



T/CECS G : XXXX-2021

中国工程建设标准化协会标准

Standard of China Association for Engineering Construction
Standardization

公路隧道分段纵向式通风系统 设计标准

Standard for Design of Segment Longitudinal Ventilation of
Highway Tunnels

中国工程建设标准化协会 发布

Issued by China Association for Engineering Construction Standardization

(空白)

征求意见稿

中国工程建设标准化协会标准

公路隧道分段纵向式通风系统设计标准

Standard for Design of Segment Longitudinal Ventilation of
Highway Tunnels

T/CECS G: XXXX-2021

主编单位：中国公路工程咨询集团有限公司

批准部门：中国工程建设标准化协会

实施日期：2021年XX月XX日

人民交通出版社股份有限公司

目 次

1 总则	1
2 术语	4
3 通风总体设计	5
3.1 一般规定	5
3.2 总体设计内容	6
3.3 通风方案论证	9
4 通风井	11
4.1 一般规定	11
4.2 通风井断面	14
4.3 通风井与风机房连接风道	15
4.4 通风井附属设施	15
5 风道	17
5.1 一般规定	17
5.2 连接风道	18
5.3 连接风道变形、交叉口	18
5.4 送风口	19
5.5 排风口	19
5.6 自然风道	20
6 风机房	21
6.1 一般规定	21
6.2 风机房平面布置	21
6.3 地下风机房通道	23
6.4 地下风机房通风系统	23
6.5 风机房附属设施	24
7 隧道火灾防烟与排烟	26
7.1 一般规定	26
7.2 隧道集中排烟	27

7.3 地下风机房防烟、排烟	27
8 轴流风机设施	30
8.1 一般规定	30
8.2 轴流风机附属设施	30
8.3 轴流风机控制	31

征求意见稿

1 总则

1.0.1 为贯彻国家技术经济政策，完善公路特长隧道通风设计的标准，指导公路特长隧道通风设计符合科学合理、安全实用、利用高效的原则，为隧道运营提供通风技术依据，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于采用分段纵向式通风的山岭公路隧道。

条文说明

本标准是以山岭公路隧道为主要对象进行编制的，适用于采用分段纵向式通风方式的新建和改建公路隧道，对公路等级不做具体要求。其他隧道，如水下隧道、城市隧道等可参照使用。

1.0.3 公路隧道分段纵向式通风方式的选择，采用的通风标准、需风量、通风计算等内容应参照《公路隧道通风设计细则》（JTG/T D70/2-02）的相关要求。

条文说明

根据《细则》的内容，纵向通风方式包括全射流纵向式、集中送入式、通风井送排式、通风井排出式、吸尘式等。本标准是以分段纵向式通风为主要对象进行编制的，采用其他通风方式的公路隧道通风设计可参照使用。

1.0.4 公路隧道通风应纳入隧道总体设计。隧道分段纵向式通风设计，需收集路线、隧道、地质、通风、房建等专业资料，统筹规划，使通风方案最优。

条文说明

根据前期调研结果，国内的长、特长公路隧道一般采用分段纵向式通风方式。在隧道总体方案设计过程中，需要隧道土建专业与通风专业进行反复的方案论证和沟通，隧道通风方案的优劣将直接影响隧道总体设计，进而影响公路部分路段的总体设计。因此，隧道分段纵向式通风设计应根据路线、隧道、地质、通风、房建等专业资料，统筹考虑各专业因素，使通风方案最优。

1.0.5 公路隧道分段纵向式通风应根据公路等级、隧道长度、平纵线形、交通

量及其组成、隧道海拔高程、地形地质、隧址区域自然条件和防灾救援等因素，进行技术经济综合比选后，确定合理的通风方案。

条文说明

分段纵向式通风的经济技术综合比选，主要从隧道工程造价、通风环境、防灾救援和通风运营能耗等四个方面具体展开。

1.0.6 公路隧道分段纵向式通风设计包含通风总体方案、通风土建工程及通风设施工程。其中：

1 通风总体设计包括隧道通风区段划分，通风井选址及形式，风机房位置及总体布置。

2 通风土建工程包括竖井、斜井、横洞、连接风道、风机房等通风构造物的土建设计。通风土建工程设计还应兼顾施工辅助通道。本标准不含通风土建工程的设计要求，具体设计详见《公路隧道设计规范》（JTG 3370.1-2018）。

3 通风设施工程包括隧道主洞、通风井、连接风道、风机房等通风构造物内的风机及相关附属设施，如射流风机、轴流风机、风机配电及控制设施、风阀、导流叶片、整流板、地下风机房通风换气设施等。通风设施工程内各子设施应合理设置，相互协调。

1.0.7 公路隧道分段纵向式通风设计应采用全寿命周期设计理念，注重节约隧道工程通风系统的总投资，重视降低后期运营成本，以达到节能通风运营。

条文说明

公路隧道通风系统全寿命周期设计是涵盖规划、设计、施工、运营、管养的全过程，应考虑各个阶段的造价指标。

1.0.8 公路隧道分段纵向式通风设计应具有长远性、全局性。公路隧道分段纵向式通风设计应统筹规划，土建工程应做好远期相关预留预埋。通风设施可根据隧道运营期实际交通量变化分期实施。

条文说明

通风系统设计根据预测交通量进行一次设计，分近期和远期两个阶段实施，对通风设备分期购置和安装，应预留出远期通风设备配置的空间。

1.0.9 本标准是《公路隧道设计规范》（JTG 3370.1-2018）、《公路隧道设计细则》（JTG/T D70-2010）、《公路隧道通风设计细则》（JTG/T D70/2-02-2014）的进一步细化和补充，公路隧道通风系统设计仍需满足国家、行业的相关规范要求。

征求意见稿

2 术语

2.1 分段纵向式通风

主要以纵向式通风为主的通风方式；由通风井、风道将隧道划分为若干通风区段，主要涉及集中送入式、通风井排出式、通风井送排式等纵向通风方式及纵向+其他通风的组合通风方式。

2.2 分段纵向式通风系统

指采用分段纵向式通风方式的公路隧道通风土建设施及通风附属设施，主要包含通风井、连接风道、风机房等通风土建设施，以及各类型风机、风阀、导流叶片、整流板等通风附属设施。

2.3 运营通风分段长度

指日常运营工况的通风分段长度。

2.4 火灾排烟分段长度

指火灾工况的排烟通风分段长度。

2.5 通风构造物

为实现隧道分段式通风所设置竖井、斜井、平行通道与横通道、连接风道和风机房等构造物。

3 通风总体设计

3.1 一般规定

3.1.1 公路隧道分段纵向式通风系统应基于以下因素进行设计：

- 1 正常行车和发生交通阻滞时，隧道通风系统应能提供足够的新风量，稀释隧道内的废气。
- 2 火灾事故情况下，通风系统应具备分段排烟功能。
- 3 尽量节约隧道总投资，并降低通风运营费用。
- 4 满足环保及节能方面的要求。

条文说明

合理的通风总体方案与隧道通风系统运营方案、防灾救援方案密切相关，应尽量减少节约隧道建设费用和通风运营费用，并满足隧道洞口和通风井口的环保要求。

3.1.2 公路隧道分段纵向式通风设计应遵循以下原则：

- 1 通风系统设计与全寿命周期工程造价相结合的原则
- 2 通风系统设计与隧道土建设计相结合的原则
- 3 正常运营通风与火灾排烟通风相结合的原则

条文说明

分段纵向式通风设计一般涉及到通风区段划分，通风井长度和风机房选址，这些都与隧道土建设计紧密联系。同时，分段纵向式通风设计方案还会影响工程初始投资和通风运营费用，进而对全寿命周期工程的经济性产生影响。

国内很多超过 5000m 的特长隧道，为保证施工工期，常利用通风斜竖井或平行导洞进行辅助施工。从降低工程总造价的角度，分段式通风设计尽可能与隧道辅助施工方案相适应，尽量使运营通风井在施工期间兼做辅助施工通道，以实现“节约、绿色、协调”的公路设计理念。

公路隧道通风设计时，既要满足正常运营通风，也要确保发生火灾时进行排烟通风。在通风方案火灾工况设计时，重点对隧道防火区段的划分、横通道的设置、火灾时的风机控制、烟流的排出路径、横通道的开启与关闭、逃生通道的空气补给、避难空间的新风需求等内容进行设计。

3.1.3 公路隧道分段纵向式通风设计应兼顾正常运营工况和火灾工况，正常运营通风系统与火灾排烟系统能否合并设置，应从经济性和技术性进行论证。

条文说明

根据前期调研情况，国内很多特长隧道（如秦岭终南山隧道、米仓山隧道等）从降低工程造价的角度，将运营通风井与排烟井合并设置。

采用纵向排烟且长度大于 5000m 的单向交通隧道，长度大于 3000m 的双向交通隧道，或螺旋状小半径曲线隧道等，经需风量计算后可采用全射流纵向通风，而火灾排烟设计应设置排烟井将隧道划分为若干排烟区段。

对于有些隧道，正常运营通风常采用全射流纵向通风或通风井送排式通风，而排烟通风可采用横向或半横向通风；或正常运营通风常采用横向或半横向通风，而排烟通风采用全射流纵向排烟或集中排烟等方式。

3.1.4 分段纵向式通风设计宜结合隧道主洞和通风井内外的气压差、温度差、常年风向等因素，可对利用自然风进行可行性研究。

条文说明

在隧道开通初期或交通量较小的运行情况下，合理利用自然风具有降低通风设备能耗、管理运营便捷等优点。利用自然风应对现场气象进行充分监测，正确评价自然风对隧道内污染物浓度的影响。

3.2 总体设计内容

3.2.1 公路隧道分段纵向式通风总体设计内容应包括以下内容：

- 1 隧道通风区段划分
- 2 通风井选址及斜竖井方案

3 风机房位置及总体布置

4 通风系统正常营运及火灾排烟通风方案

条文说明

通风总体设计内容之间联系紧密，相互影响。通风区段划分与通风井选址及形式，通风区段划分与通风系统营运方案及防灾预案，通风井选址及形式与风机房位置，均存在着密不可分的联系。

3.2.2 隧道通风区段划分应包括运营通风区段和火灾排烟区段，隧道通风区段的最大长度不宜超过 5000m。

条文说明

对于预测交通量不大的下坡隧道，根据通风计算和论证，运营通风区段可能超过 5000m；而火灾排烟区段的长度不宜超过 5000m。因此，以火灾排烟区段的最大长度进行控制。

3.2.3 公路隧道通风区段划分原则应符合下列规定：

1 通风区段内的设计风速不宜大于 8m/s。

2 最大通风区段长度不宜大于 5000m。

3 确定最优隧道分段，应以各通风区段计算需风量作为基础，最终实现通风系统的经济性。

条文说明

公路隧道通风区段的划分与隧道平纵线形、预测交通量、通风井方案等因素紧密联系，通风分段应根据多方案经济技术比选后确定最优通风方案。

受隧道纵坡的影响，隧道双洞的需风量一般不同，以下坡为主的单洞运营通风区段长度会大于以上坡为主的单洞运营通风区段，因此，划分最优通风区段，是以各自区段实际需风量为基础，经通风系统经济性论证分析后得出。

3.2.4 公路隧道分段纵向式通风设计可参考下列步骤：

-
- 1 收集隧道交通量、气象、环境、地质、地形等通风设计所必需的基础资料；
 - 2 根据通风标准、基础资料，计算隧道需风量；
 - 3 与土建专业共同确定通风区段长度，通风井形式、井位、数量、纵坡、内轮廓断面，风机房位置和平面布局等，提出若干有价值的通风方案；
 - 4 根据风量、风速、风压的计算结果，进行风机选型与布置，完善隧道内、通风井、连接风道、风机房内的通风设施的相关设计；
 - 5 进行分段排烟通风设计；
 - 6 从安全、经济、技术、运营管理等方面进行通风方案比选论证，直到确定最优通风方案。

条文说明

公路隧道分段纵向式通风设计的第 3、4、5 步可能需要多次反复进行，直到确定最优通风方案。

3.2.5 通风井选址需由隧道土建专业和通风专业共同完成，可参考以下步骤：

- 1 通风专业根据隧道基础资料和通风标准，计算隧道总需风量；
- 2 根据通风区段划分原则，拟定通风井位桩号；
- 3 通风专业将若干通风井位桩号提给隧道土建专业，隧道土建专业根据地形地质情况，初步拟定隧道斜、竖井位置及平纵线形；
- 4 通风专业和隧道土建专业对形成的若干通风井选址方案进行技术经济论证，确定最优通风井选址方案。

条文说明

通风井选址方案论证与通风总体方案论证的方法一致。第 2 步和第 3 步设计通常需要多次进行，以形成若干有价值的通风井选址方案进行比选论证。

3.2.6 风机房的设计应满足现行《公路隧道通风设计细则》（JTG/TD70/2-02-2014）的相关要求。

3.2.7 正常运营通风方案设计包含以下内容：

- 1 隧道风机配置总规模；
- 2 各种工况下射流风机和轴流风机的运行数量；
- 3 运营通风的风机控制方式。

3.2.8 火灾排烟通风方案设计包含以下内容：

- 1 排烟风机配置总规模
- 2 排烟风机控制方式
- 3 针对不同着火点下的射流风机与轴流风机开启顺序
- 4 火灾烟雾蔓延路径的控制方式。

3.3 通风方案论证

3.3.1 公路隧道分段纵向式通风设计应进行多方案比选，宜从技术性、经济性、安全性等方面进行论证分析，确定最优通风方案。

条文说明

技术性分析是对隧道内 CO 浓度、NO 浓度、烟雾浓度、隧道设计风速等参数进行评价分析。

经济性分析是基于隧道全寿命周期的工程总造价分析，应包含公路隧道工程建设费（通风土建及通风设施工程），运营期电力费、维护管理费。

安全性分析是对隧道防烟与排烟系统、防灾救援方案进行论证分析。

3.3.2 全寿命周期经济性应综合考虑工程建设费用、营运电力费、维护管理费等因素。营运电力费、维护管理费一般按 20 年运营期计算。

条文说明

工程建设费用包括隧道通风土建和隧道通风设施等所有初期投资的总额。

运营电力费是指隧道内射流风机、轴流风机在运营期的电力费总额，包含风机

设备空载费。

维护管理费是指隧道通风设施检修、维护和工作人员管理的费用总额，地面风机房和地下风机房的维护管理费有所差异。

一般工程可行性研究报告中，交通量的预测年限为 20 年，隧道通风系统的营运电力费、维护管理费计算期与交通量预测期保持一致，故作此规定。

征求意见稿

4 通风井

4.1 一般规定

4.1.1 通风井是为公路隧道运营通风而设置的构造物,通风井可以是单独的竖井、斜井、平行导洞和横通道,也可以组合选用。

4.1.2 通风井的类型、用途及适用条件可参照《公路隧道设计规范 第一册 土建工程》(JTG 3370.1-2018)表 12.1 的相关内容。

4.1.3 通风井设置原则包括如下内容:

1 为减小风压损失,宜选取路径较短的通风井。

2 通风井设置应尽可能兼顾隧道施工辅助通道,合并设置时应保障各自功能。若合并设置可能影响通风系统的技术性和经济性时,可考虑各自单独设置。

条文说明

随着我国深埋特长隧道的大量涌现,不可避免地出现竖井深、斜井长的隧道通风方案,会增大通风井的风压损失,不利于通风系统的技术性和经济性,也会影响隧道辅助施工方案,不利于隧道工期控制。

根据前期调研结果,国内很多特长隧道将运营通风井兼做辅助施工通道。从通风系统经济性的角度,宜选取路径短的通风井,如竖井、陡坡斜井;从施工难易程度上,隧道施工辅助通道宜选取施工风险低、施工难度小的辅助通道,如缓坡斜井、平行导洞、横通道等。此时,应从隧道全寿命周期的工程造价经济性、隧道通风效果等方面进行方案论证。

4.1.4 采用送排式纵向通风方式的隧道,同一井位的通风井推荐采用合设型,并根据各自通风区段送风量或排风量,分别计算所需净空断面积,设置中隔墙来划分各自通风井独立空间。

条文说明

合设型通风井可根据左、右线分为左线通风井(左线排风井与送风井合设)和右线通风井(右线排风井与送风井合设),以图 4.1 为例;也可根据排风与送风

功能不同划分为排风井（左线排风井与右线排风井合设）和送风井（左线送风井与右线送风井合设），以图 4.2 为例。

送风井与排风井合建可以是左线（或右线）的送风井与排风井合建，以图 4.1 为例；也可以是左线（或右线）送风井与右线（或左线）排风井合建，以图 4.3 为例。具体合建方式应根据地质条件、连接风道设置情况等因素综合确定。

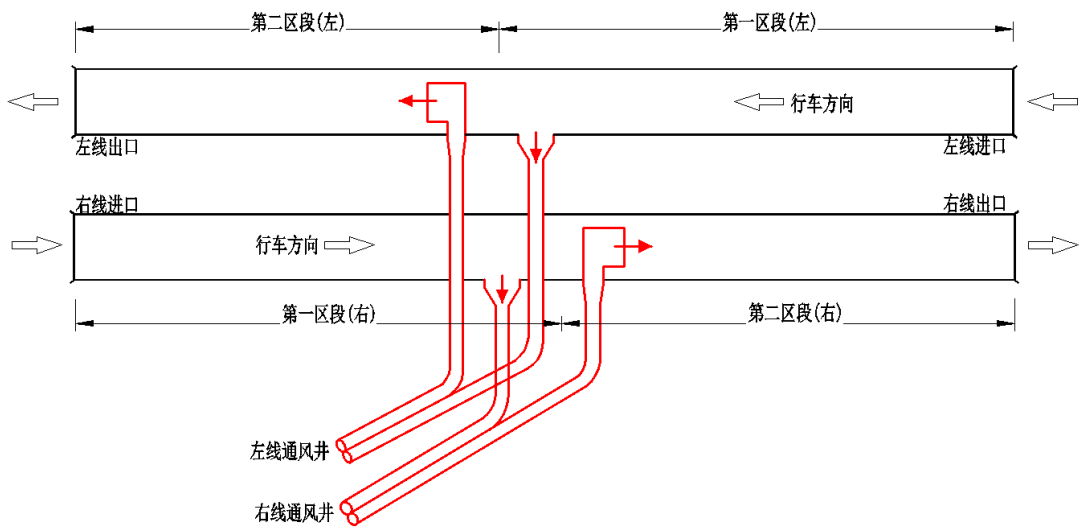


图 4.1 排风井与送风井合设型

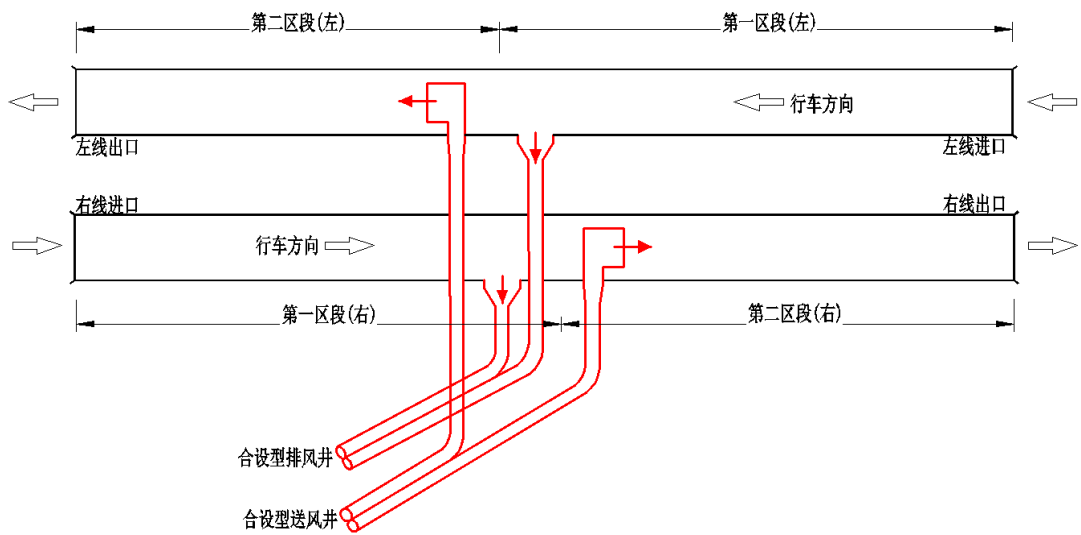


图 4.2 左线排风井（送风井）与右线排风井（送风井）合设型

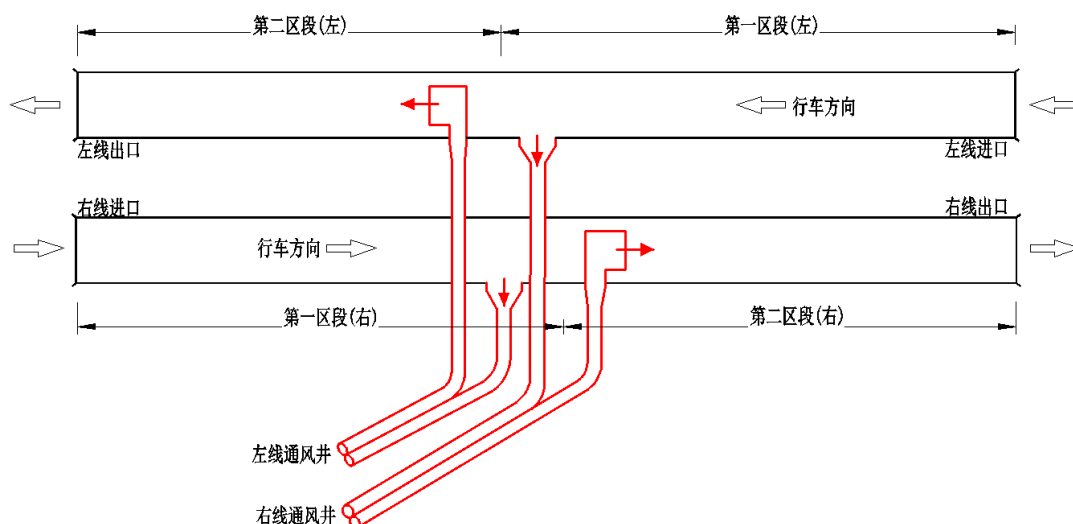


图 4.3 左线送风井与右线排风井合设型

4.1.6 对于采用左线送风井与右线送风井合设型（或左线排风井与右线排风井合设型）的方式，当左、右线送风量（或排风量）比较接近时，可考虑将左线送风井与右线送风井（或左线排风井与右线排风井）共用通风空间，需在通风井底部左、右线送风道（或排风道）分岔位置之前设置至少 50m 的中隔板，无需通长设置，起到空气导流作用，避免发生湍流。

若不同通风区段的送风井与送风井或排风井与排风井共用通风空间，将使没有较强联系关联性的两个通风系统形成较强的并联关系，若左、右线送（排）风量不一致时，当左线（或右线）通风系统启动，将影响右线（左线）的通风系统运行。此时需进行严谨的通风计算与论证分析，设置合理的通风运营方案，避免互为阻力，保障通风效果。

4.1.7 平行导洞一般长度较长、纵坡较低，作为运营通风井和火灾排烟井使用时，应进行经济性和技术性论证。

条文说明

平行导洞能起到超前施工、探明地质的作用，同时本身施工难度较低，有利于保证隧道总体施工进度，但对运营通风及火灾排烟不利。在进行平行导洞通风方案研究时，应进行详细的技术经济方案论证。

4.1.8 通风井与隧道之间水平距离，应满足下列要求：

-
- 1 设置地上风机房，通风井底部应尽量靠近隧道主洞。
 - 2 设置地下风机房，通风井底部与相邻隧道主洞的水平距离不宜小于 40m。

条文说明

通风井底部与隧道之间的水平距离一般指通风井靠近隧道主洞一侧边墙至相邻隧道主洞边缘的水平距离。

地下风机房宽度一般为 10m，考虑到连接风道断面的渐变，通风井底部与相邻隧道主洞的水平距离不宜小于 40m，故作此规定。

4.2 通风井断面

4.2.1 通风井经济断面设计应满足下列要求：

- 1 断面设计宜结合隧道内各通风区段内设计风速、设计风量、通风井设计风速等参数计算后确定。
- 2 通风井的设计风速宜为 13~20 m/s，当通风井长度超过 1000m 时，可适当降低通风井设计风速取值。
- 3 通风井经济断面应基于隧道全寿命周期经济性进行论证后确定。

条文说明

通风井兼顾施工辅助通道时，有些情况下通风井经济断面会小于施工辅助断面，在实际运营中，往往以通风井施工断面作为通风断面，实际设计风速就会偏小。

《细则》中要求斜井长度不宜超过 1000m，但近年来随着国内深埋特长隧道的大量涌现，出现了很多长度超过 1000m 的斜井，斜井越长其通风沿程损失就越大，若适当降低斜井设计风速，可有效降低通风损失。当斜井长度超过 1000m 时，宜从工程造价、通风效果等方面，对设计风速取值进行论证。

4.2.2 通风井断面宜结合隧道各通风区段设计风量和通风井内设计风速综合确定。当通风井兼顾施工辅助通道设置时，应能满足隧道机械设备、车辆通行的尺寸需求。

条文说明

通风井的断面尺寸应根据通风运营、火灾排烟等要求确定；施工辅助通道的断面尺寸应根据施工要求、地质条件、支护类型、设备进出条件及工作环境确定；通风井和施工辅助通道宜尽可能合并设置，应考虑隧道全寿命周期成本，需经方案对比论证后确定通风井经济段面。特殊情况下，通风营运通道和施工辅助通道可分开设置。

4.2.3 通风井壁面宜采用模筑混凝土衬砌并保证风道内部表面光滑，如围岩地质条件好，采用锚喷衬砌时，则需对通风井喷混表面进行抹面处理，保证内壁面光滑，减小气流的沿程摩阻损失。

4.3 通风井与风机房连接风道

4.3.1 通风井与地面风机房之间应设置连接风道，保证气流的通顺及封闭性。

4.3.2 连接风道设计应结合所处地形，并考虑通风井与风机房的相对位置。

4.3.3 连接风道内多台并联设置的轴流风机的进、出口之间宜设置隔墙。隔墙设计高度不应低于轴流风机两端（风阀或消声器）高度，长度不应小于连接风道长度的 1/2。

条文说明

为避免多台并联隧道轴流风机的进、出口气流之间的相互影响，多台轴流风机并联设置时应在其进、出口端过渡段内设置隔墙。

4.4 通风井附属设施

4.4.1 合设型通风井中隔墙设计应满足下列要求：

1 通风井内分隔数一般为 2 个，宜采用垂直分割。

2 通风井断面内划分为送风道和排风道时，送风道和排风道之间需通长设置通风井隔板，隔板宜采用钢筋混凝土结构，厚度不宜小于 20cm。

4.4.2 通风井内可设置照明设施。兼顾疏散救援功能的平行导洞内应设置疏散

应急照明设施。

4.4.3 通风井内不宜设置其他机电设施。当必须设置其他机电设施，应尽量减少对通风井壁面光滑度的影响。

条文说明

由于通风井的主要功能是气流的流入或流出，设置机电设施会影响通风井过流断面，同时较大的风速值也会影响通风井内的机电设施的稳定性，故作此规定。

征求意见稿

5 风道

5.1 一般规定

5.1.1 对于分段纵向式通风，风道分为连接风道和风机房内部风道。连接风道主要是设置于隧道主洞与通风井、隧道主洞与地下风机房、通风井与地面风机房之间相互连接的风道。

5.1.2 连接风道结构应满足施工、运营、防火、防水的要求。

5.1.3 连接风道宜设置在地质条件较好的岩层。

条文说明

连接风道一般交叉口较多，受力复杂，故避免穿越断层破碎带、煤层、涌突水等不良地质地段。

5.1.4 连接风道的形式可采用分离式、小净距式和连拱式等布置形式。

条文说明

通风井与风机房之间连接风道过渡段断面变化复杂，纵坡变化大。过渡段与地下风机房交叉口喇叭口位置宜根据各连接风道断面及净距确定，可采用分离式、小净距式和连拱式等布置形式，并灵活确定，以有利于结构稳定和送排风通道顺畅为原则。

5.1.5 为便于隧道内污染空气的排出，排风连接风道宜与隧道主洞成 $45^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 夹角。

5.1.6 连接风道内壁宜采用模筑混凝土衬砌，并保证风道内壁面平滑，连接风道交叉口应采用平顺过渡，以减小沿程摩阻损失和风道变形引起的局部损失。

5.1.7 隧道分段纵向式通风设计，可设置自然风利用风道。

条文说明

一般在风机房内部风道的排风道中间或旁边可预留一处自然风道，保障隧道内的污染物在热压驱动的作用下通过自然风道和通风井排出。

5.2 连接风道

5.2.1 连接风道的设计风速宜取 10~13 m/s.

5.2.2 连接风道的净空断面应满足下列要求：

- 1 连接风道的净空断面应根据设计风量、设计风速试算后确定。
- 2 为保证通风气流顺畅，送风（排风）连接风道与送（排）风井的净空断面相差不宜超过 30%.
- 3 连接风道兼作施工辅助运输通道时，断面尺寸应考虑满足大型机械及车辆的进出空间。
- 4 连接风道通常埋深较深，为便于与通风井连接，其断面宜采用直墙割圆断面形式。

5.3 连接风道变形、交叉口

5.3.1 连接风道设置应减少折曲，宜采用弯曲形式，连接风道应减少转弯次数。

5.3.2 连接风道与斜井相交时，可根据各洞室的轴线位置采用分岔隧道形式或错位交叉的形式。

5.3.3 在通风井底部及风道各弯道处宜设置导流叶栅，导流叶栅设计应符合下列规定：

- 1 导流叶栅是由多组导流叶片组成，导流叶片宜采用弯曲圆柱面翼型形状，或同心圆弧薄圆形形状。
- 2 导流叶栅的设计尺寸、数目计算应按照《公路隧道通风设计细则》（JTG/T D70/2-02-2014）相关要求。
- 3 导流叶栅的叶片采用等间距设计，宜采用不锈钢材质。

条文说明

导流叶栅是等间距设置的弧形导流叶片，气流被分隔为多个平滑的气流层，增加气流与刚性壁面的有效接触面积，减少涡流和偏流，防止气流由层流发展到紊

流状态，使连接风道转弯处的风压损失大大减小。

弧形叶片由中部圆弧导流片、以及连接在圆弧导流片两端的平面导流片一体构成，平面导流片能够对气流提前同向均匀分割，有效防止涡流产生；为了确保进入导流叶栅的气流不产生偏流和不均衡，导流叶栅的导流叶片采用等间距设计。

5.4 送风口

5.4.1 送风口宜设置于隧道拱顶，送风口设计风速宜取 25~30m/s.

5.4.2 送风口断面尺寸根据送风量、送风口设计风速试算后确定。

条文说明

设置送风口一般会增大隧道主洞面积，所以不宜过大，否则会增加隧道主洞的施工难度。

当送风量一定时，送风口面积与送风口设计风速成反比。送风口设计风速越大，轴流风机功率越大，送风口设计风速的选取应兼顾通风效果和经济性的要求。

5.4.3 为使送风口气流保持层流状态，送风道设置长度不宜小于 15 米。

5.4.4 送风连接风道在隧道上可通过吊顶横隔板进行分隔，吊顶横隔板与路面平行设置，与建筑限界的富余量不宜小于 15cm。

5.5 排风口

5.5.1 排风口设计应符合下列规定：

- 1 排风口宜设置于隧道侧墙处，其底面应与隧道检修道平齐。
- 2 排风口断面尺寸根据排风量、排风口设计风速试算后确定，排风口设计风速不宜大于 8m/s.
- 3 排风口断面尺寸不宜大于隧道正洞面积，否则应局部加大主洞断面。

5.5.2 左、右线共用排烟井时，应在各自排烟风道内设置排烟风阀，排烟风阀设计应满足下列要求：

- 1 排烟风阀一般由阀体、叶片、执行机构和温感器等部件组成。

2 排烟风阀平时呈开启状态，当单洞发生火灾后，应及时关闭另一排烟联络道内排烟风阀，防止烟雾发生串流。

3 排烟风阀应设置自动控制或手动控制装置，应具有现场控制、远程控制和联动控制功能。现场控制装置发出的控制指令应优于其他控制指令。

5.6 自然风道

5.6.1 公路隧道采用通风井进行自然通风时，应以现场气象监测数据为基础，利用自然风通风方案应经济可靠，以达到节能、绿色运营的目的。

5.6.2 利用自然风节能通风，通常有以下几种方式：

- 1 利用轴流风机风道作为自然风道。
- 2 在轴流风机风道旁设置辅助风道作为专用自然风道。
- 3 在隧道主洞与通风井之间设置旁通道作为专用自然风道。

5.6.3 自然风道的风阀应符合下列规定：

- 1 风阀设置于自然风道端部；
- 2 专用自然风道风阀日常处于常闭状态，当具备自然通风条件时，应开启风阀；
- 3 风阀应能远程控制开闭状态。

6 风机房

6.1 一般规定

6.1.1 风机房可采用地面或地下风机房，其选择应从地形地质条件、经济性、安全性、环境保护、运营养护便捷性等方面综合考虑。

条文说明

当地下围岩相对较差，而地面场地开阔，交通便利，对环境景观及附近居民生活无影响，宜设置地面风机房。

当地下围岩相对较好，而地面场地受一定限制，或设置地面风机房对环境景观及附近居民生活产生一定影响时，宜设在地下风机房。

6.1.2 地下风机房与隧道的位置关系，应根据地质条件，隧道与通风井、连接风道位置关系确定。

6.1.3 风机房内设施应一次规划、分期实施，并按近、远期交通量的变化分期实施。

6.1.4 地面风机房场区宜设置消防通道，需满足下列要求：

1 消防通道净宽度不应小于 4m，靠外墙一侧的场区边缘距建筑外墙不宜小于 5m。

2 场区内道路宜设置成环线，并满足消防转弯半径要求。

3 受场地条件限制，场区内无法设置环形道路或不能满足消防车转弯要求时，应设置回车场，回车场面积不应小于 $12 \times 12\text{m}$ 。

6.2 风机房平面布置

6.2.1 风机房内各分区在满足自身功能和使用空间的基础上，应尽量节约、优化设置。

6.2.2 风机房空间应能布置轴流风机、电气设备、控制设备及其他辅助机电设备。地下风机房应设有大型设备搬运通道和工作通道等。

6.2.3 风机房按功能划分，宜分为风机区、设备区和营运操作区。

6.2.4 风机区应满足下列要求：

1 风机房横向设置长度宜取 10m，轴流风机之间的净距宜设置在 1.5~3m 范围内；

2 风机区空间应便于风机吊装、拖运和维修，桁车横梁净高不宜小于 8m；

条文说明

轴流风机风道一般由叶轮、机壳、集流器、流线罩、叶片、扩散器、软连接、风阀和消声器组成。根据对市场产品选型调研，上述设备连接后的总长度，即轴流风机风道长度一般不超过 10m。

轴流风机高度一般不超过 4m，吊装空间宜不小于 1 台风机机位高度，故规定桁车横梁净高不宜小于 8m。

6.2.5 设备区功能是为风机房通风系统供电，应满足下列要求：

1 设备区需设置高压室、电容器室、动力配电室、轴流风机启动控制室等；

2 设备区布置尺寸应符合《20kV 及以下变电所设计规范》（GB 50053）、《供配电系统设计规范》（GB 50052）和《低压配电设计规范》（GB 50054）的规定。

6.2.6 营运操作区功能是为风机房通风系统提供本地控制，应满足下列要求：

1 营运操作区总体布置应简洁、美观、实用，便于观察、操作及维修；

2 营运操作区宜设置风机房集中控制操作平台，负责对轴流风机、风阀等设施进行控制；

3 营运操作区内应配置工作人员休息室。

6.2.7 风机区两侧应安装通风、空调设施，以满足隧道地下风机房内的通风、防潮、防尘和温度调节等需求。

6.2.8 消声器与风机房侧墙之间应设置钢制连接风道。

6.3 地下风机房通道

6.3.1 地下风机房与隧道之间应设置一处大型设备运输通道，运输通道应设置防火卷帘。

6.3.2 地下风机房与隧道之间应设置两处人员逃生通道，宜设置于风机房两端，人员逃生通道应设置防火门。

条文说明

当地下风机房发生火灾，为避免有一条通道不能疏散时，还有另一条可用的通道疏散，故作此规定。

6.3.3 地下风机房通道设计应满足下列要求：

- 1 运输通道的位置宜靠近风机区，便于轴流风机运输、吊装及维修；
- 2 运输通道宽度应便于大型运输进出，净空不宜小于 6m；
- 3 人员逃生通道净空不宜小于 1.2m。

6.4 地下风机房通风系统

6.4.1 地下风机房通风设计标准应满足下列要求：

- 1 地下风机房卫生标准以稀释风机房内的有害气体为主，并考虑人员的最小需风量；
- 2 地下风机房舒适标准应以风机房内的温度、湿度和稀释风机房内的异味控制。

6.4.2 地下风机房应设置通风、防潮、防尘、降噪和温度调节等设施。

条文说明

地下风机房由于设备运行会产生较多热量，造成机房温度升高，同时地下风机房环境湿度较大，因此地下风机房应设置独立的内部通风换气系统，必要时设置空调除湿系统。

为保障工作人员的身体健康，通风换气及除湿系统的进风口应配置空气净化装

置，减少送风空气中的粉尘颗粒物。

6.4.3 地下风机房每个工作人员每小时需供应的新鲜空气量不应少于 30 m³，且新风量不应小于总风量的 10%。

6.4.4 有人值守地下风机房内不断换气频率宜采用每小时 5 次；无人值守地下风机房应根据检修次数、检修时间等因素，当人员进入时进行换气。

6.4.5 地下风机房应设置机械正压通风系统，排风系统和送风系统应分别独立设置，并满足下列要求：

- 1 风机房排风机的排风口宜设于轴流风机排风道，通过排风井直接排出。
- 2 风机房送风机引风口宜设于轴流风机进风道，从送风井直接吸入新鲜空气，保证风机房内空气质量。
- 3 地下风机房内送风量应按每平方米不小于 30 m³/h 计算，新鲜空气供气时间不应小于 2.0h。
- 4 机械通风进风口与排风口的水平距离不宜小于 5m，进风口高度应低于排风口，以避免进风、排风短路。
- 5 机械正压通风系统宜选用离心式、轴流式风机。

6.5 风机房附属设施

6.5.1 风机区应设置轴流风机吊装设备，便于吊装和巡检。

条文说明

轴流风机及配件单体结构尺寸大、重量大，为便于设备安装和巡检的需要，宜在风机房的上方架设手操式电动双梁行车。

在风机房两侧隔墙边上架设行车的承重立柱、承轨梁，铺设的导轨长度需保证行车的有效行程大于风机组布排的总宽度。行车的吊装重量须大于风机房安装设备中的结构单体的最大重量。行车安装的高度须在减去行车吊钩的高度后，其有效吊装高度能够保证设备中尺寸最大的单体结构件可以跨越风机房设备安装后的最高点。

6.5.2 风机区应设置轴流风机检修道及爬梯，便于巡检和维修。

条文说明

检修通道宜设计成架设在轴流风机上方的跨越式检修平台。检修平台横跨整个风机组，并在风机组两侧设置爬梯以供检修人员上下平台。在相邻的每两台风机中间同样设置工作爬梯，提供检修平台到检修点的通路。检修平台宜靠近风机房的一侧隔墙进行布设。

6.5.3 风机房电气设施应满足下列要求：

- 1 风机房需配置供配电系统、控制系统、接地与防雷设施、供电电缆及控制线缆等，保障轴流风机可靠运行。
- 2 风机配套机电设施宜安装在独立的配置空调通风系统的电气设备间。

7 隧道火灾防烟与排烟

7.1 一般规定

7.1.1 公路隧道采用分段纵向式通风方式,隧道防排烟系统可以与运营通风系统合并设置,也可以单独设置。

条文说明

公路隧道防排烟方式往往与运营通风方式联系紧密,由于分段送排式通风常采用斜、竖井作为运营通风井,斜、竖井在火灾工况下兼作为排烟井。隧道机械排烟系统与排风系统合并设置时,必须在火灾发生时能自动切换至排烟模式。

对采用分段纵向式通风方式的公路隧道,防烟与排烟系统也可以单独设置,如采用排烟道集中排烟。

7.1.2 公路隧道火灾排烟设计应结合逃生疏散和隧道机电设备联动控制统一考虑。

条文说明

排烟系统和疏散逃生预案都是以保证人员安全、便于人员疏散逃生为原则进行设置,在隧道内发生火灾时,其他机电设备也应具备联动相应,共同保障人员的快速撤离。

7.1.3 单向交通隧道纵向排烟系统不应改变起火隧道内的排烟方向,排烟方向宜与隧道交通流方向一致。烟雾通过隧道出口或就近排烟口排出。

条文说明

安全疏散阶段,纵向排烟速度不应大于 0.5m/s ,且起火点附件的风机应停止工作;灭火救援阶段,火灾排烟区段内的纵向排烟速度不应小于火灾临界风速。

7.1.4 双向交通隧道排风方向应考虑隧道纵坡、排烟口位置等因素,尽量缩短烟气在隧道内的行程。

7.1.5 公路隧道采用排烟井集中排烟方式，排烟口可设置于隧道侧壁，也可设置于隧道拱顶。

7.1.6 公路隧道防烟、排烟设计还应遵循《公路隧道通风设计细则》（JTG/T D70/2-2014）的相关要求。

7.2 隧道集中排烟

7.2.1 采用排烟井集中排烟的公路隧道，火灾排烟设计宜参考以下步骤：

1 根据隧道发生火灾后烟雾最大行程，划分火灾排烟区段，确定火灾排烟方式；

2 根据火灾临界风速，计算火灾排烟需风量；

3 确定排烟井形式、井口位置、长度和纵坡，并对防灾排烟预案进行比选论证。

4 结合火灾救援预案，确定火灾排烟区段的需风量和非火灾排烟区段的需风量。

5 进行排烟井、排烟联络道、排烟口设计，计算轴流排烟风机的功率和数量，及排烟区段和非排烟区段内辅助射流风机的数量。

6 完善火灾工况下通风排烟与火灾救援预案，制定隧道机电系统联动控制方案。

7.2.2 排烟区段和非排烟区段内均应设置排烟射流风机，作为火灾工况下调节风压。

7.2.3 排烟射流风机不宜集中布置，应根据隧道长度、变电所位置等因素，就近布置。

7.3 地下风机房防烟、排烟

7.3.1 地下风机房设置的机械排烟系统宜单独设置，确需与排风系统合并设置时，必须在火灾发生时能自动转换至排烟模式。

条文说明

地下风机房空气除湿新风换气系统分成两个独立的子系统,分别为轴流风机安装洞室区域的新风系统和变配电设备间及工作人员休息室的新风系统,两个新风子系统均通过隧道通风井引入新风,并通过送风道将新风输送到各区域。排风风道分别与主隧道排风风道相连接,并分别配制排风兼排烟风机的双速风机,风机满足 $280^{\circ}\text{C}/30$ 分钟建筑物排烟的使用要求要求;正常工况下,风机处于低速运行状态,将地下风机房的污染空气排出风机房外,火灾工况时,风机以高转速工况运行,将地下风机房的火灾烟气排出机房外;各排风风道与主隧道排风风道交汇处应设置气流止回阀,防止排风井污染空气倒贯进入地下风机房内。

7.3.2 地下风机房机械排烟系统需满足下列要求:

1 地下风机房排烟量应按地面面积每平方米不小于 $60/\text{h}$ 计算,且风机的最小排烟风量不应小于 $7200/\text{h}$.

2 排烟口的设计风速不宜大于 10m/s .

3 排烟区内应设有补风措施。当补风通路的空气阻力不大于 50Pa 时,可采用自然补风;当补风通路的空气阻力大于 50Pa 时,应设置机械补风系统,补风量不应小于排烟风量的 50% .

4 排烟口宜设置在顶棚或墙面上部,其侧边与安全出口的水平距离不宜小于 2m ;疏散通道上设置的排烟口,其间距不宜大于 30m 。

5 排烟口与排风口合并设置时,其数量、尺寸要求应按该部位的设计排烟量计算确定。

7.3.3 排烟风机可单独设置或与排风机合并设置时,应满足下列要求:

1 排烟风机的余压应按排烟系统最不利环路进行计算,排烟量宜增加 10% .

2 排烟风机可采用离心式风机或排烟轴流风机,并应保证在 280°C 时能连续工作 30min .

3 排烟风机入口应设置排烟防火阀,排烟风机应能与排烟防火阀实现联动控制。

7.3.4 地下风机房机械排烟系统的排烟口设计,应符合下列要求:

-
- 1 排烟口应设置电动排烟风阀，平时应处于关闭状态。
 - 2 电动排烟风阀应设置自动控制或手动控制装置，应具有现场控制、远程控制 and 联动控制功能。现场控制装置发出的控制指令应优于其他控制指令。
 - 3 应根据起火点位置，合理确定着火区域的风阀开启数量、排烟量与风速控制模式，其余区域的风阀应保持关闭状态。

征求意见稿

8 轴流风机设施

8.1 一般规定

8.1.1 采用分段纵向式通风方式的公路隧道，风机设施主要为射流风机、轴流风机和风机附属设施。

8.1.2 射流风机选型、布置与安装要求应遵循《公路隧道通风设计细则》(JTG/T D70/2-02-2014)的相关要求。

8.1.3 轴流风机选型、功率计算、布置要求应遵循《公路隧道通风设计细则》(JTG/T D70/2-02-2014)的相关要求。

8.2 轴流风机附属设施

8.2.1 轴流风机附属设施包括启动装置、控制装置，通风系统配套的消声器和组合风阀。

8.2.2 轴流风机启动装置应满足下列要求：

1 非火灾工况使用的风机可采用软启动或变频启动方式。火灾工况下的排烟风机应直接启动；如采用变频运行，变频电机不得采用电机机体外加冷却散热系统的冷却方式，并应能长期工作在 25~50Hz 变频调节工况下。

2 轴流风机的电机应具有缺相保护功能。

8.2.3 轴流风机可考虑设置健康监测系统，以保障对轴流风机的运行状态进行监测。

8.2.4 根据环保和使用环境要求，需在轴流风机出风口端设置消声器，通常与风机渐扩管相连接。消声器设计应满足下列要求：

1 消声器的有效通风面积不小于全面积的 50%；

2 消声器迎风端采用流线型。

8.2.5 为便于风道内气流组织，轴流风机的进风口应设置电动风阀。风阀设计应满足下列要求：

-
- 1 风阀的开、闭应与风机启、停实现联动的功能。
 - 2 轴流风机启动前，宜先开启风阀。
 - 3 风阀内框有效通风面积应不小于 80%。
 - 4 风阀应具备本地控制和远程控制。

条文说明

本地控制是在风阀就地控制箱处进行操作，供机组安装、调试、检修时在现场使用，具有优先权；远程控制是在控制中心控制风阀的启停。

8.3 轴流风机控制

8.3.1 轴流风机应能同时实现就地控制和远程控制。

条文说明

就地控制是在风机就地控制箱处进行操作，供机组安装、调试、检修时在现场使用，风机为一级负荷设备。远程控制是在隧道管理站和路段监控中心均能控制风机的启停。

8.3.2 隧道监控系统在发生火灾后，应满足下列监控要求：

- 1 必须具有防烟排烟控制功能。
- 2 必须设定安全疏散、灭火救援等不同阶段、不同防烟排烟方式的控制模式。
- 3 根据起火点位置，能合理确定相应防烟排烟系统的风量、风速控制模式。
- 4 根据火灾现场的实际情况和要求，应具备适时调整防烟排烟系统的控制功能。
- 5 防烟排烟系统应设有自动控制和手动控制装置，并应具有现场控制、联动控制和远程控制功能。发生火灾时，现场控制装置发出的控制指令应优于其他控制指令。
- 6 隧道内和控制室内必须设置防烟排烟系统手动控制装置。隧道内的手动控制装置应设置在便于操作的地方，并应有明显的标志和保护措施，其操作按钮距

地面的高度不应超过 1.5m.

7 用于排烟的风机，其电动机的启动器、驱动装置、断开装置及其控制装置应与风机气流隔离。

征求意见稿