

# 团体标准

T/ITS XXXX—XXXX

## 智能网联道路能源自洽的几何、结构一体化设计指南

Guidelines for geometric and structural integration design of smart connected road  
Energy self-consistent systems

(征求意见稿)

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

中国智能交通产业联盟 发布

# 目 次

前 言 .....	I
引 言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语与定义 .....	1
4 总体设计 .....	2
5 光伏发电一体化设计 .....	2
6 风力发电一体化设计 .....	4
7 振动发电一体化设计 .....	5
8 温差发电一体化设计 .....	6

中国智能交通产业联盟

## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国智能交通产业联盟（C-ITS）提出、归口、解释并实施。

本文件主要起草单位：长安大学、中交投资有限公司、同济大学、北京航空航天大学、西安交通大学、四川路桥建设集团股份有限公司、蜀道清洁能源集团。

本文件起草人：马峰、孙建勋、张宏超、马晓磊、陈晨、傅珍、赵泽栋、司少锋、王宇行、马行远、靖峥、王淼、孙牧天。

## 引 言

为了确保智能网联道路能源自洽系统及其相关设施的几何与结构一体化设计能够按照统一的规范进行详细说明与描述，特制定本设计指南。

为了确保该指南的适用性与可操作性，在使用过程中，各相关单位应及时反馈对本指南内容的意见和建议，并将反馈函送至北京中交国通智能交通系统技术有限公司，以便在修订过程中加以采纳和完善。

中国智能交通产业联盟

中国智能交通产业联盟

# 智能网联道路能源自洽的几何、结构一体化设计指南

## 1 范围

本文件规定了智能网联道路能源自洽系统的几何布局与结构一体化设计的术语和定义，设计原则，几何设计要求，结构设计要求，能源自洽方案，以及相关设施的集成设计等内容。

本文件适用于路域交通应用场景下风、光、压电和热电设备在内的多种场景下设备布设与道路几何结构一体化设计建议。

在进行智能网联能源自洽系统规划时，除应符合本指南的规定外，尚应符合有关法律、法规及国家、行业现行有关标准的规定。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

JTG D81-2017 公路交通安全设施设计规范

JTG B01-2014 公路工程技术标准

JTG D20-2017 公路路线设计规范

CJJ 37-2012 城市道路工程设计规范

GB 50797-2012 光伏发电站设计标准

GB/T 18451.1-2012 风力发电机组设计要求

## 3 术语与定义

### 3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1.1

**智能网联道路 Smart Connected Road (SCR)**

具备感知、定位、引导功能，配置智能设备，实现车辆、道路设施与云端系统实时交互与自主协同运行的道路。

#### 3.1.2

### 自洽能源系统 Self-Consistent Energy Conditions

适用于通过风能、太阳能、机械能、热能采集、存储与变换技术构建的自洽能源系统，实现基础设施和车载低功耗设备的能源支持，无需外部能源供给，并可应用于无电地区基础设施的能源保障。

#### 3.1.3

#### 几何、结构一体化设计 Geometric and Structural Integration Design

将道路的几何布局（如路面线形、车道宽度、曲线半径等）与结构元素（如路面结构层、材料类型、支撑等）结合进行统一设计的一种方法，确保道路功能性和安全性。

#### 3.1.4

#### 能源采集系统 Energy Harvesting System

通过采集与储存外部能源，并将能量转换为可用电能，为设备或系统提供能源支持的系统。

## 4 总体设计

### 4.1 一般规定

4.1.1 几何结构一体化设计须保证道路的行驶安全性和舒适性，提高储能装置运行稳定性及能量采集效率。

4.1.2 设计过程中充分考虑自然能源发电装置（如光伏、风能系统）布设位置对行驶视距、边坡稳定性、横纵断面设计的影响，保证行车安全及道路稳定性。

4.1.3 设计过程中充分考虑储能装置（如压电换能器、热电转换器）布设后对路面结构的稳定性和耐久性的影响，平衡储能装置与路面结构的关系。

4.1.4 几何结构一体化设计应以国家储能相关政策为指导，符合相关规程规范要求。

### 4.2 针对对象

4.2.1 本指南服务对象应包括智能网联道路中的感知设施、定位设施、引导设施、通信设施、计算与交换设施，以及与其配套的储能、配电和控制设施。

## 5 光伏发电一体化设计

### 5.1 一般规定

5.1.1 适用于在道路边坡、匝道圈、中央分隔带及高架桥护栏顶部处安装光伏板的情况。

5.1.2 光伏储能宜优先服务于综合机柜、嵌入式边缘计算单元、服务器、汇聚交换机、接入

交换机、V2X（5G）路侧通信终端、RTX 北斗差分服务节点、雷视一体机、智视一体机及其复合节点。

## 5.2 智能网联设备协同设计要求

5.2.1 光伏发电宜优先用于需持续工作的感知、定位和通信设备。

5.2.2 光伏组件布设不应遮挡智视一体机、有源/无源雷视一体机及其他感知设备的有效探测范围，不应影响目标识别、轨迹跟踪和事件检测功能。避免组件边缘、支架和接线盒对感知方向形成遮挡。

5.2.3 光伏组件及其支架不应影响 V2X（5G）路侧通信终端、RTX 北斗差分服务节点、物联网网关等设备的天线布设、信号传播及电磁环境。

5.2.4 光伏组件不宜布设于易被龙门架、标志牌、声屏障立柱、邻近设备或树木长期遮阴的位置。

## 5.3 几何结构一体化设计要求

5.3.1 视距要求：在弯道、交叉口和坡顶处，安装光伏板时需确保驾驶员的直接视野范围左右方向各不小于  $15^\circ$ ，垂直方向上下各不小于  $5^\circ$ 。

5.3.2 边坡的要求：在公路边坡敷设光伏设施，考虑到眩光等行车安全因素，以填方边坡为宜；考虑边坡光伏一体化的设计准则和支架稳定性的安全要求，光伏组件倾角应与边坡坡率一致，坡率不大于 1:1；考虑边坡光伏稳定性和公路风环境影响，光伏组件距边坡坡脚不超过 0.5m，距边坡坡顶不小于 0.5m，必要时进行流体力学验算。

5.3.3 附属设施几何要求：对于在中央分隔带、路肩等处敷设光伏设施的场景，其附属设施宽度应不小于 2.4m，以容纳标准单列光伏板（宽度约 1.2m）、支架结构（每侧预留 0.3m）及不少于 0.6m 的设备维护空间。

5.3.4 纵坡和横坡的要求：对于路面光伏、附属设施加装光伏等道路上方空间敷设光伏设施的场景，光伏组件的倾斜角度应与道路纵坡和横坡的综合倾角一致。纵坡不超过 1%的平缓路段，接近东西走向、横坡朝南的路段即为太阳能辐射资源最佳区位。纵坡超过 1%等情况下的纵横组合复杂的路段，最佳道路走向从东西方向偏移，需经过综合验算。

5.3.5 路基稳定性：布设立柱式光伏阵列（如隔离带光伏）时，保证路基强度、耐久性、稳定性，避免路基沉降。布设立柱式光伏阵列（如隔离带光伏）时，应对路基进行加固处理，确保其承载力特征值不低于 180 kPa，压实度不小于 95%（重型击实标准），并根据光伏支架荷载布置位置，设置基础扩大垫层或灌注桩，以防止不均匀沉降和结构失稳。

## 5.4 其他影响及调整

5.4.1 极端天气：北方高速公路冬季积雪可能遮挡光伏板，降低发电效率，宜采用加热玻璃涂层或防雪倾斜角度设计。

5.4.2 反光与光污染：光伏组件布设朝向应避免直接面向道路行车方向，避免光伏板的反光效应影响驾驶员视线，需采用防反射涂层或合理倾斜角度以减少眩光。

5.4.3 雷击防护：光伏系统易受雷击影响，需安装避雷针和接地保护系统，避免雷电对光伏设备造成损坏。

## 6 风力发电一体化设计

### 6.1 一般规定

6.1.1 风力俘能应重点布设在桥梁、中央分隔带开阔路段、收费站过渡区、服务区出入口、隧道口过渡带等具备持续风能或交通诱导风条件的节点区域。

### 6.2 智能网联设备协同设计要求

6.2.1 风力发电机布设应以不干扰感知设备工作为基本原则，风机叶轮回转区不应进入智视一体机、雷视一体机及其他感知设备的有效工作范围。

6.2.2 风力发电机与 V2X（5G）路侧通信终端、RTX 北斗差分服务节点一体化布设时，应优先保障天线高度、天线净空。风机叶轮、轮毂及支撑杆件不应侵入通信天线主辐射区域。

### 6.3 几何结构一体化设计要求

6.3.1 建筑限界：风力发电机的安装位置必须在道路建筑限界之外，避免机械侵入以及空气动力学的影响，确保车辆侧向安全性。

6.3.2 视距要求：风机塔架可能影响超车视距、交叉口视距等，应合理布局，不得设置在影响驾驶员视距三角区域内，在弯道、交叉口及坡顶前后 50m 范围内应避免布设，确保超车视距不小于 150~250m。

6.3.3 横断面设计：考虑导流设施布设，中央分隔带应预留安装和维护空间；路基外防风网或防风林等设施，需经过流体力学验算避免风速突变。

6.3.4 纵断面设计：在桥梁、隧道出入口等风速突变区，应避免风机布设，控制距离为 200m。

6.3.5 路基稳定性清理并压实风机基底土基，提高路基稳定性，避免将风机布设在软土、高填方等工后沉降较大的路段，进而导致路基不均匀沉降。

### 6.4 其他影响及调整

6.4.1 避免侧风效应：风机可能会改变道路两侧的风速分布，导致局部区域出现侧风效应，特别是在高架桥、隧道出口等易受风影响的区域，应对横风荷载进行评估。在大风地区，高速公路可能需要设置防风屏障以减少风机造成的侧风影响。

## 7 振动发电一体化设计

### 7.1 一般规定

7.1.1 适用于俘能装置埋入式路面发电技术及集成式俘能装置路面发电技术。振动俘能应重点布设在车辆荷载作用频繁、轴载波动明显、动力响应较强且便于近端供能的区域。

### 7.2 智能网联设备协同设计要求

7.2.1 振动发电宜优先服务于低功耗、分布式、近端供电需求明显的智能网联设备，包括地磁检测器、微波检测器、交通流量调查设备、路侧感知补盲节点、道钉式或嵌入式诱导装置、低功耗视频采集终端、车道状态监测单元、气象环境监测微节点及物联网采集终端等。

7.2.2 振动发电系统与道钉、诱导标识、车道级感知单元、路侧微型通信节点等共构布设时，应统筹考虑供电接口、储能单元、控制单元及检修空间，保证设备安装牢固、连接可靠、维护便利。

7.2.3 振动发电宜采用“发电—储能—就地供能”的配置方式，优先满足周期性唤醒、间歇通信、状态上传和事件触发型智能网联设备的供电需求，不宜直接作为大功率连续运行设备的唯一电源。

### 7.3 几何结构一体化设计要求

7.3.1 纵断面设计：避免将换能器安装于纵坡较大的路段，建议选择纵坡较缓且车辆荷载较为集中的区域，如加速车道、减速车道、收费站、坡道起点、红绿灯前等位置。

7.3.2 横断面设计：在设计车道宽度和路肩宽度时，确保设备布设后路面横断结构满足车道宽度不小于 3.5m，路肩宽度不小于 2.0m 的标准。

7.3.3 路面标线设计：避免因换能器表面与标线材料粘结度较低，影响标线耐久性，应优先布设于车道标线两侧。

7.3.4 应力集中设计：避免将压电材料埋设至道路表面，建议埋深（换能器中心距路表面距离）为 2cm~4cm，减少压电材料由路层内垂直压力产生的电压极性与侧面压力产生的电压极性相反而产生抵消作用。

7.3.5 混合料设计：避免换能器与道路结构模量突变，提高与道路结构的兼容性，推荐在铺

筑沥青玛蹄脂（SMA）的路面布设压电装置；为增加应力传递，提高压电换能器的电学输出，推荐在铺筑橡胶改性沥青混凝土的路面布设压电装置。

7.3.6 路面排水设计：避免将换能器安装在雨水较多或地下水位较高的区域。

#### 7.4 其他影响及调整

7.4.1 车辆荷载与压电换能效率：选择高流量路段（如高速公路主干道、收费站、公交专用道），增加能量回收效率；合理优化换能器布设密度，避免影响行车舒适性。

7.4.2 车辆舒适性与振动控制：避免影响路面平整度及行车舒适性并产生额外振动噪声。

### 8 温差发电一体化设计

#### 8.1 一般规定

8.1.1 适用于在路面结构中埋设液体系统或固体系统导热，利用路面结构内部温度梯度进行发电的技术。温差俘能应重点布设在昼夜温差明显、热交换条件稳定、环境敏感性较强且需长期在线监测的路段。

#### 8.2 智能网联设备协同设计要求

8.2.1 温差发电宜优先服务于低功耗、全天候、长期在线的智能网联设备，包括路面温湿度监测器、结冰监测器、路表状态监测器、气象监测微站、道路线形与边坡健康监测节点、桥面铺装温度监测节点、物联网采集终端及低功耗无线传输单元等。

8.2.2 温差发电装置埋设不应影响路面结构完整性、感知设备安装稳定性及监测数据真实性，不应因埋设位置不当造成局部热场异常，从而影响路面状态识别和环境感知结果。

8.2.3 温差发电系统与路面状态监测、气象监测、结构健康监测等设备一体化布设时，应统筹考虑传热路径、传感器布点、数据采集单元、储能单元及通信单元的协同配置，保证发电、监测与传输功能协调运行。

#### 8.3 几何结构一体化设计要求

8.3.1 纵向与横向坡度设计：考虑路面坡度，确保热量的均匀分布，以实现最大温差。

8.3.2 安装位置设计：应选择路面温度的变化幅度较大的位置，避免重交通荷载区域，防止对路面中的热电发生器造成破坏。

8.3.3 道路结构设计：应合理控制温差换能器埋设深度及尺寸，其上表面距路面顶层不得小于 50 mm，底部不得穿透基层以下结构层，单体尺寸不宜超过 300 mm × 300 mm 避免引起路面结构层应力集中。

8.3.4 混合料设计：选择沥青混合料空隙率高的路面（如 OGFC）布设发电装置，其较高的导热系数和比热容低可加快装置的升温和降温速度。

#### 8.4 其他影响及调整

8.4.1 系统安装与维护：温差发电系统一般需要埋设于路面下，因此设计时需要考虑维护通道和修复方便性，以便定期检查与维修。

8.4.2 管道养护：避免将液体管道埋设在寒冷、交通流量大的地区，减少管道破裂、后期对管道的维护困难等诸多问题。

中国智能交通产业联盟

中国智能交通产业联盟

中国智能交通产业联盟

中国智能交通产业联盟

标准

智能网联道路能源自洽的几何、结构一体化设计指南

T/ITS XXXX-XXXX

北京市海淀区西土城路 8 号 (100088)

中国智能交通产业联盟印刷

网址: <http://www.c-its.org.cn>

XXXX 年 XX 月第一版 XXXX 年 XX 月第一次印刷