



超级高速公路概念设计

by 全体同学

超级公路配套周边

1550955-罗岚忻
1550788-许奕婷
1550975-孙耘
1550956-兰义哲
1551031-周琦智
1551583-李厚金

基本概念及功能

1551228-刘展行
1552984-詹海鹏
1550897-曾昊鹏
1550729-何振邦
1550857-李浩严
1550869-谢明
1552436-沈翀
1551516-杨泽伟
1550008-刘鹏

超级公路运营系统

1550966-刘松
1550755-朱章智
1550776-管宏阳
1550819-梁枫
1550938-马云龙
1453280-贾周寒
1550751-胡晓
1550977-钟海强

超级公路路面结构

1550803-王攀
1550818-沈寅
1551044-张泰来
1551103-杨承志
1453256-孙凯
1550812-邓浩岚
1550862-戴薇
1550912-张霁颜
1550873-金永学
1550890-吴成峻
1551068-朱凌峰

超级公路其他设计要素

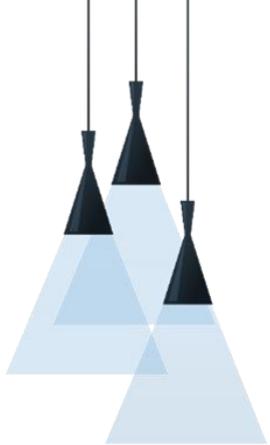
1550835-陈灿
1550924-王一霖
1550796-谭格爽
1450937-简相如
1550825-龚丰宗
1550960-许桂修

超级公路驾驶体验

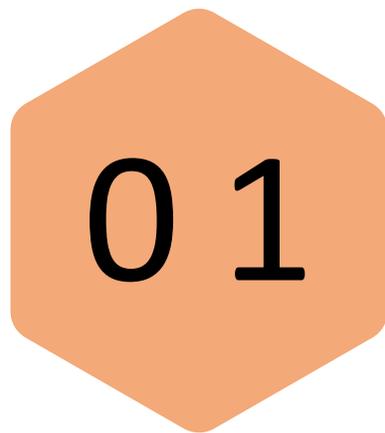
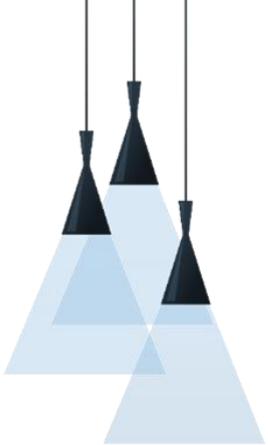
1551055-霍剑
1550808-夏银志
1550805-王若同
1551041-毛灵栋
1553271-许博强
1550850-王家
1550752-陈杨凯
1550987-钟鸣宇

超级公路线型设计

1551039-刘吉林
1551188-国凯
1550735-徐梓齐
1550737-王傲



- 超级公路的概念设计
- 超级公路的技术指标
 - 超级公路的驾驶体验
 - 超级公路的路面结构
 - 超级公路的设计要素
 - 超级公路的运营系统
- 超级公路的配套周边
- 研究方法对比及分析



超级公路的概念设计

1.1超级公路的理念 & 1.2超级公路的发展现状 & 1.3超级公路的形式畅想



高速公路超载问题严重

实际通行流量超过设计运行流量

高速公路运行时速低于设计时速





超级高速公路有以下特征：智能控制、安全快速、光伏路面以及无线充电

智能控制

智能控制的核心理念就是要构建人车路协同综合感知体系，构建路网综合运行监测与预警系统。

安全快速

超级高速公路的设计将为无人驾驶提供安全的驾驶环境，通过智能化和容错设计，来提升道路系统的安全性，将事故危害程度降到最低，实现全天快速通行车辆、零死亡。

光伏路面

汽车未来的发展方向是电动化，近期的目标是通过太阳能发电、路面光伏发电，插电式充电桩电量的补充，为电动车提供充电服务。超级高速公路将采用光伏路面。共分为三层：最表层为透光混凝土路面层，具有强度大、透光率高两大特点；中间层为光伏面板，光电转化，利用路面空闲时间吸收阳光发电；第三层为绝缘层，既有对光伏面板的物理保护作用，又防水防潮。

无线充电

光伏路面下还预留了电磁感应磁圈。未来，随着电动车无线技术的配套，可实现电动车在此路段行驶过程中，边跑边充电，再也不用到处找充电桩了。

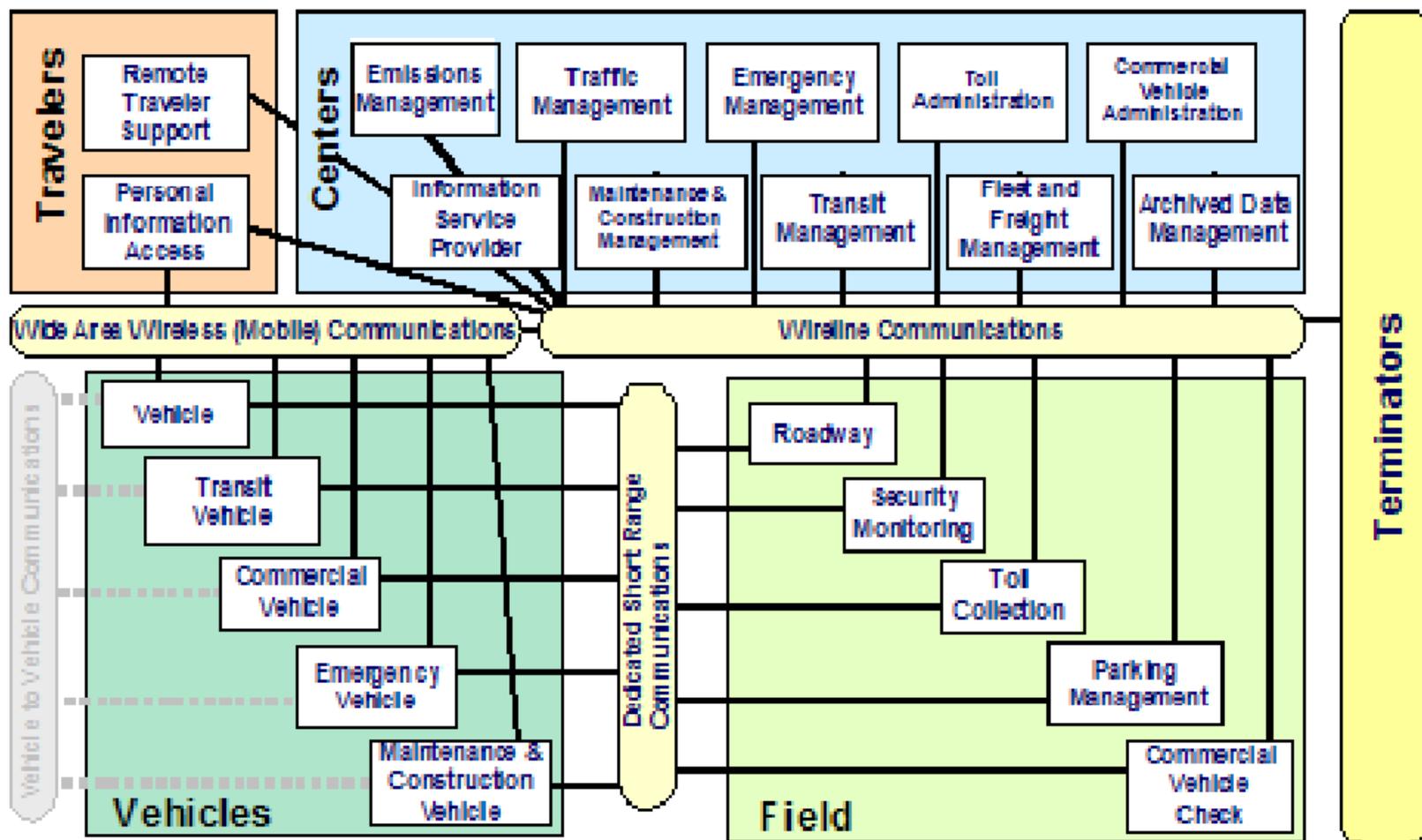
美国ITS框架介绍

美国运输部于 1996 年 6 月建立ITS国家级系统架构的最初版本。明确规定了智能交通系统的 7 大领域和 29 个用户服务功能。

美国采用面向过程(分析处解决问题所需要的步骤,再根据步骤一步一步实现)的研究方法,自上而下地构架 ITS 框架,对系统功能进行分解描述。

其中 7 大领域包括:

- 出行和交通管理系统
- 出行需求管理系统
- 公共交通运营系统
- 商用车辆运营系统
- 电子收费系统
- 应急管理系统
- 车辆控制和安全系统





欧洲智能高速公路

意大利：那不勒斯收费公路 TANA 系统

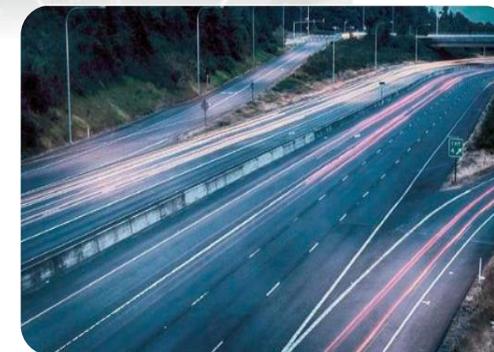
德国和英国：80年代末， LISB 系统和 Autoguide 系统

英国：80年代末，世界上第一个商用车载路径诱导系统 Traffic Master(Trafficmate)。

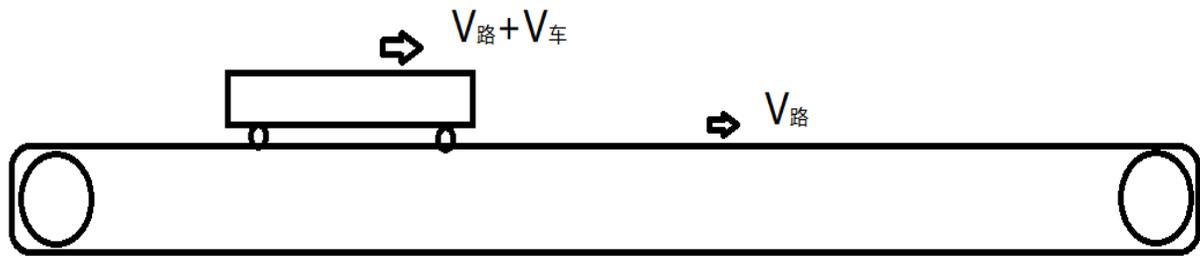
德国：进入 90 年代，西门子公司基于 LISB 开发 Euro-Scout 系统(在美国称为Ali-Scout)。

欧洲很多国家各自建立了基于视频检测技术CCATS&CCIDS 的事件检测和管理系统，德国的是集中式的事件预测系统——COMPANION 事件管理系统，瑞典的是 MCS(Motorway Control System)系统。

1989 年欧共体提出的欧洲公路交通安全设施系统(Dedicated Road Infrastructure for Vehicle Safety in Europe Program, 简称：DRIVE)其中的子项目基于计算机图形识别技术的事事故自动检测方案 (Integration of Computer Vision Techniques for Automatic Incident Detection, 简称：INVAID)就提出，使用计算机技术为公路与城市道路网络提供新的空间度量，发展把计算机、现有交通数据与其它相关数据结合在一起的人工智能技术，对公路与城市道路异常事件进行识别与分类，提供健全的交通异常事件自动检测系统。INVAID 项目是由英国学者 Nile. Hoose 主持开发的，Nile. Hoose 提出了一种宏观交通异常自动检测方法，是根据高速公路上正常行驶的车辆，一般平均车速都要求高于某一最低限值，在车道上禁止停车，所以静止车辆和低速行驶车辆意味着交通异常事件发生。检测交通异常事件不必知道每一辆车的具体车速，只要判断一辆车或一组车辆是否以正常车速行驶即可。



辅助行进的路面



地球高速公路路径

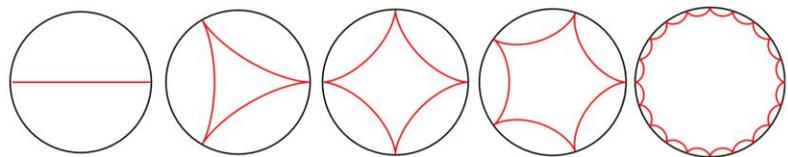


Figure 3: Hypocycloid for integer values of $a/b = 2, 3, 4, 5, \text{ and } 20$.

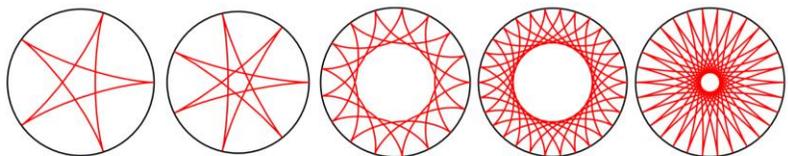
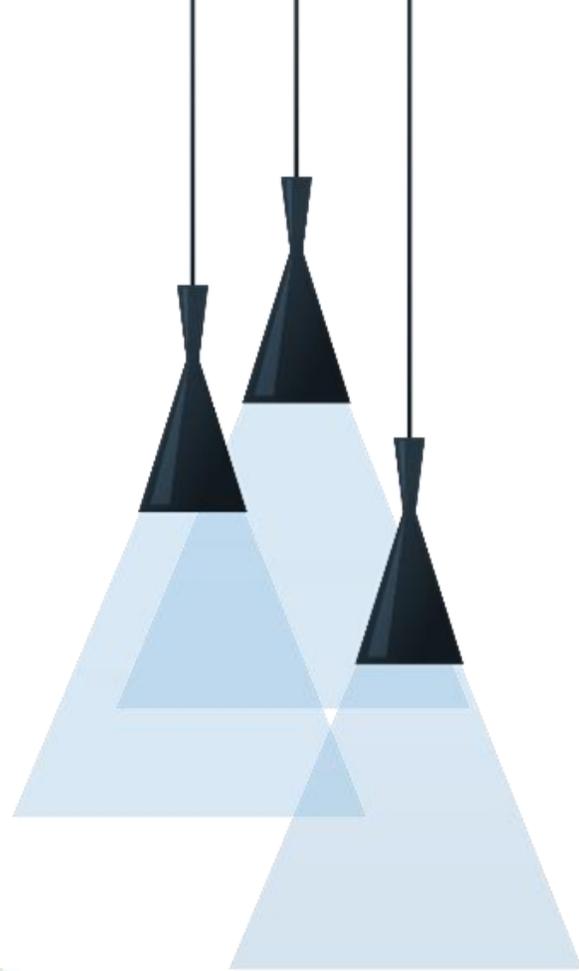
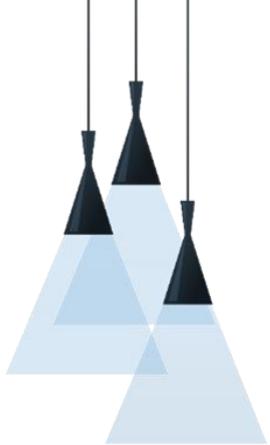


Figure 4: Hypocycloid for rational values of $a/b = \frac{5}{3}, \frac{7}{3}, \frac{17}{4}, \frac{30}{7}, \text{ and } \frac{30}{13}$.





02



超级公路的技术指标

2.1超级公路的驾驶体验 & 2.2超级公路的路面结构 & 2.3超级公路的设计要素



2.1 超级公路的驾驶体验

2.1.1 人工驾驶心理感受

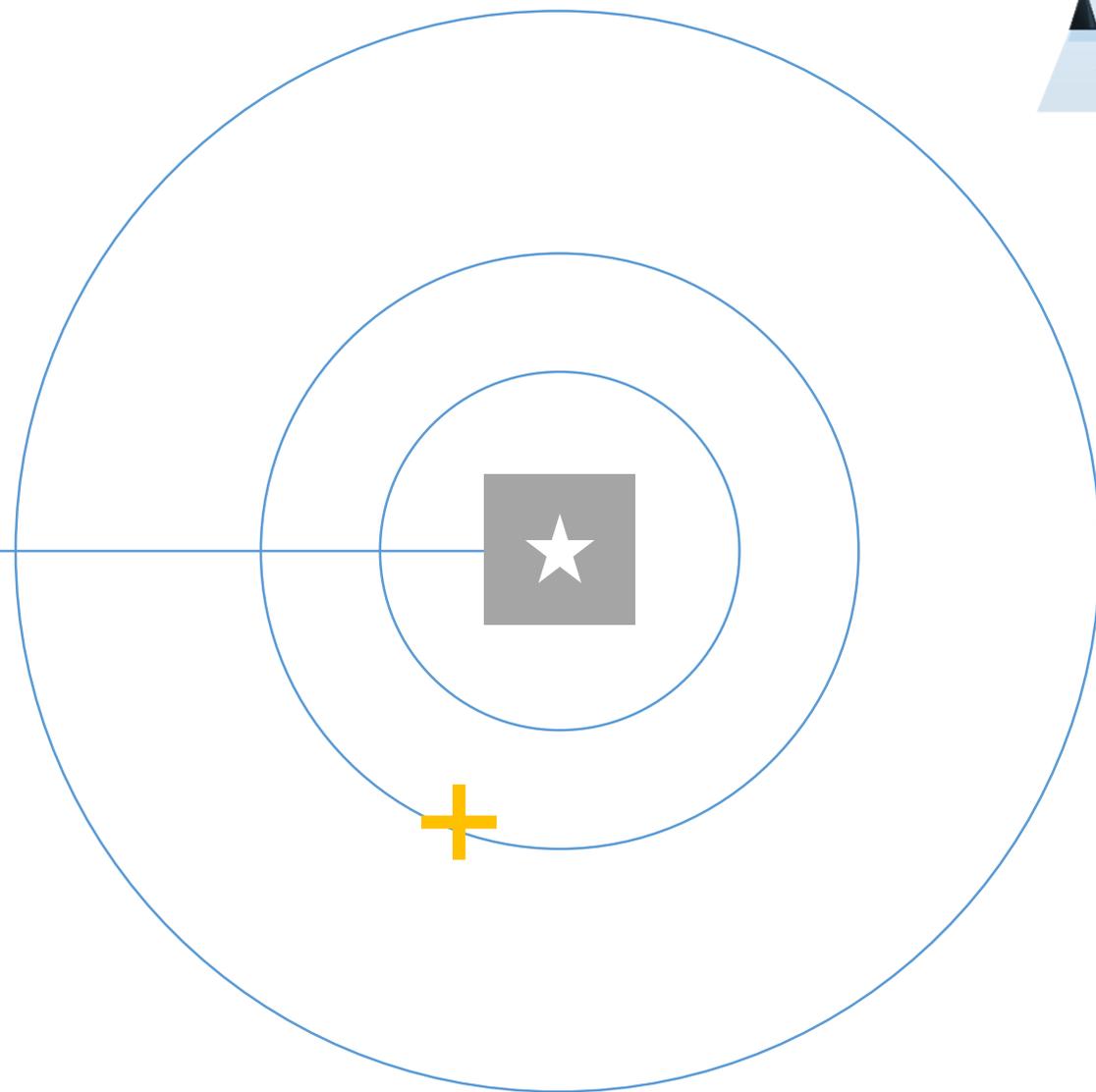
2.1.2 人工驾驶相关参数

2.1.3 智能驾驶安全评估

2.1.4 汽车性能要求



2.1 超级公路的驾驶体验
2.2 超级公路的路面结构
2.3 超级公路的设计因素





驾驶疲劳

高速驾驶, 强度增大; 机械操作, 动作单调
景观单调, 声温恒定; 姿势僵硬, 大脑疲劳

空间感知力下降

动态视力

1. 动视力随着驾驶速度的增大而降低
2. 在速度不变的情况下, 随着照度的增大, 动视力增加
3. 动视力比静视力低10%~20%, 特殊情况下低30%~40%

试验表明, 在72km/h的车速下, 正常为1.2的视力将下降到0.7。在超高速状态下, 驾驶员的动态视力将会更低(低于0.6), 160m以外的标志牌都不能看清。

动视野

随着速度的增大, 驾驶员的注视点位置往前移动, 视野的水平角减小, 同时竖向范围也变小, 形成“隧道视”现象, 视野范围成椭圆状; 视野范围变窄, 视野的缺失造成驾驶员无法获得一些交通信息, 因此容易产生交通事故

车辆速度(km/h)	0	40	60	80	100	120	*140	*160	*180
水平视野(°)	170	100	86	60	40	22	20	15	11
注视距离(m)	80	180	355	377	564	710	764	870	975

车辆速度(km/h)	0	40	60	80	100	120	*140	*160	*180
竖直向上视野(°)	70	60	56	48	36	24	21.3	13.8	6.3
竖直向下视野(°)	80	70	66	54	38	28	23.3	14.4	5.5

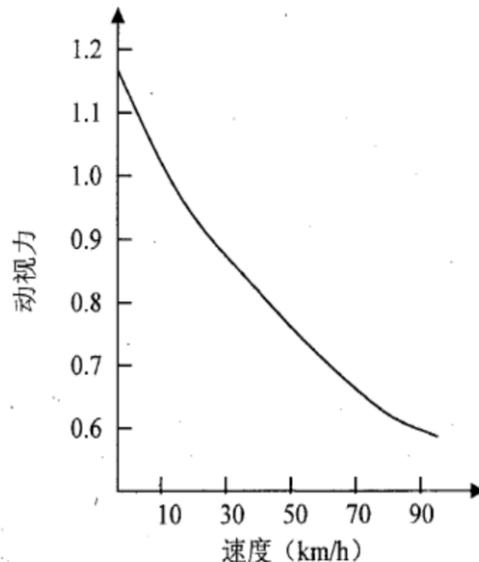
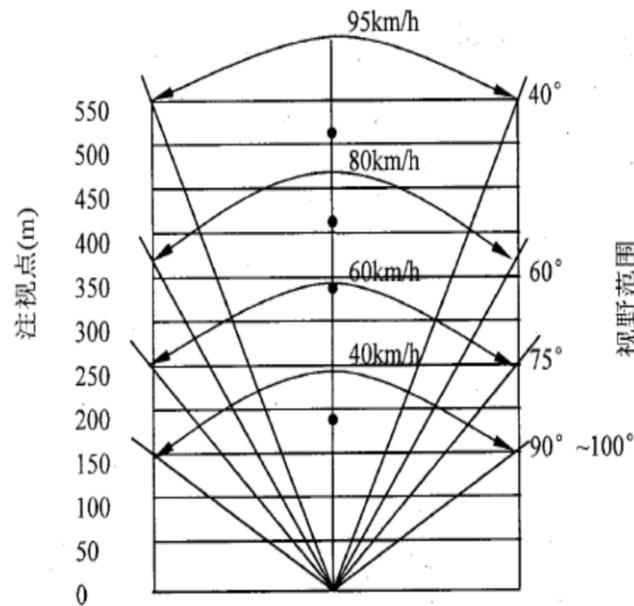
反应时间

驾驶员的反应时间在速度改变时也会有较大的变化。这里采用葛如海教授针对多位驾驶人进行的研究，数据如下：

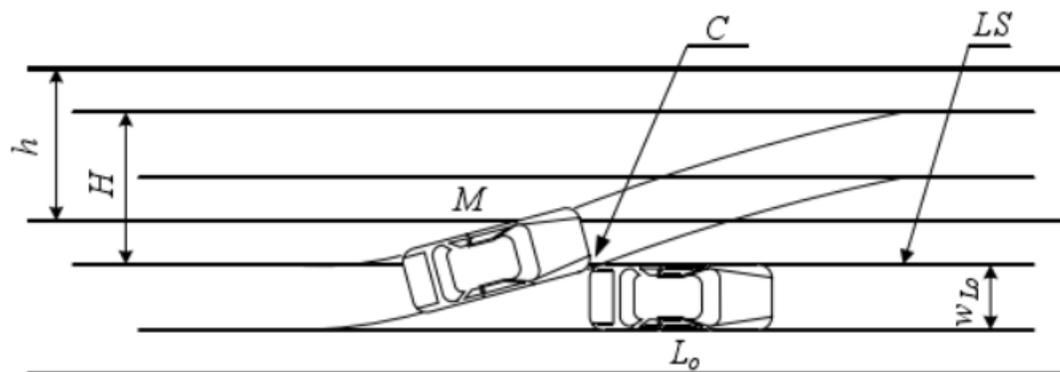
可依趋势求得当行驶速度达到128km/h时，反应时间为1.14s，比设计速度120km/h时的0.83s要快37.34%

规范中规定：取判断时间1.5s，运行时间为1.0s。

事实上，此处驾驶员的反应时间即是规范中的判断时间。由于驾驶员在旧有的设计车速为120km/h的高速公路中习惯了判断模式，如果不对判断时间做出提高，驾驶员会有时间较紧的体验，从而造成紧张而提高事故发生几率，所以此处同比例对判断时间进行增加，易求得最终的反应时间为 $t=1.5 \times (1+0.3734) + 1.0=3.1s$ 。



超车安全距离模型建立



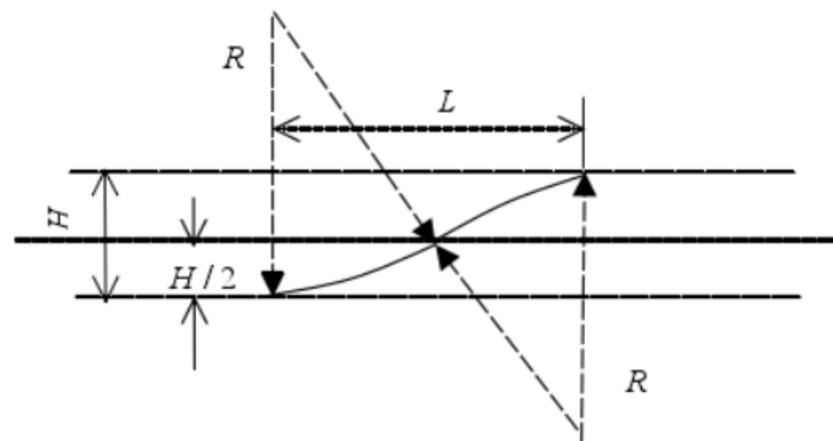
L 表示完成车道变换过程所需要的纵向距离：

$$L = \sqrt{4HR - H^2}$$

$$R = \frac{V^2}{127(\mu + i)}$$

可得速度为150km/h时， $R_{\min} = 1265\text{m}$ ，取 $R_{\min} = 1300\text{m}$ ，则

$$\int_{t_{\text{adj}}}^{t_c + t_{\text{adj}}} \int_0^\lambda a_M(\tau) d\tau d\lambda + v_M(0) \times t_{\text{lat}} > \sqrt{4HR_{\min} - H^2}$$





超车安全距离模型建立

VISSIM动态模拟：

列出同车道安全跟驰距离L的表达式

$$L \leftarrow \begin{cases} V_{y0} \cdot t_r + \frac{V_{y0}^2}{2 \cdot a_{dy0}} + \frac{(V_{y0} - V_{y1}) \cdot t_d}{2} - \frac{V_{y1}^2}{(2 \cdot a_{dy1})} & \text{if } V_{y0} > V_{y1} \\ V_{y0} \cdot t_r + \frac{V_{y0}^2}{2} \left(\frac{1}{a_{dy0}} - \frac{1}{a_{dy1}} \right) & \text{if } V_{y0} = V_{y1} \\ \left[V_{y0} \cdot (t_r + t_d) + \frac{2V_{y1} \cdot V_{y0} - 2 \cdot V_{y0}^2 + V_{y1}^2}{2 \cdot a_{dy1}} + \frac{V_{y0}^2}{2 \cdot a_{dy0}} - \frac{V_{y1} \cdot t_d}{2} \right] & \text{if } V_{y0} < V_{y1} \end{cases}$$

反应时间与制动器协调时间

$$t_r := 1.0s$$

减速度增长时间

$$t_d := 0.2s$$

车辆最大减速度

$$a_{dy0} := 7.84 \frac{m}{s^2} \quad a_{dy1} := 7.15 \frac{m}{s^2}$$

车辆长度

$$L_{ci} := 4.2m$$

$$\theta := 10^\circ$$

$$a_{ay0} := 3 \frac{m}{s^2}$$

结论：

在150km/h道路上行驶的安全距离应保持在76M以上才可以满足高速公路自由变换车道的要求。在不出交通事故的前提下，76m的安全距离可以允许120km/h的车辆安全变道到150km/h的道上。而由于从高速道到低速道并道距离和之前规定距离相差无几，可不单独计算



我国公路限速原因：

德国的高速公路不限速，意大利的最高限速为150km/h，而我国目前的最高限速为120km/h。

- 不规范驾驶行为、驾驶员注意力不集中、雨雪天气能见度低

智能驾驶



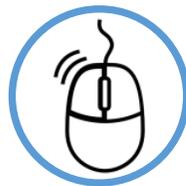
技术原理

机器收集驾驶环境的信息并进行数据处理分析，以辅助人进行驾驶，以及在特殊情况下完全取代人进行驾驶。智能驾驶可以在极大程度上减少交通事故，保证高速公路的行车安全。这对于提升高速公路的行车速度具有极大意义。



技术等级划分

- 1级为辅助驾驶
- 2级为部分自动驾驶
- 3级为有条件自动驾驶
- 4级为高度自动驾驶
- 5级为完全自动驾驶



具体技术手段

1. 电磁波雷达
2. 超声波雷达
3. 光学摄像头





无人汽车安全距离

安全度的概念。

将汽车行驶安全度定义为：按照车辆行驶时发生追尾事故的难易程度来划分车辆行驶的安全度。令跟随车和引导车的距离为临界安全车距时的安全度设为 60，跟随车和引导车的距离小于临界安全车距时的安全度为 0 ~ 60 之间的某个值，跟随车和引导车的距离大于临界安全车距时的安全度为 60 ~ 100 之间的某个值。

基于安全度模型的汽车主动避撞系统有如下几项功能：

- 1) 在显示屏上实时显示该车与前车之间的安全度值；
- 2) 当安全度值大于 60 小于 70 时，报警器发出警告信号，提醒驾驶员注意减速；
- 3) 当安全度值小于 60 大于由车辆自动制动时的安全度值（不同车辆的值不相同）时，增大报警的频率和力度，提醒驾驶员已处于危险区域，应尽快减速；
- 4) 当安全度低于车辆自动制动时的安全度值时，系统将强行对车辆进行制动。

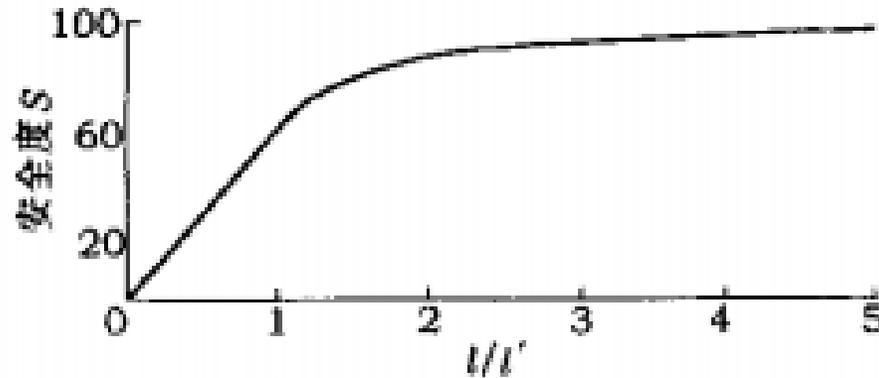


图 2 安全度 S 与车辆间距 l 的关系

这样做可以提高无人汽车行驶安全性。



无人汽车

无人驾驶汽车是一种智能汽车，也可以称之为轮式移动机器人，利用车载传感器来感知车辆周围环境，并根据感知所获得的道路、车辆位置和障碍物信息，控制车辆的转向和速度，从而使车辆能够安全、可靠地在道路上行驶。集自动控制、体系结构、人工智能、视觉计算等众多技术于一体，是计算机科学、模式识别和智能控制技术高度发展的产物，在国防和国民经济领域具有广阔的应用前景。

50%

人工智能化驾驶，在一些关键的抉择上，人对汽车的控制还是起到决定作用，而不能把一切都交给没有情感的计算机



弊端



道德方面

无人驾驶技术永远是将保护车辆和车内人员作为第一要务。而一个驾驶员则可能宁愿牺牲自己的车来保护他人。



法律方面

一旦发生交通事故，谁来承担呢？肯定不可以是机器的。



安全方面

在错综复杂的交通网络中，计算机是绝对无法完全替代人脑的。

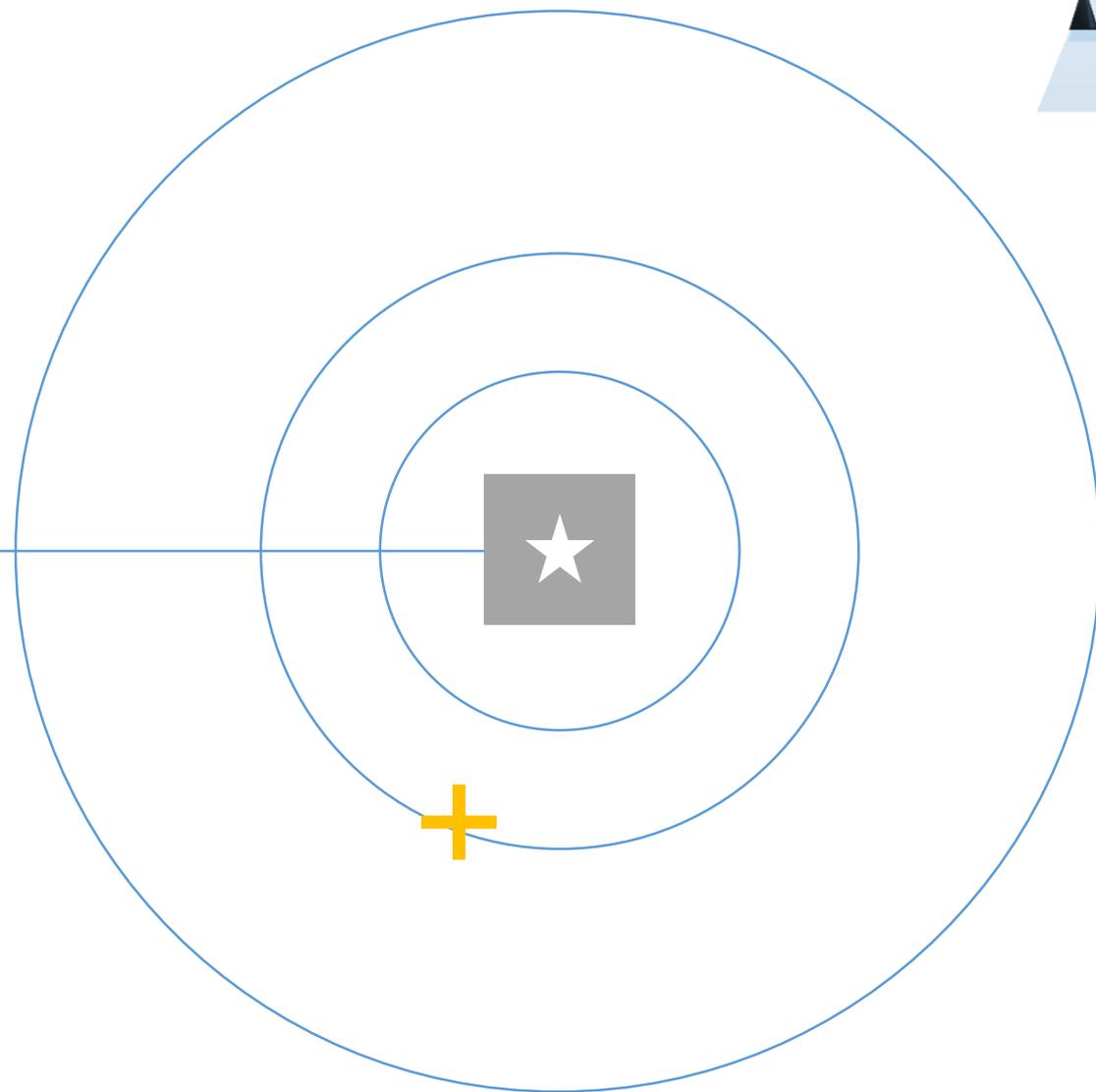
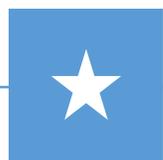




2.2 超级公路的路面结构

2.2.1 路面材料改进

2.2.2 路面功能改造



2.1 超级公路的驾驶体验
2.2 超级公路的路面结构
2.3 超级公路的设计因素



原高速公路路面

面层：直接承受车轮荷载反复作用和自然因素影响的结构层，可由一至三层组成

基层：设置在面层之下，并与面层一起将车轮荷载的反复作用传布到底基层、垫层、土基，起主要承重作用的层次

垫层：设置在底基层与土基之间的结构层，起排水、隔水、防冻、防污等作用



超级高速公路路面材料

超级高速公路路面采用沥青混凝土路面更为合适。绿色环保的要求可以通过就地取材，减少沥青用量来满足。无线充电的设备可以设置在垫层下，这需要垫层材料为稳定类垫层。

超级高速公路路面需求

智能：，一个是为无人驾驶汽车提供支持，协助汽车自动驾驶，这对于路面的要求基本不变。另一项则是顺应新能源汽车的发展，沿途设置多个充电桩，远期目标是设立无线充电系统。

稳定平整性：沥青混凝土路面由于为柔性路面，容易产生裂缝和车辙，对于高速行驶的车辆会产生危害。而水泥混凝土路面稳定性高，相对来说更合理，但混凝土路面易受温度影响，热胀冷缩明显，需要设置很多接缝，对车辆影响同样很大。

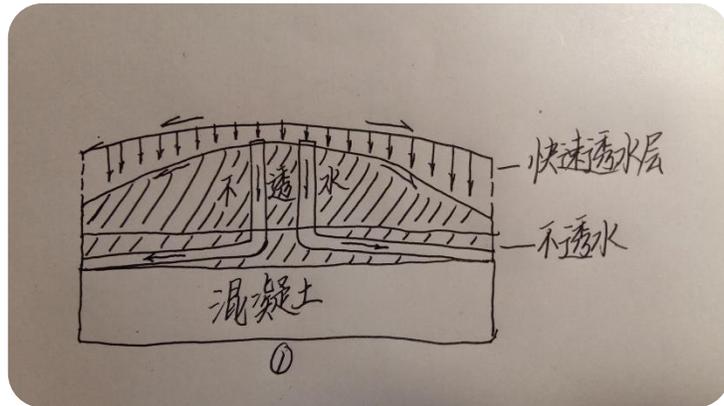
环保：沥青的自然分解与降解需要几十年，且使用年限较短，通常设计年限不超过20年，不符合可持续发展的原则。相对来说，水泥混凝土路面和复合式混凝土路面更加符合绿色环保的需求。



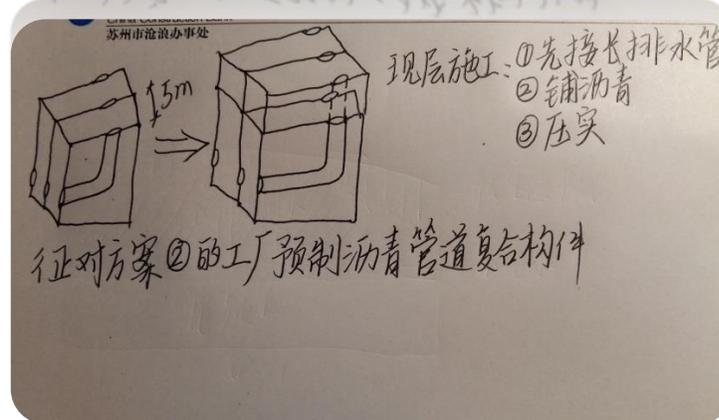
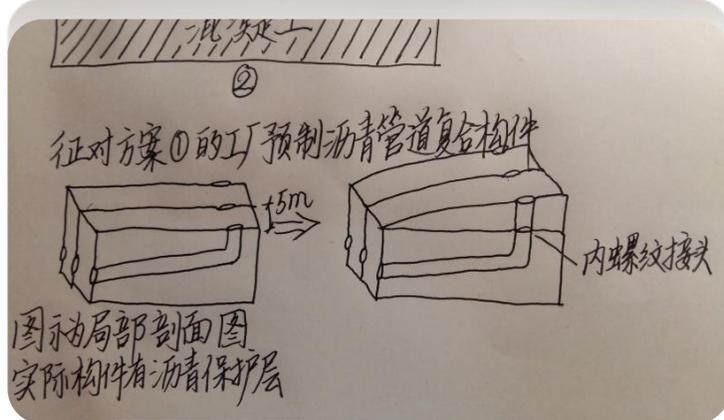
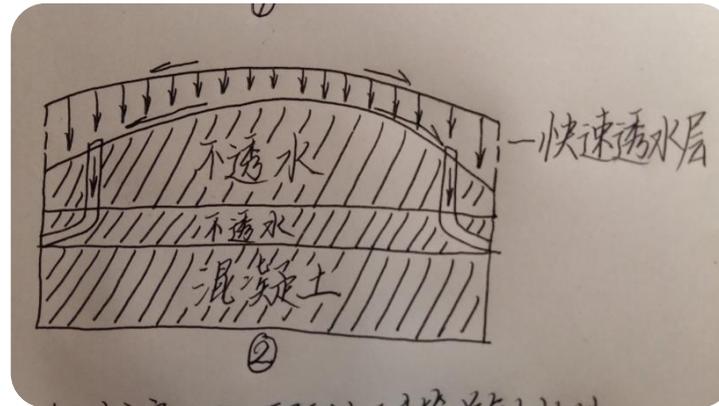
沥青混凝土复合路面透水速度的提高方法

为了借鉴现行设计方案又使路面设计能够满足渗水快的要求，建议上层沥青使用孔隙率较大、渗水性好的材料，中下层使用不透水的沥青材料，最下层是混凝土，为不透水材料。上层沥青表面按照路面坡度及形状设计，中层沥青上表面做成拱形或三角形，以便上层沥青中渗下的水能顺着斜面向两侧排出。

①



②



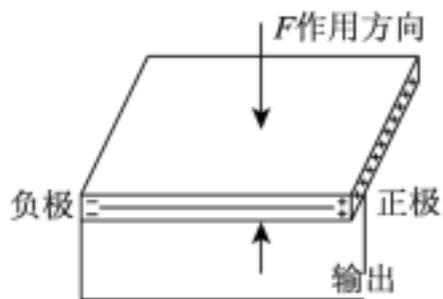
方案一与方案二的区别在于排水管的布置位置，方案一采用将排水管下水口布置在靠近路中央处，管道较长，并且没有充分发挥第一层沥青渗水快的特性，主要排水依靠管道，并且从路面边缘下渗的水容易发生滞留。方案二则在水流最容易滞留的地方布置管道开口，克服了方案一的不足，并且管道布置长度较短。因此，推荐使用方案二。

现有路面发电方案

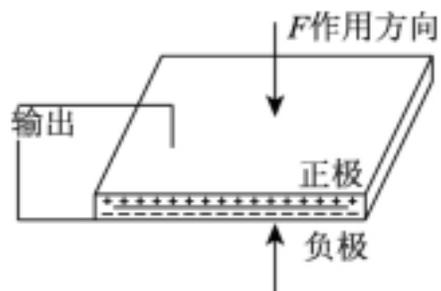
- 风能发电路面
- 势能发电路面
- 光能发电路面
- 热能发电路面
- 压电发电路面

在行车荷载作用下，有效的收集电能必须根据电荷的移动方向、位置布设导电电极，基于上述电能产生原理，结合石墨电极和金属电极的工作特点，提出两种发电路面电极布置方式及能量输出电路：

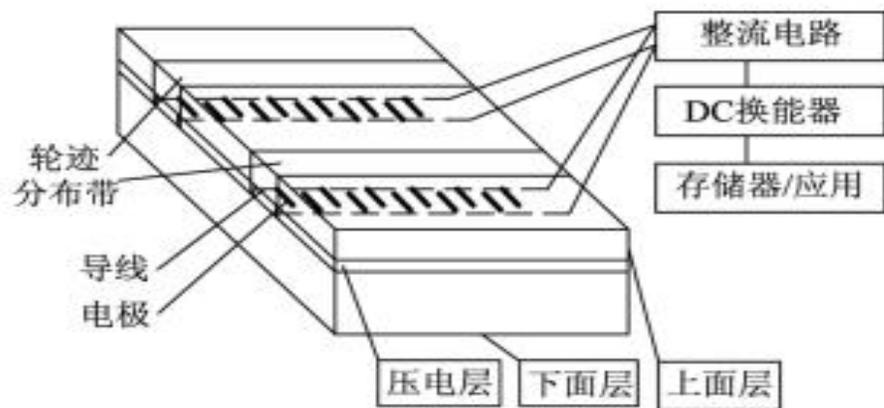
压电发电路面的电能产生主要有两种形式：



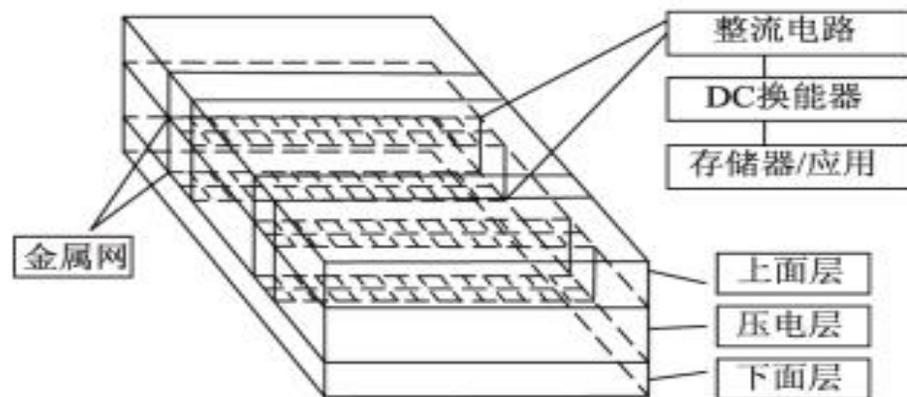
(a) d_{31} 型发电路面



(b) d_{33} 型发电路面



(a) d_{31} 型发电路面

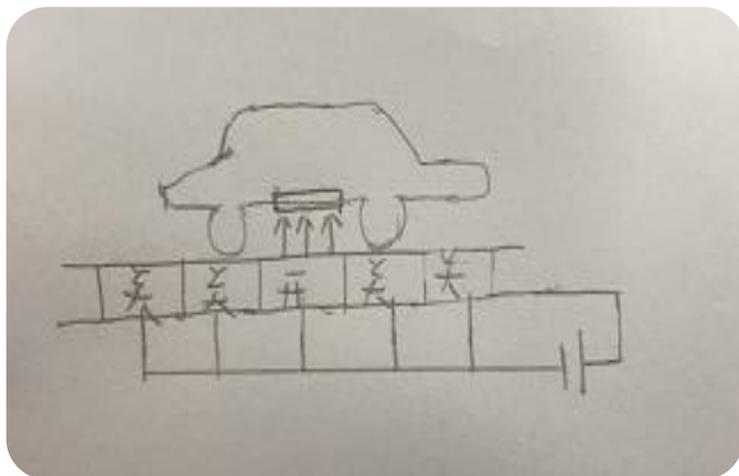


(b) d_{33} 型发电路面

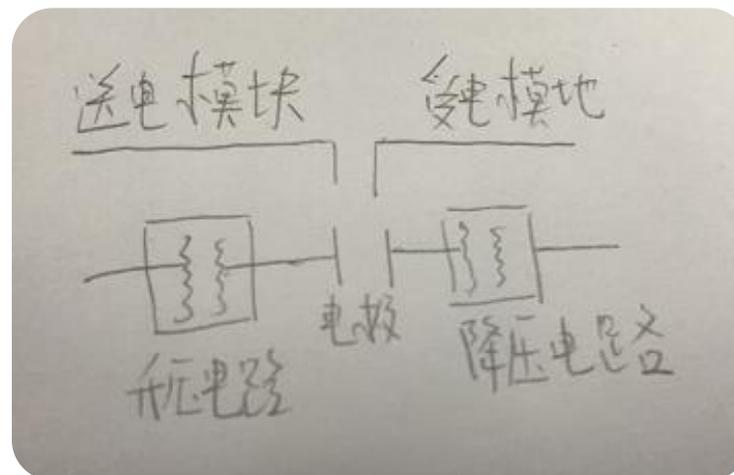


路面充电技术

多段磁共振无线充电技术



电场耦合式无线充电



太阳能发电技术

- 1、太阳能是最为绿色无污染的能源，很符合超级公路中绿色环保的定位；
- 2、太阳能汽车已经没有发动机、底盘、驱动、变速箱等构件，而是由电池板、储电器和电机组成。这样会极大的减轻车轮自重，对道路的荷载设计带来方便；
- 3、理论上来说，太阳能汽车可以无限续航；



光伏发电

承载式高速光伏路面

侧面光伏方案

最上面一层是类似毛玻璃的半透明新型材料，摩擦系数高于传统沥青路面。道路总共分为三层：最表层为高强度、高透光率的透光混凝土，中间是利用空闲时间吸收阳光发电(光电转化)的光伏发电面板，底层则是为光伏面板提供物理保护、防水防潮的绝缘层。在保证轮胎不打滑的同时，还拥有较高的透光率，可以让阳光穿透它，使下面的太阳能电池把光能转换成电能，实时输送上电网，就好像一个巨大的“充电宝”。在冬季，这段路面还可以将光能转化为热能，消融冰冻积雪，确保行车安全。

但这样的处理存在着许多问题。首先，光伏转化的效率不理想。一方面光伏面板不仅无法按照最佳倾角进行采光，还会有路面的车辆遮挡，当车流量大时，可发电的光伏面积会大大减小。另一方面，车辆直接在路面运行，导致灰尘等杂质积累更快，影响最表层透光混凝土的透光率。此外，由于路面的复杂性，一旦出现路面破损，修复难度会更高。



将太阳能板折叠并安装在桥梁的侧面，可以按预定的方案伸出发电，随光照角度进行调整以达到最佳的效果。当遇到恶劣天气时，还能根据情况收回，确保道路安全和太阳能板的使用寿命。

光伏路面材料

透明混凝土

作为光伏高速公路的最表层的路面，它显然应当具备足够的承载能力，然后是她的透光能力，为的是下一层的光伏层能够更有效地利用光能，然后很重要的一点是它的抗渗透性能。总结这三个值得我们关注的特性，便是“强度”“透光性能”和“抗渗透性能”。

光伏板

(1) 在一定的光照条件下，电池输出功率存在最大值，且随光强的增加而相应有所增大。同一光强相同负载阻值下，单晶硅的输出功率最大，多晶硅的次之，非晶硅的最低。(2) 随光强 G 增加，伏安特性曲线的形状基本不变。输出电流、电压、ISC 均增大，UOC 随 G 的变化不大，略微增加。在电压较小阶段，单晶硅电池处于稳流输出；多晶硅电池输出电流递减；非晶硅电池稳定性略差。

绝缘层

- 对光伏面板的物理保护作用
- 防水防潮等性能。
- 具有良好的绝缘效应



在施工中，可以有意识地在几个行车道上分别撒上不同颜色的石子，或者根据慢车道和快车道来匹配不同的颜色。经碾压后将石子嵌入沥青或混凝土上面层中。一方面可以使驾驶人员在公路上行驶更容易识别不同车道，增强交通安全；同时也能使路面更加美观。

路面下还应设有传感器，持续监测道路承受的应力和压力情况，并迅速将测得的数据传达到计算机控制中心，一旦路面出现缺陷可尽快修复，防止损伤持续发展。



智能路面

基本介绍

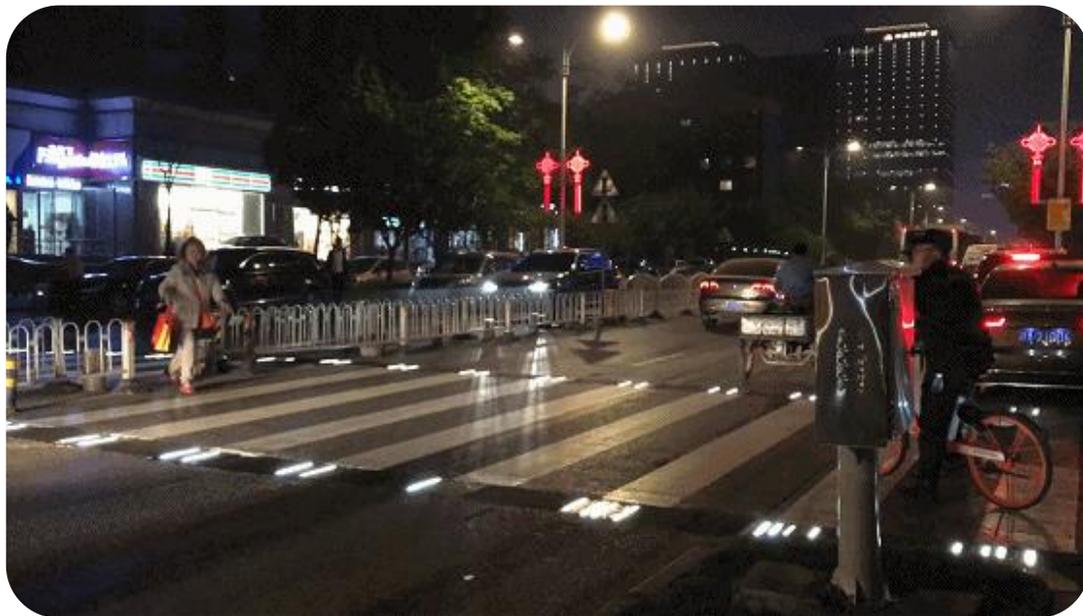
高速公路智能路面有别于传统的路面。传统的路面是一种静态的、固定的路面。然而，高速公路的路况瞬息万变，突发状况也层出不穷。如果我们的路面上的标识能够针对路况的变化自动作出反应，并将信息反馈给驾驶员，将能够起到提高交通流的效率、减少事故发生率等积极的作用。

针对情况

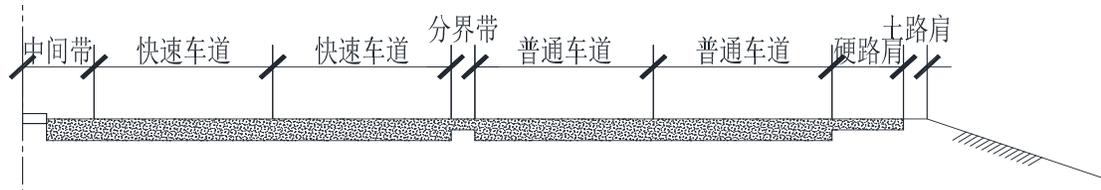
- 针对车辆发生事故或故障后转移至紧急停车带
- 针对山区、丘陵区发生崩塌、滑坡等地质灾害
- 针对交通流量的实时变化
- 针对可以用作临时机场的公路
- 针对夜间和恶劣天气的行车指示

对智能路面技术实现的设想

- 信号
- 传感器及信号处理设备
- 路面材料及设施



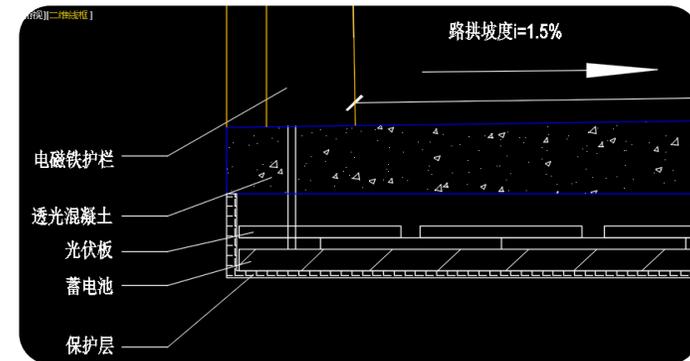
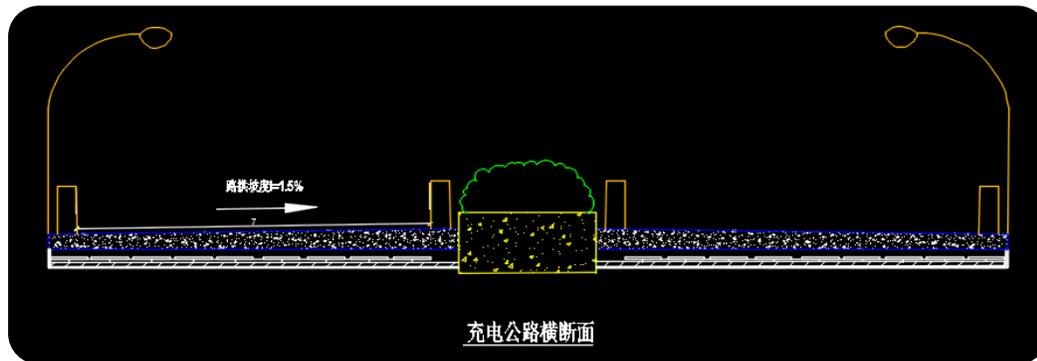
充电路面横断面



充电路面的横断面设计需要在现有的普通高速公路横断面的基础上添加许多新的内容。

- ①保护光伏板和储电结构不会被地下水和路面渗水侵蚀，也不会被路面沉降、塌陷等问题损害。
- ②路面铺装要实现电能转化为磁能的过程，需要在道路两侧（护栏上或者专门的设备上）设置电磁铁，电磁铁通电后产生磁性，在整个路面上产生均布的磁感线。此时相当于闭合导体一部分的电动车，在路面上高速行驶，切割磁感线，产生直流电，实现边走边充电。

设计双向四车道路面，采用双幅式道路，每幅宽度为7m，路拱坡度1.5%，分隔带宽度2m。最上层为透光混凝土，下面是光伏板和蓄电池，保护层包裹住光伏板和蓄电池。车行道两侧各设立一个电磁铁护栏，连接下部的蓄电池，需要时通电产生磁性。





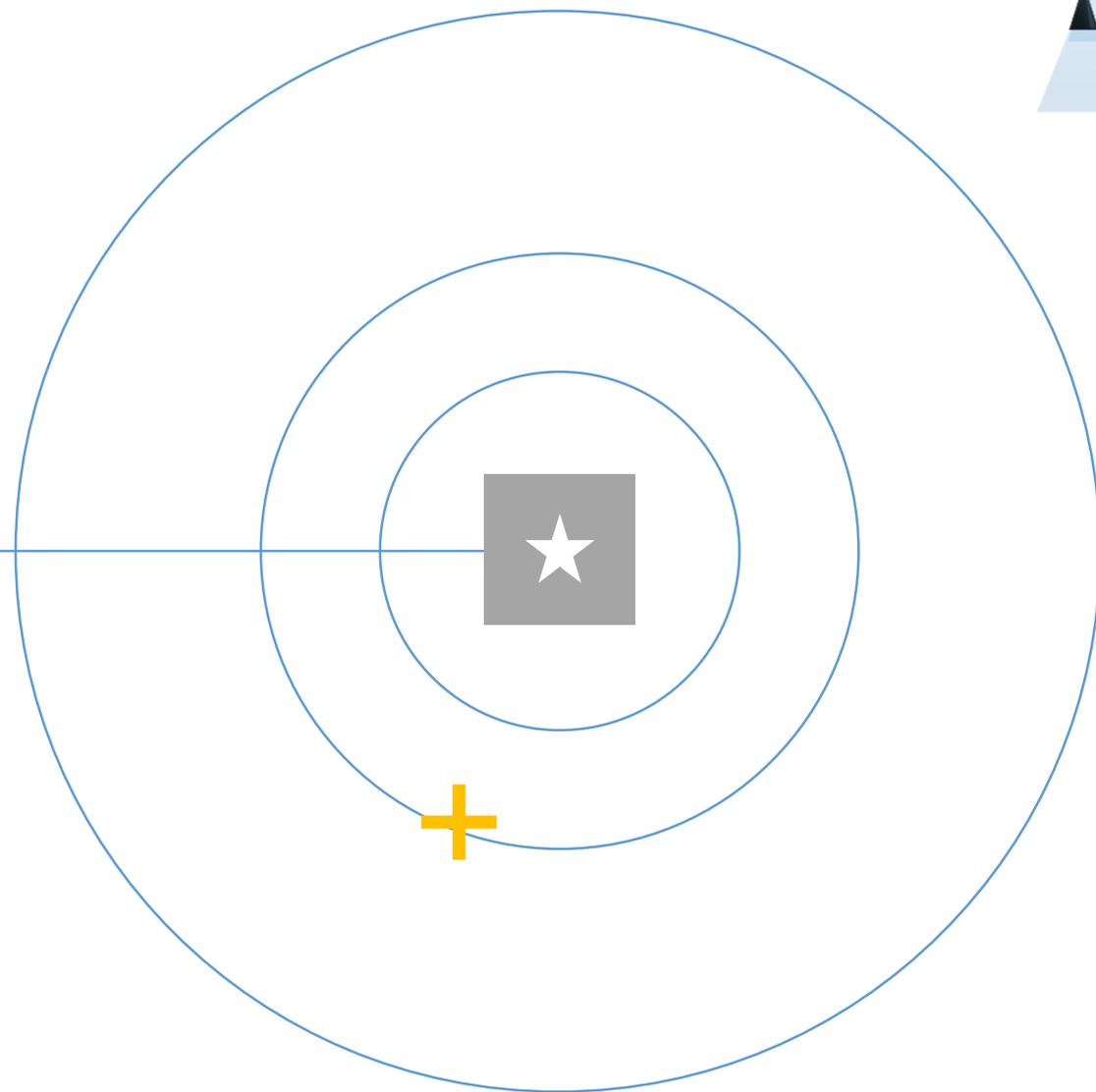
2.3 超级公路的设计因素

2.3.1 通行能力评估

2.3.2 拥堵及限速研究

2.3.3 道路线型设计

2.3.4 车道宽度设计



2.1 超级公路的驾驶体验
2.2 超级公路的路面结构
2.3 超级公路的设计因素

通行能力研究

超级公路等级划分

高速公路等级	超级公路												普通高速公路					
	超三级				超二级				超一级									
计算车速 (km/h)	24	22	20	18	20	18	16	14	16	14	12	10	12	10	8	6	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

通行能力计算

(1) 司机反应时间行驶距离 s

等级	设计车速 v (km/h)	反应时间 t /s	行驶距离 s /m
超一级	160	1.5	66.67
超二级	200	1.0	55.56
超三级	240	0	0.00

(2) 汽车制动距离 $s_{制}$

等级	设计车速 v (km/h)	制动距离 $s_{制}$ /m
超一级	160	113.79
超二级	200	177.79
超三级	240	256.02

(3) 车头间距

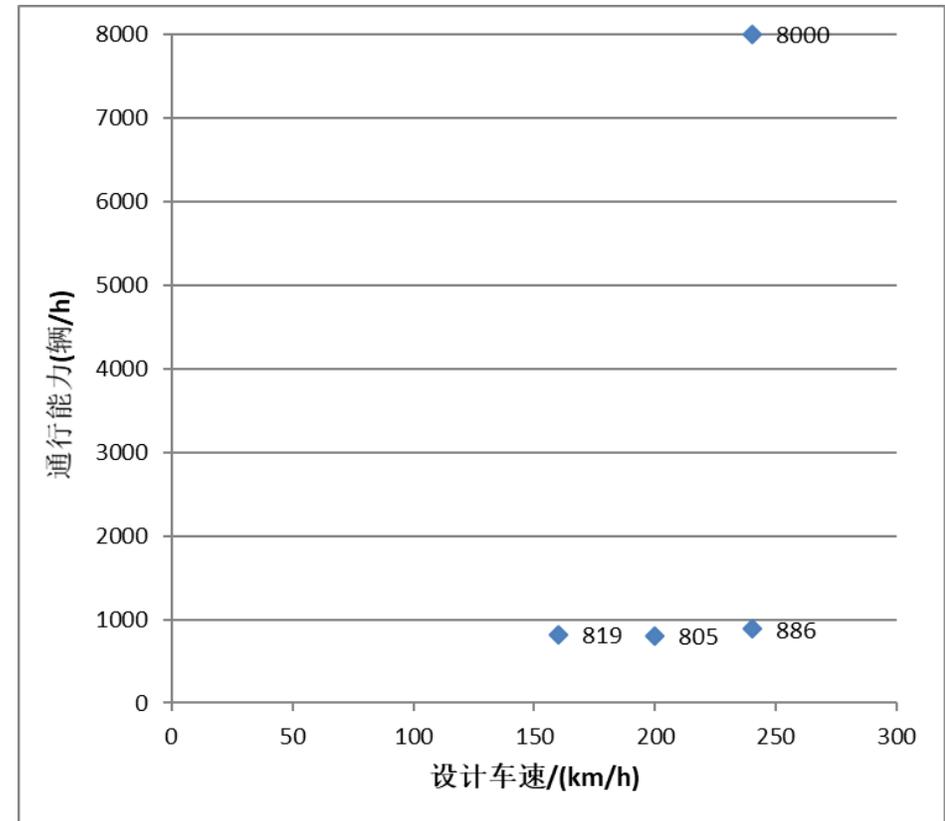
等级	l /m	s /m	$s_{制}$ /m	l_0 /m	车头间距 L
超一级	5	66.67	113.79	10	195.46
超二级	5	55.56	177.79	10	248.35
超三级	单车	5	0.00	256.02	271.02
	虚拟列车	5	0.00	15	30.00

(4) 通行能力

等级	设计车速 v (km/h)	车头间距 L /m	通行能力 N / (辆/h)
超一级	160	195.46	819
超二级	200	248.35	805
超三级	单车	240	886
	虚拟列车	240	8000

通行能力分析

基本通行能力是理论上的数值，实际上因受车道数、车道宽度、自行车影响及交叉口等的影响，通行能力会有所降低。但超级公路的发展将给高速公路通行能力带来质的飞跃是毋庸置疑的。





通行能力分析

实际通行能力:

$$C_r = C_D f_{HV} f_N f_p$$

式中:

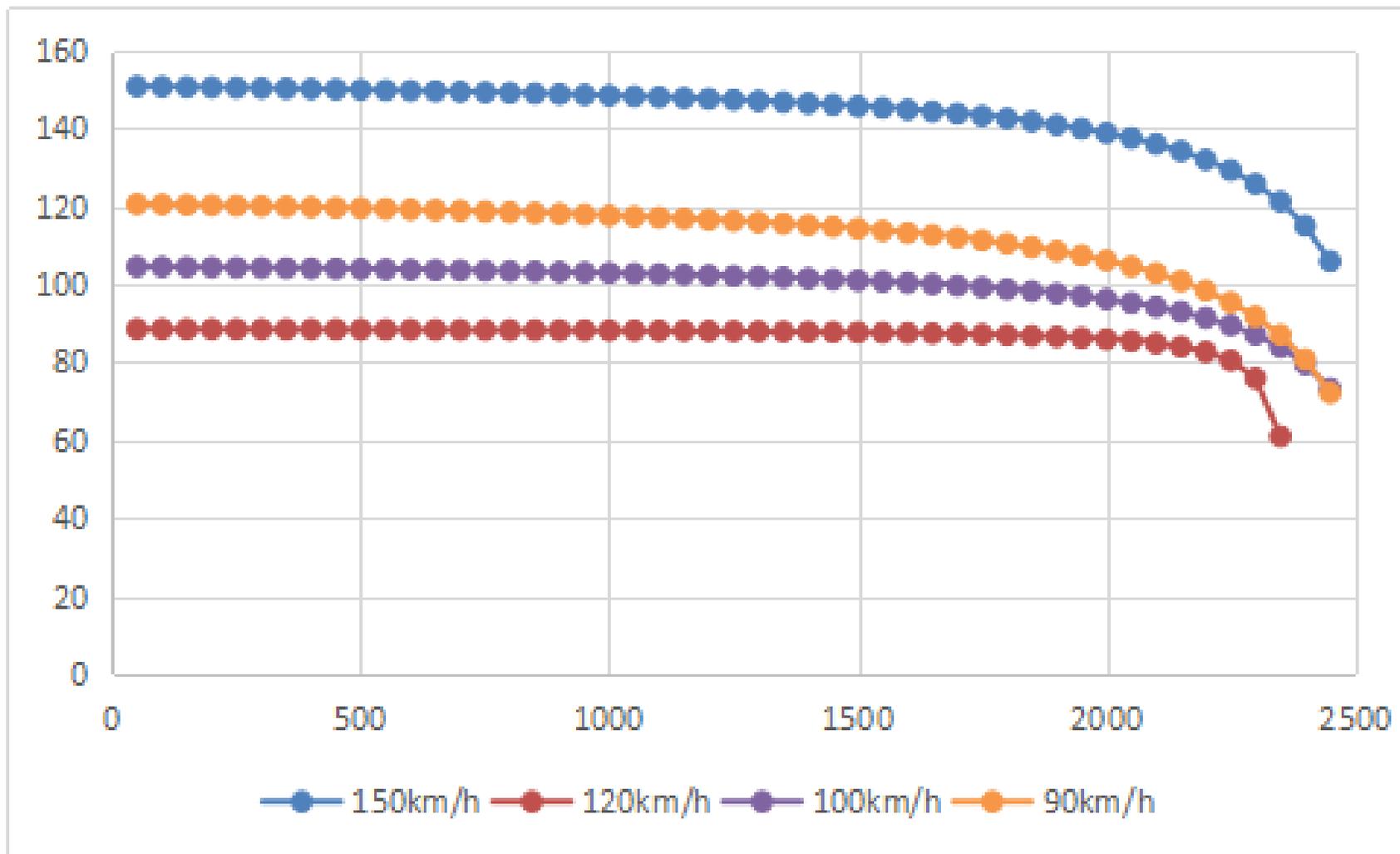
C_r 是实际通行能力 (veh/h/ln)

C_D 是设计通行能力 ($\text{pcu} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{ln}^{-1}$)

f_p 是驾驶者总体特征修正系数

f_N 是车道修正系数

f_{HV} 是交通组成修正系数

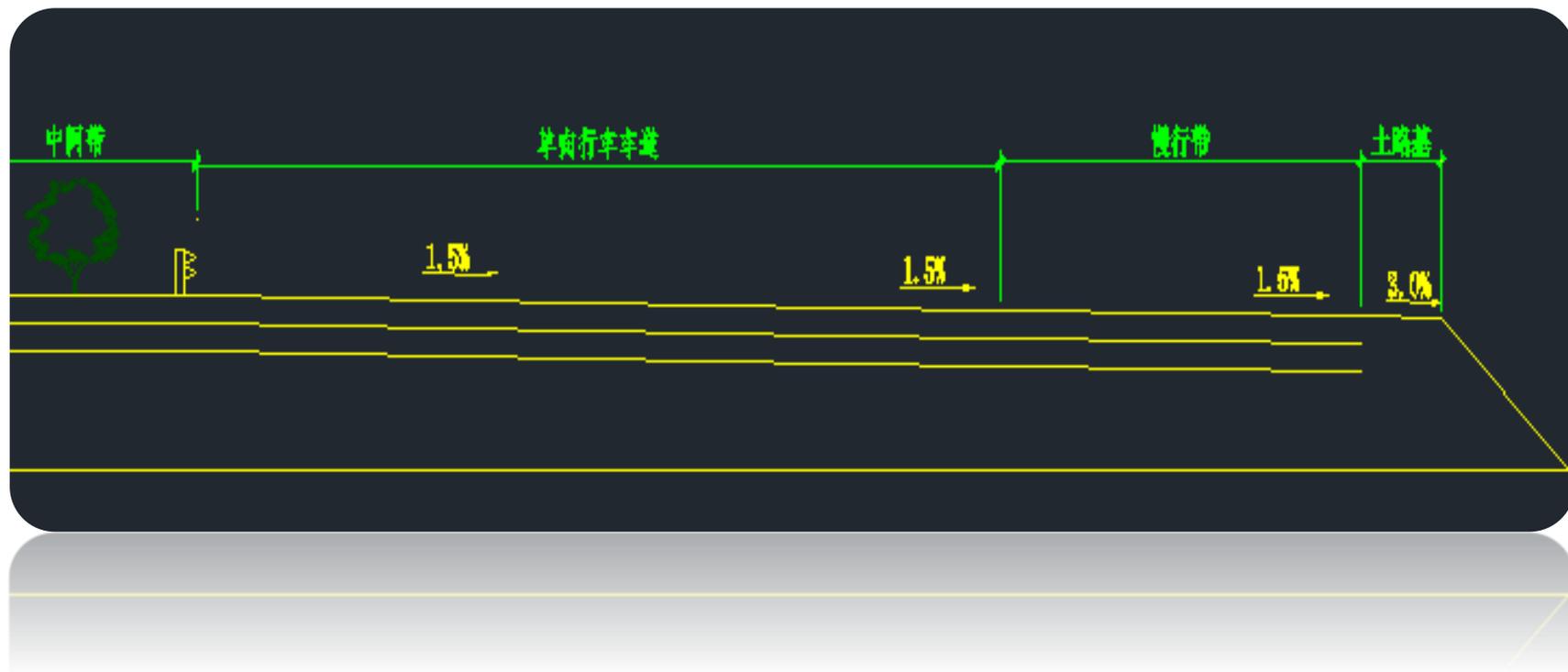




拥堵道路改形

行车路面变窄引起压车几乎是不可避免的。理想的疏通当然是在最少的排队等候时间内将道路恢复正常通行状态，但很多工作如路面维修却是短时间内无法解决的。对此认为给超一级高速公路留设慢行带是一个合理的方案。

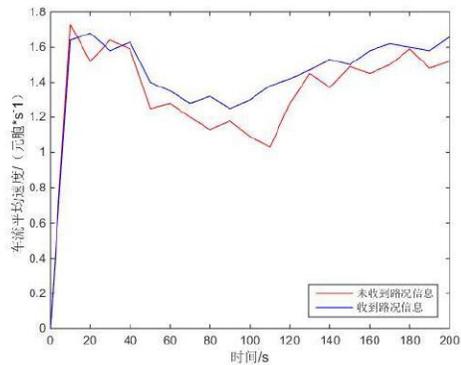
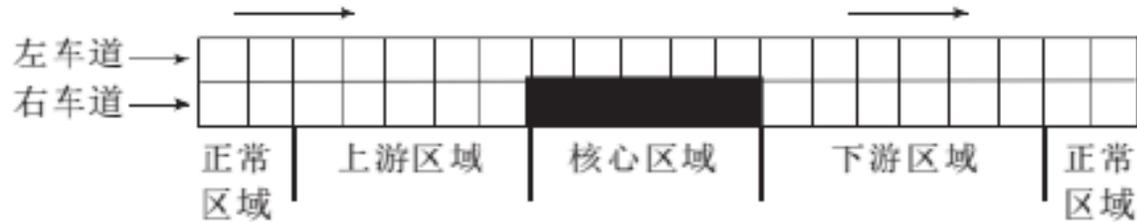
设计道路半截面如下图：



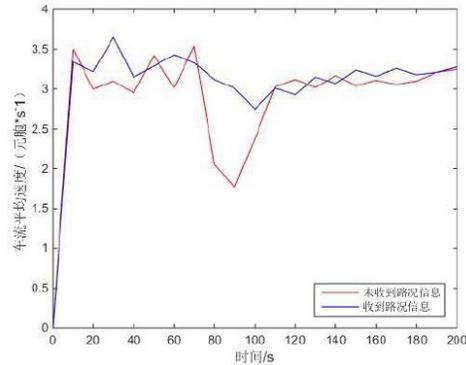


拥堵交通模型

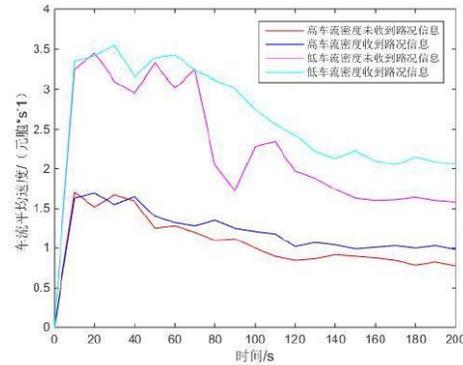
偶发性拥堵道路交通流模型，道路拥堵示意：



高密度下车流平均速度



低密度下车流平均速度

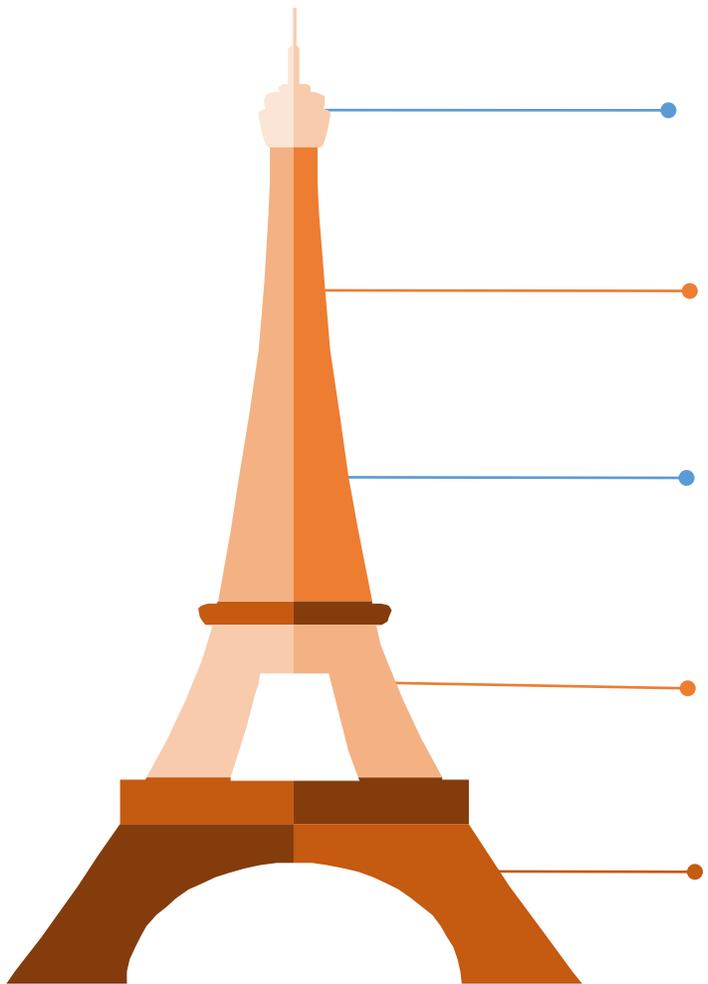


交通事件不消除时的
车流平均速度

基于改进的元胞自动机建立数学模型，通过MATLAB对双车道路线核心区域进行仿真模拟。模拟选择直线双车道主干道拥堵的核心区域，拥堵事件占用一个车道，实验中首先假设车辆正常行驶，在其中某个时间步产生拥堵时间，随后拥堵事件消除，利用上述规定得到路况信息，仿真整个过程中拥堵产生、拥堵过程中及拥堵消散后的道路交通流情况，即交通流中车辆平均速度的实时变化情况。



限速方法分析



全线统一限速

实施方便，几乎不需要做任何研究和论证工作

特殊点段局部限速

对于减少事故多发路段事故，确保长大隧道运行安全发挥积极作用

分路段限速

各限速路段的限速值更符合本路段线形、交通流、事故等因素所反映的行车条件

分车道限速

减小同一车道车辆间的速度差，减少车辆变换车道操作，改善交通量的运行，有助于提高车辆运行的安全性

分车型限速

考虑了不同车型车辆间的性能差异，有助于改善特定类型车辆的安全运行状况



几何线型——平曲线长度

平曲线最小长度

驾驶人反应时间在时速80km/h左右可达效率高峰，通过整个平曲线所需的动作时约为6秒。但是150km/h时认为效率减半，反应时加倍设为10s。按照规范计算得到规范的补充如下：

设计速度 (km/h)		150	120	100	80	60	40	30	20
平曲线最小长度 (m)	一般值	1260	600	500	400	300	200	150	100
	最小值	420	200	170	140	100	70	50	40

圆曲线最小长度

现行规范规定平曲线中可以不设圆曲线，即缓和曲线长度为平曲线的一半。但在150km/h超级高速公路上，驾驶者的动作时加倍，因此取理论上的圆曲线最小长度为整个平曲线长度的三分之一，即圆曲线长度至少应与缓和曲线等长，即：

设计速度 (km/h)		150	120	100	80	60	40	30	20
圆曲线最小长度 (m)		140	100	85	70	50	35	25	20

几何线型——缓和曲线参数确定

依据汽车在回旋线上缓和行驶确定

在推荐离心加速度变化率即 $p = 0.2$ 的情况下，得到150km/h超级高速公路的回旋线最小参数A应为：
$$A = \sqrt{\frac{0.0214}{p}} \sqrt{v^3} = \sqrt{\frac{0.0214}{0.2}} \times \sqrt{150^3} = 600.93\text{m} \text{ (取600m)}$$

依据行驶时间确定

依行驶时间确定A。汽车在回旋线上行驶必要最小时间 $t = 3\text{s}$ 按照前述理论进行放大，结合安全系数 $K = 1.67$ 得 $t = 5\text{s}$ ，取折中值为 $t = 4\text{s}$ ，

由 $L=vt$ 得： $A = \sqrt{vRt} = \sqrt{4vR} = \sqrt{\frac{4V}{3.6}} R = \sqrt{\frac{VR}{0.9}} \text{ (m)}$ 将上面得到的超级高速公路圆曲线最小半径带入，求得该条件下的参数A值为： $A=470$

依据视觉条件确定

该确定原理为依据视觉感受，与人的动作时和反映无关，因此依据既有规范确定。



几何线型——纵断面要素设计

纵坡与坡长限制

规范中对于坡度坡长的限制主要是在对已有车辆的调研下试验得出的结果。但近来我国公路载重列车发展迅速，再加上超级高速公路预实现行走充电功能，必须解决现在的电力驱动导致的动力不足这一大难题，因此在今后超级高速公路规范的设定上，应考虑未来车辆发展趋势，车辆动力等各种因素影响合理设置纵坡坡长及坡度。

竖曲线半径

根据相关研究，驾驶员反应时间去 $t=2.5s$ ，留有了一定富余量，附着系数 ϕ 取不利情况下的值，一般认为速度较大时 ϕ 的取值会稍低，在运行速度为115km/h时取得 $\phi =0.28$ ，可假设设计速度为150km/h时可取 $\phi =0.27$ ；运行速度取设计速度的85%~90%；由此计算凸曲线最小半径见表：

设计速度km/h	停车视距 S_T	缓和冲击 L_{min}	视距要求 L_{min}	竖曲线半径 (m)		竖曲线长度 (m)	
				一般值	最小值	一般值	最小值
150	338	4551ω	28561ω	42000	28000	420	280

凹形曲线的情况下，应该同时满足夜间行车及视距要求，根据相关公式计算得出的最小半径为：

设计速度km/h	停车视距 S_T	缓和冲击 L_{min}	夜间行车照明 L_{min}	视距要求 L_{min}	竖曲线半径 (m)	
					一般值	最小值
150	338	4551ω	5946ω	4244ω	9000	6000



几何线型——横断面要素设计

路基宽度

整体式路基宽度

公路等级		高速公路							
设计速度(km/h)		超级高速公路150			120			100	
车道数		8	6	4	8	6	4	6	4
路基宽度(m)	一般值	43.5	36	30.5	42	34.5	28	33.5	26
	最小值	42	—	27	40	—	25	—	23.5

分离式路基宽度规定

公路等级		高速公路							
设计速度(km/h)		超级高速公路150			120			100	
车道数		8	6	4	8	6	4	6	4
路基宽度(m)	一般值	22.5	17.5	15	22	17	13.75	16.75	13
	最小值	—	—	14.25	—	—	13.25	—	12.5

车道设计

<1>车道宽度

设计速度 (km/h)	150	120	100	80	60
车道宽度 (m)	3.75	3.75	3.75	3.75	3.50

<2>车道数

超级高速公路各路段的车道数应根据预测交通量、服务水平等确定,其车道数为四车道以上时,应按双数增加。

<3>爬坡车道

①超级高速公路在连续上坡路段设置爬坡车道时,其宽度应为3.50m

②超级高速公路的爬坡车道应紧靠车道的内侧设置,可利用硬路肩宽度,爬坡车道的内侧应设置路缘带和土路肩。

<4>加速车道、减速车道

超级高速公路的互通式立体交叉、服务区、停车区、公共汽车停靠站、管理与养护设施等与主线相衔接处,应设置加速车道和减速车道。加(减)速车道宽度应为3.50m。

<5>避险车道

连续长、陡下坡路段,为减轻失控车辆的损失或危及第三方安全,宜在长、陡下坡地段的右侧视距良好的适当位置设置避险车道,其宽度不应小于4.50m。

2.3.4 车道宽度设计

参考报告：1550960-许桂修

结合中国、日本、前苏联的设计经验，计算分析超级公路车道宽度。

其余各国暂未找到计算车道宽度所用的经验公式，

其中德国车道宽度为3.75m，法国车道宽度为3.50m，美国为11~12英尺即3.35~3.66m。

通过以上公式计算得出的车道宽度汇总如下表：

	最大值	最小值	平均值
车道1	4.20	3.75	3.94
车道2	4.60	3.84	4.10
车道3	4.30	3.92	4.22

可以发现采用萨玛哈耶夫经验公式计算得到的车道宽度均偏大，剔除后

	最大值	最小值	平均值
车道1	3.92	3.75	3.86
车道2	4.06	3.84	3.94
车道3	4.38	3.92	4.19

若车道等宽，则须满足最大值4.19m，取4.20m。

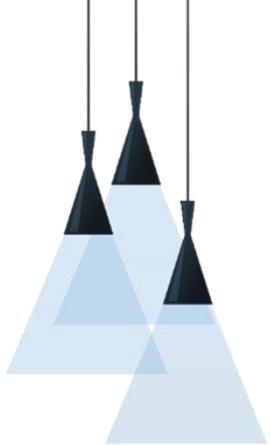
相较于不限速的德国所采用的3.75m，车道宽度要大很多，考虑原因，可以归结为以下几个方面：

1. 车辆性能的提高，横向偏移量减小；
2. 德国驾驶考试难度大，因而驾驶者的素质更高；
3. 驾驶规则完备，超车所需空间更小。



由于实际运行速度除了设计速度的影响外，还受到驾驶人的技术水平、气候条件、交通条件等因素的影响，因而运行速度大大低于设计速度。考虑到我国实际情况，以及美国学者关于车道宽度与事故发生率的研究，取4.00m作为设计速度为160km/h的超级高速公路的车道宽度是比较合适的。同时，为了降低事故发生率，在左右均应设置宽度为3.00m的路肩。

目前对于车辆行驶过程中，横向安全间距的研究相对于纵向安全距离要落后许多，我国仍然采用波良可夫公式作为基准。但随着车辆性能的提高，防撞系统等驾驶辅助系统的研究，以及驾驶人员素质的提高，若继续依照现有规范计算，则会造成资源的浪费。因此，亟需对此进行研究，并且提出基于我国现实情况的车辆横向间距与车速的经验公式，以此作为更新规范与进一步确定超级高速公路车道宽度的依据。



03

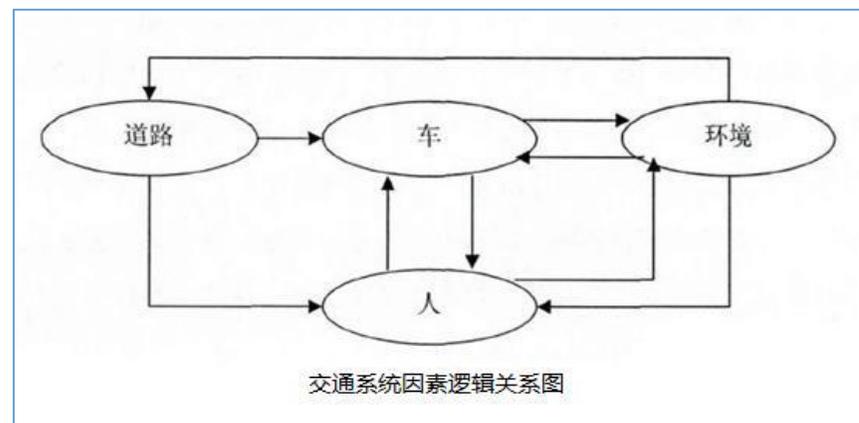
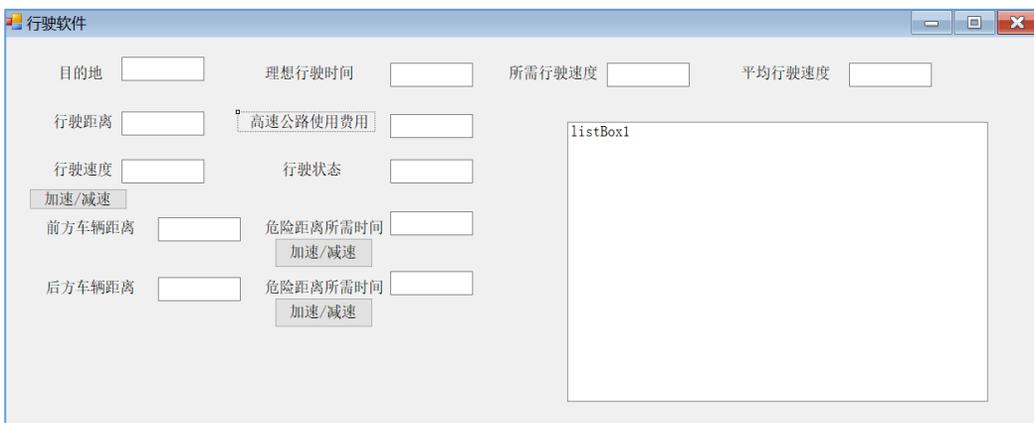
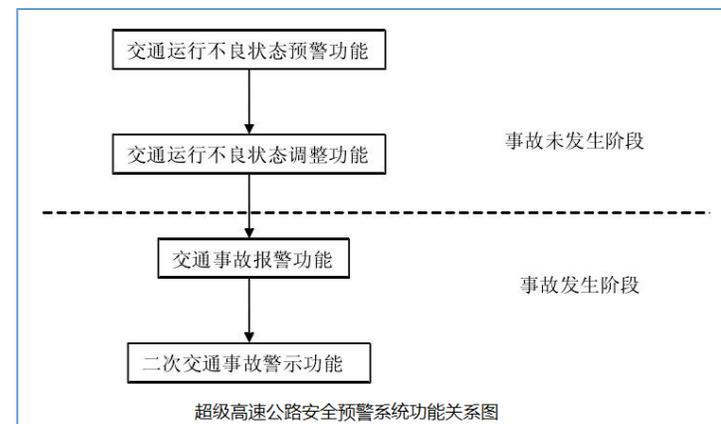
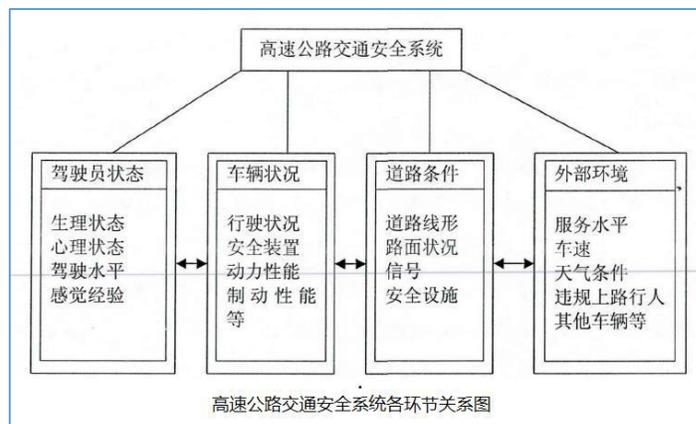
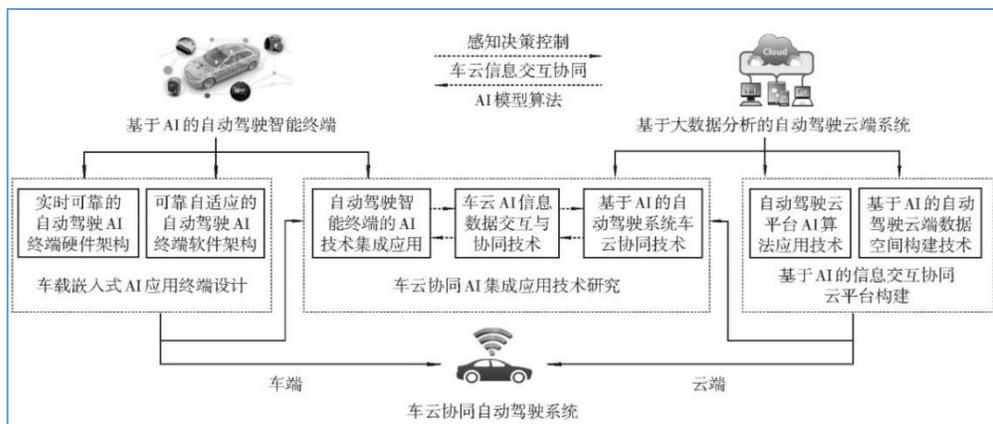
超级公路的配套周边

3.1超级公路的运营系统 & 3.2超级公路的运营维护 & 3.3配套设施及相关



安全预警系统

高速公路具有全封闭的特性，并且严格控制出入，致使与外界相对隔绝，因而高速系统是由人、车、路和环境四个因素构成了一个相对封闭的动态交通系统。





信息传达方式

疲劳预防系统

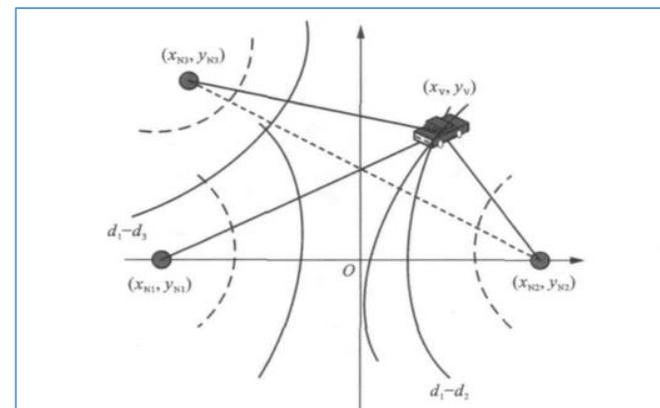
- 准入机制
- 智能手机端疲劳预警系统
- 车辆自带防疲劳系统与信息中心联网
- 加设无人休息站
- 防疲劳景观及特殊设施

视觉信息有效传达系统

- 交通标志牌、电子显示屏字体大小
- 交通标志牌、电子显示屏位置
- 语音辅助
- 广告牌设置

推导在超高速中交通标志牌所需要的字体高度，如表：

车辆速度(km/h)	<40	40-70	70-100	100-120	*120-140	*140-160
驾驶员动态视力	1.0	0.8	0.7	0.6	0.5	0.5
反应距离 (m)	<11.1	11.1-19.4	19.4-27.8	27.8-33.3	33.3-38.9	38.9-44.4
反应距离下可分辨 两点间距 (cm)	<1.6	2.0-3.6	4.0-5.8	6.4-7.7	9.7-11.3	11.3-12.9
字体大小 (cm)	25-30	35-50	50-60	60-70	90-100	100-115





图像采集与识别系统

传统设计下线型指标

可以发现，视距设计速度为150km/h的凸型竖曲线最小半径是设计速度120km/h下的2~3倍，视距作为平方项的放大会造成了很大一部分的原因，这同样验证了在设计速度为150km/h比120km/h要危险的多，而凹曲线主要由缓冲条件控制，视距影响并不如凸曲线大。

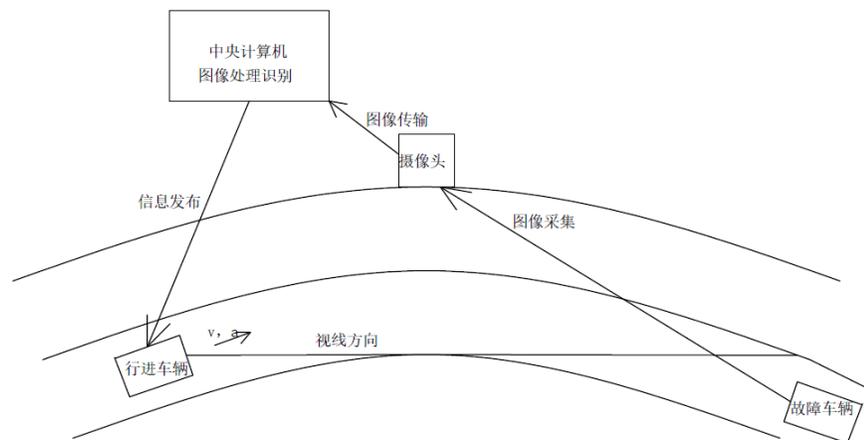
设计速度 (km/h)	视距	凸形竖曲线		凹型竖曲线	
		极限最小半径	推荐最小半径	极限最小半径	推荐最小半径
100	160	6500	10000	3000	4500
120	210	11000	17000	4000	6000
150	335	28000	42000	6500	8500

引入图像采集和图像识别技术后的线型指标

视距 $S_T = s_2 + s_0 = 200 + 10 = 210m$ ，也给了司机充足的反应时间，不会让驾驶员长期处于紧绷状态。此时平曲线最小半径 $R = 286m$ ，此时决定平曲线半径的因素为驾驶舒适性而不再是视距。停车视距减小后，对于凸型竖曲线的指标则变得更为宽松，接近于120km/h设计速度下的线型要求。而竖曲线指标如表：

	设计速度 / (km/h)	视距 S_T/m	缓冲要求 $R = V^2/3.6(m)$	视距要求 $R = S_T^2/4(m)$	选定竖曲线极限最小半径 $R_{凸}(m)$	推荐最小半径 $R_{凸}(m)$
凸曲线	150	210	6250	11025	11500	16000

- 工程应用：降低造价，方便设计
- 道路运营：控制车速，监测路面
- 紧急救援：判断等级，及时反馈



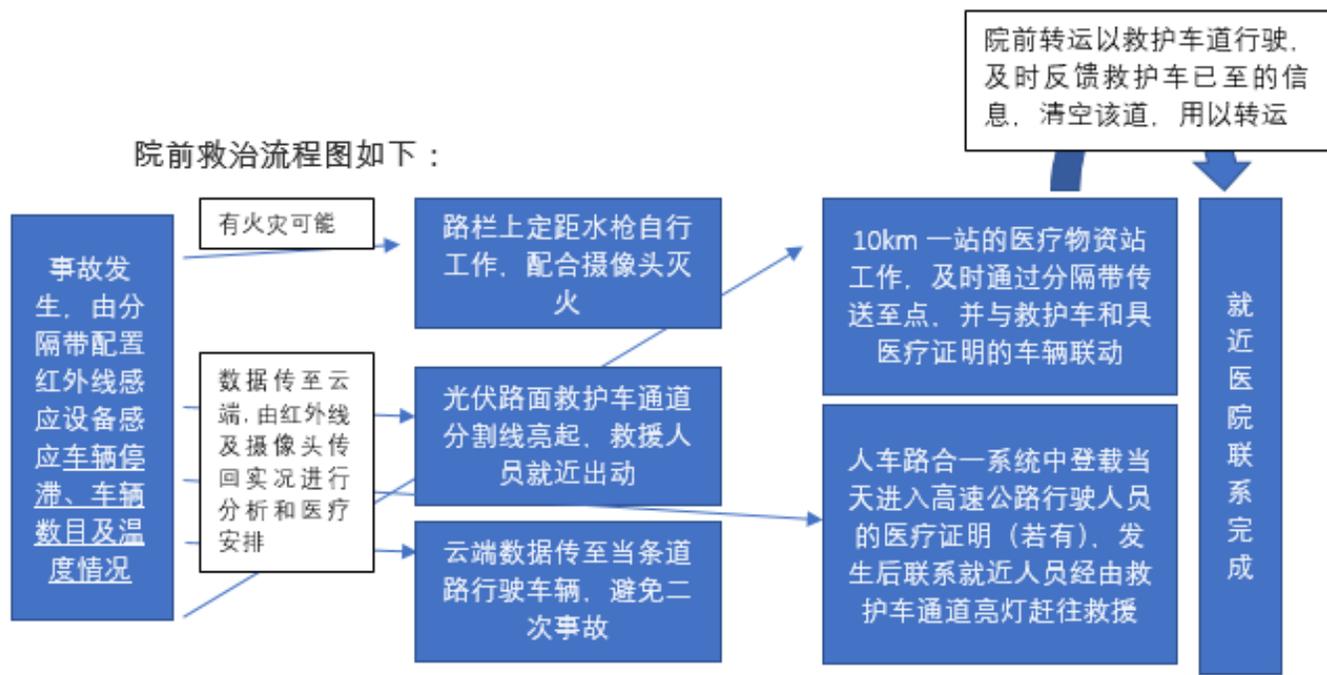


医疗救援系统

建立快速有效的院前救治模式

组建专业的高质量、高效率的院内创伤救治体系

创伤预后直接取决于创伤救治的有效性，而“时间—需求—资源”之间的平衡是贯穿创伤救治的根本，也是超级高速公路交通事故救治相比其他创伤救治的更关键的因素，充分协调三者之间的动态平衡，利用好云端大数据交流和人车路合一体系，可以做到初步的解决





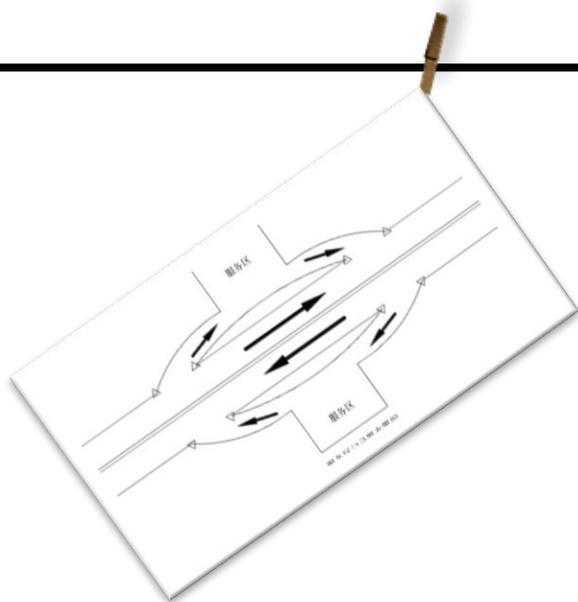
超级公路计费方式构建思路

自由流收费的前身或者说是初步应用——ETC——单车道自由流技术已广为人知，但其过长的交易时间以及因此造成的30公里/小时控制车速对“超级高速公路”的整体构想而言仍显笨重。在电子收费领域，ETC多车道自由流技术可以代表当今国际最先进的道路收费技术水平，在众多“超级高速公路”畅想的相关技术中都有迹可循，也标志着道路收费技术未来的发展方向。



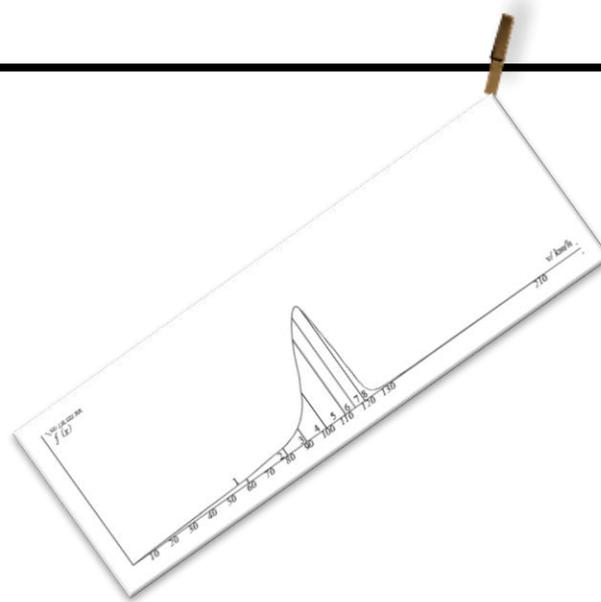
分段计费

- 区段划分
- 特征点布置



计费标准整体上调

总体上调权系数



按速计费

- 划分速度区段
- 速度权系数设置

不文明行为惩罚收费

实际运营过程中应联合交警部门，制定不文明行为的具体内容及罚款程度。



超级高速公路服务区设置间距

生理需求

按超级高速公路125km/h的运行速度计算，服务区间距设置不宜大于62.5km

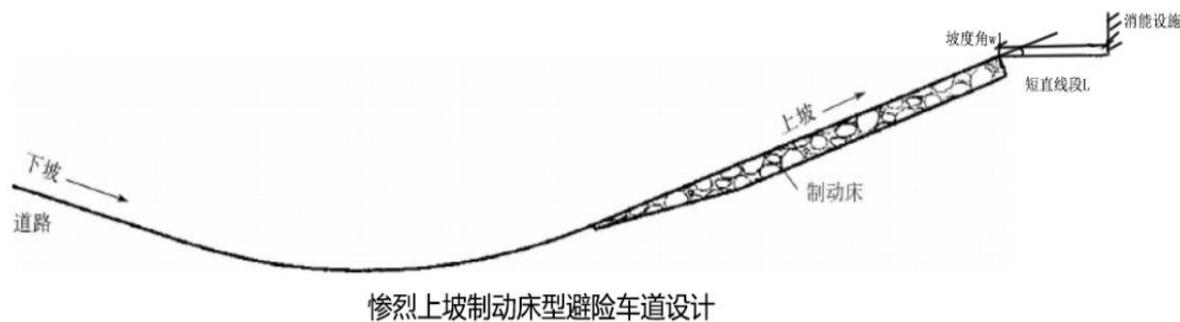
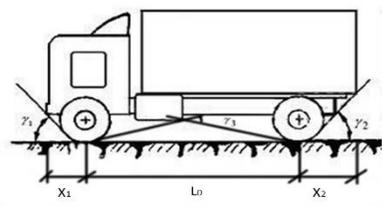
安全需求

按超级高速公路125km/h的运行速度计算，服务区间距设置不宜大于52km

车辆能源需求

以燃油为能源的汽车：服务区间距设置应不少于62km
以电力为能源的汽车：移动充电，不受限制

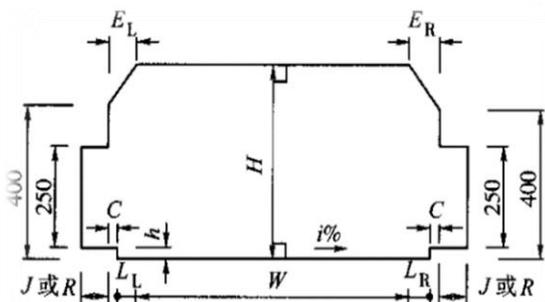
惨烈上坡制动床型避险车道



面对150km/h的超级高速公路中的避险车道，将现有规范中的竖曲线部分公式进行了合理的外推，得到了避险车道中驶离匝道与制动床基本参数的极限值。为了经济性考虑，可以直接使用极限值进行设计。而该避险车道的关键“惨烈”部分，即利用了汽车的纵向通过性中的纵向通过角，设置在制动床与消能设施之间。在制动失效冲入的货车经过制动床减速失败后，最终的速度可能有30km/h甚至是更高。因此，该部分通过路面与底盘接触，并且可能直接拖住货车，从而直接停车。由于在货车撞向消能设施之前仍有损伤，将该新型避险车道命名为“惨烈上坡制动床型避险车道”。以表示该方法的惨烈性。



超级高速公路隧道设计



对于超级高速公路而言，隧道横断面必须设计成双隧道洞口，保证隧道内单向行车，如下图2所示。如遇隧道检修，开通单个隧道双向行驶时，必须对隧道速度限速至60km/h。

超级高速公路鸟撞分析



经计算：
飞鸟撞击汽车过程中的最大平均碰撞力为10850.1N，规范规定的汽车挡风玻璃所产生的碰撞力2203.4N。
因此，在超级高速公路上运行的汽车倘若发生鸟类碰撞，可能产生极大的危害

超级公路噪声治理

来源：

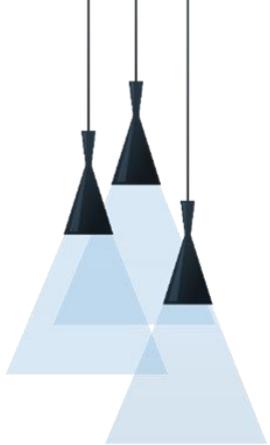
- 汽车发动机
- 车辆空气摩擦
- 轮胎路面摩擦

治理噪声源：

- 发动机及车内零部件
- ①能源改变；②受机械振动启示
- 汽车外形设计
- ①降低底盘；②汽车流线型设计
- 路线设计
- ①吸声材料路面；②减少路线急变

智能管理：

- 智能驾驶
- 智能路面噪声监控
- 智能清扫



研究方法对比及分析

4研究方法对比分析

2.3.3道路线型设计 参考报告：1551039-刘吉林

几何线型——平断面要素设计

直线

规范中最长直线长度需小于20v，对于超级高速公路采用自动驾驶，可适当增大。规范规定了同向曲线间最短直线长度应大于6v。反向曲线间直线最短长度宜大于2v。因此，对于设计速度150km/h的超级高速公路，其最短直线长度：同向900m，反向300m。

圆曲线

通过规范中公式，计算V=150km/h时，设超高的圆曲线最小半径：

超高值	2%	4%	6%	8%	10%
曲线最小半径/m	1476	1265	1107	984	886

设计速度 (km/h)	150
不设超高最小半径 (m)	8858
路拱横坡≤2%	8858
路拱横坡>2%	11811

不设超高最小半径：

缓和曲线

按照我国《规范》计算，假设该道路为双向四车道高速公路，超高渐变方式为按中线旋转，规范中当设计速度为120km/h时，最大超高渐变率为p=1/250。当设计时速为150km/h时，可取倒超高渐变率为1/275；由此计算的最小缓和曲线长度为206m；因此，在设计时速为150km/h的超级高速公路中，一般可推荐最小缓和曲线长度为200m。当其不满足超高渐变率要求时，需另行调整。



2.3.3道路线型设计 参考报告：1551039-刘吉林

几何线型——横断面要素设计

横断面超高及超高渐变

最大超高值：美国相关规定中最近新增了最大超高值可选用12%。这点也可参照德国公路线型设计规范，在规范中的A级道路最大横坡设置为8%，且A级道路中A I级道路不进行限速，可认为8%的超高值在高速下仍是安全的。因此，笔者认为超级高速公路下的最大超高值可设为10%，安全行驶要求更严格时可选用8%。

超高渐变：美国规范中，将路面横坡负超高到0%路段的超高过渡段设置在直线上，为的是避免缓和曲线开始一段超高量不足。笔者认为：在道路设计速度较高时，车辆运行需要更多的超高值，因此，超级高速公路上的超高渐变方式参照美国规范更为合理。

车道、路肩及中央分隔带

我国《规范》规定高速公路必须大于4车道，因此，对于超级高速公路，其车道数也应大于4车道。因为速度较大时，所需车道宽度应当增加，可设计车道宽度为4m。因为超级高速公路一般平曲线半径较大的缘故，加宽值一般较小，可不考虑其加宽值。我国规范对于路肩的规定，高速公路上，一般应设右路肩，当采用分离式断面时，行车道左侧应设左路肩。路肩的作用主要是保护及支撑路面结构，供临时停车，作为侧向余宽等作用，与车速关联不大，因此，笔者认为，在超级高速公路上的路肩宽度可参照现行规范中设计速度为120km/h的要求。高速公路上一般需设置中央分隔带，现行规范规定窄中央分隔带在2.00~4.50m之间，宽中间带一般在6~15m之间。笔者认为，在超级高速公路等交通量较大的公路上设置分隔带，更倾向于设置宽分隔带，这是因为，宽分隔带对于将来道路加宽更加便利，这是因为，相较于两侧加宽，中央分隔带上路基已经趋于稳定，加宽所需工程量也更小。因此，在条件允许的情况下，采用宽中央分隔带更有利于未来道路更改。



2.3.3道路线型设计 参考报告：1551039-刘吉林

几何线型——纵断面要素设计

纵坡与坡长限制

规范中对于坡度坡长的限制主要是在对已有车辆的调研下试验得出的结果。但近来我国公路重载列车发展迅速，再加上超级高速公路预实现行走电动功能，必须解决现在的电力驱动导致的动力不足这一大难题，因此在今后超级高速公路规范的设计上，应考虑未来车辆发展趋势，车辆动力等各种因素影响合理设置纵坡坡长及坡度。

竖曲线半径

根据相关研究，驾驶员反应时间t=2.5s，留有一定富余量，附着系数φ取不利情况下的值，一般认为速度较大时φ的取值会稍低，在运行速度为115km/h时取得φ=0.28，可假设设计速度为150km/h时可取φ=0.27。运行速度取设计速度的85%~90%；由此计算凸曲线最小半径见表：

设计速度 km/h	停车视距 S_T	缓和冲击 L_{min}	视距要求 L_{min}	竖曲线半径 (m)		竖曲线长度 (m)	
				一般值	最小值	一般值	最小值
150	338	4551ω	28561ω	42000	28000	420	280

凹形曲线的情况下，应该同时满足夜间行车及视距要求，根据相关公式计算得出的最小半径为：

设计速度 km/h	停车视距 S_T	缓和冲击 L_{min}	夜间行车照明 L_{min}	视距要求 L_{min}	竖曲线半径 (m)	
					一般值	最小值
150	338	4551ω	5946ω	4244ω	9000	6000



结合多国规范公式 合理概念设计



4研究方法对比分析

2.3.3道路线型设计

参考报告：1551188-国凯

几何线型——平面设计

直线

- <1>直线的长度不宜过长。受地形条件或其他特殊情况限制而采用长直线时，应结合沿线具体情况采取相应的技术措施。
- <2>两圆曲线间以直线径相连接时，直线的长度不宜过短。

设计速度为150 km/h时，同向圆曲线间最小直线长度（以m计）以不小于900为宜，反向圆曲线间的最小直线长度（以m计）以不小于300为宜。

圆曲线

- <1>超级高速公路平面不论转角大小，均应设置圆曲线。在选用圆曲线半径时，应与设计速度相适应。
- <2>圆曲线最小半径按设计速度规定如下表：

设计速度 (km/h)	圆曲线最小半径 (m)			
	一般值	1000	700	400
150	1600	1000	700	400
120	1000	700	400	250
100	700	400	250	150
80	400	250	150	100

回旋线

- <1>超级高速公路的直线小于下表，不设超高的圆曲线最小半径相连接处，应设置回旋线。

设计速度 (km/h)	不设超高圆曲线最小半径 (m)			
	拱拱≤2%	9000	5500	4000
150	9000	5500	4000	2500
120	5500	3500	2500	1500
100	3500	2500	1500	1000
80	2500	1500	1000	700

- <2>半径不同的同向圆曲线径相连接处，应设置回旋线。但符合下述条件时可不设回旋线：

①小圆半径大于上表规定时。

设计速度 (km/h)	150	120	100	80
临界圆曲线半径 (m)	3250	2100	1500	900

②小圆半径大于下表规定，且符合表中条件之一者：

设计速度 (km/h)	150	120	100	80
注：①小圆半径与小圆曲线半径同轴时，大圆半径与小圆半径之差小于10m时；②大圆半径（R）与小圆半径（r）之比小于1.5时；	150	120	100	80

- <3>回旋线最小长度规定如下表：

设计速度 (km/h)	150	120	100	80
回旋线最小长度 (m)	120	100	85	70

注：①设置超高时，圆曲线最小半径应适当增大而增加；②圆曲线最小半径按表规定时，圆曲线长度应大于等于超高过渡段长度。

2.3.3道路线型设计

参考报告：1551188-国凯

几何线型——横断面要素设计

路基宽度

公路等级	整体式路基宽度								分离式路基宽度规定																		
	高速公路				高速公路				高速公路				高速公路														
设计速度 (km/h)	150		120		100		80		150		120		100		80		60										
车道数	8	6	4	8	6	4	6	4	8	6	4	8	6	4	6	4	8	6	4								
路基宽度 (m)	一般值	43.5	36	30.5	42	34.5	28	33.5	26	一般值	22.5	17.5	15	22	17	13.75	16.75	13	一般值	22.5	17.5	15	22	17	13.75	16.75	13
	最小值	42	—	27	40	—	25	—	23.5	最小值	—	—	14.25	—	—	13.25	—	12.5	最小值	—	—	14.25	—	—	13.25	—	12.5

车道设计

- <1>车道宽度

设计速度 (km/h)	150	120	100	80	60
车道宽度 (m)	3.75	3.75	3.75	3.75	3.50

- <2>车道数

超级高速公路各路段的车道数应根据预测交通量、服务水平等确定，其车道数为四车道以上时，应按双数增加。

- <3>爬坡车道

- ①超级高速公路在连续上坡路段设置爬坡车道时，其宽度应为3.50m
- ②超级高速公路的爬坡车道应紧靠车道的右侧设置，可利用硬路肩宽度，爬坡车道的右侧应设置路缘带和土路肩。

- <4>加速车道、减速车道

超级高速公路的互通式立体交叉、服务区、停车区、公共汽车停靠站、管理与养护设施等与主线相衔接处，应设置加速车道和减速车道，加(减)速车道宽度应为3.50m。

- <5>避险车道

连续长、陡下坡路段，为减轻失控车辆的损失或危及第三方安全，宜在长、陡下坡地段的右侧视距良好的适当位置设置避险车道，其宽度不应小于4.50m。

2.3.3道路线型设计

参考报告：1551188-国凯

几何线型——纵断面要素设计

纵坡与坡长限制

超级高速公路的最大纵坡规定如下表：

设计速度 (km/h)	150	120	100	80
最大纵坡 (%)	2~3	3	4	5

最小坡长规定如下表：

设计速度 (km/h)	150	120	100	80
最小坡长 (m)	375	300	250	200

不同纵坡的最大坡长规定如下表：

纵坡坡度 (%)	设计速度 (km/h)			
	150	120	100	80
3	750	900	1000	—
4	—	700	800	—
5	—	—	600	—
6	—	—	—	—
7	—	—	—	—
8	—	—	—	—
9	—	—	—	—
10	—	—	—	—

竖曲线半径

纵坡变更处应设置竖曲线，竖曲线宜采用圆曲线，其竖曲线最小半径与竖曲线长度规定如下表：

设计速度 (km/h)	150			120			100		
	一般值	17000	11000	6500	6000	4500	5500	4000	3000
凸形竖曲线最小半径 (m)	2000	17000	11000	6500	6000	4500	5500	4000	3000
凹形竖曲线最小半径 (m)	8000	8000	6000	4500	5500	4000	3000	2500	2100
竖曲线长度 (m)	一般值	290	250	210	一般值	120	100	85	85
	最小值	120	100	85	最小值	120	100	85	85

现有规范计算
合理概念设计

4研究方法对比分析

2.3.3道路线型设计 参考报告: 1550735-徐梓齐&1550737-王傲

几何线型——平曲线长度

平曲线最小长度

驾驶人反应时间在时速80km/h左右可达效率高峰, 通过整个平曲线所需的动作时约为6秒, 但是150km/h时认为效率减半, 反应时加倍设为10s。按照规范计算得到规范的补充如下:

设计速度 (km/h)	150	120	100	80	60	40	30	20	
平曲线最小长度 (m)	一般值	1260	600	500	400	300	200	150	100
	最小值	420	200	170	140	100	70	50	40

圆曲线最小长度

现行规范规定平曲线中可以不设圆曲线, 即缓和曲线长度为平曲线的一半。但在150km/h超级高速公路上, 驾驶者的动作时加倍, 因此取理论上的圆曲线最小长度为整个平曲线长度的三分之一, 即圆曲线长度至少应与缓和曲线等长, 即:

设计速度 (km/h)	150	120	100	80	60	40	30	20
圆曲线最小长度 (m)	140	100	85	70	50	35	25	20

几何线型——缓和曲线参数确定

依据汽车在回旋线上缓和行驶确定

在推荐离心加速度变化率 $p = 0.2\text{g}$ 的情况下, 得到150km/h超级高速公路的回旋线最小参数A应为: $A = \sqrt{\frac{0.0214}{p} \cdot \sqrt{V^3}} = \sqrt{\frac{0.0214}{0.2} \cdot \sqrt{150^3}} = 600.93\text{m}$ (取600m)

依据行驶时间确定

依行驶时间确定A, 汽车在回旋线上行驶必要最小时间 $t = 3\text{s}$ 按照前述理论进行放大, 结合安全系数 $K = 1.67$ 得 $t = 5\text{s}$, 取折中值为 $t = 4\text{s}$, 由 $L = vt$ 得: $A = \sqrt{RT} - \sqrt{rR} = \frac{4V}{3.6}R - \sqrt{\frac{R}{0.9}}$ 将上面得到的超级高速公路圆曲线最小半径带入, 求得该条件下的参数A值为: $A = 470$

依据视觉条件确定

该确定原理为依据视觉感受, 与人的动作时和反映无关, 因此依据既有规范确定。

2.3.3道路线型设计 参考报告: 1550735-徐梓齐&1550737-王傲

几何线型——缓和曲线长度确定

依据离心加速度变化率

依据设计速度150km/h, 可得不同半径条件下对应的依据离心加速度变化率的缓和曲线长度, 规范补充为:

设计速度150km/h		半径 (m)	计算值 (m)	取值 (m)	
圆曲线 最小半径	最大超高	10%	1050.00	115.71	120.00
		8%	1200.00	101.25	110.00
		6%	1400.00	86.79	90.00
	不设超高	4%	1650.00	73.64	75.00
		路拱 $\leq 2.0\%$	8900.00	13.65	15.00
		路拱 $> 2.0\%$	11850.00	10.25	15.00
一般最小半径		1610.00	75.47	80.00	

依据司机操作反应时间

一般采用 $t = 3-5\text{s}$, 由于设计速度150km/h为超规范速度, 在保证适当延长缓和曲线长度和驾驶员足够反映时间下, 结合安全系数1.67的原则 ($3 \times 1.67 = 5\text{s}$), 取4s, 则 $L = \frac{4V}{3.6} = 1.11V(m) \Rightarrow L = 166.5\text{m}$ (取170m)

依据视觉条件

则依据计算值取5m的整数倍, 按照 $L = R$ 和 $L = R/9$, 将规范补充为:

设计速度150km/h		半径 (m)	L=R 取值 (m)	L=R/9 计算 (m)	L=R/9 取值 (m)	
圆曲线	最大超高	10%	1050	1050	116.67	120
		8%	1200	1200	133.33	140
		6%	1400	1400	155.56	160
	不设超高	4%	1650	1650	183.33	190
		路拱 $\leq 2.0\%$	8900	8900	988.89	990
		路拱 $> 2.0\%$	11850	11850	1316.67	1350
一般最小半径		1610	1610	178.89	180	

当设计速度为150km/h时, 采用的缓和曲线长度宜取上述计算中的较大值, 则不同设计车速时的缓和曲线最小长度规范补充为:

设计车速 (km/h)	150	120	100	80
最小缓和曲线长 (m)	170	100	85	70

2.3.3道路线型设计 参考报告: 1550735-徐梓齐&1550737-王傲

几何线型——圆曲线半径

最大横倾力

当 $\mu < 0.08$ 时, 驾驶员的心理紧张程度基本稳定, 此时可以不考虑横倾力系数对反应时的影响。

设计速度 (km/h)	150	120	100	80	60	40	30	20
最大横倾力系数 (μ_{max})	0.07	0.1	0.12	0.13	0.15	0.15	0.16	0.17

极限最小半径

按照设计本次设计速度150km/h, 分别计算最大超高为10%、8%、6%、4%对应的极限最小半径。根据汽车行驶在圆曲线上的受力平衡方程得:

$$i_s = 10\% \Rightarrow R = 1042.1\text{m} \text{ (取1050m)}$$

$$i_s = 8\% \Rightarrow R = 1181.1\text{m} \text{ (取1200m)}$$

$$i_s = 6\% \Rightarrow R = 1362.8\text{m} \text{ (取1400m)}$$

$$i_s = 4\% \Rightarrow R = 1610.6\text{m} \text{ (取1650m)}$$

不设超高最小半径

设计速度 (km/h)	150	120	100	80	60	40	30	20	
	最大超高	1050	570	360	220	115	-	-	-
不设超高 最小半径 (m)	8%	1200	650	400	250	125	60	30	15
	6%	1400	710	440	270	135	60	35	15
	4%	1650	810	500	300	150	65	40	20
路拱 $\leq 2.0\%$	8900	5500	4000	2500	1500	600	350	150	
	路拱 $> 2.0\%$	11850	7500	5250	3350	1900	800	450	200

一般最小半径

公路一般最小半径

超高、横倾力系数 μ

取值表:

设计速度	150	120	100	80	60	40	30	20
μ	0.07	0.1	0.12	0.13	0.15	0.15	0.16	0.17
i	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
$\mu + i = \frac{1}{125}$	0.11	0.14	0.16	0.17	0.19	0.19	0.2	0.21
一般最小半径 (m)	1610	810	500	300	150	65	40	20

论文资料调研
现有规范推算
合理概念设计



Thanks!
