

# 既有高速公路绿色改建关键技术

蒋应红



隧道股份 上海市城市建设设计研究总院（集团）有限公司

2022年5月



## 目录

1

时代背景

2

绿色理念

3

改造技术

4

未来展望

# 时代背景

1988年-2021年的33年

## ◆ 全国

- 高速公路总里程：16万公里 **世界第一**
- 公路总里程：528万公里

## ◆ 上海

- 规划高速公路总里程：960公里
- 已建高速公路总里程：845公里 **骨架路网**

**基本形成**

### 上海高速公路现状



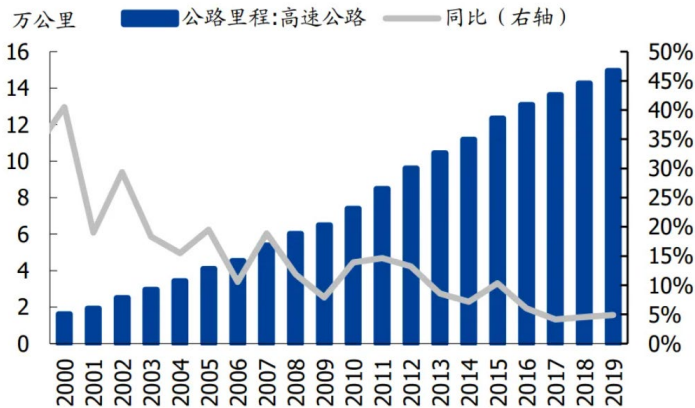
### 上海高速公路规划



# 时代背景

## ◆高等级公路重心将由“建”转“养”和“改”

- 现有高等级公路多年运行，逐步进入设施改造高潮期
- 交通增长迅猛，部分公路拥堵加剧，面临扩容改建
- 交通重载化，路面状况恶化趋于严重，影响行车安全



全国高速公路里程及增速



早期损害 (坑槽、车辙)



唧浆、推挤



公路拥堵

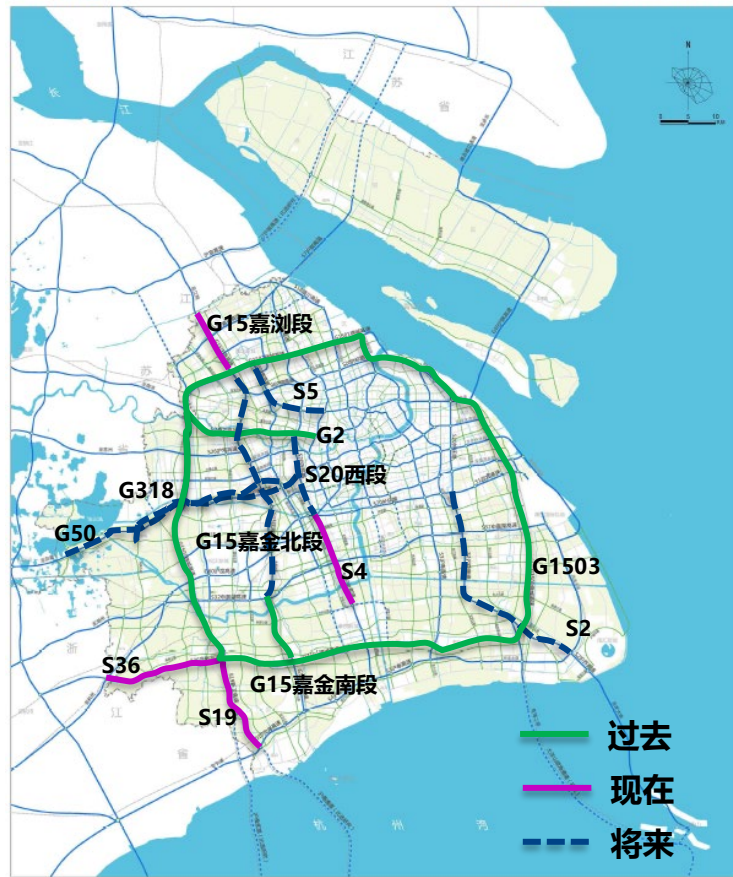
# 时代背景

## ◆上海高等级公路改造序幕已拉开

- 过去：
  - ✓ G2拓宽 24.9km; G1503改造 189km; G15嘉金南段拓宽 21.6km
- 现在：
  - ✓ G15嘉浏段拓宽 12.6km; S4拓宽 14km ;  
S19改造 21km; S36改造 18.5km
- 将来：
  - ✓ G50拓宽 48km; S2拓宽 42.4km; G318拓宽 38km; G15嘉金北段拓宽 43.4km ; S5功能提升 18.5km; S20西段功能提升 18km;
  - ✓ . . . . .

2035  
SHANGHAI

上海市城市总体规划(2017-2035年)  
上海市域干线道路系统规划图



# 时代背景

## ◆绿色发展政策：中央到地方十分重视

2016年8月 交通部：《关于实施绿色公路建设的指导意见》

- 加强绿色公路技术研究，大力开展绿色公路关键技术研发

2017年11月 上海市：《绿色公路设计导则》

- 对绿色公路的设计提出要求与建议

2017年12月 上海市：《上海市城市总体规划（2017-2035年）》

- 卓越的全球城市，令人向往的创新之城、人文之城、生态之城

2019年9月 国务院：《交通强国建设纲要》

- 绿色发展节约集约、低碳环保

2020年12月 上海市：《绿色公路技术标准》

- 形成设计-施工-运维-评价的绿色公路全覆盖标准

2035  
SHANGHAI

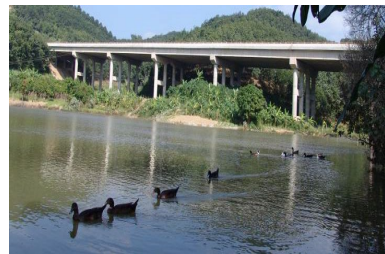
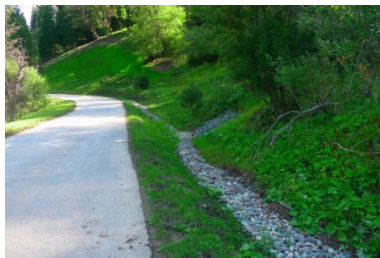
上海市城市总体规划(2017-2035年)

上海市域生态空间规划图



## ◆交通运输部：绿色公路定义及内涵

**绿色公路**是绿色交通的重要组成部分，是指按照系统论和周期成本思想，统筹公路建设质量、资源利用、能源耗用、污染排放、生态影响和运行效率之间的关系，统筹公路规划、设计、建设、运营、管理全过程，以**最少的资源占用、最小的能源耗用、最低的污染排放、最轻的环境影响**，获得**最优的工程质量和最高效的运输服务**，实现外部刚性约束与公路内在供给之间最大限度均衡。



## ◆交通运输部：绿色公路基本建设原则

### 坚持可持续发展

高度重视公路、环境、社会各方面、各要素的关系，实现在发展中保护、在保护中发展

### 坚持创新驱动

大力推动理念创新、技术创新、管理创新和制度创新，强化科技创新的驱动与支撑作用

## 四大原则

### 坚持统筹协调

统筹公路规划、设计、建设、运营、管理、服务全过程，降低全寿命周期成本

### 坚持因地制宜

准确把握区域环境和工程特点，明确项目定位，确定突破方向，因地制宜建设绿色公路



## ◆ 交通运输部：贯穿公路建设全过程



## ◆技术对策

### 资源利用技术



- 1、合理利用既有结构，少废弃即保护
- 2、清表土就地利用，避免外运污染
- 3、既有结构旧料再生利用

### 环境保护技术



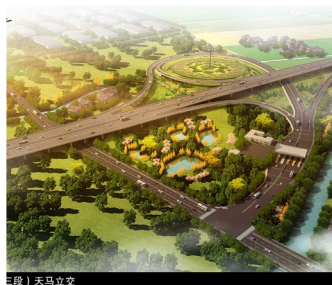
- 1、选线注重农林保护
- 2、路基防护避免污染
- 3、路面设计注重环保
- 4、桥梁优先推荐装配化
- 5、附属设施注重生态设计

### 节能提效技术



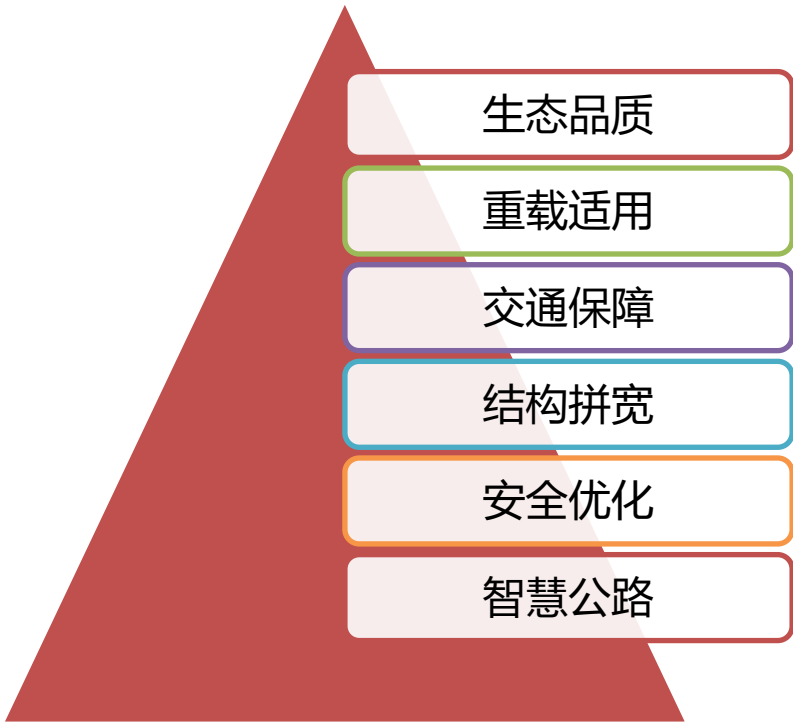
- 1、精确判别隐形病害
- 2、合理设计结构拼接
- 3、线形与路面结构组合设计
- 4、动态精细化菜单式设计
- 5、结构简单高效加固

### 服务提升技术



- 1、注重慢行交通设计
- 2、合理布置观景平台、临时停车区等便民设施
- 3、采取雨污分流排水体制

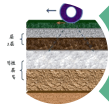
## ◆绿色改建技术重点



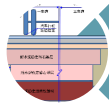
集约用地



旧料再生



重载结构



合理拼接



线形优化



垂直绿化

## ◆绿色改建技术分类

### 检测

- 隐形病害检测技术
- 结构利用判定技术

### 路线

- 纵横组合设计技术
- 交通安全改善技术

### 路基路面

- 拓宽受限条件下的路基处治技术
- 基于不同交通荷载的分车道路面结构设计技术
- 旧料再生利用技术
- 新老结构拼缝技术
- 新型维护支挡技术

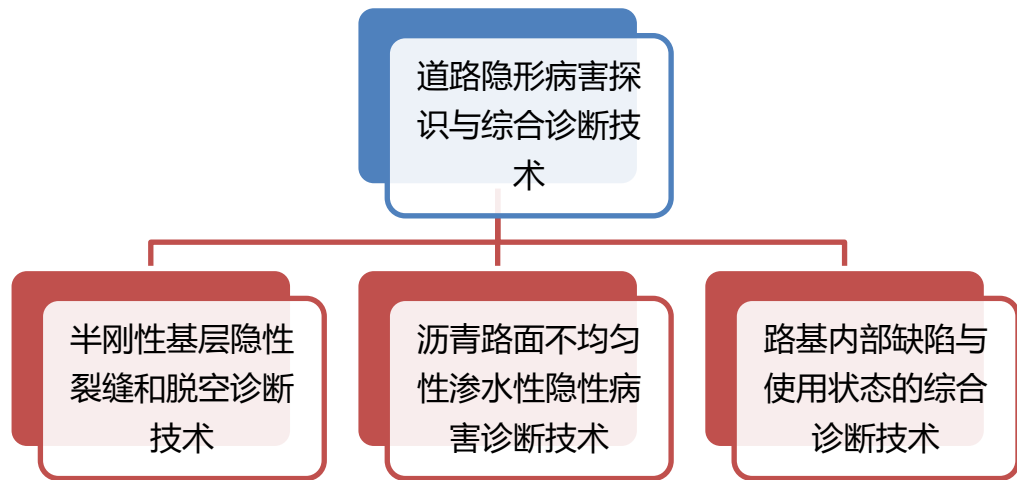
### 桥涵

- 快速拆迁技术
- 快速修复技术

### 建设

- 智能摊铺压实技术
- 环保便道技术

## ◆道路隐形病害检测技术

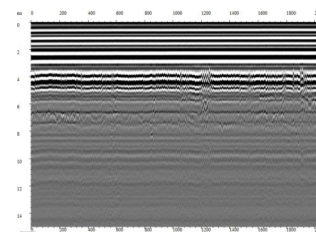


- 解决图像识别和数据解析理论，实现公路内部缺陷的准确感知。  
FWD与探地雷达的综合应用技术，脱空病害识别率可达79.4%

原状路面



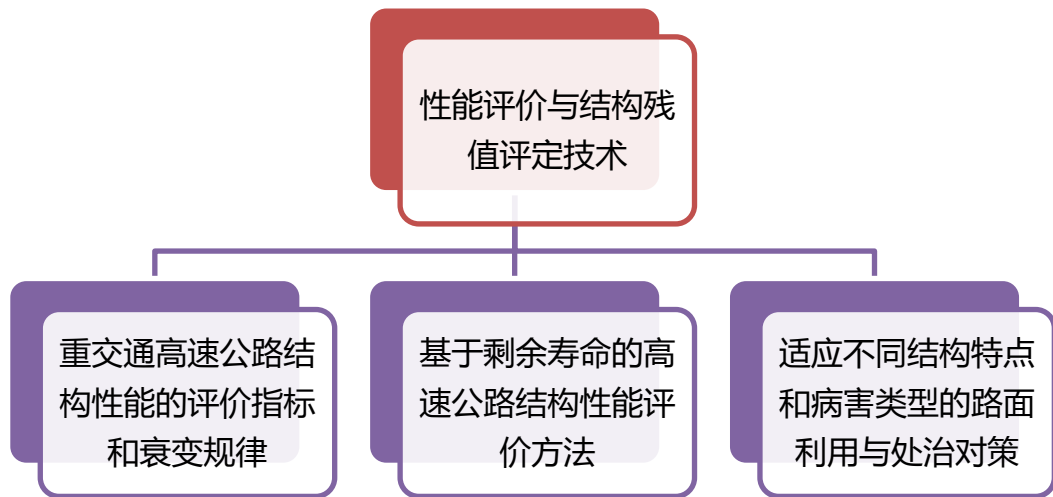
检测



实际路面



## ◆现状结构利用判定技术

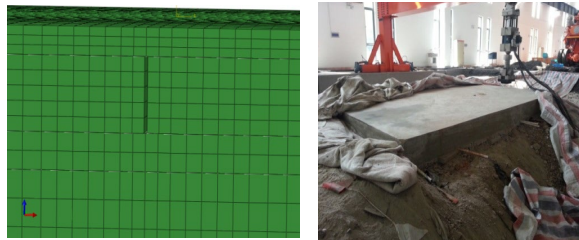


- 分析现状路面结构与路基的衰变状况，预估寿命、合理保留

路况调查、室外检  
sun



+ 理论建模、室内试验



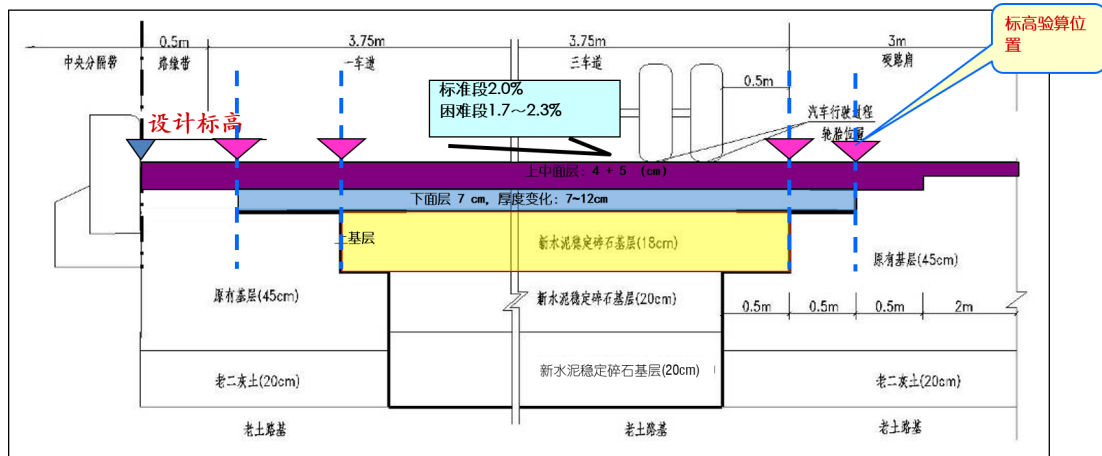
构建残值预估模型

$$D = \frac{N_i}{N_T} \cdot m = \frac{(1+r)^i - 1}{(1+r)^T - 1} \cdot m$$

$$N_f = N_{b1} + (1 - \frac{N_{b1}}{N_{a1}}) N_{a2} - N_T \cdot D$$

## ◆道路平纵组合设计技术

- 道路横坡与纵向线形组合灵活设计，在保证路面合理压实厚度的前提下减少衬垫，保证质量节约投资。



桩号	测量中心	设计中心	高差	设计横坡	A测点	测量标高	设计标高	高差	B测点	测量标高	设计标高	高差	C测点	测量标高	设计标高	高差	备注
K93+260	5.73	5.73	0.00	1.50%	4	5.68	5.67	-0.01	7.85	5.61	5.612	0.00	10.85	5.58	5.567	-0.01	补强加罩
K93+280	5.71	5.709	0.00	1.50%	4	5.68	5.649	-0.03	7.84	5.62	5.591	-0.03	10.84	5.59	5.546	-0.04	
K93+300	5.68	5.691	0.01	1.50%	4	5.65	5.631	-0.02	7.81	5.6	5.574	-0.03	10.81	5.58	5.529	-0.05	
K93+320	5.66	5.675	0.01	1.50%	4	5.62	5.615	0.00	7.79	5.58	5.558	-0.02	10.79	5.55	5.513	-0.04	
K93+340	5.63	5.659	0.03	1.50%	4	5.59	5.599	0.01	7.72	5.55	5.543	-0.01	10.76	5.52	5.498	-0.02	
K93+360	5.6	5.642	0.04	1.50%	4	5.56	5.582	0.02	7.73	5.52	5.526	0.01	10.73	5.5	5.481	-0.02	
K93+380	5.59	5.626	0.04	1.50%	4	5.54	5.566	0.03	7.71	5.5	5.510	0.01	10.71	5.47	5.465	0.00	
K93+400	5.56	5.61	0.05	1.50%	4	5.53	5.55	0.02	7.69	5.49	5.495	0.00	10.69	5.46	5.450	-0.01	
K93+420	5.5	5.594	0.09	1.50%	4	5.47	5.534	0.06	7.71	5.44	5.478	0.04	10.71	5.41	5.433	0.02	
K93+440	5.47	5.578	0.11	1.50%	4	5.45	5.518	0.07	7.72	5.41	5.462	0.05	10.72	5.4	5.417	0.02	
K93+460	5.46	5.561	0.10	1.50%	4	5.42	5.501	0.08	7.74	5.38	5.445	0.06	10.74	5.37	5.400	0.03	

## ◆拓宽条件受限下的路基处治技术

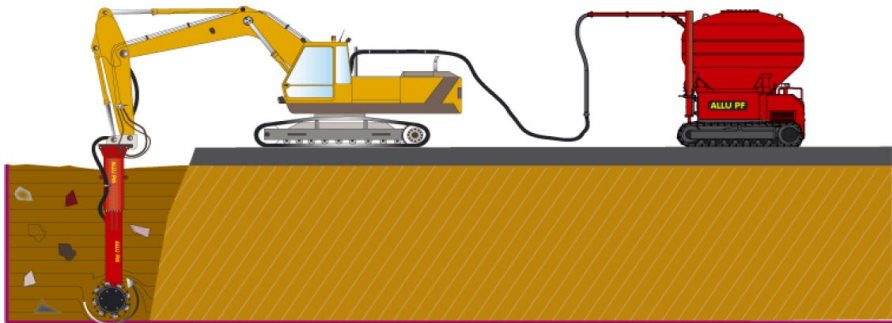
- 针对拼宽受限、土源匮乏，拓宽部分的路堤采用泡沫轻质土填筑，解决土源问题、施工困难问题及路基不均匀沉降问题。





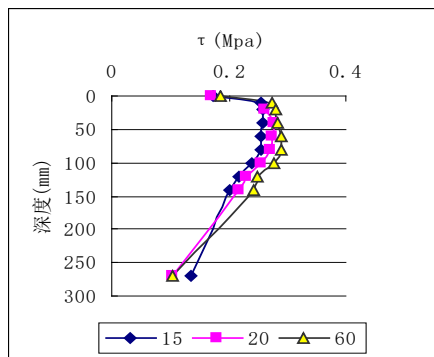
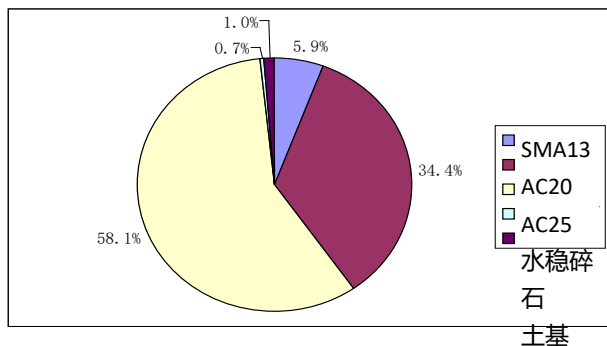
## ◆拓宽条件受限下的路基处治技术

- 承受重载交通，低路堤段地下水位较高及浜塘路段，为避免路基反挖开挖造成大量的原状土外运及处于地下水位以下容易影响路基强度的情况，采用原状土就地固化技术，即避免了土方外运污染环境也提高了路基强度。

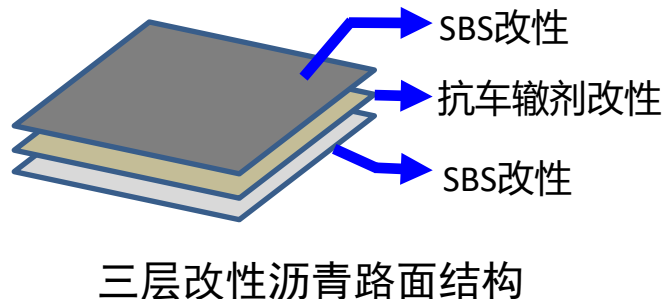


## ◆基于不同交通荷载的分车道路面结构设计技术

- 拓宽车道以货运重载交通为主，新建结构不同保留结构，体现交通差异，节约工程投资，采用三层改性沥青路面。



下面层抗剪强度试验



混合料种类	40°C		50°C			
	抗剪强度 (Mpa)	极限抗剪强度 (Mpa)	抗剪强度 (Mpa)	衰减比例 (%)	极限抗剪强度 (Mpa)	衰减比例 (%)
AC-25	0.793	0.880	0.625	21.2	0.673	23.5

## ◆基于不同交通荷载的分车道路面结构设计技术



## ◆旧料再生技术

### ➤ 沥青铣刨旧料再生应用

沥青铣刨料

热再生面层

冷再生基层

水泥冷再生底基层

粒料路基换填



## ◆旧料再生技术

- 温拌废橡塑沥青混合料在道路面层中的应用



## ◆旧料再生技术

➤ 三渣铣刨旧料再生应用



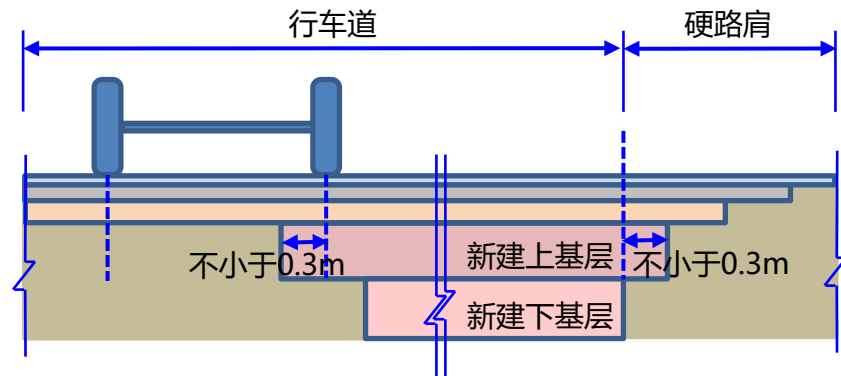
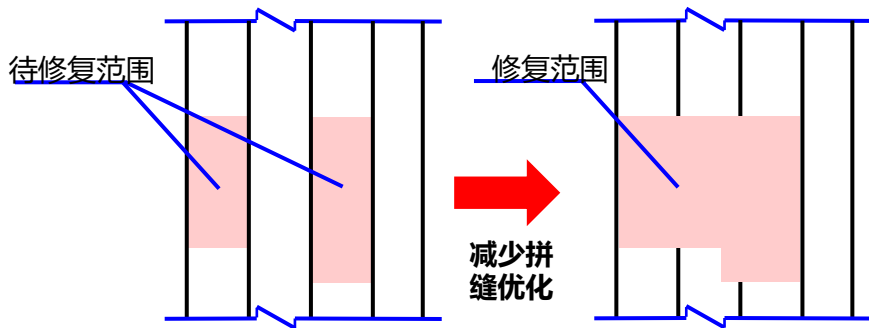
## ◆新老结构拼缝设计技术

- 合理确定拼缝位置，减少重载交通引起纵向开裂

确定基层修复范围

确定基层拼缝位置

确定沥青层拼缝位置



## ◆ U型预应力板桩技术

- 替代现浇挡土墙，施工方便快捷
- 工程预制，质量可靠
- 抗弯及抗剪性能较好，适宜承受水平荷载



### 截面形式受力性能优良

采用独特U型截面设计，其结构形式等效工字形结构，具有良好的抗弯、抗剪性能

### 成桩后截面美观

严格控制成桩施工质量，保证单桩之间紧密结合，拼接在一起错落有致而不单调，具有一定的美学价值

### 耐久性能好

采用高强性能混凝土，相比于普通混凝土板桩和钢板桩耐久性能更好

### 施工工期短

现场机械化施工成型，相比传统方法施工工期大大缩短，可显著提高施工进度、保证施工质量



# 改造技术

## ◆桥梁快速修复技术

➤ 桥梁快速修复，  
减少交通压力

边梁稳固

边梁吊除

防撞墙及  
铰缝临时  
固结

连续缝、  
铺装恢复

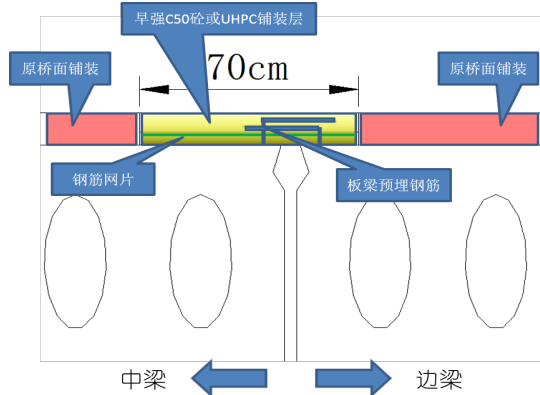
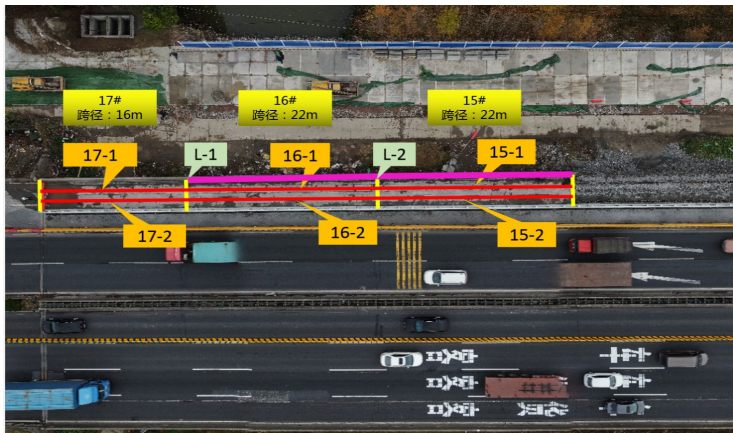


铰缝、  
连续缝  
切割

新梁安  
装、纠  
偏

铰缝永  
久连接

与铺装层同步浇筑快硬高强混凝土或UHPC



## ◆桥梁快速修复技术

- 拓宽改造对施工周期要求严格，尤其是立交等翻交复杂区域，需要按时进行翻交完成交通转换。对于影响施工工期的桥梁结构局部部位采用快硬混凝土，3-6小时内达到设计强度，完成开放交通。



## ◆ 淤泥再生产品化技术

- 路缘石、急流槽、护坡等公路附属设施采用河湖底泥进行资源化利用。材料强度既满足了设计要求，又体现了环保绿色生态公路的理念。



路缘石



急流槽



预制护坡

## ◆环保便道技术

### ➤ 大型结构施工段便道采用装配式混凝土道板

- 结构强度高 安装灵活
- 可重复使用 避免后续翻挖废弃
- 节约成本



### ➤ 非结构施工段便道采用疏水土路

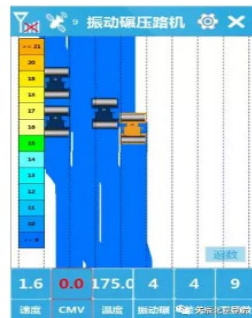
- 使用原土 绿色环保
- 施工简单 不怕浸泡
- 退耕还田 无废弃料



## ◆智能摊铺与压实技术

### ➤ 沥青路面智能摊铺和压实技术

- 沥青路面全自动摊铺作业
- 3D智能摊铺技术
- 沥青路面智能压实
- 沥青路面多机协调联动施工



## ◆土壤固化生态护坡技术

- 原位土壤固化生态护坡：针对土壤和清淤底泥等材料进行生态固化，替代块石护坡或驳岸



## ◆技术应用-G1503改造工程

### ➤ 路段组成:

- ◆ (1) 东段长28.84km, 双向6车道, 2008年建成运营;
- ◆ (2) 东南段长50.71km, 双向4车道及双向6车道, 2004年建成运营;
- ◆ (3) 南段长28.55km, 双向4车道, 2005年建成运营;
- ◆ (4) 同三段长46.33km, 双向4车道, 于2002年建成运营;
- ◆ (5) 北段长34.59km,双向4车道及双向6车道, 于2004年建成运营。

### ➤ 项目概况:

- ◆ 改造前路况极差, 市民反响强烈;
- ◆ 路线长, 近189km, 现状结构复杂, 涵盖道路**所有典型结构** (半刚性、柔性、刚性、白改黑) 病害;
- ◆ 上海市高度重视, 邀请了**16位**知名专家进行总体改造方案评审;
- ◆ 上海至今**规模最大**的高速公路改造项目, 并对部分路段进行了拓宽改建;
- ◆ 2013-2015年完成全线改造, 采用上述绿色技术, 实现了旧料**100%**就地再生利用, **重载交通**下运营至今**路况良好**。



## ◆技术应用-G15嘉浏段拓宽改建工程

- 项目概况：G15嘉浏段北起沪苏省界（浏河中心），南至嘉浏立交（G1503），全长约12.57km，为目前上海北部**唯一**出省通道。G15嘉浏段年均日交通量超12万辆/日，2020年开展六拓八改建工程。
- 项目特点：



不征地



大交通

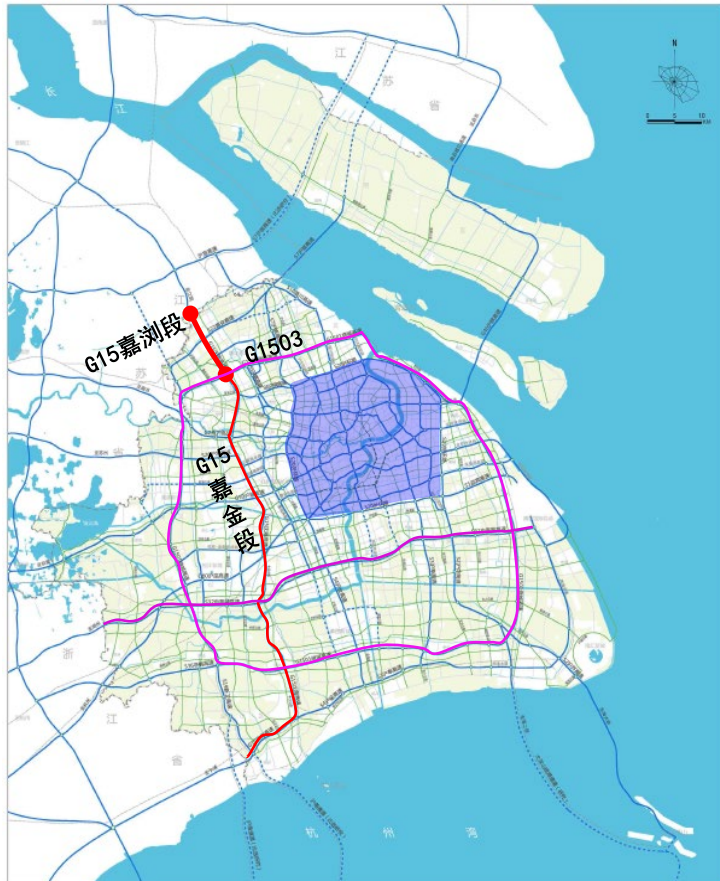


低路堤



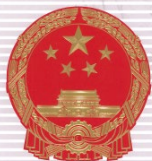
缺土方

- 建设目标：采用了大量绿色生态改造技术与智慧高速技术，目标打造品质工程、**生态绿色高速公路**；实现上海市**第一条智慧高速**建设。





## ◆既有荣誉



### 上海市科学技术奖 证书

为表彰上海市科技进步奖获得者，特颁发此证书。

项目名称：高速公路环保大修与长期性能维护关键技术

获奖者：上海市城市建设设计研究总院（集团）有限公司

奖励等级：三等奖



证书号：20194152-3-001

2020年04月02日



### 证 书

为表彰你单位在促进建设事业  
科学技术进步中做出的突出贡献，  
特颁发二〇一九年“华夏建设科学  
技术奖”奖励证书，以资鼓励。

获奖项目：既有高等级道路性能提升环保改  
造综合技术

获奖单位：上海市城市建设设计研究总院  
（集团）有限公司

奖励等级：二等奖

奖励年度：2019年

证书号：2019-2-2601



二〇二〇年五月



### 中国公路学会科学技术奖 证书

为表彰中国公路学会科学技术奖获  
得者，特颁发此证书。

项目名称：高等级公路绿色改造与延长寿命  
体系化技术

奖励等级：三等

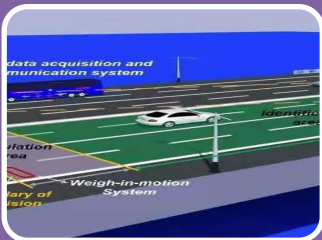
获奖者：上海市城市建设设计研究总院  
（集团）有限公司



2020年12月31日

证书号：A20-3-023-001

## ◆ 后续研究



交通部重点攻关课题《基于大交通量的既有高速公路智慧化关键技术研究》

- 关注既有高速数字孪生、大数据智能化道路桥梁性能评判、智慧交通、车路协同、可变车道等前沿技术



上海市交委课题《重载高速公路改扩建绿色品质工程关键技术研究》

- 关注交通影响评价、路基与路面耐久性能、智能压实等工程热点技术

## ◆未来展望

### 长寿命路面结构研究

- 路面结构设计年限由15年提升至30年

### 碳减排技术研究

- 低碳更环保的材料与碳捕集技术在公路上应用

### 数字化技术研究

- 采用数字化手段实现公路性能的可视可预见

# 结 语

愿携手一起在绿色、生态地更新基础设施道路  
上并肩前行！



谢谢

THANK YOU

上海市城市建设设计研究总院（集团）有限公司

蒋应红

2022.5