

铁路继续教育系列教材

教学指导书

(隧道及地下工程)

铁道部人才服务中心 编

西南交通大学出版社

· 成都 ·

前 言

本自学指导书是配合铁路继续教育系列教材“隧道及地下工程”自学而编写的。指导书内容包括：内容提要、重点内容、学习目的和要求、自学学时数、思考题及参考文献等。作为自学本教材时的参考。

本教材是由16个各自独立的技术专题构成。16个专题大体上分为以下几类：

1. 综述性专题：如面向21世纪的地下工程、城市地下工程概论、高速铁路的隧道工程等，是以扩大技术人员知识领域为目的。

2. 基础技术专题：如隧道及地下工程的地质环境、地下工程结构设计原理与方法等，是以掌握和认识地下工程设计、施工的基础知识为目的。

3. 通用技术专题：如支护技术、通风技术、防排水技术、量测技术等，是以了解和认识地下工程施工中所涉及到的、通用的技术知识为目的。

4. 应用技术专题：如矿山法、掘进机法、盾构法、沉管法、明挖法、浅埋暗挖法、辅助工法等，是以了解和认识现代隧道及地下工程施工中，采用的各种施工方法的知识为目的。

在学习本课程时，应根据自身的条件和有关要求，有选择的、有目的的按照自学指导书的要求和提示进行学习。不同层次、不同岗位的技术人员，可按不同要求进行学习。

在学习中，特别要注意与自身实践经验的结合。带着问题学，可收到“事半功倍”的效果。同时要比广泛地阅读有关的参考文献，不断地丰富和扩大知识面。

另外，本教材不仅仅反映了铁路隧道，也扩大到公路隧道、地下铁道及城市地下空间利用等各个领域的知识，因此，学习时应“举一反三”，灵活应用。

本中心指导书由西南交通大学关宝树教授、张志强副教授编写。欢迎专家、读者对本指导书提出批评指正。

编者
2000年11月

目 录

专题一	面向 21 世纪的地下工程	1
专题二	城市地下工程概论	4
专题三	隧道与地下工程的地质环境	8
专题四	地下工程结构设计原理与方法	13
专题五	隧道与地下工程的支护技术	20
专题六	山岭隧道运营通风与施工通风技术	26
专题七	隧道与地下工程防水、排水技术	30
专题八	矿山法施工技术的发展与变革	35
专题九	掘进机法概论	43
专题十	盾构法概论	49
专题十一	沉管隧道概论	59
专题十二	明挖法概论	67
专题十三	地下工程浅埋暗挖法	74
专题十四	辅助施工方法	80
专题十五	隧道及地下工程量测技术	85
专题十六	高速铁路的隧道工程	90
参考文献		94

专题一 面向21世纪的地下工程

1 内容提要

概述了地下空间利用的发展史。指出随着科学技术和人类文明的发展，地下空间利用已经从为个人生活服务的利用领域，扩大到为保持作为集团的居民的生活需要空间。为了保持城市功能及交通所需的空间，各国政府都把地下空间的利用，作为一项国策，来推进其发展。地下空间的利用，已扩展到各个领域，发挥着重要的社会、经济效益，成为国家重要的社会资源。作为人类在地球上安全而舒适生活的补助空间，在经济可持续发展的战略中，地下空间利用将占据重要地位。科学预测表明：21世纪将是大力开发地下空间的世纪。

归纳了地下空间利用的范围和领域，并且将地下空间利用设施划分为个人水平、城市水平、国家水平三级情况。

分析阐明了开发地下空间的必然性和重要性，结合地下空间的工程特性，指出地下空间利用具有广泛的发展前景。

指出地下空间的利用与城市的发展密切相关，主要发展重点是城市各种设施的地下通道(如地下商业街)，和地下联络通道以及城市有轨交通系统(包括地铁、轻轨、单轨运送系统等)三方面。

归纳说明了地下空间利用有待解决的一些问题，强调指

出降低地下空间利用的造价是发展地下空间的利用的关键，是当务之急。

2 重点内容

- (1) 地下空间的开发和利用现状及发展过程；
- (2) 地下空间的利用形态和特性；
- (3) 地下空间的工程特性及发展前景；
- (4) 城市地下空间发展的重点；
- (5) 地下空间的利用目前存在的以及亟须解决的问题。

3 学习目的与要求

(1) 学习目的

- 充分认识地下空间的利用，在可持续发展战略中，所占据的重要地位，21世纪将是大力开发地下空间的世纪。
- 认识到地下空间是国家的社会资源，须加以充分利用。
- 应当认识到地下空间利用的重点是城市地下空间的综合利用。

(2) 学习要求

- 了解地下空间的开发和利用现状及发展过程。
- 了解各类地下空间利用形态。
- 了解地下空间的工程特性及发展前景。
- 了解城市地下空间发展的重点。
- 了解地下空间的利用目前存在的以及亟须解决的问题。

- 掌握为什么要利用地下空间。

4 自学学时数

初级：3 ~ 6学时 中级：6 ~ 9学时 高级：6 ~ 9学时

5 思考题

- (1) 请根据您了解的地下空间利用的情况，说明地下空间利用的作用和意义。
- (2) 地下空间利用的范围和领域。
- (3) 地下空间利用的工程特性是什么？为什么地下空间利用有广泛的发展前景？
- (4) 在地下空间利用方面，目前存在的问题有哪些？如何解决(中、高级要求)？

专题二 城市地下工程概论

1 内容提要

地下空间作为城市重要资源，得到了多方面的应用。开发利用城市地下空间是建设可持续发展城市的重要内容之一，而城市地下空间的开发，也必然带来城市的发展。本篇重点讨论了城市地下空间利用的几种主要基础设施的概况。

(1) 地下(商业)街

- 概述地下(商业)街的三种基本类型，即广场型、街道型、复合型。
- 阐明地下(商业)街功能作用和构成。
- 阐明地下(商业)街规划内容和基本原则。
- 阐明设计、修建地下(商业)街的基本原则和注意事项。

(2) 地下停车场

- 概述地下停车场的类型：按其设置场所分为公路地下停车场、公园式地下停车场、广场型地下停车场、建筑物地下停车场；按升降道形式分为自行车式和机械式。
- 阐明地下停车场规划和注意事项。
- 阐明地下停车场设计的基本原则。

(3) 地下铁道

- 概述地下铁道在城市公共交通中的优越性。
- 阐明地下铁道线路网的组成：区间隧道(双线、单线)

车站及附属建筑物。

- 阐明地下铁道规划中应着重研究和解决的问题：输送量预测、路网规划、线路的选择。
- 概述地下铁道的车站及其它各种设施。
- 简介地下铁道的通风设施。

(4) 防灾设施

- 概述灾害种类及城市受害的分类：灾害有两种，一种是由于洪水，地震等自然现象所造成的自然灾害，一种是由于战争等人为因素所造成的人为灾害。
- 简述防灾设施的类型、功能及设计原则。

2 重点内容

(1) 地下（商业）街

- 地下（商业）街主要功能和构成。
- 设计地下（商业）街基本原则和基准（中、高级要求）。

(2) 地下停车场

- 地下停车场的类型和构成。
- 地下停车场的设计基本原则和基准。（中、高级要求）

(3) 地下铁道

- 地下铁道在城市公共交通中的优越性。
- 地下铁道的组成和功能。
- 地下铁道规划中应着重研究和解决的问题：输送量预测、路网规划、线路的选择。（高级要求）

(4) 防灾设施

- 灾害种类及城市受害的分类。

- 防灾设施的类型、功能及设计原则。

3 学习目的与要求

(1) 学习目的

- 充分认识地下空间在城市的广泛应用以及对城市发展的重要作用。
- 了解和掌握地下工程的分类。
- 掌握地下街的功能和构成。
- 掌握地下停车场的类型和构成。
- 掌握地下铁道的功能和构成。

(2) 学习要求

- 掌握地下铁道在城市交通系统中的地位和作用。
- 了解设计地下街、地下停车场基本原则和基准。(中、高级要求)
- 掌握灾害的类型和防灾设施的类型。
- 了解防灾设施的功能及设计原则。(中、高级要求)
- 了解地下铁道规划中应着重研究解决的问题。(高级要求)

4 自学学时数

初级：3 ~ 6学时 中级：6 ~ 9学时 高级：9 ~12学时

5 思考题

- (1) 城市地下工程是如何分类的？

- (2) 归纳出设计地下街的基本原则和基准。(中、高级要求)
- (3) 简述地下街的功能和构成。
- (4) 简述地下停车场的类型和构成。
- (5) 地下停车场的设计基本原则和基准。(中、高级要求)
- (6) 简述地下铁道在城市交通系统中的地位和作用。
- (7) 简述地下铁道的功能和构成。
- (8) 简述灾害的类型和防灾设施的类型、功能及设计原则。

专题三 隧道与地下工程 的地质环境

1 内容提要

正确地认识和掌握地质环境条件对地下工程力学行为的作用和影响是合理地进行地下工程结构体系设计、施工的前提和基础。毫不夸大地说，离开了地质环境来谈地下工程是没有实际意义的。

本篇主要叙述与隧道工程设计、施工以及对地下工程力学行为有重要影响的地质因素，如原岩的初始应力场、坑道围岩的工程性质及其分类等。

- 围岩的初始地应力场：在原岩中天然赋存的应力场称为初始应力场，又称为地应力场。地应力场主要是由于围岩的自重和地质构造作用引起的，它与岩体特性、裂隙方向和分布密度、岩体的流变性以及断层、褶皱等构造痕迹有关。此外，影响地应力状态的因素还有地形、地震力、水压力、热应力等。对岩体工程来讲，主要应考虑重力应力场和构造应力场。初始地应力场组成：自重力应力场和构造应力场的叠加。
- 初始地应力场评价：采用相对指标——围压比或应力度

(即,围岩初始应力场中的最大应力值 σ_{\max} 与围岩极限抗压强度 R_c 的比值)进行评价。具体可遵照国标“工程岩体分级标准”提出初始地应力场评估基准作出判断。

- 围岩的自然特性包括三方面内容：围岩是具有一定应力历史和积有大量应变能的天然材料；围岩的构造——力学特性是其最基本的特性；围岩性质的各项指标数据的离散性和不确定性是其性质的基本特征。
- 围岩的工程特性：主要指岩石和岩体的基本特性，在工程外力的作用（爆破、开挖、压浆等）下，其性质会发生相应的变化；围岩工程特性还与采用的施工方法有关。
- 围岩分级：地下工程所遇到的地质条件是千差万别的，但是，地下工程中某一类型的支护结构或某一种施工方法，在多数条件下，都有很大的地质适应性。因此针对不同的工程目的（爆破开挖、支护、掘进机掘进等）是可以把与之相应的地质条件进行一定的概括、归纳并加以分级的。铁路隧道围岩分级是为了解决坑道支护问题而建立起来的，即坑道开挖后是否需要支护？采用什么类型的支护结构？如何支护等。而坑道支护与坑道开挖后的稳定性有直接的关系。因此，围岩分级是以坑道围岩稳定性为基础的；其本质就是对坑道围岩稳定性的分级和评价。即根据大量的地下工程实践，把类似的地质条件加以归纳、分析并分级就构成了围岩分级的基础。
- 影响坑道围岩稳定性的因素分为两大类：一类是客观存在的地质因素或称为内在因素；一类是设计、施工因素或称为人为的外部因素。前者是基本的，后者是通过前者而起

作用的。前者包括：围岩的结构状态、岩石基本性质、地下水状态和初始应力场状态等，后者则有施工方法和支护措施、坑道的形状、尺寸、坑道的埋深等。

- 完整围岩分级方法应包括两个部分，即设计阶段围岩分级和施工阶段围岩分级。前者是决策隧道结构和施工方法的基础，后者是修正设计阶段围岩级别的基础，也是使结构设计和施工方法更加符合工程实际的基础。从目前的工程实际看，后者的分级，更为重要，也是各国地下工程技术研究中亟待解决的关键问题之一。
- 围岩分级的重要发展趋势是加强施工阶段围岩级别的判定。因为，只有施工阶段的判定才是最直接、最可靠的判定。由于施工后的坑道地质状态已充分暴露，这给围岩级别的判定创造了极好的条件。因此，施工阶段的围岩级别的判定是一个重要而现实的问题。

2 重点内容

- 围岩的初始地应力场的定义。
- 围岩初始地应力场组成，以及自重地应力场的估算。
- 初始地应力场的评价。
- 高地应力场和极高地应力场的判定。
- 围岩的自然特性包括的内容。
- 围岩工程特性的内涵，以及有关影响因素。
- 围岩分级的意义、目的和方法。
- 围岩完整性的评价方法。
- 施工阶段围岩分级判定的重要性和可靠性。

- 施工阶段围岩分级的评定因素。

3 学习目的与要求

- 充分认识和掌握地质环境条件对地下工程力学行为的作用和影响是合理地进行地下工程结构体系设计、施工的前提和基础。
- 掌握围岩初始地应力场的定义。
- 掌握围岩初始地应力场组成以及以自重力应力场为主的常规地应力场估算。
- 掌握初始地应力场的评价。
- 了解围岩的自然特性。
- 掌握围岩工程特性的内涵。
- 掌握围岩分级的意义和目的。
- 了解围岩分级的本质及与围岩稳定性的关系。(中、高级要求)
- 掌握影响坑道围岩稳定性的因素。(高级要求)
- 了解完整围岩分级方法的组成,以及它们之间的相互关系。(中、高级要求)
- 了解和掌握围岩完整性的评价方法。(高级要求)
- 了解施工阶段围岩分级判定的重要性和可靠性。(高级要求)
- 施工阶段围岩分级的评定因素。(中、高级要求)

4 自学学时数

初级: 3 ~ 6学时 中级: 6 ~ 9学时 高级: 9 ~12学时

5 思考题

- (1) 围岩初始应力场的基本概念，如何评价初始应力场？
- (2) 岩体的自然特性包括哪些内容？何谓工程特性？
- (3) 围岩完整性的评价方法有哪些？它在围岩分级中的作用？
- (4) 决定坑道围岩稳定性的因素有哪些？如何认识这些因素的影响？
- (5) 为什么要进行围岩分级？和怎样进行分级？
- (6) 高地应力场和极高地应力场是根据什么条件划分的？划分高、极高地应力场的意义何在？
- (7) 隧道设计阶段和施工阶段围岩分级的因素有哪些不同？

专题四 地下工程结构设计 原理与方法

1 内容提要

正确地认识和掌握地下工程结构的工程特性、设计原则及方法与地面结构是有所不同的。在设计方法上沿用地面结构的设计方法处理地下工程结构体系设计、施工，有局限性，有时可能与地下结构的实际相差很大。

理论和实践证实：地下结构是由周边围岩和支护结构两者组成共同的并相互作用的结构体系，即地下结构 = 支护结构居中周边围岩；各种围岩都是具有一定程度的自支承能力的介质，即周边围岩在很大程度上是地下结构承载的主体，其承载能力必须充分加以利用；地下结构的力学特性受到围岩初始应力场的支配等等。因此，为适应上述认识的发展，本专题提出了许多地下结构的计算模式和方法以及评价地下结构承载能力的原则和方法。

本篇重点说明与山岭隧道有关的结构设计原则和方法。

(1) 山岭隧道结构类型

视其功能要求和地质条件大体上分为：半衬砌、厚拱薄墙衬砌、直墙式衬砌、曲墙式衬砌、离壁式衬砌、锚喷式衬砌、装配式衬砌、复合式衬砌等。