

《公路隧道自然风利用技术指南》 (征求意见稿)

编制说明

《公路隧道自然风利用技术指南》编写组

2025 年 3 月

目 录

1 工作概况	1
1.1 任务来源	1
1.2 目的意义	1
1.3 主要工作过程	1
1.4 编制单位及人员分工	2
2 标准编制原则和标准主要内容	4
2.1 标准制订指原则	4
2.2 标准的适用范围与主要内容	4
2.3 关键指标的确定依据	5
3 实证研究	8
4 知识产权说明	10
5 采标情况	10
6 重大意见分歧的处理	10
7 其他应说明的事项	10

1 工作概况

1.1 任务来源

根据陕西省市场监督管理局下发的《陕西省市场监督管理局关于印发<2024年省级地方标准申报指南>的通知》（陕市监函〔2024〕39号），由陕西交通控股集团有限公司主持承担陕西省地方标准《公路隧道自然风利用技术指南》的起草工作。

承担单位：中交第一公路勘察设计研究院有限公司

参编单位：陕西交控建投经营管理有限公司、中交第一公路勘察设计研究院有限公司、西南交通大学

1.2 目的意义

（1）有效利用新型能源自然风实现通风节能，减少能源浪费。隧道内部为半封闭的空间，大量有毒有害气体需要通过有效通风技术进行稀释排除，而现有通风技术能耗完全依赖于电能。有效利用原本作为隧道通风阻力的自然风进行通风节能，变自然风阻力为动力，开拓了隧道通风能耗的新方向，突破“非电不能”的瓶颈，有效降低能源浪费。该标准的制定可以为长大公路隧道的运营设计提供更深入详细的指导，大幅度降低隧道通风能耗，提升我省公路隧道通风运营水平。

（2）完善公路隧道标准体系。当前，国家和陕西省还没有公路隧道自然风利用技术相关标准规范。本标准的编制可以更好地服务和适应建设需求，推动我省交通建设技术的发展，可在全国隧道建设和运营中起到引领和示范作用。

（3）本项目组由科研企业、建设单位和高校联合组成，并结合交通科技支撑计划的研究成果，可以促使陕西省公路隧道建设技术规范制定更标准、更合理，以规范和引导陕西省相关技术的发展。

1.3 主要工作过程

2024年9月由陕西交通控股集团有限公司向陕西省市场监督局提出申请的《公路隧道自然风利用技术指南》标准获得批准立项。本标准制订任务下达后，

中陕西交通控股集团有限公司积极组织，成立标准编写小组，明确标准编写任务。

标准编制过程中，开展了资料成果收集和典型工程调研工作。通过广泛调研，为标准编制工作奠定了坚实基础。开展资料成果收集，收集了国内外关于公路隧道自然风利用的相关技术标准、规范、科研论文，梳理总结了成功的工程经验、成熟的科技成果。开展了典型工程调研，掌握了典型公路隧道自然风利用的设计考虑因素、设计参数。

资料成果收集：通过文献检索，收集了关于公路隧道自然风利用技术的文献资料。查阅了不同隧道在风道设计、风机配置、控制策略等方面对公路隧道自然风利用过程中考虑的因素、设计参数。

典型工程调研：针对典型工程，开展了现场调查，掌握了公路隧道自然风利用在设计及实施过程中存在的问题及解决方案，为规范编制提供了依据。

调研对象：涵盖设计单位、科研单位、施工单位、行业主管部门等。

典型工程：包茂高速秦岭终南山公路隧道（18.02km）、秦岭天台山隧道（15.56km）。

草案形成：2024 年 12 月完成了标准初稿。编写人员就标准内容反复进行了认真讨论，并邀请相关领导和知名专家提供建设性的意见和建议。而后编制组就专家提供的意见和建议，分析比对，借鉴其他地方标准经验、查阅资料，向国内工程建设单位一线技术人员了解现状，确定标准草案，经多次修改完善于 2025 年 4 月形成了标准征求意见初稿。

1.4 编制单位及人员分工

本标准由陕西交通控股集团有限公司主编，参编单位包括：为陕西交控建投经营管理有限公司、中交第一公路勘察设计研究院有限公司、西南交通大学。

编制组以中交第一公路勘察设计研究院有限公司技术人员为主，并吸收行业内有隧道改扩建工程设计、施工及建设管理经验的人员参加。

单位及人员分工如下：

表 1 单位分工表

序号	单位名称	分工
1	陕西交通控股集团有限公司	标准编制的承担单位，负责标准的起草，资料的搜集、调研，相关指标的验证，组织省内外专家的研讨。
2	陕西交控建投经营管理 有限公司	标准的参与编制单位，参与标准的起草，重点参与相关指标内容编写及其验证工作。
3	中交第一公路勘察设计 研究院有限公司	标准的参与编制单位，参与标准的起草，重点参与土建设施设计和隧道风机布置及控制内容编写及其验证工作。
4	西南交通大学	标准的参与编制单位，参与标准的起草，重点参与公路隧道自然风计算标准内容的编写。

表 2 编写组分工一览表

序号	姓名	职称	主要分工
1	赵超志	正高工	起草组组长。对标准编制进行全面审核；对一些关键指标进行研究；组织定期召开标准编制讨论会议，研究进展和实施深度，并根据标准编制进展情况对下阶段重点工作进行布置。
2	富志鹏	正高工	起草组副组长。对标准编制进行全面审核；对一些关键指标进行研究和把控。
3	路 杨	正高工	起草组主要成员。参与编制本标准，对一些关键指标进行研究。
4	王明年	教授	起草组主要成员。参与编制本标准，对一些关键指标进行研究。
5	董长松	正高工	起草组主要成员。参与编制本标准，对一些关键指标进行研究。
6	仵 涛	高工	起草组主要成员。参与编制本标准，对一些关键指标进行研究。
7	高锋	高工	起草组成员。参与编制本标准。
8	严 涛	高工	起草组成员。参与编制本标准。
9	曹升亮	正高工	起草组成员。参与编制本标准。
10	张伟	工程师	起草组成员。参与编制本标准。

11	苟 超	工程师	起草组成员。参与编制本标准。
12	贾润洋	工程师	起草组成员。参与编制本标准。

2 标准编制原则和标准主要内容

2.1 标准制订指原则

（1）制订工作要突出重点、有的放矢

重点针对公路隧道自然风通风中的关键技术、方案比选、控制指标等，开展标准制订工作。

（2）技术内容要科学、合理、可靠、具科学性和实用性

吸纳最新科研成果、工程经验和做法，按照规定的格式要求，合理编排章节与条款内容，广泛征求主管部门、建设单位、设计、施工单位等的意见，凝聚共识。制订的技术内容要充分考虑工程实施的可行性和可操作性。

（3）与相关规范要协调一致

注重规范间协调一致、互为补充、系统配套的原则，处理好本规范与现行公路工程行业技术规范《公路隧道设计规范 第二册 交通工程与附属设施》（JTG D70/2-2014）、《公路隧道通风设计细则》（JTGT+D70/2-02-2014）的关系。本规范是对《公路隧道设计规范 第二册 交通工程与附属设施》、《公路隧道通风设计细则》隧道自然风通风部分的完善和补充。

（4）用语标准、简洁、明确

按照GB/T1.1-2020《标准化工作导则第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的要求规范编写，进一步规范用语、细化条款，形成适用于特长公路隧道疲劳缓解带设计的技术标准。

2.2 标准的适用范围与主要内容

（1）本地方标准的适用范围：本标准适用于有自然风可利用的公路隧道通

风设计。

(2) 本地方标准包含以下主要内容：1 范围、2 规范性引用文件、3 术语、4 设计原则、5 自然风计算、6 土建设施设计和 7 隧道风机控制。

2.3 关键指标的确定依据

1 条文说明

十余年来我国公路隧道建设规模扩大，公路隧道建设与运营积累了较多经验，相关技术也得到提升；同时，根据《公路隧道通风设计细则 JTG D70/2T-02-2014》，在实际设计中，隧道自然风从安全角度出发通常按照阻力考虑，这导致对于特长公路隧道设计风速较大，隧道风机数量及功率显著增加；而在实际情况中，洞内自然风对于隧道通风系统的作用实际上不断发生变化。因此，为尽可能利用自然资源，减少能源浪费，合理利用自然风进行通风节能制订适宜的设计标准。

本技术指南是以位于气象分隔带处的山岭公路隧道为主要对象进行编制。其他隧道如水下隧道、城市隧道由于长度较短，无明显气候差异，通风设计按《公路隧道通风设计细则 JTG D70/2T-02-2014》执行。

4.1 条文说明

隧道自然风利用建立在隧道通风设计的基础上，是隧道总体设计的重要组成部分，隧道选址不当会使得自然风资源无法进行利用甚至在洞内对通风系统形成阻力作用，而合理的隧道选址则会尽可能利用自然风资源，减少能源浪费。因此，自然风利用应与通风设计共同纳入总体设计，由路线、结构、地质、通风等多专业工程师共同进行方案比选，使工程总体造价与风险最小化，并降低后期运营费用。

4.2 条文说明

隧道通风分期实施的目的是在保证安全的前提下，节省初期投资和实现运营节能。当近远期交通量相差较大且近远期通风设施规模差别也较大时，如通风设施按远期规模一次实施必然会造成初期投资增加、部分通风设施的长期闲置，以

及近期养护费用增加；同时，长期闲置的设施到远期需要使用时，可能难以正常使用，造成浪费。因此，通风系统可根据近远期预测交通量进行一次设计、分期实施。

4.3 条文说明

隧道自然风辅助运营通风设计是隧道通风系统设计的一部分，其设计质量会对隧道内空气质量和通风设施、设备的设计产生重要影响。合理、细致、完善的计算和设计可使通风系统维持正常的通风水平且降低运营成本，使隧道通风系统经济、节能运行。

5.1.2 条文说明

隧道两洞口存在超静压差的原因，首先是隧道上空的大气存在水平气压梯度，其次是由水平气压梯度产生的大气自然风，绕流过高山时在山前形成正压在山后形成负压，两侧压差是超静压差的主要部分。

5.1.3 条文说明

隧道洞内温度相对稳定，而隧道洞外温度变化较大。当隧道洞外温度高于洞内温度时，洞外空气密度小于洞内空气密度，从而造成洞内外的气压差称为热位差。

5.1.4 条文说明

隧道外吹向隧道洞内的自然风速具有的动压力头，风流由于地形的作用，与山坡产生摩擦，流动形式发生改变，洞外自然风具有动压部分转化为隧道内风流的动压，此部分压强称风墙压差。

5.1.5 条文说明

在计算公路隧道的自然风时，应首先假定某一通风方向为正方向，并以此计算洞口间的超静压差，热位差和风墙压差，将三者的和作为最终的自然通风力。若为正则代表计算自然风风向与假定通风方向相等，若为负则代表自然风风向与

假定通风方向相反。

5.2.1 条文说明

对于有斜竖井的公路隧道，与一般隧道相类似，仍然存在洞外、洞口、洞内环境因素影响形成的自然风压组合。但对于超静压差和热位差，由于斜（竖）井的存在，斜（竖）井与隧道洞口之间也存在着超静压差，而热位差同样不仅存在于主隧道中，而且存在于斜（竖）中。此时隧道中的自然风流向、大小较为复杂，无法按无斜（竖）井情况进行计算。对于风墙压差，有斜（竖）井隧道较无斜（竖）井隧道多了其斜（竖）井处的风墙压差，因此，在计算其自然风压时，需增加斜（竖）井处的风墙压差值。有斜（竖）井隧道的超静压差、热位差计算均涉及循环过程，手算不可能胜任，因此需编写程序进行求解。

6.3 条文说明

地下风机房的设计应尽量优化土建结构以降低施工难度、管理难度以及工程造价，具体应按下列原则确定：

- 1. 同一位置的地下风机房尽量合并统一布置，减小土建规模，且集中布置后便于风机房的日常管理维护。
- 2. 尽量减少运输通道的长度和排风联络风道的长度及风机吊车的座数。
- 3. 尽量减少斜井分隔板块，降低施工难度和工程造价，减小沿程风阻。
- 4. 优化风机房断面型式，降低施工难度。

6.9 条文说明

节能风道布置方案优缺点比较见表6.6。

表 6.9 节能风道布置方案优缺点比较

方案	优点	缺点
方案 A（风机房上方）	便于节能风道排水，易保持风道内的干燥。	①风机房顶部断面扩大，风道长度相应增加； ②风机房顶部设有锚杆，施工难度增加
方案 B（风机房下方）	①节能风道长度及施工难度	容易造成节能风道能积水，造

	较方案 A 小 ②造价较低	成风道堵塞
方案 C（风机房侧边）	节能风道长度小、施工难度低 排水、抗冻性能较好，便于与 地下风机房一同管理	需要与地下风机房一同设计与 施工。

6.6 条文说明：

由于主洞风机房风道内安装有轴流风机，在风机不开启的情况下斜井及竖井处的自然风流不能通过地下风机房直接流入隧道，需要在土建上进行改建，单独设置节能风道，以达到利用自然风的目的。

6.10 条文说明

节能风道面积既不能设置得太大也不能设置太小，若节能风道面积过大，会增加大量的土建费用，且施工较难；若节能风道面积太小，则由于沿程阻力、摩阻力等损失，自然风利用率低，效果不明显。

7.5 条文说明

隧道气象站应选择在坡度较缓的山坡上安装，安装位置应四周开阔，少植被。气象站宜采用挖坑埋入支架再回填的方式将支架固定，对于不能开挖的地面，宜在底部用混凝土进行加固。气象站电源应设置在由电工管理的专用变配电箱内，太阳能资源丰富的区域宜采用太阳能电池。气象站测试频率宜根据现场需要确定，没有时，宜 10 分钟一次。

3 实证研究

基于真实隧道路段设计参数、洞内外气象数据和理论模拟计算，构建了多分类隧道自然风压计算方法，得到了隧道洞内自然风分布规律，基于此给出了隧道自然风利用的节能风道位置及规模、风机控制策略等有效建议，同时通过现场实验，验证了该方案在自然风利用方面的有效性。

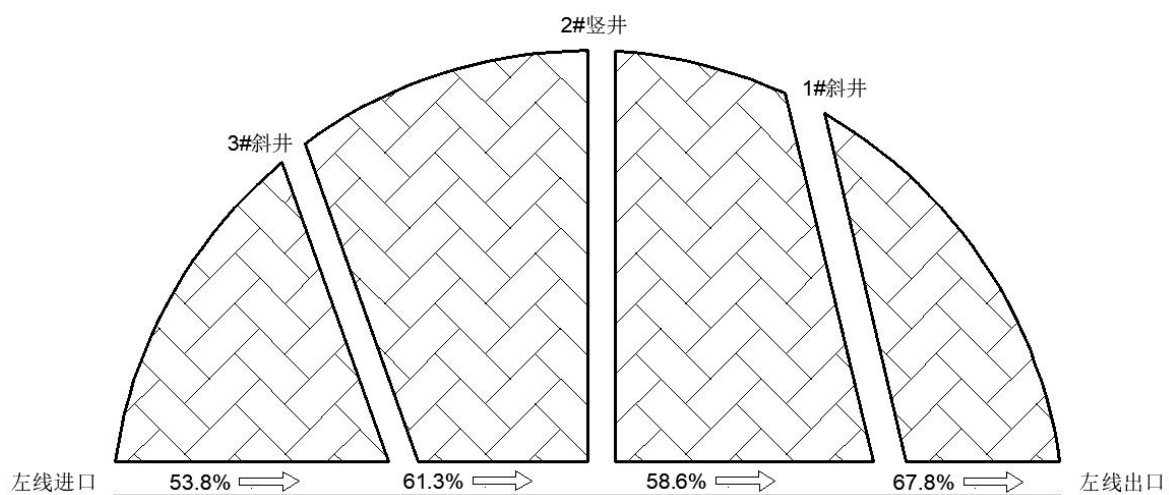


图 1 某隧道左线自然风风向分布图

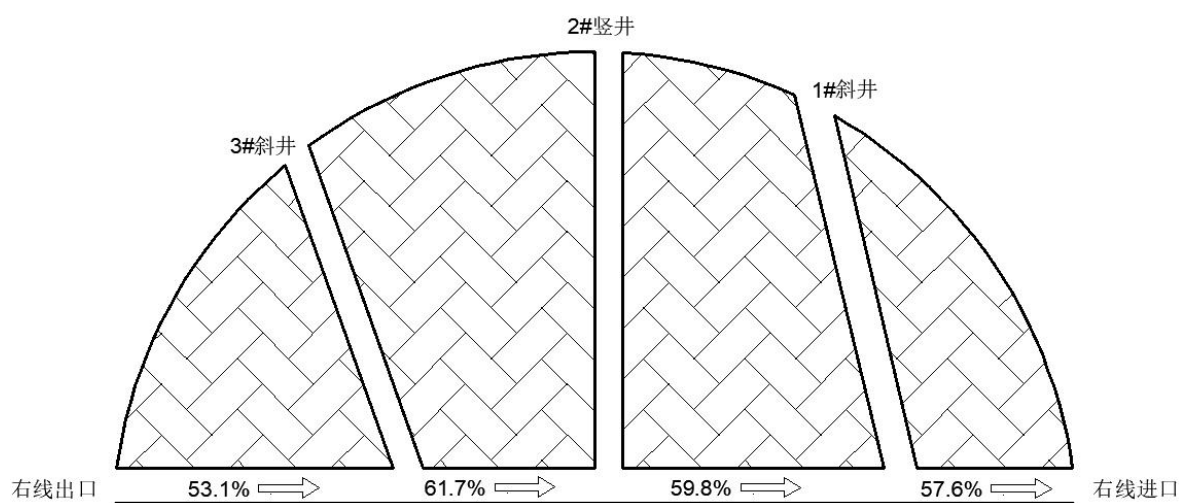


图 2 某隧道右线自然风风向分布图

表 1 隧道控制需风量 (m^3/s) 和风速 (m/s)

类别	需风量(m^3/s)		风速(m/s)	
	左线	右线	左线	右线
近期 (2022)	1270.92	1278.74	12.86	12.94
近期 (2025)	1270.92	1335.94	12.86	13.52
近期 (2030)	1270.92	1591.08	12.86	16.10
远期 (2035)	1270.92	1995.48	12.86	20.19
远期 (2041)	1270.92	2485.31	12.86	25.14

表 2 某隧道左线部分利用自然风时风机开启功率计算

年限	射流风机台数				轴流风机台数	风机总功率 (kw)	节能指标
	第一区段	第二区段	第三区段	第四区段			
2025	2	2	4	0	7 排/8 送	3371	9%
2030	0	2	4	2	8 排/8 送	3580	12%
2035	2	2	6	2	8 排/8 送	3700	10%
2041	8	6	10	4	8 排/8 送	4180	9%

表 3 某隧道右线部分利用自然风时风机开启功率计算

年限	射流风机台数				轴流风机台数	风机总功率 (kw)	节能指标
	第一区段	第二区段	第三区段	第四区段			
2025	0	0	2	0	5 排/6 送	2356	10%
2030	0	0	0	4	7 排/7 送	3042	11%
2035	0	2	4	0	9 排/10 送	4146	11%
2041	6	4	10	6	11 排/11 送	5372	10%

4 知识产权说明

本标准依托陕西省交通运输科技项目《基于自然风有效利用的超长三车道隧道通风节能技术研究》(2015-11K)，涉及相关知识产权如下：

专利 1：一种用于隧道自然风节能利用的风道设计方法

5 采标情况

本标准未采用任何国际标准。

6 重大意见分歧的处理

无。

7 其他应说明的事项

无。