

项目一

城市轨道交通安全管理核心概念释义



教学目标

通过本项目的学习，使学生了解城市轨道交通安全管理的基础知识，理解安全与安全管理、危险与事故管理、应急与应急预案体系等相关概念，了解城市轨道交通安全管理事故的基本特征，了解城市轨道交通应急预案体系的基本内涵，了解城市轨道交通安全分析与评价基本方法。



知识要点

1. 安全与安全管理的内涵。
2. 城市轨道交通安全管理的基本领域。
3. 危险与事故的基本概念。
4. 城市轨道交通危险源。
5. 城市轨道交通事故的类型。
6. 城市轨道交通应急管理的基本内涵。
7. 安全分析与评价的基本概念。
8. 城市轨道交通安全分析与评价基本方法。

任务一 安全与安全管理



学习任务

1. 认知安全与安全管理。
2. 认知安全的系统控制。
3. 认知城市轨道交通安全与安全管理。



学习目标

1. 了解安全与安全管理基础知识。
2. 理解安全系统控制。
3. 熟悉安全管理的控制原则。
4. 掌握城市轨道交通安全与安全管理的基本内涵。



基础知识

一、安全

(一) 安全的基本概念

国家标准(GB/T28001)对安全的定义是“免除了不可接受的损害风险的状态”。也就是说,安全是在人类生产过程中,将系统的运行状态对人类的生命、财产、环境可能产生的损害控制在人类能接受水平以下的状态,它与人们的日常工作和生活息息相关。

安全可以分为绝对安全和相对安全。绝对安全是人们较早时期对安全的认识,认为安全是指没有危险、不受威胁、不出事故。这种安全观认为发生死亡、工伤等的概率为零,这在现实生产系统中是不存在的,是安全的一种极端理想的状态。相对安全观认为,安全是相对的,绝对安全是不存在的。例如,美国哈佛大学的劳伦斯教授将安全定义为“安全就是被判断为不超过允许极限的危险性,也就是指没有受到损害的危险或损害概率低的通用术语”。人们现在普遍接受的安全,是指在生产活动过程中,能将人或物的损失控制在可接受水平的状态。换言之,安全意味着人或物遭受损失的可能性是可以接受的,若这种可能性超过了可接受的水平,即为不安全。

根据不同的行业,其危险源不同,安全要点也不同,按照行业分类或事故特点分类,包括矿山安全、化工安全、建筑安全、机械安全、电力安全、冶金安全、消防安全、交通安全、特种设备安全、其他安全(食品安全、生态安全、核安全、公共卫生安全等)10类。

安全管理重点主要包括对人、设备、环境及作业的安全管理。安全管理手段主要有经济、行政、思想教育和法律手段。

(二) 安全的基本特性

1. 安全的系统性

安全涉及技术系统的各个方面,包括人员、设备、环境等因素,特别是像轨道交通这样的开放系统,安全既受系统内部因素的制约,也受到系统外部环境的干扰。安全的恶化状态,即事故,不仅可能造成系统内部的损害,而且可能造成系统外部环境的损害。因此,研究和解决安全问题应从系统观点出发,运用系统工程的方法,进行综合治理。

2. 安全的相对性

安全的相对性表现在3个方面。首先,绝对安全的状态是不存在的,系统的安全是相对于危险而言的。其次,安全标准是相对于人的认识和社会经济的承受能力而言,抛开社会环境讨论安全是不现实的。最后,人的认识是无限发展的,对安全机理和运行机制的认识也在不断深化,对安全的认识存在相对性。

3. 安全的依附性

安全是依附于生产而存在的,不可能脱离具体的生产过程而独立存在,只要存在生产活动,就会出现安全问题。相反,安全是生产的前提和保障,安全工作搞得不好,生产便无法顺利进行。



4. 安全的间接效益性

安全的间接效益性是指要保证生产安全，必须在人员、设备、环境和管理方面有相应适用的安全投入，但安全投入所产生的经济和社会效益却是间接的、无形的，难以定量计算。因此，安全投入往往被忽视，只有发生了事故，造成了损失之后，才会意识到安全投入的必要性和重要性。

5. 安全的持续性

人对安全的认识在时间上往往是滞后的，很难预先完全认识到系统存在和面临的各种危险，而且即使认识到了，有时也会由于受到当时技术条件的限制而无法予以控制。随着技术进步和社会发展，老的安全问题解决了，新的安全问题又会产生。所以，安全工作是一个长期的过程，必须坚持不懈，始终如一地努力才行。

二、安全管理

（一）安全管理的基本内涵

安全管理（safety management）是管理科学的一个重要分支，是为实现安全目标而进行的有关决策、计划、组织和控制等方面的活动。它主要运用现代安全管理原理、方法和手段，分析和研究各种不安全因素，从技术上、组织上和管理上采取有力的措施，解决和消除各种不安全因素，防止事故的发生。大体可归纳为安全组织管理、场地与设施管理、行为控制及安全技术管理4个方面，分别对生产中的人、物、环境的行为与状态，进行具体的管理与控制。

安全管理的对象是生产中一切人、物、环境的状态管理与控制，是一种动态管理，是保证生产处于最佳安全状态的根本环节，要在发展中提高；安全管理要处理好安全与质量、速度与效益的关系，要并驾齐驱，平衡发展；安全管理重在控制，对生产因素状态的控制，与安全管理目的关系更直接，显得更为突出，生产活动中必须坚持“全员、全过程、全方位、全天候”的“四全”动态安全管理，要发挥全体员工的主观能动性，防止一阵风式的安全管理，防止走过场、形式主义。

（二）安全的系统控制

为了维持系统的正常运转，系统的活动均须控制。控制就是按照预先设定的标准或目标，对某个过程施加某种影响的行为。信息传递与信息反馈是控制的基础。安全系统的控制往往通过施加一定的安全保证措施，对存在的隐患进行预防控制。

1. 系统控制的种类

1) 反馈控制

通过检测系统运行过程的输出结果，将检测结果回馈到运行过程中去，再将纠正措施输入该运行过程中，最终获得预期的输出结果。反馈控制的特征是一种事后控制，相对比较滞后。反馈控制有两种：一是输出反馈；二是系统内部状态反馈。

2) 前馈控制

通过监控运行过程的输入，确定其标准要求符合目标。如果不符合，为实现输出预期



目标就要采取措施, 改变运行过程。前馈控制克服了反馈控制的迟滞性, 便于决策人员及时采取相应措施纠正偏差, 实现预期目标。反馈和前馈控制如图 1.1 所示。相比而言, 前馈控制比反馈控制更直接、更有效。前馈控制对于安全的控制应该非常有效。通过提前控制系统中每个作业环节、每种设施, 根据检测信息分析可能引发事故的要素, 采取有效措施加以防范, 可以消除事故隐患, 有效预防事故的发生, 减少损失。

通常情况下, 若系统已经发生了事故, 往往采用反馈控制法总结经验教训, 提出改进措施, 可阻止同类事故再次发生, 避免无谓的损失。图 1.1 中的随机干扰指的是环境对系统的影响。

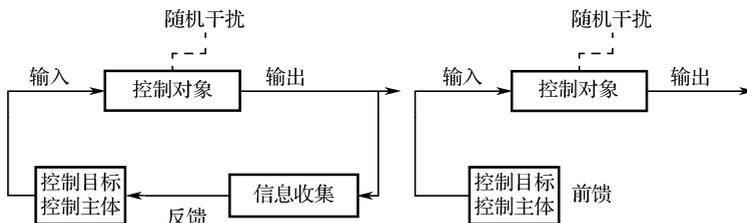


图 1.1 反馈控制和前馈控制

当然也可根据事先设定的安全目标(限制), 对监测信息加以分析评价, 将评价结果与预先设定的目标加以对比, 及时采取措施纠正偏差, 保障系统朝着既定安全方向发展。

2. 控制系统的构成要素

1) 控制对象

控制对象即控制的内容, 包括交通运输环节、设施、人员、能量。

2) 控制目标

预先设定的目标或标准, 包括运输生产目标、经济目标、安全目标、作业标准等。目标要切合实际, 层层分解下去。

3) 控制主体

下达控制命令, 制定控制措施的运营管理或安全管理组织机构。

3. 系统控制的程序

首先制定控制目标和安全评价准则(或方法), 随后对信息进行搜集处理分析, 最后将分析结果与控制目标对比, 纠正偏差, 达到系统预期目标, 对于城市轨道交通安全系统而言, 通过安全管理、安全教育、安全技术等手段进行控制, 可以有效减免事故的发生。

4. 安全管理的控制原则

1) 闭环控制原则

安全控制讲求目的性和效果, 要有评价和反馈机制。系统包括输入、输出, 通过信息反馈进行决策并控制输入, 此完整过程为闭环控制。从图 1.2 可知, 这样的闭环控制能达到优化的目的; 同时, 搞好闭环控制的关键是必须要有信息反馈和控制措施。

2) 分层控制原则

安全管理和技术的设计实现要有阶段性、协调性。采用多层次控制原则, 目的是增加



对事故危险控制的可靠程度。一共包括 5 个层次，即根本的预防控制、不允性控制、防止事故扩大的预防性控制、经常性控制及紧急性控制。

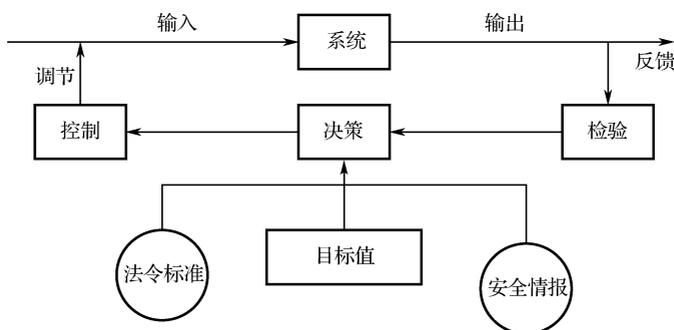


图 1.2 闭环控制

3) 分级控制原则

安全控制要有主次，单项解决与整体控制要分工明确、相互配合，必须采用分级控制，各子系统可自己调整和实现控制。

4) 动态控制原则

系统是运动、变化的，要正确、适时地对系统安全进行控制。

三、城市轨道交通安全管理

安全是城市轨道交通企业的头等大事，安全是实现社会效益和企业效益的保证；安全是轨道交通行业的重要内容，安全是法律赋予轨道交通系统的义务和责任。

城市轨道交通的安全管理主要包括行车安全、安全法规、安全技术、安全教育、安全信息及安全资金管理等内容。城市轨道交通安全的主要表现形式是行车安全，同时还包括机械安全、电力安全、特种设备安全、消防安全等检修作业安全。

城市轨道交通系统安全管理工作具有联动性大、动态性强、技术性强、受外部环境影响大、事故后果严重等特点。城市轨道交通安全管理的目的是健全管理制度，使人员、设备、环境组成一个能够有效实现预期目标的系统。在其运营管理过程中，有效地防止和消除人身伤亡事故和设备损毁事故，变危险为安全，变有害为无害。

任务二 危险与事故



学习任务

1. 认知危险与危险源。
2. 认知事故与事故的基本特征。
3. 认知城市轨道交通事故灾害的类型。
4. 了解城市轨道交通危险源与事故之间的关系。



目标要求

1. 掌握危险与危险源的基本概念。
2. 理解事故与事故的基本特征。
3. 熟悉城市轨道交通事故灾害的类型。
4. 了解城市轨道交通危险源与事故之间的关系。



基础知识

一、危险

（一）危险与安全

根据系统安全工程的观点，危险是指系统中存在导致发生不期望的后果的可能性超过了人们的承受程度。一般用危险度来表示危险的程度。在安全生产管理中，危险度用生产系统中事故发生的可能性与严重性表示。

危险与安全是相对的概念，按照系统安全工程的观点，无论安全还是危险都是相对的，安全性与危险性互为“补数”。

（二）危险源及类型

导致人员伤亡或财产损失事故的不安全因素，也即产生危险的源头，称为危险源。危险源可以分为3类。

第一类危险源（又称静态危险源）是指系统中存在的、可能发生意外释放的能量（能源或能量载体）或危险物质。此类危险源是从能量的角度分类的，它们具有的危险物质越多、危险性越高，那么导致的破坏性或干扰性的程度就越深，为防止第一类危险源引发事故，人们必须采取相应的措施方法来约束和控制能量或危险物质，即第一类危险源，进而就产生了第二类危险源。

第二类危险源。在生产生活中，人们为了让能量或危险物质遵循他们的意图在系统中流动、转换或做功，就必须采取措施来约束或限制它们，防止其意外释放而导致事故，但实际上，绝对可靠的约束控制措施是不存在的，在诸多外界或措施自身的原因之下，约束、限制能量或危险物质的措施可能失效，进而导致事故。因此，把导致能量或危险物质的约束、限制措施破坏或失效的各种不安全因素称为第二类危险源。第二类危险源包括3个方面，即人、机、环。

第三类危险源是指不符合安全的组织因素，它包括组织程序、组织文化、规则、制度，以及组织人的不安全行为、失误等。

（三）三类危险源与事故之间的关系

第一类危险源的危险性是固有的、不可变的，而第二类危险源和第三类危险源随着现代科学技术的不断创新、管理水平和人员素质的不断提高而在发生变化，所以我们可以将第二类危险源和第三类危险源统称为动态触发型危险源，主要包括人的失误、物的障碍、



系统运行环境，以及组织或管理失误。3类危险源与事故之间的关系如图 1.3 所示。

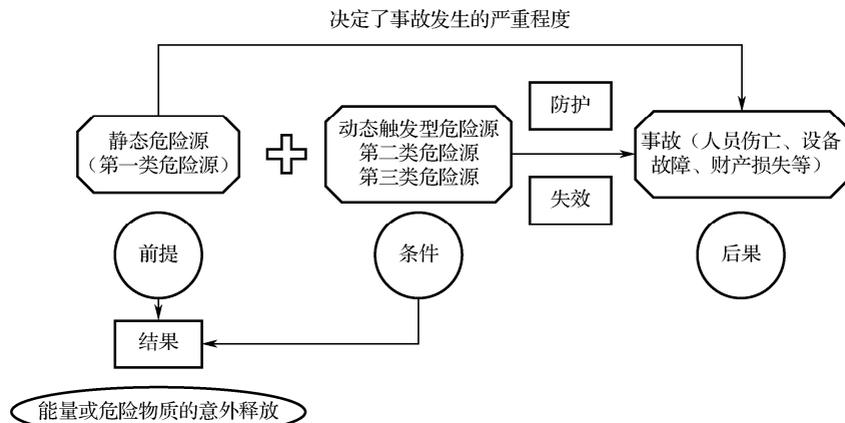


图 1.3 3类危险源与事故之间的关系

(四) 城市轨道交通的危险源

城市轨道交通常见的第一类危险源如下。

- (1) 产生、供给能量的装置、设备，如地铁运营系统中的电力设备等。
- (2) 能量的载体，如高速运行中的地铁列车等。
- (3) 危险物质，如列车内或站台上的可（易）燃物质等。

城市轨道交通常见的第二类危险源如下。

(1) 人，是指人的失误，人的失误可能导致对第一类危险源的控制措施的破坏，造成能量或危害物质的意外释放，从而引发事故。例如，人的违规作业导致设备故障，从而引发运营事故。

(2) 机，是指物的故障，即由于性能低下而不能实现预定功能的现象。物的故障或直接引起约束、限制能量或危害物质的措施失效，从而造成事故的发生。例如，轨道故障引发脱轨事故。

(3) 环，是指系统运行的物理环境，以及企业、社会软环境，不良的系统运行环境。例如，暴雨天气引发雨水倒灌进入地铁列车运行隧道，导致停运事故。

二、事故灾害

(一) 事故的基本概念

事故发生在人类社会生产和生活活动过程中，起因可能是由于人的操作失误或安全意识不强，或是由于设备长期老化失修，或是由于一些外界因素（如地震、风暴等）引起并迫使生产活动停止，造成人员财产伤亡的意外事件。事故灾害的影响范围巨大，与人们的生命财产安全息息相关，我国在这方面也制定了相关的法律法规，对事故灾害的相关处理方式和责任进行了原则性的规定。



（二）事故的基本特征

1. 事故的复杂性

事故的起因非常繁杂，可能是自然因素，也可能是人为因素，还有可能是自然原因和人为原因共同作用。事件从其起因开始，到事件的出现、发展直至结束，都充满了不确定因素，任何一个细小的环节没有做到或者做不到位，都可能导致处置结果产生巨大差异。事故灾害的发生虽然具有随机性和偶然性的小概率事件，但是其发生机理和演化过程却是复杂多变的，整个事故灾害事件也是一个高阶多反馈的复杂系统。从众多事故灾害中可以看出，一旦人们对具有危险性的要素无法控制的时候，事故灾害发生的可能性就大大增加。

2. 事故的突发性

事故具有明显的突发性，绝大多数事故灾害在发生之前没有征兆，即便是有也不容易被察觉，而且一旦爆发就会迅速扩展。因此事件在发生后，要求决策者必须在最短时间内做出有效的应对策略，一旦延时，便会使事件蔓延，带来更加严重的后果。由于事故的突发性和破坏直接性，使得应急管理存在决策时间短、救援难度大的困难情况，要做出及时正确的应急决策可谓是非常困难。

3. 事故的危害性

事故发生将对企业乃至社会产生广泛且深远的影响。一旦发生事故灾害往往是对很多人的生命财产安全造成危害，严重时甚至会危及整个国家民族。正是由于事故灾害的危害性，使得事故的应急决策显得尤为重要，甚至关系到社会的稳定和经济的发展。

依据事故发生“人—机—环”的一般性原理，事故灾害的发生和演化要素可以归纳为物质能量释放、外界环境、人的因素、管理不足 4 个方面。

三、城市轨道交通运营事故类型

城市轨道交通运营事故可根据事件性质分为列车事故、火灾事故、恐怖袭击、自然灾害、系统水灾 5 大类。

（一）列车事故

城市轨道交通列车事故主要是指运营过程中发生的列车相撞、列车脱轨等造成人员伤亡、运营中断等严重后果的事故。

（二）火灾事故

火灾事故是对城市轨道交通造成影响最为严重、危害最大的一类事故。

（三）恐怖袭击

城市轨道交通中的恐怖活动形式主要有纵火、爆炸、投放毒气等。

（四）自然灾害

对城市轨道交通系统造成影响的自然灾害主要包括地震、大风、雷击、洪水、雨雪、冰冻等。



（五）系统水灾

城市轨道交通系统水灾事故多数是由于系统内部水管爆裂、地下结构破坏渗水等造成的水淹事故。

任务三 应急与应急预案



学习任务

1. 认知应急和突发事件。
2. 认知应急预案及适用范围。
3. 认知城市轨道交通应急处置的原则。
4. 认知城市轨道交通应急预案。



学习目标

1. 理解应急的概念和突发事件的分类。
2. 掌握综合应急预案、专项应急预案和现场处置方案的含义和适用范围。
3. 了解城市轨道交通应急处置的原则。
4. 从突发事件类型及事件处理阶段等不同角度来分析城市轨道交通应急预案。



基础知识

一、应急

（一）应急的概念

应急是指应对突然发生的需要紧急处理的事件。其中包含两层含义：客观上，事件是突然发生的；主观上，需要紧急处理这种事件。国外钱伯斯词典把应急（Emergency）定义为：突然发生并要求立即处理的事件。

一般来说，应急包括以下因素。

- （1）由哪些人来应对？
- （2）可能出现哪些种类的突发事件？
- （3）突发事件严重程度如何划分？
- （4）突发事件过程如何划分？
- （5）在突发事件各个过程中如何应对？

（二）突发事件的分类

突然发生的需要紧急处理的事件，通常被人们简称为紧急事件或者突发事件。根据突发事件的性质，可将突发事件分为以下 4 种。

1. 自然灾害

自然灾害是指大自然引入的灾害，如雪崩、干旱、地震、洪水、饥荒、泥石流、严寒、海啸、火山爆发等。



2. 事故灾害

事故灾难是指人为灾难，是由人类故意或者过失造成的灾难，如纵火、化学泄漏、爆炸、核爆炸、紧急迫降、投毒、管道破裂、地铁列车碰撞、火车碰撞或出轨；由水灾引发的其他事故等。

3. 公共卫生事件

公共卫生事件是指如传染病疫情、群体性不明原因疾病、食品安全和职业危害、动物疫情、其他严重影响公众健康和生命安全的事件等。

4. 社会安全事件

社会安全事件是指如恐怖袭击事件、经济安全事件、涉外突发事件等。

各类突发公共事件按照其严重程度、可控性和影响范围等因素，一般分为4级：Ⅰ级（特别重大）、Ⅱ级（重大）、Ⅲ级（较大）、Ⅳ级（一般）。

二、应急预案

（一）应急预案的内涵

应急预案指面对突发事件如自然灾害、重特大事故、环境公害及人为破坏的应急管理、指挥、救援计划等。应急预案应建立在综合防灾规划上。

应急预案应包括完善的应急组织管理指挥系统，强有力的应急工程救援保障体系，综合协调、应对自如的相互支持系统，充分备灾的保障供应体系，体现综合救援的应急队伍等。

（二）应急预案的类型

应急预案包括综合应急预案、专项应急预案和现场处置方案3类。

1. 综合应急预案

综合应急预案是从总体上阐述事故的应急方针、政策，应急组织结构及相关应急职责，应急行动、措施和保障等基本要求和程序，是应对各类事故的综合性文件。

2. 专项应急预案

专项应急预案是针对具体的事故类别、危险源和应急保障而制定的方案，是综合应急预案的组成部分，应按照应急预案的程序和要求组织制定，并作为综合应急预案的附件。专项应急预案应制定明确的救援程序和具体的应急救援措施。

3. 现场处置方案

现场处置方案是针对具体的装置、场所或设施、岗位所制定的应急处置措施。现场处置方案应具体、简单、针对性强。现场处置方案应根据风险评估及危险性控制措施逐一编制，做到事故相关人员应知应会、熟练掌握，并通过应急演练，做到迅速反应、正确处置。

应急预案应形成体系，针对各级各类可能发生的事故和所有危险源，制定专项应急预案和现场处置方案，并明确事前、事发、事中、事后的各个过程中相关部门和有关人员的职责。



三、城市轨道交通应急处置机制

城市轨道交通应急处置机制是指对城市轨道交通运营中发生的事故、故障、突发事件能及时做出反应,并采取有效措施,以尽快恢复正常运营秩序,以及相关组织机构的功能和相互关系。应急处置机制包括反应和处理两方面。应急反应机制是指相关部门对事故故障的探测和判断、信息的传递和决策、对乘客及外界信息的发布等功能、技术手段及相互关系。应急处理机制是相关部门对事故故障现场处理、乘客的疏散,以及外界对处理提供支持的功能、技术手段和相互关系。城市轨道交通应急反应机制要求建立运营信息的收集、处理、传递和发布系统。城市轨道交通应急处理机制则要求建立相关的应急预案体系,保证一旦发生事故故障,能实现快速、有效的处理,使其造成的影响和损失最小化。城市轨道交通应急反应机制和城市轨道交通应急处置机制通过信息的传递和相互作用而有机地结合。

四、城市轨道交通应急预案体系

(一) 城市轨道交通应急预案的特点

城市轨道交通运营部门积累了大量的处置各类故障、事故和突发事件的经验,制定了许多相应的预案,城市轨道交通应急预案体系以应急处理机制为基础,建立完整的预案体系,预案体系具有以下特点。

- (1) 分类清楚,便于预案的管理和查询。
- (2) 格式规范,便于预案的修订和阅读。
- (3) 内容科学,能够对现场操作进行实际可行的指导。
- (4) 体系完整,能够满足轨道交通运营组织各部门在事件处置各阶段的协同工作需要。

(二) 城市轨道交通应急预案的类型

从制定和执行预案的部门和组织管理层次、针对的事件类型及事件处理阶段 3 个角度对城市轨道交通应急预案进行以下分类。

1. 按照制定和执行预案的部门和组织管理层次分类

不同组织管理部门的管理范围、任务和制定预案所处的角度不同,城市轨道交通应急预案的具体内容、专业方向和侧重点也不同。城市轨道交通应急预案的层次结构如图 1.4 所示。

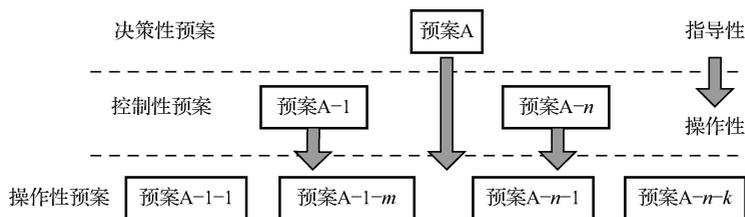


图 1.4 城市轨道交通应急预案的层次结构



2. 按照针对的事件类型分类

由于事故、故障和突发事件的种类及严重程度不同,对应的预案文件无论从内容还是等级要求上都不同,可分为故障处置预案、事故处置预案、突发事件处置预案等。如图 1.5 所示,将预案 A 和预案 B 的重叠部分剥离出来形成单独的预案 C,避免预案间内容的重叠。这样可以使预案针对性更强,执行时层次更清晰,阶段更清楚,责任划分更明确。

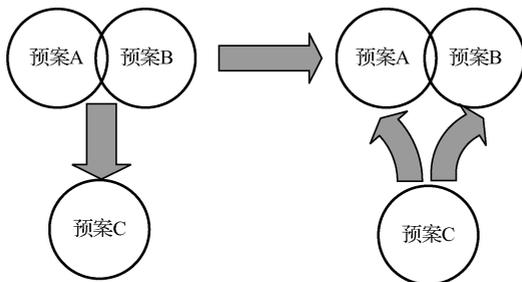


图 1.5 不同城市轨道交通应急预案的关系

3. 按事件处理阶段分类

在事件的处理过程中,因为处理的效果不同,可根据事态发展和影响程度,制定不同阶段的处理预案,如图 1.6 所示。不同阶段的预案处理对象和处理力度有所不同。

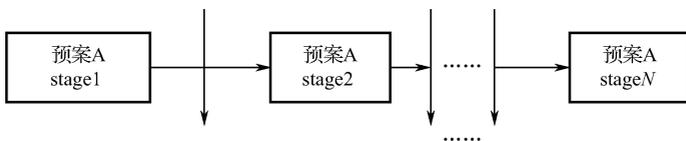


图 1.6 城市轨道交通应急预案分阶段

不同的分类预案具有各自的特点和用途,按部门和组织管理层次分类,可以确定某层预案的细化程度;按事件类型分类,可以确定事件预案的独立程度,使预案模块化;按事件处理阶段分类,可以使事件的处理动态化,阶段分明,利于根据事件的具体形势具体分析。

这 3 种分类特性组合起来就是对一项预案的 3 个特性的描述,可以明确一项预案的地位和重要性,因此应成为预案规范化和优化的基础。

任务四 安全分析与评价



学习任务

1. 认知安全分析。
2. 认知安全评价。
3. 认知城市轨道交通安全分析与评价。



学习目标

1. 掌握安全分析的方法及其特点。



2. 了解安全评价的内容和方法。
3. 掌握城市轨道交通评价的内容和要求。



基础知识

一、安全分析

安全分析是指使用系统工程的原理和方法，辨别、分析系统中存在的危险因素，并根据实际需要对其进行定性、定量描述的技术方法。其目的是为了保证系统安全运行，查明系统中的危害因素，以便采取相应措施控制危险。

（一）安全分析的内容

安全分析主要分析导致系统故障或事故的各种因素及相互之间的关系，通常包括以下内容。

- （1）对可能出现的初始的、诱发的及直接引起的各种危害因素及其相互关系进行调查和分析。
- （2）对与系统有关的环境条件、设备、人员及有关因素进行调查和分析。
- （3）对能够利用适当的设备、规程、工艺或材料控制或者根除某些特殊因素的措施进行分析。
- （4）对可能出现的危害因素的控制措施及其事实措施的方法进行调查和分析。
- （5）对不能根除的危险因素失去控制或减少控制可能出现的后果进行调查和分析。
- （6）对危险因素一旦失去控制，为了防止伤害和损害的安全防护措施进行调查和分析。

（二）安全分析的分类

安全分析方法有许多种，有定性的和定量的，有逻辑推理的和综合比较的。比较广泛应用的有以下几种。

1. 安全检查表分析法

安全检查表分析法是将系统中检查对象加以剖析，界定检查范围，拟定检查项目表格，通过一定的方式获得系统安全状况的检查结果。

2. 预先危险性分析法

预先危险性分析法又称初始危险分析法，是安全评价的一种方法。是在每项生产活动之前，特别是在设计的开始阶段，对系统存在危险类别、出现条件、事故后果等进行概略的分析，尽可能评价出潜在的危险性。

3. 故障类型和影响分析法

故障类型和影响分析法是一种归纳分析法，主要是在设计阶段对系统的各个组成部分进行分析，找出它们所能产生的故障及其类型，查明每种故障对系统的安全所带来的影响，判明故障的重要度，以便采取措施予以防止和消除。

4. 事故树分析法

事故树分析法又称事故预测技术，是将导致事故发生的所有基本原因事件找出，把它



们通过逻辑推理方式，用逻辑门连接起来，运用定性分析或定量分析的方法得到导致事故发生的基本事件的最小组合及预防事故发生的各种有效方案，为事故的预防工作提供较为全面、可靠的依据。

5. 事件树分析法

事件树分析法是根据实际工作需要，选出希望或不希望的时间作为开始时间，按照逻辑推理方式，推论其发展结果。事件的发展趋势只有两种可能性，即失败或成功。把每个结果都看作新的起始事件，不断推论下去，直到找出事件发展的所有可能结果为止。

（三）安全分析方法的比较

几种典型的安全分析方法的比较见表 1.1。

表 1.1 安全分析方法的比较

分析方法	目的	类别	特点	应用条件	优缺点
安全检查表分析法	危险有害因素分析安全等级	定性 定量	按事先编制的要求逐项检查，按规定标准评分	有事先编制的各类检查表及赋分、评级标准	简单方便、易于掌握、编制检查表难度及工作量大
预先危险性分析法	危险有害因素分析危险等级	定性	各类系统设计，施工、生产、维修前的概略分析和评价	分级评价人员熟悉系统，有丰富的知识和实践经验	简便易行，受分级评价人员主观因素影响
故障类型和影响分析法	故障原因影响程度等级	定性	机械电器系统、局部工艺过程的事故分析	有根据分析，要求编制表格	较复杂、详尽受分级评价人员主观因素影响
事故树分析法	事故原因事故概略	定性 定量	宇航、核电、工艺、设备等复杂系统的事故分析	熟练掌握方法和事故、基本事件间的联系，有基本事件概率数据	复杂、工作量大、精确。故障树编制有误，易失真
事件树分析法	事故原因触发条件事故概率	定性 定量	各类局部工艺过程、生产设备、装置的事故分析	熟悉系统、元素间的因果关系、有各事件发生概率	简便、易行、受分析评价人员主观因素影响

二、安全评价

（一）安全评价的含义

安全评价又称危险性评价或风险评价，是以实现系统安全为目的，应用安全系统工程原理和工程技术方法，对系统中固有或潜在的危险因素进行定性或定量分析，得出系统发生危险的可能性及其后果严重程度的评价。即在对系统辨识和安全分析的基础上，对系统的安全性或危险性，按有关的标准、规范、安全指标予以衡量，对危险的程度进行分级，以便据此结合现有科学技术水平和经济条件，提出控制系统危险性的安全措施。

（二）安全评价的内容

理想的安全评价包括危险性辨识和危险性评价两部分。



1. 危险性辨识

危险性辨识是指利用安全系统工程的理论和方法，分析系统及其各要素所固有的安全隐患，揭示系统的各种危险性。

2. 危险性评价

危险性评价是指根据危险性辨识的结果，采取各种措施减少或消除危险，并同既定的安全指标或目标相比较，判明所具有的安全水平，直到达到社会所允许的危险水平或规定的安全水平为止。

（三）安全评价的形式

《中华人民共和国安全生产法》第二十四条规定：“生产经营单位新建、改建、扩建工程项目的安全设施，必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投入生产和使用。”安全评价又分为安全预评价、安全验收评价和安全现状评价 3 种形式。

1. 安全预评价

安全预评价是在可行性研究阶段，根据同类项目在工程建设和运营过程中已发生的相关安全事故的特点，分析和预测该项目在建设过程中及建成投产后的运营过程中固有和可能出现的危险和有害因素，并对其进行定性、定量评价分析，明确危险、有害因素的种类及危害程度，进而从安全技术和管理等提出可行的安全对策措施，提高项目的本质安全程度。同时，也为今后安全管理的系统化、标准化和科学化提供依据，为安全监督管理部门实施安全监察管理提供依据。

2. 安全验收评价

安全验收评价是在项目竣工、试运行正常后，通过对该项目的设施、设备、装置实际运营状况和管理状况的调查分析，查找该项目投产后存在的危险和有害因素，确定其危险度，提出合理可行的安全对策措施及建议，对未达到安全目标的系统或单元提出安全补偿及补救措施，保证项目的本质安全程度，满足安全生产要求。

3. 安全现状评价

安全现状评价是指在生产运营期，针对运营系统某一运营单位总体或局部的安全现状进行安全评价，通过对设施、设备、装置实际情况和管理状况的调查和分析，查找其存在的危险、有害因素并确定危险度，提出合理可行的安全对策措施，将安全风险控制在安全、合理的程度。

（四）安全评价的程序

- （1）资料收集与研究。
- （2）危险因素辨识与分析。
- （3）评价方法选择与确定。
- （4）安全评价的具体实施。
- （5）提出降低和控制危险的策略。



（五）安全评价的方法

几种典型的安全评价的方法及适应情况见表 1.2。

表 1.2 安全评价的方法及适应情况

评价方法	设计阶段	施工阶段	日常运营	改建扩建	事故调查
安全检查分析法	√	√	√	√	
预先危险性分析法	√	√	√	√	√
故障类型和影响分析法		√	√	√	√
事故树分析法		√	√	√	√
事件树分析法		√	√	√	√
安全综合评价法	√	√	√	√	

三、城市轨道交通安全评价

（一）城市轨道交通安全评价的内容

城市轨道交通安全评价是以特定的城市轨道交通系统为研究对象，通过调查等手段获得研究范围内特定时间段的与事故相关的信息，应用适合的评价指标和方法，对研究范围区进行安全程度的系统评价，并给出城市轨道交通系统或其子系统存在的或潜在的安全问题，以及如何达到可接受安全水平的评价报告。

（二）城市轨道交通安全评价的框架

城市轨道交通安全评价以实现城市轨道交通系统安全为目的，应用安全系统工程原理和方法，对系统中存在的危险、有害因素进行识别与分析，判断系统发生事故和急性职业危害的可能性及其严重程度，提出安全对策、建议，从而为系统制定防范措施和管理决策提供科学依据。城市轨道交通系统安全评价的基本框架如图 1.7 所示。

（三）城市轨道交通安全评价的要求

城市轨道交通安全评价是为了保证轨道交通系统安全的一项技术性工作，安全评价牵扯到轨道交通系统安全的各个方面，对其参与评价的相关技术人员有 3 个方面的要求。

1. 技术要求

轨道交通的事故发生和安全状况是由于内部因素和外部因素共同作用的结果，所以要求相关的评价人员有丰富的轨道交通安全管理的经验。

2. 公平要求

参与评价的相关人员须结合安全评价的专业知识和安全管理经验等，从安全的角度提出轨道交通的安全问题。

3. 独立性要求

评价人员要从用户的角度去审视轨道交通存在的安全问题。

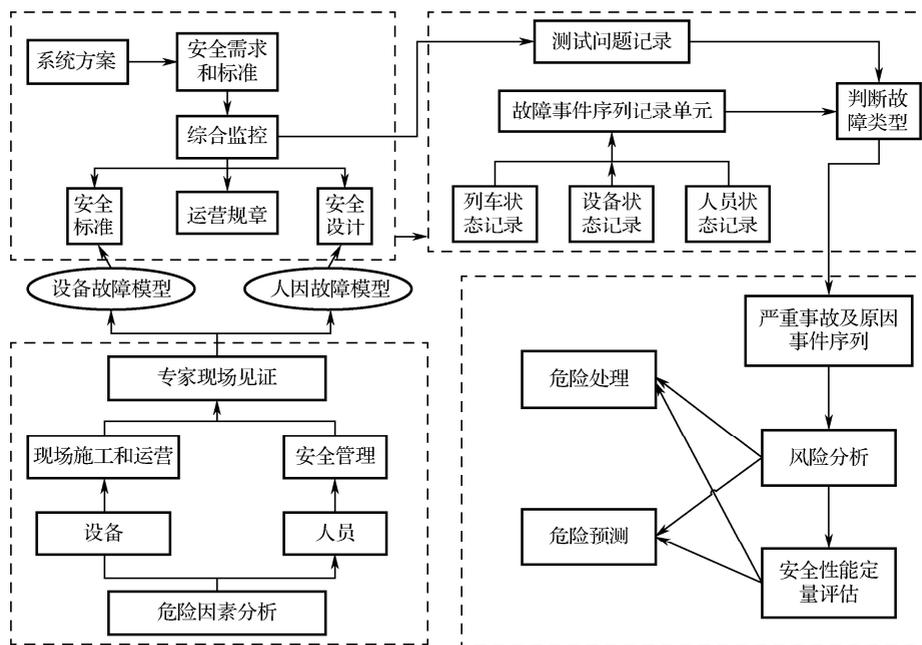


图 1.7 城市轨道交通系统安全评价的基本框架

(四) 城市轨道交通系统安全评价的工作要点

1. 决策阶段的安全评价

决策阶段要对线路的安全可靠性、运营状况安全性进行专项论证及环境影响评价，并对施工方法的安全性进行论证，包括工程本身的施工安全及对周围环境的安全影响。

2. 建设阶段的安全评价

建设阶段是事故多发阶段，也是减少运营阶段风险隐患的关键时期。在初步设计阶段要编制风险评估专篇，确保在施工阶段安全保障费用的投入，针对风险较大的因素制定应急预案。

(1) 勘察安全评价。勘察安全评价主要针对由于土体的空间变异性、试验方法的不确定性、计算公式的不确定性、及土体参数的统计误差等原因引起的风险，通过采用先进的高精度试验仪器及培训试验人员，确保室内试验和原位测试数量及质量，提高勘察的质量和精度。

(2) 设计质量安全评价。加强对设计基础性资料的收集整理，采用新的设计理论，借助先进的计算工具，必要时通过实验得出关键的设计数据和参数等。

(3) 施工安全评价。在设计阶段，根据施工方法来预测地面沉降范围、沉降量和影响范围，对“影响范围”内的地面建筑物、道路、管线进行调查，确定施工过程中的保护对象，并建立完整的档案。

3. 运营阶段的安全评价

城市轨道交通运营安全评价须考虑技术设备、网络运输能力、运营组织方案、突发事件等主要因素，由此衍生出安全管理评价、运营组织与管理评价、设备设施评价和外界环



境评价、事故风险水平评价、应急救援评价等。



思考与练习

1. 解释安全和安全管理的基本概念。
2. 简述城市轨道交通安全管理的基本领域。
3. 解释危险源的分类。
4. 举例说明城市轨道交通运营事故的危险源。
5. 简述城市轨道交通事故的类型。
6. 简述城市轨道交通应急管理的基本内涵。
7. 什么是安全分析？安全分析的方法有哪些？
8. 什么是安全评价？简述城市轨道交通安全评价基本方法。