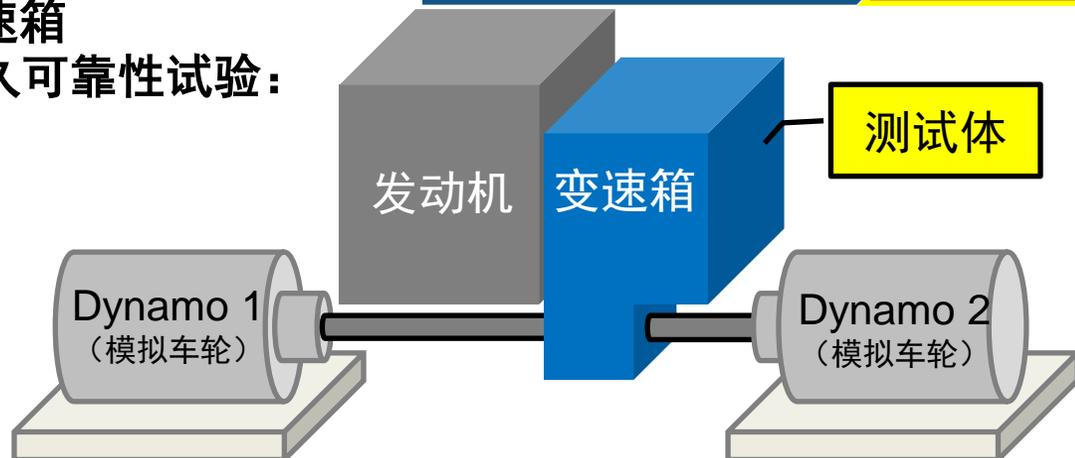
新机型开发设计

可靠性测试验证

生产制造

供给客户

变速箱
耐久可靠性试验:



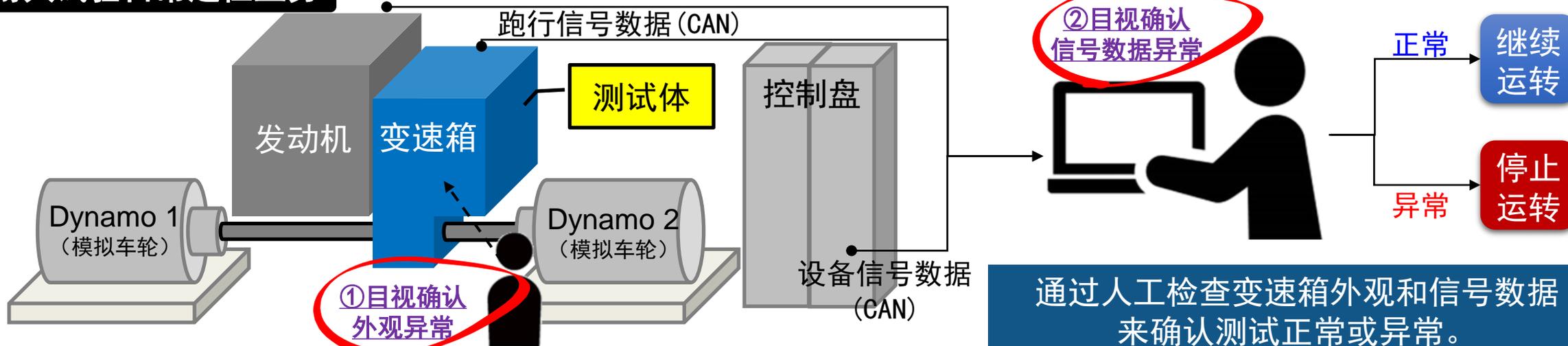
通过在设备（台架）是实施**高强度/全工况/长时间**的运转。验证变速箱及每个部品是否满足设计和客户使用寿命。

为了缩减测试周期，进行**全天候24H不间断运转**测试。即使是这样，测试周期也需要**约3个月**。

伴随着汽车各系统的控制实现自动化/智能化，可靠性试验需软件上实现自动化/智能化，向客户提供高品质商品，让客户满意。

项目开发目的

耐久试验日常巡检业务



人工巡检不足点



人工巡检/监视

实时监控	×
全时监视	×
异常精准检出	×

无法快速/及时检出异常

- 异常持续恶化
- ↓
- 部品异常或破损
- ↓
- 影响产品开发进度

投入大量人力

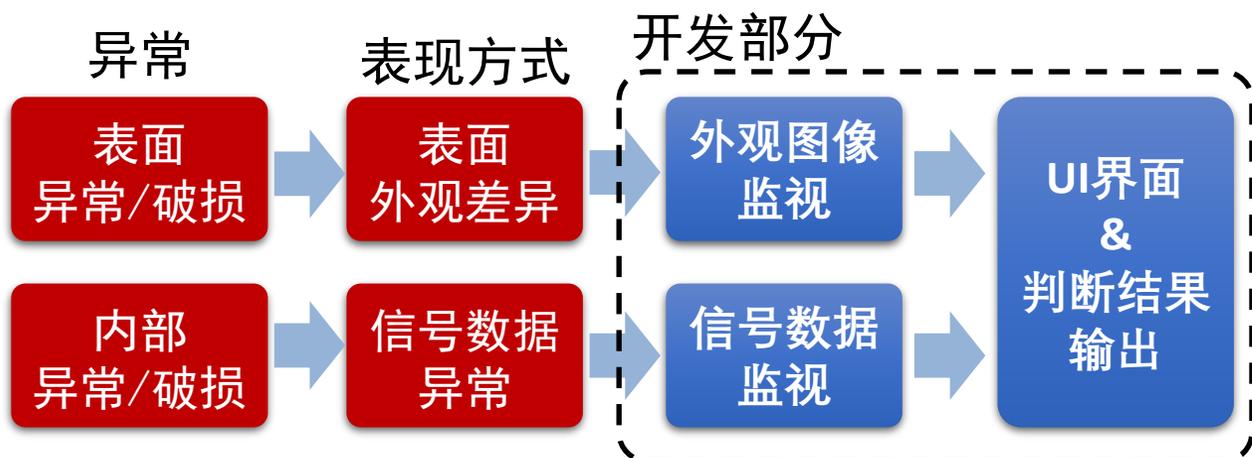
解决方案构想



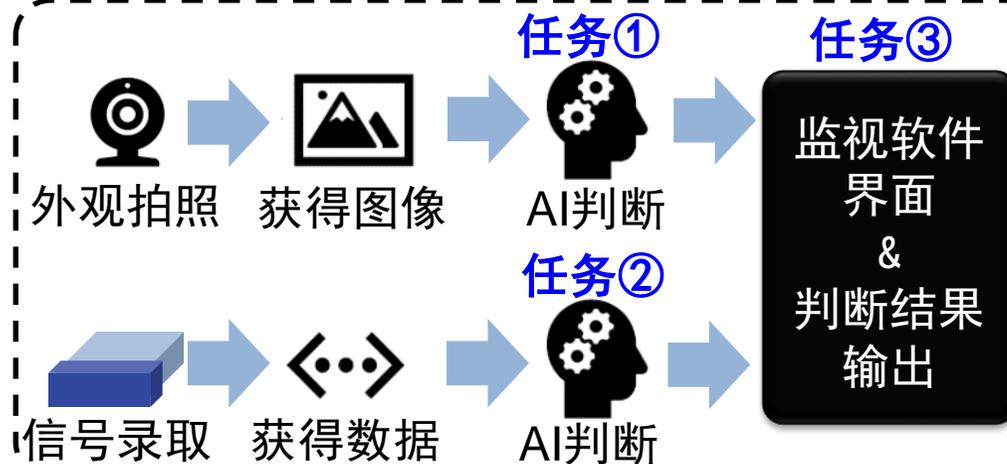
为了提升耐久可靠性的检证能力，达到**高效**的产品开发和验证，测试监视方式需要实现**自动化/智能化**。

监视系统设计思路

任务分析



任务明确



任务详情

- ①外观图像监视与判断 「使用基于AI的视觉检测算法自动检测变速箱外观异常」
→外观异常目标检测器AI模型开发。
- ②信号数据监视与判断 「分析不同运行工况下的传感器时序数据，开发基于AI的异常预警系统」
→信号数据预测AI模型开发。
- ③监视软件界面（App）开发「设计综合多通道图像和时序数据的监控软件界面」
→通过App Designer开发可视化监视软件及部署。
应用部署到PC（分享给测试工程师应用到全部设备）

目录

01

公司&产品介绍

02

项目背景、目的&设计思路说明

03

任务①：外观图像AI模型开发

04

任务②：信号数据AI模型开发

05

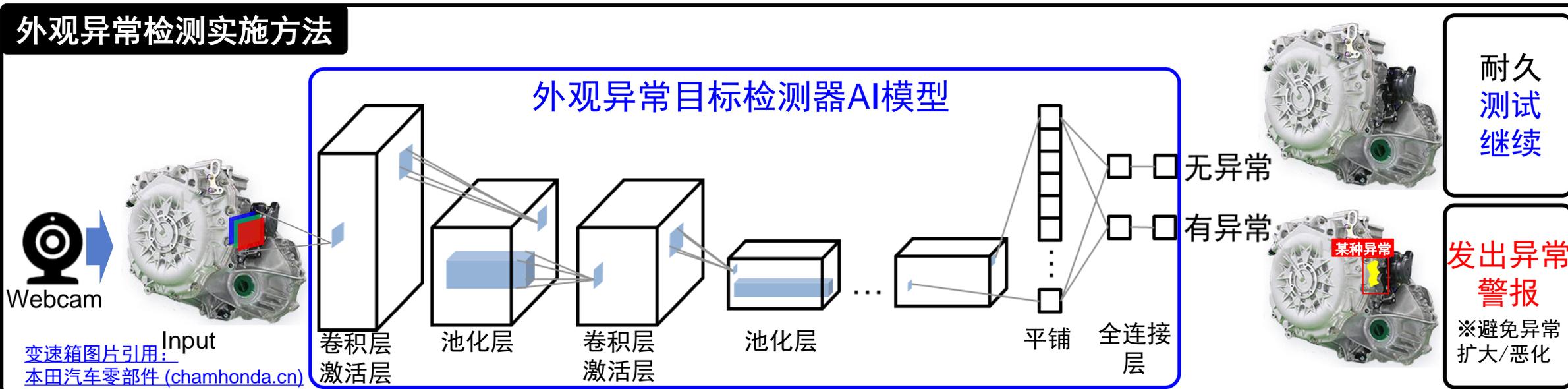
任务③：监视软件界面（App）开发

06

总结

任务①：外观图像AI模型开发

外观异常检测实施方法



AI模型深度学习

外观异常图像收集

异常目标边界标注

素材图像增强

异常目标检测器
训练

检测器AI模型
生成&验证

根据环境特点**全面收集**外观异常图像素材。

- ①多实验室→全环境
- ②多类变速箱→全类型
- ③变速箱为不规定多面体→多角度

使用什么工具进行快速标注？

运用了素材增加手段？

使用了什么神经网络？
使用什么方法训练？

目标检测器训练结果？
验证效果？

任务①：外观图像AI模型开发

深度学习

外观异常图像收集

异常目标边界标注

素材图像增强

异常目标检测器
训练

检测器AI模型
生成&验证

目的

标注出图像中异常的位置，让神经网络有标签学习。

实施要点&手段

使用深度学习工具箱

Image Labeler



Image Labeler

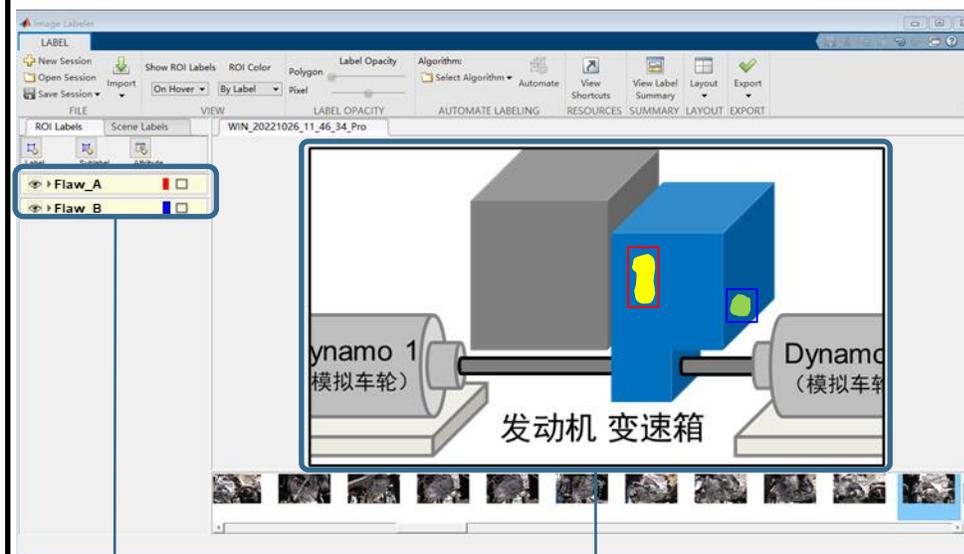
Video Labeler



Video Labeler

实施内容&效果

ROIs区域标注：



①分类标签设置

②异常区域标注

※需要对每张图像的异常位置进行标注。

标注数据生成：

gTruth		gTruth.LabelData	
gTruth.LabelData			
1			
Flaw_A			
1	[1696,2393,253,166]		
2	[1234,399,86,100;1108,722,239,140]		
3	5x4 double		
4	[780,479,54,114]		
5	[783,477,52,120]		
6	[658,	13	3x4 double
7	[658,	14	[1046,488,85,280;1076,357,57,91]
8	3x4 d	15	[1044,486,98,252;1063,349,68,101]
9	3x4 d	16	3x4 double
10	[]	17	3x4 double
11	[]	18	4x4 double
12	3x4 d	19	6x4 double
13	3x4 d	20	4x4 double
		21	[536,526,65,207]
		22	[303,336,55,231]
		23	4x4 double
		24	[553,421,189,244;827,895,163,125]
		25	[540,410,221,225;845,854,183,163]
		26	[757,587,50,163]
		27	4x4 double
		28	7x4 double

任务①：外观图像AI模型开发

深度学习

外观异常图像收集

异常目标边界标注

素材图像增强

异常目标检测器
训练

检测器AI模型
生成&验证

目的

对可预测的情况**实施素材变换与增加**，增强AI模型泛化程度，更好环境适应性。

实施要点&手段

使用图像处理函数

随机水平转置/尺寸缩放

- randomAffine2d
- affineOutputView

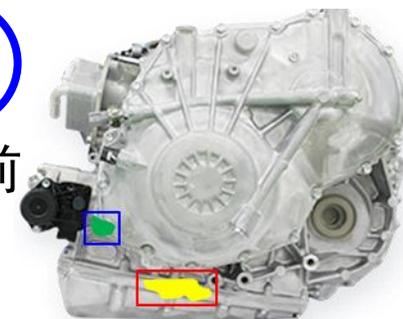
随机色域变换

- jitterColorHSV

实施内容&效果

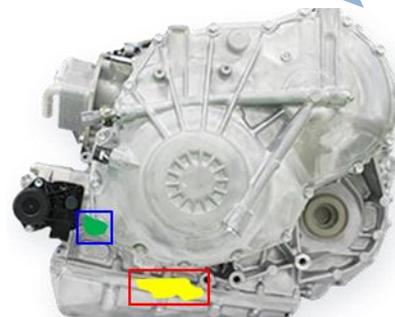
例

处理前

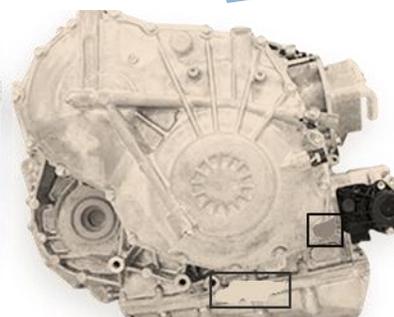


变速箱图片引用：
[本田汽车零部件 \(chamhonda.cn\)](http://chamhonda.cn)

处理后：



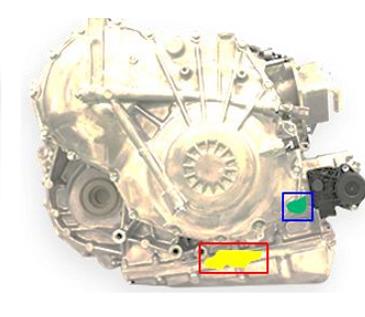
原图



转置+色域变换



缩放+色域变换



转置+缩放+色域变换

任务①：外观图像AI模型开发

深度学习

外观异常图像收集

异常目标边界标注

素材图像增强

异常目标检测器
训练

检测器AI模型
生成&验证

目的

选择适合的神经网络，训练出高准确率的AI模型，让你事半功倍。

实施要点&手段

基于YOLO V4的迁移学习

预训练神经网络

- tiny-yolov4-coco

YOLO V4检测器训练函数

- trainYOLOv4ObjectDetector

实施内容&效果

Step 1: 创建预训练目标检测器

```
detector = yolov4ObjectDetector
("tiny-yolov4-coco");
```

Step 3: 训练AI模型（迁移学习）

```
trainedDetector =
trainYOLOv4ObjectDetector
(augmentedTrainingData,detector,options);
```

Step 2: 设定训练超参数

难点

Options参数调整

```
options = trainingOptions("sgdm", ...
'ExecutionEnvironment','auto',...
InitialLearnRate=0.008, ...
MiniBatchSize=16, ...
MaxEpochs=97, ...
BatchNormalizationStatistics="moving",...
ResetInputNormalization=false, ...
VerboseFrequency=30);
```

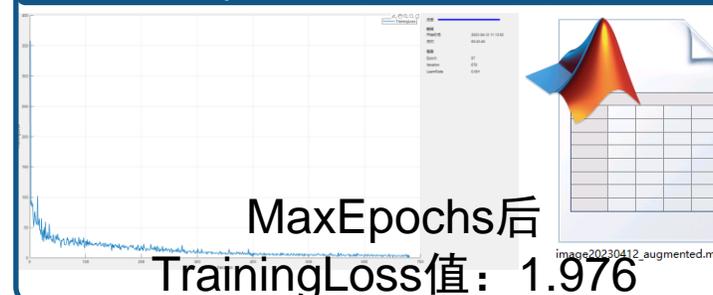
例：学习率优化调整



试验管理器

或可使用试验管理器

Step 4: AI模型生成&保存



任务①：外观图像AI模型开发

深度学习

外观异常图像收集

异常目标边界标注

素材图像增强

异常目标检测器
训练

检测器AI模型
生成&验证

目的

验证外观异常目标检测器是否达到检出异常的要求。

实施要点&手段

全新图像为测试集可靠性验证

收集全新图像作为测试集

- 不同实验室&不同当照
- 不同各类变速箱
- 不同角度

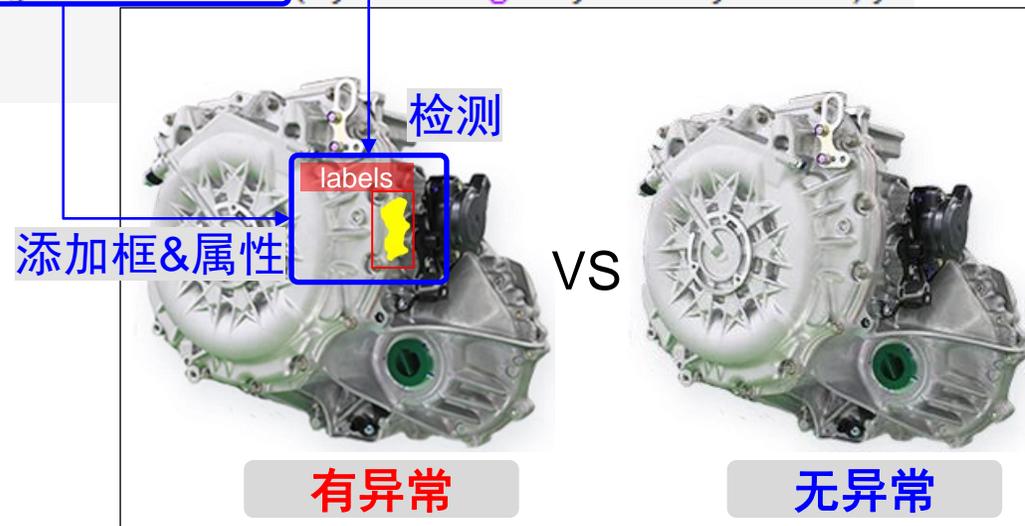
验证使用函数

- detect
- insertObjectAnnotation

实施内容&效果

测试集实施可靠性验证：

```
[bboxes, scores, labels] = detect(trainedDetector, I, Threshold=0.9);
detectedImg = insertObjectAnnotation(I, "Rectangle", bboxes, labels);
imshow(detectedImg)
title(string(labels))
```



不同光照/不同角度/不同种类变速箱都能准确识别外观异常现象。
AI模型满足使用要求。

目录

01

公司&产品介绍

02

项目背景、目的&设计思路说明

03

任务①：外观图像AI模型开发

04

任务②：信号数据AI模型开发

05

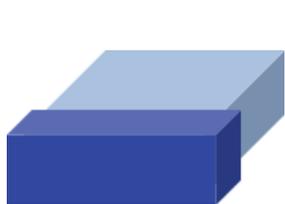
任务③：监视软件界面（App）开发

06

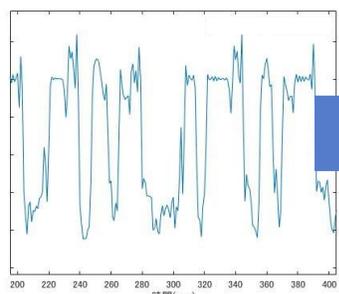
总结

任务②：信号数据AI模型开发

信号数据检测方法

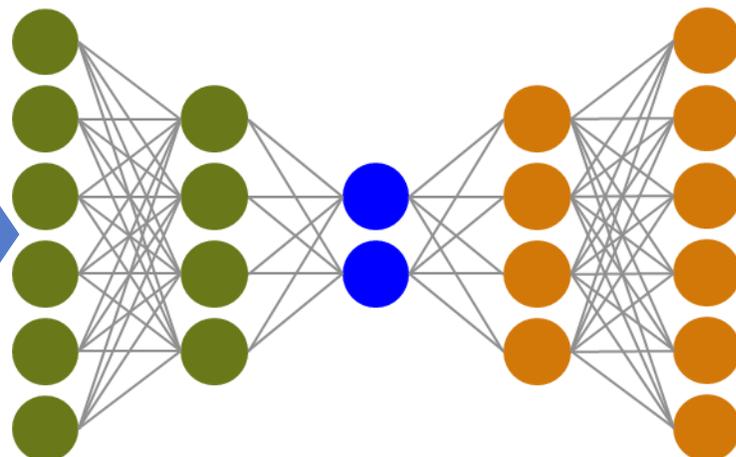


信号录取



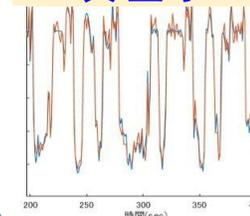
数据解析&获得

实现数据重建的AI模型

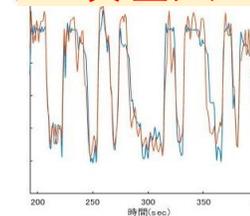


重建
误差

误差小



误差大



耐久
测试继续

发出异常
警报
测试中止

※避免异常
扩大/恶化

AI模型深度学习

信号数据收集&前处理

如何全面收集数据?
如何实现数据降维?

数据判断AI模型训练

使用什么神经网络?
使用什么方法进行训练?

数据判断AI模型生成&验证

AI模型训练结果?
测试集验证效果?

任务②：信号数据AI模型开发

深度学习

信号数据收集&前处理

数据判断AI模型训练

数据判断AI模型生成&验证

目的

在保证获得充分的训练数据下，对数据降维处理，达到精度高，模型小的效果。

实施要点&手段

根据应用场景特点数据收集

特点1：汽车CAN总线通道多

·数据类型多样：录取128通道

特点2：测试工况/模式多

·工况不同/数据不同

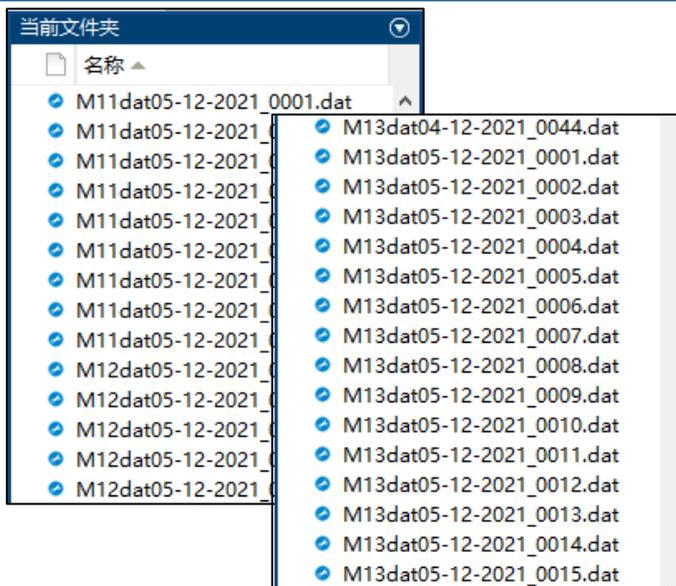
特点3：

耐久前/中/后劣化&数据变化

·同一工况，在不同时间点跑出数据具有不同性。

实施内容&效果

Step 1: 训练用信号数据收集



获取每一个工况模式的多组
(耐久前/中/后) 正常数据。

Step 2: 数据降维 (AI模型小型化)

128个通道

重要/必要信号抽出

特征相关性区分数据



6个数据类型组

任务②：信号数据AI模型开发

深度学习

信号数据收集&前处理

数据判断AI模型训练

数据判断AI模型生成&验证

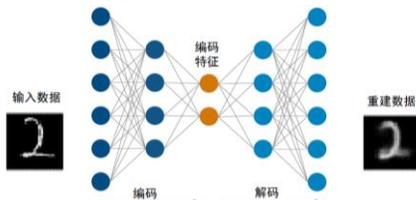
目的 选择适合的神经网络，训练出高准确率的AI模型，让你事半功倍。

实施要点&手段

基于深度学习工具箱的
Autoencoder AI模型训练

选用AI模型

· Autoencoder

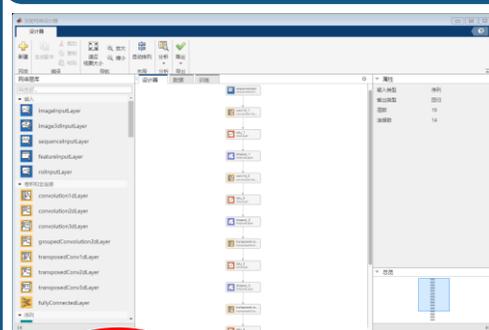


App使用：
Deep Network Designer



实施内容&效果

Step 1: 定义网络层&
设置Options



难点

不断调整参数，确保参数最优。



或可使用试验管理器

Step 2: 训练AI模型

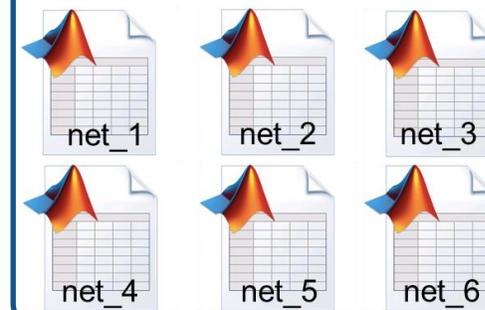
```
net =  
trainNetwork(Xtrain,  
Xtrain, layers, options);
```

%训练Autoencoder
时，需要输入和目标
相同。

Step 3: AI模型
生成&保存



AI模型生成



任务②：信号数据AI模型开发

深度学习

信号数据收集&前处理

数据判断AI模型训练

数据判断AI模型生成&验证

目的 验证通过AI模型对数据重建后能否满足数据异常判断需求。

实施要点&手段

过往异常数据进行验证

收集测试集

· 过往存在异常的数据

验证用函数与方法

```
Y = predict(net, X);
```

%重建数据。

```
MAE = abs(Y-X);
```

%计算重建误差。

判断 $MAE > thr$ (正常误差范围)

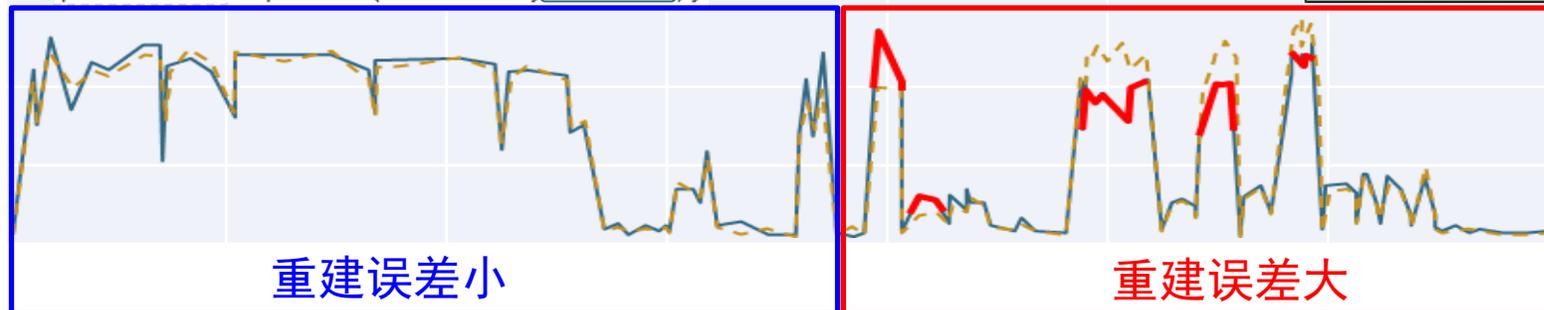
实施内容&效果

例：某通道信号数据

重建 (AI) 数据

待判断数据

```
predictData = predict(trainedNet, basicData);
```



重建误差小

重建误差大

该通道数据正常，
耐久测试继续。

该通道数据异常，
测试停止，并且锁定该通道
相关部品发生异常。

通过Autoencoder重建数据 (AI数据)，与待判断数据对比，重建误差大于设定值 (一般设定1.1倍验证集误差) 时，判断数据异常。可以快速推断问题发生源。

目录

01

公司&产品介绍

02

项目背景、目的&设计思路说明

03

任务①：外观图像AI模型开发

04

任务②：信号数据AI模型开发

05

任务③：监视软件界面（App）开发

06

总结

任务③：监视软件界面（App）开发

目的 制作出可视化软件，部署到所有实验室的PC进行测试监视。

实施流程



实施内容&效果

使用控件

常用 (Common): HTML, 下拉框 (Dropdown), 切换按钮组 (Toggle Group), 列表框 (List Box), 单选按钮组 (Radio Group), 图像 (Image), 坐标区 (Coordinate Area), 复选框 (Checkbox), 微调器 (Slider), 按钮 (Button), 文本区域 (Text Area), 日期选择器 (Date Selector), 标签 (Label), 树 (Tree), 树(复选框) (Tree with checkboxes), 滑块 (Slider), 状态按钮 (Status Button), 编辑字段(数值) (Edit Field (Value)), 编辑字段(文本) (Edit Field (Text)), 表 (Table), 超链接 (Hyperlink).

容器 (Containers): 网格布局 (Grid Layout), 选项卡组 (Option Card), 面板 (Panel).

图窗工具 (Figure Window Tools): 上下文菜单 (Context Menu), 工具栏 (Toolbar), 菜单栏 (Menu Bar).

仪器 (Instruments): 仪表 (Gauge), 仪表(90度) (Gauge (90 degrees)), 仪表(半圆形) (Gauge (Semi-circular)), 仪表(线性) (Gauge (Linear)), 信号灯 (Traffic Light), 开关 (Switch), 开关(切换) (Switch (Toggle)), 开关(踏板) (Switch (Pedal)), 旋钮 (Knob), 旋钮(离散) (Knob (Discrete)).

控件应用

多视角漏油检测界面

The interface displays four camera views for oil leak detection: 前视角 (Front View), 后视角 (Rear View), 左视角 (Left View), and 右视角 (Right View). Each view includes a '判断结果' (Judgment Result) indicator and control buttons for '视频输入' (Video Input), '开始检测' (Start Detection), and '关闭检测' (Stop Detection).

多通道数据检查&判断界面

The interface shows a data plot with a y-axis ranging from 0 to 1.0 and an x-axis from 0 to 1. A large blue box highlights the following features:

- ① 实时数据处理判断 (Real-time data processing and judgment)
- ② 异常数据保存/查看 (Abnormal data saving/viewing)
- ③ 一键数据统计 (One-click data statistics)

目录

01

公司&产品介绍

02

项目背景、目的&设计思路说明

03

任务①：外观图像AI模型开发

04

任务②：信号数据AI模型开发

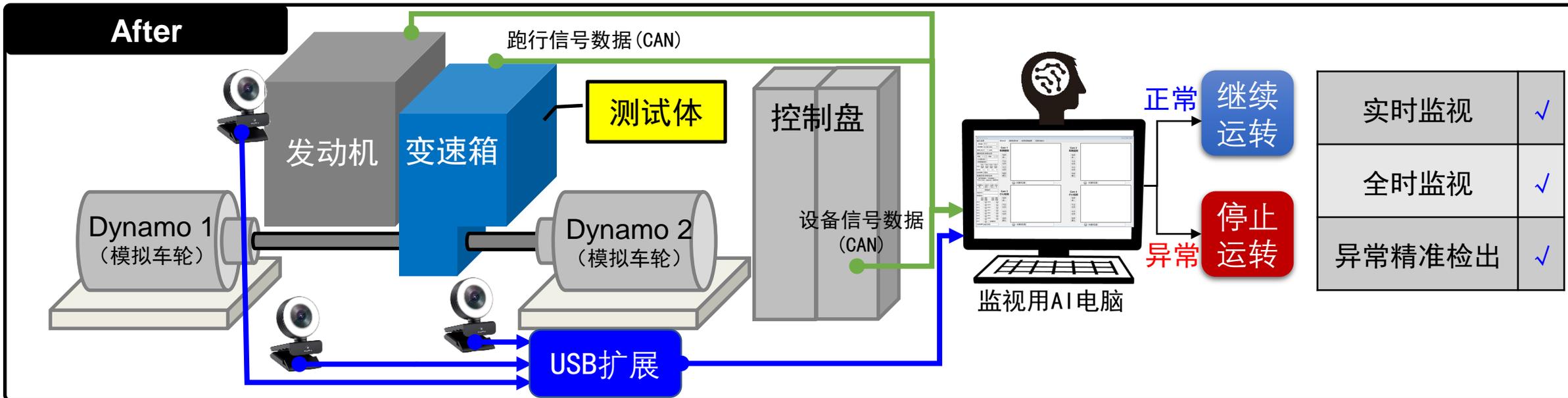
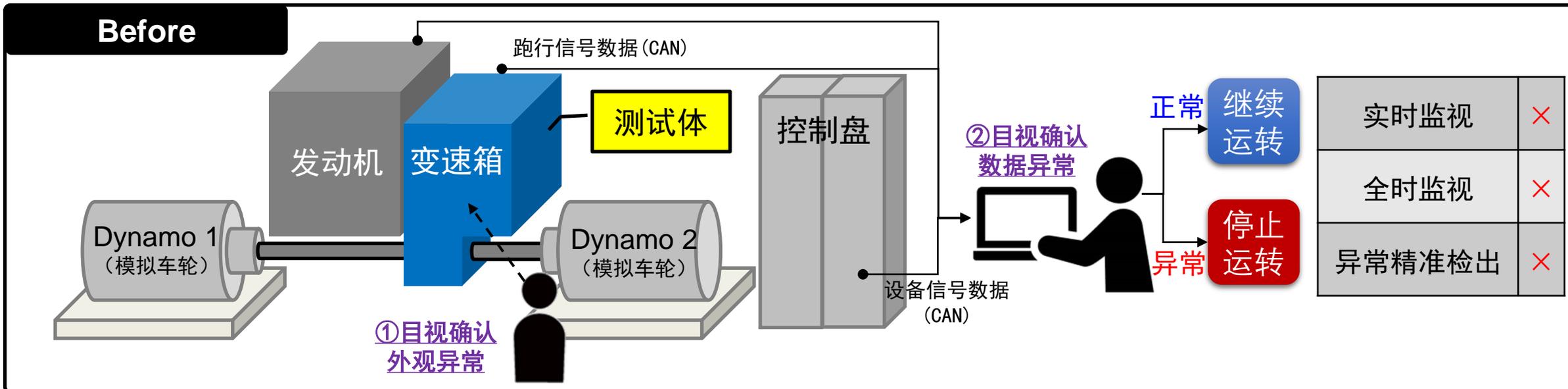
05

任务③：监视软件界面（App）开发

06

总结

总结



开发感想

1. 在MATLAB产品和技术支持下，我们团队从编程技术“0”基础，快速构建起具备一定软件开发能力的技术基盘，并且自主开发基于人工智能的计算机视觉系统和数据科学处理系统。
2. 本回监视系统开发涉及领域：计算机视觉 图像处理 数据处理 深度学习等。
3. 为什么选择MATLAB？
 - ①MATLAB使用“M语言”，在很多情况下，无需指定变量类型，就能直接赋值，编程简单易懂，有利于基础薄弱的跨行业人员学习与应用。
 - ②MATLAB提供有非常强大的工具箱，适用于各行各业，给各类型的学习研究和应用带来极大便利。
 - ③MathWorks公司具有强大的技术支援，为各行业的使用者的运用和攻坚克难提供帮助，本项目在开发过程中，通过多次与MATLAB相关人员沟通和交流，最终实现软件开发目标。

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.