

职业教育校企合作双元教材

高等职业技术教育城市轨道交通类专业“十四五”系列教材

城市轨道交通系统安全 和质量管理概论（活页式） （下册）

主 编 陈元静

副主编 盛海洋 张永志 林 亮 陈宏意

主 审 陈 坤 陈天炎 季 芳

西南交通大学出版社

• 成 都 •

图书在版编目（C I P）数据

城市轨道交通系统安全和管理概论：活页式. 下册 / 陈元静主编. —成都：西南交通大学出版社，2022.6

ISBN 978-7-5643-8547-7

I. ①城… II. ①陈… III. ①城市铁路—轨道交通—
交通运输安全 IV. ①U239.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2022）第 004453 号

目 录

CONTENTS

项目六 城市轨道交通工程技术安全质量管理	179
任务一 城市轨道交通工程技术概述	179
任务二 城市轨道交通工程技术质量管理概述	187
任务三 城市轨道交通工程技术质量控制	197
任务四 城市轨道交通工程技术安全管理概述	208
任务五 城市轨道交通工程安全生产检查	218
任务六 城市轨道交通工程建设风险管理	223
任务七 案例分析	230
项目七 城市轨道交通机电工程安全质量管理	错误!未定义书签。
任务一 城市轨道交通机电工程概述	错误!未定义书签。
任务二 城市轨道交通机电工程质量管理概述	错误!未定义书签。
任务三 城市轨道交通机电工程安全管理概述	错误!未定义书签。
任务四 城市轨道交通机电工程质量控制	错误!未定义书签。
任务五 城市轨道交通机电工程安全管理	错误!未定义书签。
任务六 城市轨道交通机电工程安全质量管理保障措施	错误!未定义书签。
项目八 城市轨道交通信号安全质量管理	错误!未定义书签。
任务一 城市轨道交通信号系统概述	错误!未定义书签。
任务二 城市轨道交通信号系统风险分析	错误!未定义书签。
任务三 城市轨道交通信号安全规范	错误!未定义书签。
任务四 城市轨道交通信号设备维护概述	错误!未定义书签。
任务五 作业安全把控措施	错误!未定义书签。
任务六 检修质量把控	错误!未定义书签。
项目九 城市轨道交通运营质量安全管理	错误!未定义书签。
任务一 城市轨道交通运营概述	错误!未定义书签。

任务二	城市轨道交通运营安全分析与评价	错误!未定义书签。
任务三	城市轨道交通服务质量标准	错误!未定义书签。
任务四	城市轨道交通服务质量控制	错误!未定义书签。
任务五	城市轨道交通运营质量安全管理保障	错误!未定义书签。
任务六	城市轨道交通运营安全事故预防与应急处置	错误!未定义书签。
参考文献	错误!未定义书签。



[专业群介绍视频扫码观看](#)



[课程介绍视频扫码观看](#)

项目六

城市轨道交通工程技术安全 and 质量管理

任务一 城市轨道交通工程技术概述

任务导入

城市轨道交通工程技术主要研究工程力学、工程机械、筑路材料、城市轨道交通工程等方面的基本知识和技能，进行城市轨道交通工程的勘测、施工、测试、检修、维护等。

知识准备

地铁线路的勘测设计，地下铁路、城市轻轨工程的施工，轨道交通线路的安全测试和日常维护，轨道和道岔的维护与检修等。

学习情景

一、教学目标

- (1) 了解国内外城市轨道交通概况。
- (2) 了解我国城市轨道交通发展前景。
- (3) 掌握城市轨道交通特点。
- (4) 掌握城市轨道交通系统构成。
- (5) 掌握城市轨道交通对城市发展的作用。
- (6) 了解城市轨道交通工程设计与施工内容。



轨道交通工程专业
教学案例



轨道交通工程专业
趣味小游戏

情境描述

城市轨道交通工程技术专业的学生主要学习的课程包括：城市轨道交通概论、工程力学、结构力学、建筑材料、工程机械、土力学与基础工程、结构设计原理、线路工程、地下工程、桥梁工程、工程经济及管理、工程测量等。城市轨道交通工程技术专业的课程设置旨在培养掌握城市轨道交通基础工程方面的基本知识和技能，能从事城市轨道交通工程的设计、施工、监理及养护的高级技术应用型专门人才。城市轨道交通工程技术专业要求学生掌握城市轨道交通基础工程的设计、施工、监理与养护技能。

学习过程

一、城市轨道交通工程建设概况

(一) 我国城市轨道交通的建设状况

进入 21 世纪后,我国城市轨道交通建设步入了快速发展的轨道,尤其是北京、上海分别以举办 2008 年奥运会和召开 2010 年世博会等国际活动为契机,让自身的城市轨道交通建设得到长足发展。广州、深圳、南京、苏州、杭州、天津、大连等城市也以珠江三角洲、长江三角洲、环渤海地区的经济腾飞等为时机,大力发展城市轨道交通建设,其他城市地铁、轻轨等城市轨道交通的建设也日趋活跃。

由于城市化进程的加快,城市群、城市带频频出现,城际轨道交通应运而生。实际上城市轨道交通的延伸和扩展,如珠江三角洲、长江三角洲、环渤海湾地区等经济的发展,必然对物流、人流提出新的要求,城际区域快速轨道交通的建设也正在兴起。

城际区域快速轨道交通的类型包括高速铁路、地铁、轻轨等形式。珠江三角洲经济区在全国率先完成了城际区域快速轨道交通的发展规划。它以广州为中心,连接周边主要城市,以广深(圳)、广珠(海)经济带为主轴,以广惠(州)、广开(平)、广肇(庆)、广从(化)为发展轴,近期规划轨道线路长 595 km,远期衔接港澳地区,规划线路近 900 km。列车运行的最高速度分为 4 个层次:近郊线 120 km/h,城际线 160 km/h,城际快线 200 km/h,直达快速线 300 km/h。

作为珠江三角洲城际区域快速轨道交通规划的第一条线路的广州—佛山地铁,业已开工建设(全长约 33 km),广州段由沥窖—芳村,佛山段由芳村—魁奇路,从而揭开了我国城际轨道交通建设的序幕。

(二) 我国城市轨道交通发展前景

当前,我国大中城市普遍存在着道路拥挤、车辆堵塞、交通秩序不畅的现象,并成为城市发展的“瓶颈”。随着我国城市规模和经济建设的飞速发展,城市化进程在逐步加快,城市人口在急剧增加,大量流动人口涌进城市,人员出行和物资交流频繁,交通需求急剧增长,城市交通供需矛盾日趋紧张。发展以轨道交通为骨干,以常规公交为主体的公共交通体系,为城市居民提供安全、快速、舒适的交通环境,引导城市居民使用公共交通系统既是国外大城市解决城市交通问题的成功经验,也是我国大城市解决交通问题的唯一途径。

世界各国轨道交通的发展说明了轨道交通的发展速度和与之发展相配套的技术经济政策相关。我国城市轨道交通现已进入快速发展阶段,在把握机遇、快速发展的同时,更应重视政策的指导作用。从 21 世纪开始,国家首次把“发展城市轨道交通”列入国民经济“十一五”计划发展纲要,并作为拉动国民经济特别是大城市经济持续发展的重大战略。轨道交通发展开始强调与城市环境的协调统一。北京、上海、广州三大城市轨道交通建设和运营实践证明了解决大城市交通拥堵、提高环境质量、调整城市区域结构和产业布局以及拉动城市社会经济持续发展和合理布局的突出作用。城市轨道交通的发展

解决了远距离上下班空间距离与时间的矛盾，并提高了居民的生活质量，促进了城市合理布局的形成。

这一时期，国家不仅开始注重轨道交通的发展建设，加大了对轨道交通的建设投入，同时其相关政策也在逐步完善，制定了轨道交通的发展政策、建设规划政策、产业性及标准性政策等。主要内容为：“大力发展公共交通，目前以公共汽车、无轨电车为主，发展出租汽车。特大城市应逐步发展快速有轨电车、高架和地下铁道，吸引更多居民使用公共交通”。

伴随着我国社会经济的不断发展和进步，不同类型的轨道交通也进入了并行发展时期，呈现出多元化发展趋势，并开始注重轨道交通与城市环境的协调发展。据有关部门预测，未来 10 年新建各种类型的轨道交通将达到 1 000 km 左右，全国投资总规模将达几千亿元，我国城市轨道交通进入了快速发展时期。

二、城市轨道交通工程设计与施工简介

（一）城市轨道交通工程路网规划与设计

现代化城市必须有现代化交通与之适应。城市交通是个多学科的系统工程，涉及到人、车、路与环境以及它们的相互作用与影响。要解决好城市交通问题，必须统一规划、综合治理、分期建设。城市交通规划是城市规划的重要组成部分，它是根据城市发展总体规划，经过交通调查而编制的城市综合交通规划，对于大城市和特大城市，还应编制城市轨道交通路网规划。城市轨道交通运量大、速度快、安全可靠、准点舒适，是服务于客运的公共交通系统，它位于地下、高架和地面，是在不同形式轨道上运行的大、中运量城市公共交通工具。城市轨道交通路网规划包括当代城市中地铁、轻轨、单轨、自动导向、磁浮和市郊客运铁路等轨道交通。

1. 路网规划设计

（1）路网规划设计主要原则。

城市轨道交通路网规划设计原则主要包括以下内容：

- ① 路网中的规划线路走向应与城市交通主客流一致。
- ② 路网规划要与城市发展总体规划紧密结合，留有发展余地。
- ③ 规划线路尽量沿城市主干道布设。
- ④ 路网中的线路布设要均匀，线网密度适当、换乘方便、换乘次数少。
- ⑤ 路网要与城市公共交通衔接配合好，充分发挥各自优势。
- ⑥ 路网中的各条规划线路客运负荷量要均匀。
- ⑦ 选择线路走向时应考虑沿线地面建筑情况，要注意保护文物古迹和环境。
- ⑧ 确定路网规划中线路建设程序时应保证工程技术和经济的合理性。

（2）路网规划设计主要内容。

城市轨道交通路网规划设计主要包括以下内容：

- ① 网线规划，选定线路走向，确定路网基本结构形式和路网规模。
- ② 车站分布规划，确定车站位置，对车站进行分类（按使用功能车站分为一般站、换乘站、折返站和尽端站）。

- ③ 各条线路的联络线规划。
- ④ 线路埋设方式规划，确定线路中地下、地面和高架线的位置和长度。
- ⑤ 车辆段与其他基地规划。
- ⑥ 网线建设顺序。

2. 线路设计

城市轨道交通线路设计包括限界设计、线路设计和轨道结构设计。

(1) 限界设计。

沿轨道运行的高速地铁列车需要在特定的空间运行，根据各种参数和特性计算出的满足其运行的空间尺寸，即限定车辆运行及轨道周围构筑物超越的轮廓线被称为限界。列车运行所经过的隧道和桥梁空间都是根据限界确定的，通过限界设计可确定一个既能保证列车运行安全，又不增大桥隧空间的经济、合理的断面。限界分车辆限界、设备限界和建筑限界三种，是工程建设、决定管线和设备安装位置等时必须遵守的依据。各种限界坐标值是依据限界坐标系给定的，限界坐标系和各种限界的定义如下：

① 限界坐标系：限界坐标系为二维直角坐标，其中 Y 轴为纵轴，它是车辆横断面垂直中心线(或平直轨道横断面垂直中心线，两垂直中心线是重合的)，平直轨道顶连线为横轴 X，两轴交点为坐标原点。

② 车辆限界：车辆限界是车辆在直线地段正常运行状态下的最大动态包络线。它是根据车辆轮廓尺寸和技术参数，考虑其静态和动态情况下所能达到的横向和竖向偏移量，按可能产生的最不利情况组合计算确定。

③ 设备限界：设备限界是车辆在运行途中发生故障状态时的动态包络线，是用以限制安装设备不得侵入的一条控制线。

④ 建筑限界：建筑限界是在设备限界基础上，考虑了设备和管线安装尺寸后的最小有效断面。建筑限界中不包括测量误差、施工误差、结构沉降、位移变形等因素。

各种限界之间关系见不同形式隧道断面图（如图 6-1 ~ 图 6-3 所示）。

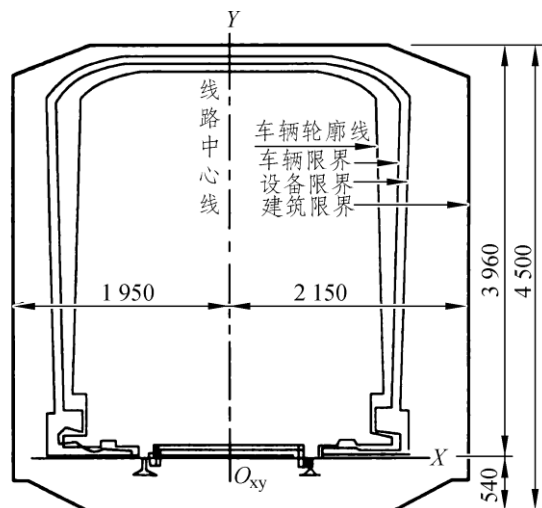


图 6-1 矩形隧道各种限界之间关系

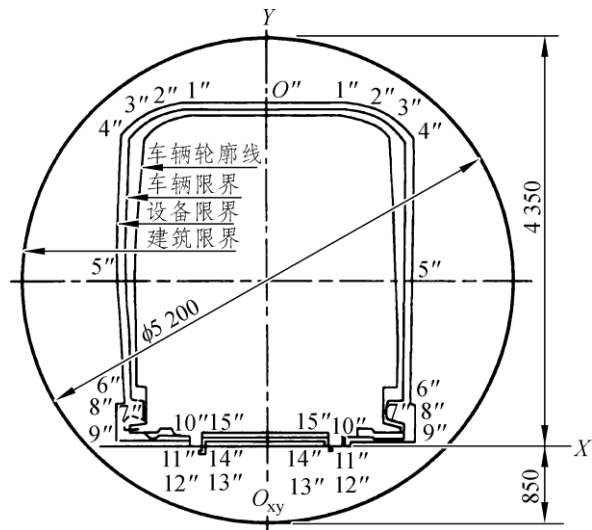


图 6-2 圆形隧道各种限界之间关系

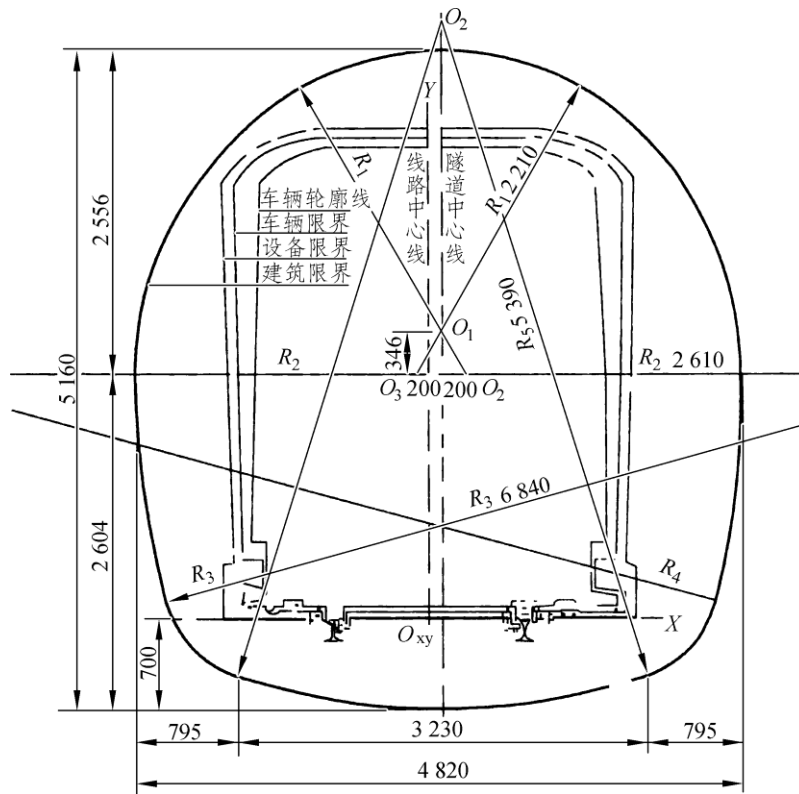


图 6-3 马蹄形隧道各种限界之间关系

(2) 线路设计。

线路设计的任务是在规划的基础上确定线路在城市三维空间的准确位置，并分为四个设计阶段：可行性研究阶段、总体设计阶段、初步设计阶段和施工图设计阶段。线路设计的内容包括线路选线、线路平面设计、线路纵剖面设计。

① 可行性研究阶段。通过线路多方案比选提出设计指导思想、主要技术标准、线路平剖面及车站的大致位置。

② 总体设计阶段。根据可行性研究报告及审批意见，初步确定线路平面位置和标高。

③ 初步设计阶段。根据总体设计文件及审查意见，确定线路、车站位置，完成纵剖面设计。

④ 施工设计阶段。根据初步设计文件及审查意见，对线路位置进行精确计算和详细设计。

(3) 轨道结构设计。

轨道结构是轨道交通的重要组成部分，一般由钢轨、扣件、轨枕、道床、道岔和附属设备等组成。轨道是地铁运营设备的基础，直接承受列车荷载，并引导列车运行。通过设计使轨道具有足够的承载力、稳定性、耐久性、绝缘性及适量的弹性，确保护量小、列车安全运行、乘坐舒适。

(二) 城市轨道交通建筑与结构形式

1. 城市轨道交通建筑

城市轨道交通是规模庞大的交通公共建筑，按照其功能、使用要求和设置位置划分成车站、区间和车辆段三部分，其形式如图 6-4 和图 6-5 所示。

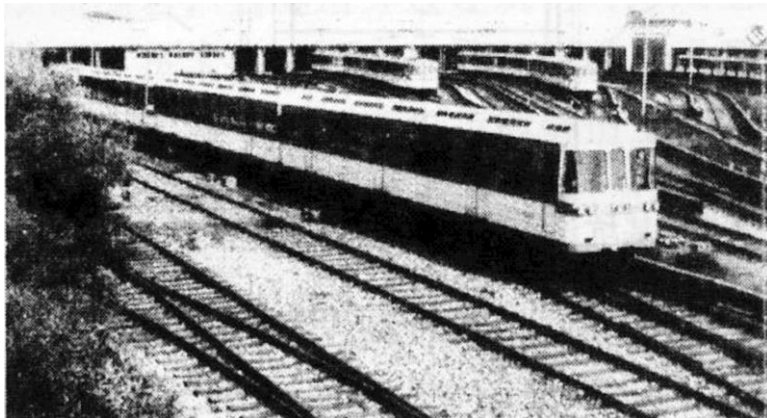


图 6-4 区间和车辆段



图 6-5 车站

2. 城市轨道交通隧道结构形式

城市轨道交通区间隧道衬砌结构与构造取决于隧道的用途、沿线地形地物、水文地质、工程地质条件、施工方法、环境要求、维修管理、工期要求和投资高低等因素。一般结构形式有矩形、圆形、马蹄形或上顶拱形断面等，部分断面形式如图 6-1 ~ 图 6-3 所示。

(三) 城市轨道交通施工主要方法

城市轨道交通施工测量方法的选择取决于施工方法，了解和掌握城市轨道交通施工方法对于做好施工测量工作非常重要。施工方法的确定，一方面受沿线工程地质和水文地质条件、环境条件（地面和地下地物的现状、交通状况等）、轨道交通的功能要求、线路平面位置、隧道埋深及开挖宽度等多种因素的制约；另一方面也会对施工期间的地面交通和城市居民的正常生活、工期、工程的难易程度、城市规划的实施、地下空间的开发利用和运营效果等产生直接影响。因此，城市轨道交通施工方法的确定，必须因地制宜、统筹兼顾，考虑众多因素的影响。施工方法一旦确定，对结构形式、工程造价和施工测量方案产生决定性影响。纵观我国城市轨道交通建设情况，主要采用明挖法、盖挖法、盾构法、新奥法及浅埋暗挖法、分部开挖法等施工方法。

知识拓展

城市轨道交通工程技术专业就业方向：城市轨道交通基础工程的设计、施工、监理与养护部门。城市轨道交通工程技术专业毕业生主要在城市轨道交通工程施工单位、勘测设计部门从事城市轨道交通施工、勘测、造价文件的编制、施工组织与管理等技术工作。城市轨道交通工程技术专业主要担任城市轨道交通勘测设计部门的技术工作岗位、城市轨道交通工程施工及其现场管理工作岗位、试验检测部门的技术工作岗位、城市轨道交通土建工程的养护维修工作岗位、城市轨道交通相关监理单位的技术工作岗位等。

学习评估

一、复习思考题

- (1) 简述国内外城市轨道交通概况。
- (2) 简述我国城市轨道交通发展前景。
- (3) 简述城市轨道交通特点。
- (4) 简述城市轨道交通系统构成。
- (5) 简述城市轨道交通对城市发展的作用。
- (6) 简述城市轨道交通工程设计与施工内容。

二、教学评价

任务名称	城市轨道交通工程技术安全管理概述	学生姓名		
评价类别	评价内容	个人自评	小组互评	教师评价
专业能力 (80分)	1. 国内外城市轨道交通概况(10分)			
	2. 我国城市轨道交通发展前景(10分)			
	3. 城市轨道交通特点(10分)			
	4. 城市轨道交通系统构成(20分)			
	5. 城市轨道交通对城市发展的作用(10分)			
	6. 城市轨道交通工程设计与施工内容(20分)			
社会能力 (10分)	敬业精神(5分)			
	团结协作(5分)			
方法能力 (10分)	计划能力(5分)			
	决策能力(5分)			



项目六任务一 城市轨道交通工程介绍微课视频

项目六 城市轨道交通工程技术安全和质量管理

任务二 城市轨道交通工程技术质量管理概述

任务导入

从事城市轨道交通工程建设活动必须坚持先勘察、后设计、再施工的原则，严格执行基本建设程序，保证各阶段合理的工期和造价，加强全过程安全质量风险管理。国务院住房和城乡建设主管部门负责全国城市轨道交通工程安全质量的监督管理。县级以上地方人民政府承担城市轨道交通工程安全质量监督管理职责的主管部门负责本行政区域内城市轨道交通工程安全质量的监督管理。

知识准备

先通过《城市轨道交通工程安全质量管理暂行办法》建质 2010-5 号了解建设、勘察、设计、施工、监理、工程监测、质量检测等单位的安全质量责任。

学习情景

一、教学目标

- (1) 了解城市轨道交通建设工程建设特点。
- (2) 了解城市轨道交通建设工程质量管理的现状。
- (3) 掌握城市轨道交通建设工程质量管理措施。
- (4) 掌握工程项目施工准备阶段主要内容。
- (5) 掌握工程项目施工阶段主要内容。
- (6) 掌握工程项目验收阶段主要内容。
- (7) 掌握工程项目资料管理阶段主要内容。

情境描述

工程质量管理作为城市轨道交通建设体系的核心，依托于高效的管理手段，有效防范各类事故的发生，确保施工进度，减少额外的成本投入。同时以工程质量管理为切入点，降低城市轨道交通病害发生的概率，延长使用寿命，提升城市轨道交通的实用性。

学习过程

一、城市轨道交通建设工程质量管理

(一) 城市轨道交通建设工程建设特点

1. 建设规模大

城市轨道交通建设需要投入更多的资金进行运营，每一千米每一年大约需要消耗 500 万到 1 000 万，投入的造价为每千米 4 亿~5 亿元，可见费用非常高。正是因为规划里程从百公里已经上升到数百公里，轨道交通建设会涉及更多的工作量，整个施工更加复杂，而且建设规模大也是其一大特点，同时投入资金也比较多，在配套系统上复杂，因此可见城轨建设是一项系统工程。

2. 工程风险大

城市的轨道交通建设过程中，无论是在居民区的文化场所，还是在金融及商业区域，都会进行贯穿，而且还会凸显其水文地质特点，整个的施工过程非常复杂，点线面都是需要考虑的，而且施工环境非常恶劣，具有多元性，比如说地下建筑物管网、地面的交通等，因为施工工序比较复杂，所以施工比较困难，遇到的安全风险也比较大。

3. 防水标准高

在整个的交通建设过程中，会进行结构防水工程，由于考虑到运营安全以及工程的寿命，一旦发生渗漏水，就会造成严重的影响。无论是行车安全、相关结构，还是对于人员的伤害，其影响都是巨大的。不仅结构使用寿命会因此降低，钢结构也会受到腐蚀，从而影响乘客安全。因此整个施工要做好防水设计工作，无论是材料还是施工工艺，都应该加强相应的验收工作。

4. 协调内容多

很多严格的专业要求都会在城市轨道交通建设中有所提及，无论是设计地铁轻轨还是有轨电车，涉及的环节都比较多，所以说，为了城市的快速发展，应该结合其他的交通方式进行考虑，而且无论是运营建设，都离不开城市的具体发展，为了得到相对应的社会及经济效益。在施工的过程中应该针对以上内容，全面地进行考虑，才能在制定施工方案时确保合理性。由于人员机械以及材料等会影响建设，所以也应该做好应急预案，确保整个交通建设的顺利运行。

(二) 城市轨道交通建设工程质量管理的现状

1. 工程质量事故发生率高

随着我国城市化进程的加快，为解决伴随着出现的交通拥堵问题，各地加大资源投入，纷纷进行轨道交通建设施工。但是受到多种因素的影响，现阶段部分城市轨道交通建设工程在施工环节，发生了较多工程质量事故，例如 2016 年某市地铁施工环节中，出现基坑支护坍塌事故，造成 4 名施工人员受困，经济损失高达 1 240 万元。较高的工程质量事故发生率，要求施工单位在开展各项施工活动的同时，必须切实做好施工质量管理，以全面高效的管理

手段，防范工程质量事故的发生。

2. 工程质量管理体系不完善

受到多种因素的影响，现阶段工程质量管理体系存在不健全、不完善的情况，具体来看，多数施工企业在开展工程质量管理的过程中，将自身的管理重心放置于施工进度等方面，对于质量管理则缺乏必要的重视。同时由于缺乏必要的经验，尽管部分施工单位将质量管理作为自身管理的核心，但是管理体系不完善，管理主体不明确，没有完全覆盖到城市轨道交通项目各参建方，造成工程质量管理无法发挥出应有的作用。

（三）城市轨道交通建设工程质量管理措施

城市轨道交通建设管理的核心是建设方，在建设方的管理过程中，还不能忽视各参与建设的工程施工方对于工程质量问题带来的影响。因此构建质量管理体系必须包括建设项目5大参建方、工程建设决策、实施、使用全寿命周期以及成本、工期、质量、安全、环境等工程建设安全要素。对这些影响工程质量因素进行合理的考量，有利于推动城市轨道交通建设趋于更加合理化与高质量化。甚至有利于动态管理与全要素管理的横向发展，这种发展方式甚至能够影响轨道交通工程的寿命周期。

1. 轨道交通建设工程的全周期管理

所谓全周期管理，即是管理过程覆盖了整个轨道交通建设工程的方方面面与时间线。它包括了勘察设计、招标、施工、竣工验收等与轨道交通工程质量有关的因素。全周期管理在整个轨道交通建设工程中的存在是具备相当意义的，任何一个工程施工环节出现问题都有可能影响整个轨道交通工程的进行与工程完工后的质量问题，从而导致轨道交通工程在投入运营后的社会影响力与经济回报效益方面的降低。因此对于轨道交通建设工程的质量管理，不能够只是偶然间的定义，必须是能够贯彻深入整个工程建设周期的。

2. 全要素管理

全要素管理对于轨道交通建设工程的管理人员的要求是，需要对于施工过程中的方方面面进行考量。它不仅包括了轨道交通工程的质量管理，还涉及施工成本管理、施工进度管理与施工安全管理等构成整个轨道交通施工这一过程的各个因素。这些因素之间存在着复杂的关联性，并且存在着相互促进的可能。我们甚至可以用“牵一发而动全身”来概括轨道交通建设工程的整体要素。不论是对于施工成本的管理还是对于施工进度的管理都能够对工程质量的提高起到推动的作用，在日常的施工工作过程中，经常出现为了降低施工成本，在材料选择的方面以次充好或者偷工减料的情况。对于工程质量而言，无疑是很大程度上的降低。而工程进度方面，则存在着为了赶工期而忽视工程建设过程中的规范的问题，例如混凝土可能尚未完全凝结便对其进行一定程度的改变，这无疑影响了整个工程的质量。因此，为了保证城市轨道交通工程的质量，应兼顾质量、资金、进度、安全等因素。

3. 全方位质量管理

在整个城市轨道交通建设工程的过程中，需要工程质量负责的不仅仅只有施工方，项目投资方、工程测量单位、工程规划单位、工程验收单位、工程测试机构等涉及整个工程各环

节的单位都需要对其担负一定程度的责任。因此对于工程质量管理存在全方位性质，工程质量不再只与单一的某一个部门有关，它需要与之相关的各个部门进行联合管理，以促进工程质量有更高程度的提升。全方位质量管理要求参与工程的各个单位发挥好自身应当具备的作用，明确自身在整个工程体系中的地位，对于自身的责任，要能够勇于承担。在此基础上，通过加强与其它工程相关方的交流，统一管理城市轨道交通建设工程，以达到提升工程质量的最终目的。

4. 全寿命管理

我们知道公共设施存在一定的使用寿命，而决定城市轨道交通寿命的主要因素包括了项目决策、方案实施和运营维护等。所谓项目决策，存在于工程施工之前，它对于整个工程的重要性相当于提纲在文章编写中的地位。从工程建设角度出发，项目决策起到的是一个引领的作用，合理的项目决策有助于施工的高效进行。方案实施则是在工程进行的过程中所涉及的领域，方案实施的内容包括了对于施工方案要求的严格实施和符合工程要求的选择性实施。而运营维护则是工程完成之后为了保证整个项目运行稳定与长久的必然措施，在所有涉及全寿命管理的因素中，运营维护与项目整体寿命的关系最为直接。因此在全寿命管理的过程中，我们需要对于各个阶段的重点质量影响因素进行一定程度上的联系，保证每一个工程阶段的施工质量。

二、工程项目施工、验收、资料管理阶段主要内容

为了加强轨道交通工程质量管理，确保轨道交通工程建设质量，坚持“质量为本”的原则。坚持“百年大计、质量第一”的方针。严格控制质量标准，严格规范管理，全部工程达到质量验收标准，确保分项一次检查合格率 100%、分部工程一次验收合格率 100%、单位工程合格率 100%的工程质量目标的实现。

凡从事轨道交通工程施工的一切活动和行为，必须严格按照设计文件、规范、监理程序和施工合同中约定的相关条款组织实施。建立第一管理者全面负责的质量保证体系，形成强有力的质量领导机构，实行质量管理责任制，认真划分各部门、各参建单位的质量职责，把质量控制目标分解到不同的施工层次中，充分发挥参建单位的积极性，开展全面、全员、全过程的质量管理。

下面按照工程项目施工准备阶段、施工阶段、验收阶段、资料管理等流程的先后顺序依次介绍相关内容。

（一）施工准备阶段

1. 建设（代建）单位

建设（代建）单位应建立健全质量管理机构，并配备专职质量管理人员，其人员数量应与建设规模、管理要求相适应，管理人员资格、专业应与工程类别相配套。其次，建立完善的质量管理体系，建立各项质量责任制度，严格落实相关法律、法规、规章及规范性文件规定的建设（代建）单位质量责任。质量体系，各级机构、各部门、各岗位的质量责任应明确，并建立相应的考核、奖惩机制。

建设（代建）单位应根据工程特点，制定质量管理企业标准，其内容应符合相关法律、

法规及规范性文件规定。企业标准应齐全、完整，具有针对性和可操作性，满足工程建设管理的需要。建设（代建）单位应加强对参建单位资质和人员的审查，工程项目开工前应当组织召开第一次工地会议。负责组织勘察单位向设计单位进行勘察交底。负责组织设计（勘察）单位向施工单位、监理单位及相关单位进行交底。负责组织参建各方进行图纸会审等。

2. 监理单位

监理单位依据监理委托合同在施工现场建立项目监理机构，于第一次工地会议前将项目监理机构的组成形式、人员构成及对总监理工程师的任命书以书面形式告知建设（代建）单位。

项目监理机构应根据工程特点建立健全质量控制体系，落实质量责任制，明确岗位责任；制定并完善质量管理制度；加强对项目监理机构的管理，制定检查制度，对项目监理部的工作情况进行检查。

施工前准备应熟悉合同文件，调查施工环境条件，熟悉施工图纸，配备检测设备，编制审批《监理规划》，编制《监理实施细则》，首次交底及进场培训，开工审查及开工令签署，开工核验，上墙资料等。

3. 施工单位

施工单位应建立质量管理机构，并配备质量专职管理人员；应当按照合同约定和中标通知书要求落实人员到位。

施工单位应当根据施工现场实际情况建立健全质量管理体系，质量管理目标层层分解，责任到人；制定质量管理制度；建立公司级定期或不定期的质量检查制度，指导施工现场的质量管理。对施工组织设计（方案）编制审批，质量技术规范配置，计量、测量、检测器具配置，质量创优规划，质量培训，常见质量问题，混凝土生产，上墙资料等。

（二）施工阶段

1. 技术交底

施工单位必须建立技术交底制度，工程施工前，施工单位项目技术人员应当就有关施工安全质量的技术要求向施工作业班组、作业人员做详细说明，并由双方签字确认。未经技术交底不得施工。

2. 常规工序质量控制

主要包括土方开挖、土方回填、模板工程、钢筋工程、混凝土工程（配合比控制、技术交底、原材料管理、交货验收、抽样检验、混凝土施工质量控制、成品保护、其他要求）。

3. 验收管理

（1）开工核验内容。主要包括技术资料准备情况、现场准备情况。

（2）关键节点施工前条件验收。建设单位应组织勘察、设计、施工、监理等单位对土方开挖工程，大范围降水工程，盾构进出洞施工，联络通道施工，暗挖施工穿越建筑物、桥梁、

既有铁路或地铁线，爆破工程，经评估的、风险级别较高的工程等关键节点实施施工前的条件验收，并形成书面验收意见。关键节点施工前的验收主要包括技术资料准备情况、现场准备情况。此外，包括隐蔽工程验收，质量监督首件样板验收，检验批、分项、分部、单位工程验收等。

4. 设计变更

建设（代建）单位应依据国家、行业、地方有关法律、法规，制订设计变更管理办法或制度。应明确设计变更及计价的分类、程序、分工，严格设计变更及变更计价的审批手续等相应要求。主要包括设计变更程序、设计变更管理等。

5. 材料控制

主要包括材料验收制度、材料验收程序、材料存放管理制度等。

6. 测量控制

主要包括测量体系建立、测量方案编制、交桩、复测及保护、控制点加密控制、定位放样等。

7. 试验检验

主要包括施工单位的试验室报审、试验检验方案编制、见证取样管理、材料样本管理、功能性试验、试件管理、平行检验等。

8. 季节性施工

主要包括冬期施工编制《冬期施工专项方案》，明确冬期施工规程、施工方法及有关技术措施等。雨季施工编制《雨季施工方案》，对参加施工的人员培训，防汛及相关应急演练。

9. 质量缺陷处理

主要包括编制质量缺陷处理专项方案、技术交底、处理及验收、备案等。

10. 质量事故管理

主要包括事故报告、现场保护、事故调查、事故处理等。

11. 停、复工管理

主要包括监理停工指令、监理复工指令等。

（三）验收阶段

城市轨道交通建设工程验收分为单位工程质量验收、项目工程验收、竣工验收三个阶段。

单位工程、项目工程验收前，个别暂未完成的分部分项工程，不影响单位工程的整体评价或专业功能缓建的，或不影响运营安全及使用功能的缓建、缓验项目，建设单位应在提交项目工程验收申请时提交缓建、缓验报告。

城市轨道交通建设工程质量验收工作，由建设单位负责组织实施。参与工程验收的建设、

勘察、设计、施工、监理等各方不能形成一致意见时，应当协商提出解决的方法，待意见一致后，重新组织验收。

（四）资料管理

主要包括过程资料管理、竣工资料管理与验收。资料内容如下。

1. 建设单位

- （1）勘察设计文件。
- （2）招投标文件、合同文件。
- （3）规章制度。
- （4）调查资料。
- （5）工程报批文件。
- （6）会议纪要。
- （7）审批文件。
- （8）参建单位函件。
- （9）交底资料。
- （10）日常检查考核。
- （11）工程验收资料。
- （12）设计变更资料。
- （13）事故调查处理资料。
- （14）工程影像资料等。

2. 监理单位

- （1）监理资料清单。
- （2）监理规划。
- （3）监理实施细则。
- （4）施工单位资质、组织机构、人员审查资料。
- （5）分包单位资格审查资料。
- （6）设计交底与图纸会审。
- （7）施工组织设计（方案）报审。
- （8）工程开工/复工报审及工程暂停令。
- （9）测量核验资料。
- （10）工程材料、构配件、设备的质量证明文件。
- （11）检查试验资料。
- （12）工程变更资料。
- （13）隐蔽工程验收资料。
- （14）监理工程师通知单。
- （15）监理工作联系单。
- （16）报验申请表。

- (17) 会议纪要。
- (18) 往来函件。
- (19) 监理日记、监理日志。
- (20) 监理月报。
- (21) 旁站/巡视/日常检查资料。
- (22) 质量缺陷与事故处理文件。
- (23) 检验批、分项、分部等验收资料(台账)。
- (24) 竣工验收资料。
- (25) 监理报告。
- (26) 监理工作总结。
- (27) 工程影像资料等。

3. 施工单位

- (1) 施工单位资质管理台账。
- (2) 施工单位质量保证体系文件。
- (3) 施工手续台账。
- (4) 质量管理制度。
- (5) 质量创优规划。
- (6) 周边环境交底\管线交底资料。
- (7) 设计交底与图纸会审。
- (8) 施工组织设计(方案)。
- (9) 技术交底及作业指导书。
- (10) 工程开工/复工报审及工程暂停令。
- (11) 工程测量。
- (12) 工程材料、构配件、设备的质量证明文件。
- (13) 试验资料。
- (14) 工程变更资料。
- (15) 监理工程师通知单及回复。
- (16) 监理工作联系单。
- (17) 会议纪要。
- (18) 往来函件。
- (19) 施工日记。
- (20) 施工月报。
- (21) 巡查/日常和定期检查资料。
- (22) 质量缺陷(问题)处理文件。
- (23) 质量事故处理文件。
- (24) 关键节点施工前条件验收表。
- (25) 检验批、分项、分部等验收资料。
- (26) 功能性试验资料。

- (27) 分部、分项施工小结。
- (28) 竣工验收资料。
- (29) 工程技术总结。
- (30) 影像资料等。

知识拓展

《城市轨道交通工程安全质量管理暂行办法摘要》(建质〔2010〕5号)

第五条 建设单位对工程项目管理负总责。建设单位必须建立健全安全质量责任制和管理制度,设置安全质量管理机构,配备与建设规模相适应的安全质量管理人员,对勘察、设计、施工、监理、监测等单位进行安全质量履约管理。

第二十条 勘察、设计单位对工程项目的安全质量承担勘察、设计责任。勘察、设计单位的主要负责人对本单位勘察、设计安全质量工作全面负责。项目负责人应当具有相应执业资格和城市轨道交通工程勘察、设计工作经验。项目负责人对所承担工程项目的勘察、设计安全质量负责。从事工程勘察、设计的执业人员应当对其签字的勘察、设计文件负责。

第三十条 施工单位对工程项目的施工安全质量负责。施工单位主要负责人对本单位施工安全质量工作全面负责,项目负责人对所承担工程项目的施工安全质量负责。施工单位主要负责人、项目负责人和专职安全生产管理人员应当依法取得安全生产考核合格证书。项目负责人应当具有相应执业资格和城市轨道交通工程施工管理工作经验。建筑施工特种作业人员应当持证上岗。

第四十七条 监理单位对工程项目的安全质量承担监理责任。监理单位主要负责人对本单位监理工作全面负责。项目总监理工程师对所承担工程项目的安全质量监理工作负责。项目总监理工程师应当具有相应专业的注册监理工程师执业资格和城市轨道交通工程监理工作经验。

第六十条 监测单位对工程项目的安全质量承担监测责任。监测单位主要负责人应当对本单位监测工作全面负责。项目监测负责人对所承担工程项目的安全质量监测工作负责。项目监测负责人应当具有相应执业资格和城市轨道交通工程监测工作经验。

学习评估

一、复习思考题

- (1) 简述城市轨道交通建设工程建设特点。
- (2) 简述城市轨道交通建设工程质量管理的现状。
- (3) 简述城市轨道交通建设工程质量管理措施。
- (4) 简述工程项目施工准备阶段的主要内容。
- (5) 简述工程项目施工阶段的主要内容。
- (6) 简述工程项目验收阶段的主要内容。
- (7) 简述工程项目资料管理阶段的主要内容。

二、教学评价

任务名称	城市轨道交通工程技术安全管理概述	学生姓名		
评价类别	评价内容	个人自评	小组互评	教师评价
专业能力 (80分)	1. 城市轨道交通建设工程建设特点(10分)			
	2. 城市轨道交通建设工程质量管理现状(10分)			
	3. 城市轨道交通建设工程质量管理措施(10分)			
	4. 工程项目施工准备阶段主要内容(10分)			
	5. 工程项目施工阶段主要内容(20分)			
	6. 工程项目验收阶段主要内容(10分)			
	7. 工程项目资料管理阶段主要内容(10分)			
社会能力 (10分)	敬业精神(5分)			
	团结协作(5分)			
方法能力 (10分)	计划能力(5分)			
	决策能力(5分)			



项目六任务二 城市轨道交通工程技术质量管理微课视频

项目六 城市轨道交通工程技术安全和质量管理

任务三 城市轨道交通工程技术质量控制

任务导入

城市轨道交通工程通常在城镇中修建，其常见的结构形式有地下线、地面线和高架线，考虑到地下线的结构施工安全风险大，且是一种常见的城市轨道交通结构形式，本任务主要介绍地铁车站暗挖、区间暗挖及盾构施工工法等城市轨道交通工程技术质量控制的相关内容。

知识准备

预习与地铁车站施工、车站区间隧道施工有关的明挖法、盖挖法、暗挖法及几种方法的组合及变化形式的主要工法，以及城市轨道交通工程施工主要安全技术的基本知识。

学习情景

教学目标

- (1) 掌握地铁车站施工明挖法、盖挖法、暗挖法及几种方法的组合及变化形式。
- (2) 掌握地铁车站区间隧道施工盾构法及其他特殊施工方法。
- (3) 掌握城市轨道交通工程施工主要安全技术。

学习过程

一、地铁车站施工主要工法及特点

目前地铁车站施工主要工法有明挖法、盖挖法、暗挖法及几种方法的组合及变化形式，见表 6-1。

表 6-1 地铁车站施工主要工法

序号	施工工法	适用条件	优点	缺点
1	明挖法	适合多种不同类别的地质条件，适用于浅埋车站，征占地较容易，可使用的空间比较大，周边环境简单	工艺简单、技术成熟，施工安全、质量易保证、便于大型机械化施工	长时间占用地面或中断地面交通，对周围环境影响大
2	盖挖法	在地面不能长期占用或交通不能长期中断的情况下，可采用盖挖法	占用场地时间短，对地面干扰较小，施工安全	施工工序复杂，交叉作业较多，施工环境差
3	暗挖法	由于地面环境复杂，交通不允许中断，地面建筑物众多，或者管线错综复杂，不易改移，不宜采用明挖和盖挖法施工的地铁车站	避免大量拆改移工作，该法工艺简单、灵活，无需大型设备，在变截面地段尤为适应，施工对道路交通基本无干扰	施工风险大、机械化程度低，作业环境差，造价高

1. 明挖法

明挖法是各国地铁施工的首选方法，在地面交通和环境允许的地方，通常采用明挖法施工。明挖法具有施工作业面多、速度快、工期短、易保证工程质量和工程造价较低等优点，但因对城市生活干扰大，应用受到各种因素的限制，尤其是当地面交通和环境不允许时，只能采用盖挖法或暗挖法。

明挖法施工主要分为围护结构施工、站内土方开挖、车站主体结构施作和回填上覆土以及恢复管线四个部分。明挖法包括敞口明挖法、基坑设置支护结构的明挖法和盖挖法。

(1) 敞口明挖法。

在地面建筑物稀少、交通不繁忙、施工场地较大、结构物埋深较浅的地段及城市轨道交通干线出入地面的区段采用敞口明挖法，如图 6-5 所示。

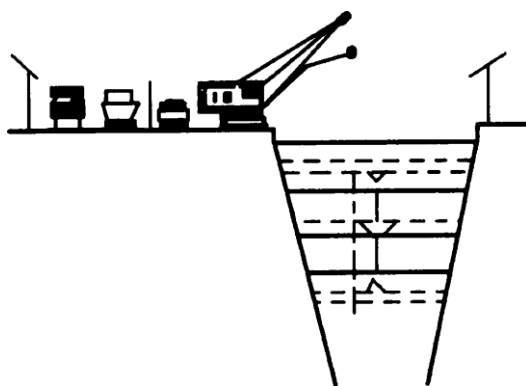


图 6-5 敞口明挖法示意图

(2) 基坑设置支护结构的明挖法。

在施工现场较小、土质自立性差、地下水丰富、建筑物密集、埋深大时采用明挖法时基坑要加设支护结构，如图 6-6 所示。

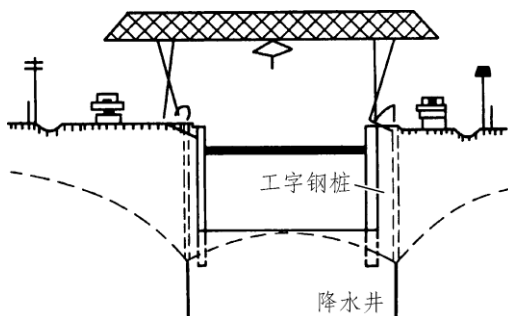


图 6-6 基坑设置支护结构的明挖法示意图

2. 盖挖法

盖挖法是利用围护结构和支撑体系，在较繁忙交通路段利用结构顶板或临时结构设施维护路面交通，在其下进行车站施工的方法。即在短期封闭地面交通期间，进行连续墙和钻孔灌注桩作业，开挖和修筑结构顶板，随即回填，恢复地面交通，然后转入地下作业，开挖基

坑，修筑楼板和底板，利用隧道两侧的出入口和通风道出土、进料。

按结构施工的顺序，盖挖法可以分为盖挖逆作法和盖挖顺作法两种。盖挖逆作法一般对交通作短暂封锁，等结构顶板施工结束并达到强度后恢复道路交通，利用竖井作为出入口进行内部暗挖逆筑。盖挖逆作法具有占用场地时间短，对地面干扰小和施工安全等优点，缺点有施工工序复杂、交叉作业和施工环境差等。盖挖顺作法拥有盖挖逆作法的优缺点。

将明挖和盖挖相结合是未来明挖法、盖挖法的发展方向。盖挖段以临时铺盖板铺设临时路面，维持地面交通畅通，然后凭借各种临时支撑及支护保证围岩稳定，并向下进行开挖施工。

3. 暗挖法

暗挖法又称矿山法，通常采用施工竖井、通道在地下开挖、支护、衬砌的施工方法。对地层适应性较广，适于地面建筑物密集、交通运输繁忙、地下管线密集的地下构造物施工。通常包括新奥法和浅埋暗挖法等。新奥法和浅埋暗挖法的主要区别在于有没有充分考虑围岩的自承能力。各结构形式车站的暗挖工法如表 6-2 所示。

表 6-2 各结构形式暗挖工法

结构形式		暗挖工法
多拱双层式车站	三拱双柱双层式车站	PBA 法、中洞法、侧洞法、柱洞法
	双拱单柱双层式车站	
多拱（或单拱多跨）单层式车站	三拱双柱单层式车站	中洞法、柱洞法、侧洞法
	双拱单柱单层式车站	
	单拱双柱单层式车站	
	单拱单柱单层式车站	
单拱双层式车站	单拱单柱双层式车站	中洞法
	单拱无柱双层式车站 (一般适用于岩石地层)	双侧壁导坑法
单拱无柱单层式车站		CRD 法
分离式车站的分离式单拱双层式车站		PBA 法、CRD 法
分离式车站的分离式单拱单层式车站		CRD 法

(1) 浅埋暗挖法。

浅埋暗挖法即松散地层的新奥法施工。浅埋暗挖法是针对埋置深度较浅、松散不稳定的

土层和软弱破碎岩层的施工。使用浅埋暗挖法进行隧道施工时，应根据工程特点、围岩情况、环境要求以及施工单位的自身条件等选择适宜的开挖方法及掘进方式。

浅埋暗挖法并没有充分考虑利用围岩的自承作用，要求初期支护具有一定刚度，按照十八字原则（管超前、严注浆、短开挖、强支护、快封闭、勤量测）进行设计和施工。浅埋暗挖法不允许带水作业，开挖面要有一定的自稳性，开挖面前方地层预加固和预处理是浅埋暗挖法的必要前提，目的是增强开挖面的稳定性。

浅埋暗挖法与明挖法、盖挖法相比，对地面建筑物等影响最小，在环境复杂区域应用广泛；缺点是工序复杂、交叉作业多、作业环境差、安全风险大及工程造价高等。例如北京地铁区间隧道埋置在第四纪地层中，用小导管注浆加固土层，分部开挖，架钢筋格栅拱、喷混凝土法施工初次衬砌，然后做防水层，最后用模注混凝土做二次衬砌。

（2）新奥法。

新奥法是目前较为广泛采用的一种方法，该方案施工机具简单，施工技术灵活，并可采用信息设计，即根据施工监测的数据随时调整原设计，使设计更趋合理。

新奥法是充分利用围岩的自承能力和开挖面的空间约束作用的松弛和变形，采用锚杆和喷射混凝土为主要支护手段，对围岩进行加固，约束围岩并通过对围岩和支护的量测、监控，指导地下工程的设计和施工。新奥法适用于稳定地层，以利用围岩的自承能力为基点，使围岩成为支护体系的组成部分，为了充分利用围岩的自承能力，要求初期支护具有一定柔度。

二、区间隧道施工主要工法及特点

目前城市轨道交通区间隧道施工的主要工法有明挖法、盖挖法、暗挖法、盾构法及这几种方法的组合及变化形式。下面仅介绍盾构法及其他特殊施工方法。

1. 盾构法

盾构法施工技术于 1806 年由英国工程师布鲁诺原创，并应用于英国伦敦泰晤士河水隧道的施工工程中，至今已有 200 余年历史。该技术由于无需占用大量隧道沿线的施工场地，对城市的商业、交通、居住等的影响很小，因此很快受到各国的推崇，经过数代技术人员的不懈努力，盾构法隧道施工技术由最初只能在极少数欧美发达国家应用，发展成为目前发展中国家在城市市政建设中逐步进行应用的施工技术。盾构的基本原理是基于圆柱形的钢组件沿隧洞轴线向前推进的同时开挖土壤。该钢组件始终处于已开挖的安全空间中，直到初步或最终隧洞衬砌建成。盾构必须承受周围地层的压力，而且要防止地下水的侵入。一般来讲，盾构掘进隧道不应也不能完全取代其他方法，但在不良地层条件下做长距离掘进，对进尺有较高的要求和对地面沉陷有严格的要求时，相对于明挖法、暗挖法，其在安全性、技术性上更合理、更经济。其主要的优缺点如下。

优点：机械化施工程度高，进度快；隧道结构形状准确；对地面结构影响小；工作人员作业较安全，劳动强度低；对环境影响较小，地下水位可保持；施工质量高，衬砌经济。

缺点：盾构的规划、设计、制作和组装时间长；准备困难且费用高，只有长距离掘进时才较经济；当地层条件变化大时，有实施风险；隧道断面变化的可能性小，断面如需变化，

其费用较高。

2. 其他特殊施工方法

由于技术水平不断提高，设备不断完善，在一些特殊地段，会采用冻结法、化学注浆等方法加固围岩；当隧道穿过建筑物时，采用基底托换等方法；为处理好地下水，采用降水深层回灌等施工技术。这些技术在全国地铁施工中得到不少应用，并取得了一定的效果。

对于大跨度车站及折返线隧道工程，一般采用分部开挖法施工，分部开挖法包括双侧壁导坑法、中洞法、中隔壁法等，这些方法也都取得了良好的施工效果。

三、城市轨道交通工程施工主要安全技术

(一) 车站暗挖施工及安全技术

暗挖车站常见结构形式见表 6-3。暗挖车站工法选择原则为“安全可行性、工期可控性、经济合理性”。

表 6-3 暗挖车站常见结构形式

序号	施工工法	适用条件
1	全断面法	(1) 全断面法适用于土质稳定、断面较小的隧道施工，适宜人工或机械作业。 (2) 全断面法采取自上而下一次开挖成形，沿着隧道断面轮廓开挖，按施工方案一次进尺并及时进行初期支护。 (3) 全断面法的优点是可以减少开挖对围岩的扰动次数，有利于围岩天然承载拱的形成，工序简便；缺点是对地质条件要求较高，围岩必须有足够的自稳能力
2	台阶法	(1) 台阶法适用于土质较好的隧道施工。 (2) 台阶法将结构断面分成两个以上部分，即分成上下两个工作面或几个工作面，分步开挖。根据地层条件和机械配套情况，台阶法又可分为正台阶法和中隔壁台阶法等。正台阶法能较早使支护闭合，有利于控制其结构变形及由此引起的地面沉降。 (3) 台阶法优点是具有足够的作业空间和较快的施工速度，灵活多变，适用性强

暗挖车站常见施工方法相关内容如下。

1. PBA 法

PBA 法是浅埋暗挖法的一种，其中：P 指 pile 桩，B 指 beam 梁，A 指 arc 拱。PBA 法多用于修筑侧式和岛式双层地铁车站。PBA 工法扣拱施工的安全技术难点为：

- (1) 大跨度暗挖施工风险高、难度大；
- (2) 扣拱施工结构受力复杂；
- (3) 初支和二衬的施工节点多；

(4) 施工作业面狭小, 施工组织困难等。

2. 中洞法

中洞法施工就是先开挖中间部分, 在中洞内施作梁、柱结构, 然后再开挖两侧部分, 并逐渐将侧洞顶部荷载通过中洞初期支护转移到梁、柱结构上。

(1) 中洞法暗挖地铁车站钢管柱施工技术, 包括钢管柱施工的安全技术难点分析, 钢管柱施工原则及措施(前期准备、吊装、轴线与垂直度校正、临时支护)。

(2) 中洞法暗挖地铁车站顶梁与顶拱施工技术, 包括顶纵梁施工技术(顶梁底板制作、顶芯梁底板预制技术要求、顶梁底板安装、芯梁顶部防水层铺设、芯梁顶部钢筋绑扎), 顶拱施工技术。

3. 侧洞法

侧洞法施工就是先开挖两侧部分, 在侧洞内做梁、柱结构, 然后再开挖中间部分, 并逐渐将中洞顶部荷载通过初期支护转移到梁、柱结构上。

临时中隔壁拆除与二衬施工力系转换的安全技术难点分析: 浅埋暗挖法中的初期支护形成了棚架体系, 于是二衬修筑时需要分段拆除临时支撑, 临时支撑的拆除将导致结构内的应力重新分布, 此过程也是初期支护受力最危险、最不安全的时期。

此外, 还有 CRD 法即交叉中隔壁法、双侧壁导坑法、柱洞法等。

(二) 区间暗挖施工及安全技术

1. 区间暗挖常用施工方法

区间一般断面较小, 可采用全断面法、台阶法、环形开挖预留核心土法、单侧壁导坑法、双侧壁导坑法、中隔壁法和交叉中隔壁法等施工方法。区间暗挖施工主要工法见表 6-4。

表 6-4 区间暗挖施工主要工法一览表

序号	地工工法	适用条件
1	环形开挖预留核心土法	(1) 环形开挖预留核心土法适用于一般土质或易坍塌的软弱围岩、断面较大的隧道施工。 (2) 一般情况下, 将断面分成环形拱部、上部核心土、下部台阶等三部分。根据断面的大小, 环形拱部又可分成几块交替开挖。环形开挖进尺通常为 0.5~1.0 m, 不宜过长。台阶长度一般控制在 1D 内 (D 一般指隧道跨度) 为宜。 (3) 施工作业流程: 用人工或单臂掘进机开挖环形拱部, 架立钢支撑, 喷混凝土。在拱部初次支护保护下, 开挖上部核心土和下部台阶, 随时接长钢支撑和喷混凝土、封底。视初次支护的变形情况或施工步序, 安排施工二次衬砌作业

2	单侧壁导坑法	<p>(1) 单侧壁导坑法适用于断面跨度较大、地表沉陷难于控制的软弱松散围岩中隧道施工。</p> <p>(2) 单侧壁导坑法是将断面横向分成 3 块或 4 块。侧壁导坑尺寸应本着充分利用台阶的支撑作用，并考虑机械设备和施工条件而定。</p> <p>(3) 一般情况下侧壁导坑宽度不宜超过 0.5 倍洞宽，高度以到起拱线为宜，这样导坑可分二次开挖和支护，不需要架设工作平台，人工架立钢支撑也较方便</p>
---	--------	---

续表

序号	地工工法	适用条件
3	双侧壁导坑法	<p>(1) 双侧壁导坑法又称眼镜工法。当隧道跨度很大，地表沉陷要求严格，围岩条件特别差，单侧壁导坑法难以控制围岩变形时，可采用双侧壁导坑法，一般用于区间暗挖单洞双线段。</p> <p>(2) 双侧壁导坑法一般是将断面分成 4 块：左、右侧壁导坑、上部核心土、下部台阶。导坑尺寸拟定的原则同前，但宽度不宜超过断面最大跨度的三分之一。左、右侧导坑错开的距离、应根据开挖一侧导坑所引起的围岩应力重新分布的影响不致波及另一侧已成导坑的原则确定。</p> <p>(3) 施工顺序：开挖一侧导坑，并及时将其初次支护闭合。相隔适当距离后开挖另一侧导坑，并施工初次支护。开挖上部核心土，施工拱部初次支护，拱脚支承在两侧壁导坑的初次支护上。开挖下部台阶，施工底部的初次支护，使初次支护全断面闭合。拆除导坑临空部分的初次支护，施作内层衬砌</p>
4	中隔壁法和交叉中隔壁法	<p>(1) 中隔壁法也称 CD 工法，主要适用于地层较差和不稳定岩体，且地面沉降要求高的地下工程地工。</p> <p>(2) 当 CD 工法不能满足要求时，可在 CD 工法基础上加设临时仰拱，即所谓的交叉中隔壁法（CRD 工法）。</p> <p>(3) CD 工法和 CRD 工法在大跨度隧道施工中应用普遍，在施工中应严格遵守正台阶法的施工要点，尤其要考虑时空效应，每一步开挖必须快速，必须及时步步成环，工作面留核心土或喷混凝土封闭，消除由于工作面应力松弛而增大沉降值的现象</p>

2. 区间暗挖施工安全技术

(1) 竖井使用安全技术。

在井口设置明显的安全防护设施，设置安全使用警示牌、下井人员明细牌。严禁在井口附近堆码杂物，防止跌落井内。井内和井外配备先进的通信设备，并设专人值班，确保安全。

(2) 起重设备使用安全技术。

设备能正式使用前，先试空车。加强井底与提升司机的信号联系，除常用的声响信号装置外，还必须有备用信号装置（电话或传话筒）。井底应能给提升司机发送紧急停车信号。

(3) 结构开挖初支安全技术。

坚持先护顶后开挖的原则施工。采用合理的开挖方式。严格控制每循环进尺，开挖成型后及时进行初期支护，尽早施作仰拱封闭成环，对特殊地段缩小钢格栅的间距。

(4) 结构衬砌作业安全技术。

模板台架工作平台、跳板、梯子等应安设牢固，其承重不得超过设计能力，并应在现场标明；工作平台应搭设不低于 1 m 的栏杆，上下平台的梯子一侧应有扶手。灌注时必须两侧对称进行，不使台架受到偏压；拆除混凝土输送软管时，必须停止混凝土泵的运转；台架停止工作时，应及时切断电源，以防漏电、触电。拆除移动模板台架时，设专人指挥、监护，以防事故发生。

(5) 模板脚手架施工安全技术。

自行加工的架设工具必须符合设计要求，并经试验合格后方可使用。编制脚手架施工方案，制定具体安全保护措施，所有架设人员必须有架子工上岗证。采取二次检查脚手架的方法，消除隐患，保证脚手架安全、可靠。

(6) 装、卸渣与运输安全技术。

严禁除司机外的其他人员搭乘非运人的车辆。装载机工作场地，应设车辆机械调度与指挥人员。禁止使用装载机当“吊机”爬坡和当运输车用，以免违章发生事故。

(三) 区间盾构法施工及安全技术

1. 盾构法施工起重吊装作业安全技术

盾构法施工必须从以下几个方面加强起重吊装作业过程中的施工安全管理：

(1) 经体检确认可进行高处作业的人员；

(2) 安排相关安全管理人员现场监督；

(3) 当垂直交叉作业不能满足要求时，必须设置安全防护层；

(4) 移动时起重机带载荷行走时，载荷不得超过允许起重量的 70%，重物在起重机正前方，重物离地面距离不得大于 0.5 m，并应拴好拉绳，缓慢行驶。严禁长距离带载荷行驶。起重机地面松软不平时，起吊禁止同时进行两个动作；

(5) 两台或多台起重机同时吊运，在吊运过程中钢丝绳应保持垂直，各台起重机的升降、运行应保持同步，各台起重机所承受的载荷均不得超过各机的额定起重能力，达不到上述要求时，应降低额定起重能力至 80%。

2. 盾构法施工用电安全技术

(1) 一般用电。

① 临时用电系统在施工完成后要经过编制人、项目经理、审批人及专职电工共同验收合格后方可投入使用。

② 分配电箱可选 100 ~ 200 mA，但不得超过 30 mA · s 的限值，开关箱处不得大于 30 mA，额定漏电动作时间应小于 0.1 s，用于潮湿的漏电保护器，其额定漏电动作电流应不大于 15 mA，额定漏电动作时间应小于 0.1 s。

③ 所有电气设备的金属外壳、配电箱柜的金属框架、门，以及人体可能接触到的金属支撑、底座、架体、电气保护管及其配件等均应于保护零线做牢固电器连接，箱内开关应贴上标有用电设备编号及名称的标签。

④ 设备检修时必须按照要求将电源关闭，并且悬挂“有人工作，禁止合闸”警示牌或者派人现场监督。

(2) 高压用电。

盾构机动力系统掘进用电一般是采用双回路专供的电缆路专供的电缆，从变电站接到盾构机上的电缆一般采用埋地敷设，高压电缆埋地深度不小于 0.7 m，电缆周围需铺 50 mm 厚的细砂，上面盖红砖保护，然后回填夯实，并在醒目位置设置警示标志牌。

盾构掘进的隧道内一般环境潮湿，且随着盾构向前不断推进，高压电缆也要经过多次连接，接头一定要选用优质的专用接驳器。在隧道内，电缆固定时的悬挂高度要合适，至少要比轨道运输车辆高，防止运输车辆脱轨后倾翻击断电缆从而造成严重后果。

3. 盾构机开舱与刀具更换的安全管理

刀盘内更换刀具也是盾构法隧道施工过程中相对较危险的作业工序，所以在更换刀具之前要将换刀所需的工具、设备、简易药箱等应急物品准备齐全，对土舱内的气体进行检测，在保证无有毒气体的情况下才可进行刀具更换。另外在土舱必须提供充足的照明，但刀盘内潮湿、水气大，随着温度的升高会产生雾化现象，对电器、电线绝缘性能要求高，需选用 24 V 以下的安全电压，包括行灯等局部照明工具。

(1) 常压换刀（地质条件比较稳定）。

在开舱之前，首先要观察土压的变化情况，待情况稳定后再进入舱内进行刀具更换。作业人员进入土舱前要系上安全绳，在舱口外还应至少挂有一把斧头，以备发生紧急情况时在人员撤离后能及时砍断入舱的电线电缆等障碍物并关上舱门。

在开舱之前，必须准备好开舱需要的设备工具和刀具等，还需准备好担架和配有应急药品的简易药箱等，并且要求电瓶车在最后一节台车后面应急备用，如发生作业人员受伤等意外情况，可通过电瓶车将其快速运出。

(2) 气压换刀（前方或上方土体不能自稳）。

必要时对加压舱进行耐压和泄露试验。在正式进行气压换刀之前，还应进行无人压力试验，作业人员进入时，操作人员应掌握好升压的速度，若舱内有人感到升压过快，要马上停止升压或适当降低压力，待适应后再适当增加升压的速度。

在压力舱内作业时，必须使用经得起压力的防爆灯；外面值守人员必须不间断地与压力舱内的人员保持联络，了解其情况；除一般应急药品外，还需要相关专业的医生在外面值守，有条件的最好配备专用的流动医疗舱。

4. 盾构法施工管片拼装作业

拼装机刚开始作业时，必须保证其旋转时警报蜂鸣器响，警示灯闪烁；组装管片，拼装机和推进油缸的操作手也必须在收到作业人员安全的明确信号后才能动作。

5. 盾构法施工隧道内轨道运输

(1) 轨枕要保证有足够的刚度，并和管片上的螺栓保持固定或焊接，避免滑动变形。

(2) 电车司机在起步、转弯或者比较黑暗处必须鸣笛示警，且电机车进出隧道时严禁搭乘各类人员。

(3) 电机车停下时，后面拖车车轮必须用铁楔或木楔卡住，严防溜车。

6. 盾构法施工砂浆搅拌与注浆

进料工在进料时严禁将头或手伸入料斗与机架之间查看或探摸进料情况；送料工调节输

送机的卸料高度时应在停车时进行；当电源中断或因其他原因突然停机时，应立即切断电源，将输送带上的物料清除掉，待来电或排除故障后方可再接通电源启动运转；清洗砂浆搅拌罐时必须有人在外面监视，以防有人突然接通电源使搅拌叶片发生非期望的旋转。

7. 盾构法施工的管片拆除

(1) 不得一次将整环管片螺栓全部松懈或拆除，以免发生一次性大面积脱落。

(2) 拆除管片螺栓时，应满足管片的自稳角，应先挂好吊钩，串好吊销杆，拉进绳索后再进行拆除连接螺杆，以防管片滑落倾倒。

(3) 在联络通道管片拆除前，必须严格按照要求对上方管片进行支撑，以防管片受力不均产生挤压变形等恶性影响。

8. 盾构法施工的联络通道施工

联络通道施工过程中，遇软弱土层、透水砂层或者工作面发生小量掉块等，一般是采取小导管注浆、增加锚杆长度和数量，或者挂网喷混凝土等方式来加强临时支护；若发现工作面发生较大的坍塌，应立即采用砂袋回填等措施，并喷混凝土充填满砂袋与拱顶部的空隙和坍塌部位；若遇局部透水砂层有涌水情况发生，须立即喷射掺有大量速凝剂的混凝土封闭涌水面，喷射混凝土前预埋出水花管，然后增加小导管注浆，注浆时可采用水玻璃或其他速凝剂的双液注浆，以达到有效止水和稳固工作面的效果。

9. 盾构机组装与拆除

(1) 交流电焊机必须具备有效的二次侧降压漏电保护器；

(2) 在盾体上面焊接吊耳或进行其他作业时，必须焊好防护栏杆并系好安全带；

(3) 带电线路必须张挂在可靠位置；

(4) 另外各个作业面还必须预留出不低于 45 cm 的安全作业通道，且拆除下的部件应及时放置在指定位置，不得占用作业通道。

知识拓展

城市轨道交通工程技术质量控制，按照“体系健全、制度完备、责任明确”的要求，对施工现场主要参建各方应承担的质量责任和义务等方面做出相应规定，主要包括体系建设、制度建设、机构设置、人员管理、技术管理、分包管理、施工管理、资料管理和验收管理等。

工程实体质量控制标准化，按照“施工质量样板化、技术交底可视化、操作过程规范化”的要求，对涉及主体结构实体质量的关键工序做法以及管理要求做出相应规定，主要包括材料设备进场管理、样板示范、施工工序控制、成品保护、质量隐患排查、缺陷整改处理、质量管理信息化等。

学习评估

一、复习思考题

(1) 简述地铁车站明挖法施工。

(2) 简述地铁车站盖挖法施工。

(3) 简述地铁车站暗挖法施工。

(4) 简述地铁车站区间隧道施工盾构法。

(5) 简述城市轨道交通工程施工主要安全技术。

(6) 某城市地铁工程在区间暗挖施工时，须采取有效的安全技术措施。关于结构开挖初期支护安全技术的下列做法中，正确的是（ ）。

- A. 先开挖，后护顶
- B. 严格控制每循环进尺
- C. 开挖成型静置稳定后进行初期支护
- D. 特殊地段加大钢格栅的间距

(7) 某城市轨道交通隧道工程，采用暗挖法施工。下列隧道结构开挖和初期支护施工采取的安全技术措施中，正确的是（ ）。

- A. 坚持大流水步距，快速开挖
- B. 坚持先护顶后开挖的原则施工
- C. 开挖成型后需等待围岩应力重新分布完成，再进行初期支护
- D. 施作仰拱和封闭成环前需静置一段时间，确认无沉降后进行

二、教学评价

任务名称	城市轨道交通工程技术安全管理概述	学生姓名		
评价类别	评价内容	个人自评	小组互评	教师评价
专业能力 (80分)	1. 地铁车站明挖法施工(10分)			
	2. 地铁车站盖挖法施工(10分)			
	3. 地铁车站暗挖法施工(20分)			
	4. 地铁车站区间隧道施工盾构法(20分)			
	5. 城市轨道交通工程施工主要安全技术(20分)			
社会能力 (10分)	敬业精神(5分)			
	团结协作(5分)			
方法能力 (10分)	计划能力(5分)			
	决策能力(5分)			



项目六任务三 城市轨道交通工程技术质量控制微课视频

项目六 城市轨道交通工程技术安全和质量管理

任务四 城市轨道交通工程技术安全管理概述

任务导入

楼房“质量报复期”来了（2015年6月17日媒体新闻）。

近期楼房垮塌事件频发，“80后”“90后”楼房成为主角，楼房“质量报复期”的到来引发人们对住宅安全的重重忧虑。警报已经拉响，人命关天，我们该如何阻止悲剧再次上演？

2025年6月17日媒体新闻（假想）：

地铁“质量报复期”来了，近期地铁垮塌事件频发，“00后”“10后”地铁成为主角，地铁“质量报复期”的到来引发人们对地铁安全的重重忧虑。警报已经拉响，人命关天，我们该如何阻止悲剧再次上演？

地铁工程——“百年大计”工程；“质量和安全”——永恒的主题。

知识准备

了解安全管理基础知识，城市轨道交通建设工程特点、安全管理特点，工程质量事故等级等。

学习情景

教学目标

- (1) 了解城市轨道交通建设工程特点、安全管理特点。
- (2) 掌握工程质量事故等级。
- (3) 了解存在的问题并进行分析。
- (4) 了解建设安全主要影响因素及控制措施。
- (5) 了解建设安全管理制度。
- (6) 掌握建设安全管理模式。
- (7) 了解安全管理发展战略。

情境描述

假设你是某市城市轨道交通工程施工企业一名培训讲师，你打算如何向学员介绍城市轨道交通工程技术安全管理有哪些知识内容？又该如何有序安全地进行工作呢？

学习过程

一、基本认识

(一) 建设工程特点

(1) 工程地质环境复杂。

工程地质水文地质条件复杂多变，会受断裂破碎带和溶洞等特殊地质和构造的影响。同时，穿越或邻近江河湖海，地下水丰富、水位高等。

(2) 工程周边环境复杂。

长距离穿行于城市交通要道和人口密集区域，沿线地质条件及周边建构筑物、管线分布繁杂，保护要求高。

(3) 工程建设规模大、工期长。

(4) 工程技术复杂。

工程深、宽、暗，施工工法多样，工程隐蔽性大、不确定因素多，土建工程不断向“深、大、险”发展。

(5) 工程协调量大。

对内：参建单位多，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、管理界面复杂、经验的管理和技术力量不足。

对外：与周边社区居民、工程周边环境的权属与管理单位的利益攸关且关系密切，沟通协调难度大。

(6) 控制标准严格。

为确保在隧道、深基坑施工（含降水）过程中，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）。

(7) 安全风险大。

包括技术风险、管理风险、环境风险等。

(二) 安全管理特点

(1) 为重大基础设施项目，国家、地方和社会各界高度关注最大民生工程，与民众利益密切相关。

(2) 为高风险工程。

技术风险高、管理风险高、环境风险突出。

(3) 事故的社会影响大。

一段时间以来，城市轨道交通工程建设风险事件和安全质量事故频发，重大事故时有发生，经济损失、工期损失和社会负面影响严重，有关事故还引起了国务院的高度重

视，媒体、社会的高度关注。地铁事故的频频曝光，让地铁工程安全性成为舆论公众的关注焦点。

二、事故等级划分、统计分析

(一) 工程事故等级划分及处罚标准

参照《生产安全事故报告和调查处理条例》(国务院令 493)、中华人民共和国安全生产法(中华人民共和国主席令第 70 号)等相关规定，城市轨道交通工程质量事故分为一般质量事故、较大质量事故、重大质量事故和特大质量事故四类，如表 6-5 所示。发生过事故如表 6-6 所示。

表 6-5 工程质量事故等级划分表

城市轨道交通工程事故等级	直接经济损失或伤亡人数	处上一年年收入罚款
一般质量事故	直接经济损失 20 万~50 万或死亡 3 人以下或重伤 10 人以下	30%
较大质量事故	直接经济损失 50 万~150 万或死亡 3 人以上 10 人以下死亡或重伤 10 人以上 50 人以下	40%
重大质量事故	直接经济损失 150 万~300 万或死亡 10 人以上 30 人以下死亡或重伤 50 人以上 100 人以下	60%
特大质量事故	直接经济损失 300 万以上或死亡 30 人以上或重伤 100 人以上	80%

表 6-6 发生过事故列表

事故时间	事故地点	事故类型	伤亡及直接经济损失	事件及直接原因
2003-7-1	上海 地铁 4 号线	坍塌	地面塌陷及建(构)物倾斜、倒塌，直接经济损失数亿元	盾构联络通道施工严重透水、涌砂，引起坍塌
2003-4-1	广州 地铁 3 号线	坍塌	车站地下连续墙围护结构突然塌方，造成车站北侧周边地表急剧沉降，附近民房受到影响居民撤离，无人员伤亡	该地铁车站地处珠江支流流域，加上连日雨水，水流浸入水泥砖墙，致使其松懈塌方，随后又引发其他地方塌方
2006-1-4	北京	坍塌	三环路南向北向部分主辅路塌陷，造成了万余人绕行或步行上班	地铁施工挖掘造成东三环路京广桥东南角辅路污水管线发生断裂漏水事故，污水灌入地铁十号线区间段
2007-3-28	北京 地铁 10 号线	坍塌	6 名施工工人被埋身亡，并在地面形成面积约 20 m ² 、深约 7 m 的塌坑	苏州街站东南出入口暗挖段施工过程中，在转角处发生塌方
2007-5-28	南京 地铁 2 号线	坍塌	车站基坑内约 500 m ³ 土方滑坡，造成 2 人失踪和两根钢支撑移位	亭站西基坑内东端土体(高 10 米多)发生滑坡。24 日大雨造成土体松散，事发时正在进行土体加固作业
2008-4-1	深圳	坍塌	3 人被埋死亡、2 人受伤	高架桥立柱模板在混凝土浇筑过

	地铁3号线			程中发生坍塌
2008-11-15	杭州 地铁1号线	坍塌	21人死亡、24人受伤（其中4人重伤）。直接经济损失约4961万元	萧山湘湖站北2基坑大面积坍塌

（二）事故统计分析

从近几年国内工程质量事故的调查情况如下。

1. 按工程建设事故类型分析

（1）地质条件引起的事故比例。

地质勘查不深入引起的建设事故占该大类总事故的 85.7%，可见城市轨道交通建设前期的详细地质勘察是非常重要的。

（2）施工及施工辅助设备引起的事故比例。

维护支撑体系影响最大，由它引起的事故占该大类事故总数的 52.2%。

（3）管理不当引起的事故比例。

工作人员违规操作引起的事故最多，占该大类事故总数的 40.0%，可见规范施工管理操作规程，提高作业工人的操作水平与安全意识是需首要解决的问题。

2. 按事故等级分类分析

按事故等级分类对比，发现四级事故所占比例最大，绝大多数都是地铁四级事故，占事故总数的 70%以上。

三、存在问题分析

（一）存在问题

近年来我国城市轨道交通规划与建设取得了令世人瞩目的成就。然而，在取得辉煌建设成就的同时，由于建设速度快、建设规模大、技术力量短缺、新建城市轨道交通城市系统完善的管理制度的建设尚需要过程，导致工程建设事故时有发生，造成了较大的经济损失。在今后建设过程中，如何做好“安全”成为一个重要的课题。

目前我国城市轨道交通建设安全方面主要存在以下问题：

- （1）城市轨道交通建设项目前期勘察工作不深不细；
- （2）建设速度过快，建设力量不足，技术力量短缺；
- （3）设计周期太短；
- （4）施工作业不规范；
- （5）监理取费制度不完善，监理缺乏独立性、权威性；
- （6）用工制度不完善；
- （7）重监测，而不重视数据分析、反馈信息；
- （8）我国城市轨道交通建设安全管理以“预防为主”的认识有待提高；
- （9）城市轨道交通技术标准不系统；
- （10）缺乏统一的行业安全管理体系和安全标准；
- （11）安全监督责任体系和评估机制有待健全；
- （12）既有线改造技术控制难度大、安全风险隐患多。

（二）问题分析

（1）在大规模城市轨道交通建设的高潮到来时，我们在思想和人才储备等方面没有做好充分的准备。

（2）政府在行动。

主要表现在两年一度的轨道交通质量安全大检查、一年一度的质量安全联络员会议和两年一度的质量安全工作联席会。

加强了对安全质量管理法规政策及技术标准的研究与编制，并加紧出台。如《城市轨道交通工程安全质量管理暂行办法》（建质〔2010〕5号）、《城市轨道交通地下工程建设风险管理规范》（GB 50652—2011）已颁布；《地铁设计规范》（GB 50157—2013）、《地下铁道工程施工质量验收标准》（GB/T 50299—2018）在修编；《安全风险评估指南》《工程监测管理指南》《应急演练指南》等也陆续建立。

四、建设安全主要影响因素及控制措施

影响城市轨道交通工程建设事故的主要因素可分为规划设计、施工技术、周围环境和建设管理等。

（1）城市轨道交通工程建设的前期地质勘查不详、不深入，是影响城市轨道交通工程建设安全的主要原因。所以，在规划设计阶段做好前期的地质、水文勘察资料、地下管线资料和相邻建筑物的资料的收集，并建立地下设施（管线、构筑物、建筑物等）的基础信息数据库。

（2）城市轨道交通工程施工、管理人员工程经验不足、素质较低、安全知识缺乏，是造成城市轨道交通工程建设安全隐患的一个主要原因。因此，应加大对城市轨道交通工程施工、管理人员素质、技能的培训力度以及加强对他们的监督与管理。

（3）建立系统化的安全管理模式，将安全管理贯穿在城市轨道交通系统的规划、可行性论证、设计、施工的各个阶段，从而有效规避风险源，达到防患于未然、减少事故发生的目的。

（4）城市轨道交通规划设计时间偏紧，前期的地质勘查不深入，设计方案频繁变更，为城市轨道交通工程的建设埋下安全隐患。这是现阶段我国城市轨道交通建设安全事故发生的根本原因。因此，应超前规划，给设计人员留出足够的时间去设计、优化方案和深入的地质勘查。

（5）在城市轨道交通工程建设施工过程中，没有实时监测土体、周围建筑物的沉降，虽有监测但没有及时反馈监测信息，反馈信息了却没有及时采取有效措施，是导致安全事故发生的主要原因。因此，要推行信息化施工、信息化监测、信息化反馈，采用轨道交通工程远程监控管理系统，实时监控、分析数据、反馈信息，迅速采取防范措施。

（6）我国目前没有形成在城市轨道交通规划、设计、施工、运营各部门之上的统一协调的、系统的安全生产责任体系，而城市轨道交通又是一个复杂的系统工程，因此急需这种统一体系的建立。

（7）城市轨道交通工程深基坑施工过程中出现的事故较多，主要是由于不按施工工序施工，没有及时采取降水、排水措施，没有及时支护等原因。所以，深基坑施工一定要严格遵

循“及时降水，及时支护，开槽支撑，先撑后挖，分层开挖，严禁超挖”的施工原则。

(8) 浅埋暗挖施工也是容易出现安全事故的环节，一定要严格遵循“管超前、严注浆、短进尺、强支护、早封闭、勤量测”的施工控制要点。

(9) 目前我国城市轨道交通隧道施工大量采用盾构，而盾构施工技术力量不足，已成为安全事故发生的一个主要因素。因此，在盾构施工中尤其要严格施工程序，合理盾构类型，及时采取降水、排水措施，及时安装管片，同步注浆，掘进工程中随时保持盾构内气压平衡，以保证盾构施工安全。

(10) 我国城市轨道交通工程建设没有形成系统的标准、规范体系，应尽快建立健全，以加强政府对轨道交通建设的管理，实现城市轨道交通建设安全的全过程、全方位、系统化的动态管理。

(11) 我国城市轨道交通建设安全管理重在事后处理，应尽快转变观念，贯彻“预防为主”的方针，形成风险识别、分析、预防、规避的系统体系，实现从源头控制安全事故。

(12) 我国城市轨道交通建设的监理费用普遍偏低，而且表面上是独立的，但是实际上是不独立的、没有权威性。因此，我们要完善监理的取费制度，监理要有独立的监测、实验系统；保证监理的独立性、权威性。

(13) 我国的城市轨道交通建设在用人制度方面比较混乱，施工队伍素质参差不齐、普遍缺少城市轨道交通专业培训和实践经验，有些技术含量较高的项目甚至很难找到能干的队伍。因此，我们要不断完善、规范我国城市轨道交通建设的用工制度，要做好总承包的监督工作，对施工人员必须进行岗前培训、轮换培训和持证上岗。

五、建设安全管理制度

(一) 建设单位

根据事故统计，城市轨道交通施工中有很大一部分事故是与工程地质、水文地质条件和地下各种管线相关。因此，建设单位应对工程地质和水文地质勘测结果组织审查和验收，并根据审查意见责成勘测单位补充和完善，以满足设计所需要的要求。

应严格审查初步设计和施工图设计文件，对于未经审查或审查不合格的设计文件，不得用于施工。应在施工准备期组织设计单位对施工单位进行设计交底；应在编制招标文件标底时确定工程安全作业环境及安全施工措施专项费用，并制定付款计划；应在申请施工许可证时，提供有关工程安全施工措施的资料。

建设单位对已批准开工的工程，应自开工报告批准之日起 15 日内，将保证安全施工的措施报送当地政府建设行政主管部门或者其他有关部门备案；应在工程施工前及时向施工单位提供施工现场及毗邻区域内的工程地质和水文地质资料。

(二) 施工单位

从城市轨道交通工程建设安全事故的分析，可以看出众多的安全事故都是由生产工人操作不当或疏忽引起的。因此，施工单位应具备国家规定的安全生产资质证书，并在其资质等级许可的范围内承揽工程。施工单位应建立安全生产教育培训制度，加强对生产人员的培训，每年至少进行一次技术和安全生产教育培训，其培训情况记入个人工作档案，培训考核后不合

格的人员，不得上岗。应建立安全生产规章制度、操作规程和检查制度以及安全事故报告和
处理制度；应建立安全生产责任制度；应设立安全生产管理机构，健全安全管理组织体系，
主要负责人、项目负责人、专职安全生产管理人员应经建设行政主管部门或者其他有关部门
考核合格后方可任职。

六、安全管理模式

安全管理模式包括事后型的安全管理模式、预防型的管理模式、“树”型安全管理模式、
基于 BP 神经网络的安全管理模式、基于系统理论的安全管理模式、施工单位“一岗双责”
为核心的安全生产责任制模式等。

（一）事后型的安全管理模式

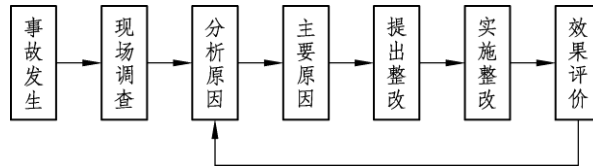


图 6-7

1. 特征

被动的、亡羊补牢式的管理方式，无预测与预防。

2. 分析

单条线路建设时代，事故发生后，很容易查明，以在之后予以消除；多条线网络建设时
代，同一影响因素可能同时发生，多因素之间还有关联性，事故发生后很难通过消除某种因
素来控制安全事故的发生，“安全事故处理”的管理思想和事后型安全管理模式已不适用。

（二）预防型的管理模式

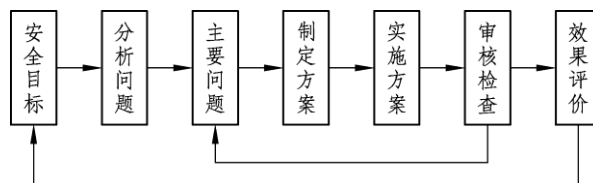


图 6-8

1. 特征

主动、积极地预防事故或灾难发生。

2. 分析

由“三大根基”+“一条主干”+“五项分支”构成的科学化安全管理网络。

“三大根基”又分为人的素质、物的质量、科学管理；“一条主干”是安全管理体系，其中
包含责任保障、质量保证、安全监察、技术管理 4 个机制；“5 项分支”是指配套措施，含有执

行“安全一票否决权”、强化安全技术培训、加强安全文化建设、健全安全奖惩机制、教育惩处“三违”人员等5项工作。夯实安全管理根基，创新安全管理体系，强化安全管理措施。

（三）基于BP神经网络的安全管理模式

通过对以往实时监测数据进行筛选，选取有代表性的数据，经专家系统分析后作为样本对已设计的待训神经网络进行训练，然后利用已训练的神经网络根据目前实时监测的数据，计算生产系统所处的安全状态。

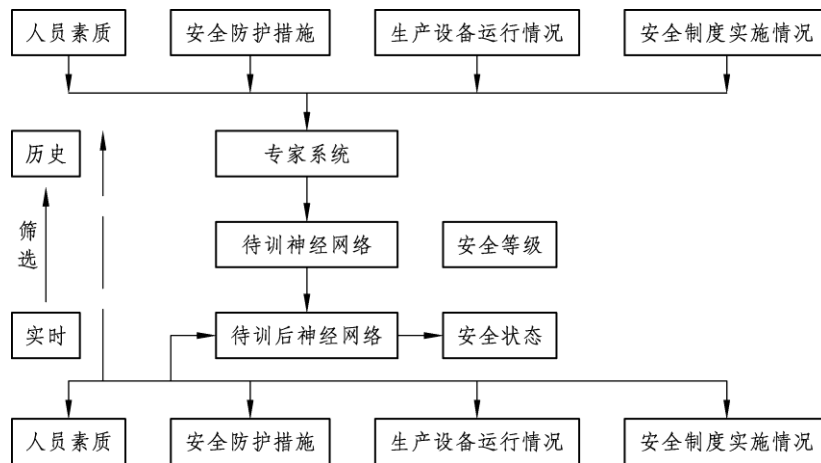


图 6-9

（四）基于系统理论的安全管理模式

系统安全管理模式以“大安全”观念为指导思想，即安全管理是系统工程，安全工作是全员、全方位、全过程的事，安全管理贯穿于整个系统的寿命期内，即在城市轨道交通系统的规划、可行性论证、设计、施工的各个阶段都要进行安全管理。

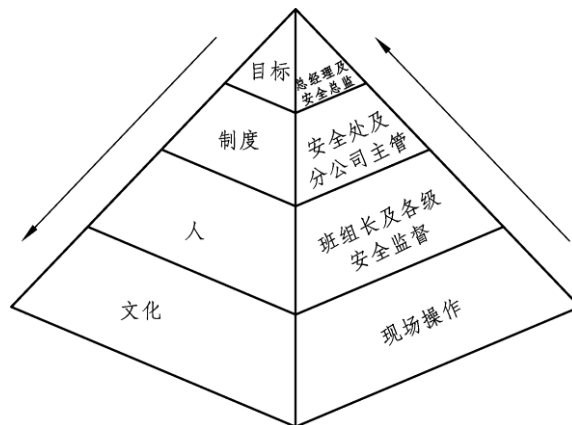


图 6-10

基于系统理论的安全管理模型主要内容：以文化为基石，以人为根本，以制度为约束，以目标为衡量尺度，形成了一个全方位的安全管理新理念。同时要分层次实现安全管理，现

场操作人员为第一层，各分项安全目标和职责的承包者、责任者是第二层，总经理及安全总监是第三层，实现自上而下抓共管。

（五）施工单位以“一岗双责”为核心的安全生产责任制模式

安全生产“一岗双责”制度明确，上到集团公司子公司所有领导，中到系统部门，下到施工项目部、作业队的所有岗位管理人员，既有生产经营管理的职责，又有安全管理的职责。两方面责任同等重要，不能偏颇。

施工单位推行“一岗双责”安全生产责任制，统一领导、综合协调、分级监管、全员参与的原则，切实落实“一岗双责”制度，进一步完善安全生产责任体系，强化以企业主要负责人为核心的安全生产责任制。

知识拓展：安全管理发展战略

（1）改变管理思路，以事故预防为主。

目前的安全管理主要侧重于安全事故发生后的应对和恢复，而对安全事故的预测与预防工作做得却不尽如人意，比较重视事故后的补救性管理，缺少对事故发生前可能性阶段的预防管理。我国城市轨道交通建设目前正在大规模进行，并已经步入网络化建设时代，将来仍将持续发展，在这种条件下，一旦发生事故，往往会给整个工程带来一系列的连锁反应，甚至影响到城市轨道交通行业的可持续发展。所以，贯彻“预防为主”的建设安全管理原则，从源头上控制事故的发生，才是城市轨道交通建设安全管理应该坚持发展的方向。

（2）建立城市轨道交通规划、设计、施工、运营一体化的安全协调机制。

目前我国城市轨道交通在规划、设计、施工、运营等环节虽然都有各自的保障安全的制度和措施，然而，城市轨道交通工程是一个横向的，包括多专业，纵向贯穿多阶段的，复杂的、系统的工程，专业间和阶段间的协调对安全保障起着重要的作用。建立在“规划、设计、施工、运营”之上的一体化安全协调机制，实现城市轨道交通建设工程各部门的密切协作和相互协调，才能真正保证安全工作落到实处。

（3）建立专业人才培养、储备机制。

目前我国正处于城市轨道交通工程建设的高峰期，由于前期到高峰期的认识不足，没有做好相应的规划、设计、施工、运营、管理等专业人才的培养工作，导致大规模建设中专业技术人员数量严重匮乏，致使目前城市轨道交通大规模建设过程中不得不从其他行业甚至农民工中寻找建设队伍，这样的队伍素质参差不齐、普遍缺少城市轨道交通专业培训和实践经验，有些技术含量较高的项目甚至很难找到能干的队伍。使得城市轨道交通建设工程安全不能从基层得到保障，为城市轨道交通工程的安全建设带来了很大的隐患。

在这种情况下，为了应对现阶段我国城市轨道交通建设的高潮，应该尽快组织短期培训，实行专业资格认证、持证上岗制度。然而，从长期来看，则应该根据我国城市轨道交通的建设规划，尽快建立城市轨道交通专业人才培养、储备的长远机制，只有这样才能保证我国城市轨道交通工程的健康、安全地可持续发展。

（4）结合工程实践，加强基础理论研究。

由于城市轨道交通建设时间紧、任务重，因此在实际设计和施工过程中，目前大多根据经验和工程类比方来进行。然而，工程技术的突破和创新才是解决工程安全问题的关键所在。目前普遍存在着对城市轨道交通工程规划、设计、施工和运营基础理论研究重视不够的现象，

使得我国城市轨道交通发展的后劲不足。理论是科学的核心，任何一门学科的重大突破，最终取决于他的理论，尤其是基础理论的突破。城市轨道交通作为一个复杂的系统工程，需要研究的基础理论问题很多，现在应该尽快开展这项工作，预知未来建设过程中的重点和难点技术问题，超前把握技术发展动向，为后期城市轨道交通工程的建设做好理论储备和应对策略，实现城市轨道交通行业又好又快的可持续发展。

学习评估

一、复习思考题

- (1) 简述城市轨道交通建设工程特点、安全管理特点。
- (2) 简述工程质量事故等级。
- (3) 简述城市轨道交通建设工程存在的问题。
- (4) 简述建设安全的主要影响因素及控制措施。
- (5) 简述建设安全管理制度。
- (6) 简述建设安全管理模式。

二、教学评价

任务名称	城市轨道交通工程技术安全管理概述	学生姓名		
评价类别	评价内容	个人自评	小组互评	教师评价
专业能力 (80分)	1. 城市轨道交通建设工程特点、安全管理特点(10分)			
	2. 工程质量事故等级(10分)			
	3. 城市轨道交通建设工程存在问题(15分)			
	4. 建设安全主要影响因素及控制措施(15分)			
	5. 建设安全管理制度(15分)			
	6. 建设安全管理模式(15分)			
社会能力 (10分)	敬业精神(5分)			
	团结协作(5分)			
方法能力 (10分)	计划能力(5分)			
	决策能力(5分)			



项目六任务四 城市轨道交通工程技术安全管理微课视频

项目六 城市轨道交通工程技术安全质量管理

任务五 城市轨道交通工程安全生产检查

任务导入

住房和城乡建设部为有效指导城市轨道交通工程质量安全检查工作，科学评价质量安全管理现状，推动建设、勘察、设计、施工、监理以及施工图审查、第三方监测、检测等单位落实质量安全主体责任和相关责任，提升检查工作标准化、规范化和科学化水平，组织编写了《城市轨道交通工程质量安全检查指南》（建质〔2016〕173号）（以下简称《指南》）。

知识准备

建议提前上网阅读《城市轨道交通工程质量安全检查指南》基本内容。

学习情景

教学目标

- （1）了解《城市轨道交通工程质量安全检查指南》概况。
- （2）掌握检查建设单位质量安全的主要项目。
- （3）了解检查勘察单位质量安全的主要项目。
- （4）了解检查设计单位质量安全的主要项目。
- （5）掌握检查施工单位质量安全的主要项目。
- （6）了解检查第三方监测单位质量安全的主要项目。
- （7）掌握质量检测单位质量安全的主要项目。
- （8）了解检查施工图审查机构质量安全的主要项目。

情境描述

假设你是某市城市轨道交通企业一名培训讲师，你打算如何向学员宣贯《城市轨道交通工程质量安全检查指南》基本知识内容？

学习过程

一、指南概述

《指南》编写依据《城市轨道交通工程安全质量管理暂行办法》等有关法规制度、标准规范等。主要适用于城市轨道交通工程建设、勘察、设计、施工、监理等各方主体以及施工图审查、第三方监测、检测等单位开展质量安全自查工作。也可用于城市轨道交通工程建设单位对各参建

单位实施履约管理及评价等工作，以及城市轨道交通工程建设主管部门开展质量安全检查工作。

《指南》的检查评分表涵盖了建设单位、勘察单位、设计单位、施工单位、监理单位、第三方监测单位、质量检测单位、施工如审查机构 8 个参与方。包含了目前我国于城市轨道交通工程建设的主要参加单位和安全管理内容。

二、城市轨道交通工程参建单位安全检查项目

（一）检查建设单位质量安全的主要项目

对建设单位安全检查的项目共 26 项。主要包括质量安全管理机构、人员，质量安全责任制，质量安全管理制度与标准，质量安全会议制度、质量安全教育培训，质量安全风险管理、应急预案管理，质量安全事故处理，工程验收，违规行为等。

（二）检查勘察单位质量安全的主要项目

对勘察单位检查的项目共 35 项。主要包括资质资格及管理制度，资料收集与研究，大纲编制，组织勘察设计，勘探点布置，取样、原位测试、现场试验布置，室内试验布置，安全文明施工、原位测试，物探测试，地下管线交底，工程地质、水文地质条件评价及措施建议，环境影响分析，勘察成果准确性，勘察成果交底，施工配合。

（三）检查设计单位质量安全的主要项目

对设计单位检查的项目共 14 项。主要包括资质资格及管理制度、基础资料、法律法规标准执行、结构计算、地下水处理、不良地质和特殊性岩土、结构与防水、风险工程设计及抗震专项设计、监控量测、内部审核、外部审查确认、设计交底、设计变更、施工配合。

（四）检查监理单位质量安全的主要项目

对监理单位检查的项目共 16 项。主要包括资质资格及管理制度、监理规划与实施细则、资质资格审查、制度审查、方案审查、费用核查、旁站监理、验收、问题处理、协调管理、档案管理、监理效果等。

（五）检查施工单位质量安全的主要项目

对施工单位检查的项目共 11 大项、201 小项。主要包括安全管理、文明施工、脚手架、基坑支护/模板工程、矿山法与盾构法隧道、安全防护、施工用电、塔吊/龙门吊/物料提升机、起重吊装、施工机具、其他专项。

（六）检查第三方监测单位质量安全的主要项目

对第三方监测单位检查的项目共 9 项。主要包括资质与资格，仪器设备，管理制度，监测方案制定及审查，基准点、监测点埋设及保护，监测实施，监测成果，信息反馈及预警报告，监测资料档案管理。

（七）检查质量检测单位质量安全的主要项目

对质量检测单位检查的项目共 6 项。主要包括单位资质、人员与设备、管理制度、检测

实施、检测报告、检测资料归档管理。

（八）检查施工图（详细勘察文件）审查机构质量安全的主要项目

对施工图（详细勘察文件）审查机构检查的项目共9项。主要包括机构条件、人员资格、管理制度与责任制、审查内容、审查意见、签字盖章、问题上报、告知性备案、审查记录档案。

（九）检查施工图（施工图设计文件）审查机构质量安全的主要项目

对施工图（施工图设计文件）审查机构检查的项目共9项。主要包括单位条件、人员资格、数量与专业、管理制度与责任制、审查内容、审查意见、签字盖章、问题上报、告知性备案、审查记录档案。

知识拓展

三、城市轨道交通工程质量安全检查要点编制说明

（1）编制目的。

为有效指导城市轨道交通工程质量安全检查工作，科学评价质量安全管理现状，推进建设、勘察、设计、施工、监理、监测等各方主体落实质量安全责任，特制定城市轨道交通工程质量安全检查要点（以下简称《检查要点》）。

（2）编制依据。

《检查要点》主要依据《中华人民共和国建筑法》《建设工程质量管理条例》《建设工程安全生产管理条例》《城市轨道交通工程安全质量管理暂行办法》等有关法律、法规、规章、规范性文件及标准规范制定。

（3）适用范围。

《检查要点》主要适用于城市轨道交通工程建设、勘察、设计、施工、监理、第三方监测、质量检测、施工图审查等各方主体开展质量安全自查工作；可用于城市轨道交通工程建设单位对各参建单位实施履约管理及评价等工作；也可用于城市轨道交通工程所在地建设主管部门开展质量安全检查工作。

四、组成内容

《检查要点》由建设、勘察、设计、施工、监理、监测、质量检测、施工图审查等8个主体质量安全检查评分表组成。检查评分表主要包括序号、检查项目、检查内容及评分标准、标准分数、扣减分数、实得分数、合计分数、评价意见等内容。

五、评价标准

（一）检查得分

- （1）检查评分表满分为100分，得分应为按规定检查项目实得分数之和；
- （2）检查项目实得分数不得出现负值，各检查项目扣减分数不得超过该项标准分数；
- （3）遇有缺项，按下列公式计算得分：

遇有缺项时得分=实查项目实得分数之和/实查项目标准分数之和×100；

- (4) 多人对同一工程项目检查时,取算术平均值作为最终得分;
 (5) 施工单位质量、安全检查得分按其表中的具体规定执行。

(二) 评价等级

评价等级分为“优秀”“良好”“合格”“不合格”四个等级。

- (1) 合计得分为 85 分(含 85 分)以上,为“优秀”;
 (2) 合计得分为 75 分(含 75 分)至 85 分,为“良好”;
 (3) 合计得分为 60 分(含 60 分)至 75 分,为“合格”;
 (4) 合计得分不足 60 分,为“不合格”。

学习评估

一、复习思考题

- (1) 简述《城市轨道交通工程质量安全检查指南》概况。
 (2) 简述检查建设单位质量安全的主要项目。
 (3) 简述检查勘察单位质量安全的主要项目。
 (4) 简述检查设计单位质量安全的主要项目。
 (5) 简述检查施工单位质量安全的主要项目。
 (6) 简述检查第三方监测单位质量安全的主要项目。
 (7) 简述质量检测单位质量安全的主要项目。
 (8) 简述检查施工图审查机构质量安全的主要项目。

二、教学评价

任务名称	城市轨道交通工程技术安全管理概述	学生姓名		
评价类别	评价内容	个人自评	小组互评	教师评价
专业能力 (80分)	1.《城市轨道交通工程质量安全检查指南》概况(20分)			
	2.检查建设单位质量安全的主要项目(10分)			
	3.检查勘察、设计单位质量安全的主要项目(10分)			
	4.检查施工单位质量安全的主要项目(10分)			
	5.检查第三方监测单位质量安全的主要项目(10分)			
	6.质量检测单位质量安全的主要项目(10分)			
	7.检查施工图审查机构质量安全的主要项目(10分)			
社会能力 (10分)	敬业精神(5分)			
	团结协作(5分)			
方法能力 (10分)	计划能力(5分)			
	决策能力(5分)			



项目六任务五 城市轨道交通工程安全生产检查微课视频

项目六 城市轨道交通工程技术安全和质量管理

任务六 城市轨道交通工程建设风险管理

任务导入

城市轨道交通工程建设风险管理是一项复杂的系统工程，如何科学地预防安全风险，强化源头管理，落实安全责任，加大过程控制，减少生产安全事故，提高安全水平，是参与轨道交通工程建设所有人员的职责和使命。在轨道交通工程施工阶段，按照关口前移、重心下移的管理思路，通过精细化、信息化、程序化、标准化、规范化的管理手段，强化动态管理和过程控制，强化监督措施和行为规范的有效执行，将风险防范工作与绩效考核、奖惩制度挂钩，保障城市轨道交通工程建设的安全稳定。

知识准备

建议提前上网阅读一下《城市轨道交通工程建设风险管理》，主要内容包括：总则、术语、基本规定、规划和可行性研究阶段安全风险管理、勘察设计阶段安全风险管理、土建工程施工阶段安全风险管理，铺轨、装饰装修、机电设备安装及调试安全风险管理等。

学习情景

教学目标

- (1) 了解城市轨道交通工程建设风险基本类型。
- (2) 掌握城市轨道交通工程建设风险管理基本要点。
- (3) 掌握城市轨道交通工程建设施工风险管理。
- (4) 掌握城市轨道交通工程关键节点风险管控。

情境描述

假设你是某市城市轨道交通企业一名培训讲师，你打算如何向学员宣贯《城市轨道交通工程建设风险管理》基本知识内容？

学习过程

一、城市轨道交通工程建设风险基本类型

(一) 按照风险损失进行分类

人员伤亡风险、环境影响风险、经济损失风险、工期延误风险、社会影响风险。

（二）按照建设内容与实施过程分类

规划阶段风险管理，可行性研究风险管理，勘察与设计风险管理，招标、投标与合同风险管理，施工风险管理。

二、城市轨道交通工程建设风险管理基本要点

（一）风险管理组织与责权

工程建设风险管理应由建设单位负责组织和实施，并以合同约定建设各方的风险管理责任。风险管理责任分担应坚持责、权、利协调一致，权责明确。建设单位在编制概算时，应确定建设风险管理的专项费用，做到风险处置措施费专款专用。

（二）风险等级标准划分原则

城市轨道交通地下工程建设风险管理应根据工程建设阶段、规模、重要程度及风险管理目标等制定风险等级标准。工程建设风险等级标准应按风险发生可能性及其损失进行划分。

（三）风险辨识的基础资料

- （1）工程周边水文地质、工程地质、自然环境及人文、社会区域环境等资料。
- （2）已建线路的相关工程建设风险或事故资料，类似工程建设风险资料。
- （3）工程规划、可行性分析、设计、施工与采购方案等相关资料。
- （4）工程周边建（构）筑物（含地下管线、道路、民防设施等）等相关资料。
- （5）工程邻近既有轨道交通及其他地下工程等资料。
- （6）可能存在业务联系或影响的相关部门与第三方等信息。
- （7）其他相关资料。

（四）风险分析方法

定性分析方法、定量分析方法、综合分析方法。

工程施工风险管理中宜采用综合分析方法。

（五）风险处置方式

风险处置有四种基本对策，可选择一种或多种对策实施风险控制，城市轨道交通地下工程建设风险处置对策包括：

- （1）风险消除：不让工程建设风险发生或将工程建设风险发生的概率降低到最小。
- （2）风险降低：通过采取措施或修改技术方案等方法降低工程建设风险发生的概率和（或）损失。
- （3）风险转移：依法将工程建设风险的全部或部分转让或转移给第三方（专业单位），或通过保险等合法方式使第三方承担工程建设风险。
- （4）风险自留：风险自留的前提是所接受的工程建设风险可能导致的损失比风险消除、风险降低和风险转移所需的成本低。采取风险自留对策时应制定可行的风险应急处置预案，采取必要的安全防护措施等。

（六）风险清单内容

城市轨道交通应建立风险清单，其内容一般包括：风险名称、风险因素、风险发生可能性、风险损失、风险发生位置及征兆等，可通过列表的形式给出具体的辨识成果。

三、城市轨道交通工程建设施工风险管理

城市轨道交通地下工程施工期的风险管理是工程建设风险管理过程的核心，也是工程建设风险能否得到有效控制的关键阶段。城市轨道交通地下工程施工风险管理应编制风险控制预案、建立重大风险事故呈报制度。

（1）城市轨道交通地下工程施工风险管理实施的主要阶段。

- ① 施工准备期。
- ② 施工期。
- ③ 车辆及机电系统安装与调试。
- ④ 试运行和竣工验收。

（2）城市轨道交通地下工程施工风险管理应完成的工作。

- ① 建设各方施工风险分析及职责划分。
- ② 制定现场工程建设风险管理实施制度。
- ③ 编制关键节点工程建设风险管理专项文件。
- ④ 编制突发事件或事故应急预案。

（3）城市轨道交通地下工程施工期风险管理中的主要风险因素。

- ① 邻近或穿越既有或保护性建（构）筑物、军事区、地下管线设施区等地段施工。
- ② 穿越地下障碍物地段施工。
- ③ 浅覆土层地段施工。
- ④ 小曲率地段施工。
- ⑤ 大坡度地段施工。
- ⑥ 小净距隧道施工。
- ⑦ 穿越江河湖海地段施工。
- ⑧ 特殊地质条件或复杂地段施工。

（4）城市轨道交通地下工程施工必须实施动态风险管理，利用现场监测数据和风险记录，实现施工风险动态跟踪与控制工程建设风险随着工程施工进展是动态变化的，各项风险的发生概率及其损失也将发生改变，而且，地下工程建设易受外部天气和环境等条件的干扰，现场风险情况瞬息万变，因此，工程建设过程中建设各方必须实施动态风险管理。动态风险管理主要体现在风险信息的收取、分析与决策过程的动态，对风险的预报、预警与控制实施的动态。

（5）施工期的建设风险管理应完成的工作。

- ① 施工中的风险辨识和评估。
- ② 编制现场施工风险评估报告，并以正式文件发送给工程建设各方，经各方沟通研究后，形成现场风险管理实施文件记录。
- ③ 施工对邻近建（构）筑物影响风险分析。

- ④ 施工风险动态跟踪管理。
- ⑤ 施工风险预警预报。
- ⑥ 施工风险通告。
- ⑦ 现场重大事故上报及处置。

(6) 施工单位负责施工现场建设风险管理的执行和落实,其风险管理主要内容及职责。

- ① 结合施工组织设计拟定风险管理计划,建立供程施风险实施细则。
- ② 对 m 级及以上风险,根据设计单位技术要求等,确定工程施 I 预警监控指标及标准。
- ③ 对 n 级及以上建设风险编制事故应急处置预案。
- ④ 现场区域作业人员必须严格执行登记制度,对作业层技术人员进行施工风险交底,制订工程建设风险管理培训计划。

⑤ 负责完成工程施工风险动态评估,分析并梳理 n 级及以上风险,提交施工重大工程建设风险动态评估报告。

⑥ 结合工程施工进度及时上报工程施工信息,向工程建设各方通告现场施工风险状况。

⑦ 工程设计、施工方案如有重大变更,应根据变更情况对工程建设风险进行重新分析与评估。

⑧ 因建设风险处置措施的实施而发生的费用增加或工期延长,应经过建设单位批准后方可实施。

⑨ 对与工程施工有关的事故、意外或缺陷等进行风险记录。

⑩ 必须做到施工安全措施费用专款专用。

施工现场且发生重大建设风险事故,施工单位应及时上报建设单位和政府相关主管部门,并应及时组织人员实施抢险。

监理单位对施工单位存在的风险或违反风险管理规定的行为,有责任向施工单位提出警告,不听劝阻或情节严重的,监理单位有权利予以停处置,并及时上报建设单位。

由建设单位组织,以前期各阶段完成的风险管理文件为基础,结合工程建设进度和周边条件,动态地对现场及未来工程建设潜在风险进行分析与评估,同时,通过现场施工风险记录资料,利用现场监测信息化手段,依据施工参数、环境监测反馈等信息对施工工程建设风险开展跟踪与反馈。上述技术措施的实施与开展,一方面保证了风险管理的连续性和有效性,同时,又为工程进展中发生的新情况、新问题提供了预报、预警,为调整、优化、完善设计与施工方案,及时处置、控制风险提供了保证。

对于事故、意外、缺陷等问题,建设各方应认真、细致、充分、全面地分析,做到证据分析、过程分析、原因分析、责任分析,并保持客观、中立的态度,对定性、定责应公正、准确。调查还应查明发生的原因、过程、财产损失情况和对后续工作的影响,并提出处理措施和完善风险控制措施的建议。事故各相关单位应采取措施防止类似事故再次发生,并对员工进行教育和培训。建设各方可根据施工现场情况和进度,跟踪风险动态变化情况,实施风险控制策略和措施。在出现风险征兆后应及时通报建设各方,跟踪风险征兆发展,及时启动应急预案措施。

(7) 试运行和竣工验收风险管理。

试运行和竣工验收风险管理应结合现场资料和风险管理经验,采用风险检查表法实施,从建设方面和运营方面分别进行风险评估。

① 建设方面风险分析。

a. 土建系统风险分析包括：车站、区间、车辆基地和综合维修基地、轨道系统、预留线等。

b. 机电设备风险分析包括：供电系统、信号系统、通信系统、通风空调给水排水和消防系统、防灾报警系统（FAS）、设备监控系统（BAS）、自动售检票系统（AFC）、车站屏蔽门、安全门、自动扶梯及电梯、防淹门系统等。

c. 车辆系统风险分析。

d. 系统联调及试运行风险分析。

② 运营方面风险分析。

a. 组织机构和人员配置及要求风险分析。

b. 行车组织和客运组织风险分析。

c. 线路运营备品备件风险分析。

d. 相关技术资料配备风险分析。

e. 资产接管风险分析。

f. 试运营规章制度风险分析。

g. 应急预案与演练。

试运行中针对轨道、供电、接触网、信号、通信、车辆、屏蔽门及调度指挥等系统需进行综合模拟运行，各相关系统的安全性、可靠性和适用性指标都要求达到运营线路的标准。当联合调试季节符合冷源运行条件时，空调系统要求做带负荷综合效能运行。相关城市轨道交通设施应做到配合协调、联动迅速，功能达到设计规范要求。

四、城市轨道交通工程关键节点风险管控

城市轨道交通工程生产安全事故大多与工程关键点施工前风险预控不到位有关，造成重大的生命财产损失。为强化城市轨道交通工程关键点施工前风险预控措施，提升关键节点风险管控水平，有效防范和遏制事故发生，住建部及时发出了《住房城乡建设部办公厅关于加强城市轨道交通工程关键节点风险管控的通知》（建办质〔2017〕68号）。明确提出关键节点是指轨道交通工程开（复）工或施工过程中风险较大、风险集中或工序转换时容易发生事故和险情的关键工序和重要部位。关键节点风险管控要坚持全面识别、重点管控、各负其责、强化落实的原则。要求将开展关键节点施工前的条件核查作为关键节点风险管控的重要手段。

（一）关键节点风险管控主要内容

- （1）勘察和设计交底的完成情况。
- （2）专项施工方案编制、审批和专家论证情况。
- （3）监测方案编制、审批及落实情况。
- （4）施工安全技术交底情况。
- （5）安全技术措施落实情况。
- （6）周边环境核查和保护措施落实情况。
- （7）材料、施工机械准备情况。
- （8）项目管理、技术人员和劳动力组织情况。

(9) 应急预案编制、审批和救援物资储备情况。

(10) 相关工程质量检测资料合规情况。

(11) 法规、标准及合同约定的其他情况。

(二) 关键节点风险管控程序审批

(1) 施工单位根据《关键节点分类清单》编制《关键节点识别清单》，报监理单位审批。

(2) 施工单位对照经监理单位批准的《关键节点识别清单》，对关键节点施工前条件进行自检自评，符合要求的报监理单位。

(3) 监理单位对关键节点施工前条件进行预核查，通过后报建设单位。

(4) 建设单位（或委托监理单位）依据相关制度规定和标准规范组织开展关键节点施工前条件核查工作。

(5) 通过核查的，方可进行关键节点施工；未通过核查的，相关单位按照核查意见进行整改，整改完成后建设单位重新组织核查。

(三) 风险管控保障措施

(1) 明确核查人员工作职责：参加关键节点施工前条件核查的人员应具备相应资格，按照建质〔2010〕5号文件和相关标准规范对涉及的施工条件逐项进行核查，形成明确的核查意见和书面核查记录（包括影像资料），并对签署的核查意见负责。

(2) 坚强监督检查：城市轨道交通工程质量安全监管部门要督促参建单位做好关键节点的风险管控工作，对因关键节点风险管控不到位而引发事故的责任单位和责任人，要依法进行处理、处罚。

(3) 建立关键节点风险管控相关制度：进一步明确关键节点施工前条件核查标准、程序、内容和组织方式，确保关键节点风险管控落实到位，有效防范生产安全事故发生。

知识拓展

陕西省工程建设标准《城市轨道交通工程建设安全风险管理体系》为贯彻“安全第一，预防为主，综合治理”的方针，加强陕西省城市轨道交通工程建设安全风险管理工作，制定本规范。本规范适用于陕西省新建、改建与扩建的城市轨道交通工程安全风险管理工作，涵盖地下、地面、高架等线路敷设方式的各类城市轨道交通工程；城市轨道交通工程建设风险管理中，必须遵循节能、节地、保护环境和可持续发展的基本方针；城市轨道交通工程建设应从规划、可行性研究、勘察设计、施工直至竣工验收实施全过程风险管理；城市轨道交通工程建设安全风险管理体系应遵循全过程动态管理、分级管理和重点监控的原则；城市轨道交通工程建设安全风险管理体系除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

基本规定：城市轨道交通工程建设安全风险管理体系应由建设单位组织实施，可委托具有相应资质的单位提供第三方监测、安全风险咨询等技术或管理服务；工程各参建单位应建立健全各自的安全风险管理体系，建立组织机构和责任制；城市轨道交通工程建设安全风险管理体系可划分为规划和可行性研究、勘察设计、施工等阶段；城市轨道交通规划阶段和可行性研究阶段应进行线、站位的多方案设计和比选，开展重大安全风险因素识别分析和方案风险评估

等工作；城市轨道交通工程勘察设计阶段应对上阶段存在的风险进行必要的方案优化，制定有效的风险处置措施，满足相应勘察设计阶段的深度要求；城市轨道交通工程施工阶段安全管理应分为施工准备期和施工期；城市轨道交通施工阶段应加强施工组织管理，通过工程监测、现场巡视、安全风险状态评价、预警、响应及处置等方式管控风险。

学习评估

一、复习思考题

- (1) 简述城市轨道交通工程建设风险基本类型。
- (2) 简述城市轨道交通工程建设风险管理基本要点。
- (3) 简述城市轨道交通工程建设施工风险管理。
- (4) 简述城市轨道交通工程关键节点风险管控。

二、教学评价

任务名称	城市轨道交通工程技术安全管理概述	学生姓名		
评价类别	评价内容	个人自评	小组互评	教师评价
专业能力 (80分)	1.城市轨道交通工程建设风险基本类型(20分)			
	2.城市轨道交通工程建设风险管理基本要点(20分)			
	3.城市轨道交通工程建设施工风险管理(20分)			
	4.掌握城市轨道交通工程关键节点风险管控(20分)			
社会能力 (10分)	敬业精神(5分)			
	团结协作(5分)			
方法能力 (10分)	计划能力(5分)			
	决策能力(5分)			



项目六任务六 城市轨道交通工程建设风险管理微课视频

项目六 城市轨道交通工程技术安全和质量管理

任务七 案例分析

学习目标

1. 知识目标

- (1) 了解杭州地铁湘湖站坍塌事故原因分析和安全启示。
- (2) 了解某铁路隧道口重大坍塌事故原因分析和安全启示。

2. 能力目标

- (1) 学会杭州地铁湘湖站坍塌事故原因分析方法。
- (2) 学会某铁路隧道口重大坍塌事故原因分析方法。

学习重点

杭州地铁湘湖站坍塌事故原因分析和安全启示；某铁路隧道口重大坍塌事故原因分析和安全启示。

学习难点

坍塌事故原因分析和安全启示。

一、案例一 杭州地铁湘湖站坍塌事故

(一) 事故概况

2008年11月15日15时许，杭州风情大道地铁施工工地，正在施工的杭州地铁湘湖站北2基坑现场发生大面积坍塌事故（见图6-11、图6-12），造成21人死亡，24人受伤，直接经济损失达4962万余元。



图 6-11 杭州地铁湘湖站北 2 基坑坍塌事故分析



图 6-12 杭州地铁湘湖站坍塌

(二) 事故工程简介

杭州地铁事故基坑，长 107.8 m，宽 21 m，开挖深度 15.7 ~ 16.3 m。设计采用 800 mm 厚地下连续墙结合四道 $\phi 609$ 钢管支撑的围护方案。地下连续墙深度分别为 31.5 ~ 34.5 m。基坑西侧紧临大道，交通繁忙，重载车辆多，道路下有较多市政管线穿过，东侧有一河道（见图 6-13）。

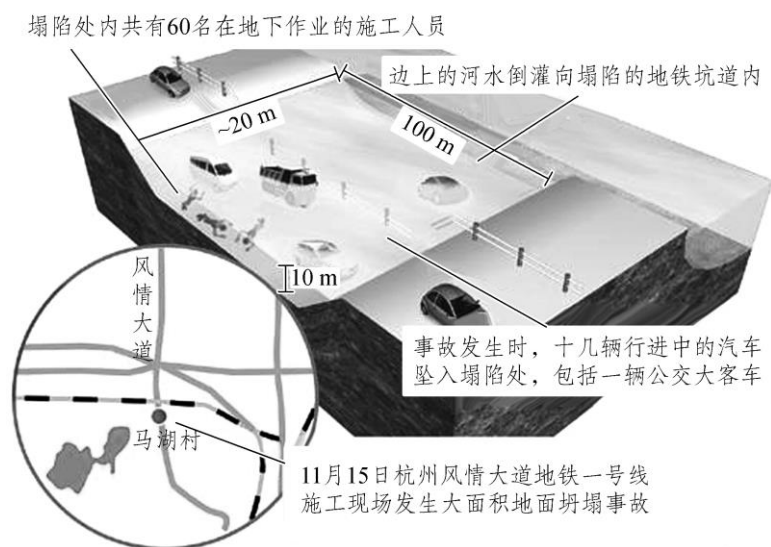


图 6-13 基坑坍塌示意图

基坑土方开挖共分为 6 个施工段，总体由北向南组织施工至事故发生前，第 1 施工段完成底板混凝土施工，第 2 施工段完成底板垫层混凝土施工，第 3 施工段完成土方开挖及全部钢支撑施工，第 4 施工段完成土方开挖及 3 道钢支撑施工、开始安装第 4 道钢支撑，第 5、6 施工段已完成 3 道钢支撑施工、正开挖至基底的第 5 层土方同时，第 1 施工段木工、钢筋工正在作业；第 3 施工段杂工进行基坑基底清理，技术人员安装接地铜条；第 4 施工段正在安装支撑、施加预应力，第 5、6 施工段坑内 2 台挖机正在进行第 5 层土方开挖。

首先西侧中部地下连续墙横向断裂并倒塌（见图 6-14），倒塌长度约 75 m，墙体横向断裂处最大位移约 7.5 m，东侧地下连续墙也产生严重位移，最大位移约 3.5 m。由于大量淤泥涌入坑内，风情大道随后出现塌陷，最大深度约 6.5 m。地面塌陷导致地下污水管道等破裂、河水倒灌造成基坑和地面塌陷处进水，基坑内最大水深约 9 m。



图 6-14 地下连续墙横向断裂并倒塌

（三）原因分析

（1）事故发生后，事故调查组形成了《杭州地铁湘湖站“11·15”基坑坍塌事故技术分析报告》以及《岩土工程勘察调查分析》等 9 项专项调查分析报告。已查明，北 2 基坑坍塌，是由于参与项目建设及管理的勘察、设计、施工、检测、管理咨询、地铁等单位在有关方面工作中存在一些严重缺陷和问题，并且没有得到应有重视和积极防范整改，多方面因素的综合作用下最终导致了事故的发生。该事故是一起重大责任事故。

（2）直接原因。根据勘查结果对基坑土体破坏滑动面及地下连续墙破坏模式进行了分析：

① 西侧地下连续墙静力触探试验表明，在绝对标高 $-8 \sim -10$ m 处（近基坑底部）， q_c 值为 0.20 MPa（ q_c 仅为原状土的 30% 左右），土体受到严重扰动，接近于重塑土强度，证明土体产生侧向流变，存在明显的滑动面。

② 西侧地下连续墙墙底（相应标高 -27.0 m 左右），C1 孔静探 q_c 值约为 0.6 MPa（ q_c 为原状土的 70% 左右），土体有较大的扰动，但没有产生明显的侧向流变，主要是地下连续墙底部产生过大位移所致。

勘察方的主要问题：不符合规范要求。

① 基坑采取原状土样及相应主要力学试验指标较少，不能完全反映基坑土性的真实情况。

② 勘察单位未考虑薄壁取土器对基坑设计参数的影响，以及未根据当地软土特点综合判断选用推荐土体力学参数。

③ 勘察报告推荐的直剪固结快剪指标 c 、 ϕ 的值采用平均值，而未按规范要求采用标准值，因此指标偏高。

④ 勘察报告提供的 2 层的比例系数 m 值（ $m = 2\ 500\ \text{kN/m}^4$ ）与类似工程经验值差异显著。

提供的土体力学参数互相矛盾,不符合土力学基本理论。

① 推荐用于设计的主要地层土的三轴 CU、UU 试验指标、无侧限抗压强度指标与验证值、类似工程经验值差异显著。

② 试验原始记录已遗失,无法判断其数据的真实性。

设计方出现的问题:

设计单位未能根据当地软土特点综合判断、合理选用基坑围护设计参数,力学参数选用偏高降低了基坑围护结构体系的安全储备。

设计中考虑地面超载 20 kPa 较小。基坑西侧为一大道,对汽车动荷载考虑不足。根据实际情况,重载土方车及混凝土泵车对地面超载宜取 30 kPa,与设计方案 20 kPa 相比,挖土至坑底时第三道支撑的轴力、地下连续墙的最大弯矩及剪力均增加约 4%~5%,也降低了一定的安全储备。

设计单位考虑不周,经验欠缺。

① 设计图纸中未提供钢管支撑与地下连续墙的连接节点详图及钢管节点连接大样,也没有提出相应的施工安装技术要求。没有提出对钢管支撑与地下连续墙预埋件的焊接要求。

② 同意取消施工图中的基坑坑底以下 3 m 深土体抽条加固措施,降低了基坑围护结构体系的安全储备。经计算,采取坑底抽条加固措施后,地下墙的最大弯矩降低 20%左右,第三道支撑轴力降低 14%左右,地下墙的最大剪力降低 13%左右,由于在坑底形成了一道暗撑,抗倾覆安全系数因此大大提高。

③ 从地质剖面 and 地下连续墙分布图中可以看出,对于本工程事故诱发段的地下连续墙插入深度略显不足,对于本工程,应考虑墙底的落底问题。

④ 设计提出的监测内容相对于规范少了 3 项必测内容。

施工方面的主要问题:

① 土方超挖。土方开挖未按照设计工况进行,存在严重超挖现象。特别是最后两层土方(第四层、第五层)同时开挖,垂直方向超挖约 3 m,开挖到基底后水平方向多达 26 m 范围未架设第四道钢支撑,第三和第四施工段开挖土方到基底后约有 43 m 未浇筑混凝土垫层。土方超挖导致地下连续墙侧向变形、墙身弯矩和支撑轴力增大。

② 支撑设计不合理。与设计工况相比,如第三道支撑施加完成后,在没有设置第四道支撑的情况下,直接挖土至坑底,第三道支撑的轴力增长约 43%,作用在围护体上的最大弯矩增加约 48%,最大剪力增加约 38%;超过截面抗弯承载力设计值 1 463 kN/m。

③ 钢支撑与地下连续墙预埋件未进行有效连接。钢管支撑与地连墙预埋件没有焊接,直接搁置在钢牛腿上,没有有效连接易使支撑钢管在偶发冲击荷载或地下连续墙异常变形情况下丧失支撑功能。

监测问题:

① 监测数据不全。电脑中的原始数据被人为删除,通过对监测人员使用的电脑进行的数据恢复,发现以下 3 个问题。

2008 年 10 月 9 日开始有路面沉降监测点 11 个,至 11 月 15 日发生事故前最大沉降 316 mm,监测报表没有相应的记录。

11 月 1 日 49 号(北端头井东侧地连墙)测斜管 18 m 深处最大位移达 43.7 mm,与监测报表不符。

2008年11月13日CX45号测斜管最大变形数据达65mm,超过报警值(40mm),与监测报表不符。

通过以上3个问题可以发现,电脑中的数据与报表中的数据不一致,实际变形已超设计报警值而未报警,可以认为监测方有伪造数据或对内对外有两套数据的可能性。

② 监测内容不符。

其他问题:

① 专项方案审批管理混乱,未严格按设计及规范要求监理。

② 监理未按规定程序验收,违反监理规范。

③ 发现存在严重质量安全隐患,而未采取进一步措施予以控制。

④ 环境因素。

a. 经勘探事发路段属于淤泥质黏土,含水的流失性强,强度低、变形大。

b. 事故坍塌所在地点风情大道来往车流量大,包括不少荷载量很大的客车、货车都来往于这条路上,这给基坑西面的承重墙带来太大冲击。

c. 2008年10月份杭州出现的一次罕见的持续性降雨过程,使得地基土含水量和流动性进一步加大。

(四) 深基坑安全事故启示

杭州地铁坍塌事故调查结束,10名责任人被追究法律责任,另有11名责任人受到政纪处分。

(1) 要认真做好工程地质勘察工作,提供可靠的工程地质勘察报告。地铁车站、线路选择应尽量避免不良地质区段。

(2) 施工应严格按经审查的施工组织设计进行。应及时安装支撑(钢支撑),及时分段分块浇筑垫层和底板,严禁超挖。基坑围护结构设计应方便施工,基坑工程施工应有合理工期。

(3) 基坑工程不确定因素多,应实施信息化施工。

监测点设置应符合规范和设计要求。监测单位应认识科学测试,及时如实报告各项监测数据。项目各方要重视基坑的监测工作,通过监测施工过程中的土体位移、围护结构内力等指标的变化,及时发现隐患,采取相应的补救措施,确保基坑安全。

(4) 有多道内支撑的基坑围护体系应加强支撑体系的整体稳定性。对钢支撑体系应改进钢支撑节点连接型式,加强节点构造措施,确保连接节点满足强度及刚度要求。施工过程中应合理施加钢管支撑预应力。

应明确钢支撑的质量检查及安装验收要求,加强对检查和验收工作的监督管理。

(5) 施工中应加强基坑工程风险管理,建立基坑工程风险管理制度,落实风险管理责任。每个环节都要重视工程风险管理,要加强技术培训、安全教育和考核,严格执行基坑工程风险管理制度,确保基坑工程安全。

二、案例二 某铁路隧道口重大坍塌事故

(一) 事故发生情况

2007年11月20日7:05领工员兼爆破员点火起爆,8:44挖掘机准备对导洞地板进行

清理时，洞内开始掉碴，洞外岩石坍塌，坍塌体造成正在洞外排架上作业的 4 名施工人员 1 人死亡、1 人受伤、两人失踪。与此同时，一辆客车正好经过事故处，被 3 000 多立方米坍塌体中的部分岩体砸中，并被完全掩埋（见图 6-15）。经核查确认，共有 35 人在事故中死亡，1 人受伤，直接经济损失达 1 498.68 万元。



图 6-15 某铁路隧道口重大坍塌事故

（二）事故原因分析及事故性质认定

1. 直接原因

调查组调查认定，事故发生的直接原因是隧道洞口边坡岩体，受施工爆破动力作用，致使边坡岩石沿原生节理面与母岩分离，在其自身重力作用下失稳向坡外滑出，岩体瞬间向下崩塌解体，造成事故发生。

2. 间接原因

一是勘察设计单位提交的相关勘察文件中有关高阳寨隧道边坡稳定性的地质勘察结论与现场实际不符，地质勘察工作深度不够，勘察设计方案中的部分措施指导性不够。

二是施工单位在施工超前地质预报工作不到位，施工地质工作有缺陷，洞口段未严格按照批准的设计方案组织爆破施工，对导洞施工、洞口围岩监控监测和高边坡防护工程技术措施不到位。

三是监理单位的部分监理人员不具备隧道监理资质，现场监理力量不足，未做到旁站监理，疏于现场监理。

四是建设管理单位对勘察设计的技术管理不够严格，在日常施工安全检查中不严格，对监理单位的合同履约疏于监管，对现场监理的管理不到位。

3. 事故性质

经调查认定，××铁路××隧道口“11·20”特别重大坍塌事故是一起生产安全责任事故。

（三）对事故有关责任人员和单位的处理

给予党纪、政纪处分的人员共 26 人。对事故相关单位及有关负责人的行政处罚：

（1）责成××铁路建设总公司向国务院国有资产管理委员会、国家安全生产监督管理总

局作出深刻检查。

(2) 依据《安全生产法》《生产安全事故报告和调查处理条例》《建设工程安全生产管理条例》等法律规定，对相关责任单位和责任人予以行政和经济处罚。

三、小 结

本项目主要讲了杭州地铁湘湖站坍塌事故原因分析、事故安全启示；某铁路隧道口重大坍塌事故原因分析及事故性质认定、事故安全启示。

思考与练习

- (1) 简述杭州地铁湘湖站坍塌事故原因与安全启示。
- (2) 简述某铁路隧道口重大坍塌事故原因分析及安全启示。



项目六任务七 工程安全综合案例



工程事故案例动画