



地铁工程勘察设计技术及管理人员培训教材

地铁工程勘察设计 质量安全管理与技术

住房和城乡建设部工程质量安全监管司 组织审定
北京交通大学 组织编写

中国建筑工业出版社

地铁工程勘察设计技术及管理人员培训教材

地铁工程勘察设计 质量安全管理与技术

住房和城乡建设部工程质量安全监管司 组织审定
北京交通大学 组织编写

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

地铁工程勘察设计质量安全管理与技术/北京交通大学
组织编写. —北京: 中国建筑工业出版社, 2012. 6

地铁工程勘察设计技术及管理人员培训教材

ISBN 978-7-112-14228-6

I. ①地… II. ①北… III. ①地下铁道测量-质量管理: 安
全管理②地下铁道-设计-质量管理: 安全管理 IV. ①U231

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 072096 号

近年来, 我国地铁工程建设迅速发展, 施工技术和管理人才紧缺的问题日益突出, 对质量安全培训工作提出了新的要求。为了切实增强培训的针对性和实效性, 提高地铁施工质量安全管理水平, 住房和城乡建设部工程质量安全监管司委托北京交通大学等单位编写了本教材。

本教材分勘察和设计两篇。勘察篇主要内容: 勘察工作基本要求, 勘察手段与方法, 勘察纲要与报告, 勘察后续服务。设计篇主要内容: 设计主要工作内容, 设计阶段的安全风险管理, 地铁主要风险工程的设计技术、风险监控与施工监测设计, 设计服务。教材既介绍了相关法律法规和标准规范的规定, 又介绍了工作实践中的重点和难点, 特别是一些易发问题和薄弱环节, 体现了注重解决实际问题、力求学以致用的原则。

本教材可供地铁建设、勘察、设计及监理单位相关技术人员和管理人员参考使用。

* * *

责任编辑: 孙玉珍

责任设计: 董建平

责任校对: 刘梦然

地铁工程勘察设计技术及管理人员培训教材
地铁工程勘察设计质量安全管理与技术
住房和城乡建设部工程质量安全监管司 组织审定
北京交通大学 组织编写

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京建筑工业出版社印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 14¼ 字数: 350 千字

2012 年 5 月第一版 2012 年 5 月第一次印刷

定价: 38.00 元

ISBN 978-7-112-14228-6

(22280)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

编 审 委 员 会



主 任：郭允冲 施仲衡

副 主 任：常 青 张 弥 曲 琦

主 编：梁青槐

副 主 编：金 淮 杨秀仁

编写人员：梁青槐 冯爱军 高文新 刘明辉 黄溯航

冯科明 刘满林 王 伟 谢 峰 郭红梅

刘永勤 李延川 李 玲 李庆华 徐耀德

王亚红 施 翊 吕培印 魏 运 丁德云

刁日明 陈 东 赵晋友

审 稿：郭明田 沈子钧 余 乐 陈爱新 李振东

刘伊生 王英姿 索 欢 唐四海

前 言



近年来，我国地铁工程建设迅速发展，专业技术和管理人才紧缺的问题日益突出，对专业人员质量安全培训工作提出了新的要求。为了规范培训的基本内容，增强培训的针对性和实效性，住房和城乡建设部工程质量安全监管司组织编写了一套适用于地铁工程专业技术和管理人员质量安全培训的基础性、普及性教材。

教材旨在满足地铁工程专业人员了解地铁工程特点，掌握地铁工程质量安全控制重点和难点，提高工程质量安全水平的需求。一方面，有助于新从事地铁工程的人员在较短时间内掌握必要的专业知识和工作方法，提高质量安全意识，尽快达到工作岗位的要求；另一方面，有助于具备一定地铁工程经验的人员进一步印证、巩固和拓展专业知识，学习借鉴相关案例，综合提升工作能力。教材可适用于各级建设主管部门或有关企业组织开展的地铁工程专业人员质量安全培训。

按适用对象不同，教材分为建设管理、勘察设计、施工、监理、监测测量等专业分别出版。参加教材编写和审定的既有长期从事工程建设的技术管理人员，又有相关高等院校的学者教师，具有扎实的专业知识功底和丰富的实践经验，同时具有比较广泛的代表性。编审人员在确定框架、收集资料、充实内容、审定书稿等方面下了很大功夫，数易其稿，力求完善。教材既是全体编审人员集体智慧的结晶，也是城市轨道交通工程行业的共同财富，希望教材能够为我国地铁工程专业人员的迅速成长，为我国地铁工程的健康快速可持续发展发挥应有的作用。

教材既介绍了相关法律、法规和标准规范的规定，又着重指出了工程实践中的重点和难点；既有专业技术和管理知识的阐释，又结合案例深入剖析了工程实践中的常见问题和薄弱环节；既有对工程经验教训的提炼总结，也有对工程技术发展的前瞻性介绍。教材内容全面，易于理解，便于应用，特别是注重理论与实践、经验与知识相结合，力求学以致用、解决实际问题。

这本勘察设计教材分勘察和设计两篇。勘察篇主要内容：勘察工作基本要求，勘察手段与方法，勘察纲要与报告，勘察后续服务。设计篇主要内容：设计主要工作内容，设计阶段的安全风险管理，地铁主要风险工程的设计技术、风险监控与施工监测设计，设计服务。

教材编写工作得到了北京城建设计研究总院、北京城建勘测设计研究院、北京安捷工程咨询有限公司等单位的大力支持和热情帮助，在此表示衷心感谢。

由于时间仓促，教材中难免存在一些疏漏，真诚希望读者提出宝贵意见。

编审委员会
2012年3月

目 录

绪论	1
第一节 地铁工程的特点及常用施工方法.....	1
(一) 地铁系统的组成	1
(二) 地铁工程的特点	3
(三) 地铁工程常用施工方法	4
第二节 地铁工程勘察设计质量安全管理现状.....	7
(一) 基本情况	7
(二) 存在问题	8

第一篇 勘 察

第一章 地铁工程勘察.....	11
第一节 概述	11
(一) 地铁工程勘察的重要性	11
(二) 地铁工程勘察的原则.....	11
(三) 地铁工程勘察与设计的关系	11
(四) 地铁工程勘察与质量安全的关系	11
第二节 勘察阶段划分	13
(一) 勘察工作流程	13
(二) 勘察阶段划分	13
第三节 相关法规文件	14
(一) 法律	14
(二) 行政法规	14
(三) 部门规章及规范性文件	18
第四节 勘察标准规范	20
(一) 国家标准	20
(二) 行业标准	21
(三) 地方标准	22
第二章 岩土分类.....	23
第一节 岩土的工程分类	23

目 录

(一) 概述	23
(二) 一般原则	23
(三) 土的分类	23
(四) 岩石的分类	25
(五) 岩土的描述	27
第二节 地层划分	29
(一) 概述	29
(二) 一般原则	29
(三) 地层划分方法	30
第三节 地层结构	31
(一) 概述	31
(二) 土层结构	31
(三) 岩体结构	32
第四节 围岩分级	32
(一) 概述	32
(二) 围岩分级标准	33
第五节 岩土施工工程分级	34
(一) 概述	34
(二) 分级标准	34
第三章 地下水	36
第一节 地下水的类型	36
(一) 概述	36
(二) 地下水的类型	36
第二节 水文地质测试	38
(一) 概述	38
(二) 地下水位的分层观测	38
(三) 抽水试验	39
(四) 注水试验	40
(五) 地下水动态的长期观测	41
第三节 地下水的腐蚀性评价	42
(一) 概述	42
(二) 水样采取	42
(三) 水样分析	42
(四) 水的腐蚀性评价	42
第四节 抗浮设防水位	44
第四章 不良地质作用与特殊性岩土	46
第一节 不良地质作用	46

(一) 概述	46
(二) 岩溶	46
(三) 活动断裂	48
(四) 地面沉降	49
(五) 地裂缝	49
(六) 采空区	51
(七) 砂土液化	52
第二节 特殊性岩土	55
(一) 概述	55
(二) 填土	55
(三) 软土	56
(四) 膨胀岩土	57
(五) 风化岩和残积土	58
(六) 湿陷性黄土	60
第五章 地铁工程勘察基本要求	63
第一节 不同阶段勘察的基本要求	63
(一) 可行性研究勘察要求	63
(二) 初步勘察要求	64
(三) 详细勘察要求	65
(四) 施工勘察要求	65
(五) 专项勘察要求	66
第二节 不同结构的勘察基本要求	66
(一) 地下结构勘察要求	67
(二) 高架结构勘察要求	69
(三) 路基涵洞工程勘察要求	70
(四) 地面建筑勘察要求	72
第三节 不同施工工法勘察的基本要求	74
(一) 明(盖)挖法的勘察要求	74
(二) 暗挖法的勘察要求	77
(三) 盾构法的勘察要求	79
第四节 岩土参数	81
(一) 参数要求	81
(二) 岩土参数分析	83
(三) 岩土参数及其应用	84
第五节 场地地震效应评价	87
第六章 勘察手段与方法	90
第一节 工程地质调查与测绘	90

目 录

(一) 方法	90
(二) 范围	91
(三) 比例尺和精度	91
第二节 工程地质勘探与取样	92
(一) 方法及适用范围	92
(二) 取样方法及适用范围	93
(三) 质量安全要点	94
第三节 原位测试技术	94
(一) 标准贯入试验	94
(二) 静力触探试验	95
(三) 十字板剪切试验	96
(四) 旁压试验	97
(五) 扁铲侧胀试验	98
(六) 圆锥动力触探试验	98
(七) 载荷试验	99
(八) 现场直接剪切试验	100
(九) 岩体原位应力测试	101
(十) 波速测试	102
(十一) 地温测试	102
(十二) 电阻率测试	103
第四节 地球物理勘探	103
第五节 岩土室内试验	105
(一) 土的物理性质试验	105
(二) 土的力学性质试验	106
(三) 岩石试验	107
(四) 动力性质试验	107
(五) 基床系数试验	107
(六) 热物理系数试验	107
第七章 勘察纲要(大纲)与勘察报告	109
第一节 勘察纲要(大纲)	109
(一) 编制目的和依据	109
(二) 纲要(大纲)内容	109
第二节 勘察报告	111
(一) 勘察报告编写的基本要求	111
(二) 勘察报告的基本内容及格式	112
(三) 成果使用	114

第八章 勘察后续服务	116
第一节 设计阶段的服务.....	116
第二节 施工阶段的服务.....	117
第三节 施工应急抢险配合服务.....	118

第二篇 设 计

第九章 地铁工程设计	123
第一节 概述.....	123
(一) 地铁工程设计的重要性	123
(二) 地铁工程设计的原则	123
(三) 地铁工程设计与质量安全的关系	123
(四) 地铁工程设计与勘察的关系	123
(五) 地铁工程设计的专业划分	124
第二节 阶段划分及主要内容.....	124
(一) 阶段划分	124
(二) 主要内容	124
第三节 相关法律、法规及规范性文件.....	125
(一) 法律	125
(二) 行政法规	126
(三) 部门规章及规范性文件	129
第四节 标准规范.....	131
(一) 专用规范	131
(二) 其他规范	131
第十章 设计工作内容	133
第一节 设计策划阶段主要工作内容.....	133
(一) 确定项目范围、识别项目风险等级	133
(二) 确定项目质量目标	133
(三) 制定设计计划、配置人员	133
(四) 梳理设计输入.....	133
第二节 设计实施阶段工作内容.....	134
(一) 设计一般要点.....	134
(二) 设计文件组成及深度基本要求.....	135
(三) 设计评审	143
(四) 互提资料	143
(五) 设计文件校审.....	147
(六) 设计文件会签.....	148

(七) 设计变更的控制	152
第十一章 设计阶段的安全风险管理	153
第一节 工程风险及分级	153
(一) 工程风险类别	153
(二) 工程风险分级	153
(三) 土建工程风险及分级影响因素	154
第二节 总体设计阶段安全风险管理	159
(一) 目标任务	159
(二) 原则	160
(三) 内容	160
(四) 成果要求	162
第三节 初步设计阶段安全风险管理	162
(一) 目标任务	162
(二) 原则	162
(三) 内容	163
(四) 成果要求	165
第四节 施工图设计阶段安全风险管理	165
(一) 目标任务	165
(二) 原则	166
(三) 内容	166
(四) 成果要求	169
第十二章 地铁主要风险工程的设计技术	170
第一节 深基坑工程	170
(一) 围护结构	170
(二) 支撑系统	170
(三) 挖土方案	173
(四) 换撑措施	173
(五) 降水方案	174
(六) 地基加固	174
第二节 大断面隧道工程	175
(一) 施工方法	176
(二) 辅助施工技术措施	178
第三节 邻近既有建(构)筑物的隧道工程	180
(一) 基础托换法	181
(二) 地基加固法	182
(三) 大管棚超前支护	184
(四) 千斤顶主动支顶	186

(五) 隔离桩	186
第十三章 监控量测设计	189
第一节 监控量测设计要求	189
(一) 明(盖)挖法	189
(二) 暗挖法	193
(三) 盾构法	197
(四) 监测控制指标	199
第二节 周边环境监控量测设计要求	200
(一) 监测项目	200
(二) 监测范围	201
(三) 监测布点原则	201
(四) 监测频率	203
(五) 监测控制指标	204
第十四章 设计服务	206
第一节 设计交底	206
(一) 设计交底要求	206
(二) 各专业设计交底要点	207
(三) 重点关注的风险点	210
第二节 施工配合	212
(一) 土建施工配合注意事项	212
(二) 设备施工配合注意事项	212
第三节 应急抢险	213
参考文献	214

绪 论

第一节 地铁工程的特点及常用施工方法

(一) 地铁系统的组成

地铁是在城市中修建的快速、大运量、用电力牵引的轨道交通，线路通常设在地下隧道内，也可能局部从地下转到地面或高架桥上。

地铁主要由土建和设备两大部分组成。土建部分包括车站、区间隧道、桥梁、路基、轨道及车辆段和综合基地等；设备部分包括建筑设备（又称常规设备）和轨道交通系统设备。建筑设备是指建筑电气、给水排水系统、环控系统、电梯与自动扶梯、防灾报警系统（FAS）、消防系统、人防系统、环境与设备监控（BAS）系统等。轨道交通系统设备是指通信系统、信号系统、供电系统、电力监控系统（SCADA）、屏蔽门/安全门系统、自动售检票系统（AFC）、旅客信息系统（PIS），以及车辆系统和控制中心（OCC）与地铁网络指挥协调中心（TCC）。新建地铁一般将智能设备监控系统、智能防灾报警系统、智能电力自动监控系统深度集成为一体的综合智能监控系统。

1. 土建部分

地铁车站分地下车站、高架车站和地面车站。地下车站由车站主体（站台、站厅、生产与生活用房）、出入口与通道（乘客进行地面和地下换乘的必经之路）、通风道和地面风亭（一般布置在车站的两头端部）等三大部分组成。高架车站一般由列车行驶的轨道梁结构和车站其他建筑结构组成。

区间隧道是连接两个地下车站的建筑物，包括行车隧道、渡线、折返线、地下停车线、联络通道、集水泵房以及其他附属建筑物。对于超长区间隧道，需要在中部建造通风井。

桥梁是高架的用于列车行驶的结构，由轨道梁、支撑轨道梁的横梁、支撑横梁的柱以及柱下基础等结构组成。

路基是指按照线路位置和一定技术要求修筑的带状构筑物，一般位于通往路面车辆段或停车场的线路上，包括路堤、路堑和附属结构。

轨道是指路基或结构面以上的线路部分，是由钢轨、轨枕、连接零件、道床、道岔和其他附属设备等组成的构筑物。根据环境保护对地铁沿线不同地段的减震、降噪要求，轨道应采用相应的减震轨道结构，并具有良好的绝缘性。

车辆段是指具有配属车辆以及承担车辆的运用管理、整备保养、检查工作和承担较高级别的车辆检修任务的基本生产单位。综合基地是为了保证轨道交通正常运营而设立的综

合维修中心、物资总库、培训中心和必要的生活设施场所。车辆段及综合基地的土建工程包括路基工程、道路及广场工程、房屋工程等。

2. 设备部分

(1) 建筑设备

1) 环控系统：环控系统是指对车站站厅、站台、隧道、设备及管理用房等处所的环境进行空气处理（调节区域内的空气温度、湿度，并控制二氧化碳、粉尘等有害物质的浓度）的系统，包括通风系统（隧道通风系统、车站公共区的通风排烟和空调风系统、车站管理及设备用房通风排烟和空调风系统）、车站空调系统和集中供冷系统。涉及大量的风机、空调机、冷水机、水泵、冷却塔、水（风）阀和水（风）管路的安装，其中不乏大型设备的吊装、就位等作业。

2) 给水排水系统：车站或车辆段的给水排水系统分别由给水系统和排水系统两部分组成。生活、生产给水系统由水源（城市自来水）、水池、水泵、水塔（水箱）、气压罐、管道、阀门、水龙头等组成；消防给水系统由水源（城市自来水）、消防地栓、水泵结合器、消防水泵、管道、阀门、消火栓（喷头）、水流指示器等组成。

3) 自动扶梯与电梯：自动扶梯与电梯是乘客进出地铁车站的重要工具。车站出入口一般都设置自动扶梯，站厅层与站台层之间根据各站客流不同分设上、下行自动扶梯；为方便残疾人乘坐地铁，在车站站厅与地面之间、站厅层与站台层之间，设置垂直电梯。地铁自动扶梯采用重载公共交通型，主要由桁架、梯路系统、扶手带、主机及驱动系统、电气控制及安全装置组成。自动扶梯与电梯属于安装装修工程中的重型设备之一，其运输与到位的吊装是安装装修工程安全重点之一。自动扶梯顶部吊钩或吊装孔是设备就位的必要条件，且受力载荷较大，需在土建施工时预埋且确保质量。

4) 地铁防灾报警系统：地铁防灾报警系统实现水灾、火灾、地震、雷击、行车及人为事故等灾害的提前、可靠报警。系统防灾自动报警系统由防灾报警主机（设在行车调度指挥中心）、防灾报警分机（设在各车站综合控制室、控制中心大楼、主变电所、车辆段检修停车库、混合变电所、材料总库）、车站现场设备及将所有设备联系在一起的通信网络等四部分组成。所有区域内设置消防设施的联动控制设备，包括气体灭火控制设备、水消防设备、防排烟设备、防火卷帘门、风阀、电梯、非消防电源的断电控制、疏散标志灯等，防灾报警系统直接或间接管控这些设备。

5) 地铁消防系统：地铁消防系统包括火灾报警系统、气体灭火系统、水消防系统、防排烟系统和疏散系统（疏散标志和事故照明）。其中，气体灭火系统的管网系统中气体钢瓶、阀、管等应承受高压气体。

(2) 轨道交通系统设备

1) 通信系统：主要分为专用通信和公务通信两大类。为满足地铁安全、高效运营的需要，地铁建立有安全可靠的、独立的能传送语言、文字、数据、图像等信息的综合业务数字网。其中包括：传输交换、专业电话、无线通信、电视监视、遥控遥测、有线广播、列车广播、时钟、自动电话、电话会议、办公管理自动化和集中监测等子系统。

2) 信号系统：城市地铁正线信号系统一般采用列车自动控制系统（ATC），主要由列车自动监控子系统（ATS）、列车自动防护子系统（ATP）和列车自动运行子系统

(ATO) 组成。车辆段基地一般采用计算机联锁。

3) 供电系统：由两大部分组成，一部分为牵引供电系统；一部分为低压配电及照明系统。

牵引供电系统包括牵引变电所与牵引网。一般由 35kV 供电线路组成独立供电网络，该供电网络以双回路馈电电缆向所有混合变电所及降压变电所供电。牵引网络系统由接触网和回流网组成。接触网（或三轨）主要应满足城市地铁电气条件、线路条件、气候条件、悬挂类型、限界要求等运行条件，并保证机车的正常取流。直流 1500V 采用架空接触网，直流 750V 有采用架空接触网的，也有采用接触轨的。国际《地铁直流牵引供电系统》规定，电压在直流 1500V 及以上的接触网宜采用架空接触网型式。

低压配电及照明系统（地铁建筑电气）可分为照明和低压配电两个子系统，均采用 380V 三相五线制、220V 单相三线制方式供电。照明系统范围为车站降压所变压器后的照明设备、设施及线路。原则上在车站站台、站厅的两端，各设置一照明配电室，室内集中安装各类照明配电控制箱；设置一事故照明装置室，室内安装一套事故照明装置。低压配电系统为站台、站厅和设备及管理用房的环控、排水、消防、电（扶）梯、自动售检票及通信、信号、站控室等系统设备供配电和车站环控室内供配电设备的电控控制。

4) 电力监控（SCADA）系统：采用微机远动装置，主机对主变电所、牵引降压混合变电所、车站降压变电所等实行集中监视、控制和测量，其具备遥控功能、遥信功能、遥测功能、遥调功能。包括主站（电力监控中心）及传输通道。主站应设在控制中心大楼内。子站（执行端）设在各变电所，通道与通信合用光缆传输。

5) 屏蔽门/安全门系统：安装于地铁沿线车站站台边缘，用以提高运营安全系统、改善乘客候车环境、节约运营成本的一套机电一体化的机电设备系统。屏蔽门系统作为站台公共区与轨道列车之间的可控通道，其功能是列车进站时配合列车车门动作打开或关闭滑动门，为乘客提供上下列车的通道。

（二）地铁工程的特点

（1）**工程地质环境复杂**。例如，上海、广州、深圳等沿海城市或南方城市的工程地质水文地质条件复杂多变，地铁线路经过海积、海冲积、冲积平原和台地等多种地貌单元，常位于“软硬交错”地层（上部为人工填土、黏性土、淤泥质土、砂类土及残积土，下部为花岗岩、微风化岩等坚硬岩石层，或者孤石），还常遇到断裂破碎带和溶洞等特殊地质构造，穿越或邻近江河湖海，地下水丰富、水位高。

（2）**工程周边环境复杂**。由于地铁长距离穿行于城市交通要道和人口密集区域，建筑物、构筑物、轨道交通设施、桥梁、隧道、道路、管线、地表水体等周边工程环境复杂，不可预见因素较多。

（3）**工程建设规模大**。地铁工程的每公里造价一般在 5~7 亿元左右，有的高达 8、9 亿元，一条线路投资动辄都在 100 亿元以上；合理工期一般在 5~6 年以上，目前一般合同工期在 3~4 年以上。

（4）**工程技术复杂**。地铁是土建及机电设备复杂的综合性系统工程。随着地铁线路的建设，土建工程不断向“深、大、险”发展。例如，车站基坑深度一般在 20m 甚至 30m 以上，长度 200m 甚至 600m 以上。

(5) **工程协调量大。**地铁工程参建单位包括建设、勘察设计、施工、监理、监测、检测和材料设备供应等单位，专业多、项目多、环节多、接口多，作业时空交叉，组织协调量大。同时，工程与周边社区居民、与工程周边环境的权属与管理单位的利益攸关、关系密切，沟通协调难度大。

(6) **控制标准严格。**为确保隧道、深基坑施工（含降水）过程中，建（构）筑物、轨道交通设施、桥梁、隧道、道路、管线、地表水体等工程周边环境不发生过量沉降和坍塌，确保其安全，要求严格控制沉降（包括绝对值和速率等）。例如，暗挖法施工的标准断面隧道地面累计沉降量一般要求控制在 30mm 以内。

(7) **安全风险大。**前面的工程特点决定了地铁工程施工安全风险（包括工程本身风险和对工程周边环境的风险）大，风险关联性强。例如，如果水文工程地质条件不明，工程周边环境不清，措施准备不充分，很容易出现安全质量事故和险情，造成人员伤亡和经济损失。

（三）地铁工程常用施工方法

根据开挖方式的不同，地下工程有不同的施工方法。开挖方法主要根据施工范围内的工程地质和水文地质勘探资料，工程埋置深度、结构形状和规模、使用功能、工程要求、周围环境及交通等情况进行技术、经济综合比较后确定。目前，我国地铁工程采用的施工方法主要包括：

1. 明（盖）挖法

明（盖）挖法是指在地面开挖的基坑中修筑车站或隧道的方法。主要施工工序为拆除和恢复道路、土石方开挖和运输、降水、钢筋混凝土结构制作、结构防水、地基加固和检测等。

（1）明（盖）挖法的种类

明（盖）挖法包括敞口开挖法、盖挖法（盖挖顺作法、盖挖逆作法、盖挖半逆作法）。围护结构采用的手段包括地下连续墙、人工挖孔桩、钻孔灌注桩、SMW 工法桩、工字钢桩等。

由于敞口开挖法存在占用场地大、隔断地面交通时间较长、填挖方量大等不利因素，在受到条件限制的情况下可采用半明挖方式，即盖挖法，包括盖挖顺作法、盖挖逆作法和盖挖半逆作法。

盖挖顺作法是在地表作业完成挡土结构后，以定型的预制标准覆盖结构（包括纵、横梁和路面板）置于挡土结构上维持交通，往下进行开挖和加设横撑，直至设计标高。依序由下而上施工主体结构 and 防水措施，回填土并恢复管线或埋设新的管线。最后，视需要拆除挡土结构外露部分并恢复道路。

盖挖逆作法是先在地表面向下做基坑的围护结构和中间桩柱，和盖挖顺作法一样，基坑围护结构多采用地下连续墙或帷幕桩，中间支撑多利用主体结构本身的中间立柱以降低工程造价。随后即可开挖表层土体至主体结构顶板地面标高，利用未开挖的土体作为土模浇筑顶板。顶板可以作为一道强有力的横撑，以防止围护结构向基坑内变形，待回填土后将道路复原，恢复交通。以后的工作都是在顶板覆盖下进行，即自上而下逐层开挖并建造主体结构直至底板。

盖挖半逆作法与逆作法的区别仅在于顶板完成及恢复路面后，向下挖土至设计标高后先浇筑底板，再依次向上逐层浇筑侧墙、楼板。在半逆作法施工中，一般都必须设置横撑并施加预应力。

(2) 明（盖）挖法的特点

明（盖）挖法具有施工作业面多、速度快、工期短、易于保证工程质量和工程造价低等优点。具备明（盖）挖施工场地条件的车站，宜采用明挖顺作法施工。处于地下水位线以下的隧道采用盖挖法时，需附加施工降水措施。地面交通需要尽快恢复时，宜采用盖挖顺作法、盖挖逆作法或盖挖半逆作法施工。盖挖法的缺点是盖板上不允许留过多的竖井，故后继开挖的土方需要采取水平运输，工期较长，作业空间小，与基坑开挖、支挡开挖相比，费用较高。

2. 暗挖法

暗挖法是指在地下先开挖出相应的空间，然后在其中修筑衬砌，从而形成隧道或车站。暗挖法施工主要工序包括挖土（钻眼）、（爆破）、通风、装土（岩）、运输（含提升）、初支与二衬或管片安装。

暗挖法施工场地占地较少。当受地面交通、地下管线等条件限制不允许使用明挖法施工，或线路埋深较大采用明挖法施工工程费用较高时，可采用暗挖法施工。但暗挖法施工有下列缺点：①施工风险较高，开挖截面大小受围岩稳定性限制；②工作面狭窄，工作条件差；③线路埋置较浅时可能导致地面沉陷；④工期一般较长、造价较高。

3. 盾构法

盾构法是一种全机械化施工方法，主要用于区间隧道的开挖。它是将盾构机械在地中推进，通过盾构外壳和管片支承四周围岩防止发生隧道内坍塌，同时在开挖面前方用切削装置进行土体开挖，通过出土机械运出洞外，靠千斤顶在后部加压顶进，并拼装预制混凝土管片，形成隧道结构的一种机械化施工方法。盾构法施工的内容包括盾构的始发和到达、盾构的掘进、衬砌、压浆和防水等。

盾构法的优点有：①开挖和衬砌安全度较高，掘进速度快；②盾构的推进、出土、拼装衬砌等全过程可实现自动化作业，施工劳动强度低；③对地面交通、河道航运与设施，以及地下管线、建（构）筑物、既有地铁线路等工程周边环境影响较小且较易控制；④在松软含水地层中修建埋深较大的长隧道往往具有技术和经济方面的优越性；⑤洞体结构比较稳定。

盾构法的缺点有：①断面尺寸多变的区段适应能力差；②新型盾构购置费昂贵；③转运和始发、到达端头井施工费用较高，对施工区段短的工程不太经济；④对盾构机始发和接受的条件较高；⑤当岩石强度在 130MPa 以上或推进中遇到不明的较大孤石时处理难度大。

4. 常用辅助工法

(1) 降水（和回灌）

降水技术是确保地下工程在无水或少水情况下作业施工所采取的技术措施。实施降水