

参考答案

第一章思考题

1.隧道的概念是什么？隧道工程的含义是什么？

隧道的概念：是一种修建在地下，两端有出入口，供车辆、行人、水流及管线等通行的工程建筑物。OECD（世界经济合作与发展组织）隧道会议将隧道定义为：以任何方式修建，最终使用于地表以下的条形建筑物，其空洞内部净空断面在 2m^2 以上者均为隧道。

隧道工程的含义：一方面是指从事研究和建造各种隧道及地下工程的规划、勘测、设计、施工和养护的一门应用科学和工程技术，是土木工程的一个分支；另一方面是指在岩体或土层中修建的通道和各种类型的地下建筑物。

2.隧道的分类及其作用。查阅相关资料，试从修建隧道与环保要求方面分析隧道工程的利弊。

一、隧道一般可分为以下几类：

（1）交通隧道：作用是提供运输的孔道。

（2）市政隧道：在城市中为规划安置各种不同市政设施而在地面以下修建的各种地下孔道称为市政隧道。

（3）水工隧道：它是水利枢纽的一个重要组成部分。

（4）矿山隧道（巷道）：在矿山开采中，从山体以外修建一些隧道（巷道）通向矿床而进行开采活动，达到采矿作业的目的。

二、环保要求方面的利弊：从环保来讲，隧道工程对自然生态的影响，主要为废渣和地下水；隧道建设对环境空气的影响，主要为施工时扬起的粉尘；隧道对声环境的影响，主要表现在施工的噪声污染和运营阶段的噪声污染。近年来，隧道的便捷性极大促进了经济的发展，但环境保护问题也应引起足够的重视。

3.浅谈隧道工程现状与发展趋势。

工程现状：新奥法施工理念的提出和应用，以可靠度理论为基础的概率极限状态设计法引入隧道结构计算，使得隧道设计施工理念不断得到补充和完善。实践表明，我国已经能够在各种不良地质条件下修建隧道。在城市隧道建设中，普遍开始使用机械盾构法施工。

发展趋势：未来不仅要完善超前探测仪器的性能，而且要进一步提高预报地

质条件的判断水平。同时未来要加大对隧道环境和地质现场的量测及实验，以找出符合实际的计算模型和理论；施工方面，要进一步提高开挖技术和支护方法，配备完善的施工机械。最终提高到无人进洞施工，洞外遥感的高度安全化，实现质量高、速度快、浪费少、造价低的目的。

4.简要说明近年来我国在隧道工程方面的突出成就。

我国在隧道工程方面，成就突出，创新了多种理念和技术，主要有：①高地应力硬岩隧道建设技术；②高地应力软岩隧道建设技术；③高寒高海拔特长公路隧道建设技术；④高地温隧道建设技术；⑤超大断面山岭隧道建设技术；⑥复杂环境沉管隧道建设技术；⑦超大直径盾构隧道建设技术；⑧马蹄形盾构隧道建设技术；⑨穿越敏感环境隧道建设技术。

5.谈谈“双碳背景下”如何减少隧道工程对城市建设的影响。

（1）隧道施工废水对地下水、生态环境的影响

一般来说施工产生的废水已被油脂污染，而且又被混凝土或喷射混凝土所产生的碱性污染物污染，所以常常是强碱性的。这些废水会污染附近的河流，进而污染饮用水。治理的方法是将废水收集，送到污水处理池，经过反复沉淀、除油，必要时进行消毒处理，直至对人类及环境无害，并达到再利用的目的。

（2）弃碴的环境问题

在弃碴过程中，环保意识较差，往往会出现乱倒、乱弃废碴的问题。治理的方法是设计过程中，根据地形、地貌合理规划弃碴场，提出相应的防止水土流失、覆盖土绿化、挡墙等技术措施；合理利用科技手段、技术力量对隧道开采物实行动态管理；同时对弃渣可做填土等合理利用。

（3）隧道施工时烟尘、有害气体以及噪音的影响

隧道内大型机械如装载机、挖掘机、自卸汽车、凿岩台车、发电机等排放的有害物质，同时产生巨大噪音。治理的方法是增加施工机械通风量；水幕降尘把水雾化成湿水滴喷射到空气中，使之与空气中的粉尘碰撞；增加排气净化器等；对隧道施工噪音的对策是在洞口等设置隔音门；定期保养维护机械，以减少因机械故障等原因产生的附加噪声与震动。

6.思考沉管隧道工程设计、施工的重点、难点，以及港珠澳大桥对粤港澳大湾区交通、经济发展的作用。

(1) 沉管隧道施工方法：施工时先在隧址以外建造临时干坞，在干坞内制作钢筋混凝土的隧道管段，两端用临时封墙封闭起来。制成后向临时干坞内注水，使管段逐节浮出水面，并用拖轮托运到指定位置。这时于设计隧位处，已预先挖好一个水底沟槽。待管段定位就绪后，向管段里注水压载，使之下沉至指定的位置，然后把这些沉设完毕的管段在水下连接。最后进行基础处理，经覆土回填后，便建成了沉管隧道。

(2) 设计、施工的重点和难点：沉管结构计算和配筋；沉管的防水措施；变形缝与管段接头设计；沉管基础处理。

(3) 对交通、经济发展的作用：大桥加速粤港澳大湾区经济一体化，推进粤港澳大湾区航道、港口和道路的统一规划，城市之间经济、制度、信息等资源的共享；一桥飞跨珠江口，连接香港、澳门、珠海，打造港珠澳 3 小时经济圈；大桥增强粤港澳大湾区的区域竞争力。

7.思考川藏铁路建设的意义及建设过程中面临的挑战与机遇。

一、川藏铁路建设的意义：建设川藏铁路，不仅有利于保障国防安全，维护国家统一，而且有利于经济发展又有利于藏族青年大规模融入现代社会，成为带动藏区传统社会转型的主力军；同时有利于少数民族与汉族广泛接触和深入交流的旅游、休闲、文化等产业，不但能够使藏族群众共享发展成果，而且有利于民族融合，加快社会进步。

二、面临的挑战与机遇：由于沿线地貌陡峻，新构造运动强烈，中强地震频发，地质环境极其复杂，活动断裂带、高地应力、地热和冻土等不良地质极为发育，川藏铁路在建设与安全运营过程中将面临多种工程地质问题，主要包括浅表层崩塌、滑坡、泥石流、冻土边坡破坏、冰湖溃决以及深埋隧道高地温、冻害、突水突泥、塌方冒顶、软岩大变形、岩爆等地质灾害，为铁路工程设计和建设的世界级难题。

第二章思考题

1.如何确定公路隧道的位置或如何进行公路隧道选址?

公路隧道位置的选择,包括洞身和洞口位置两项,主要考虑地形、地质的影响,首先排除显著不良地质段,按地形条件拟定隧道及接线方案,再进行深入的地质调查,综合各方面因素,选定隧道位置。隧道位置选择,应遵循以下原则:

(1) 在地形、地貌、地质、气象、社会人文和环境等调查基础上,综合比选隧道各轴线方案的走向、平纵线形、洞口位置等,提出推荐方案。地质条件很差时,特长隧道的位置应控制路线走向,以避免不良地质地段。长隧道位置也应尽可能避开不良地质地段,并与路线走向综合考虑;中、短隧道可服从路线走向。

(2) 根据公路等级和设计速度确定车道数和建筑限界。在满足隧道功能和结构受力良好的前提下,确定经济合理的断面内轮廓。隧道内外平、纵线形应协调,满足行车的安全、舒适要求。

(3) 根据隧道长度、交通量及其构成、交通方向以及环保要求等,选择合理的通风方式,确定通风、照明、交通监控等机电设施的设置规模。必要时特长隧道应做防灾专项设计。

(4) 应结合公路等级、隧道长度、施工方法、工期和营运要求,对隧道内外防排水系统、消防给水系统、辅助通道、弃渣处理、管理设施、交通工程设施、环境保护等作综合考虑。

(5) 当隧道与相邻建筑物互有影响时,应在设计与施工中采取必要的措施。

2.公路隧道洞口位置选择的一般原则与基本要求是什么?

一、洞口位置选择的一般原则:应综合考虑洞口地形、地质条件、有关工程及施工条件、营运要求和周围环境保护,通过技术、经济等因素比较确定,也不能仅考虑经济问题。同时,对洞口边坡和仰坡的稳定性应着重考虑,总结出“早进晚出”的原则。

二、基本要求:

(1) 隧道洞口的边坡及仰坡必须保证稳定。

(2) 洞口位置应设在山坡稳定、地质条件较好、地下水不太丰富及排水有利处。

(3) 洞口位于悬崖陡壁下时，不宜切削原山坡，避免扰动坡面和破坏地表植被及暴露风化破碎岩层。

(4) 跨沟或沿沟进洞时，应考虑水文情况，结合防排水工程，洞口不宜设在沟谷低洼汇水处。

(5) 应使隧道轴线与地形等高线正交，使洞口结构物受力条件好，避免斜交进洞时存在偏压作用。

(6) 当洞口地形平缓时，一般也应早进洞晚出洞。

(7) 洞口位置确定以后，还要考虑施工场地的布置。

(8) 洞口附近有地面建筑及地下埋设物时，考虑提前进洞，尽可能减少附近地面建筑物、地下埋设物与隧道的相互影响，必要时采取防范措施。

(9) 河水漫坡地段的洞口位置，应结合洞外路堑地质、弃渣、排水及施工等因素综合分析确定，避免洪水侵入隧道。

3.公路隧道净空、建筑限界及衬砌内、外轮廓线的含义是什么？

隧道净空：是指隧道衬砌内轮廓线所包围的空间，包括隧道建筑限界、通风、照明及其他所需面积。

隧道建筑限界：保证隧道内各种交通的正常运行与安全，而规定在一定宽度和高度范围内不得有任何障碍物的空间范围。

衬砌内轮廓线：它是指衬砌在隧道净空内的完成线，在内轮廓线之间的空间即为隧道的净空断面。

衬砌外轮廓线：为保持隧道净空断面的形状，衬砌必须有足够厚度（或称衬砌最小厚度）的外缘线，该线也称为最小开挖线。

4.单行隧道与双行隧道如何设置？双行隧道的间距如何选取？

设置单行还是双行隧道，主要取决于公路运营的交通量、公路等级以及地质条件；由于地质条件的关系，隧道宽度过大则不经济，施工也增加难度，所以开挖面积通常在 100m^2 以下。高速公路和一级公路一般设计为上、下分离的两座独立的双行隧道。

对于双行隧道，其最小间距取决于围岩类别、断面尺寸、施工方法和爆破振动等因素。分离式独立双洞的最小净距如下：

围岩级别	I	II	III	IV	V	VI
------	---	----	-----	----	---	----

最小净距	1.0B	1.5B	2.0B	2.5B	3.5B	4.0B
/m						

注：B 为隧道开挖断面的宽度。

5.公路隧道行车道两侧设置路缘带与余宽的目的与要求是什么？

路缘带目的：保证驾驶员视线，增加行车安全；为行车道提供一部分必须的侧向净空，保证行车道的充分使用。要求：高速公路和一级公路左侧应设置 0.5m 宽的路缘；当设置有左侧路肩时，也应设置 0.5m 左侧路缘带。

余宽目的：为了消除或减弱隧道边墙给驾驶员带来与之冲撞的心理效应，保证一定车速下安全通行。要求：高速公路和一级公路设计速度为 120km/h 时，余宽为 0.5m，其他条件下为 0.25m。

6.隧道勘测设计文件的内容和组成是什么？

勘察文件的内容有：①沿线隧道概况及自然概况；②地形、地貌、工程地质、水文地质情况；③气象、环境和有关政策法规；④隧道线路方案比较说明，采用方案的理由，隧道方案的比选情况和在设计中应注意的事项；⑤详细介绍现有的施工条件，包括施工场地情况、工程动力设备、电力通信、给排水道、施工便道、弃渣场、水源、建筑材料来源及对附近建筑物或环境的影响关系等；⑥对隧道营运阶段通风、照明和防排水方式的选择建议；⑦存在的问题及解决问题办法的建议，有关协议和会议纪要等。

设计文件的内容有：①隧道设计说明书；②隧道表及其工程数量表；③隧道平面、纵断面图和隧道地质平面布置图；④隧道上下行线纵断面图；⑤公路隧道净空横断面（横洞）图；⑥隧道上下行线洞口、洞门出口一般构造图；⑦隧道支护结构构造图；⑧隧道防排水构造图；⑨隧道风机平面布置与进出口转向车道平面布置图；⑩隧道洞口、横洞及洞身照明平面布置图；⑪隧道电器负荷及材料表；⑫洞内消防设施平面布置图以及消防给水系统设计图；⑬明洞纵、横断面设计图和辅助坑道结构设计图；⑭隧道附属建筑物的结构设计图；⑮交通监控与交通管理系统结构设计图；⑯隧道工程设计概预算图表资料；⑰有关协议和会议纪要等。

7.查阅相关资料，试分析雀儿山隧道建设过程中所遇到的不良地质情况，说明设计、施工是如何解决这些工程难题的。

雀儿山隧道的修建，具有“海拔高、地应力高、地震烈度高”及“气温低、含氧量低、气压低”等特点，隧道穿越 4 条大断层，地质条件极其复杂，易发生坍塌、涌水、岩爆等地质灾害。

为解决这些困难，该项目在设计和施工阶段，应用了以下新概念和新技术：

（1）创新了高海拔寒区隧道选线方法以及抗防冻关键技术：提出了高海拔隧道基于气象要素的选线设计理念，形成了“衬砌内贴保温层+洞口防雪透光棚”综合抗防冻设计方法。

（2）创新了高海拔“三低”环境下隧道作业人员健康保障体系：提出了基于海拔高度与人员劳动强度的高海拔隧道施工供氧标准，开发了基于穿戴设备的人员机体健康实时监控系統。

（3）创新了高海拔“三低”环境下隧道作业机械效能保持应用方法：制定了适用于海拔 5000 米的隧道通风计算新标准，构建了“富氧+涡轮增压”的双控组合机械效能提升方法，提出了特长大隧道分阶段掘进通风方案。

（4）创新了高海拔隧道建造的绿色发展理念：研发了天然温泉循环的隧道洞内外路面冰害自防系统，率先实践隧道弃渣回收、隧区植被恢复技术，实现绿色建造。

第三章思考题

1. 隧道衬砌有哪些种类？各有什么特点？

隧道衬砌可分为喷锚衬砌、整体式衬砌、复合式衬砌、装配式衬砌、连拱式衬砌这几类。

（1）喷锚衬砌：喷射混凝土支护可以起到封闭岩面，防止风化松动，填充坑凹及裂隙，维护和提高围岩的整体性，发挥围岩自身的承载作用和调整围岩应力分布，防止应力集中，控制围岩变形，防止掉块、坍塌的作用。

（2）整体式衬砌：整体式衬砌是传统衬砌结构形式中，该方法不考虑围岩的承载作用，主要通过衬砌的结构刚度抵御地层的变形，承受围岩的压力。

（3）复合式衬砌：复合式衬砌是由初期支护和二次衬砌及中间防水层组合而成的衬砌形式。其结构稳定，防水和衬砌外观均能满足公路隧道使用的基本要求，适合多种地质条件，技术较为成熟，是目前公路隧道最好的衬砌结构形式。

(4) 装配式衬砌：装配式衬砌由工厂或现场预先成批生产运入坑道内，用机械手将它们拼装成一环接着一环的衬砌，不影响施工进度。

(5) 连拱式衬砌：连拱隧道就是将两隧道之间的岩体用混凝土取代，或者说是将两隧道相邻的边墙连接成一个整体，形成双洞拱墙相连的一种结构形式。

2.公路隧道常见的洞门形式有哪些？它们的适用条件是什么？以端墙式洞门为例，说明洞门设计要点。

常见的洞门形式有环框式、端墙式、翼墙式、柱式、台阶式、削竹式、遮光棚式、缓冲式等。

(1) 环框式洞门：适用于洞口岩层坚硬而稳定(I级)围岩，地形陡峻而又无排水要求。

(2) 端墙式洞门：适用于地形开阔、岩层稳定的I~III级围岩地区。

(3) 翼墙式洞门：适用于IV级及以下的围岩，山体水平推力较大时，翼墙与端墙共同作用，以抵抗山体水平向推力，增加抗滑动抗倾覆的能力。

(4) 柱式洞门：适用于当地形较陡，地质条件较差，仰坡有下滑的可能性，但受地形或地质条件限制，不能设置翼墙时，可以在端墙中部设置两个断面较大的柱墩，以增加端墙的稳定性的。

(5) 台阶式洞门：适用于当洞门处于傍山侧坡地区，洞门一侧边坡较高时，为减小仰坡高度及外露坡长，可以将端墙一侧顶部改为逐步升级的台阶形式，以适应地形的特点。

(6) 削竹式洞门：适用于当隧道洞口段有一节较长的明洞衬砌时，由于洞门背后一定范围内是以回填土为主，山体的推滑力不大。

(7) 遮光棚式洞门：适用于当洞外需要设置遮光棚时，其入口通常外伸很远。

(8) 缓冲洞门：适用于高速铁路隧道，为减缓高速列车的空气动力学效应，一般设洞口缓冲段，同时兼做隧道洞门。

端墙式洞门设计要点：为了保护岩土体的稳定性和使车辆不受崩塌、落石等威胁，确保行车安全，应根据实际情况，选择恰当合理的洞门形式。洞门可以拦截、汇集地表水，并沿排水渠道排离洞门进入道路两侧的排水沟，防止地表水沿洞门漫流。洞门上方女儿墙应有一定高度。端墙的构造一般是采用等厚的直墙，

直墙圬工体积比其他形式都小，而且施工方便。墙身微向后倾斜，斜度约为 1:0.1。

3.什么是明洞？它有哪些类型？各自适合哪种场合？

明洞是指采用明挖法修建的隧道。结构类型可分为拱式明洞、箱形明洞和棚洞三类。

(1) 拱式明洞适用作洞口接长衬砌的明洞，多选用拱式明洞。拱式明洞结构坚固，可以抵抗较大的推力，其适用的范围较广。

(2) 棚式明洞适用在当路线外侧地形狭窄或外侧基岩埋藏较深，设置稳固的基础工程大时，或者是当山坡的塌方、落石数量较少，山体侧向压力不大，或因受地质、地形限制，难以修建拱式明洞时。

(3) 箱形明洞适用在明洞净高、建筑高度受到限制、地基软弱的地方。

4.明洞基础和洞顶填土有什么要求？

一、明洞基础要求：明洞衬砌基础和隧道衬砌基础一样，应置于稳固的地基上。为防止侧沟及铺底施工开挖时影响边墙地基稳定，明洞基础底标高不宜高于隧道侧沟沟底标高或路面基层标高。当基岩埋深较浅时，基础可设置于基岩上；当基础位于软弱地基上时，可采用仰拱、整体式钢筋混凝土底板，也可采用桩基、扩大基础、基础加深和地基加固处理等措施。

二、洞顶填土要求：明洞拱背回填应在外模拆除、防水层和排水盲管施工完成后进行。人工回填时，拱圈混凝土强度应不小于设计强度的 75%。机械回填时，拱圈混凝土强度应不小于设计强度；明洞两侧回填水平宽度小于 1.2m 的范围应采用浆砌片石或同级混凝土回填；回填料不宜采用膨胀岩土；明洞土石回填应对称分层夯实，分层厚度不宜大于 0.3m，两侧回填高差不应大于 0.5m，回填到拱顶以上 1.0m 后，方可采用机械碾压。回填土压实度应符合设计规定；单侧设有反压墙的明洞回填应在反压墙施工完成后进行；回填时不得倾填作业；明洞回填时，应采取防止损伤防水层的措施；洞门顶排水沟砌筑在填土上时，应在夯实后砌筑。

5.隧道内通风有哪些形式？各有什么特点？

隧道内通风形式有自然通风、纵向式通风、全横向式通风、半横向式通风等。

(1) 自然通风：利用洞内的自然风（由洞口间的温度差、大气压力差引起）和列车运行引起的活塞风以达到通风的目的，简单，节能。

(2)纵向式通风:认为隧道内沿纵向流动的气流从入口至出口都是匀速的。这种通风方式使得空气的污染物含量由入口向出口方向成直线增加。

(3)全横向式通风:压入通风渠设有系列的出风口,把新鲜空气在均匀的间隔上吹到隧道中去,隧道内的污浊空气则从吸出风渠的系列进风口吸出洞外,隧道内基本上不产生沿纵向流动的风,只有横方向的风流动。

(4)半横向式通风:可使污染物含量大体上接近一致,新鲜空气经送风管吹向汽车的排气孔高度附近,直接稀释汽车排放的废气。污染空气在隧道上部扩散,经过两端洞口排出洞外。

6.隧道照明区段如何划分?

隧道的照明区段划分:沿纵向可以分为洞口接近段、入口段、过渡段、中间段、出口段以及洞口接近段五个区段。

7.隧道防排水的原则是什么?

隧道防排水设计,应根据“防、排、截、堵结合,因地制宜,综合治理”的原则,采取切实可靠的设计、施工措施,达到防水可靠、排水畅通、经济合理的目的。

8.秦岭终南山公路隧道附属建筑设施的设置有那些创新。

终南山隧道附属建筑设施的设置上的创新,体现在通风建筑物设置、照明设施设置两个方面。

(1)运营通风建筑物方面:秦岭终南山特长高速公路隧道首次采用了三竖井分段纵向式运营通风模式;纵向通风分区长度突破至4~5公里;成功解决了井底送风分流、排风合流、送风口喷嘴、机房环控及防灾等系列技术难题。三竖井分段纵向式运营通风模式是隧道3个竖井把隧道分为4段,从西安到安康方向,通风区段长度分别为:3781m、4461m、4948m、4830m。竖井高度分别为191m、664m、392m,井径分别为10.8m、11.2m、11.5m。

(2)运营照明设施方面:首次在世界高速公路隧道中设置特殊灯光带,在18公里的隧道沿线每间隔4.5公里设置了特殊灯光带,每座隧道设有3处特殊灯光带,以提供不同的视觉场景,从感觉上将18公里的长隧道分成了4个短隧道,从而调节驾驶人的视力,减少疲劳,这种具有人性化的灯光景观设计在世界高速公路上为第一次设计。

第四章思考题

1.岩石的物理力学指标有哪些?什么是岩石的流变性和蠕变性?

岩石的物理力学指标：岩石的重度、岩石的空隙性、岩石的吸水性、岩石的软化性、单轴抗压强度、三轴压缩强度。

岩石的流变性：岩石在力的作用下发生与时间相关的变形性质，包括蠕变、松弛和弹性后效。

岩石的蠕变性：岩石在应力恒定的情况下变形随时间发展的现象。

2.决定隧道围岩稳定性的因素有哪些?如何认识这些因素的影响?

决定围岩稳定性的主要因素有：岩石的坚硬程度、岩体的完整状态、结构面性质、初始应力状态、地下水状况等。在综合各个因素的影响下，先得出 BQ 初步分级，再根据修正参数计算[BQ]，从而得出围岩级别，进而判断围岩的物理力学参数及自稳能力。

3.形变压力、松动压力各在何种场合下应用?简述围岩松动压力的松动过程。如何利用太沙基理论确定公路隧道围岩压力?

松动压力一般应用于V级及VI级围岩产生的围岩压力，当IV级围岩岩体结构面胶结不好时，也可能产生松动压力。

形变压力一般应用于IV级以下围岩，是围岩变形对支护结构施加的接触压力。

松动压力形成过程：由于拉裂塌落、块体滑移及重力坍塌，岩石在有限范围内脱落，在自重作用下，施加在支护衬砌上的压力。

太沙基理论确定围岩压力：太沙基将岩土体视为松散体，认为支护受到上覆地压作用时，岩石破裂面可以近似为铅直的平面，滑移面从隧道底面以 $45-\varphi/2$ 的角度倾斜，根据微元体平衡，通过应力传递原理，推导出隧道围岩压力。

4.某隧道深埋段穿越 IV 级围岩，其开挖尺寸为：净宽 7.4m,净高 8.8m,围岩的天然重度 $\gamma=$

21.0kN/m³,试确定围岩的松动压力值?

坍塌拱高度 $h=0.45 \times 2^{S-1} \times [1+i(B-5)] = 0.45 \times 2^{4-1} \times [1+0.1 \times (7.4-5)] = 4.46\text{m}$,
垂直均布压力 $q=\gamma h=21.0 \times 4.46=93.74\text{kPa}$, 水平均布压力 $e=(0.15 \sim 0.3)$
 $q=14.06 \sim 28.12\text{kPa}$ 。

5.为什么要进行围岩分级?怎样进行围岩分级?

围岩分级的原因: 围岩分级是正确进行隧道设计和施工的基础, 可用于计算结构荷载、得出围岩压力、明确衬砌结构的类型及尺寸、制定劳动定额和材料消耗标准等, 也有利于科学管理项目进程、正确评价经济效益。

围岩分级的方法: 采用两步分级综合评判; 首先, 根据岩石的坚硬程度和岩体完整程度, 计算围岩基本质量指标 BQ , 进行初步分级。然后, 在岩体基本质量分级基础上, 考虑修正因素的影响 (如地下水、软弱结构面产状、初始应力状态等), 按修正后的围岩基本质量指标 $[BQ]$, 结合岩体的定性特征综合评判, 确定围岩的详细分级。

第五章思考题

1.简述隧道支护体系的形成过程及其对应的力学状态。

隧道支护体系的形成过程是通过一定的施工过程或者说是一定的力学过程来实现的。这个过程大体上可做如下表述：原始围岩开挖形成毛洞，支护后形成支护体系，一段时间后形成稳定隧道。相应的力学状态可表述为：初始应力开挖后形成二次应力，支护后形成三次应力，一段时间后形成四次应力。

2.隧道工程的受力有哪些特点?隧道的计算模型有哪些?

隧道工程的受力特点包括以下几点：

(1) 隧道工程是在自然状态下的岩土地质中开挖的，隧道周边围岩的地质环境对隧道支护结构的计算起着决定性作用。

(2) 隧道支护结构周围的围岩不仅对支护结构产生荷载，而且它本身是一种承载体，隧道开挖后的围岩压力是由围岩和支护结构共同来承载的。

(3) 作用在支护结构上的荷载受到施工方法和施工时间的影响。

(4) 与地面结构不同，隧道工程支护结构安全与否，既要考虑到支护结构能否承载，又要考虑围岩是否失稳。

按衬砌与地层相互作用方式的不同，计算模型主要有荷载-结构模型和地层-结构模型两种。

3.什么是支护和围岩特性曲线?它的主要作用是什么?

支护特性曲线：在已知支护结构的刚度后，根据算式即可画出支护结构提供约束的能力和它的径向位移 u_s/r_0 的关系曲线。支护结构所能提供的支护阻力是随支护结构的刚度而增大，所以，这条曲线又称为“支护补给曲线”，或称为“支护特性曲线”。

围岩特性曲线：为了进一步理解围岩与支护的共同作用，将围岩位移曲线与支护特性曲线放在同一坐标系统上来考察，由此得到的曲线图称为支护特性曲线与围岩特性曲线关系。表明了围岩在洞室周边所需要提供的支护阻力及其周边位移关系。

4.隧道结构计算考虑的主要荷载有哪些?

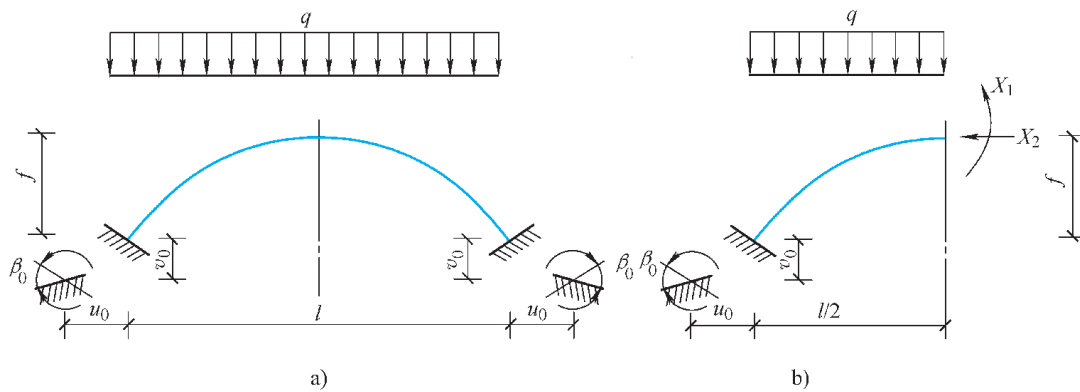
隧道结构所承受的荷载，根据其作用特点及使用中可能出现的情况，可以分为永久荷载、可变荷载、偶然荷载三类。

(1) 永久荷载：是指长期作用的荷载，主要包括围岩压力、土压力、结构自重、结构附加恒载、混凝土收缩和徐变的影响力及水压力。

(2) 可变荷载：在设计使用期内，其值随时变化，且其变化与平均值相比，是不可忽略的荷载。可变荷载又分为基本可变荷载和其他可变荷载。

(3) 偶然荷载：偶然荷载是指在设计使用期内，不一定出现，但一旦出现其值很大且持续时间较短的荷载，如落石冲击力、地震力等。

5. 画出半衬砌结构的计算简图、基本结构并简述其内力计算主要步骤。



a) 计算简图 b) 基本结构

半衬砌结构内力计算的主要步骤：

- (1) 分析半衬砌的实际工作状态，确定计算简图。
- (2) 确定拱圈内力计算的基本方程式，对于荷载和结构对称的情况，取一半分析。
- (3) 计算拱脚位移。
- (4) 计算拱圈的单位变位及荷载变位。

6. 在曲墙式衬砌内力计算中，对抗力分布规律有哪些假定？试分析在该计算中通常不考虑仰拱对衬砌内力影响的原因。

对抗力分布规律按结构变形特征作以下假定：

- (1) 下零点 a 在墙脚。墙脚处摩擦力很大，无水平位移，故弹性抗力为零。
- (2) 上零点 b （即脱离区与抗力区的分界点）与衬砌垂直对称中线的夹角假定近似为 45° 。

(3)最大抗力点 h 个假定发生在最大跨度处附近, 计算时一般取 $ah \approx 2/3 \times ab$, 为简化计算

可假定在曲墙衬砌分段的接缝上。

拱圈和曲边墙作为一个整体按无铰拱计算, 施工时仰拱是在无铰拱业已受力之后修建的, 因此一般不考虑仰拱对衬砌内力的影响。

7.直墙式衬砌内力计算中, 对边墙进行分类的依据是什么? 如何对边墙进行分类计算?

墙顶(拱脚)变位与弹性地基梁(边墙)的弹性特征值及换算长度 $\lambda = ahc$ 有关, 按 λ 可以分为三种情况: 边墙为短梁 ($1 < \lambda < 2.75$)、边墙为长梁 ($\lambda \geq 2.75$)、边墙为刚性梁 ($\lambda \leq 1$)。

(1) 边墙为短梁时, 短梁的一端受力及变形会对另一端产生影响, 所以计算墙顶变位时, 要考虑墙脚的受力和变形影响。

(2) 边墙为长梁时, 此时边墙具有柔性, 可以认为墙顶的受力(除垂直之外)和变形对墙底没有影响。这种衬砌应用于较好围岩中, 不考虑水平围岩压力作用。

(3) 边墙为刚性梁, 认为边墙本身不产生弹性变形, 在外力作用下只产生刚体位移, 即只产生整体下沉和转动。

8.最小支护阻力的确定方法有哪些?

最小支护阻力的确定方法有: ①由现场实测的塑性区半径, 求最小支护压力; ②根据隧道周边的极限位移值, 求最小支护压力; ③将现场实测的形变压力作为最小支护压力; ④根据围岩的特征曲线求最小支护压力。

9.简述衬砌截面强度验算的内容。

强度验算的内容有: ①衬砌的任一截面均应满足强度安全系数要求; ②隧道衬砌和明洞的基底应力不应大于地基允许承载力; ③整体式衬砌的拱脚截面, 当混凝土为间歇式浇筑或拱圈为混凝土而边墙用砌体时, 其偏心距应满足砌体构件的要求。

10.洞门的计算原理及验算内容。

计算原理: 隧道结构除了要对洞身衬砌进行强度验算外, 隧道两端的洞门也应进行检算。作用在隧道洞门上的力主要是土压力, 因此洞门可视作挡土墙、洞

门墙可视为挡土墙来验算其强度，并应验算绕墙趾倾覆及沿基底滑动的稳定性，从而最后确定洞门墙结构各部分尺寸；作用于洞门端墙及挡（翼）墙墙背的主动土压力按库仑理论进行计算。

验算内容：①抗倾覆计算；②抗滑动计算；③基底合力偏心距计算；④基底压应力；⑤洞门墙身截面偏心及强度。

11.试分析隧道开挖过程中应采取那些有效措施避免或者减少初支结构受损或破坏，确保工程施工安全。

隧道开挖过程中，为确保工程安全，避免结构破坏，可采取的措施有：①做好地质勘测和地质超前预报，及时调整施工策略，避免造成大的扰动；②在隧道围岩完全不能自稳，表现为随挖随塌，甚至不挖即塌时，先做好超前支护；③加强初期支护，开挖出工作面后，应及时有效地完成喷锚支护或网锚喷联合支护，并考虑采用早强喷射混凝土、早强锚杆和钢支撑支护措施等。

第六章思考题

1.简述全断面法、台阶法、分部开挖法的优缺点及适用条件？

（1）全断面法：适用于I~III级硬岩的石质隧道。

优点：有较大的作业空间，有利于采用大型配套机械化作业，提高施工速度，且工序少，干扰少，便于施工组织与管理，采用深孔爆破时，可加快掘进速度，且爆破对围岩的振动次数较少，有利于围岩稳定。

缺点：开挖面较大，围岩相对稳定性降低，且每循环工作量相对较大，要求施工单位有较强的开挖、出渣与运输及支护能力，采用深孔爆破时，产生的爆破振动较大，对钻爆设计和控制爆破作业要求较高。

（2）台阶法：适用于IV、V级围岩，是新奥法中适用性最广的施工方法。

优点：具有足够的作业空间和较快的施工速度，有利于开挖面的稳定性，尤其上部开挖支护后，下部作业较为安全。

缺点：上下部作业互相干扰，应注意下部作业对上部稳定性的影响，台阶开挖会增加对围岩的扰动次数等，宜采用轻型凿岩机打炮孔，不宜采用大型凿岩台车。

（3）分部开挖法：适用于土质或易坍塌的软弱围岩地段，当围岩稳定性较差、跨度较大、地表沉陷难以控制时，采用分部开挖效果较好。

优点：避免大跨度开挖的不利影响,对围岩软弱破碎或设计断面较大的隧道,采用局部支护,能显著增强围岩稳定性。

缺点：作业面较多,各工序相互干扰较大,对围岩的扰动次数较多,施工组织和管理的难度较大,造价较高,进度较慢。

2.引起隧道塌方一般有哪些原因?可以采取哪些相关措施防止隧道塌方?对于已经塌方的隧道,可以采取什么措施处理?

一、引起塌方的原因:

(1) 不良地质及水文地质条件:

1) 隧道穿过断层及其破碎带,或在薄层岩体的小曲褶、错动发育地段,一经开挖,潜在应力迅速释放,围岩失稳,轻则引起围岩掉块、塌落,重则引起塌方。

2) 当通过各种堆积体时,由于围岩结构松散,颗粒间无胶结或胶结差,开挖后引起坍塌。

3) 在软弱结构面发育或泥质充填物过多的地层中,均易产生较大的坍塌。

4) 隧道穿越地层覆盖过薄地段,如在沿河傍山、偏压地段,沟谷凹地浅埋和丘陵浅埋地段极易发生塌方。

5) 岩层软硬相间或有软弱夹层的岩体,在地下水的作用下,软弱面的强度大为降低,因而发生滑塌。

6) 地下水的软化、浸泡、冲蚀、溶解等作用加剧了岩体的失稳和塌落。

(2) 隧道设计考虑不周:

1) 隧道选定位置时,地质勘查不细,未能做详细的分析,或未能查明可能塌方的因素。没有避开可以避免的不良地质地段,使得隧道选址不合理。

2) 设计本身可能存在不合理的地方。

(3) 施工方法和措施不当:

1) 施工方法与地质条件不相适应:地质条件发生变化时,没有及时改变施工方法;工序间距安排不当,致使支护应该尽快闭合而没有闭合。

2) 喷锚支护不及时,围岩暴露时间过久。喷射混凝土的质量、厚度不符合要求。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/036131142054010110>