

公路隧道辅助通道设计细则

2021-09-01 发布

2021-12-01 实施

目 次

前 言..... II

1 范围..... 3

2 规范性引用文件..... 3

3 术语和定义..... 3

4 总则..... 4

5 基本规定..... 4

6 调查与勘察..... 6

7 斜井..... 6

8 竖井..... 9

9 平行通道..... 10

10 横洞..... 11

11 横通道..... 11

12 地下风机房..... 13

13 交叉口..... 15

14 路基、路面及其它设施..... 16

附 录 A （资料性）地下风机房布置型式..... 18

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。

本文件由山西省交通运输厅提出并监督实施。

本文件由山西省交通运输标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：山西省交通规划勘察设计院有限公司。

本文件主要起草人：翟正平、季建东、郝振清、曹学强、袁飞、马英、刘文进、姜杰、李明霞、秦华国、李薇、赵宇鸿、孙臣生、张剑、袁正兵、张永强、莫恩华。

公路隧道辅助通道设计细则

1 范围

本文件规定了公路隧道辅助通道设计的总则、基本规定、调查与勘察、一般规定、位置确定、断面、衬砌结构、防排水、交叉口、路基、路面及其它设施。

本文件适用于山西省境内新建和改（扩）建公路隧道辅助通道设计。

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。

- GB 50086 岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范
- GB 50108 地下工程防水技术规范
- JTG B01 公路工程技术标准
- JTG C10 公路勘测规范
- JTG C20 公路工程地质勘察规范
- JTG/T D33 公路排水设计规范
- JTG D40 公路水泥混凝土路面设计规范
- JTG D50 公路沥青路面设计规范
- JTG/T D70 公路隧道设计细则
- JTG D70/2 公路隧道设计规范（第二册 交通工程与附属设施）
- JTG/T D70/2-01 公路隧道照明设计细则
- JTG/T D70/2-02 公路隧道通风设计细则
- JTG 2232 公路隧道抗震设计规范
- JTG/T 3310 公路工程混凝土结构耐久性规范
- JTG/T 3660 公路隧道施工技术规范
- JTG 3370.1 公路隧道设计规范（第一册 土建工程）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

辅助通道

为满足隧道的运营、施工等需求而设置的通道，包含斜井、竖井、平行通道、横洞、横通道、地下风机房等。

3.2

运营辅助通道

为满足隧道通风、逃生、救援、管养等运营需求而设置的辅助通道。

3.3

施工辅助通道

为满足隧道施工需要、增加施工作业面、改善施工条件等需求而设置的辅助通道。

3.4

平行通道

平行于隧道主洞修建的小断面辅助通道。

3.5

地下风机房

为满足隧道运营通风需求，设置在隧道侧旁的风道和洞室形成的地下洞室群，包括风机室、联络风道、配电室、设备搬运通道、检修(逃生)通道等。

3.6

交叉口

辅助通道与隧道主洞、辅助通道与辅助通道相交叉连接的段落。

4 总则

4.1 为适应公路隧道辅助通道设计和施工的需要，使修建的辅助通道安全实用、质量可靠、经济合理、技术先进，利于提高公路隧道辅助通道设计技术和质量，制定本文件。

4.2 辅助通道应考虑隧道的地形、工程地质、长度、使用要求、设置目的等因素，进行安全、技术、环保、经济等方面综合分析比选确定。

4.3 辅助通道的设置，应有利于隧道运营和施工、缩短工期、发挥综合效益或效果。

4.4 辅助通道设计应有全面的调查及勘察资料，加强不良地质和特殊地质勘察，满足设计与施工的要求。

4.5 辅助通道的衬砌结构、防排水、抗灾能力、安全性、耐久性等设计可根据使用功能和安全要求采用合适的标准。

5 基本规定

5.1 公路隧道设置的辅助通道应至少满足下列功能之一：

- a) 满足隧道运营期间送排风要求。
- b) 产生增加隧道施工作业面、加快施工进度、满足工期要求的作用。
- c) 满足隧道运营逃生、救援、管理养护需求。

- d) 满足隧道施工中处理超大型塌方、通过不良地质段、排水、通风、弃渣、运输等特殊要求。

5.2 辅助通道设置应综合考虑下列因素：

- a) 应其设置目的、功能、使用要求，并综合考虑隧道的长度、地形、地质、环境、运营通风要求、施工要求和条件、逃生、救援、管理养护等功能要求，进行多方案进行比选后确定。
- b) 运营辅助通道在特殊情况下可兼作逃生救援通道，并尽可能利用为施工通道。
- c) 运营辅助通道应按永久性建筑物设计，有路面、防排水等附属工程。
- d) 确定施工辅助通道方案，应对施工条件进行详细调查，能满足施工要求。

5.3 辅助通道断面形式应符合下列要求：

- a) 运营辅助通道的断面大小和形状，应根据通风需要、管路布置和逃生救援要求确定，风道还应通过隧道通风需求计算确定面积。
- b) 施工辅助通道的断面应综合考虑施工运输要求、地质条件、支护类型、设备尺寸及技术条件、施工安全、管路布置等因素确定，面积应尽量小，不宜大于 50m^2 ，断面可采用直墙割拱、单心圆、三心圆等形状。
- c) 地下风机房应按小净距隧道设计，洞室应根据设备尺寸、安装要求、管养要求、逃生要求、救援要求、地质条件确定断面。

5.4 辅助通道洞口应符合下列规定：

- a) 应进行洞口防护和排水工程设计，采用地面风机房的洞口应设置管养道路。
- b) 洞口不得设在洪水可能淹没处；如设在低洼地形处，应采取相应的工程措施。
- c) 洞口位置应综合考虑地形与地质、自然环境与人文环境，与周边环境协调，减少对环境的破坏；
- d) 洞口设计应考虑结构稳定、防洪、抗震以及防冻等因素，并满足相应的设计标准。
- e) 濒临水库地区的辅助通道，其井口设计高程应高出水库计算洪水位（含浪高和壅水高）不小于 0.5m ，同时应考虑水长期浸泡造成库壁坍塌对井口稳定的不利影响，并采取防护工程措施。

5.5 辅助通道衬砌设计应符合下列规定：

- a) 辅助通道应具有规定的强度、稳定性和耐久性，满足运营及施工需求；
- b) 运营辅助通道衬砌宜采用复合式衬砌，并要求内壁表面平滑；远期可能扩建的辅助通道的 I 级、II 级、III 级围岩可采用喷锚衬砌。
- c) 施工辅助通道可采用喷锚衬砌，根据围岩、断面、使用时间和施工安全等因素确定衬砌设计参数，并加强监控量测。
- d) 应综合考虑洞室大小、地质条件以及施工方法等因素确定衬砌设计参数；当围岩相对较差或结构明确受力时，宜进行结构验算。
- e) 地下风机房等特殊结构洞室，应根据衬砌结构和地质设计合理可行的施工方法，利于隧道施工安全和结构安全。
- f) 在洞（井）口段、软弱破碎围岩段及交叉口应加强衬砌结构，加强段可采用复合式衬砌或双层钢架喷射混凝土结构，长度不得小于 5m 。

5.6 辅助通道防排水设计应符合下列规定：

- a) 运营辅助通道应满足现行《地下工程防水技术规范》（GB 50108）三级防水标准；施工辅助通道应满足《地下工程防水技术规范》（GB 50108）四级防水标准；地下风机房及大型电器设备洞室应满足现行《地下工程防水技术规范》（GB 50108）一级防水标准。
- b) 运营辅助通道防排水应采取“截、堵、防、排”相结合的综合防排水设计，并满足使用要求。施工辅助通道防排水宜采取“截、堵、排”相结合的排水设计，对地下水和地表水赋存影响小、不影响人民生产生活、不影响生态环境时，可以排水为主，保证施工安全和结构安全；对地下水和地表水赋存影响大、影响人民生产生活、影响生态环境时，采用“堵水为主、排水为辅”的方案，宜采用注浆堵水。
- c) 辅助通道底部应设中央排水沟，在与隧道主洞连接处和洞室内每间隔 20m~30m 设置检查井和沉砂池，宜设过滤功能，且便于检查疏通。

5.7 隧道竣工后不予利用的辅助通道，宜符合下列规定：

- a) 宜进行必要的路面、防排水设计，满足施工和环保要求。
- b) 整理排水系统，使其畅通。
- c) 可采用 3m~4m 厚浆砌片石、或 2m 厚 C20 片石混凝土、或 1.5m 厚 C20 混凝土封堵洞口，并应设置安全检查设施。

6 调查与勘察

6.1 辅助通道的调查及勘察资料应满足设计、施工、运营的要求，按下列要求收集资料和勘察：

- a) 辅助通道调查应对区域的地形、气象、场地条件、生态环境、工程地质、水文地质、不良地质、地震和邻近工程等方面收集资料与勘测，取得完整的基础资料。
- b) 辅助通道地质勘察应与隧道主洞地质勘察相结合。
- c) 竖井、地下风机房位置宜钻孔。
- d) 进行水文地质勘察，查明地下水和地表水对工程的影响，及水环境要求。

6.2 用于通风的辅助通道应对洞（井）口的气温、风速和风向等气象资料调查，避免洞口位置不合适影响通风。

6.3 施工辅助通道应对施工场地、便道、施工用水、施工用电、弃渣、环保等施工条件进行详细和大范围的调查。道路调查包括施工便道建设条件、环境影响、养护道路要求和地方路网规划等；用水调查包括地方用水、隧道消防水源、施工用水等；用电调查包括地方用电、隧道运营用电、施工用电等。

7 斜井

7.1 一般规定

7.1.1 应根据使用功能确定斜井井底与隧道主洞之间的距离；斜井与隧道中线连接处的平面交角，在满足施工与运营要求的前提下，应尽可能采用大角度，利于通风顺畅和结构合理受力，斜井与隧道中线连接处的平面交角不宜小于 40°。

7.1.2 斜井口宜设置在井轴线与地形等高线正交处。

7.1.3 斜井应设置在围岩较好地段，避开不良地质。

7.1.4 斜井井底与隧道主洞之间的横向净距离，应考虑风机房的设置及通风方案的影响。当采用送排

式通风方案时,对于地面风机房,井底与主洞之净距离宜控制在 40m 左右;对于地下风机房,井底与主洞之净距不宜小于 70m。当采用单排式通风方案时,井底应尽量靠近主洞布置。

7.2 纵坡

7.2.1 斜井出渣运输方式应根据提升量、斜井长度及井口地形选择。斜井在地形地质条件允许、且工程规模相比有轨运输工程规模增加不多时,宜采用无轨运输。

7.2.2 斜井采用无轨运输时宜按下列要求设计:

- a) 应根据斜井长度确定其倾角,斜井长度小于 300m 时,倾角不大于 9° ;斜井长度大于等于 300m 时,倾角不宜大于 7° 。
- b) 斜井长度超过 300m 时可设缓坡段,缓坡段长度 20m~30m、坡度 2%~3%,长度小于 600m 的斜井可设置 1 处缓坡段,斜井可每间隔 250m~300m 设置 1 处缓坡段,保障施工效率和安全。
- c) 斜井长度较长,断面宽度不能满足施工车辆会车要求时,应根据需要设置避让洞或错车段。

7.3 断面

7.3.1 斜井宜采用直墙割拱断面,断面大小应根据通风、施工等需要确定。

7.3.2 斜井采用送排式通风方案时,风道分隔宜采用 20m~30cm 厚的钢筋混凝土墙。

7.4 井口

7.4.1 斜井井口位置应符合下列要求:

- a) 井口边坡及仰坡应确保稳定;地质条件好时,宜贴壁进洞。
- b) 井口位置应设于坡体稳定、地质较好处。
- c) 井口位于悬崖陡壁下,不宜切削原山坡,应避免在不稳定的悬崖陡壁下进洞。
- d) 跨沟或沿沟进洞时,应考虑水文情况,结合防排水工程,充分比选后确定。
- e) 漫坡地段的井口位置,应结合地质、弃渣、排水及施工等因素分析确定。
- f) 井口设计应考虑与附近地面建筑及斜井内设施的相互影响,有影响时应采取防范措施。

7.4.2 斜井井口工程应符合下列规定:

- a) 井口边坡、仰坡应根据实际情况采取加固防护措施,可采用 SNS 网、喷锚支护、植被防护等防护。
- b) 当井口处有坍方、落石、泥石流等不良地质时,应采取清刷、延伸井口或支挡构造物等工程措施。
- c) 井口场地应向洞外呈 1%~3%的下坡,并在井口设置排水设施,防止洞外水流入井内。

7.5 衬砌结构

7.5.1 运营斜井衬砌结构宜采用复合式衬砌结构。

7.5.2 施工斜井衬砌结构可采用喷锚衬砌结构和复合式衬砌结构。

7.5.3 井口应设置明洞衬砌,明洞衬砌宜采用 50m~80cm 厚的钢筋混凝土结构,考虑与地面通风构造物的连接。

7.5.4 斜井衬砌支护参数可按表 1 和表 2 选用。

表 1 斜井衬砌支护参数表一

围岩级别	喷锚衬砌	复合衬砌	
		初期支护	二次衬砌
I	5cm	不支护，局部喷射混凝土	20cm
II	5cm	局部喷射混凝土，厚度5cm	20cm
III	10cm，局部锚杆长2m~2.5m	喷混凝土厚5~8cm，局部设锚杆，长2m	25cm~30cm
IV	喷混凝土厚20cm，锚杆长2.5m，设钢筋网，I14钢架间距80cm~100cm	喷混凝土厚8cm~10cm，拱部设锚杆，长2m~2.5m，间距1m~1.2m，必要时拱部设钢筋网	25cm~30cm
V	喷混凝土厚24cm，锚杆长3m，设钢筋网（双层），I16钢架间距60m~80cm	喷混凝土厚10cm~15cm，锚杆长2.5m~3m，间距1m，设钢筋网	35cm~40cm，必要时设仰拱，结构同二衬
VI		喷混凝土厚20cm，锚杆长2.5m~3m，间距1m，设钢筋网，I14钢架间距60~80cm	40cm，设仰拱，结构同二衬
注1：VI级围岩地段必要时现场试验确定参数，采用辅助施工措施，加固围岩。 注2：运营期使用时，喷锚衬砌仅适用于地下水不发育，无侵蚀性并能保证光面爆破效果 I~III级围岩地段。 注3：本表适用于通道宽度不大于5m。 注4：本表也适用于平行通道、横通道、风道的衬砌参数。			

表 2 斜井衬砌支护参数表二

围岩级别	喷锚衬砌	复合衬砌	
		初期支护	二次衬砌
I	5cm	不支护，局部喷射混凝土厚5cm	30cm
II	8cm~12cm，拱部锚杆长2m~2.5m，局部设钢筋网	喷混凝土厚5cm~8cm，局部设锚杆，长2m~2.5m	30cm
III	10cm~15cm，锚杆长2.5m~3m，设钢筋网	喷混凝土厚8cm~12cm，拱墙设锚杆，长2m~2.5m	30cm~35cm
IV	喷混凝土厚22cm，锚杆长2.5m~3m，设钢筋网，I16钢架间距80cm~100cm	喷混凝土厚22cm，拱墙设锚杆，长2m~2.5m，间距1m~1.2m，设钢筋网，I16钢架间距100cm~120cm	35cm~40cm，必要时设仰拱，结构同二衬
V	喷混凝土厚24cm，锚杆长3m~3.5m，设钢筋网，I18钢架间距60cm~80cm	喷混凝土厚22cm~26cm，锚杆长2.5m~3m，间距0.8m~1m，设钢筋网，I16~I18钢架间距80cm~100cm	40cm~45cm，设仰拱，结构同二衬
VI		喷混凝土厚24cm~28cm，锚杆长3m~3.5m，间距1m，设钢筋网，I18~I20a钢架间距60cm~80cm	50cm，设仰拱，结构同二衬
注1：VI级围岩地段必要时现场试验确定参数，采用辅助施工措施，加固围岩。 注2：运营期使用时，喷锚衬砌仅适用于地下水不发育，无侵蚀性并能保证光面爆破效果 I~III级围岩地段。 注3：本表适用于通道宽度大于5m、且不大于10m时，当通道宽度大于10m时另行设计。 注4：本表也适用于平行通道、横通道、风道的衬砌参数。			

7.6 防排水

7.6.1 斜井应根据涌水量和施工组织计划，选定地下水的排出方式，并设置相应的排水措施。

7.6.2 运营斜井防排水设计同隧道主洞，采用防水层、纵向排水管、环向排水管、中心水沟、衬砌构造缝防水等综合防排水系统。

7.6.3 施工斜井防排水设计采用环向和纵向排水管、排水边沟；均应设置施工临时集排水设施。

7.6.4 斜井明洞防排水应符合下列规定：

- a) 明洞顶部应设置截、排水系统。
- b) 回填土表面宜铺设隔水层，并与边坡搭接良好。
- c) 靠山侧边墙底或边墙后宜设置纵向和竖向盲沟，将水引至边墙泄水孔排出。
- d) 衬砌外缘应敷设防水层。
- a) 明洞与斜井接头处应做好防水。

7.6.5 斜井设计应考虑反坡抽排水工程量，宜按水文地质地下水涌流量计算确定。

8 竖井

8.1 一般规定

8.1.1 竖井应设置在隧道埋深较浅、地质较好地段，避免穿过不良地质和富水地段。

8.1.2 竖井井口应尽量选择开阔平坦的地形区域，利于施工场地和竖井建筑物的布置及排放废气。

8.1.3 平面位置宜设置在隧道中线的一侧，宜尽量靠近隧道主洞；特殊情况下，经分析论证后，竖井可设于隧道顶。当采用地面风机房方案时，井底与隧道净距不宜小于 30m；当采用地下风机房时，井底与地下风机房的净距不宜小于 30m。

8.1.4 竖井用于通风时，深度不宜超过 300m，竖井深度大于 300m 时，应进行技术经济比较和论证。

8.2 断面

8.2.1 竖井用于通风时，宜采用圆形断面，施工竖井断面形状可根据施工需要确定。

8.2.2 竖井用于通风时，面积大小应根据隧道通风需要计算确定。竖井采用送排式通风方案时，风道分隔墙宜采用 20cm~30cm 厚的钢筋混凝土结构。

8.3 井口及衬砌结构

8.3.1 竖井结构包括锁口圈、马头门及井身三部分，其设计应符合下列规定：

- a) 锁口圈设置于井口部，宜采用钢筋混凝土结构，主要承受地表土层的侧向土压力、井口建筑物及设备的重力。锁口圈宜采用敞口开挖，其基础宜置于基岩上。
- b) 马头门为井身与联络通道交叉处的结构，应作加强处理。马头门的断面尺寸应能满足施工所用材料、设备的运输及运营期间导流叶片的安装需求。
- c) 井身是竖井的主要组成部分，上接锁口圈，下接马头门。当竖井较深或井身需要承受上方较大荷载时，应设置壁座。壁座可设置于井口段、地质条件较差的井身段及马头门的上方。

8.3.2 竖井应采用复合衬砌，初期支护应作为主要的承载结构，二次衬砌可作为安全储备并起到减少

运营期间通风阻力的作用。

8.4 防排水

8.4.1 竖井井身防排水设计，可不设防水层；排水宜设环向和竖向排水管，环向排水管采用直径不小于 50mm 的管，间距布设同隧道主洞要求；竖向排水管采用直径不小于 100mm~150mm 的管，沿井壁均匀布设 2~4 道。衬砌构造缝应采取可靠的防水措施。

8.4.2 竖井井口及明洞应设置截水沟和排水沟，并采取防护措施，防止地表水下渗和冲刷。

9 平行通道

9.1 平行通道应根据远景交通规划或交通量发展需要，并结合路线、通风、工程造价、运营费用、养护管理及逃生救援方案等因素进行分析和比选确定方案。

9.2 符合下列情况之一时，辅助通道宜采用平行通道：

- a) 单洞双向行车且长度超过 2000m 的长隧道和特长隧道。
- b) 需设辅助通道、埋深较大的隧道，且无条件设置斜井、竖井、横洞。
- c) 瓦斯隧道宜采用平行通道排放瓦斯。

9.3 平行通道设置应符合下列规定：

- a) 应设置在地下水丰富或出渣运输方便的一侧。
- b) 与隧道的净距应根据地质条件、施工方法等因素确定，宜采用 20cm~25m；当将来有可能扩建为第二线隧道时，应考虑后期扩建的影响。
- c) 洞底高程宜低于隧道主洞底面高程 0.2m~0.6m；当瓦斯隧道设平行通道用于排放瓦斯时，其底面高程宜高于主洞底面标高。
- d) 平行通道的平面线形和纵坡宜同隧道主洞。

9.4 连接平行通道与隧道主洞的横通道设置，应符合下列规定：

- a) 横通道设置间距应根据施工需要和工程进度确定，宜采用 200m~250m。其位置可结合隧道避车洞位置确定，应避开断层破碎带等不良地质地段。
- b) 与隧道中线的交角宜为 40°。
- c) 平行通道用于运营期间防灾救援时，横通道布置宜满足人行横通道的布置要求。

9.5 平行通道宜采用单车道断面，间隔 200m 左右应设置一处错车道，错车道的有效长度宜为 1.5 倍施工车辆的长度。

9.6 平行通道的衬砌设计参数可按斜井衬砌设计参数选用。

9.7 平行通道应设置排水沟，其过水断面、沟底坡度等应根据排水需要和隧道主洞排水统一考虑，排水设计要求同主洞。

9.8 单洞隧道的平行通道可作为逃生救援通道、养护通道、非机动车通道或人行通道。

10 横洞

10.1 傍山、沿河隧道需设施工辅助通道时，宜采用横洞。其位置应考虑施工场地布置、施工运输和隧道主洞施工的需要。横洞与主洞连接处的平面交角宜为 $40^{\circ} \sim 50^{\circ}$ ，并应有向洞外不小于 0.3% 的下坡。

10.2 横洞的断面可采用曲墙式断面和直墙割拱断面。

10.3 运营横洞宜采用复合式衬砌，施工横洞宜采用喷锚衬砌，横洞的衬砌设计参数可按斜井衬砌设计参数选用。

11 横通道

11.1 一般规定

11.1.1 横通道设置间距、断面、建筑限界应符合现行《公路隧道设计规范》（JTG 3370.1）的规定。

11.1.2 施工横通道间距应根据施工需要和工程进度确定，间距宜为 250m~400m。斜井、竖井、横洞等辅助通道与隧道主洞连接位置，宜在两侧主洞之间设车行横通道作为施工通道。

11.1.3 横通道布置应遵循满足横通道间距要求时尽量设于地质条件相对较好地段的原则，避开断层、破碎带等不良地质地段。

11.2 建筑限界及断面

11.2.1 人、车行横通道的建筑限界及内轮廓如图 3 所示，内轮廓一般采用直墙形式。

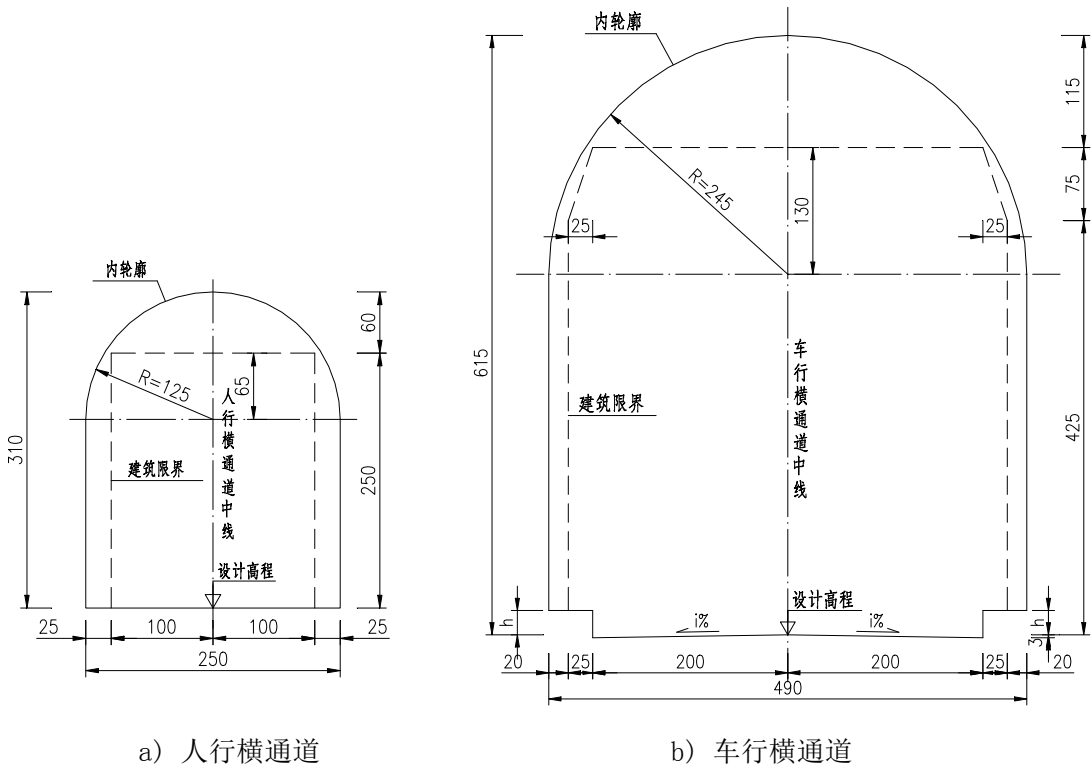


图 1 横通道的建筑限界及内轮廓图（尺寸单位：cm）

11.2.2 其它横通道的建筑限界应根据使用需要设计。施工横通道宜采用车行横通道断面，利于后期运营使用和管理。

11.3 人行横通道

11.3.1 人行横通道设计应符合下列规定：

- 长度 350m~500m 的隧道宜设置 1 处，长度 500m~750m 的隧道可设置 2 处，长度 750m~1000m 的隧道可设置 3 处。
- 人行横通道设置可不考虑所设车行横通道的逃生功能。
- 人行横通道应设置一定的纵坡，利于排水，纵坡不宜大于 15%。
- 当纵坡大于 15%时，宜设置踏步台阶，边墙两侧宜设置扶手。设置扶手后人行横通道净宽应符合现行《公路隧道设计规范》（JTG 3370.1）的规定。
- 人行横通道应设计完善的防排水措施。

11.3.2 人行横通道应采用复合式衬砌，衬砌设计参数可按表 3 取值。

表 3 人行横通道复合式衬砌的设计参数

围岩级别	初期支护				二次衬砌模筑混凝土厚度 (cm)
	锚杆	钢筋网	钢架支撑	喷射混凝土厚度 (cm)	
II、III	—	—	—	3~5	25
IV	锚杆L=1.5m, 间距 1.0m×1.0m	局部 $\Phi 6\sim 8\text{mm}$ 钢筋网	—	5~8	30
V	锚杆L=2.0m, 间距 1.0m×1.0m	$\Phi 6\sim 8\text{mm}$ 钢筋网	—	8~10	30
VI	锚杆L=2.0m, 间距 0.6~0.8m×0.8m	$\Phi 6\sim 8\text{mm}$ 钢筋网	I14钢架, 间距 60cm~80cm	20	30

注：VI级围岩地段必要时应进行特殊设计，应采用辅助施工措施，加固围岩。

11.3.3 人行横通道与隧道主洞的连接应采用垂直连接，连接处的结构宜进行加强设计，加强段长度 3m~5m。

11.4 车行横通道

11.4.1 车行横通道设置应符合下列规定：

- 长度 1000m~1500m 的隧道宜设 1 处车行横通道，
- 车行横通道宜与紧急停车带相对应布置，即车行横通道两端与隧道主洞连接处设置紧急停车带，利于紧急情况下的交通疏散。
- 车行横通道应设置一定的纵坡，利于排水，纵坡不宜大于 8%。
- 车行横通道应设计完善的防排水措施。

11.4.2 车行横通道内轮廓在 V~VI 级软弱围岩地段可采用曲墙式断面，应采用复合式衬砌，衬砌设计参数可按表 4 取值。

表 4 车行横通道复合式衬砌的设计参数

围岩级别	初期支护				二次衬砌模筑混凝土厚度 (cm)
	锚杆	钢筋网	钢架支撑	喷射混凝土厚度 (cm)	
II	—	—	—	3~5	25
III	局部锚杆	局部 $\Phi 6 \sim 8\text{mm}$ 钢筋网	—	5~8	30
IV	锚杆长 $L=2.0 \sim 2.5\text{m}$ 间距 $1.2\text{m} \times 1.2\text{m}$	拱部 $\Phi 6 \sim 8\text{mm}$ 钢筋网	—	8~10	35
V	锚杆长 $L=2.0 \sim 2.5\text{m}$ 间距 $1.0\text{m} \times 1.0\text{m}$	$\Phi 6 \sim 8\text{mm}$ 钢筋网	I14 钢架, 间距 100cm , 根据需要设置	10~20	35
VI	锚杆长 $L=2.5 \sim 3\text{m}$ 间距 $0.6\text{m} \times 0.8\text{m}$	$\Phi 8\text{mm}$ 钢筋网	I16 钢架, 间距 $60\text{cm} \sim 80\text{cm}$	22~26	40
注: VI 级围岩地段必要时应进行特殊设计, 应采用辅助施工措施, 加固围岩。					

11.4.3 车行横通道与隧道主洞连接处, 车行横通道与行车向左前夹角宜不小于 60° , 便于车辆进入横通道。考虑反方向救援, 可每隔 $1500\text{m} \sim 2000\text{m}$ 设置 1 处反方向车行横通道, 也可采用垂直连接, 但应扩大断面, 利于车辆双向进出。

12 地下风机房

12.1 一般规定

12.1.1 隧道符合下述情况之一, 宜采用地下风机房:

- 地面环境保护要求高, 不能修建养护道路。
- 井口附近周边无道路或修建养护道路工程规模大, 不方便养护。
- 地面场地受限, 且地下围岩相对较好。

12.1.2 地下风机房设计宜符合下列规定:

- 地下风机房应设在围岩和水文条件相对较好的位置, 避开不良地质和特殊地质, 并应与斜井、竖井的位置综合考虑确定。
- 地下风机房洞室纵坡应考虑设备的放置要求和排水要求, 纵坡应根据地下风机房的布置型式综合布设, 纵坡宜取 $1\% \sim 3\%$ 。
- 各洞室间净距不得小于 6m , 宜按照 $8\text{m} \sim 10\text{m}$ 控制, 或按相邻较大洞室 $1/2 \sim 1$ 倍开挖宽度的距离控制。
- 地下风机房布置可参考附录 A 中型式。

12.2 联络风道与送(排)风口

12.2.1 联络风道分为送风联络风道和排风联络风道, 其长度应尽量缩短, 并利于与竖井(斜井)及隧道主洞的连接, 其断面宜采用直墙割圆断面, 断面大小应根据通风计算确定。当作为施工通道时, 其断面还应考虑施工设备所需空间。

12.2.2 送排风口断面大于隧道主洞断面时, 宜将主洞断面扩大, 可采用紧急停车带断面, 长度根据通风计算和风道布置确定。

12.3 洞室设计

12.3.1 地下风机房的洞室包括送（排）风口、联络风道、风机室、配电室、控制室、检修（逃生）通道、设备搬运通道、排烟道等，洞室断面设计可按下列要求确定：

- a) 各洞室断面宜采用直墙割拱断面，在地质条件差时，采用曲墙型断面。
- b) 断面净空需要考虑必要的照明配电设施、设备、车辆等的净空要求确定，洞室内轮廓应满足使用要求后预留 10cm~20cm 的富余量，不得扩大断面。
- c) 管理洞室包括检修通道、逃生及出入通道、联络通道，内轮廓宜预留不小于 10cm 的富余量。
- d) 设备洞室包括风机室、变电室、配电室、设备搬运通道，内轮廓宜预留不小于 20cm 的富余量。

12.3.2 地下风机房可按小净距洞室设计，应符合下列要求：

- a) 宜采用复合式衬砌，支护参数可采用工程类比设计、理论分析进行验算。
- b) 设计应考虑相应的施工方法，并提出各类方法的具体要求。
- c) 设计与施工应遵循“少扰动、早加固、勤量测、快封闭”的原则，对中间岩柱的稳定加强监测，及时加固。
- d) 小净距洞室监控量测应根据不同围岩级别制定监测方案。应把中间岩柱稳定、爆破振动对相邻洞室的影响作为监控量测的内容。

12.3.3 为确保地下风机房小净距洞室的安全，应对相邻双洞最大临界震动速度按净距、围岩级别、支护实施阶段分别进行控制，最大临界震动速度可通过试验确定，无资料时可按现行《爆破安全规程》（GB 6722）取值。

12.4 衬砌结构

12.4.1 地下风机房衬砌宜采用复合式衬砌；衬砌设计参数可根据地下风机房规模，采用工程类比或计算确定。当有吊装设备时，二次衬砌应能承受设备吊装荷载。设备安装有特殊要求时，应做特殊设计。

12.4.2 风道的衬砌设计参数可按斜井衬砌设计参数取值。

12.4.3 衬砌应设置仰拱，铺底采用厚度不小于 20cm 的 C30 以上混凝土，铺底铺纵横间距 10cm~15cm 的直径 12mm 的钢筋网。

12.5 防排水设计

12.5.1 地下风机房各相关洞室高程设计应保证排水系统通畅，汇入隧道主洞排水系统中。

12.5.2 应设置中心水沟及检查井、纵向和环向排水管、防水板，对衬砌构造缝采取可靠的防水措施。

12.5.3 风道、地下风机房防排水应满足使用要求，排水边沟坡度不应小于 0.3%。

12.6 风道与隧道主洞交叉

12.6.1 风道跨越隧道主洞交叉设计应符合下列规定：

- a) 上跨洞室底距下方洞室顶间净距离 L 应不小于 6m。
- b) 衬砌结构设计需考虑爆破震动影响和相关洞室的安全。
- c) 施工开挖宜先施工隧道主洞，后施工风道。

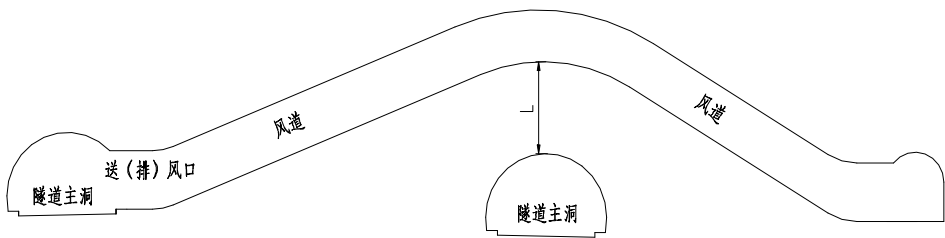


图 2 风道跨越隧道主洞设计

12.6.2 风道与隧道主洞交叉段一体化结构设计应符合下列规定：

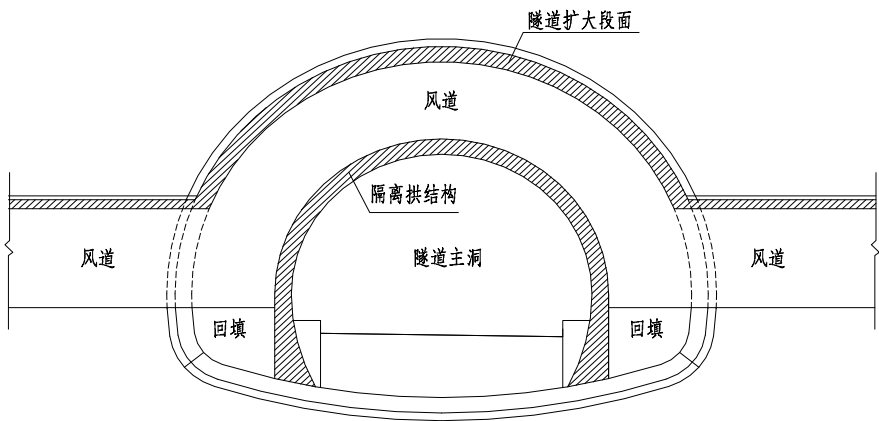


图 3 风道与隧道主洞交叉段一体化结构设计

- a) 隧道应扩大，并根据风道面积确定隧道断面。
- b) 隧道衬砌应采用复合式衬砌，并加强结构。
- c) 隔离拱结构可采用 40cm~60cm 厚钢筋混凝土结构。
- d) 风道断面过渡段回填可采用 C15 片石混凝土或 C15 混凝土。
- e) 机电设备控制洞室应调整位置避开交叉处。

13 交叉口

13.1 横通道交叉口

13.1.1 横通道与隧道主洞连接交叉口，横通道净宽大于 3.0m 且围岩相对较差时宜采用钢筋混凝土结构。

13.1.2 净宽大于 3.0m 的车行横通道、风道等与隧道主洞的交叉段衬砌结构均应加强。衬砌加强段应向各交叉洞延伸，主洞延伸长度不小于 5.0m，横通道与风道延伸长度不小于 3m。净宽小于 5m 的横通道在 I~Ⅲ级围岩交叉口可不加强。

13.1.3 人行横通道、消防设备洞、控制柜洞室等净宽小于 3.0m 的洞室，与隧道主洞在边墙部位相交，可采用二次衬砌局部配筋加强结构。

13.2 风道交叉口

13.2.1 排风口宜设置于隧道侧边墙，其底面宜与隧道检修道平齐，排风方向宜与隧道轴向垂直，断面

大小计算确定，排风口面积不宜大于隧道面积，否则应局部扩大隧道断面。

13.2.2 送风口宜设置于隧道拱部，送风方向宜与隧道轴向一致，断面大小计算确定；其断面面积小于 15m^2 时，可采用扩大拱部断面满足要求；当面积大于 15m^2 时，可采用扩大隧道断面。应防止送排风口短道之间风的串流，短道长度应不小于50m。

14 路基、路面及其它设施

14.1 路基

14.1.1 辅助通道路基应满足稳定、密实、匀质的要求，为路面结构提供可靠的支承。

14.1.2 辅助通道设置仰拱时，仰拱的填充材料可采用混凝土或片石混凝土，其强度等级不应低于C15；不设仰拱时，路基应置于稳定的岩石地基上。

14.1.3 斜井、平行通道、横洞、地下风机房等辅助通道内宜设完整的中心水沟排水系统，如条件限制或泄水量不大时可采用侧式水沟。排水系统有环向排水盲管、纵向排水盲管、横向导水管和中心水沟。横向导水管应位于衬砌基础和隧道路面的下部，是纵向排水盲管与中心水沟的连接通道。中心水沟是隧道排水系统中的汇集排水设施，将隧道衬砌背后渗水汇集排走。

14.1.4 对不设仰拱的洞室，其排水系统应使地下水位不高于路基顶面以下30cm。在季节性冰冻地区，地下排水系统应符合现行《公路路基设计规范》（JTG D30）中防冻深度的要求。

14.2 路面

14.2.1 辅助通道路面设计应符合下列规定：

- a) 辅助通道路面应结合使用功能、路基承载能力、环境条件、材料供应情况、气候条件、施工条件、全寿命周期费用分析等因素选择路面类型、路面结构层次和厚度。
- b) 辅助通道路面除应有足够的强度、耐久性，符合路面的抗滑、耐磨、排水及平整度等技术指标要求外，应具有较好耐水性能，宜采用水泥混凝土路面。
- c) 采用水泥混凝土路面时，应采取措施提高其抗滑和降噪性能，面层参照基层设计。
- d) 不设仰拱的辅助通道路面结构宜设整平层、基层和面层；设仰拱的辅助通道路面可只设面层。
- e) 水泥混凝土路面结构可靠度设计标准、材料性能和结构参数及变异水平、设计方法、标准
- f) 轴载、材料组成和性质参数均应符合现行《公路水泥混凝土路面设计规范》（JTG D40）中规定。
- g) 岩石路基的整平层水泥混凝土的弯拉强度值应与基层相同，厚度不宜小于150mm。

14.2.2 辅助通道内路面整平层应符合下列规定：

- a) 岩石基底开挖过程中，超挖或欠挖部分应采用素混凝土进行整平。
- b) 整平层应具有符合设计要求的刚度和抗冲刷能力。
- c) 整平层厚度宜为150mm~200mm，其抗压强度不低于20MPa，弯拉强度不低于1.8MPa。
- d) 整平层与基层材料相同时，可与基层同时浇筑。

14.2.3 辅助通道内路面基层应符合下列规定：

- a) 基层应具有符合设计要求的刚度、抗冲刷能力和耐久性。
- b) 基层宜采用素混凝土或碾压混凝土，适宜的厚度范围为150mm~200mm。

- c) 当素混凝土基层弯拉强度值超过 1.8MPa 时，应设置与水泥混凝土面层相对应的横向缩缝；一次摊铺宽度大于 7.5m 时，应设纵向缩缝。

14.2.4 辅助通道内水泥混凝土路面面层应符合下列规定：

- a) 辅助通道路面宜采用设接缝的普通水泥混凝土面层。
- b) 普通水泥混凝土面层厚度宜为 150mm~220mm，面层厚度可依据计算厚度以 10mm 的单位向上取整。
- c) 车行横通道路面可采用弯拉强度不小于 4.0MPa 的水泥混凝土面层，厚度可取 180mm~220mm；基层宜与主行车道基层材料保持一致，以方便施工。素混凝土基层设计弯拉强度不小于 3MPa。
- d) 人行横通道路面可不设基层，路面可采用弯拉强度不小于 4.0MPa 的水泥混凝土面层，厚度可取 100mm~150mm。人行横通道路面应干燥并具有较好的防滑性能。
- e) 斜井、平行通道、横洞的路面考虑施工车辆的要求，厚度宜取 180mm~220mm。
- f) 路面面层的强度采用 28d 龄期的弯拉强度控制、设计弯拉强度和混凝土强度等级宜为 C35~C40，弯拉强度标准值 4.0MPa~4.5MPa。
- g) 路面表面构造应采用刻槽、压槽、拉槽或拉毛等方法制作。表面构造深度在使用初期应满足构造深度 0.6mm~0.8mm。表面构造采用刻槽时，平行通道、横洞宜采用纵向刻槽或同时采用纵向和横向刻槽，斜井宜采用横向刻槽或采用横向和纵向均刻槽。

14.3 其它设施

14.3.1 照明

14.3.1.1 辅助通道作为逃生、救援、管养通道时应设置照明，照明应符合现行《公路隧道照明设计细则》（JTJ/TD70/2-01）的规定。

14.3.1.2 斜井、平行通道、横洞作为逃生、救援、管养通道时，照明线可采用管线外挂，利于检修。

14.3.1.3 人、车行横通道灯具应与横通道门实现联动，车行横通道的照明应实现远程控制和现场手动控制，人行横通道照明宜采用感应控制装置。

14.3.1.4 人、车行横通道灯具宜常闭，需用时开启，宜选用显色性较好的光源。

14.3.2 交通工程

14.3.2.1 辅助通道作为逃生、救援、管养通道时，交通工程设计内容包括标志、监控、照明、供配电等。

14.3.2.2 斜井内设线缆管沟时，应布设在送风道一侧。

14.3.3 管养道路

14.3.3.1 管养道路应与地方道路、农用公路相结合，多利用现有道路，应不占耕地。

14.3.3.2 运营通风井口采用地面风机房时，管养道路宜采用 20km/h~30km/h 设计速度四级公路标准设计。

14.3.3.3 管养道路应设置交安设施、标志标线等交通工程设施。

附 录 A
(资料性)
地下风机房布置型式

地下风机房布置型式多样，主要布置型式有风机室与风机垂直布置（图A.1）、风机室与风机平行布置（图A.2）、隧道左右洞通风地下风机房共同布置（图A.3）。

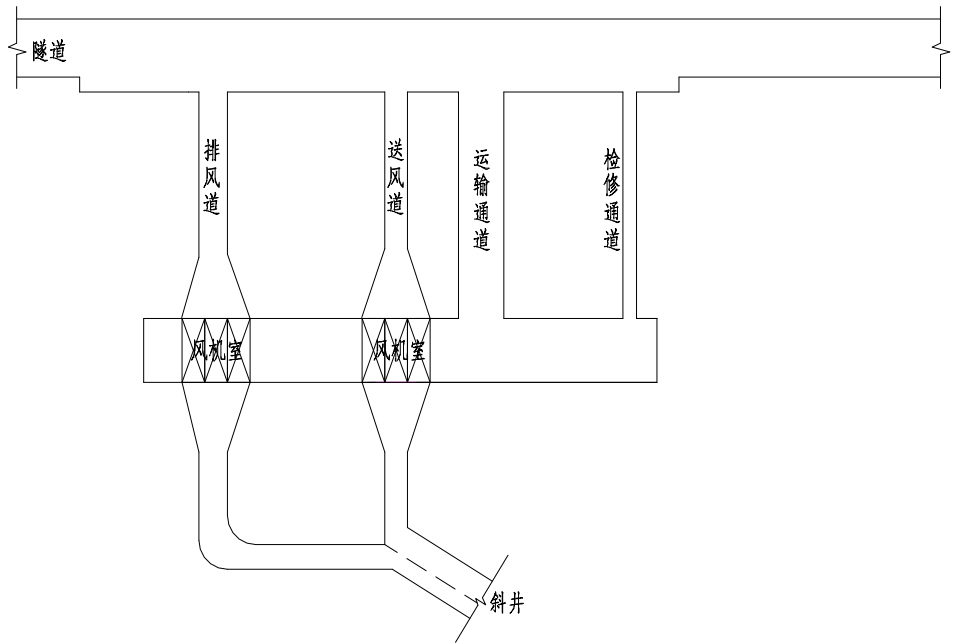


图 A.1 地下风机房布置型式 1（隧道风机室与风机垂直布置）

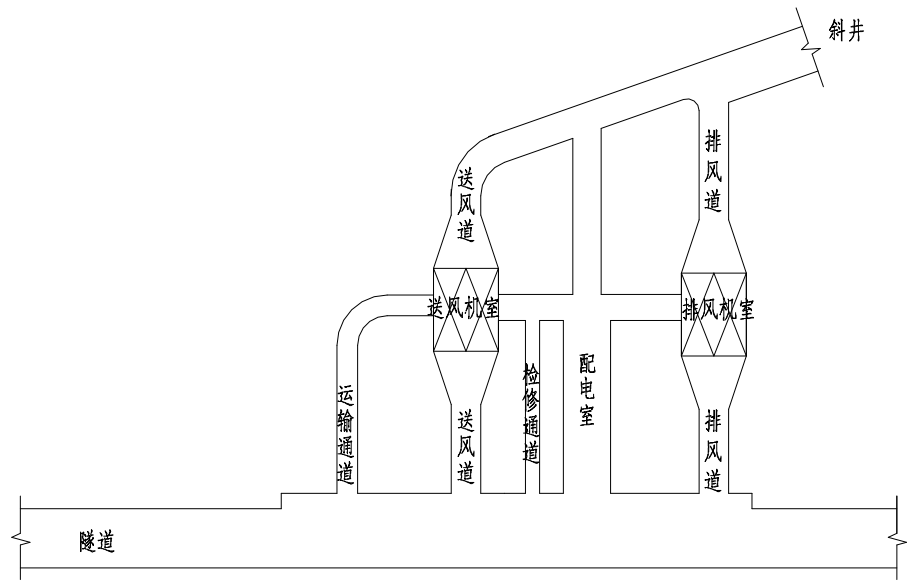


图 A.2 地下风机房布置型式 2（隧道风机室与风机平行布置）

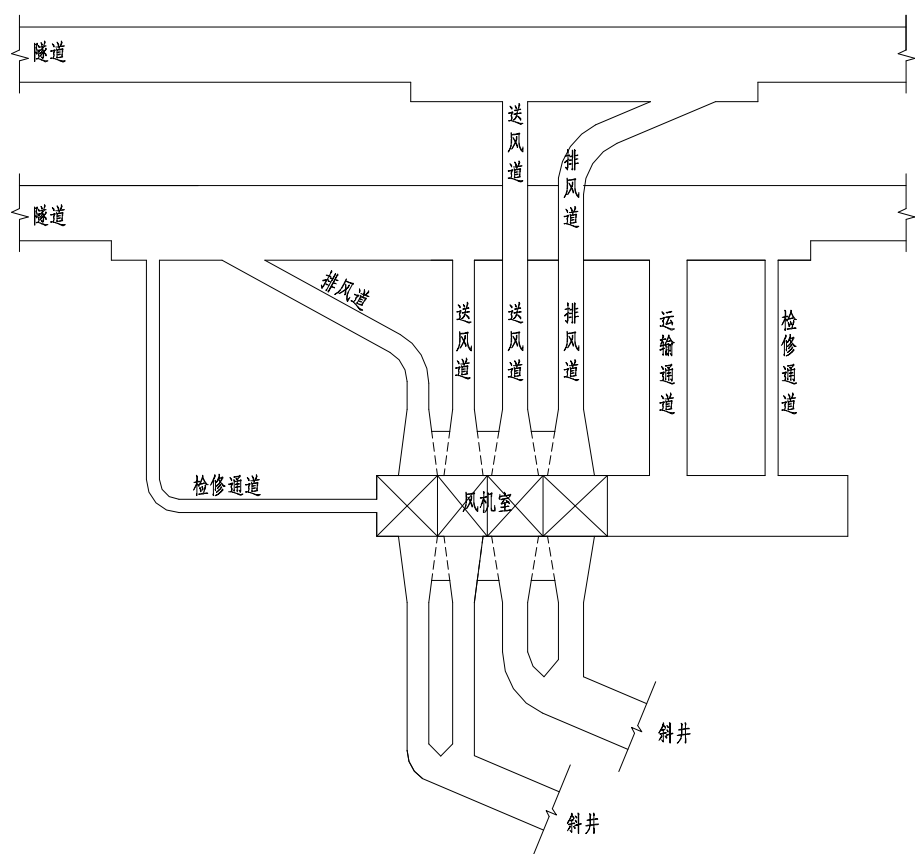


图 A.3 地下风机房布置型式 3（隧道左右洞通风地下风机房共同布置）