

# 智能驾驶理论与实践专题

端到端智能驾驶概述

地平线智能驾驶开发者社区

# 端到端智能驾驶

## 目录

## Contents

### 智能驾驶发展

- 软件1.0时代
- 软件2.0时代
- 软件3.0（端到端）

### 大模型

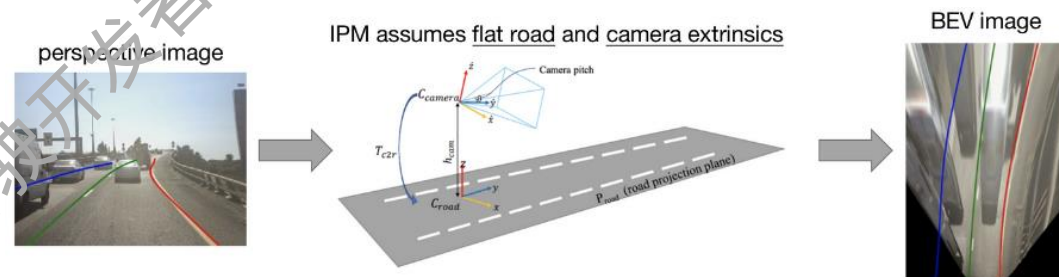
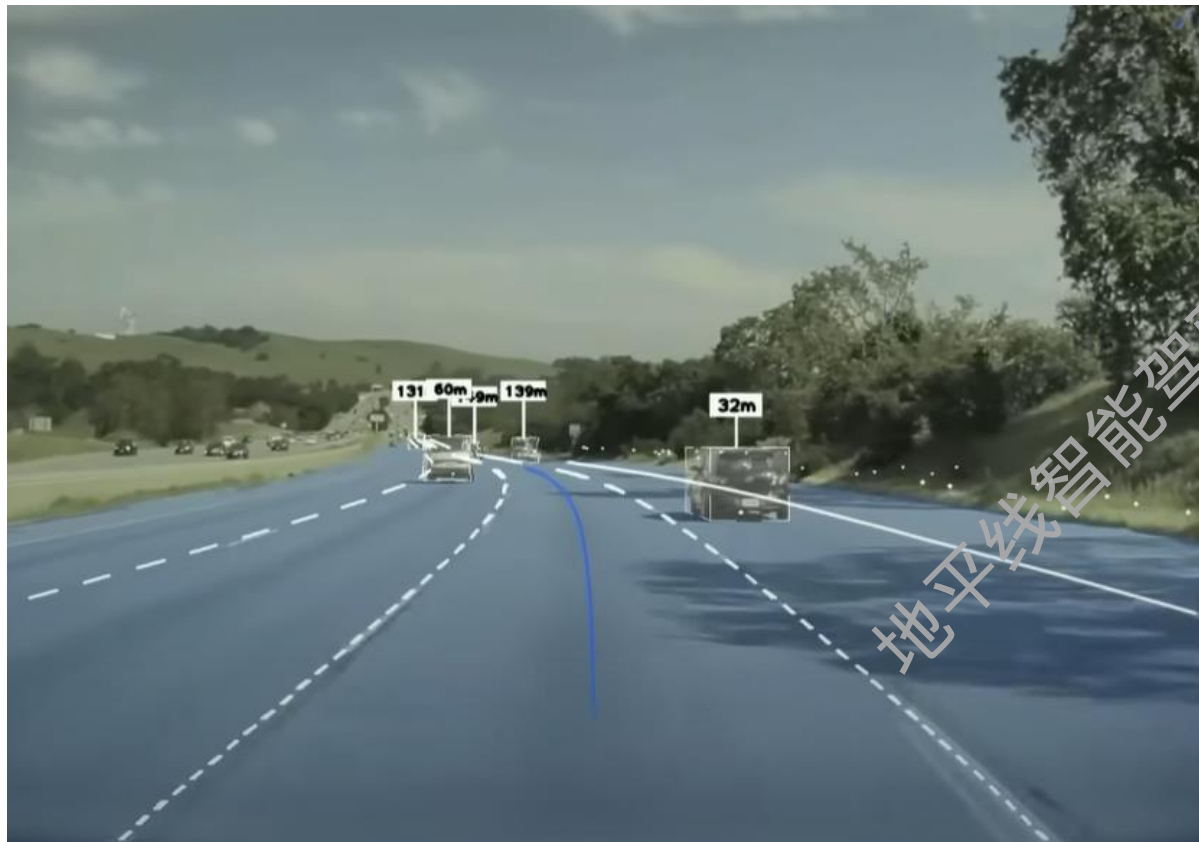
- 语言模型GPT
- 视频生成Diffusion

### 端到端

- 端到端定义
- 快慢系统
- 端到端训练范式

# 智能驾驶技术演进

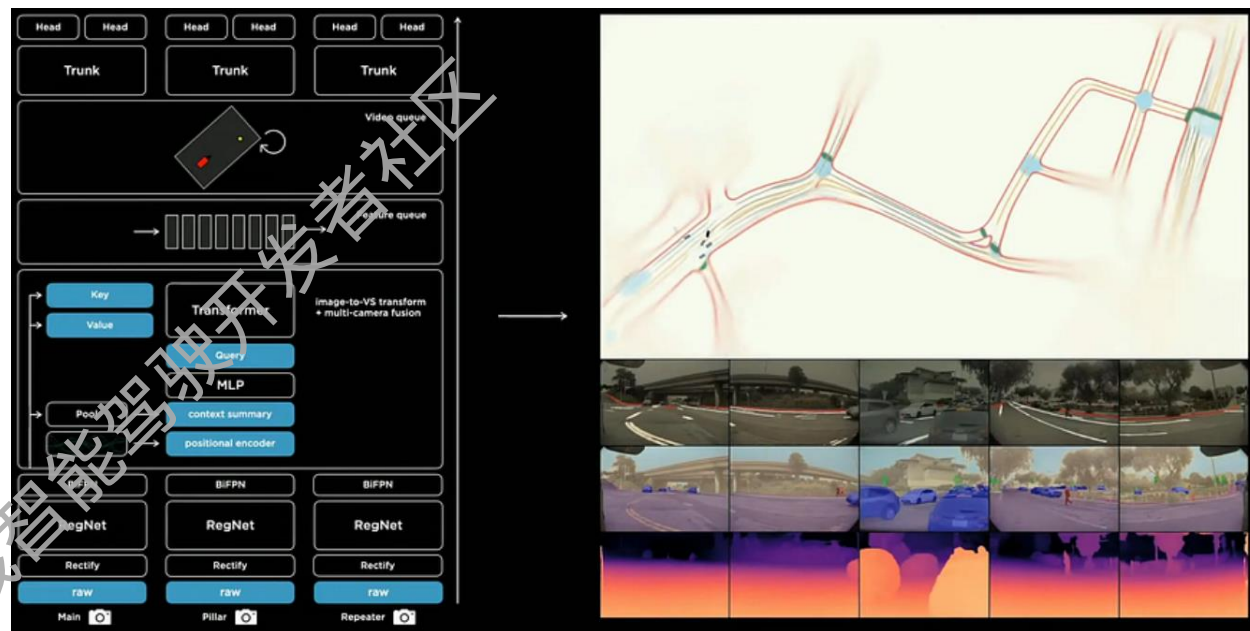
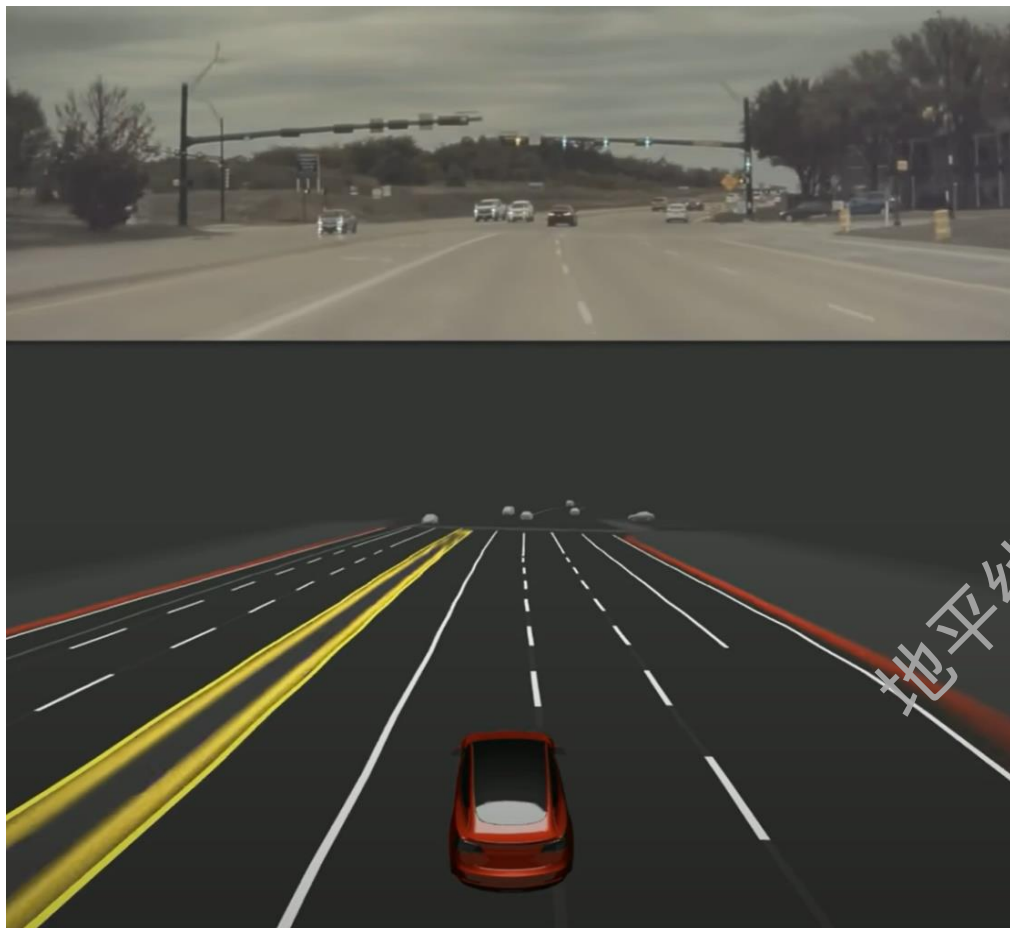
软件1.0



- 神经网络主要负责2D图像感知
- 3D环境，预测，规控均为逻辑代码
- 主要问题：融合空间/时间 较为困难

# 智能驾驶技术演进

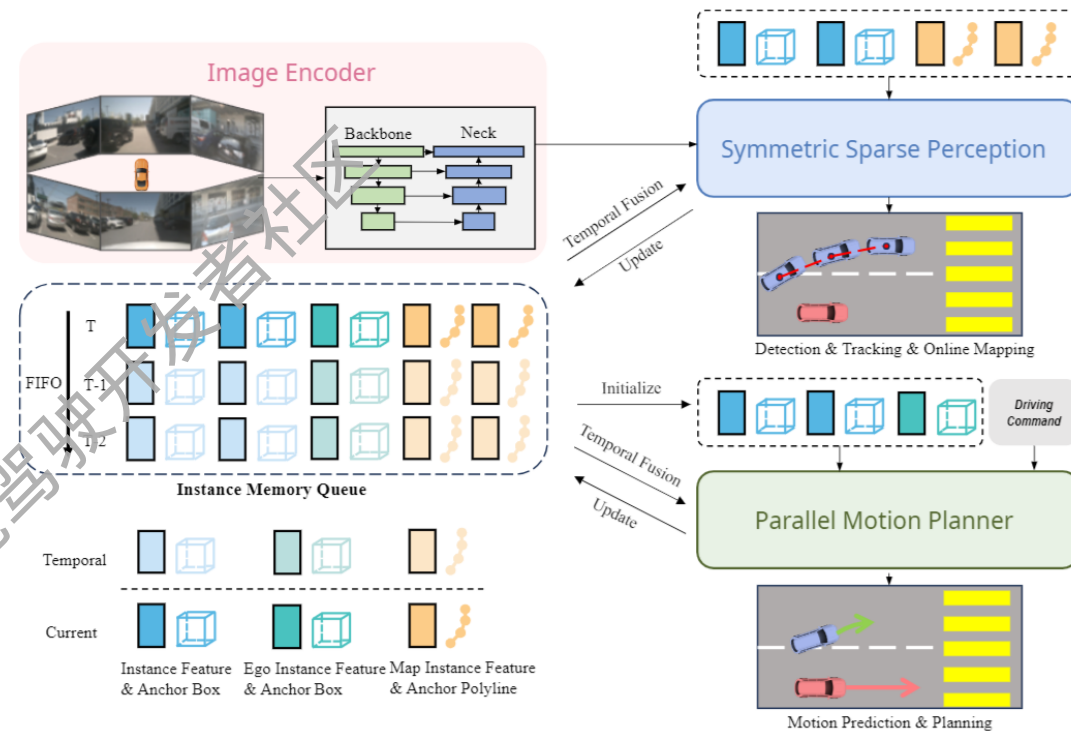
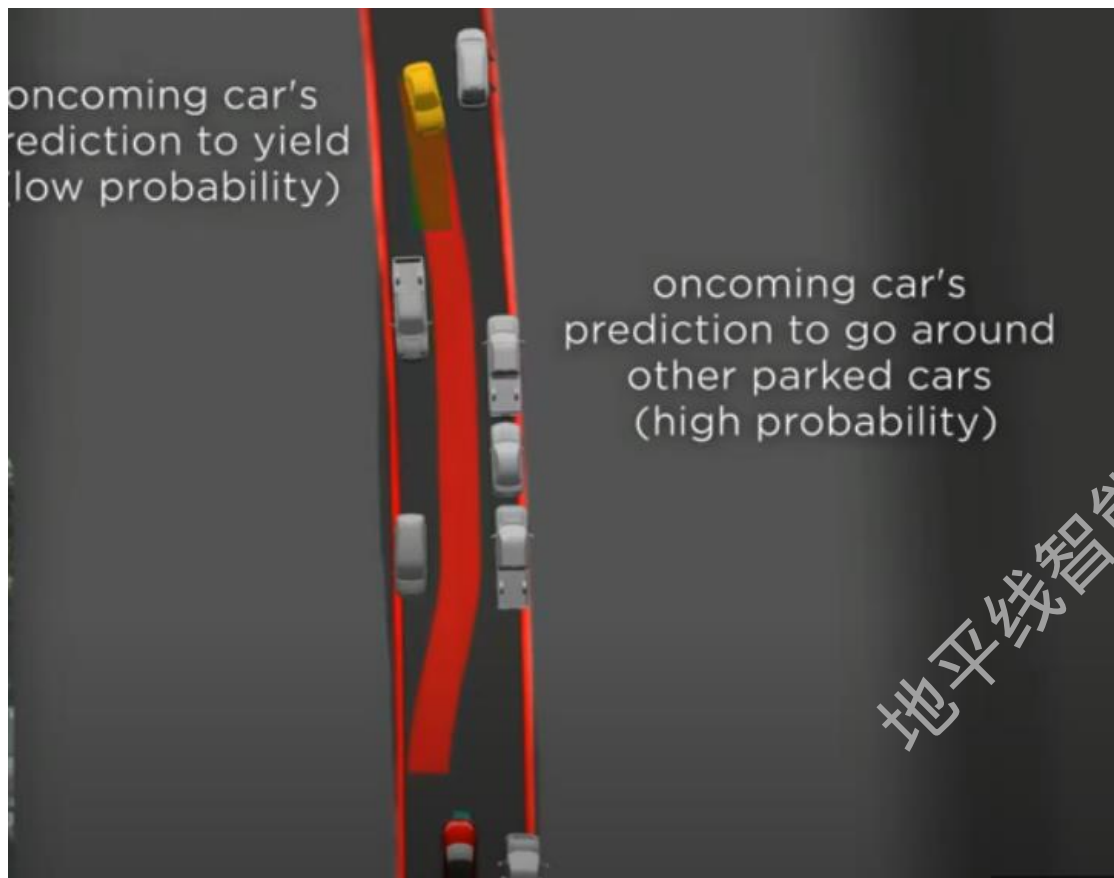
## 软件2.0



- BEV感知：神经网络包括了2D->3D空间转换
- 升级版：BEV感知预测，Occupancy占用网络
- 主要问题：处理不完corner case

# 智能驾驶技术演进

## 软件3.0



- 神经网络直接输出轨迹规划
- 真实世界无法用规则化的代码穷举

# 智能驾驶技术演进

端到端智能驾驶

端到端会放大智能驾驶的上限和下限



AI DRIVR ✓ There's a HUMAN inside Tesla FSD 12.3



动态理解施工人员意图



Ashok Elluswamy ✓ @aelluswamy · 14小时  
FSD respects chicken that wanna cross the road



礼让一群小鸡过马路 ☺

# 智能驾驶技术演进

端到端智能驾驶

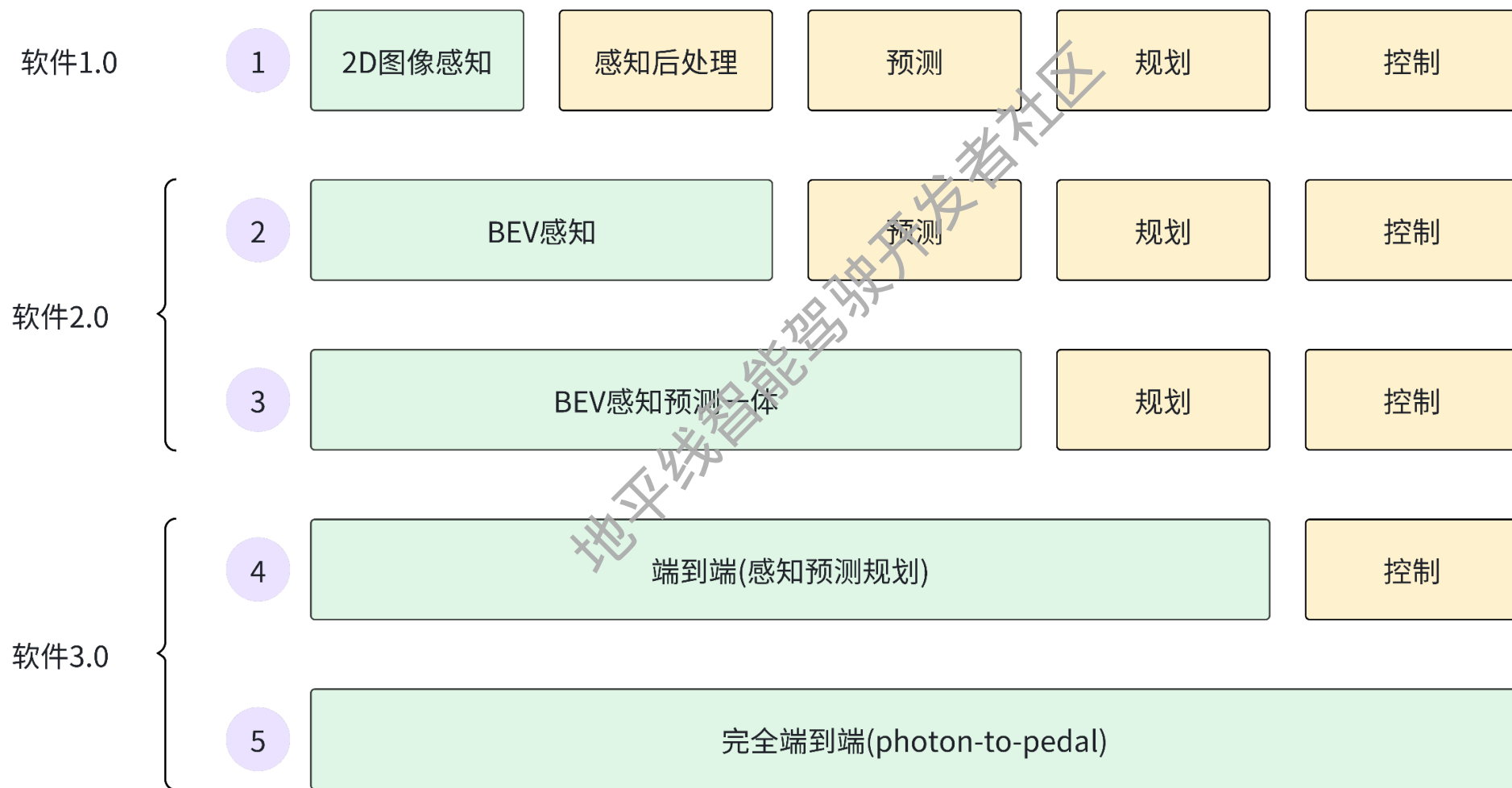
端到端会放大智能驾驶的上限和下限



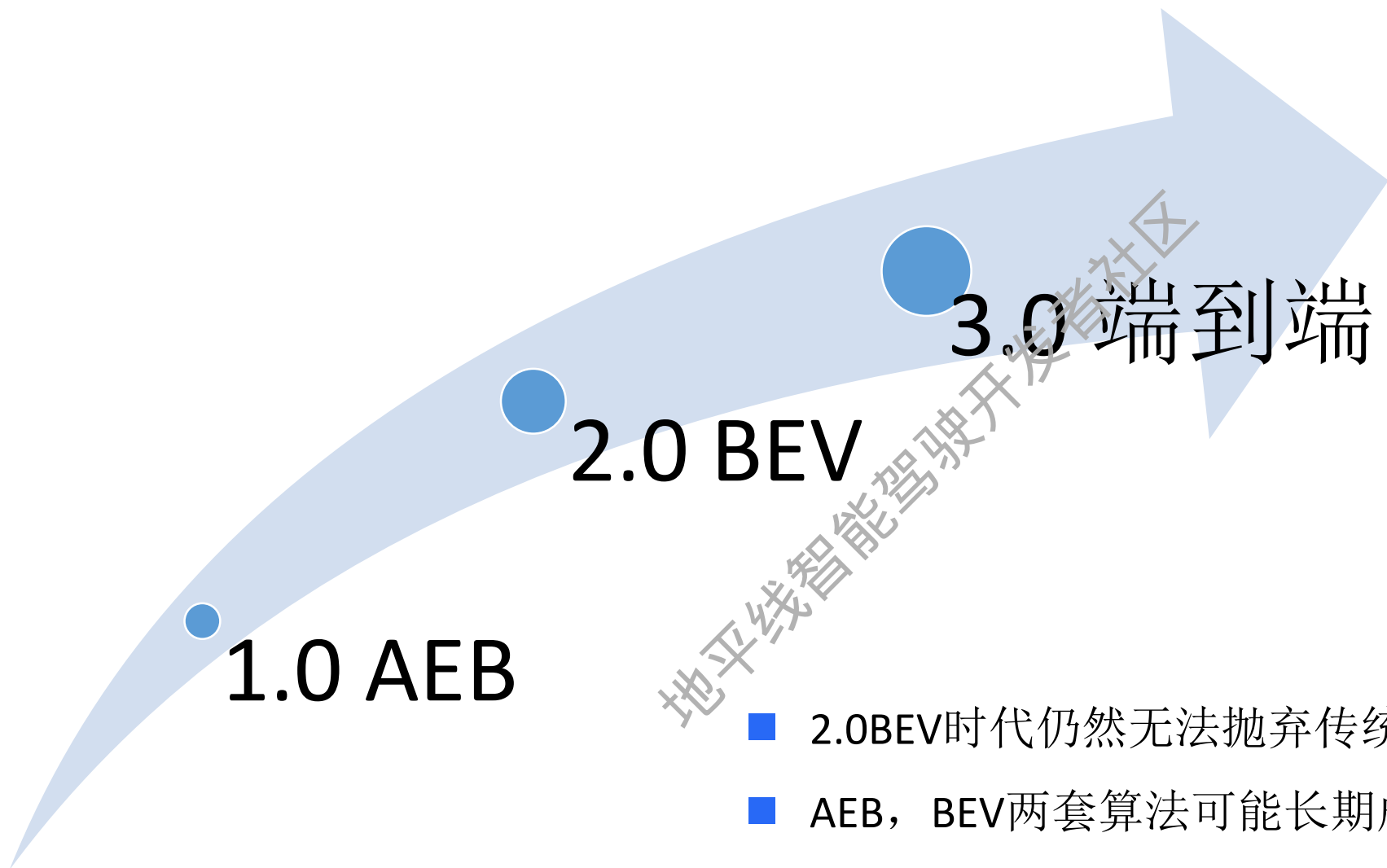
红灯还没转绿时突然自己起步

# 端到端智能驾驶

神经网络占比逐步提高



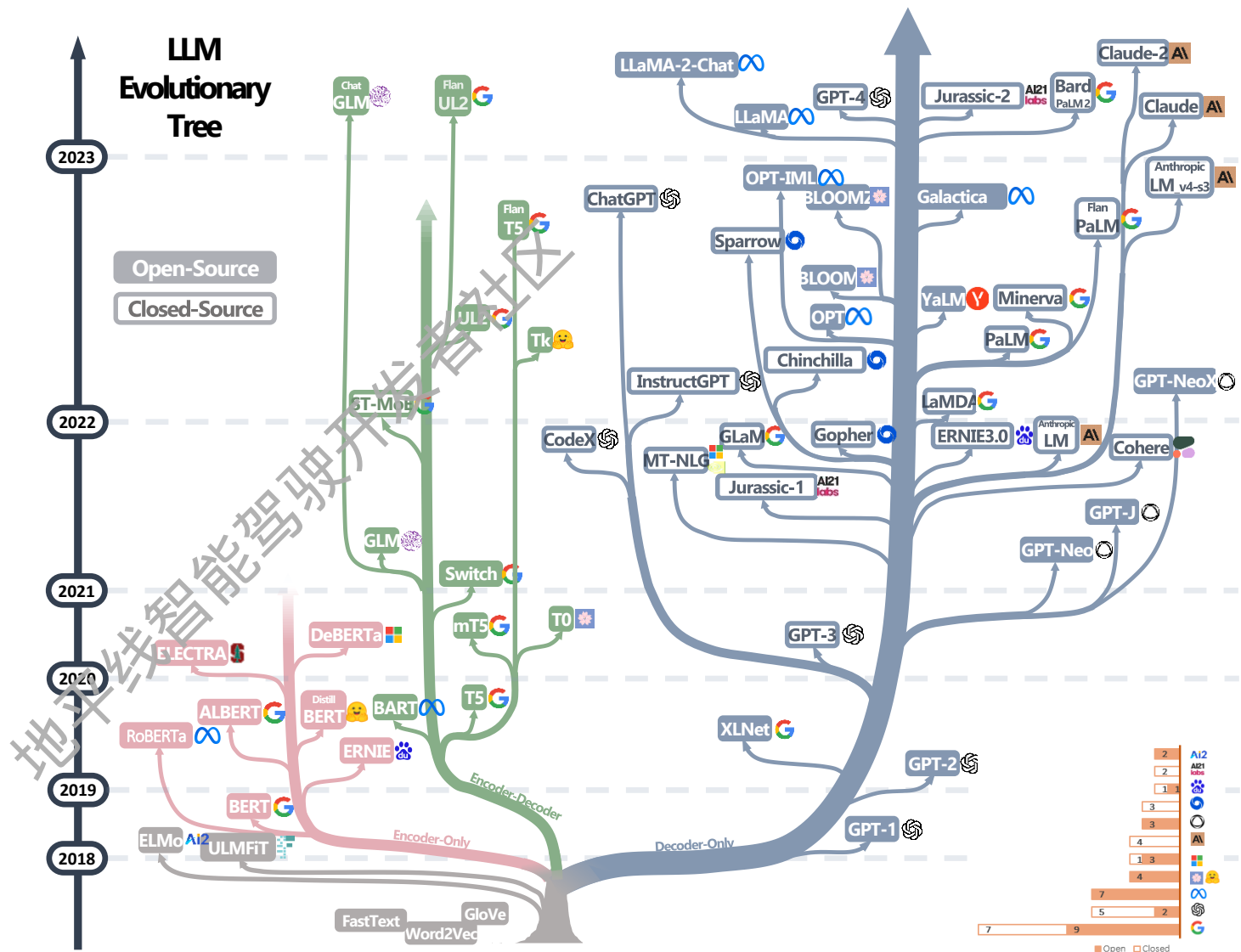
# 智能驾驶技术演进



- 2.0BEV时代仍然无法抛弃传统AEB算法
- AEB，BEV两套算法可能长期成为端到端的安全冗余
- 当不同算法出现分歧时，该相信谁？

# 大语言模型 LLM

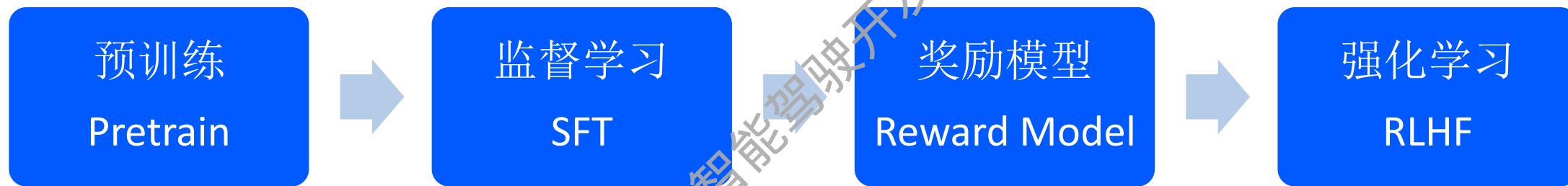
- 以文字作为输入输出的神经网络模型
- 参数量和训练数据通常非常大



LLM发展历史

# 大语言模型 LLM

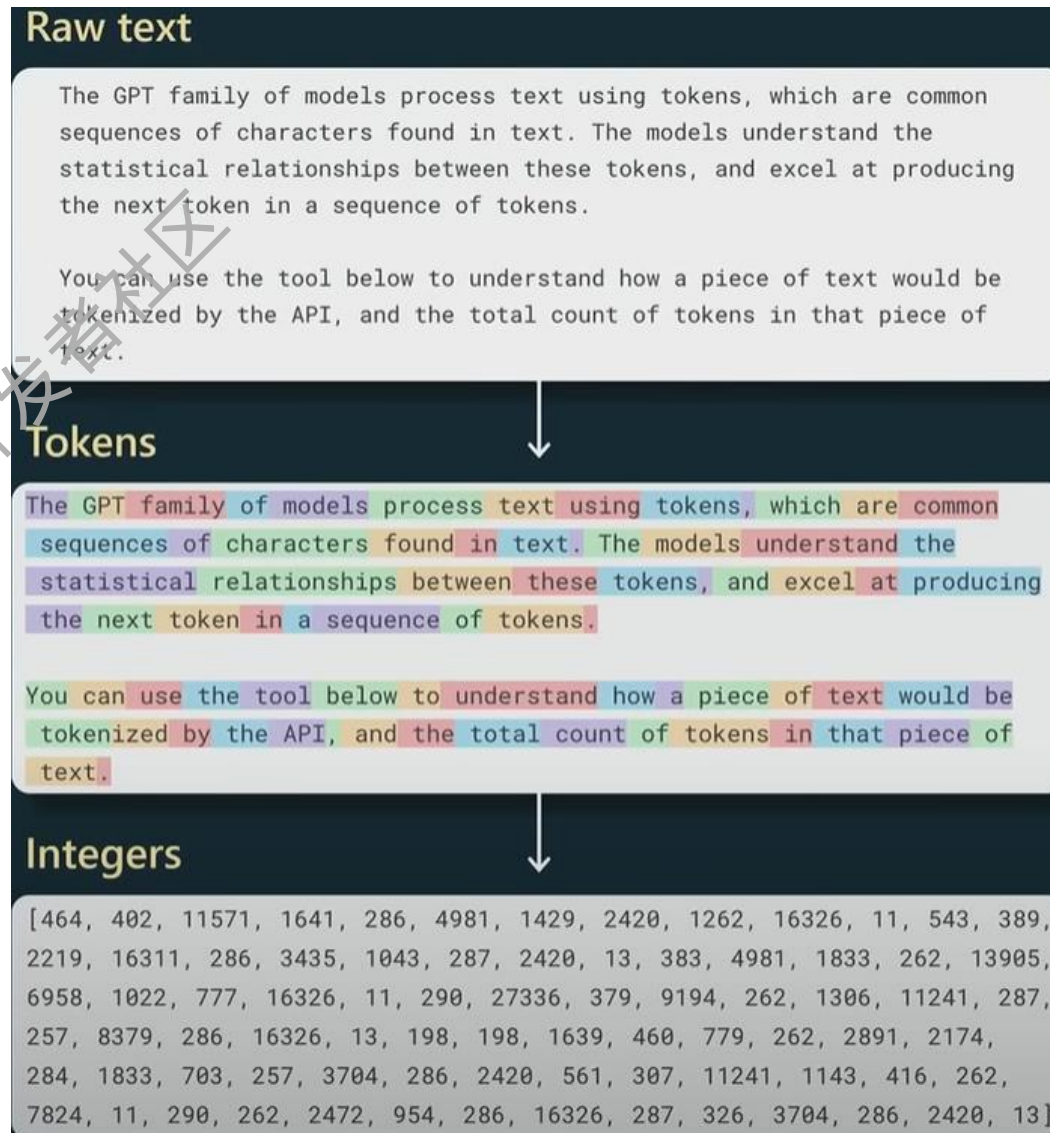
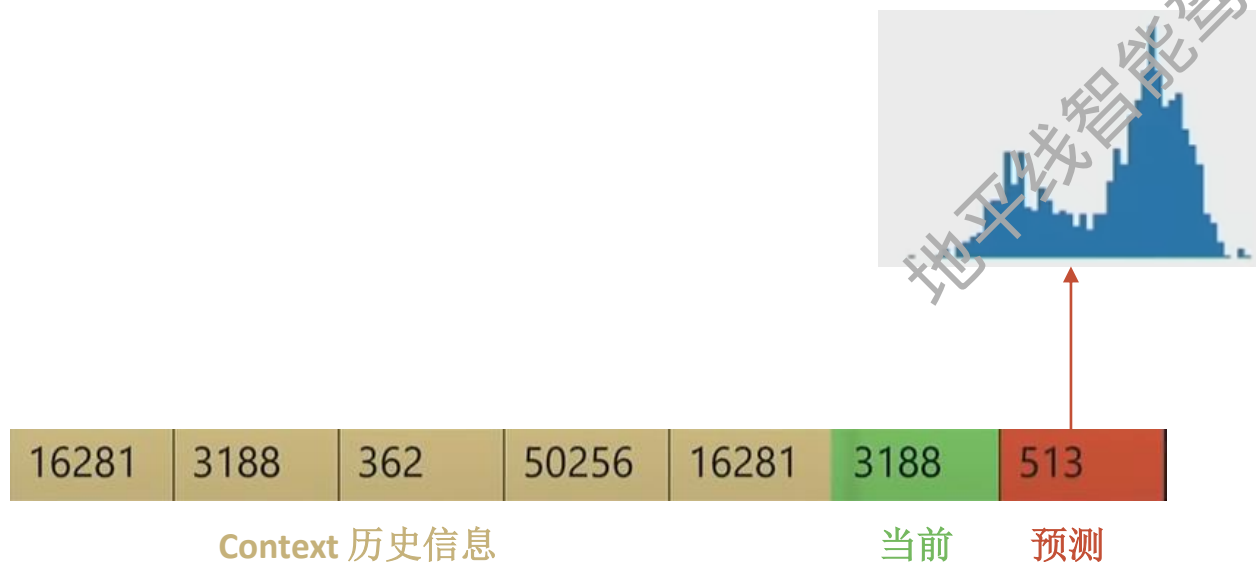
## ChatGPT模型训练范式



# 大语言模型 LLM

## ChatGPT模型训练范式——(1/4) 预训练

- 收集大量的文字数据
- 将数据token化
- 以Next-Token-Prediction为目标训练Transformer



# 大语言模型 LLM

## ChatGPT模型训练范式——(2/4) 监督学习

- 训练框架与预训练完全一致
- 训练数据改为高质量的问答文本
- 以问答助手为目标训练LLM

### Prompt:

"Can you write a short introduction about the relevance of the term "monopsony" in economics? Please use examples related to potential monopsonies in the labour market and cite relevant research."

### Response:

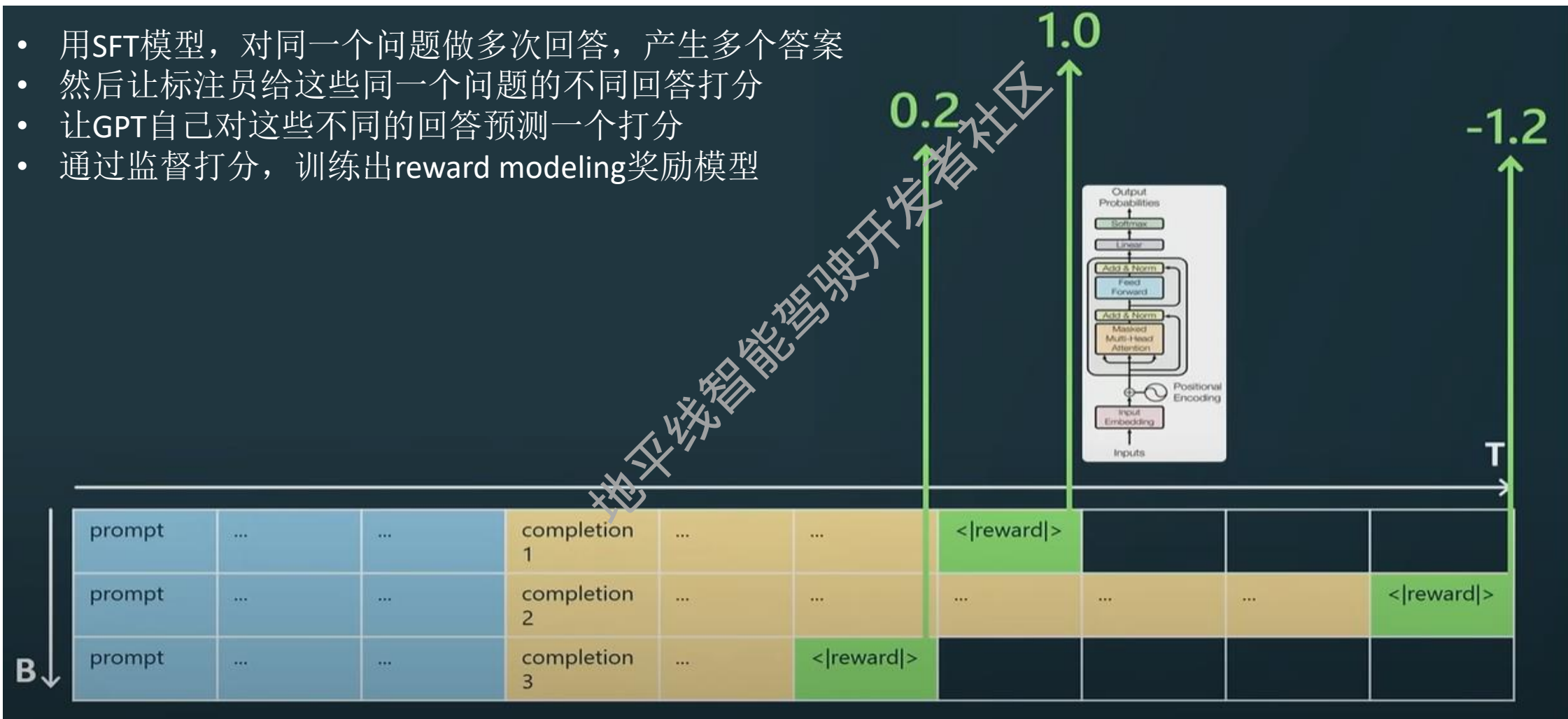
"Monopsony refers to a market structure where there is only one buyer for a particular good or service. In economics, this term is particularly relevant in the labor market, where a monopsony employer has significant power over the wages and working conditions of their employees. The presence of a monopsony can result in lower wages and reduced employment opportunities for workers, as the employer has little incentive to increase wages or provide better working conditions. Recent research has identified potential monopsonies in industries such as retail and fast food, where a few large companies control a significant portion of the market (Bivens & Mishel, 2013). In these industries, workers often face low wages, limited benefits, and reduced bargaining power, leading to a situation where they are dependent on the employer for their livelihood. This dependence can result in further suppression of wages and a decline in working conditions. Overall, the concept of monopsony is essential to understanding the dynamics of labor markets and the impact of market power on workers. Further research is needed to understand the extent and impact of monopsonies on the economy and to develop policies to address this issue. References: Bivens, J., & Mishel, L. (2013). The Pay of Corporate Executives and Financial Professionals as Evidence of Rents in Top 1 Percent Incomes. Journal of Economic Perspectives, 27(3), 57-78."

[example from OpenAssistant Conversations Dataset (OASST1)]

# 大语言模型 LLM

## ChatGPT模型训练范式——(3/4) 奖励模型

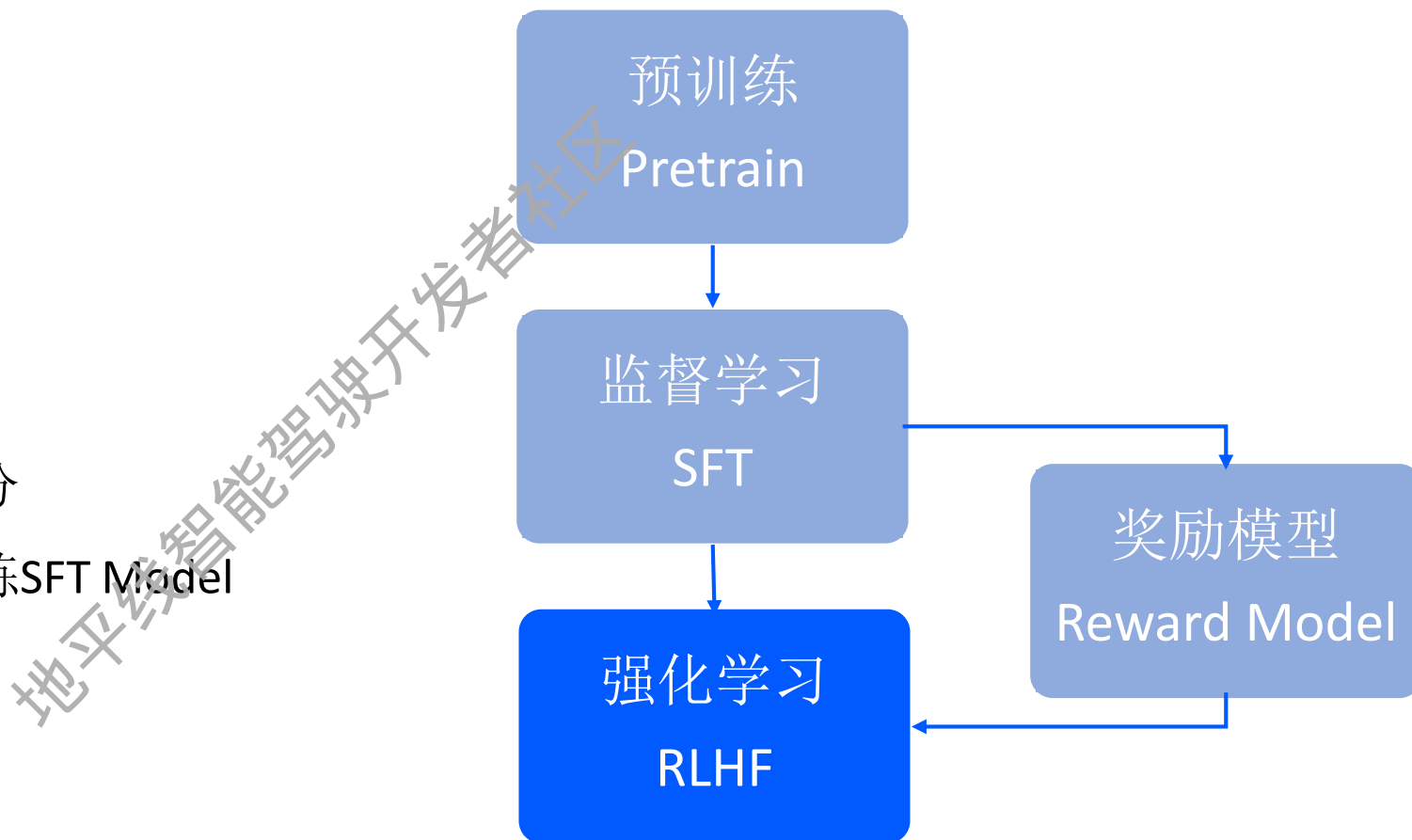
- 用SFT模型，对同一个问题做多次回答，产生多个答案
- 然后让标注员给这些同一个问题的不同回答打分
- 让GPT自己对这些不同的回答预测一个打分
- 通过监督打分，训练出reward modeling奖励模型



# 大语言模型 LLM

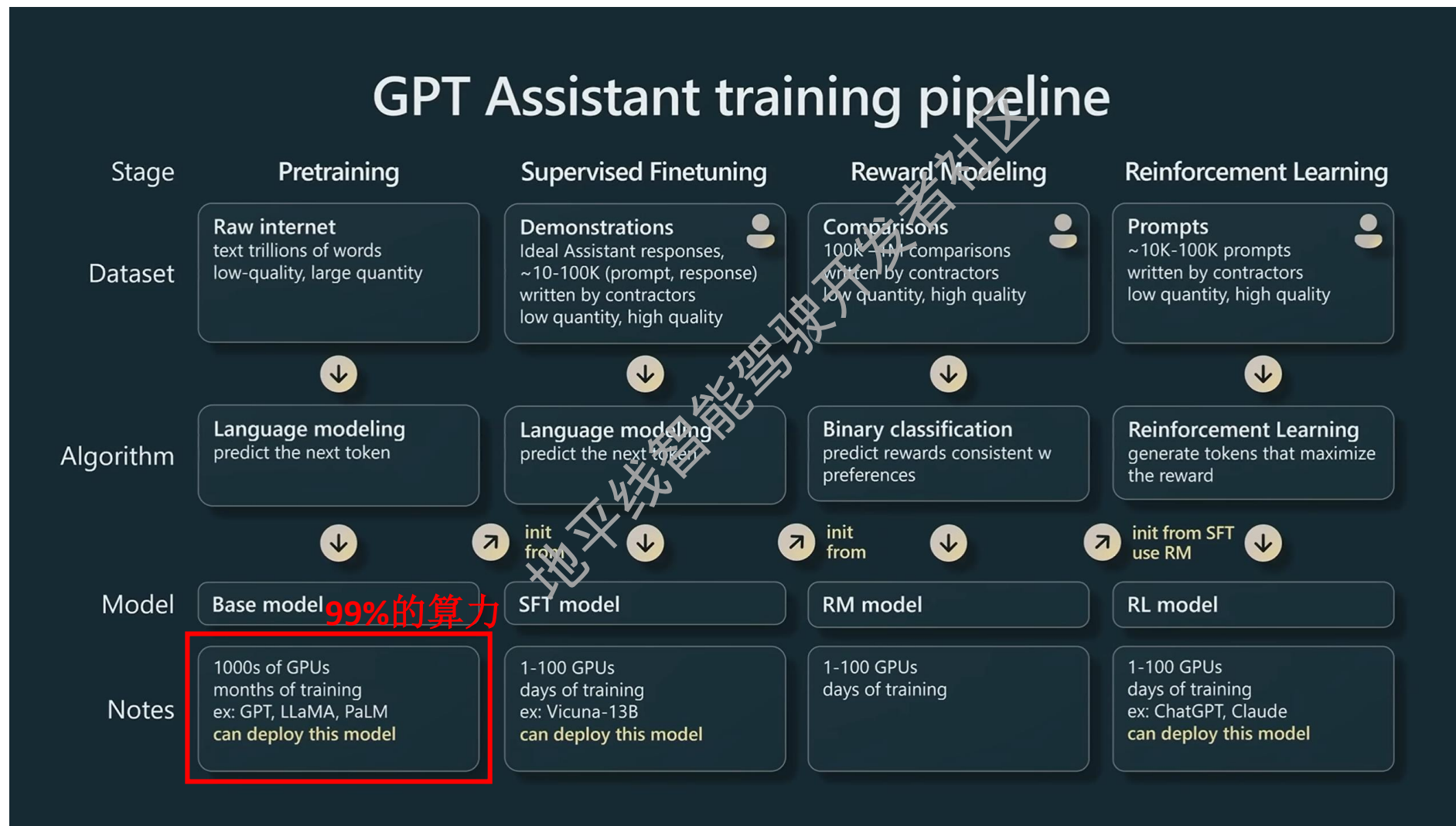
## ChatGPT模型训练范式——(4/4) 强化学习

- 使用高质量的提问数据
- 用SFT模型进行回答
- 用Reward Model对回答进行打分
- 通过Reward Model的打分来训练SFT Model
- 最后得到ChatGPT



# 大语言模型 LLM

## ChatGPT模型训练范式 总结



# 生成式模型

Next-Token-Prediction -> Next-Frame-Prediction



SORA



Tesla

# 生成式模型

## 扩散模型 Diffusion Model



- 视频生成需要满足时空一致性
- 扩散模型从随机噪声视频序列出发，逐渐生成清晰的视频片段

# 生成式模型

## 驾驶驾驶场景可控生成式模型

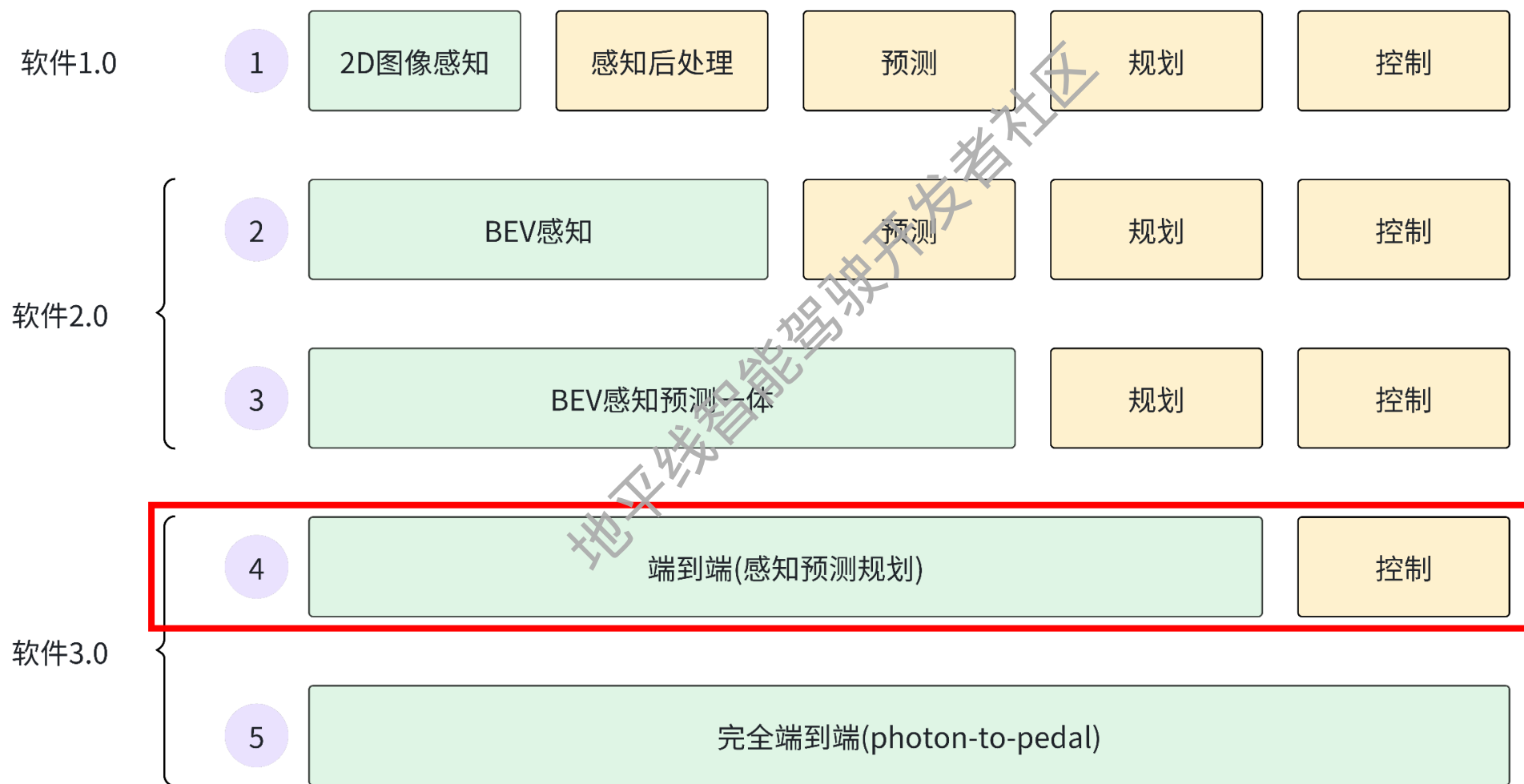


DriveDreamer: 驾驶场景可控视频生成

- 推理阶段: 文字+控制元素 生成视频
- 训练阶段: NeRF可以用来多视角一致性约束

# 端到端智能驾驶

神经网络占比逐步提高

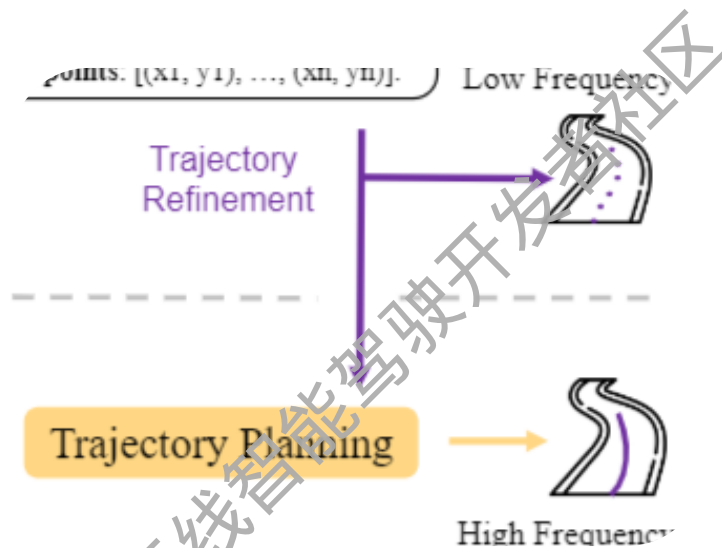


# 端到端智能驾驶

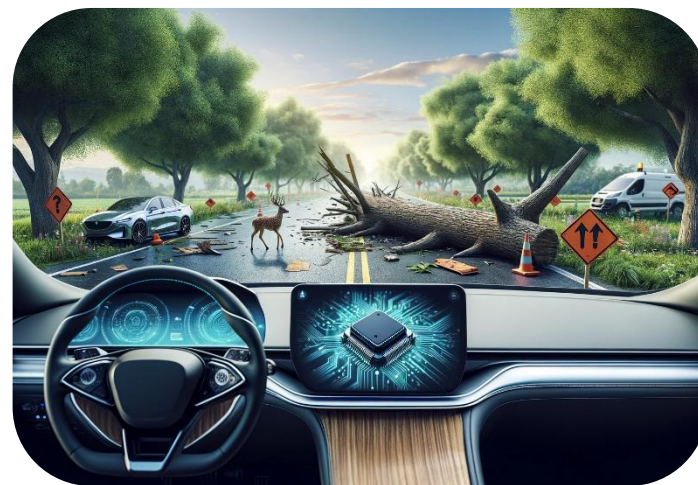
端到端的三种实现方式



模仿学习



快慢系统



预训练微调

# 端到端智能驾驶

## 模仿学习

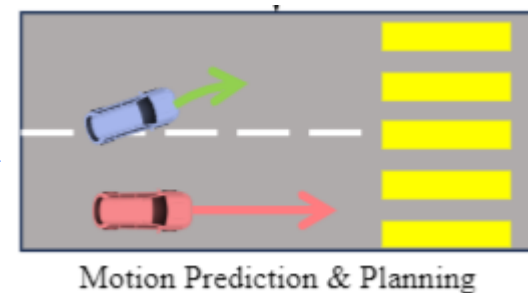
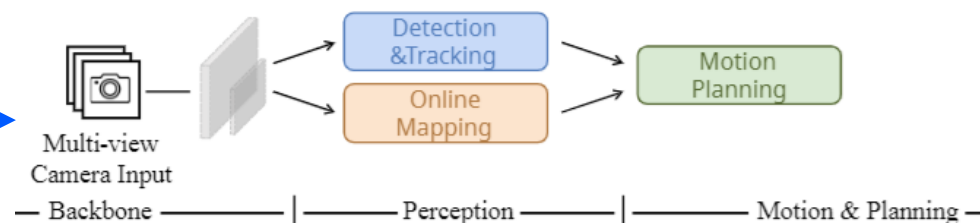
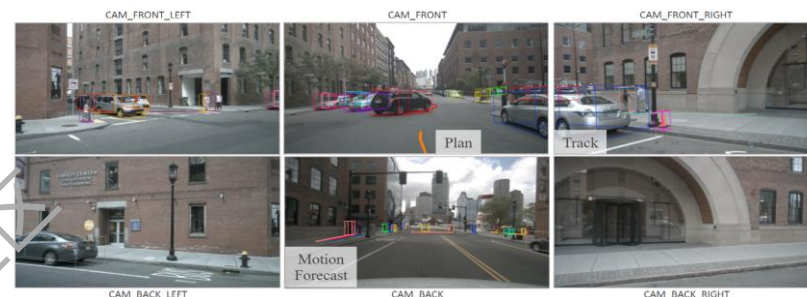
- 模仿学习可以理解为：在开环仿真环境中训练
- 输入是传感器信号，输出是期望的自车未来轨迹

## 优点

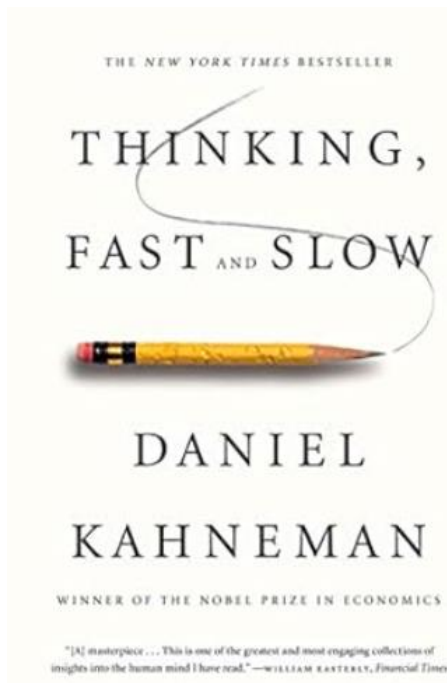
- ✓ 网络结构相对简单，如CNN，Transformer
- ✓ 训练消耗计算资源相对较少

## 缺点

- ✓ 非常依赖训练数据的质量
- ✓ 转化为优质**数据挑选工程问题**



## 快慢系统



- 快系统（系统一）
  - 直觉动作
  - 行走，抓取物体
  - 计算 $2+2$
- 慢系统（系统二）
  - 复杂思考
  - 任务规划
  - 计算 $17 \times 24$



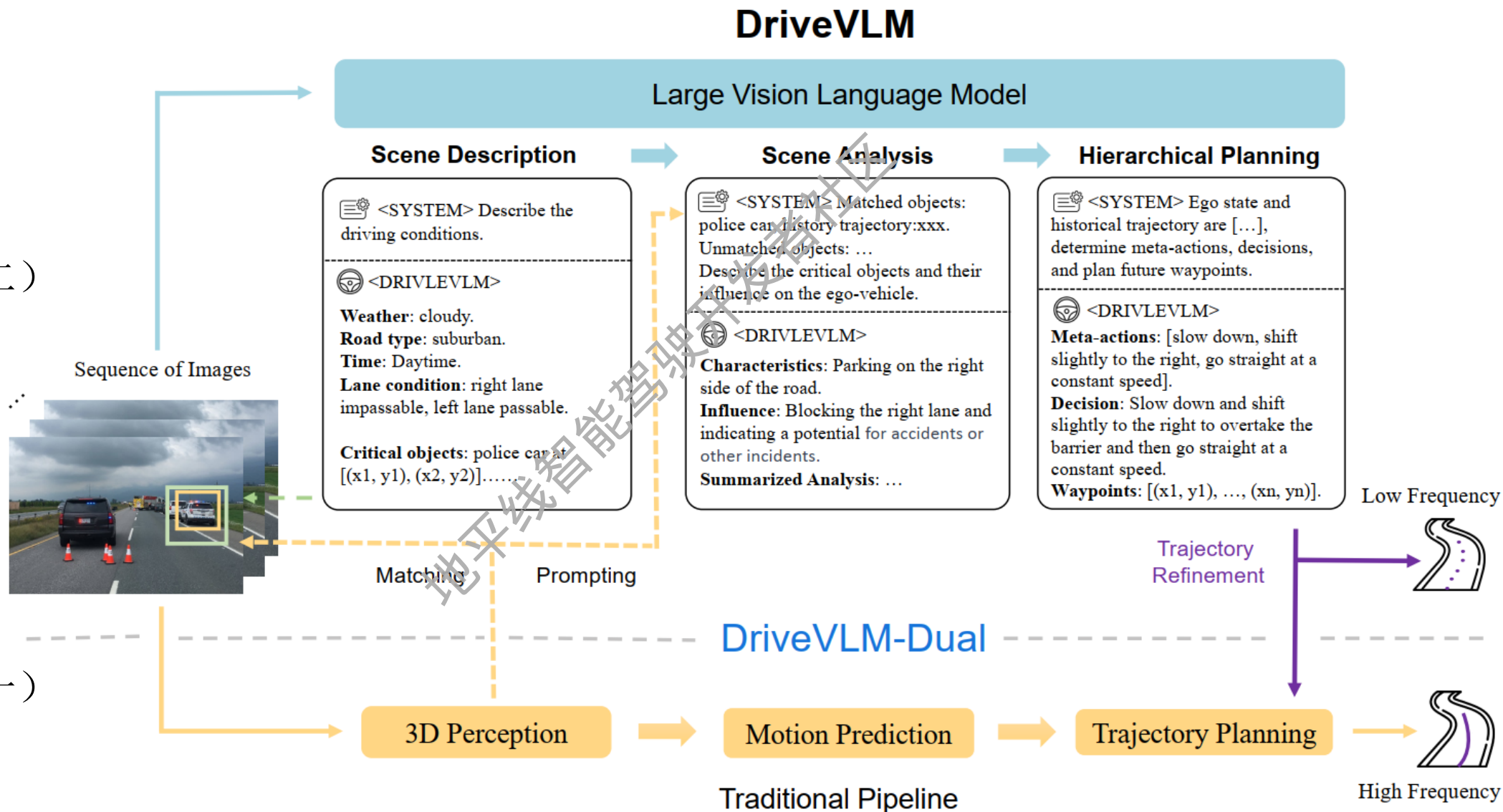
- 快系统（系统一）
  - BEV感知
  - 传统规控
  - 帧率 $>10\text{FPS}$
- 慢系统（系统二）
  - 基于VLM的路径规划
  - 复杂场景处理
  - 帧率 $<10\text{FPS}$

# 端到端智能驾驶

快慢系统

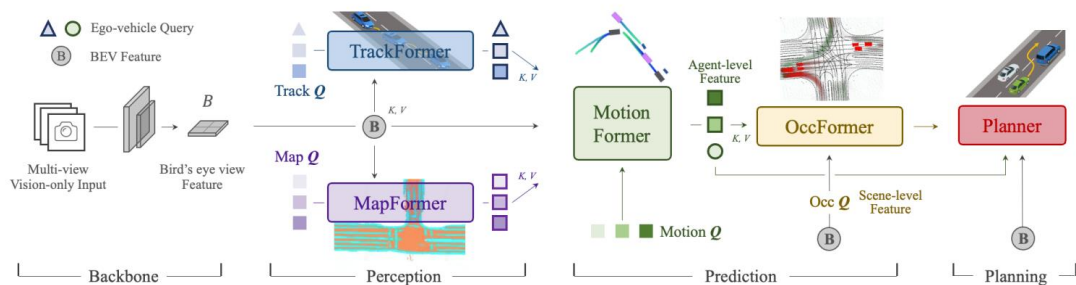
慢系统（二）

快系统（一）



# 端到端智能驾驶

## 预训练微调

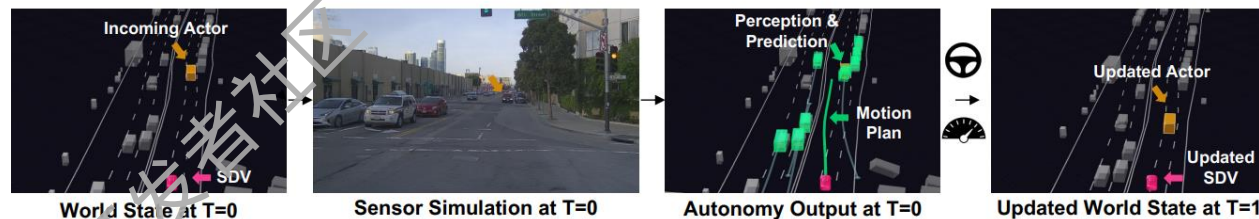


## 开环仿真

- 在录制好的数据中训练路径规划
- 自车的行为**不会**影响交通参与者
- 开环：没有形成完整的反馈博弈

图像数据：真实

动作反馈：虚拟



## 闭环仿真

- 在完全虚拟的环境中训练路径规划
- 自车的行为**影响**其他交通参与者
- 闭环：自车与他车形成自我**博弈** (自车及他车)

图像数据：虚拟

动作反馈：接近真实

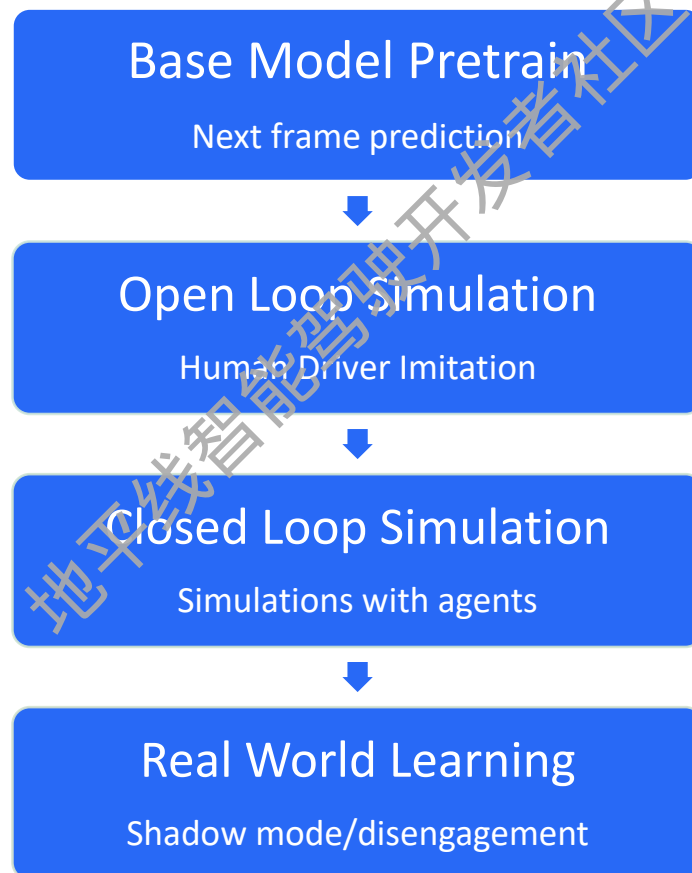
# 端到端智能驾驶

## 预训练微调

### ChatGPT



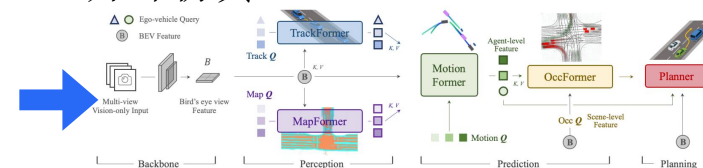
### 端到端自动驾驶



#### 视频生成预训练: DriveDreamer



#### 开环仿真: UniAD



#### 闭环仿真: UniSim



#### 实车数据 影子模式/接管



# Q&A

地平线智能驾驶开发者社区