



T/CECS XXX—20XX

中国工程建设标准化协会标准

铁路隧道施工通风技术规程

Technical regulations for construction ventilation of railway
tunnels

(征求意见稿)

XXX 出版社

中国工程建设标准化协会标准

铁路隧道施工通风技术规程

Technical regulations for construction ventilation of railway
tunnels

(征求意见稿)

T/CECS ***-20**

主编单位：中铁十九局集团有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：202×年 xx 月 xx 日

Xxxx 出版社

2025 年北京

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2022 年第一批协会标准制定、修订计划>的通知》（建标协字〔2022〕40 号）的要求，编制组经深入调查研究，认真总结实践经验，参考国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准共分为 11 章和 1 个附录，主要内容包括：总则、术语、基本规定、通风系统设计、设备设施及供电系统设置、监测监控、特殊情况施工通风、机械开挖隧道施工通风、施工通风管理等。

本标准由中国工程建设标准化协会铁道分会归口管理，由中铁十九局集团有限公司负责具体技术内容的解释。本标准在执行过程中如有需要修改或补充之处，请将有关资料和建议寄送中铁十九局集团有限公司（地址：北京市北京经济技术开发区荣华南路 19 号 1 号楼；邮政编码：100176），并抄送中国工程建设标准化协会铁道分会（北京市海淀区三里河路 9 号，邮政编码：100038），以供修订时参考。

主 编 单 位：中铁十九局集团有限公司

参 编 单 位：中国铁路经济规划研究院有限公司、中铁二院工程集团有限责任公司、中铁西南科学研究院有限公司、中铁五局集团有限公司、中铁十六局集团有限公司、中铁二十五局集团有限公司、山东大学、西南交通大学、成兰铁路有限责任公司、重庆飞尔达通风设备股份有限公司、保定市晟志风机设备制造有限公司、北京铁城工程咨询有限公司、中国葛洲坝集团股份有限公司、中铁十一局集团有限公司、中国建筑第八工程局有限公司、四川省铁路建设有限公司、云南省铁路集团有限公司、中铁工程设计咨询集团有限公司、四川蜀道新制式轨道集团有限责任公司、中国葛洲坝集团三峡建设工程有限公司。

主要起草人员：

主要审查人员：

目 次

1	总则	1
2	术语	2
3	基本规定	5
4	施工通风计算	6
	4.1 一般规定	6
	4.2 控制标准	6
	4.3 通风计算	7
	4.4 通风除尘	7
5	通风系统设计	8
	5.1 一般规定	8
	5.2 通风方式	8
	5.3 通风系统	10
6	通风设备设施	12
	6.1 一般规定	12
	6.2 风管	12
	6.3 风机	14
	6.4 风门	17
	6.5 风墙	19
7	监测监控	20
	7.1 一般规定	20
	7.2 监测内容	20
	7.3 监测方式	21
	7.4 监测要求	22
	7.5 监测管理	23
8	供电系统	24
	8.1 一般规定	24
	8.2 供电组成及设备要求	24
	8.3 电气系统	24

9	特殊情况施工通风	26
9.1	一般规定	26
9.2	有毒有害气体隧道	26
9.3	高海拔隧道	30
9.4	高地温隧道	32
10	机械开挖隧道施工通风	38
10.1	一般规定	38
10.2	TBM 隧道	38
10.3	盾构隧道	39
11	隧道施工通风管理	40
11.1	一般规定	40
11.2	设备管理	40
11.3	人员管理	41
11.4	安全管理	41
附录 A	隧道风管漏风系数、管道风阻	43
本标准用词说明		44
《铁路隧道施工通风技术规程》条文说明		45

Contents

1	General provisions	1
2	Terminology	2
3	Basic provisions	5
4	Calculation of construction ventilation	6
	4.1 General Provisions	6
	4.2 Control standards	6
	4.3 Ventilation calculation	7
	4.4 Ventilation and dust removal	7
5	Ventilation system design	8
	5.1 General Provisions	8
	5.2 Ventilation method	8
	5.3 Ventilation system	10
6	Ventilation equipment and facilities	12
	6.1 General Provisions	12
	6.2 Air ducts	12
	6.3 Fans	14
	6.4 Dampers	17
	6.5 Wind wall	19
7	Monitoring and monitoring	20
	7.1 General Provisions	20
	7.2 Monitoring content	20
	7.3 Monitoring methods	21
	7.4 Monitoring requirements	22
	7.5 Monitoring and management	23
8	Power supply system	24
	8.1 General Provisions	24
	8.2 Power supply composition and equipment requirements	24
	8.3 Electrical system	24

9	Construction ventilation under special circumstances	26
9.1	General Provisions	26
9.2	Toxic and harmful gas tunnels	26
9.3	High-altitude tunnels	30
9.4	High-temperature tunnels	32
10	Ventilation in the construction of mechanical excavation tunnels	38
10.1	General Provisions	38
10.2	TBM tunnel	38
10.3	Shield tunnels	39
11	Ventilation management of tunnel construction	40
11.1	General Provisions	40
11.2	Device Management	40
11.3	Personnel management	41
11.4	Safety management	41
	Appendix A Tunnel air duct leakage coefficient and pipe wind resistance	43
	The term used in this standard is explained	44
	The provisions of the "Technical regulations for ventilation of railway tunnels" are explained	45

1 总则

1.0.1 为贯彻“以人为本”的建设理念，指导隧道施工通风的设计和实施，推广施工通风的标准化、规范化、精细化管理，为隧道施工创造良好的作业环境，保障隧道工程质量和施工安全，制定本规程。

1.0.2 本规程用于新建、改扩建铁路隧道施工通风标准化管理。

1.0.3 本规程规定了铁路隧道施工通风的基本规定、通风系统设计、设备设施及供电系统设置、监测监控、特殊情况施工通风、机械开挖隧道施工通风、施工通风管理。

1.0.4 设计单位可按照本规程的要求进行隧道施工通风系统设计。

1.0.5 施工单位作为隧道施工通风的实施主体单位，应结合现场施工组织完善通风系统布置，对现场通风系统进行实施及管理。

1.0.6 施工监理单位应将施工作业环境作为监理工作的一项重要内容。对于施工通风和劳动环境严重恶化的情况，应及时制止，并报告建设单位和当地劳动保障部门，维护劳动者的合法权益。

1.0.7 铁路隧道施工通风应积极推广应用新技术、新工艺、新材料、新设备，不断提高施工通风技术，完善现场通风管理，节约能源，降低材料消耗，提高隧道施工通风的综合经济效益。

1.0.8 对于铁路隧道施工通风技术难度大，采用现有技术难以解决的，应积极开展相应的科研工作，并加大投入，保证施工安全质量。

1.0.9 铁路隧道施工通风技术除应符合本规程外，尚应符合国家、行业和中国国家铁路集团有限公司有关标准的规定。

2 术语

2.0.1 隧道施工通风 tunnel construction ventilation

在隧道施工阶段，将隧道内有害气体、烟雾、余热等排出洞外并引入新鲜空气的一种换气行为。

2.0.2 通风设计 ventilation design

依据隧道的地质环境及施工（设计）技术条件，确定隧道通风方式、通风方法、通风网络、通风设施、通风系统、供风量、通风阻力和隧道主要通风设备的工作。

2.0.3 自然通风 natural draft; natural ventilation

利用自然风压对隧道进行通风的方法。

2.0.4 机械通风 mechanical ventilation

为消除隧道施工中产生的有害气体和粉尘，利用通风机产生的风压对隧道进行通风的方法。

2.0.5 有害气体 harmful gas; poisonous gases

泛指在一定条件下有损人体健康、危及人员和作业安全的任何气体，包括有毒气体、可燃性气体和窒息性气体。

2.0.6 瓦斯 gas

从煤(岩)层内溢出的各种有害气体的总称，其主要成分为甲烷(CH₄)。

2.0.7 瓦斯涌出 emission of gas

从含有瓦斯的地层表面均匀地涌出瓦斯的现象。

2.0.8 通风量 airflow quantity; air vomume

单位时间内流过风管或隧道的空气量。

2.0.9 需风量 required airflow; required air quantity; air re-quirement

隧道施工过程中，为供人员呼吸，稀释和排出有害气体、粉尘，创造良好作业环境所需要的风量。

2.0.10 漏风 air leakage

通风时，从进风口到出风口间漏出的空气。

2.0.11 漏风率 air leakage rate

通风时，漏出的空气量占进风量的比率。

2.0.12 新鲜空气 fresh air; ventilating air

成分与洞外空气成分近似或相同的空气。又称新风。

2.0.13 污浊空气 contaminated air; foul air

受到洞内有害气体、粉尘污染的空气。又称污风。

2.0.14 工作面风量 airflow quantity at heading face

隧道掘进开挖工作面获得的新鲜风量。

2.0.15 通风机的设计风量 fan airflow design

通风机设计工况点对应的风量。

2.0.16 通风机的全压 total pressure of fan

在通风机出口侧和进口侧风流的总压力差。

2.0.17 通风机动压 velocity pressure of fan

风流在通风机出口断面上流动引起的压力。

2.0.18 通风机静压 static pressure of fan

通风机的全压和动压之差。

2.0.19 摩擦阻力 frictional resistance; friction loss

由于风流和管道壁间或隧道摩擦而产生的阻力。

2.0.20 局部阻力 local resistance; shock resistance; shock loss

由于风流速度或方向的变化，导致风流剧烈冲击，形成涡流而引起的阻力。

2.0.21 通风阻力 ventilation resistance; pressure drop; ventilation loss

风流的摩擦阻力和局部阻力的总称。

2.0.22 通风机特性曲线 fan characteristic curve; fan performance curve

通风机风压、功率和效率分别与风量关系的曲线。

2.0.23 通风机工况点 fan operating point

通风机个体特性曲线与隧道或风管风阻特性曲线在同一坐标系上的交点。

2.0.24 通风机效率 fan efficiency

通风机输出功率与输入功率之比。

2.0.25 风阻特性曲线 characteristic curve of air resistance; air way characteristic curve

表示风管或隧道通风阻力和风量关系的特征曲线。

2.0.26 主通风机 main ventilating

向隧道整个通风系统提供新鲜风的通风机，可根据隧道通风方式布置在洞外或洞内。

2.0.27 局部通风机 local ventilating

安装在洞内新鲜风流中，可用于向工作面提供新鲜风、防止瓦斯局部集聚或引导风流的通风机，也简称局扇。

2.0.28 风门 air door; ventilating door

在需要通过人员和车辆的巷道中设置的隔断风流的门。

2.0.29 风墙 air wall; ventilating wall;

在隧道内用于切断、隔绝风流，封闭施工区域和有毒有害气体的构筑物。

2.0.30 平均百米漏风率 average air leakage rate per 100 meter

每 100m 管路平均漏风量占风机供风量的百分比。

2.0.31 有轨运输 track transport

通过铺设钢轨，用轨道式运输车出渣和进料的运输方式，牵引动力一般采用电动机。

2.0.32 无轨运输 trackless transport

采用轮胎式车辆装渣、出渣和进料的运输方式，牵引动力采用内燃机，现今多指自卸式柴油车运输。

3 基本规定

3.0.1 隧道施工通风应按照通风设计方案，结合施工组织和施工方法编制施工通风方案，分阶段进行设计并绘制通风方案实施图，且应根据地质情况变化、工作面、运输通道等的变化进行动态调整。

3.0.2 施工通风管理应严格按照施工组织设计，遵循“以风定产”原则组织施工；过程中应按照实际通风系统供风量、洞内空气及有毒有害气体检测监测数据核定施工组织计划，动态调整施工生产和管理措施，严禁超通风能力组织施工。

3.0.3 隧道整个施工阶段作业环境应符合国家规定的卫生安全标准相关要求。无轨运输施工的隧道应按照施工长度、作业区段和使用功能等进行分区划分，分别设置相应的的卫生安全标准，优化施工通风和监测方案，实现安全管控和技术经济最优化。

3.0.4 隧道施工通风系统应能够将足够的新鲜空气有效地送到施工掌子面，保证安全生产和良好的劳动条件；隧道通风巷道应保证风流稳定可靠，满足事故发生时的风流控制和人员撤离等相关应急管理要求。

3.0.5 隧道施工通风应建立监控和检测的组织系统，对通风数据、环境数据、设备运行等进行全程自动化监测，采用信息化综合管控措施实现风机运行自动调控功能。

4 施工通风计算

4.1 一般规定

4.1.1 隧道施工通风风量应满足将洞内有害气体稀释、排放至国家规定的卫生安全标准的要求。

4.1.2 隧道施工通风计算应根据施工组织的各阶段所需的总风量进行计算。

4.1.3 隧道各巷道施工时，风速不宜大于 6m/s，当超出时，应评估扬尘及对施工作业的影响或设置专用风道。

4.1.4 施工期间应对洞内环境开展监测，当洞内环境不满足正常作业需求时，应提高送风量或采取个人防护措施。

4.2 控制标准

4.2.1 隧道施工应满足下列卫生安全标准的要求：

1 空气中氧气含量，按体积计不得小于 20%。

2 每立方米空气中粉尘容许浓度：含有 10%以上游离二氧化硅的粉尘不得大于 2mg；含有 10%以下游离二氧化硅的矿物性粉尘不得大于 4mg。

3 空气中常见有害气体浓度应符合下列要求：

1) 一氧化碳容许浓度不得大于 30mg/m³。在特殊情况下施工人员必须进入开挖工作面时，浓度可为 100mg/m³，但工作时间不得大于 30min；

2) 二氧化碳按体积计不得大于 0.5%；

3) 氮氧化物换算成二氧化氮浓度应在 5mg/m³ 以下；

4) 硫化氢浓度不得大于 10mg/m³。

4 使用柴油机设备施工的隧道，作业地点有毒有害气体的浓度，还应满足甲醛小于 6mg/m³，丙烯醛小于 0.6mg/m³。

5 隧道内气温不得高于 28℃。

6 隧道内噪声不得大于 90dB。

4.2.2 隧道施工通风应能提供洞内各项作业所需最小风量：

1 一般隧道内作业人员需风量不小于 3m³/min，作业的内燃机械需风量小于 3m³/(min·kw)。

2 瓦斯工区作业人员需风量不小于 4m³/min，作业的内燃机械需风量小于

4m³/ (min·kw) 。

4.2.3 钻爆法施工的隧道，洞内施工通风的风速应满足：

1 全断面开挖时不应小于 0.15m/s，分部开挖时不应小于 0.25m/s。

2 瓦斯隧道的微瓦斯、低瓦斯工区不应小于 0.25m/s，高瓦斯工区、瓦斯突出工区最低风速宜适当加大。

3 瓦斯易于积聚处应实施局部通风，消除瓦斯积聚的风速不应小于 1m/s。

4 回风巷风速不应大于 6m/s。

4.2.4 瓦斯工区各处允许浓度应符合下列要求：

1 采用压入式通风的瓦斯工区，应将洞内各处的瓦斯浓度稀释到 0.5%以下。

2 采用巷道式通风的瓦斯工区，应将开挖工作面及回风巷道风流中的瓦斯浓度稀释到 0.5%以下。当平行导坑仅作巷道式通风的回风道时，其瓦斯浓度应小于 0.75%。

4.3 通风计算

4.3.1 通风计算包含需风量计算、漏风计算、风压计算等。

4.3.2 隧道掌子面所需风量应按工作面排出炮烟情况、隧道内最多工作人数、允许最低风速、瓦斯涌出量、内燃机废气稀释排出等因素综合计算确定，并取其中最大值。

4.3.3 漏风计算包含风管、风门、风的漏风计算。

4.3.4 风压计算包含摩擦阻力损失计算、局部阻力损失计算、正面阻力计算、其他局部阻力计算及总阻力损失计算。

4.4 通风除尘

4.4.1 隧道施工应采取尽量降低粉尘产生的施工方法。

4.4.2 当采取通风除尘时，洞内风速应满足最低风速要求。

4.4.3 隧道施工洞内宜采取喷雾洒水、水封爆破、水幕和湿式除尘装置等综合防尘措施。

5 通风系统设计

5.1 一般规定

5.1.1 隧道施工应根据隧道长度、辅助坑道布置、施工方法、开挖断面及施工掌子面等合理布置通风系统，风流路径应尽量顺直，以降低能耗。

5.1.2 长隧道宜设置合理的辅助坑道，缩短施工通风距离，钻爆法施工时，独头通风不宜超过 4000m，巷道式通风不宜超过 8000m，超出时应开展通风方式的专项研究与设计。

5.1.3 设计阶段应对隧道施工通风方式提出建议，隧道施工前，施工单位应编制专项施工通风方案，通风方案应按照施工组织分阶段设计并细化阶段变化时的过渡方案，通风方案经监理、建设单位审批后实施。

5.2 通风方式

5.2.1 施工通风按照动力的来源分为自然通风和机械通风。当隧道独头掘进长度超过 150m 时，应采用机械通风。

5.2.2 施工通风方式可根据独头通风长度、断面大小、施工方法、有害气体浓度、设备条件等采用压入式、抽排式、巷道式或混合式通风，高瓦斯和瓦斯突出工区宜选用巷道式通风。常见的施工通风方式见图 5.2.2-1~5.2.2-6。

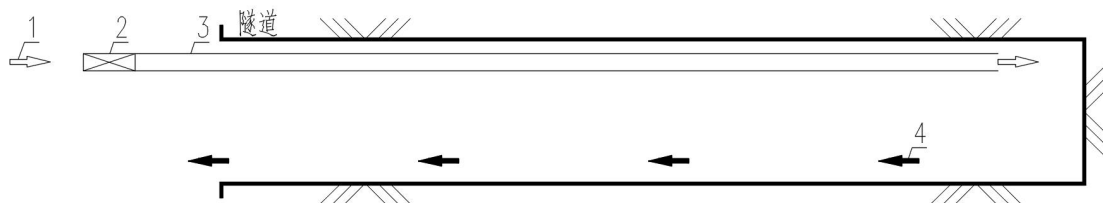


图 5.2.2-1 压入式通风示意图

1——新鲜风；2——风机；3——风管；4——污浊空气

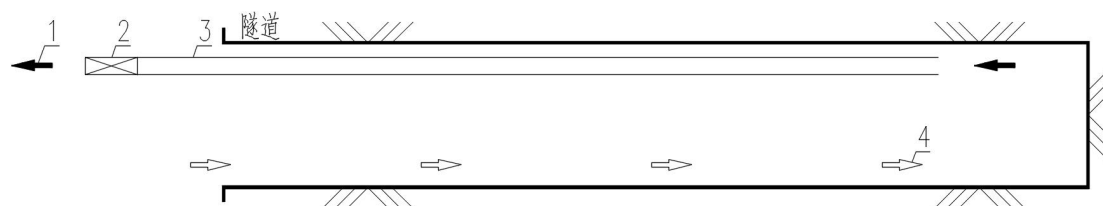


图 5.2.2-2 抽出式通风示意图

1——污浊空气；2——风机；3——风管；4——新鲜风

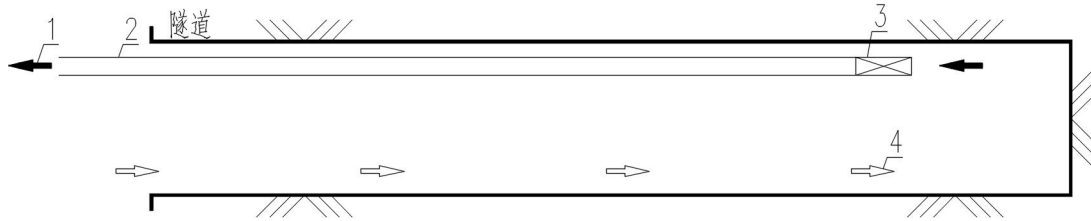


图 5.2.2-3 排出式通风示意图

1——污浊空气；2——风管；3——风机；4——新鲜风

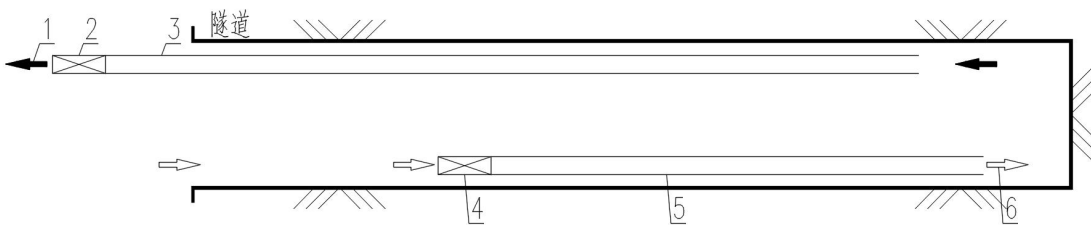


图 5.2.2-4 送排混合式（送风式和抽出式）通风示意图

1——污浊空气；2——排风机；3——排风管；4——送风机；
5——送风管；6——新鲜风

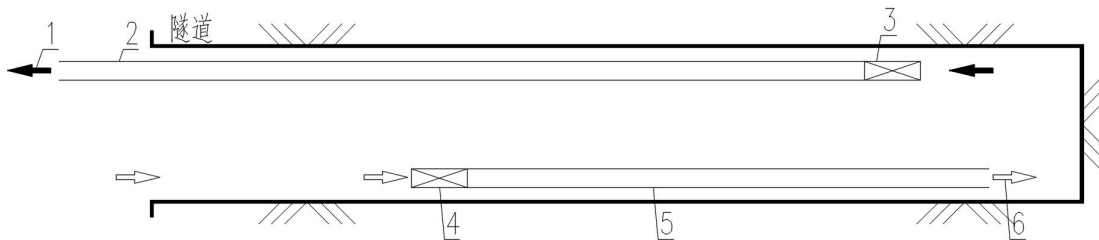


图 5.2.2-5 送排混合式（送风式和排出式）通风示意图

1——污浊空气；2——排风管；3——排风机；4——送风机；
5——送风管；6——新鲜风

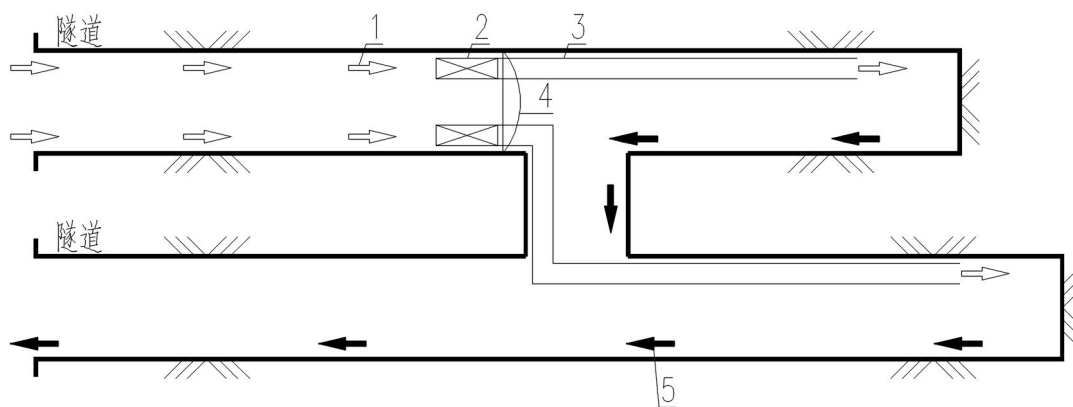


图 5.2.2-6 巷道式通风示意图

1——新鲜风；2——送风机；3——风管；4——风门；
5——污浊空气

5.2.3 选择通风方式时应针对污染源的特性，避免成洞段二次被污染，并有利于快速施工。

5.2.4 有轨运输施工的隧道宜采用抽排式或混合式通风，无轨运输施工的隧道宜采用压入式，有平行导坑施工的隧道宜采用巷道式通风。

5.2.5 微瓦斯、低瓦斯工区的施工通风方式应采用压入式，也可采用巷道式。高瓦斯、瓦斯突出工区可采用压入式或巷道式。当高瓦斯或瓦斯突出区段距洞口大于 2000m 时，应采用巷道式通风。

5.2.6 当施工距离较长或同时作业掌子面数量较多，受限于辅助坑道断面净空无法增加大直径风管时，可设置隔板风道通风。隔板风道通风分为主扇式和无主扇式。

5.3 通风系统

5.3.1 隧道施工通风应根据通风方式合理布置通风系统，根据隧道需风量、漏风和风压计算等要求合理选择风管、风机等通风设备设施。

5.3.2 通风方案现场实施后应针对整体通风系统进行测试，测试项目包括：隧道内温度、湿度、风管进出口的风量、风管的百米漏风率、通风阻力以及工作面有毒有害气体浓度的监测数据等，通过综合数据对比分析评价通风系统并对存在的问题及时修正。

5.3.3 隧道施工期间应根据掌子面作业环境自动监测和人工监测结果，优化调整通风系统，以满足洞内作业环境需求，并定期上报洞内作业环境评价报告。

5.3.4 隧道施工阶段应按季度绘制通风系统图，图中须标明风流方向、风量和通风设备设施等的安装地点；采用巷道式通风方式时，应绘制通风系统立体示意图和通风网络图。

5.3.5 隧道施工通风系统的主进风口、风机进风口应设置在粉尘、有毒有害气体和高温气体不能侵入的地方；条件受限时，应当制定相应的进风口安全措施。

5.3.6 隧道通风系统实施阶段，严禁采用局部通风机或者风机群作为主要通风机使用。

5.3.7 隧道内充电硐室宜设置有独立的通风系统并将回风风流引入主回风巷，或设置在新鲜风流中。充电硐室风流中以及局部聚集区域的氢气浓度，不得大于0.5%。

6 通风设备设施

6.1 一般规定

6.1.1 隧道施工通风设备的选型宜先选择风管后选择风机，然后再根据风机的选型结果对风管的选型进行优化调整。

6.1.2 隧道风管直径应能保证在最大送风距离时，风机风量能满足工作面的需风量；并且在隧道断面满足施工通道的条件下，宜选择直径较大的风管，以降低通风阻力，节约通风能耗。

6.1.3 隧道施工通风风管、风机应进行进场验收，检查其产品合格证；产品铭牌应固定在风机外壳明显处，进场检查应重点核查铭牌上产品名称、型号、基本技术参数、制造厂名称和商标、制造日期和出厂编号、“Ex”标志、防爆合格证、安全标志准用证和抽出式通风机的摩擦火花安全性检验合格证编号等。

6.1.4 隧道施工通风风管、风机安装完毕后应进行性能验收，应满足开机后30min内掌子面风速 $\geq 0.25\text{m/s}$ ，且风管末端风量 $\geq$ 设计值85%。

6.1.5 隧道采用巷道式通风方式时，相应区段掌子面完成贯通后，应及时调整通风系统，局部通风机应及时改移至通风方案中的设计位置。

6.1.6 隧道掌子面施工通风应采用独立通风风管和风机配置，严禁使用1台局部通风机同时向2个以上（含2个）掌子面供风。

6.1.7 隧道施工中控制风流的风门、风墙、风窗等通风设施应可靠，位置合理；严禁在倾斜巷道中设置风门，如必须设置风门，应安设自动风门或专人管理，并设有防碰撞破坏风门的安全措施。

6.2 风管

6.2.1 隧道风管可按照以下方式分类：

- 1 按通风方式可分为正压风管、负压风管。
- 2 按涂覆布材质可分为橡胶风管、塑料风管。
- 3 按安全性可分为双抗(抗静电、阻燃)风管、单抗(阻燃)风管。
- 4 按用途分为一般用途和特殊用途风管，其中特殊用途风管包括抗冲击风管、保温风管等。
- 5 按加工方式可分为有缝风管、无缝风管。

6.2.2 隧道风管结构分为正压风管和负压风管两类：

1 正压风管可用于抽出式通风、负压风管可用于压入式通风。

2 正压风管按材质分为金属导风管、玻璃钢风管和金属钢圈制作的可伸缩导风管，宜采用法兰盘连接方式。

3 负压风管按材质分为胶布风管、人造革风管、塑料风管和橡胶导风管四种。

6.2.3 正压风管应具有接头、筒体、吊环、反边结构，负压风管应具有接头、螺旋钢丝、压条、吊环、筒体结构。

6.2.4 隧道风管应针对直径、长度、接缝、反边、接头、吊环、骨架做进场验收，规格型号应满足相关产品技术要求。

6.2.5 隧道风管两端均应有反边，采用拉链形式的可用单反边。反边长度不应小于 150mm。

6.2.6 隧道风管接头可采用端圈或拉链等形式，应保证连接时的成套性和互换性，端圈的规格尺寸或拉链的长度应符合要求。

6.2.7 隧道风管可结合施工通道形式设置弯头、三通以及其它特殊结构风管进行分风，应采用内壁光滑的硬质材料加工制作，以减少通风摩阻；瓦斯隧道应保证通风系统的独立性，不得进行分风。

6.2.8 隧道风管的物理机械性能包括扯断强力和撕裂力、接缝搭接强度、阻燃性能、抗静电性能、耐热性能、耐寒性能、抗冲击性能、保温性能；瓦斯隧道应采用抗静电、阻燃的风管，百米平均漏风率不宜大于 1%，宜采用大直径风管。

6.2.9 通风管布置应遵循下列规定：

1 通风管吊环应等距设置、安装牢固，风管采用钢丝绳进行悬挂吊装时，应在隧道初支、衬砌段安装牢固。

2 通风管的节长尽量加大，以减少接头数量，接头应严密。弯管平面轴线的弯曲半径不得小于通风管直径的 3 倍。

3 通风管路安装完成后应调整至整个风路平、直、无扭曲和褶皱。

4 通风管安装高度距地面不得小于 2.5m。

5 隧道防水板、衬砌浇筑等作业台车设计时应预留风管通道，且应在台车上的穿越部位设置牢固的阻燃套管装置，套管直径宜大于风管外径 50mm～100mm。

6 通风管出风口 1m~3m 范围内应采用内置螺旋弹簧钢丝或弹簧钢圈骨架的风管，保证出风口出风效果。

6.2.10 瓦斯隧道施工中，压入式通风管靠近工作面的距离可根据具体情况确定，且必须满足下列要求：

- 1 开挖工作面附近风速及瓦斯浓度必须满足安全要求。
- 2 风管出风口距工作面的距离不宜大于 15m。

6.3 风机

6.3.1 风机分类：

- 1 风机按气流方向分为轴流式风机、离心式风机及斜流（混流）式风机。
- 2 隧道施工用通风机大部分为轴流式风机。轴流式风机按转速分为单速风机和变速风机；按级数分单级风机、二级风机和多级风机；按用途分为主通风机、局部通风机和射流风机。施工时根据实际情况选择风机，以满足施工需求。

6.3.2 洞外主通风机安装支架应结合洞外场地、隧道尺寸、风速等要求确定形式和位置，距洞口位置不得小于 30m，支架应固定于混凝土基础上，支架与基础间加装橡胶减震垫。

6.3.3 洞内送风风机（主通风机、局部通风机）应布设在进风通道的新鲜风流中，且供给新鲜风量应大于洞内通风机的吸入风量。安装支架应根据隧道尺寸、风速等要求确定，满足洞内安全通行相关要求，同时风机距回风排污口的距离不小于 30m；当进风通道内安装 2 台及以上多台风机供风时，风机安装位置应交错布设、前后距离不得小于 30m。

6.3.4 隧道洞内外主通风机应安装消声器。

6.3.5 洞内射流风机主要用于辅助通风，应稳固安装于隧道拱顶位置。当用于分段通风时，射流风机相互间隔距离不得大于 150m。

6.3.6 通风机进气口应加设固定的防护网，网眼不大于 30mm。若防护网为金属丝编织网，其金属丝直径应不小于 2.5mm；若防护网为穿孔板，其筋宽应不小于 2.5mm，厚度应不小于 2.0mm。

6.3.7 通风机的安装要求如下：

- 1 基础要求坚固、水平，安装强度要达到要求。
- 2 安装前要完全掌握图纸要求和熟悉设备安装说明，检查通风机的零配件是

否完好无损；通风机的机壳、电机、叶片、叶轮是否因运输碰撞而损坏；通风机各零部件的连接是否牢固。

3 通风机的吊装和搬运的绳索要扣在通风机槽钢底座专用的吊装孔上，安装、吊运过程要有专人指挥、配备起重机。

4 通风机就位后要检查通风机横向和纵向倾斜度，通风机的横向倾斜度不能超过 0.2/1000；通风机的纵向倾斜度不能超过 0.3/1000。

5 通风机位于陡坡隧道时，风机支架应采用混凝土锚固于基础中，防止滑移。

6 通风机在安装后，可以用手转动通风机叶轮，叶轮的旋转要平稳，没有摩擦和卡住的现象。

6.3.8 隧道施工通风风机设备选型的程序：确定通风方式→计算通风量→选择风管→计算通风阻力→选择通风机。

6.3.9 管道压力损失及通风机全压：

通风管道的通风阻力损失包括沿程阻力损失和局部阻力损失两部分。

1 沿程阻力损失：

$$h_f = R_f Q^2$$
$$Q = \sqrt{Q_j \cdot Q_h}$$

式中 R_f ——管道沿程摩擦阻力， $N \cdot s^2/m^3$ ；

Q ——计算几何平均风量， m^3/s ；

Q_j ——风机风量， m^3/s ；

Q_h ——工作面风量， m^3/s ；

2 局部阻力损失：

$$h_x = \sum \xi \cdot \frac{Q_i^2}{d^4}$$

式中 ξ ——管道局部阻力系数， $N \cdot s^2/m^3$ ；

Q_i ——局部风阻处的风量， m^2/s ；

d ——管道直径， m 。

局部阻力系数的取值：由于局部损失的形式多样，局部流场也很复杂，多数情况下由试验确定。在隧道施工通风中常用的局部阻力系数可取以下值：

1) 突然扩大的异径管接头， $\xi = (1 - A_1/A_2)^2$ 。 A_1 、 A_2 分别为接头的管道

截面积。

2) 突然缩小的异径管接头, $\xi = 0.5(1 - A_1/A_2)^2$ 。 A_1 、 A_2 分别为进出接头的管道截面积。

3) 管道转弯时, $\xi = 0.08 \alpha^{0.75}/n^{0.8}$ 。式中 α 为转弯角度; $n = R/d$, R 为转弯处的曲率半径, d 为管道直径。

4) 管道入口, $\xi = 0.6$ 。

5) 管道出口, $\xi = 1.0$ 。

6) 管道分岔处, $\xi = 1.0$ 。

3 通风机的设计全压

通风机的设计全压按下式计算:

$$H_t \geq h_t$$

式中 H_t ——风机设计全压, Pa;

h_t ——总的管道摩擦损失, Pa。其中 $h_t = h_f + h_\chi$ 。

6.3.10 通风机功率:

通风机功率按下式计算:

$$N = K \cdot H_t \cdot Q_j / \eta$$

式中 η ——风机效率;

K ——功率储备系数。

6.3.11 系统工况及风机选型:

在忽略 h_{v0} 的情况下, 根据 Q_j 和 H_t 可初选通风机, 可由式 $H_t \geq h^t$ 绘制管道特性曲线(如图 6.3.11 所示), 它与通风机特性曲线的交点即是系统的工作点。对于一个设计合理的系统, 应当使在最长通风距离时, 满足下列要求:

- 1 该工作点应处在风机高效稳定工作区内, 严禁处在喘振区。
- 2 工况点的风量 $Q_A \geq Q_j$ 。
- 3 工况点的全压 H_A 低于风机额定全压。
- 4 与风机设计工况尽量靠近。

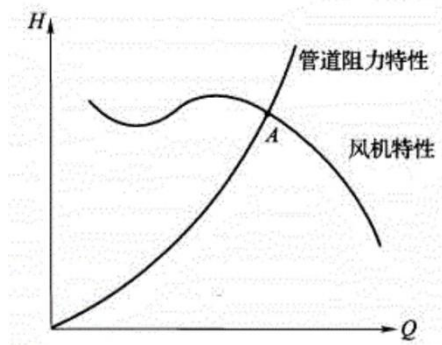


图 6.3.11 通风机与管道联合工作特性曲线

图中 A ——工况点；
 H ——全压。
 Q ——风量。

6.3.12 瓦斯隧道应有一套同等性能的备用通风机，并保持良好的使用状态，备用通风机应能在 10min 内启动。通风机应设两路电源，并装设风电闭锁装置，当一路电源停止供电时，另一路应在 10min 内接通。低瓦斯工区、高瓦斯工区及煤（岩）与瓦斯突出工区内使用的局部通风机、射流风机均应采用防爆型，高瓦斯工区及煤（岩）与瓦斯突出工区应采用专用变压器、专用开关、专用线路、风电闭锁和甲烷电闭锁。

6.4 风门

6.4.1 风门的分类、型号：

- 1 按结构与型号分类分为滑动式风门（型号示例：HD-XXX）、对开式风门（型号示例：DK-XXX）和卷帘式风门（型号示例：JL-XXX）。
- 2 按驱动方式与型号分类分为电动风门（型号示例：E-XXX）、气动风门（型号示例：Q-XXX）和手动风门（型号示例：S-XXX）。
- 3 根据材料分类分为木质、碳钢、不锈钢、镀锌钢、铝合金、彩钢板等。
- 4 风门选择上应考虑灵活性、经济性、安全性为核心，因地制宜，全面考虑。

6.4.2 风门的规格：

行人风门高度宜为 1.8m~2.0m，宽度宜为 1.8m，两风门间距 15m；行车风门高度宜为 3.0m~5.0m，宽度宜为 3.0m~4.0m，两风门间距应不小于 5m，同时不得小于运输工具的长度，应安设自动风门或专人管理，并设有防碰撞破坏风门的安全措施。

6.4.3 风门的安装要求:

1 风门的安装应遵循“基础牢固、密封严实、操作灵活、安全合规”的原则,采取适配工艺,方便维护,安全可靠运行。

2 风门墙垛可用砖混凝土或钢筋混凝土砌筑,采用钢筋连接等方式与隧道周边岩石或支护结构可靠连接,墙垛厚度不得小于 0.8m。

3 风门与门框材质相适应,可采用模块化设计,连接方便、密封严实。

4 通车风门必须设置底坎,门扇底端距离轨道面高度不得大于 20mm,门扇下部设挡风帘,墙体的所有管孔必须用水泥砂浆封堵严实。

5 通过每一道风门墙体的风管,都必须设逆止阀等防止逆流装置,铁风管铁板厚度 3mm~5mm,逆止阀铁板厚度不小于 5mm。

6 风门墙体的排水沟采用低于巷道地板的反水沟,深度根据风压大小来构筑,保证不漏风。

6.4.4 风门的使用要求:

1 风门处于常闭状态,朝迎风方向打开,以保证风门关闭后承受风压而闭严。

2 不应在倾斜运输巷中设置风门;如果必须设置风门,应当安设自动风门或者设专人管理,并有防止车辆或者风门碰撞人员以及车辆碰坏风门的安全措施。

3 瓦斯隧道有关规定:

1) 采用巷道式通风的瓦斯工区,除用作回风的横通道外,其他不用的横通道应及时封闭,留作运输用的横通道应设置两道风门,防止风流短路,施工不再用的横通道,若运营期间予以利用,在施工期间需设置至少一道风门,并加强瓦斯检测、加强通风。

2) 瓦斯突出工区采用巷道式通风时,在揭煤工作面进风巷必须设置至少两道反向风门。爆破作业时,反向风门必须关闭。风门之间的距离不得小于 4m,风门距回风巷不得小于 10m,与开挖工作面的距离不得小于 70m。

3) 对设风门的瓦斯工区,应安装风门传感器,传感器的安装应充分考虑吊点、支撑及卡固强度、传感器接线走向,并根据风门的结构现场固定。当两道风门同时打开时,发出声光报警信号。

4) 风门、风窗必须采用不燃性材料。

4 禁止频繁开启风门,确保风流稳定。

5 发生煤(岩)与瓦斯突出事故，不得停风和反风，防止风流紊乱扩大灾情。通风系统及设施被破坏时，应当设置风障、临时风门及安装局部通风机恢复通风。

6.5 风墙

6.5.1 风墙根据材料分类分为混凝土墙、钢板+型钢骨架+密封层、砖砌墙+抹面、充气式风墙等，风门选择上应考虑灵活性、经济性、安全性为核心，因地制宜，全面考虑。

6.5.2 隧道风墙结构设置应满足表 6.5.2 的要求：

表 6.5.2 隧道风墙结构设置要求

序号	类型	适用条件	最小厚度	备注
1	混凝土墙	永久封闭/高承压区(>500Pa)	≥30cm	
2	钢板+型钢骨架+密封层	快速拆装/临时封闭	钢板≥5mm	
3	砖砌墙+抹面	低承压区(<300Pa)	≥24cm	
4	充气式风墙	应急封闭/狭窄空间	耐压≥1kPa	

6.5.3 隧道风墙材料标准应满足以下要求：

- 1 密封性：接缝漏风率 $\leq 0.1\text{m}^3/(\text{min}\cdot\text{m}^2)$ （压差 1000Pa 时）。
- 2 抗压性：承受 1.5 倍通风系统最大负压/正压。
- 3 防火性：A 级阻燃材料（瓦斯隧道需抗静电处理）。

6.5.4 风墙设置位置应距分支口 ≥ 3 倍隧道直径，应嵌入地面 $\geq 20\text{cm}$ ，如有裂缝时应及时注浆封闭。墙体中预埋导风管直径应 $\geq$ 风管 1.2 倍，并设双向控制阀门。

6.5.5 墙体安装完毕后应进行验收，满足以下要求：

- 1 承压测试，U 型压差计+烟雾测试进行，施加 1.2 倍工作压力，稳压 10min 无泄漏。
- 2 漏风量 $\leq$ 系统总风量 3%。
- 3 墙体倾斜度 $\leq 1^\circ$ 。

6.5.6 风墙两侧安装压差传感器，传感器量程 $\geq 5\text{kPa}$ 、精度 0.5%。瓦斯工区应增加 CH_4 浓度自动监测装置。

7 监测监控

7.1 一般规定

7.1.1 隧道施工阶段，应建立通风检查、监控的组织系统和管理制度，测定气象参数、风速、风量、粉尘、有毒有害气体浓度等参数。

7.1.2 有毒有害气体隧道施工应全程检测有毒有害气体。

7.1.3 瓦斯隧道施工单位必须建立瓦斯检测制度和专门机构，配置专职瓦检员，编制瓦斯巡回检测图表，开展瓦斯巡检或根据需要随时测定瓦斯浓度，并悬挂记录牌。

7.1.4 开展瓦斯检测或瓦斯等级评定的第三方单位，应具备有效资质资格。

7.1.5 隧道贯通段掘进工作面每次爆破前，必须按规定检测工作面及其回风流中有害气体浓度。当贯通的两端工作面的瓦斯工区类别不同时，风流不得从较高类别瓦斯工区流向低类别瓦斯工区。

7.2 监测内容

7.2.1 铁路隧道施工通风监测内容主要包括：风速、风量、氧气浓度、瓦斯隧道的瓦斯浓度、有毒有害气体浓度（包括一氧化碳、二氧化碳、氮氧化物、硫化氢等）监测。

7.2.2 监测部位主要分布在风机口、开挖工作面、各工作面回风巷、总回风巷。

7.2.3 有毒有害气体隧道通风检查每天应不少于 1 次，高瓦斯工区与瓦斯突出工区每班应不少于 1 次，包括下列内容：

- 1 工作面风速是否满足最小风速的规定。
- 2 风速、风量是否能满足工区内各作业点稀释有害气体的要求。
- 3 有害气体易积聚处采取的防治措施是否有效。
- 4 风管安装是否规范，通风设施是否正常工作。

7.2.4 有毒有害气体工区通风方式改变、压入式风管长度每增加 100m 或每隔 15 天，应对隧道通风进行检测，主要内容为通风的风速、风量、风管漏风率等。

7.2.5 隧道通风的必测、选测项目：

表 7.2.5 隧道通风必测、选测项目

序号	检测项目	备注
1	必测项目	
1.1	风速与风量	判断通风系统是否有效组织气流
1.2	有害气体浓度（包括一氧化碳、二氧化碳和氮氧化物）	有害人体健康，腐蚀设备，预防爆炸风险
1.3	粉尘浓度	评估事故期或运营期粉尘污染，保障人员呼吸安全，避免设备磨损
1.4	温度	影响设备寿命及人员舒适度
2	选测项目	
2.1	空气密度与含氧量	避免人员缺氧，影响风机性能参数修正
2.2	风机性能参数	确保设备运行效率
2.3	通风效率指标	单位时间内隧道空气更换频率，评估通风系统设计合理性

7.3 监测方式

7.3.1 监测方式通常采用人工监测及自动监测方式。

7.3.2 普通隧道可采用人工检测；有毒有害气体工区除采用人工检测外，尚应建立自动监测报警系统进行有毒有害气体监测、检测。

7.3.3 自动监测报警系统应具备故障闭锁、瓦电闭锁和风电闭锁功能，断电状态、馈电状态监测和报警功能，实时监测有害气体浓度、上传监控数据的功能，并应符合本规范下列规定：

1 供电电源应取自被控开关的电源侧或者专用电源，严禁接在被控开关的负荷侧。

2 自动监测传感器应在开挖面附近、作业台车附近、局扇及电气开关附近回风流中以及其他有害气体易于积聚的区域设置，各监测断面处自动监测传感器悬挂位置应能反映风流中有害气体的最高浓度。

7.3.4 隧道施工应采取综合防尘措施，并应配备专用检测设备及仪器。隧道内存在矽尘的作业场作，每月应至少取样分析空气成分一次、测定粉尘浓度一次。

7.3.5 每班人工检测结果应与自动监测报警系统相应位置、时间的自动监测进行比对，两种方式相互验证，发现异常应及时查明原因。

7.4 监测要求

7.4.1 人工检测应配备专职人员，并配备相应气体测定器。

7.4.2 人工检测的巡检地点应包含下列地点：

- 1 开挖工作面及其他作业地点风流中。
- 2 爆破地点附近 20m 内风流中。
- 3 作业台车和作业机械附近 20m 内的风流中。
- 4 局扇及电气开关 20m 内风流中。
- 5 电动机及开关附近 20 m 内风流中。
- 6 有害气体易发生积聚处。
- 7 过煤层、断层破碎带、裂隙带及瓦斯异常涌出点。
- 8 隧道内可能产生火源的地点。
- 9 采用巷道式通风的回风流中。
- 10 其他通风盲区及通风薄弱区。

7.4.3 人工检测的检查频次应符合下列规定：

- 1 非瓦斯及微瓦斯工区每班至少 2 次。
- 2 其他有毒有害气体工区每班至少 3 次。
- 3 有煤与瓦斯突出危险的地段，瓦斯涌出量较大、变化异常的地段，应设专人经常检查。
- 4 停工后重新复工的工作面、发生隧道塌方的工作面，工作面应全面检查有害气体浓度。

7.4.4 自动监测设备根据需要安装各种气体监测传感器。适用传感器须经指定机构认定，并定期进行检校和标定。

7.4.5 监控设备发生故障时，应及时处理，应在 10min 内立即启动人工检测，且在故障处理期间按照人工检测相应要求开展工作，填写故障记录。

7.4.6 有害气体工区的瓦斯检测仪器、仪表的配备应符合下列规定：

- 1 高瓦斯工区、煤与瓦斯突出工区应同时配备低浓度光干涉式甲烷测定器和高浓度光干涉式甲烷测定器。
- 2 非瓦斯工区、微瓦斯工区、低瓦斯工区应配备低浓度光干涉式甲烷测定器。
- 3 当地层富含 H_2S 、 CO 、 N_2 、 NO_2 、 NH_3 等有害气体时，应配备相应的气体

测定器。

7.5 监测管理

7.5.1 人工监测人员必须执行巡回检查和现场交接班制度。

7.5.2 人工监测人员应按规定要求，做好监测记录并填写报表，及时向项目负责人报告监测结果。

7.5.3 监测过程要严格按照相关制度执行，不得空班漏检，不得虚报、假报数据。

7.5.4 自动监测由监控计算机直接进行数据处理，自动生成报表。

8 供电系统

8.1 一般规定

8.1.1 通风供电系统应确保其连续、稳定、安全运行，满足通风设备在各种工况下的用电需求，严禁因供电问题导致通风中断。

8.1.2 通风供电系统的设计、施工、验收和运行管理，应符合国家现行有关电气设计规范、施工质量验收标准及铁路工程相关安全规程的规定，并充分考虑隧道施工环境的特殊性。

8.1.3 通风供电系统应具备独立性和可靠性，其电源配置、线路敷设、设备选型等应与隧道内其他用电系统统筹规划，但必须优先保障通风设备的电力供应，避免与其他非重要负荷共用同一回路导致供电不稳定。

8.1.4 通风供电系统应采取有效的安全防护措施，包括但不限于过流保护、短路保护、漏电保护、接地保护、缺相保护等，防止电气设备故障引发安全事故，确保施工人员和设备安全。

8.1.5 通风供电系统应建立健全的运行管理制度和台账，定期对供电线路、设备进行检查、维护和测试，及时发现并排除隐患，确保系统始终处于良好工作状态。同时，应制定完善的应急预案，以应对突发停电等紧急情况。

8.2 供电组成及设备要求

8.2.1 供电系统主要由变压器、控制柜、电缆线、配电箱组成。

8.2.2 通风供电系统必须配备双电源线路，且独立于洞内其它供电系统。当不具备两回路电源条件采用单回路供电时，必须有备用电源，备用电源的容量应满足通风要求。备用电源可以采用发电机，但发电机组必须设置在洞外。

8.2.3 隧道内微瓦斯工区的电气设备可使用非防爆型，低瓦斯、高瓦斯工区及瓦斯突出工区的电气设备应使用防爆型。

8.2.4 瓦斯工区使用的电气设备应当按照 TB 10120《铁路瓦斯隧道技术规范》相关要求办理。

8.3 电气系统

8.3.1 瓦斯工区内瓦斯地层施工完成前，电气设备应按最高瓦斯工区类别配置；

当全部瓦斯地层施工完成后，后续的电气设备可按检测评定结果配置。

8.3.2 隧道施工监控线路与供电线路应分别架设，供电线路架设应遵循“高压在上，低压在下，干线在上，支线在下”的原则。110V 以下线路距地面不得小于 2m，380v 线路距地面不得小于 2.5m，6kv-10kv 线路距地面不得小于 3.5m。

8.3.3 瓦斯工区内使用的防爆电气设备，除日常检查外，尚应定期检查维护。

8.3.4 瓦斯工区内不得带电检修电气设备。

8.3.5 瓦斯工区电气设备使用应符合下列规定：

1 当不得不使用非防爆型光电测距仪及其他有电源的设备时，在仪器设备 20m 范围内瓦斯浓度应小于 1.0%。

2 应检查专用供电线路、专用变压器、专用开关、瓦斯浓度超限与供电的闭锁、风机与供电的闭锁等设备。

3 供电线路应无明接头、接头连接不紧密或散接头等失爆情况，应有齐全的漏电保护装置、接地装置、防护装置等，且电缆悬挂整齐。

4 瓦斯工区内使用的电气设备，除日常检查外，尚应按规定的周期进行检查。

8.3.6 瓦斯隧道内的配电变压器严禁中性点直接接地。严禁由洞外中性点直接接地的变压器或发电机直接向瓦斯隧道内供电。

8.3.7 凡容易碰到的、裸露的电气设备及其带动机械外露的传动和转动部分，都必须加装护罩或遮栏。

8.3.8 监理单位应对瓦斯隧道使用的电气设备和施工机械在其进洞前进行防爆合格证、煤矿安全标志的检查。在使用期间，除日常检查外，还应按规定的周期进行检查。

8.3.9 瓦斯隧道内的低压电气设备，严禁使用油断路器、带油的起动器和一次线圈为低压的油浸变压器。

8.3.10 瓦斯工区电气设备操作应遵守下列规定：

1 非专职人员不得擅自操作电气设备。

2 操作高压电气设备主回路时，操作人员必须戴绝缘手套，并穿电工绝缘靴或站在绝缘台上。

3 手持式电气设备的操作手柄和工作中必须接触的部分应有良好绝缘。

9 特殊情况施工通风

9.1 一般规定

9.1.1 瓦斯隧道及辅助坑道施工的任何工作面、通道不应存在通风盲区。施工组织设计中应编制全隧道和各工区的施工通风设计方案，并考虑各工区贯通后的风流调整和防爆要求。

9.1.2 瓦斯工区施工期间应建立通风检查、瓦斯检测及监测的组织系统和管理制度，测定气象、风速、风量、瓦斯浓度等参数。

9.1.3 瓦斯工区洞内最低风速不应小于 0.25m/s，防止瓦斯局部积聚的风速不宜小于 1m/s。

9.1.4 瓦斯隧道及辅助坑道调整通风方案或因故停风重启等情况，应根据瓦斯检测及监测结果进行安全评估后，方可恢复正常施工。

9.1.5 海拔 2000m 以上的隧道称为高海拔隧道。海拔超过 2800m 时就必须采用增氧通风方案，具体增浓度需要进一步计算。

9.1.6 高温热害隧道是指围岩原始温度过高或施工中各种热源发热量过高引起施工环境温度过高的隧道（28℃及以上），施工中会产生高温热害。必须通过降温措施控制作业环境温度，以保障人员健康和机电设备正常工作。

9.1.7 为减少高温隧道内作业人员受热害的时间，可采用四、六作业制，以保证作业人员的劳动效率和身体健康。在工作面附近设立休息室，配备清凉饮料和防暑降温药物，以应对作业人员的应急热害事故。

9.1.8 当隧道工程设计方案确定，无法避开高温或出现热害时，就必须采取降温措施加以改善。隧道降温的一般技术措施主要包括通风降温、隔热疏导、个体防护等，高温隧道热害严重还可以采用人工制冷降温措施，通过空气调节来改善隧道内气候条件。

9.2 有毒有害气体隧道

9.2.1 通风方式：

- 1 微瓦斯、低瓦斯工区的施工通风方式应采用压入式，也可采用巷道式。
- 2 高瓦斯、瓦斯突出工区可采用压入式或巷道式。当高瓦斯或瓦斯突出区段

距洞口大于 2000m 时应采用巷道式通风。

3 瓦斯工区施工中，对瓦斯易于积聚的空间和区域，可实施局部通风的方法，消除瓦斯积聚。

9.2.2 通风系统：

1 瓦斯隧道应根据各工区通风方式合理布置通风系统，根据需风量要求合理选择风机及风管等通风设备。瓦斯工区需风量应符合下列要求：

1) 瓦斯工区施工通风需风量应按照同时工作的最多人数、最小风速、爆破排烟、洞内作业机械及绝对瓦斯涌出量分别计算，取其最大值。

2) 独头坑道绝对瓦斯涌出量计算可按式（9.2.2）确定。

$$Q_{\text{绝}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (9.2.2)$$

式中 Q_1 ——开挖工作面爆落煤块瓦斯涌出量(m^3/min)；

Q_2 ——新暴露煤壁瓦斯涌出量(m^3/min)；

Q_3 ——喷混凝土地段洞壁瓦斯逸出量(m^3/min)。

3) 高海拔地区瓦斯隧道总需风量应根据大气压力进行修正。

4) 瓦斯工区作业人员及内燃作业机械需风量标准应满足下列规定：

①作业人员需风量不小于 $4\text{m}^3/(\text{min}\cdot\text{人})$ 。

②作业机械需风量不小于 $4\text{m}^3/(\text{min}\cdot\text{kW})$ 。

5) 瓦斯工区各处允许浓度应符合下列要求：

①采用压入式通风的瓦斯工区，应将洞内各处的瓦斯浓度稀释到 0.5% 以下。

②采用巷道式通风的瓦斯工区，应将开挖工作面及回风巷道风流中的瓦斯浓度稀释到 0.5% 以下。当平导仅作巷道式通风的回风道时，其瓦斯浓度应小于 0.75%。

2 瓦斯隧道施工通风布置应考虑洞口自然风作用，必要时采取设置气动风机等防反风措施。

3 瓦斯隧道各开挖工作面必须采用独立通风，严禁任何两个工作面之间串联通风。

4 采用巷道式通风的瓦斯工区，除用作回风的横通道外，其他横通道应及时妥善封闭，并符合下列要求：

1) 留作运输用的横通道应设两道风门，防止风流短路。

2) 施工不再用的横通道，若运营期间予以利用，在施工期间需设置至少一道风门，并加强瓦斯检测、加强通风；若运营期间不予利用，应永久性封堵。

5 瓦斯突出工区采用巷道式通风时，在揭煤工作面进风巷必须设置至少两道反向风门。风门之间的距离不得小于 4m，风门距回风巷不得小于 10m，与开挖工作面的距离不得小于 70m。

6 瓦斯隧道两工区贯通前必须遵循下列规定：

1) 两工区开挖工作面相距不小于 50m 时，必须停止其中的非瓦斯或瓦斯等级低的工区工作面作业，做好调整通风系统的准备工作。

2) 停止作业的工作面必须保持正常通风。

3) 当贯通两工区均为瓦斯工区时，掘进的工作面每次爆破前必须派专职瓦检员到停止作业的工作面检查瓦斯浓度，瓦斯浓度超限时，应停止爆破作业，及时处理。

7 瓦斯隧道各工区贯通后，必须调整通风系统，待通风系统风流稳定、瓦斯浓度满足安全要求后，方可恢复施工。

8 瓦斯隧道必须制定主要通风机停止运转的应急预案。因检修、停电或者其他原因停止主要通风机运转时，必须立即停止工作、切断电源，将洞内人员全部撤出，并制定停风和恢复正常通风的措施。

9 瓦斯工区使用局部通风机通风的工作面，因检修、设备故障、停电等原因导致局部通风机停风时，必须撤出人员，切断电源，设置栅栏、警示标志，禁止人员入内。恢复通风前，必须由瓦检员检查瓦斯浓度，并符合下列规定：

1) 当停风区内瓦斯浓度不超过 1.0%、且在局部通风机及其开关地点附近 20m 以内风流中的瓦斯浓度均不超过 0.5%时，方可人工启动局部通风机。

2) 当停风区中瓦斯浓度超过 1.0%，必须制定排除瓦斯的安全措施。只有经检查证实停风区中瓦斯浓度不超过 1%时，方可人工恢复局部通风机供风的坑道中电气设备的供电。

9.2.3 通风设备：

1 瓦斯工区通风设备应遵循下列规定：

1) 瓦斯工区的通风机应设两路电源，并应装设风电闭锁装置。当采用备用电源供电时应保证风机在 10min 内可靠启动和运行。

2) 瓦斯工区必须配备一套同等性能的备用通风机, 并保持良好的使用状态, 且能在 10min 内启动。

3) 高瓦斯及瓦斯突出工区的洞内通风机, 均应配备专用变压器、专用开关专用线路供电风电闭锁、瓦电闭锁装置。当通风机停止运转或开挖巷道内瓦斯超限时, 应立即自动切断通风机供风区段的一切电源。

4) 风管应采用抗静电、阻燃的风管, 百米平均漏风率不宜大于 1%, 宜采用大直径风管。

2 主要通风机必须装设在洞外或洞内新鲜风流中, 避免污风循环。洞内风机应采用防爆型。

3 通风管布置应遵循下列规定:

1) 通风管的节长尽量加大, 以减少接头数量, 接头应严密。弯管平面轴线的弯曲半径不得小于通风管直径的 3 倍。

2) 通风管路安装完成后应调整至整个风路平、直、无扭曲和褶皱。

3) 压入通风管靠近工作面的距离可根据具体情况确定, 且必须满足下列要求:

①开挖工作面附近风速及瓦斯浓度必须满足安全要求。

②风管出风口距工作面的距离不大于 15m。

4 瓦斯工区施工通风设备设施管理应符合下列规定:

1) 主要通风机和局部通风机必须指定专职人员负责、挂牌管理。当工作通风机需要停运时, 必须先启动备用通风机, 严禁出现先停后启动或主、备通风机均停止运行的情况。

2) 应定期对风管等通风设施进行检查, 并指定专人进行维修和保养。

3) 瓦斯隧道内外均应设置测风牌板。

4) 通风管理人员至少每月检查 1 次主要通风机, 每 15 天至少进行次风电闭锁和瓦电闭锁试验, 每天应当进行一次正常工作的局部通风机与备用局部通风机自动切换试验, 发现问题应及时处理。试验记录要存档备查。

9.2.4 瓦斯检测和监测:

1 瓦斯工区必须建立瓦斯、二氧化碳等有害气体的检测及监测管理体系。

2 微瓦斯工区可采用人工检测, 其他瓦斯工区除采用人工检测外, 尚应建立瓦斯自动监测报警系统进行瓦斯监测、检测。

3 人工检测应配备专职瓦检员，专职瓦检员必须携带便携式光学甲烷检测仪和便携式甲烷检测报警仪，其他进洞技术及管理人员应配备便携式甲烷检测报警仪。

9.2.5 瓦斯自动监测报警系统应具备故障闭锁、瓦电闭锁和风电闭锁功能、断电状态、馈电状态监测和报警功能，实时监测瓦斯浓度、上传监控数据的功能，并应符合下列规定：

1 供电电源应取自被控开关的电源侧或者专用电源，严禁接在被控开关的负荷侧。

2 自动监测传感器应在开挖面附近、作业台车附近、局扇及电气开关附近、回风流中以及其他瓦斯易于积聚的区域设置，各监测断面处自动监测传感器悬挂位置应能反映风流中瓦斯的最高浓度。

9.2.6 隧道内施工瓦斯浓度限值及超限处理措施应符合表 9.2.6 的规定。

表 9.2.6 隧道内施工瓦斯浓度限值及超限处理措施

序号	地点	限值	超限处理措施
1	瓦斯工区任意处	0.5%	超限 20m 范围内立即停工、查明原因、加强通风监测
2	局部瓦斯聚集（体积大于 0.5m ³ ）	2.0%	超限处附近 20m 停工、断电、撤人、进行处理、加强通风
3	开挖工作面及其他作业地点风流中	1.0%	停止电钻钻孔
		1.5%	必须停止工作，撤人、切断电源、查明原因、加强通风
4	回风巷或工作面回风流中	1.0%	停工、撤人、处理
5	放炮地点附近 20m 风流中	1.0%	严禁装药放炮
6	煤层放炮后工作面回风流	1.0%	继续通风，不得进入
7	局扇及电气开关 20m 范围内	0.5%	停机、通风、处理
8	电动机及开关附近 20m 范围内	1.5%	必须停止工作，切断电源、撤人、进行处理
9	竣工后洞内任何处	0.5%	查明渗漏点，进行整治

9.2.7 安全监控设备应定期进行调校、测试，瓦斯检测设备及仪器、仪表应按要求定期进行标定，调校、维护工作应由专职人员负责。

9.2.8 安全监控设备发生故障时，应及时处理，在故障处理期间必须采用人工检测等安全措施，并填写故障记录。

9.3 高海拔隧道

9.3.1 通风方式：

1 高海拔隧道施工通风方式可以根据现场条件，选用第 5 章介绍的各种通风

方式。一般情况下，高海拔隧道施工通风中应首先选用送风式的通风方式。

2 高海拔地表气温低，自然风压较大，在选择通风机安装位置及进出风口的位置时，应将通风机或进风口布置在背阴处，通风机的风流方向与自然风流方向在全年绝大多数时间内应一致。

9.3.2 通风量计算（修正）：

1 高海拔隧道施工通风的需风量计算方法参见第 4 章，与一般隧道施工通风的需风量计算没有区别，只是计算结果需要进行修正。

2 人员需风量修正。高海拔隧道施工中，隧道内每人供应新鲜空气量为 $4\text{m}^3/\text{min}$ ，并考虑一定的备用系数，则按工作人数修正风量按式（9.3.2-1）确定。

$$Q = 4KN \quad (9.3.2-1)$$

式中 Q ——隧道内工作人员呼吸所需总风量（ m^3/min ）；

N ——隧道内最多工作人员数量；

K ——备用系数（当洞、井位于海拔 1000m 以上时， K 取 1.3~1.5。）。

3 按炸药用量修正。在高原隧道环境下，炮烟体积膨胀，此时产生的有害气体体积增加了 $\frac{1}{K_y}$ 倍。根据洛宁公式此时需风量按式（9.3.2-2）计算。

$$Q_z = \frac{1}{\sqrt[3]{K_y}} Q_d \quad (9.3.2-2)$$

式中 Q_z ——高海拔隧道施工爆破排烟所需总风量（ m^3/min ）；

$\frac{1}{\sqrt[3]{K_y}}$ ——按炸药用量计算风量的修正系数（修正系数见表 9.3.2）；

Q_d ——普通平原地区所需风量。

表 9.3.2 爆破散烟所需通风量高程修正系数

海拔高程 m	修正系数	海拔高程 m	修正系数	海拔高程 m	修正系数
0	1.00	2500	0.76	4500	0.62
1000	0.90	3000	0.72	5000	0.58
1500	0.85	3500	0.69	/	
2000	0.81	4000	0.65	/	

4 按排尘修正风量。按排尘计算风量时不考虑高海拔修正。

5 按稀释和排出内燃设备废气修正风量。使用柴油机械通风量高程修正系数取 1.20~3.90。

9.3.3 通风阻力：

通风管路的风阻 R 与管路摩擦阻力系数 a 、管路长度 L 、管路四周 U 成正

比，与管路断面积 S 成反比。由于摩擦阻力系数 a 与空气密度 p 成正比，则风阻 R 与空气密度 p 也成正比。因此高原隧道中风阻应按式（9.3.3-1）或（9.3.3-2）校正：

$$R_Z = R_0 \frac{\rho_Z}{\rho_0} \quad (9.3.3-1)$$

或
$$R_Z = K_Z R_0 \quad (9.3.3-2)$$

式中 R_Z ——高海拔环境下风阻（ $N \cdot S^2/m^3$ ）；

R_0 ——普通平原地区所需风量（ $N \cdot S^2/m^3$ ）。

9.3.4 通风机工况：

1 风机风量。轴流风机运转时的风量按式（9.3.4-1）计算确定：

$$Q_0 = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) c_a \quad (9.3.4-1)$$

式中 D 、 d ——动轮外直径与轮毂直径（ m ）；

c_a ——出口处气流绝对速度在轴向的分速度（ m/s ）。

2 风机风压。轴流风机运转时的风压按式（9.3.4-2）计算确定：

$$H_t = \rho u c_u \quad (9.3.4-2)$$

式中 u ——风机工作轮外圆周速度（ m/s ）；

c_u ——出口处气流绝对速度在圆周速度方向的分速度（ m/s ）。

9.3.5 增氧通风系统：

1 等效海拔高度含氧量计算公式如（9.3.5）。

$$n = 0.01464 \left(\frac{h}{100} \right)^2 - 3.5272 \frac{h}{100} + 301.7 \quad (9.3.5)$$

式中 n ——氧气含量（ g/m^3 ）；

h ——等效海拔高度（ m ）。

2 制氧方法。目前主要的制氧方法有深冷法、变压吸附法、化学法、水电解法、薄膜法等，结合隧道工程的实际条件来看，隧道施工增氧通风宜使用变压吸附法。

3 在高原隧道工程过程中，除增氧通风外，也可采用其他措施，主要有氧气瓶/袋、呼吸器和氧吧等。

9.4 高地温隧道

9.4.1 隧道内主要热源及其散热量计算：

1 围岩原始温度的测算。围岩原始温度是指隧道周围未被通风冷却的原始岩层温度，可按式（9.4.1-1）进行确定。

$$t = t_0 + G(Z - Z_0) \quad (9.4.1-1)$$

式中 t_0 ——恒温带处岩层温度（℃）；

G ——地温梯度，即地层温度随深度变化率（℃/m），常用百米地温梯度，即℃/100m；

Z ——岩层深度（m）；

Z_0 ——恒温带深度（m）。

2 围岩与风流间传热量可按式（9.4.1-2）进行计算。

$$Q_r = K_r UL(t_{rm} - t) \quad (9.4.1-2)$$

式中 Q_r ——隧道围岩传热量（kW）；

K_r ——围岩与风流间的不稳定换热系数[kW/(m²·℃)]；（指隧道围岩深部未被冷却的岩体与空气间温差为1℃时，单位时间内从单位面积巷道壁面上向空气放出(或吸收)的热量。）

U ——隧道周长（m）；

L ——隧道长度（m）；

t_{rm} ——平均原始岩温（℃）；

t ——隧道中平均风温（℃）；

3 电动设备放热量一般可按式（9.4.1-3）计算。

$$Q_e = K_e N \quad (9.4.1-3)$$

式中 Q_e ——电动设备放热量（kW）；

K_e ——电动备放热系数；

N ——电动设备的额定功率（kW）。

4 矿物及其他有机物的氧化放热量可按式（9.4.1-4）进行计算。

$$Q_0 = q_0 v^{0.8} UL \quad (9.4.1-4)$$

式中 Q_0 ——氧化放热量（kW）；

q_0 —— $v=1\text{m/s}$ 时单位面积氧化放热量(kW/m²)，在无实测资料时，可取 $(3\sim 4.6) \times 10^{-3}\text{kW/m}^2$ ；

v ——巷道中的平均风速（m/s）。

其余符号意义同前。

5 人员放热量可按式 (9.4.1-5) 进行计算。

$$Q_{w0} = nq \quad (9.4.1-5)$$

式中 Q_{w0} ——人员放热量 (kW)；

n ——工作面总人数；

q ——每人发热量，一般参考以下数据取值，静止状态时取 0.09~0.12kW，轻度体力劳动时取 0.2kW，中等体力劳动时取 0.275kW，繁重体力劳动时取 0.47kW。

6 当采用盖水沟或管道排水时，其传热量可按式 (9.4.1-6) 进行计算。

$$Q_w = K_w S(t_w - t) \quad (9.4.1-6)$$

式中 Q_{w0} ——热水传热量 (kW)；

K_w ——水沟盖板或管道的传热系数[kW/(m²·°C)]；

S ——水与空气间的传热面积(m²)；

t_w ——水沟或管道中水的平均温度(°C)；

t ——隧道中风流的平均温度(°C)。

水沟盖板的传热系数可按式 (9.4.1-7) 确定：

$$K_w = 1 / \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \right) \quad (9.4.1-7)$$

管道传热系数可按式 (9.4.1-8) 确定：

$$K_w = 1 / \left(\frac{d_2}{\alpha_1 d_1} + \frac{d_2}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2} \right) \quad (9.4.1-8)$$

式中 α_1 ——水与水沟盖板或管道内壁的对流换热系数[kW/(m²·°C)]；

α_2 ——水沟盖板或管道外壁与巷道空气的对流换热系数[kW/(m²·°C)]；

δ ——盖板厚度(m)；

λ ——盖板或管壁材料的导热系数[kW/(m·°C)]；

d_1 ——管道内径(m)；

d_2 ——管道外径(m)。

水沟排水的传热面积按式 (9.4.1-9) 计算：

$$S = B_w L \quad (9.4.1-9)$$

式中 B_w ——水沟宽度 (m)；

L ——水沟长度 (m)。

管道排水的传热面积按式（9.4.1-10）进行计算：

$$S = \pi d_2 L \quad (9.4.1-10)$$

9.4.2 隧道风流温度计算：

1 通风机出口温度可按式（9.4.2-1）进行计算。

$$t_2 = t_1 + K_B \frac{N_e}{M_B} \quad (9.4.2-1)$$

式中 M_B ——通风机的风量(kg/s)；

t_1 ——通风机前入口处风流温度（℃）；

K_B ——通风机放热系数，可取 0.55~0.7；

N_e ——通风机额定功率(kW)；

2 通风管出口风温可按式（9.4.2-2）进行计算。

$$t_3 = \frac{2N}{1+N} t_b + \frac{1-N}{1+N} t_2 \quad (9.4.2-2)$$

其中

$$N = \frac{K_T F_T}{2M_m c_p} \quad (9.4.2-3)$$

式中 M_m ——通风管内的平均风量(kg/s)；

K_T ——通风管的传热系数[kW/(m²·℃)]；

c_p ——空气的定压比热容[kJ/(kg·℃)]；

F_T ——通风管的传热面积（m²）；

t_b ——隧道内平均风温（℃）。

3 开挖面风温可按式（9.4.2-4）进行计算。

$$t_4 = \frac{R_2}{R_1} t_3 + \frac{\Pi}{R_1} \quad (9.4.2-4)$$

其中：

$$R_1 = 1 + M + A\phi_4 n \quad (9.4.2-5)$$

$$R_2 = 1 - M + A\phi_3 n \quad (9.4.2-6)$$

$$\Pi = Am(\phi_3 - \phi_4) + 2Mt_{gu} + \frac{\sum Q_3}{M_3 c_p} \quad (9.4.2-7)$$

$$M = \frac{K_{\tau 3} F_3}{2M_3 c_p} \quad (9.4.2-8)$$

$$A = \frac{\gamma}{c_p} K_B \quad (9.4.2-9)$$

式中 M_3 ——通风管出口风量(kg/s);

γ ——水的气化潜热, 2501kJ/kg;

$K_{\tau 3}$ ——开挖面区域的不稳定换热系数[kW/(m²·°C)];

F_3 ——开挖面区域的散热面积(m²);

t_{gu} ——围岩温度(°C);

ΣQ_3 ——开挖面热源放热量之和 (kW) ;

ϕ_3 、 ϕ_4 ——通风管出口处风流、开挖面处风流相对湿度(%);

K_B ——气压修正系数;

m 、 n ——常数, 可由表 9.4.2 查出;

其他符号意义同前。

表 9.4.2 常系数 m 、 n 值表

气温 °C	10~20	15~24	20~30	25~35	30~40	35~45	40~50
m	0.56	-4.17	-11.16	-22.26	-37.60	-64.92	-103.56
n	0.707	0.943	1.249	1.635	2.160	2.849	3.746

4 隧道出口风温可按式 (9.4.2-10) 进行计算。

$$t_5 = \frac{A_b}{A_a} t_4 + \frac{N}{A_a} (t_2 + t_3) + \frac{A_c}{A_a} \quad (9.4.2-10)$$

其中:

$$A_a = 1 + N + \frac{E}{2} + A\phi_5 n \quad (9.4.2-11)$$

$$A_b = 1 - N - \frac{E}{2} + A\phi_4 n \quad (9.4.2-12)$$

$$A_c = Am(\phi_4 - \phi_5) + Et_{gu} + \frac{\Sigma Q_3}{M_m c_p} \quad (9.4.2-13)$$

$$N = \frac{K_T F_T}{2M_m c_p} \quad (9.4.2-14)$$

$$E = \frac{K_{\tau B} F_B}{M_m c_p} \quad (9.4.2-15)$$

式中 $K_{\tau B}$ ——隧道的不稳定换热系数[kW/(m²·°C)];

F_B ——隧道内的散热面积(m²);

ϕ_5 ——挖面处风流相对湿度(%);

其他符号意义同前。

9.4.3 隧道降温的技术措施:

1 冰降温时需冰量确定按式计算。

$$G_i = \frac{Q}{c_w t_w + L_i - c_i t_i} \quad (9.4.3-1)$$

其中: $Q = (1.1 \sim 1.2) \left[\sum Q_z + G_a (i_1 - i_0) \right] \quad (9.4.3-2)$

式中 G_i ——需冰量(kg/s);

Q ——降温总冷负荷(kW);

c_w ——水的比热[kJ/(kg·K)];

t_w ——水温(°C);

L_i ——冰的融解热(kJ/kg);

c_i ——冰的比热[kJ/(kg·K)];

t_i ——冰温(°C);

Q_z ——需冷点热源总散热量(kW);

G_a ——通过需冷点的风量(kg/s);

i_1 ——需冷点风流焓值(kJ/kg);

i_0 ——需冷点降温目标对应的风流含值(kJ/kg)。

2 使用冰降温对开挖工作面降温可采用冰块直接降温、冰水喷淋降温等方式。

3 隔热疏导, 即采取各种有效措施将隧道内热源与风流隔离开来, 或将热源直接引出隧道, 避免热源对风流的直接加热, 从而达到降温的目的。隔热疏导的措施主要有: 围岩隔热、管道和水沟隔热、发热量大的大型机电设备独立供风。

4 个体防护。作业人员穿戴高温防护服, 与周围的高温环境隔离开来。

5 当采取通风降温、冰降温、隔热疏导、个体防护等一般降温技术措施不能有效地解决工作面的高温问题时, 必须采用空气调节的人工制冷技术降温, 改善隧道内气候条件, 使之达到作业环境要求。

10 机械开挖隧道施工通风

10.1 一般规定

10.1.1 应根据开挖机械设备状况、地质条件、施工方法、进度和隧道掘进长度等条件，选用适当的通风方式和通风设备。

10.1.2 隧道施工过程中应适时监测工作面附近风量、含氧量、温度、粉尘、有害气体浓度等反映通风效果的指标，及时调整通风风量和通风方案。

10.1.3 隧道内通风应满足各施工工作面需要的最大风量，风量应按每人每分钟供应新鲜空气 3m^3 计算，风速为 0.25m/s 。

10.1.4 隧道施工应采用机械通风，当主风机满足不了需要时，应设置局部通风系统。

10.1.5 通风管径应经计算确定。风管安装与接续应符合下列规定：

- 1 管路应直顺，接头严密。弯管半径不应小于风管直径的 3 倍；
- 2 风管宜安装在电缆线相对一侧，且不应妨碍交通和运输；
- 3 风管的风口距工作面的距离：压入式不宜大于 15m ，排出式不宜大于 5m ；
- 4 混合式通风，两组管路接续交错距离为 $20\text{m}\sim 30\text{m}$ 。排出式管出风口应置于主风流循环的回风流中。

10.1.6 通风过程中，应定期测试风量、风速、风压。发现风管风门破损、漏风应及时更换或修理。

10.1.7 长大隧道应综合考虑开挖机械与隧道洞口的距离（风管风阻、漏风率）、横通道（竖井）、施工环境（瓦斯、地热、海拔）等因素分阶段制定通风方案。

10.1.8 存在有害气体地段施工中应加强通风换气，必要时可采取提前排放等措施。

10.1.9 在存在瓦斯等易燃易爆气体地段施工时，通风设备应满足防爆要求。

10.1.10 通风机运转中，必要时应采取消声措施。

10.2 TBM 隧道

10.2.1 通风方式应综合考虑主通风系统和后配套通风系统选取。

10.2.2 掘进工作面需要的风量为主通风系统和后配套通风系统需风量之和，且

应考虑除尘、设备自发热和地温。

10.2.3 应配备储风管仓，前与掘进工作面通风衔接，后连接主通风系统风管，可以随推进自行延伸。储风管风管储存长度不宜小于 200m，并配备升降装置。

10.2.4 除尘器前的除尘风管应便于清理。

10.3 盾构隧道

10.3.1 掘进工作面需要的风量应考虑设备自发热和地温。

10.3.2 应配备二次通风系统，后配套拖车尾端的回风速度不应小于 0.3m/s。

10.3.3 开仓作业期间应保持开挖面和开挖仓通风换气，通风换气应减小气压波动范围。

10.3.4 作为盾构机应急电源的内燃机应配备适当的通风设备。

11 隧道施工通风管理

11.1 一般规定

11.1.1 隧道施工通风管理应按照专业化原则，设置管理机构，技术人员、通风工人和监测人员等均要专业化，作业前应严格执行作业人员的安全技术交底制度。

11.1.2 隧道通风方案实施以后，通风技术人员应尽快对通风系统进行测试，检查方案的实施情况，并对设计方案进行评价和修正。

11.1.3 隧道通风方案的阶段调整应根据现场具体情况做好过渡方案，调整时间宜控制在 3 天以内，且不能影响期间的正常施工。

11.2 设备管理

11.2.1 隧道通风设备管理主要包括风管的安装与拆卸、维护更换和修补、风机等的管理。

11.2.2 隧道风管的安装位置和管路出风口到工作面的距离应按照方案实施细则要求进行，安拆作业应避开工作面需供风时间段；在延长通风管路时，新风管在宜中间、末端风管向前移动。

11.2.3 隧道风管应按照方案实施细则定期进行巡检，主要检查风管破损情况、接头拉链是否损坏以及吊挂是否牢固等，并及时维护或者更换。

11.2.4 隧道主要通风机和局部通风机必须指定专职人员负责、挂牌管理，风机开关和运行应由风机司机负责，并根据安拆组的通知信号开关风机。

11.2.5 施工阶段应对风机、风管等通风设施进行定期检查，指定专人进行维修和保养，并针对其运行状况、维修保养应做好记录；局部通风机运转超过 6 个月宜出洞检修。

11.2.6 瓦斯隧道通风设备管理应符合下列规定：

1 隧道通风机需要停运时，必须先启动备用通风机，严禁出现先停后启动或主、备通风机均停止运行的情况。

2 瓦斯隧道内外均应设置测风牌板。

3 通风管理人员至少每月检查 1 次主要通风机，每 15 天至少进行一次风电

闭锁和瓦斯电闭锁试验，每天应当进行一次正常工作的局部通风机与备用局部通风机自动切换试验，发现问题应及时处理。试验记录要存档备查。

11.3 人员管理

11.3.1 隧道施工通风管理机构人员配置应满足施工要求，宜设置通风负责人、技术组、风管安拆组、作业环境监测组、风机司机、风管修补工、风机维修工等相关岗位。

11.3.2 所有人员应先进行通风安全技术培训，考试合格后方可上岗。电工、瓦检员应经过专业机构培训，取证后上岗。

11.3.3 隧道风管安拆组、作业环境监测组和风机司机宜采用三班轮换、洞内交接班制度；风管修补工和风机维修工应结合现场采取交接班制度。

11.3.4 瓦斯隧道应设置专职通风管理员，测定气象、瓦斯浓度、风速、风量等参数。

11.3.5 所有进入瓦斯工区的人员应按要求穿戴防静电工作服，确保服装整洁且袖口、领口、下摆扎紧，避免袒露肌肤或卷起裤腿；如在高瓦斯工区、瓦斯突出工区，防静电服应与防静电鞋、导电鞋袜组成接地系统协同使用，禁止在作业区域穿脱或佩戴金属物品。

11.4 安全管理

11.4.1 隧道施工通风监测分为自动监测系统和人工监测系统，瓦斯隧道必须采用自动监测系统，非瓦斯隧道宜采用自动监测系统，以实现隧道施工环境的自动监测，保证施工安全。

11.4.2 施工阶段应针对风机烧坏、风管爆裂或划破、风管拉链断开、管路掉落和检测系统故障等紧急情况，制定相应的应急处理预案和安全措施。

11.4.3 瓦斯隧道因检修、设备故障、停电等原因停工停风时，必须撤出所有人员，切断电源，设置警示标志，禁止人、车辆进入隧道。施工通风应符合下列规定：

1 复工恢复通风前，应首先由瓦检员检查瓦斯，重点检测瓦斯易积聚且风流不易到达的地方。

2 当停风区内瓦斯浓度不超过 1.0%，且在局部通风机及其开关地点附近 10m 以内风流中的瓦斯浓度均不超过 0.5% 时，方可人工启动局部通风机。

3 当停风区中瓦斯浓度超过 1.0% 但不超过 3.0% 时，应采取安全措施，控制风流排放瓦斯。

4 当停风区中瓦斯浓度超过 3.0% 时，应制定安全排瓦斯措施，由救护队组织实施。

5 当回风流中瓦斯浓度小于 1%、二氧化碳浓度小于 1.5%，方可解除警戒，恢复作业。

11.4.4 煤与瓦斯突出工区应编制揭煤专项方案，揭煤施工通风安全管理应符合下列规定：

1 爆破 30min 后应由救护队员佩戴防毒面具或自救器到开挖工作面，对爆破效果、瓦斯浓度等进行检查，确认安全后通知送电，开动局部通风机。

2 恢复正常通风 30min 后由瓦检员检测开挖工作面、回风道瓦斯浓度，在瓦斯浓度小于 1%、二氧化碳浓度小于 1.5% 后，方可通知施工人员进洞。

3 揭煤时，主风机正常运转，备用主风机及二路电源应保持待启动状态。

附录 A 隧道风管漏风系数、管道风阻

A.0.1 隧道风管的百米标准风阻和管道风阻应符合表 A.0.1、表 A.0.2 的规定。

表 A.0.1 正压风管的通风性能

风管公称直径 mm	百米标准风阻 N. s ³ /m ⁸	百米漏风率%	耐风压试验压力 Pa
300	≤811.0	≤1.0	≥5000
400	≤196.0		
450	≤122.0		
500	≤54.0		
600	≤24.0		
700	≤12.0		≥8000
800	≤6.0		
900	≤4.0		
1000	≤2.0		≥10000
1200			
1400			
1600			
1800	≤1.0		≥10000
2000			

表 A.0.2 负压风管的通风性能

风管公称直径 mm	百米标准风阻 N. s ³ /m ⁸	百米漏风率%	耐负压性试验负压 Pa		风管直径收缩率%	
			公称节距		公称节距	
			100mm	150mm	100mm	150mm
300	≤1728.0	≤4.0	≥5000	≥4500	≤3	≤5
400	≤410.0					
500	≤134.0					
600	≤54.0		≥4000	≥3500		
700	≤24.0					
800	≤13.0			—		
1000	≤4.0					
1200	≤1.5					

本标准用词说明

为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1. 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

2. 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

3. 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。

4. 表示允许有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

中国工程建设标准化协会标准

铁路隧道施工通风技术规程

T/CECS XXX—20XX

条 文 说 明

制 定 说 明

《铁路隧道施工通风技术规程》T/CECS XXX；20XX，经中国工程建设标准化协会××年××月××日以第××号公告批准发布。

本规程编制过程中，编制组进行了广泛而深入的调查研究，总结了铁路隧道施工通风的基本规定、通风系统与设计、设备设施及供电系统设置、监测监控、特殊情况隧道施工通风、机械开挖隧道施工通风、施工通风管理所需工作，为提高施工通风技术，完善通风管理，保障隧道工程质量和施工安全提供参考。

为便于扩大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定，《铁路隧道施工通风技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程中的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需要注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与规程正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。

4 施工通风计算

4.3.1 需风量计算

根据 TB 10003-2016《铁路隧道设计规范》，一般按照隧道内最多作业人员数量、排除炮烟至容许浓度、按设备废气排放量和最低允许风速四个方面进行分析研究，每个方面根据通风方式的不同（压入式、吸出式、混合式等）综合考虑计算方法，取四种计算风量的最大值作为隧道掌子面的最小供风量。同时考虑粉尘浓度、瓦斯涌出量、地热和高寒等需风量计算。

（1）洞室内施工作业人员所需风量

铁道部 2020 年 3 月发布的 TB 10304-2020《铁路隧道工程施工安全技术规程》和交通部最新发布的 JTG/T 3660-2020《公路隧道施工技术规范》均规定，隧道施工过程中保证每人供应新鲜空气不小于 $3\text{m}^3/\text{min}$ ，则：

$$Q = 3NK$$

式中： Q —工作面风量， m^3/min ；

K —风量备用系数，取 1.1~1.15

N —隧道内最多人数。

（2）地下洞室内爆破排烟所需风量

按排出炮烟计算风量的公式很多，基本上都沿用矿山地下掘进的计算公式，这些公式虽然都有其理论基础，但是由于实际情况复杂、影响因素众多，公式中不可避免地带有各种系数，而且系数的变动幅度很大，使得这些公式仍然带有经验公式的特点，在应用这些公式的时候要充分估计到这一点，考虑到这些公式的局限性，并在实践中予以修正。根据对秦岭隧道Ⅱ线平导、长梁山隧道进口段以及几个单线隧道通风系统设计和现场观测结果分析，验证了下面所介绍的公式可作为掘进通风设计的依据。

$$Q = \frac{9.824}{t} \sqrt[3]{\frac{Gb(Al_o)^2}{P_q^2 C_a}}$$

式中： Q —工作面风量， m^3/min ；

t —通风时间， min ；

G —同时爆破的炸药量， kg ；

b —每千克炸药产生的 CO 当量， L/kg ；

A—掘进隧道开挖的断面积, m^2 ;

l_0 —通风区段的长度, m ;

P_q —通风区段内风管始末端风量之比;

C_a —要求达到的 CO 浓度, ppm。

(3) 稀释洞内施工机械排出废气所需风量

使用内燃机动力设备时, 隧道的通风量应足够将设备所排出的废气全部稀释和排出, 使隧道内各主要作业地点空气中有毒、有害气体的浓度降至允许浓度以下。通风量的计算方法有安全稀释法、复合危害计算法、柴油机额定功率系数法等。从理论上讲, 复合危害计算法最科学, 但它要求对柴油机各种工况下污染物排放量都事先了解, 因而很难采用。目前用得较多的仍是按柴油机额定功率系数法计算。下面介绍该方法。

无轨运输施工的通风风量直接与内燃机械数量和装机功率有关。无论采用何种计算方法, 首先应较准确地计算一个作业循环中洞内同时作业的出渣车辆台数。

洞内同时作业的出渣车辆台数:

$$n_i = \frac{120 \cdot L}{\Delta t \cdot v} + 1$$

式中:L—洞内运输距离, km ;

Δt —时间间隔, min ;

v —运输车辆平均速度, km/h 。

若每循环石渣的松方数量为 V , 每车装运松方量 V_c , 则每个循环装车总数为:

$$n_0 = \frac{V}{V_c}, \text{ 当 } n_0 \leq n_i, \text{ 取 } n_0 = n_i。$$

根据 TB 10304-2020 《铁路隧道工程施工安全技术规程》规定, 稀释内燃设备废气所需的总风量为:

$$Q = 3 \cdot \sum_{i=1} N_i$$

式中:Q—工作面所需风量, m^3/min ;

N_i —每种内燃设备的额定功率, kW ;

$\sum_{i=1} N_i$ —洞内内燃设备的总功率, kW 。

(4) 洞内最小风速需风量

TB 10304-2020《铁路隧道工程施工安全技术规程》规定，隧道全断面开挖时的通风风速不应小于 0.15m/s，辅助开挖的坑道中通风风速不应小于 0.25m/s。2022 年新版《煤矿安全规程》（中华人民共和国应急管理部应急管理部令第 8 号）规定：掘进中的煤巷允许最低风速为 0.25m/s，掘进中的岩巷的最低允许风速为 0.15m/s。则工作面风量：

$$Q = vA$$

式中：Q—工作面风量，m³/min；

v—允许最低风速，m/s；

A—开挖断面积，m²。

（5）瓦斯涌出量下需风量

若工作面有瓦斯涌出，必须供给工作面充足的风量，冲淡、排出瓦斯，保证瓦斯浓度在 0.5%以下。即：

$$Q = \frac{Q_{CH_4}}{B_g - B_{g0}} \cdot K$$

式中：Q—工作面风量，m³/min；

Q_{CH_4} —工作面瓦斯涌出量，m³/min；

B_g —工作面允许瓦斯浓度，取 0.5%；

B_{g0} —送入工作面风流的瓦斯浓度；

K—瓦斯涌出不均匀系数，K=1.5~2。

4.3.2 管道漏风率计算

隧道施工中，通常采用管道将污风排出隧道，并将新鲜空气传送至掌子面位置，以此来保障良好的施工作业环境，但风管接头处的压差和管道材料的好坏都会导致出现漏风现象，因此管道漏风成为了施工通风关注的重点问题。我国通常以漏风率的大小来确定风机供风量和管道质量好坏，目前常用的公式有百米漏风率公式、高木英夫公式、沃罗宁公式、青函隧道公式和秦岭公式等进行柔性通风管的相关漏风计算。

（1）百米漏风率计算公式

$$p_{100} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1 \cdot L\%}$$

式中: p_{100} —通风管百米漏风率;

Q_1 —轴流风机通风量, m^3/s ;

Q_2 —计算断面有效风量, m^3/s ;

L —通风管通风计算长度, m 。

(2) 沃罗宁公式

$$Q_f = \left(1 + \frac{1}{3} D n K \sqrt{R}\right)^2 Q_0$$

式中: Q_f —轴流风机通风量, m^3/s ;

Q_0 —计算断面有效风量, m^3/s ;

D —通风管直径, m ;

R —通风管全长摩擦阻力系数;

n —通风管接头数;

K —等效于直径为 1m 的通风管透风系数。

(3) 日本青函隧道公式

$$Q_f = \frac{Q_e}{(1 - \beta)^{L/100}}$$

式中: Q_f —轴流风机通风量, m^3/s ;

Q_e —计算断面有效风量, m^3/s ;

β —通风管百米漏风率;

L —通风管通风计算长度, m 。

(4) 日本高木英夫公式

$$Q_e = Q_f e^{zL}$$
$$z = -\frac{1}{500} \ln \frac{x}{10}$$

式中: Q_f —轴流风机通风量, m^3/s ;

Q_e —计算断面有效风量, m^3/s ;

z —柔性通风管漏风特性指数;

L —柔性通风管漏风指数, 根据柔性通风管的制作材料及风管安装质量差异, 将漏风指数分为 1 度-9 度。

(5) 秦岭隧道公式

$$\beta = e^{Kl}$$

$$K = C\rho D^{-1.5}$$

式中: K —通风管道单位长度漏风特性系数, m^{-1} ;

C —通风管接头紧密系数, 取 0.01998;

ρ —沿程摩擦阻力系数, 可取 0.019~0.021;

D —通风管直径, m。

4.3.3 通风阻力损失计算

隧道通风阻力损失一般包括局部阻力损失和摩擦阻力损失两部分, 在曲线隧道当中, 弯道局部损失占阻力损失较大部分; 对于长隧道而言, 沿程摩擦阻力损失则会对隧道计算造成较大误差。同时根据通风方式的不同综合考虑计算方法

(1) 局部阻力计算

$$h_x = \sum \xi \cdot \frac{Q_i^2}{d^4}$$

式中: ξ —通风管道局部阻力系数;

Q_i —通风管道局部风量, m^3/s ;

d —管道直径, m。

(2) 摩擦阻力计算

$$h_f = R_f \sqrt{Q_h \cdot Q_j}^2$$

$$R_f = \frac{6.5\alpha\lambda\rho L}{8d^5}$$

式中: R_f —通风管道摩擦风阻;

α —管道摩擦阻力系数;

λ —管道达西系数;

ρ —空气密度, kg/m^3 ;

d —管道直径, m;

Q_j —风机风量, m^3/s ;

Q_h —工作面风量, m^3/s 。

4.3.4 风压计算

通风机的设计全压按下式计算:

$$H_t \geq h_f + h_x$$

式中: H_t —风机设计全压, pa;

h_f —管道摩擦阻力损失, pa;

h_x —管道局部阻力损失, pa。

4.3.5 网络通风计算

复杂地下洞室群通风系统是由纵横交错的巷道构成的一个复杂庞大的通风系统, 具有洞室数量众多、空间结构复杂、施工通风特性动态变化等不同于一般隧道的特点, 使得对其通风系统的计算量相当大。

(1) 风量平衡定律

根据连续性方程, 流入通风网络中任意一节点的风量应等于流出该节点的风量:

$$\sum Q_i = 0$$

(2) 风压平衡定律

可描述为风网中任一网孔或回路的风压代数和等于零, 顺时针方向取正, 逆时针方向取负。对于网孔中不存在自然风压、交通风为、风化等作用的无压源网孔, 其风压平衡定律可表示为:

$$\sum \Delta P_i = 0$$

(3) 串联风路

a. 风量关系

通过串联风网各分支的风量相等, 令 Q 为串联风路的总风量, Q_1 、 Q_2 、 Q_3 、 Q_4 、... 分别为通过串联风路各分支的分风量, 则:

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4 = \dots = Q_n$$

b. 风压关系

通风网络中串联风路的总风压等于各分支的分风压之和, 若令 ΔP 为串联风路的总风压, ΔP_1 、 ΔP_2 、 ΔP_3 、 ΔP_4 、... ΔP_n 分别为串联风路各分支的分风压, 则根据风压平衡定律可得:

$$\Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 + \Delta P_4 + \dots + \Delta P_n = \Delta P$$

c. 风阻关系

根据通风阻力定律可得，通风网络中串联风路的总风阻等于各分支风阻之和：

$$R_1+R_2+R_3+R_4\cdot\cdot\cdot+R_n=R$$

(4) 并联风网

a. 风量关系

若令 Q 为其并联风网的总风量， Q_1 、 Q_2 分别为通过两条并联分支的分风量，根据通风网络中风量平衡定律可得：

$$Q=Q_1+Q_2$$

b. 风压关系

若令 ΔP 为并联风路的总风压， ΔP_1 、 ΔP_2 分别为并联风路各分支的分风压，则根据风压平衡定律可得：

$$\Delta P_1=\Delta P_2=\Delta P$$

c. 风阻关系

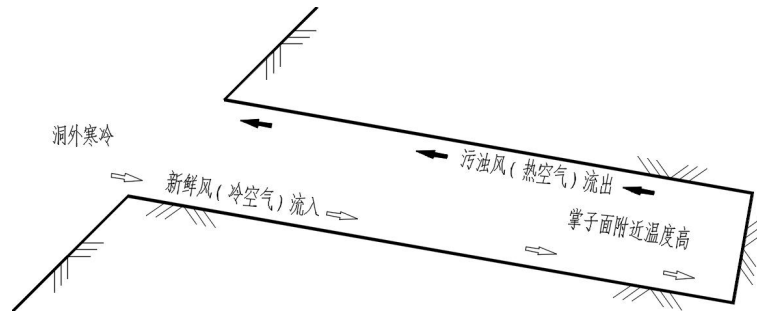
根据通风阻力定律可得，通风网络中并联风路的总风阻等于：

$$R = \frac{1}{\left(\frac{1}{\sqrt{R_1}} + \frac{1}{\sqrt{R_2}}\right)}$$

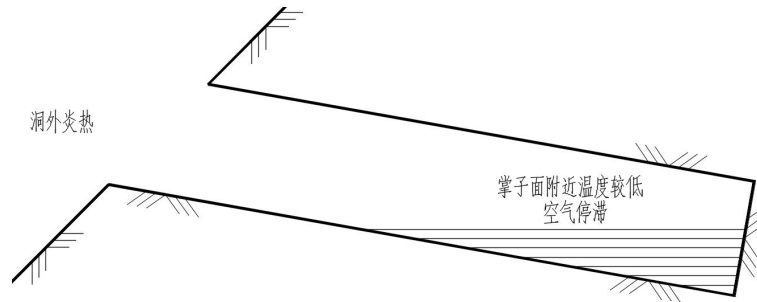
5 通风系统设计

5.2.1 自然通风完全依靠自然风的作用，将施工中产生污染物排出隧道的一种方法。但其受到隧道内外温差、气象条件、辅助坑道设置、坡度等各因素的制约，不稳定且不易控制，应谨慎选用。

如对于下坡施工的隧道，在冬季，隧道内温度高于洞外温度，洞外冷空气将沿隧道下部进入洞内，洞内污浊空气沿隧道上部排出洞外，形成自然通风。在夏季，隧道内温度接近或低于洞外温度时，洞外的热空气堵在隧道口附近，洞内空气停滞在下部，无法形成自然风流。斜井施工通常为下坡施工，在冬季，自然通风效果显著；而在夏季，由于自然风压的反作用，机械通风也往往比较困难，应该引起重视。



(a) 隧道内温度高于洞外温度时自然风流示意



(b) 隧道内温度不高于洞外温度时洞内空气停滞

5.2.4 选择通风方式时应注意的几个问题:

(1) 采用无轨运输施工时, 污染源主要有两类: 一类是爆破产生的炮烟, 主要集中在掌子面附近, 属于相对固定污染源; 另一类是柴油汽车在运输过程中排放的尾气, 污染整个隧道, 属于运动污染源。采用压入式通风时, 新鲜空气可一直送到掌子面, 汽车尾气在隧道内浓度分布由里向外, 逐渐增大, 作业区工人处在相对较新鲜的空气中。可使用软风管, 风管的延长比较容易, 管路漏风对通风有正面作用。

(2) 采用有轨运输施工时, 其污染源主要是爆破产生的炮烟, 集中在掌子面附近, 在运输过程中电瓶车或电力机车不产生污染。当独头距离较短时, 可采用抽排式, 当独头较长时, 采用混合式通风。管路漏风对通风有负面作用。

(3) 单独的吸出式通风, 易在工作面形成炮烟停滞区, 不利于施工。可在工作面处另设局扇, 以构成混合式通风系统。

(4) 利用平行导坑作通风巷道, 是解决长隧道施工通风的方案之一。采用这一方案时, 根据设备状况, 风机可设在平导口的风道内, 也可设在横通道内, 随着新的横通道开通, 风机逐渐前移。设于横通道时, 风机既是主扇, 又是局扇, 还可随时增减, 有利风量的调节。风机无论设在何处, 不用的通道均应立即封闭。如设在横通道内, 尤需特别注意密封。

5.2.6 当辅助坑道净空允许时，可在一侧或拱部隔出一条纵向风渠代替大直径风管。使用时要慎重考虑材料种类和结构形式，以减少漏风并应方便管理。

6 通风设备设施

6.3.1 单级轴流式通风机。这种风机由一台电动机驱动一个轴流式叶轮，叶轮内风流量轴向流动。叶轮出口段设有后导叶。驱动电机分固定转速和可变转速两种。固定转速的风机技术性能即设计技术参数，运行中不会改变。可变转速的风机主要靠改变电动机的磁极对数实现风机的调速，一般有高速挡(额定转速)和低速挡。高速挡运行时，风机技术参数为设计参数。通过电控开关转换到低速挡运行时，风机的风量、风压均低于设计参数，实际消耗功率也大大降低。使用中以高速挡运行服务于排烟出渣作业，低速挡则可服务于其他工序作业，因而可以显著降低电能消耗。单级轴流式隧道风机的风量范围很大，从 $100\text{m}^3/\text{min}$ 到 $6000\text{m}^3/\text{min}$ 不等，但其全压值均低于 3000Pa ，一般设计值低于 2400Pa ，适于独头掘进 2500m 以下的管道通风。

对旋轴流式隧道通风机。这种通风机由两台电动机分别驱动两个轴流式叶轮，且两叶轮旋方向相反。和单级轴流式通风机一样，两个电动机转速可固定不变或分级可调，因而风机的性能也可固定或可变。由于对旋轴流式隧道通风机有两个叶轮同时工作，使风机在流量相同的条件下，产生的全压可以接近同直径同转速单级风机的两倍。这相当于两台单级轴流风机集中串联工作。适宜使用在独头通风长度超过 3000m 的管道通风系统。对旋轴流式隧道通风机的另一性能特点是值得注意的。当对旋风机的两台电动机只有一台工作而另一台断电的情况下，风机的供风量只有两个叶轮同时工作时的 60% ，而全压只有 40% ，因为此时两个叶轮其实都在旋转，只是其中一个被动叶轮是被另一个主动叶轮产生的风流所驱动，以风轮机的形式消耗能量，使整机的效率下降。由此可见，对旋式风机用于掘进长度较短的隧道施工是不经济的。

射流风机。这种风机在结构上类似于单级轴流式通风机，电动机转速一般是固定的。由于射流风机是利用较高的出口风速形成动能，以产生诱导风流，因而静压很低，不适于在管道系统中使用。近年来，射流风机用于隧道施工，主要作为系统中的辅导风机，以解决局部排烟、排尘或起诱导主风流流向的作

用。目前，射流风机的出口风速约为 30m/s~35m/s，功率为 11kW~55kW 之间。巷道通风采用常规轴流风机时，一般都需要设置风门而影响交通，因此在隧道施工中，射流风机逐步得到应用。

6.4.4 采用巷道式通风的瓦斯工区，施工期间及时封闭或封堵不利用的横通道，可有效防止风流短路，确保形成完整的通风系统。封闭或封堵的措施需根据横通道的功能来确定。

横通道按相关要求及时施作复合式衬砌后，对施工运输需要使用的横通道，需安设 2 道风门，且 2 道风门具有联锁功能，在人员或车辆通过横通道时，2 道风门不能同时打开，而只能打开 1 道，另 1 道处于关闭状态，这样就避免了横通道的风流短路。风门设置需稳定牢固。施工中需要加强对横通道内瓦斯浓度检测，必要时加强通风，以确保安全。对于其他的横通道，若运营期间不利用的，需永久性封堵；若运营期间需要利用的，在施工期间需设置至少一道风门，并加强对横通道内瓦斯浓度检测、加强通风，以确保安全。

参照 2009 年版《防治煤与瓦斯突出规定》（国家安全生产监督管理总局令第 19 号）第 103 条“在突出煤层的石门揭煤和煤巷掘进工作面进风侧，必须设置至少 2 道牢固可靠的反向风门。风门之间的距离不得小于 4m。反向风门距工作面的距离和反向风门的组数，应当根据掘进工作面的通风系统和预计的突出强度确定，但反向风门距工作面回风巷不得小于 10m，与工作面的最近距离一般不得小于 70m，如小于 70m 时应设置至少三道反向风门”制定。根据铁路隧道的工程特点，一般情况下，通过调整反向风门位置，可满足其与工作面的最近距离不小于 70m 的要求，不存在“反向风门位置距工作面的最近距离小于 70m”的问题。

反向风门是防止突出时瓦斯逆流进入风道而设置的通风设施，在瓦斯突出工区进行揭煤施工时，在工作面进风巷道设置 2 道牢固可靠的反向风门，以隔断突出物流动到进风巷和控制突出时的瓦斯沿回风巷进入回风系统。平时工作人员进入工作面时必须把反向风门打开、顶牢，固定于开启状态，否则一旦发生突出，由于突出气流的作用，工作面的作业人员将无法打开反向风门，很难逃生。工作面爆破和无人时，反向风门必须关闭，以防止突出的灾害气体进入进风流中。