

北京市地方标准



编号：DB11/ 1067—2013

备案号：JXXXX—2013

---

# 城市轨道交通土建工程设计安全风险评估规范

Code for safety risk Assessment of urban rail transit engineering design

2014-02-26 发布

2014-09-01 实施

---

北京市规划委员会  
北京市质量技术监督局

联合发布

北京市地方标准

城市轨道交通土建工程设计安全风险评估规范

Code for safety risk Assessment of urban rail transit engineering design

DB11/ 1067—2014

主编单位：北京城建设计研究总院有限责任公司

北京安捷工程咨询有限公司

批准部门：北京市规划委员会

北京市质量技术监督局

实施日期：2013 年 09 月 01 日

2013 北京

# 前 言

为适应北京市轨道交通工程建设和安全风险管理的需要，体现北京发展目标和北京地方特点，进一步促进城市轨道交通的可持续发展，按照北京市规划委员会标准化工作的计划和北京市质监局《关于印发 2012 年北京市地方标准制修订项目计划的通知》（京质监标发〔2012〕20 号）的要求，经北京城建设计研究总院有限责任公司和北京安捷工程咨询有限公司会同有关单位共同编写、认真研究、反复讨论和修改，完成了本规范的编制工作。

在本规范编制过程中，编制组广泛调查、分析和总结了近年来北京市城市轨道交通工程设计中安全风险评估方面积累的很多经验，吸取了以往工作中的教训，并借鉴了国（境）外城市轨道交通工程建设的有关成功经验和先进技术。同时，以多种方式，广泛征求了城市轨道交通方面有关专家 and 单位的意见。

本规范共分 7 章和 2 个附录。主要内容包括总则、术语、基本规定、工程安全风险辨识与分级、工程自身风险分析与评价、环境风险分析与评价、工程安全风险控制等。

**本规范中 3.1.1 条和 3.1.5 条为强制性条文，必须严格执行。**

本规范由北京市规划委员会负责管理，北京城建设计研究总院有限责任公司和北京安捷工程咨询有限公司负责具体解释，日常管理机构为北京市城乡规划标准化办公室。在实施过程中如发现问题及需要修改和补充之处，请将意见和建议发至：北京城建设计研究总院有限责任公司（地址：北京阜成门北大街 5 号，邮编：100037），以供修订参考。

**本规范主编单位：**北京城建设计研究总院有限责任公司

北京安捷工程咨询有限公司

**本规范参编单位：**北京市轨道交通建设管理有限公司

北京城市快轨建设管理有限公司

北京城建勘测设计研究院有限责任公司

**本规范主要起草人员：**杨秀仁 金淮 吕培印 徐耀德 贾永刚 程小虎 延波 刘乐天 吴锋波 夏成华 侯建刚 曾德光 罗富荣 孙河川 徐凌 曹伍富 余乐 李祥 朱玲 杨慧林 王伟锋 李俊伟 丁振明 钟巧荣

**本规范主要审查人员：**张弥 贺长俊 王元湘 徐祯祥 沈建文 侯祥吉 尹骁 周梅

刘军 郝志宏

# 目 次

|      |                   |    |
|------|-------------------|----|
| 1    | 总 则.....          | 1  |
| 2    | 术 语.....          | 2  |
| 3    | 基本规定.....         | 4  |
| 3.1  | 评估原则 .....        | 4  |
| 3.2  | 评估内容 .....        | 4  |
| 3.3  | 评估成果 .....        | 5  |
| 4    | 工程安全风险辨识与分级.....  | 5  |
| 4.1  | 一般规定 .....        | 5  |
| 4.2  | 工程自身风险辨识与分级 ..... | 6  |
| 4.3  | 环境风险辨识与分级 .....   | 8  |
| 5    | 工程自身风险分析与评价.....  | 10 |
| 5.1  | 一般规定 .....        | 10 |
| 5.2  | 明（盖）挖法结构 .....    | 10 |
| 5.3  | 矿山法结构 .....       | 10 |
| 5.4  | 盾构法结构 .....       | 11 |
| 5.5  | 高架结构 .....        | 11 |
| 6    | 环境风险分析与评价.....    | 13 |
| 6.1  | 一般规定 .....        | 13 |
| 6.2  | 环境风险分析与评价 .....   | 13 |
| 7    | 工程安全风险控制.....     | 15 |
| 7.1  | 一般规定 .....        | 15 |
| 7.2  | 工程自身风险控制 .....    | 15 |
| 7.3  | 环境风险控制 .....      | 17 |
| 7.4  | 工程监测与信息反馈 .....   | 17 |
| 附录 A | 风险工程分级清单表.....    | 19 |
| 附录 B | 常见工程安全风险表.....    | 21 |
|      | 本规范用词说明.....      | 25 |

引用标准名录.....26

附：条文说明

# Contents

|                                                     |                                                           |           |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>                                            | <b>General Provisions .....</b>                           | <b>1</b>  |
| <b>2</b>                                            | <b>Terms.....</b>                                         | <b>2</b>  |
| <b>3</b>                                            | <b>Basic Requirements .....</b>                           | <b>4</b>  |
| 3.1                                                 | Risk Assessment Principles.....                           | 4         |
| 3.2                                                 | Risk Assessment Content .....                             | 4         |
| 3.3                                                 | Risk Assessment Results.....                              | 5         |
| <b>4</b>                                            | <b>Risk Identification and Classification .....</b>       | <b>5</b>  |
| 4.1                                                 | General Requirements.....                                 | 5         |
| 4.2                                                 | Engineering Risk Identification and Classification .....  | 6         |
| 4.3                                                 | Surroundings Risk Identification and Classification ..... | 8         |
| <b>5</b>                                            | <b>Engineering Risk Analysis and Evaluation .....</b>     | <b>10</b> |
| 5.1                                                 | General Requirements.....                                 | 10        |
| 5.2                                                 | Open Cut Method (inc. Cover Method).....                  | 10        |
| 5.3                                                 | Mine Tunnelling Method .....                              | 10        |
| 5.4                                                 | Shield Method.....                                        | 11        |
| 5.5                                                 | Elevated Structure .....                                  | 11        |
| <b>6</b>                                            | <b>Surroundings Risk Analysis and Evaluation.....</b>     | <b>13</b> |
| 6.1                                                 | General Requirements.....                                 | 13        |
| 6.2                                                 | Surroundings Risk Analysis and Evaluation.....            | 13        |
| <b>7</b>                                            | <b>Risk Control .....</b>                                 | <b>15</b> |
| 7.1                                                 | General Requirements.....                                 | 15        |
| 7.2                                                 | Engineering Risk Control .....                            | 15        |
| 7.3                                                 | Surroundings Risk Control .....                           | 17        |
| 7.4                                                 | Monitoring and Corresponding Information Feedback .....   | 17        |
| <b>APPENDIX A Table of Risk Classification.....</b> |                                                           | <b>19</b> |
| <b>APPENDIX B Table of Typical Risk.....</b>        |                                                           | <b>21</b> |
| <b>The Code Words Explanation of .....</b>          |                                                           | <b>25</b> |
| <b>Reference Codes List .....</b>                   |                                                           | <b>26</b> |
| <b>Addition: Provisions Explanation</b>             |                                                           |           |

## 1 总 则

- 1.0.1** 为加强城市轨道交通工程建设安全风险管理,规范设计阶段的土建工程安全风险评估工作,规避或降低土建工程建设安全风险,制定本规范。
- 1.0.2** 本规范适用于新建城市轨道交通工程设计阶段对土建工程建设安全风险的评估工作。
- 1.0.3** 城市轨道交通土建工程设计安全风险评估应遵循科学客观、经济合理和保护环境的原则。
- 1.0.4** 工程设计宜根据风险评估成果进行方案优化或调整。
- 1.0.5** 城市轨道交通土建工程设计安全风险评估工作除应符合本规范外,尚应符合国家、行业及北京市现行有关标准的规定。

## 2 术 语

### 2.0.1 风险 risk

不利事件发生的可能性或概率（频率）及其损失的组合。

### 2.0.2 风险因素 risk factors

导致安全风险事件发生、发展的各种主客观的有害因素或不利条件。一般包括工程地质及水文地质条件、周边环境条件、设计方案、施工工法与工艺、施工管理和自然突发等因素。

### 2.0.3 风险事件 risk event

工程施工对工程围（支）护结构、作业面和周边环境等承险体等产生的不利事件。

### 2.0.4 周边环境 surrounding conditions

工程建设中与工程相互影响、位于地面或地下的既有或在建的建(构)筑物(含文物古建)、管线、桥梁、隧道、地下工程设施、轨道交通设施、铁路、高速公路、城市道路、地表水体、树木等的统称。

### 2.0.5 工程自身风险 engineering risk

因工程结构自身特点、地质条件复杂性或工程施工影响等可能导致的工程结构安全风险。

### 2.0.6 环境风险 surroundings risk

因工程邻近周边环境,施工导致工程自身与周边环境相互影响所产生的工程结构和环境安全风险。

### 2.0.7 风险辨识 risk identification

调查识别工程建设中潜在的安全风险因素、类型、可能发生部位及原因等所做的工作。

### 2.0.8 风险分级 risk classification

在风险辨识的基础上,对安全风险进行等级评定与风险排序所做的工作。

### 2.0.9 风险评估 risk assessment

对风险进行辨识、分级、分析和评价,提出风险危害性及其处置措施或对策所做的工作。

### 2.0.10 风险控制 risk control

为制定风险处置措施及应急预案，实施风险监测、跟踪、记录与处置所做的工作。包括风险消除、风险降低、风险转移和风险自留等方式。

#### **2.0.11 风险管理 risk management**

对风险进行辨识、分级、风险分析和评价与风险控制等所开展的一系列工作。

### 3 基本规定

#### 3.1 评估原则

**3.1.1** 城市轨道交通土建工程设计阶段应进行安全风险评估。安全风险评估工作应贯穿于总体设计、初步设计和施工图设计等各阶段。

**3.1.2** 安全风险评估应依据岩土工程勘察报告、环境调查资料、相关专题研究报告、政府批复文件和专家咨询或审查意见等，结合具体设计方案开展。

**3.1.3** 安全风险评估应针对工程自身风险和环境风险，评估范围宜结合工程位置、工程地质及水文地质条件、周边环境条件、敷设方式、埋置深度、施工方法和结构型式等综合确定。

**3.1.4** 当工程地质及水文地质情况或周边环境条件发生较大变化，或设计方案发生重大调整时，应重新进行安全风险评估。

**3.1.5** 环境风险等级定为特级或一级的工程，在施工图设计阶段应进行安全风险专项设计。专项设计文件应通过专家评审。

#### 3.2 评估内容

**3.2.1** 安全风险评估宜包括风险辨识、风险分级、风险分析与评价、风险控制措施建议等内容。

**3.2.2** 安全风险评估宜开展现场踏勘，基础资料收集与分析，与建设、设计等相关参建单位沟通等工作。安全风险评估成果应在设计文件中体现。

**3.2.3** 总体设计阶段应从合理确定工程整体技术方案、规避或减小工程风险的角度进行安全风险评估，并宜包括如下内容：

- 1 线位、站位选择的合理性及风险
- 2 所采用敷设方式存在的风险
- 3 施工方法的合理性及风险
- 4 环境条件及与轨道交通土建工程的相互影响风险等

**3.2.4** 初步设计阶段应针对所确定的土建工程技术方案进行安全风险评估，并宜包括如下内容：

- 1 土建工程施工方法的合理性及风险，必要时可建议对其他施工方法进行

比选

- 2 围（支）护结构的合理性及风险
- 3 主体结构的合理性及风险
- 4 所确定的技术方案对环境的影响风险、对环境风险源的保护方案
- 5 对工程的风险大小进行综合评价和分级
- 6 给出必要的建议等

**3.2.5** 施工图设计阶段应结合工程的具体实施方案、自身及环境风险的控制和处置、风险监测等进行安全风险评估，并宜包括如下内容：

- 1 分析所采用施工方法的风险，判断围（支）护结构设计的合理性
- 2 分析工程实施对周围重要环境风险源可能产生的影响
- 3 评估所采用环境保护措施的合理性和有效性
- 4 评估风险监测方案的合理性和可实施性
- 5 对特、一级环境风险工程开展专项设计等

### **3.3 评估成果**

**3.3.1** 总体设计阶段应编制全线一级自身风险工程清单与特、一级环境风险工程清单。对周边环境风险等级为特级的工程，宜进行重点分析。风险工程清单的编制可按附录 A.0.1 执行。

**3.3.2** 初步设计阶段宜编制安全风险评估专篇，宜包括下列内容：

- 1 项目概况
- 2 风险辨识和分级。风险分级表的编制可按附录 A.0.2 执行
- 3 风险分析及风险控制措施
- 4 有关附图、附表

**3.3.3** 施工图设计阶段应编制安全风险分级核查表、风险工程设计专册等。风险分级核查表格式可参考附录 A.0.2。

## **4 工程安全风险辨识与分级**

### **4.1 一般规定**

**4.1.1** 风险辨识阶段宜对影响工程安全的风险因素和可能导致的风险事件进行

识别。

**4.1.2** 风险分级标准应根据工程特点、工程地质及水文地质、周边环境条件及可能造成的影响（危害）等，结合建设规模、技术经济和社会发展水平、建设管理经验等确定。

**4.1.3** 工程自身风险和周边环境风险的等级应分别确定。工程自身风险分为一级、二级和三级，环境风险分为特级、一级、二级和三级。

**4.1.4** 各设计阶段应在上一阶段风险辨识和分级的基础上，结合设计方案、工程措施、工程地质及水文地质条件、周边环境条件及其变化等，对风险等级进行核查和必要的调整。

**4.1.5** 风险辨识和分级可采用事故树法、检查表法、工程类比法、专家调查法和模糊综合评判法等方法。

## 4.2 工程自身风险辨识与分级

**4.2.1** 工程自身风险辨识与分级宜根据工程规模、施工工法、结构型式、工程地质及水文地质条件等因素确定。常见工程自身风险因素和风险事件参考附录 B.0.1~B.0.4。

**4.2.2** 明（盖）挖法结构的工程风险分级宜以基坑开挖深度为基本依据，并根据基坑型式、工程地质及水文地质条件等进行修正。明（盖）挖法结构的工程自身风险分级宜符合表 4.2.2 的规定。

表 4.2.2 明（盖）挖法结构的工程自身风险分级表

| 自身风险等级 | 基本分级条件                    | 分级修正依据                                                                                                                                                                                                                 |
|--------|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 一级     | 地下四层或开挖深度超过 25m(含 25m)    | 1. 对以下情况，可上调一级：<br>(1) 基坑结构平面或断面复杂；<br>(2) 开挖宽度超过 35m；<br>(3) 存在偏压情况；<br>(4) 地质条件复杂；<br>(5) 基坑工程周边环境条件复杂；<br>(6) 邻近河湖渠施工；<br>(7) 基坑结构底板标高位于承压水水位以下，且不具备降水条件；<br>2. 对以下情况，可下调一级：<br>(1) 采用盖挖逆作法施工；<br>(2) 矿山法、盾构法竖井类基坑。 |
| 二级     | 地下三层或开挖深度在 15m~25m（含 15m） |                                                                                                                                                                                                                        |
| 三级     | 地下一~二层或开挖深度在 5m~15m(含 5m) |                                                                                                                                                                                                                        |

注：风险等级修正时，最多只能调整一个等级。

**4.2.3 矿山法结构的工程风险分级**宜以隧道的结构层数、跨度、断面形状及大小为基本依据，并根据工程地质及水文地质条件、隧道空间状态等进行修正。矿山法结构的工程自身风险分级宜符合表 4.2.3 的规定。

**表 4.2.3 矿山法结构的工程自身风险分级表**

| 自身风险等级 | 基本分级条件                                                                     | 分级修正依据                                                                                                                                                                                                 |
|--------|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 一级     | 地下双层及以上的暗挖车站和类似结构；开挖宽度超过 16m 的单层隧道；开挖高度超过 18m 的单跨隧道                        | 对以下情况，可上调一级：<br>(1) 暗挖结构平面或断面复杂；<br>(2) 暗挖受力体系转换多；<br>(3) 暗挖坡度大；<br>(4) 覆土厚度小；<br>(5) 相邻暗挖隧道间距近；<br>(6) 群洞效应显著；<br>(7) 采用平顶直墙工法；<br>(8) 结构进入承压水层，且不具备降水条件；<br>(9) 采用盾构扩挖方式形成永久结构的暗挖工程；<br>(10) 地质条件复杂。 |
| 二级     | 开挖宽度在 7m~16m（含 16m）的单层隧道；较长范围处于非常接近状态（隧道净距 $L \leq 0.5B$ ）的并行或交叠区间隧道       |                                                                                                                                                                                                        |
| 三级     | 一般断面矿山法区间隧道或同体量隧道；较长范围处于较接近状态（ $0.5B < \text{隧道净距 } L \leq 1.5B$ ）的并行或交叠隧道 |                                                                                                                                                                                                        |

注：风险等级修正时，最多只能调整一个等级。

**4.2.4 盾构法结构的工程风险分级**以盾构隧道相互之间的空间位置关系、地质条件的适宜性以及工程部位等为基本依据，并根据工程地质及水文地质条件、盾构机型式等进行修正。盾构法结构的工程自身风险分级宜符合表 4.2.4 的规定。

**表 4.2.4 盾构法结构的工程自身风险分级表**

| 自身风险等级 | 基本分级条件                                                                        | 分级修正依据                                                                                                                |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 一级     | 较长范围处于非常接近状态（隧道净距 $L \leq 0.3D$ ）的并行或交叠盾构隧道                                   | 1. 对以下情况，可上调一级：<br>(1) 坡度大；<br>(2) 覆土厚度小；<br>(3) 地质条件复杂；<br>(4) 单洞双线盾构隧道；<br>(5) 盾构机型与地质条件适应性差。<br>2. 当地质条件简单时，可下调一级。 |
| 二级     | 较长范围处于接近状态（ $0.3D < \text{隧道净距 } L \leq 0.7D$ ）的并行或交叠盾构隧道；盾构区间的联络通道；盾构始发、到达区段 |                                                                                                                       |
| 三级     | 一般的盾构法区间隧道                                                                    |                                                                                                                       |

注：风险等级修正时，最多只能调整一个等级。

**4.2.5 高架结构的工程风险分级**宜以桥跨、桥型、施工方法为基本依据，并根据跨度等进行修正。高架结构的工程自身风险分级宜符合表 4.2.5 的规定。

**表 4.2.5 高架结构工程自身风险分级表**

| 自身风险等级 | 基本分级条件                                                        | 分级修正依据                               |
|--------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| 一级     | 单跨跨径 $\geq 100\text{m}$ 、斜拉桥、拱桥等体系复杂桥梁                        | 当斜拉桥、拱桥等体系复杂的桥梁主跨跨度小于 80m 时，可下调一个等级。 |
| 二级     | $40\text{m} \leq \text{单跨跨径} < 100\text{m}$ 、存在体系转换的桥梁；独柱高架车站 |                                      |

|    |                     |  |
|----|---------------------|--|
| 三级 | 单跨跨径<40m、不存在体系转换的桥梁 |  |
|----|---------------------|--|

注：1 桥梁承台、基础开挖分级参照表 4.2.2 分级标准；

2 存在体系转换的桥梁主要指采用悬浇、转体及顶推等施工方法的桥梁。

**4.2.6 工程地质及水文地质条件风险应重点分析不良地质、特殊性岩土、地下水等不利于工程实施的条件及其对工程的影响。**

### 4.3 环境风险辨识与分级

**4.3.1 环境风险分级**宜根据周边环境设施的重要性、与城市轨道交通工程结构的接近程度、周边环境设施的状况，依据轨道交通建设对环境设施的影响程度大小综合确定。常见环境风险因素和风险事件见附录 B.0.5。环境风险分级宜符合表 4.3.1 的规定。

**表 4.3.1 环境风险分级表**

| 环境设施重要性 | 接近关系 |     |    |     | 分级修正依据                                                                                                            |
|---------|------|-----|----|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|         | 接近   | 较接近 | 一般 | 不接近 |                                                                                                                   |
| 极重要     | 特级   | 特级  | 一级 | 三级  | 1. 当地质条件复杂或环境设施现状安全性较差时，可上调一级；<br>2. 当采用盾构法施工、环境对象在建时与新建城市轨道交通工程设计有过相关配合或预留了一定穿越条件等情况时，可下调一级；<br>3. 桥梁桩基施工时可下调一级。 |
| 重要      | 一级   | 一级  | 二级 | 三级  |                                                                                                                   |
| 较重要     | 二级   | 二级  | 三级 | —   |                                                                                                                   |
| 一般      | 三级   | 三级  | —  | —   |                                                                                                                   |

**4.3.2 周边环境设施的重要性**依据环境设施的类型、功能、使用性质、特征、规模等综合确定，并分为极重要、重要、较重要、一般四级。环境设施重要性分级宜符合表 4.3.2 的规定。

**表 4.3.2 环境设施重要性分级表**

| 环境重要性等级 | 基本条件                                                                                                                                  | 修正依据                                                                                                             |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 极重要     | 既有轨道交通线、铁路；国家级保护文物古建；国家城市标志性建筑；机场跑道及停机坪等                                                                                              | (1) 当遇下列情况时，可上调一级：<br>(2) 环境对象有特殊保护要求；<br>(3) 新建城市轨道交通结构下穿环境对象；<br>(4) 河湖与地下水有水力联系；<br>(5) 邻近存在季节性水位差的河湖水体且可能在汛期 |
| 重要      | 市级保性文物古建；近代优秀建筑物，重要工业建筑物，10 层以上高层或超高层民用建筑物，重要地下构筑物；直径大于 0.6m 的煤气或天然气总管，市政热力干线，雨、污水管总管；交通节点的高架桥、立交桥主桥连续箱梁；城市快速路，高速路；500kv 及以上高压线；重要河湖等 |                                                                                                                  |
| 较重要     | 较重要工业建筑物，7 层～9 层中高层民用建筑物，较重要地下构筑物；直径大于 0.6m 的自来水管总管；城市高架桥、立交桥主桥连续箱梁；110kv～500kv 高压线；城市主干路，次干路；较重要河湖等                                  |                                                                                                                  |
| 一般      | 一般工业建筑物，1 层～3 层低层民用建筑物，4 层～6 层多                                                                                                       |                                                                                                                  |

|  |                                                                                                                                       |       |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
|  | 层建筑物，一般地下构筑物；直径在 0.3~0.6m 之间的自来水管刚性支管，直径 0.3m~0.6m 的自来水柔性支管，煤气或天然气管支管，市政热力干线、户线，雨、污水管支管；立交桥主桥简支 T 梁、异形板、立交桥匝道桥，人行天桥；城市支路，人行道，广场；一般河湖等 | 施工时等。 |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|

**4.3.3** 周边环境设施与新建城市轨道交通结构的接近程度宜用接近关系表示，分为接近、较接近和一般三级。环境设施与新建城市轨道交通结构的接近关系分级宜符合表 4.3.3 的规定。

**表 4.3.3 环境设施与新建城市轨道交通结构的接近关系分级表**

| 施工方法   | 接近关系                             |                                            |                                  |
|--------|----------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------|
|        | 接近                               | 较接近                                        | 一般                               |
| 明(盖)挖法 | 基坑周边 0.4H(含) 0.4H)范围内            | 基坑周边 0.4H~0.6H(含)范围内                       | 基坑周边 0.6H~1.0H(含)范围内             |
| 矿山法    | 隧道正上方 0.7B(含)范围内；隧道外侧 0.5B(含)范围内 | 隧道正上方 0.7B~1.5B(含)范围内；隧道外侧 0.5B~1.0B(含)范围内 | 隧道正上方 >1.5B；隧道外侧 1.0B~2.0B(含)范围内 |
| 盾构法    | 隧道正上方 0.5D(含)范围内；隧道外侧 0.3D(含)范围内 | 隧道正上方 0.5D~1.0D(含)范围内；隧道外侧 0.3D~0.7D(含)范围内 | 隧道正上方 >1.0D；隧道外侧 0.7D~1.0D(含)范围内 |
| 高架结构   | 桩基外侧 1d(含)范围内                    | 桩基外侧 1d~3d(含)范围内                           | 桩基外侧 3d~5d(含)范围内；上跨              |

注：H—基坑开挖深度，B—矿山法隧道毛洞设计宽度，D—盾构法隧道设计外径，d—桥梁桩径

**4.3.4** 周边环境设施状况可根据环境设施已使用年限和当前结构完好状况等确定，宜通过一般判断或专项检测等综合确定。

**4.3.5** 当同一单位（子单位）工程范围内存在多个类型相近的环境设施，且可合并采取同一环境保护处理措施时，可归并为一个环境风险工程群，并按其中较高的风险等级采取措施。

## 5 工程自身风险分析与评价

### 5.1 一般规定

- 5.1.1 工程自身风险分析与评价主要针对自身风险为一级和二级的工程进行。
- 5.1.2 风险分析与评价可采用核查设计计算成果、工程类比分析、专家评议等方法，必要时应辅以理论分析和数值模拟等定量方法予以验证。
- 5.1.3 工程自身风险分析与评价应结合设计方案及相关工程措施的安全性、合理性、可实施性和施工风险等进行。
- 5.1.4 工程自身风险分析与评价应重点分析风险发生的主要影响因素、影响范围与影响程度，分析可能发生工程风险事件或事故的类型、发生位置、部位和工序，并给出必要的工程风险控制措施建议。
- 5.1.5 当工程设计中采用“新技术、新工艺、新材料、新设备”时，应进行工程自身风险分析与评价。

### 5.2 明（盖）挖法结构

- 5.2.1 明（盖）挖法结构应主要从以下各方面进行自身风险分析与评价：
  - 1 工法选择的适宜性。
  - 2 围（支护）结构的合理性。
  - 3 所采用设计计算模型的合理性，各项基坑稳定安全性等。
  - 4 地下水处理方案。
  - 5 土方开挖方式、程序及风险分析。
  - 6 所采用地层加固措施的适宜性。
  - 7 盖挖逆作法竖向承载结构施工工艺的合理性和安全性。
- 5.2.2 对明（盖）挖结构进行自身风险分析与评价时，应结合结构方案和环境条件，分析和提出建议的地下结构沉降或变形控制指标。

### 5.3 矿山法结构

- 5.3.1 矿山法结构宜对施工工法、地下水控制措施、初期支护结构、工程辅助措施、施工顺序、受力转换、计算模型等进行工程自身风险分析与评价。

**5.3.2 矿山法结构应重点对下列情况进行工程自身风险分析与评价：**

- 1 采用止水帷幕措施；
- 2 隧道开挖范围内存在厚层粉细砂层、淤泥质地层等不良地质地层；
- 3 自身风险为一级、二级的大断面隧道；
- 4 平顶直墙隧道；
- 5 暗挖断面从小变大的隧道；
- 6 马头门位置；
- 7 明暗挖接口位置；
- 8 转弯处暗挖工程；
- 9 带泵房的联络通道；
- 10 穿越断裂带的隧道；
- 11 邻近隧道（交叠隧道、小间距隧道）等。

**5.4 盾构法结构**

**5.4.1** 盾构法结构宜对盾构机选型、工程辅助措施、施工顺序、计算模型、始发（接收）端头加固等进行工程自身风险分析与评价。

**5.4.2 盾构法工程应重点对下列情况进行工程自身风险分析与评价：**

- 1 穿越富水砂层、砂卵石地层；
- 2 穿越复合地层、空洞或大漂石；
- 3 穿越断裂带或有水河湖；
- 4 始发（接收）端头；
- 5 邻近隧道（交叠隧道、小间距隧道）；
- 6 联络通道开口等。

**5.5 高架结构**

**5.5.1** 高架结构应对设计和施工方案的可行性及可实施性、不良地质条件等进行工程自身风险分析与评价。

**5.5.2 高架结构符合下列条件时，应进行工程自身风险分析与评价：**

- 1 斜拉桥、拱桥等体系复杂桥梁；
- 2 桥梁基础邻近地质断层、滑坡等不良地质；

- 3 独柱高架车站的抗震性能；
- 4 上部结构采用高支架施工、架桥机架设、悬浇、平转转体、顶推等特殊施工方法；
- 5 支座选型及安装工艺等。

## 6 环境风险分析与评价

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 环境风险分析与评价宜在环境风险辨识与分级的基础上，根据工程特点、施工工法、工程地质和水文地质条件、周边环境情况、周边环境与城市轨道交通结构的空間位置关系及环境保护方案或措施等进行。

**6.1.2** 环境风险分析与评价应针对环境保护设计方案、相关工程措施及选用计算模型（如有）的安全性、合理性、可实施性和施工对环境安全性影响等进行，并给出相应的环境风险控制措施建议。

**6.1.3** 环境风险分析与评价宜分析风险发生的影响因素、影响范围与程度等，明确可能发生环境风险事件或事故的类型、发生位置、部位和工序。

**6.1.4** 环境风险分析与评价可根据工程实际，分别或综合采用工程类比法、专家评议法等定性方法和理论分析、数值模拟法等定量方法。

### 6.2 环境风险分析与评价

**6.2.1** 环境风险分析与评价宜重点对下列情况进行：

- 1 工程施工影响范围内有轨道交通运营线路、铁路、城市道路、桥梁和重要建（构）筑物；
- 2 矿山或盾构隧道下穿多层或低层民房；
- 3 明（盖）挖法工程邻近在建建筑基坑；
- 4 明（盖）挖法工程邻近或矿山法工程下穿污水管线、管线密集区；
- 5 高架结构平行或上跨高压线。

**6.2.2** 明（盖）挖法、矿山法工程采用工程降水辅助措施时，应对降水引起的地面沉降和周边环境影响情况进行预测分析。

**6.2.3** 对特级和一级环境风险的工程，尚应通过工程类比或数值计算等方面，对工程施工给周边环境造成的附加荷载、附加变形影响等进行施工附加影响分析，评价环境对象的安全性，判断施工工法、加固措施等能否满足环境设施所允许的剩余承载能力和剩余变形能力，提供监控量测控制值和工程措施优化或调整等风险控制的方案建议。特、一级环境专项安全风险分析与评价评估流程可参照图

6.2.3 执行。

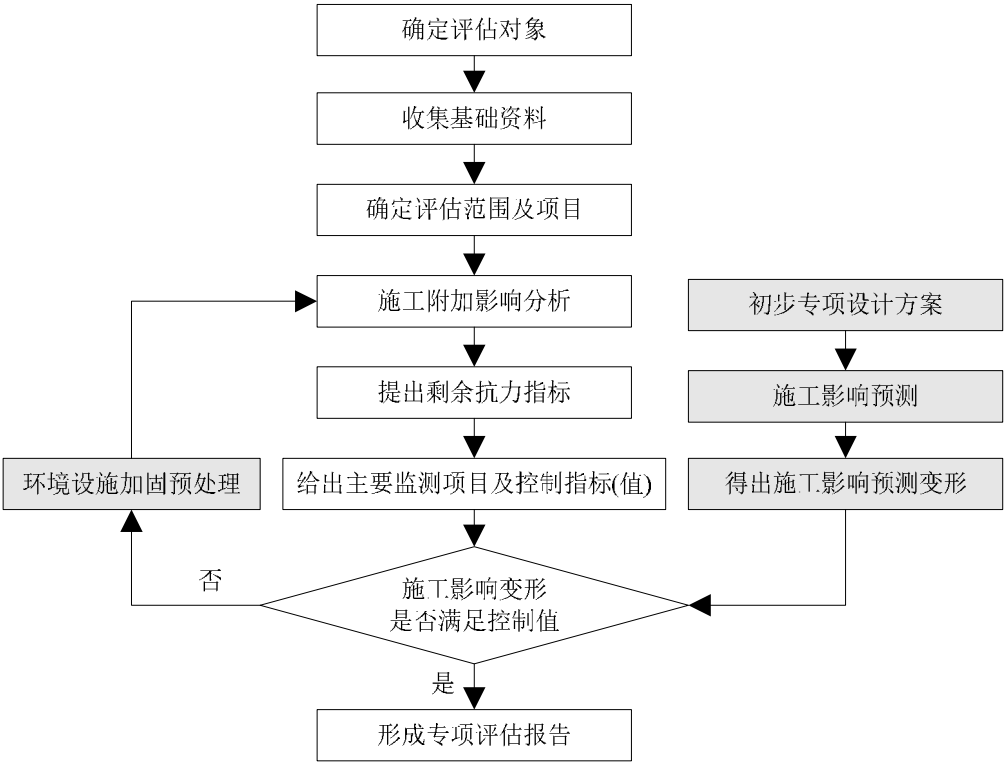


图 6.2.3 特、一级环境风险分析与评价流程

6.2.4 环境影响风险分析与评价应收集相关勘察成果报告、环境调查资料、现状检测报告、环境设施原设计资料、竣工资料等基础资料。特级和一级环境风险工程的风险分析与评价宜形成专项报告。

## 7 工程安全风险控制

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 安全风险控制应遵循安全第一、预防为主的原则，根据风险等级、评估结论和工程条件等，在风险工程设计中采取安全可靠、经济适用的风险控制方案或措施。

**7.1.2** 总体设计阶段在线路走向、车站站位的选择和布置时，宜尽量避免不良地质和重要周边环境。

**7.1.3** 初步设计阶段应在安全、经济的基础上，通过选择合理的施工方法、围(支)护结构、地下水控制、环境保护等方案降低风险。

**7.1.4** 施工图设计阶段应在安全、经济的基础上，制定工程自身风险控制措施和环境风险控制措施，并给出合理的监测控制值。

### 7.2 工程自身风险控制

**7.2.1** 明(盖)挖法基坑宜通过合理选择围护结构型式、支撑体系及其相应参数等措施控制工程自身风险，并宜符合下列规定：

- 1 可采用加密钢支撑、加大钢支撑直径、设置倒撑、设置临时立柱等措施，以满足钢支撑稳定性要求；
- 2 基坑阳角可在两边同时设置支撑，局部可设置混凝土支撑；
- 3 对变形控制要求严格或易产生较大变形的基坑，宜采用混凝土支撑或盖挖逆作法施工；
- 4 当坑底承压水不满足突涌稳定性要求时，可采用止水帷幕隔断承压水或打设降压井等措施；
- 5 对支护结构各构件施工顺序及相应的基坑开挖深度、基坑周边荷载限值、地下水和地表水控制、钢支撑防坠落措施、支撑端头型式等提出明确要求。

**7.2.2** 矿山法工程宜通过选择合理的施工开挖方法、开挖步序、辅助施工措施、支护参数、受力转换形式等措施控制工程自身风险，并宜符合下列规定：

- 1 采用注浆小导管、管棚、水平旋喷桩等超前支护措施；
- 2 加强初支刚度，必要时增设中隔壁或临时仰拱；

- 3 采取打设锁脚锚杆、施作“L”型拱脚或其它控制拱脚沉降的措施；
- 4 合理选择格栅间距，快速封闭初支，并对初支背后及时充填注浆；
- 5 有断面变化的矿山法隧道，宜从大断面向小断面开挖。当从小断面向大断面开挖时先设置过渡段；
- 6 隧道断面宜采用拱形；
- 7 马头门处应遵循“先衬砌后开口”或“先加强后开口”的原则进洞，加强措施可采取密排钢格栅、设临时仰拱、打设管棚或双排长导管、设置加强环梁等；
- 8 对隧道施工步序、核心土留置、地面荷载限值、地下水控制提出明确要求。

**7.2.3** 盾构法工程宜通过调整盾构掘进参数、加强同步注浆等措施控制工程自身风险，并应符合下列规定：

- 1 严格控制盾构压力舱压力，根据监测结果及时调整盾构开挖土量、掘进速度等参数；
- 2 严格控制同步注浆量，必要时进行二次注浆，确保盾尾密封；
- 3 严格控制盾构掘进姿态，及时纠偏；
- 4 始发（接收）端头采取地层加固措施，以使端头井土体的强度及渗透性满足盾构始发或接收要求。仍不能满足要求时，应采取注浆、降水等措施；
- 5 盾构区间联络通道先加固后施工，破除盾构管片前对盾构隧道设置可靠的支撑系统。

**7.2.4** 明（盖）挖法基坑或矿山法隧道采用工程降水辅助措施时，应避免因界面水降不到位、降水效果不好等造成开挖面渗漏、带水作业等安全风险。

工程场地地下水位较高且对周边环境影响较大时，应采用止水帷幕、地下连续墙、注浆止水等地下水处理方案。

**7.2.5** 矿山法、盾构法工程的相邻隧道净间距宜大于 1 倍洞径，当隧道净间距小于 0.5 倍洞径时宜对中间土体进行加固。

**7.2.6** 高架结构宜通过采用合理结构型式和施工方案等措施控制工程自身风险，并符合下列规定：

- 1 大跨度梁桥、斜拉桥、拱桥等体系复杂桥梁，除在计算和构造上保证自

身结构安全性外,还应关注主梁后期徐变变形、拉索和吊杆更换对运营安全影响;

2 高支架施工方案宜与预制架设和移动模架现浇施工等方案进行安全经济比选后确定;

3 当采用架桥机整孔预制架设、节段预制拼装以及存在体系转换的悬臂浇筑、转体和顶推等施工方案时,设计阶段应按实际施工步骤和施工工况进行模拟计算、验算结构强度及稳定性;

4 设计阶段应选用合理的支座类型及布置方式,并对安装工艺等提出相关要求。

### **7.3 环境风险控制**

**7.3.1** 地下结构环境风险控制宜从支护结构施工、土方开挖和地下水控制等方面分析对环境的影响,在严格控制工程自身风险基础上,根据工程条件采用加强围(支)护刚度、设置隔离桩(墙)、地层加固、基础托换、顶升等保护措施,确保周边环境的正常使用及安全。

**7.3.2** 明(盖)挖法、矿山法工程采用工程降水辅助措施时,施工中应进行地下水动态观测

**7.3.3** 矿山法、盾构法隧道穿越特级环境风险工程时,应设置试掘进段,模拟穿越工况,优化施工参数。

**7.3.4** 高架结构的环境风险控制应符合下列规定:

1 基坑开挖邻近既有轨道交通线(含铁路)、建筑物或桥梁基础时,宜进行防护专项设计;桩基础施工时,应加强防护;

2 上跨既有轨道交通线、铁路、市政道路或桥梁时,应采取专门防护措施;

3 临时墩、临时支撑等施工临时结构应进行强度、稳定性等验算,且施工临时结构不得侵入周边环境对象限界。

### **7.4 工程监测与信息反馈**

**7.4.1** 工程监测设计中应明确监测对象、项目和监测控制值,对监测点布设、监测仪器、监测频率、监测成果及信息反馈提出相关技术要求。

**7.4.2** 特级、一级环境风险工程的风险源监测控制值,宜根据专项安全风险评估成果和专项设计文件,并结合专家审查意见给出。

**7.4.3** 工程监测设计宜根据不同风险工程等级、类型和监测对象的特点进行编制。对特级、一级环境风险的工程，可采用高精度、多频次的远程自动化监测方法。

## 附录 A 风险工程分级清单表

**表 A.0.1 总体设计阶段特、一级风险工程清单**

线路名称:

总体设计单位:

| 序号  | 标段/工点名称<br>(工点设计单位) | 风险工程及风险等级 | 风险描述(包括工程特点、风险因素、可能导致风险事件、风险发生位置等内容) | 风险控制措施(包括已采取和<br>建议的设计处理措施或风险控制措施等内容) | 备注 |
|-----|---------------------|-----------|--------------------------------------|---------------------------------------|----|
| 1   | *号线*标<br>(*设计院)     | **特级环境风险  |                                      |                                       |    |
| 2   |                     | **一级环境风险  |                                      |                                       |    |
| ... |                     | **一级自身风险  |                                      |                                       |    |
| n   |                     | ...       |                                      |                                       |    |
| 1   | *号线*标<br>(*设计院)     | **特级环境风险  |                                      |                                       |    |
| 2   |                     | **一级环境风险  |                                      |                                       |    |
| ... |                     | ...       |                                      |                                       |    |
| n   |                     | **一级自身风险  |                                      |                                       |    |
| 1   | *号线*标<br>(*设计院)     | **特级环境风险  |                                      |                                       |    |
| 2   |                     | **一级环境风险  |                                      |                                       |    |
| ... |                     |           |                                      |                                       |    |
| n   |                     | **一级自身风险  |                                      |                                       |    |

### A.0.2 初步设计或施工图设计阶段安全风险分级表

标段/工点名称:

总体设计单位:

工点设计单位:

| 序号  | 风险工程名称                             | 风险等级 | 风险工程描述 | 设计方案与处理措施 |
|-----|------------------------------------|------|--------|-----------|
| 一   | <b>环境风险</b> (可统计给出各级环境风险工程的数量)     |      |        |           |
| 1   | **环境风险                             |      |        |           |
| 2   | **环境风险                             |      |        |           |
| 3   |                                    |      |        |           |
|     |                                    |      |        |           |
| ... |                                    |      |        |           |
| n   |                                    |      |        |           |
| 二   | <b>工程自身风险</b> (可统计给出各级自身风险工程的数量统计) |      |        |           |
| 1   |                                    |      |        |           |
| 2   |                                    |      |        |           |
| 3   |                                    |      |        |           |
|     |                                    |      |        |           |
| ... |                                    |      |        |           |
| n   |                                    |      |        |           |

注：（1）风险工程描述主要包括工程特点、风险因素辨识、可能导致风险事件等内容；（2）设计方案与处理措施是指工程已采取的设计方案、环境保护方案或工程措施，以及设计变更、方案优化调整及施工重点注意事项等风险控制对策或建议。

## 附录 B 常见工程安全风险表

表 B.0.1 明(盖)挖法常见风险因素及风险事件

| 设计方案或工程措施 | 风险因素                                                    | 可能导致的安全风险                                               |
|-----------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 围(支)护结构   | 阳角处支撑布置不当                                               | 围护结构变形、基坑失稳                                             |
|           | 钢支撑需要换撑时，未考虑最不利工况或最不利工况考虑不周全                            | 围护结构变形、基坑失稳                                             |
|           | 锚杆（锚索）较长，其设置未充分考虑周边环境情况，如邻近地下室等                         | 周边环境破坏，或超出建筑红线，影响后期的邻近工程施工                              |
|           | 基坑放坡支护时坡面及坡顶的护坡措施不合理                                    | 边坡变形、开裂、坍塌、基坑失稳                                         |
|           | 基坑深度变化处的支撑体系布置不当                                        | 围护结构变形、基坑失稳                                             |
|           | 荷载或边界条件非对称，计算模型未能反映实际情况                                 | 围护结构变形、围护桩配筋不合理、基坑失稳、影响周边环境正常使用或周边建（构）筑物变形过大            |
|           | 受相邻在建基坑开挖影响，未考虑相互开挖顺序或未采取相应措施或计算模型未能反映实际情况              | 围护结构变形、围护桩配筋不合理、基坑失稳、影响周边环境正常使用或周边建（构）筑物变形过大            |
| 地下水控制     | 围护桩桩间、地下连续墙接缝处止水措施不合理，止水效果差                             | 围护结构渗漏、桩（墙）背土体颗粒流失、围护结构变形大、基坑失稳、影响周边环境正常使用或周边建（构）筑物变形过大 |
|           | 降水、排水方案未充分考虑水文地质条件，不合理                                  | 周边环境沉降、变形大；或水位降不下去                                      |
|           | 坑底存在富水粉细砂层，降水方案不合理                                      | 坑底涌水、涌砂                                                 |
|           | 采用止水措施及可能受承压水影响较大，止水措施不合理，止水效果差                         | 围护结构渗漏、桩（墙）背土体颗粒流失、围护结构变形大、基坑失稳、影响周边环境正常使用或周边建（构）筑物变形过大 |
|           | 承压水未进行处置或处置不当                                           | 坑底突涌                                                    |
| 地层加固      | 当坑底为软土（淤泥、淤泥质土）地层，无法提供围护结构被动区抗力，导致坑底变形较大时，坑底未加固或加固措施不合理 | 围护结构变形、基坑失稳                                             |
| 土方开挖      | 土方开挖方案在实施时可能导致基坑边坡坡顶附加荷载过大                              | 边坡变形、开裂、基坑失稳                                            |
|           | 土方开挖方案（如分层开挖厚度等）对地层、周边环境的适应性                            | 周边环境沉降、变形超限                                             |
|           | 土方开挖方案导致钢支撑不能及时架设                                       | 钢支撑架设不及时，围护结构变形、基坑失稳                                    |
|           | 软土（淤泥、淤泥质土）地层中基坑土方开挖，分层开挖厚度过大，或未采取地层加固措施                | 开挖面坍塌，围护结构变形                                            |
|           | 深厚富水砂层中基坑土方开挖，坑内降水失效，或分层开挖厚度过大                          | 开挖面坍塌                                                   |

|  |                               |                      |
|--|-------------------------------|----------------------|
|  | 采用“中拉槽”方式开挖，未设置试挖段，未有针对性的监测方案 | 围护结构变形、开挖面坍塌、基坑失稳、开裂 |
|--|-------------------------------|----------------------|

**表 B.0.2 矿山法工程常见风险因素及风险事件**

| 设计方案或工程措施 | 风险因素                                    | 可能导致的安全风险事件              |
|-----------|-----------------------------------------|--------------------------|
| 支护方法      | 小导管、大管棚等超前支护方法与地层适应性差                   | 拱顶渗漏、坍塌，地表沉降             |
| 隧道开挖      | 大断面隧道施工方法的选择是否合理                        | 初支变形大，掌子面坍塌，不满足周边环境的保护要求 |
|           | 竖井侧向开口进洞、横通道侧向开口进洞的开挖方案是否合理             | 初支变形大，掌子面坍塌，不满足周边环境的保护要求 |
|           | 平面转角处、断面变化处、马头门处、明暗挖交界处，施工的受力体系转换复杂，工序多 | 掌子面坍塌，初支变形大，不满足周边环境的保护要求 |
|           | 大跨度平顶直墙断面矿山法施工                          | 隧道坍塌，初支变形大，不满足周边环境的保护要求  |
| 邻近隧道施工    | 相邻隧道净距小（ $\leq 0.5B$ ）                  | 隧道受偏压，中间土体易坍塌            |
| 地下水控制     | 施工降水失效或水位异常                             | 掌子面渗漏、坍塌                 |

**表 B.0.3 盾构法工程常见风险因素及风险事件**

| 设计方案或工程措施   | 风险因素            | 可能导致的安全风险事件                  |
|-------------|-----------------|------------------------------|
| 盾构机选型与地层适应性 | 盾构机选型与地层的适应性    | 选型不合理，工程推进困难，严重的可导致工程无法进行    |
|             | 淤泥、淤泥质地层        | 掌子面坍塌，盾构姿态难以控制               |
|             | 上软下硬地层          | 易发生盾构抬头，偏离设计界限               |
|             | 大卵石、巨型漂石        | 掌子面坍塌，掘进困难、盾构姿态难以控制          |
|             | 深厚富水砂层          | 掌子面坍塌、地面沉降超限、盾构机喷涌           |
|             | 盾构下卧层为软土层       | 盾构下沉、管片错台、偏离设计界限             |
| 端头加固        | 盾构端头加固方法与地层的适应性 | 加固效果达不到强度或防渗要求，引起渗漏、坍塌       |
|             | 端头加固范围不足        | 地面沉降、引起渗漏、坍塌                 |
| 近接隧道施工      | 相邻盾构隧道间距小       | 后施工隧道对先施工隧道扰动较大，易发生先施工隧道管片破损 |
|             | 重叠隧道            | 盾构下沉、管片接缝张开量加大、管片开裂          |
| 地下水控制       | 始发、接收段存在高地下水与砂层 | 地面沉降、坍塌                      |
|             | 高地下水压力          | 涌水                           |

**表 B.0.4 高架结构常见风险因素及风险事件**

| 设计方案或工程措施 | 风险因素              | 可能导致的安全风险事件                                   |
|-----------|-------------------|-----------------------------------------------|
| 基础及墩台     | 基础、承台深基坑施工        | 基坑失稳、坍塌                                       |
|           | 超长桩               | 施工偏差、塌孔、断桩                                    |
| 支架现浇      | 高支架施工             | 支架倒塌                                          |
| 架桥机架设     | 架桥机、运梁车荷载         | 主梁\桥墩开裂、主梁\桥墩强度破坏、架桥机倾覆、主梁倾覆、桥墩失稳、主梁\桥墩局部承压破坏 |
| 悬浇        | 0#块临时固接措施         | 主梁倾覆                                          |
|           | 体系转换方案            | 主梁开裂、主梁强度破坏                                   |
|           | 主梁混凝土超方、悬臂施工不平衡荷载 | 主梁倾覆、桥墩失稳、主梁开裂、主梁强度破坏                         |
| 平转转体      | 主梁混凝土超方、施工不平衡荷载   | 主梁倾覆、撑脚失稳、无法转体、脱架                             |
|           | 球铰偏心设置不合理         | 主梁倾覆、撑脚失稳                                     |
| 顶推        | 临时墩布置及验算          | 主梁倾覆、临时墩坍塌、主梁开裂、强度破坏、侵入相交限界                   |
|           | 滑道、牵引、纠偏系统设计      | 无法滑动、局部构件损坏、临时墩失稳                             |
|           | 顶升及落梁             | 主梁开裂、主梁强度破坏                                   |
| 其它        | 支座安装错误            | 支座损坏、主梁开裂、主梁\桥墩强度破坏、行车安全性减小                   |

**表 B.0.5 常见环境风险因素及风险事件**

| 类型            | 风险因素                                  | 可能导致的安全风险事件              |
|---------------|---------------------------------------|--------------------------|
| 受工程施工附加影响     | 受地层加固影响的既有城市轨道交通工程、周边的房屋、道路、桥涵等       | 建（构）筑物不均匀沉降、倾斜、坍塌、影响运营   |
|               | 受堆载影响的既有城市轨道交通工程、周边的房屋、道路、桥涵等         | 建（构）筑物不均匀沉降、倾斜、坍塌、影响运营   |
|               | 受车站及竖井等明挖施工影响的既有城市轨道交通工程、周边的房屋、道路、桥涵等 | 建（构）筑物不均匀沉降、倾斜、坍塌、影响运营   |
|               | 受盾构、暗挖等隧道施工影响的既有城市轨道交通工程、周边的房屋、道路、桥涵等 | 建（构）筑物不均匀沉降、倾斜、坍塌、影响运营   |
| 建（构）筑物、桥梁保护措施 | 基坑邻近既有城市轨道交通工程，无加固、隔离等保护措施            | 不均匀沉降、开裂、耐久性降低、影响运营      |
|               | 基坑邻近砖混或框架结构建（构）筑物，无加固、隔离等保护措施         | 建（构）筑物沉降、开裂、耐久性降低、影响正常使用 |
|               | 下穿、近距离侧穿既有城市轨道交通工程                    | 不均匀沉降、开裂、耐久性降低、影响运营      |
|               | 下穿、近距离侧穿浅基础砖混或框架结构建（构）筑物              | 建（构）筑物沉降、开裂、耐久性降低、影响正常使用 |
|               | 下穿、近距离侧穿桩基础（桩底位于隧道以上）砖混或框架结构建（构）筑物    | 建（构）筑物沉降、开裂、耐久性降低、影响正常使用 |
|               | 下穿既有桥梁，桥基位于隧道施工强烈影响区                  | 桩基沉降、变形、耐久性降低、影响正常使用     |

|                           |                                                            |                                             |
|---------------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 管线保护措施                    | 基坑邻近较大直径 (≥300mm) 热力、煤气、天然气等有压管线, 无保护措施                    | 管线沉降、变形甚至爆裂                                 |
|                           | 基坑邻近较大直径 (≥400mm) 铸铁给水、排水管线, 无保护措施                         | 管线沉降、变形甚至渗漏引起基坑涌水、涌砂、围护结构变形坍塌               |
|                           | 基坑邻近较大直径 (≥400mm) 砼给水、排水管线, 无保护措施                          | 管线沉降、变形甚至渗漏引起基坑涌水、涌砂、围护结构变形坍塌               |
|                           | 横跨基坑的大埋深、大直径 (Φ800 及以上) 排水管线采用悬吊保护措施, 影响围护桩 (墙) 施工, 未有相应措施 | 围护桩间距过大, 影响围护结构稳定                           |
|                           | 横跨基坑的有压、给排水管线, 虽采取迁改措施, 但迁改后仍距离基坑较近, 无保护措施                 | 管线沉降、变形甚至渗漏                                 |
|                           | 下穿大断面暗涵、排水箱涵                                               | 暗涵、箱涵变形、渗漏                                  |
|                           | 近距离 (2m 以内) 下穿各种较大直径 (≥300mm) 有压管线如热力管、煤气管、天然气管等           | 管线沉降、变形甚至爆裂                                 |
|                           | 近距离 (2m 以内) 下穿各种较大直径 (>400mm) 铸铁给排水管线                      | 管线沉降、变形, 渗漏引起隧道涌水、涌砂                        |
|                           | 近距离 (2m 以内) 下穿各种较大直径 (>400mm) 砼给排水管线                       | 管线沉降、变形, 渗漏引起隧道涌水、涌砂                        |
| 穿越既有轨道交通设施、市政道路或高速公路保护措施  | 邻近交通繁忙的市政道路                                                | 路面沉降、变形甚至开裂、梁部施工落物、主梁倾覆、或防护棚架侵入限界等危害车辆及行人安全 |
|                           | 下穿既有高速公路、铁路干线                                              |                                             |
|                           | 下穿交通繁忙的市政道路                                                | 道路沉降、开裂                                     |
| 高架桥上跨既有轨道交通、市政道路或高速公路保护措施 | 邻近城市轨道交通线路                                                 | 隧道沉降、变形甚至开裂                                 |
|                           | 上跨既有高速公路、铁路干线                                              | 路基沉降、变形                                     |
|                           | 上跨交通繁忙的市政道路                                                | 道路沉降、开裂                                     |
| 高架线临近高压走廊                 | 邻近 110kv 以上高压走廊                                            | 电击                                          |
| 邻近或下穿地表水体保护措施             | 下穿地表水体                                                     | 工作面渗漏、突涌                                    |
|                           | 基坑邻近地表水体                                                   | 工作面渗漏、突涌                                    |

## 本规范用词说明

- 1 为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:
  - 1) 表示很严格,非这样做不可的用词:  
正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;
  - 2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的用词:  
正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;
  - 3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的用词:  
正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;
  - 4) 表示有选择,在一定条件下可以这样做的用词,采用“可”。
- 2 本规范中指明应按其他有关标准执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

|                         |             |
|-------------------------|-------------|
| 《地铁设计规范》                | GB 50157    |
| 《城市轨道交通地下工程建设风险管理规范》    | GB 50652    |
| 《城市轨道交通建设项目的管理规范》       | GB 50722    |
| 《城市轨道交通岩土勘察规范》          | GB 50307    |
| 《建筑基坑工程监测技术规范》          | GB 50497    |
| 《风险管理 原则与实施指南》          | GB/T 24353  |
| 《项目风险管理 应用指南》           | GB/T 20032  |
| 《建筑基坑支护技术规程》            | JGJ 120     |
| 《铁路隧道设计规范》              | TB 10003    |
| 《铁路路基支挡结构设计规范》          | TB 10025    |
| 《铁路特殊路基设计规范》            | TB 10035    |
| 《建筑基坑支护技术规程》            | DB 11/489   |
| 《基坑工程内支撑技术规程》           | DB 11/940   |
| 《城市轨道交通工程设计规范》          | DB 11/995   |
| 《穿越城市轨道交通设施检测评估及监测技术规范》 | DB 11/T 915 |

北京市地方标准

城市轨道交通土建工程设计安全风险评估规范  
Code for safety risk Assessment of urban rail transit engineering design

DB —2013

条文说明

## 制订说明

《城市轨道交通土建工程设计安全风险评估规范》DB\*\*\*\*-2013，经北京市规划委员会 2013 年？月？日第？公告批准、发布。

本规范编制过程中，编制组经广泛调查、分析和研究，总结了近年来北京市城市轨道交通土建工程设计及其安全风险评估的实践经验，同时借鉴了国（境）外城市轨道交通工程建设的有关成功经验和先进技术，参考了有关国际标准和国家标准。经编制单位认真研究、反复讨论和修改，完成了本规范的编制工作。

为便于广大城市轨道交通工程规划、设计、施工、咨询、管理和科研、学校等单位在使用本标准时能正确地理解和执行条文规定，《城市轨道交通土建工程设计安全风险评估规范》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需要注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

# 目 次

|     |                   |    |
|-----|-------------------|----|
| 1   | 总 则.....          | 30 |
| 3   | 基本规定.....         | 31 |
| 3.1 | 评估原则 .....        | 31 |
| 3.2 | 评估内容 .....        | 31 |
| 3.3 | 评估成果 .....        | 32 |
| 4   | 工程安全风险辨识与分级.....  | 33 |
| 4.1 | 一般规定 .....        | 33 |
| 4.2 | 工程自身风险辨识与分级 ..... | 33 |
| 4.3 | 环境风险辨识与分级 .....   | 33 |
| 5   | 工程自身风险分析与评价.....  | 35 |
| 5.1 | 一般规定 .....        | 35 |
| 5.2 | 明（盖）挖法结构 .....    | 35 |
| 5.3 | 矿山法结构 .....       | 36 |
| 5.4 | 盾构法结构 .....       | 38 |
| 5.5 | 高架结构 .....        | 39 |
| 6   | 环境风险分析与评价.....    | 40 |
| 6.1 | 一般规定 .....        | 40 |
| 6.2 | 环境风险分析与评价 .....   | 40 |
| 7   | 工程安全风险控制.....     | 42 |
| 7.2 | 工程自身风险控制 .....    | 42 |
| 7.3 | 环境风险控制 .....      | 43 |
| 7.4 | 工程监测与信息反馈 .....   | 44 |

## 1 总 则

**1.0.1** 北京市在建和规划城市轨道交通线路众多，工程建设邻近或穿越重要建（构）筑物、文物古迹、既有轨道交通线路等设施，建设条件复杂，技术难度高，工程建设安全风险形势严峻，对工程建设安全风险管理的需要很迫切。

本规范编写目的是规范北京城市轨道交通土建工程设计阶段开展安全风险评估的原则、内容、方法和程序，加强设计阶段的安全风险管理工作，规避或降低城市轨道交通土建工程建设的安全风险。

## 3 基本规定

### 3.1 评估原则

**3.1.1** 根据《建筑法》、《建设工程质量管理条例》、《建设工程勘察设计管理条例》等法律法规和《城市轨道交通地下工程建设风险管理规范》GB 50652-2011、《城市轨道交通建设项目管理规范》GB 50722-2011 等技术标准,结合北京市轨道交通建设的安全风险管理经验,应从土建工程建设的源头入手控制工程安全风险,在总体设计、初步设计和施工图设计等阶段分别开展土建工程自身和环境的工程安全风险评估,可有效提高风险工程设计的安全性、经济合理性,避免重大设计安全质量问题,规避和降低工程建设安全风险的发生。

**3.1.3** 城市轨道交通工程建设安全风险不仅要考虑工程自身,还包括工程邻近或穿越的建(构)筑物、地下管线等周边环境,且二者互为影响。根据具体的设计阶段和安全风险管理目标,综合线路敷设方式、工程地质及水文地质条件、周边环境条件、施工方法等确定、确定评估的对象和范围。

**3.1.4** 随着不同勘察阶段对地质条件和周边环境等资料掌握的更深入,若发现原先的工程技术措施或环境保护设计措施不适宜,需要进行设计变更,相应地应适时开展安全风险评估工作,确保设计方案或施工措施的安全性。

**3.1.5** 本条与北京市地方标准《城市轨道交通工程设计规范》DB 11/995-2013保持一致。对新建城市轨道交通工程环境影响风险等级为一级或特级的工程,应开展安全风险专项设计,编制环境风险工程专项设计文件。文件的主要内容包括:环境安全风险分析、工程技术措施、环境保护设计措施和监控量测设计方案(含环境监控标准)等。

通过对专项设计开展专家评审,可有效保障环境影响保护设计措施、工程技术措施的科学性、合理性和可实施性,避免出现工程风险。

### 3.2 评估内容

**3.2.3~3.2.5** 总体设计阶段的安全风险评估目标是初步识别特、一级风险工程并针对性地进行风险分析和设计,规避和降低由于线位、站位和施工工法等方案设计不合理、不安全等可能导致的安全风险。初步设计阶段的安全风险评估目标是通过安全风险评估进行全面识别,明确各级风险工程,对特、一级环境风险工程进

行专项设计和必要的审查论证，避免和降低由于初步设计不合理、不安全等可能带来的安全风险。施工图设计阶段的安全风险评估目标是通过安全风险的细化识别和分级，开展特级和一级环境风险工程的工前评估、专项设计和必要的审查论证，降低和控制由于施工图设计不合理、不安全、可实施性不强等带来的安全风险。

### 3.3 评估成果

**3.3.1** 安全风险评估采用定性与定量相结合的方法，总体设计阶段一般采用定性评估方法，初步设计阶段一般采用定性为主、定量为辅的评估方法，施工图设计阶段一般采用定量为主、定性为辅的评估方法。

**3.3.2** 根据《城市轨道交通工程安全质量管理暂行办法》(建质[2010]5号)第六条规定和北京市轨道交通建设安全风险管理经验，初步设计阶段宜形成安全风险评估报告即安全风险评估专篇，可包括风险分级清单专册和风险工程设计专项成果等内容，其中对特、一级环境风险的工程进行专项设计（包括风险控制专项措施等内容），并作为安全风险评估报告的一部分内容；一级自身风险和二、三级环境风险的工程包含风险控制措施和下一步设计优化方向及建议等内容，以专章或专节形式体现在初步设计文件中。

项目概况一般包括工程概况、项目地理位置及自然条件、工程地质水文地质条件、周边环境状况等内容。

风险辨识和分级一般包括自身风险辨识和周边环境风险辨识、风险工程分级清单与描述、各级风险数量统计等内容。

风险分析及风险控制措施一般包括工程风险分析、一级自身风险工程控制措施、特级和一级环境风险工程控制措施等内容。

## 4 工程安全风险辨识与分级

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 通过总结国内城市轨道交通工程建设的经验与教训,影响城市轨道交通工程建设安全的风险因素和风险事件宜从工程与水文地质、工程特点及施工方法、工程与周边环境的位置关系等方面入手,充分分析工程建设中工程自身、周边环境等可能导致的风险事件。

**4.1.3** 工程自身风险 and 周边环境风险的等级划分吸纳了近年来北京城市轨道交通工程建设安全风险管理的成功经验,工程自身分为一级、二级和三级,环境风险分为特级、一级、二级和三级,具有可操作性。

**4.1.5** 根据国内城市轨道交通工程建设安全风险管理及其他行业领域的经验,风险辨识可采用事故树法、检查表法、工程类比法、专家调查法等方法,风险分级可采用检查表法、工程类比法、专家调查法、风险矩阵法和模糊综合评判法等方法。

### 4.2 工程自身风险辨识与分级

**4.2.2** 本条中竖井类基坑指矿山法区间及车站的施工竖井。

**4.2.3** 地下双层及以上的暗挖车站和类似结构、开挖宽度超过 16m 的单层隧道和开挖高度超过 18m 的单跨隧道等一般跨度或埋深较大,存在受力转换,埋深较大结构(如带泵房的联络通道)多处于富水地层,加固效果不易保证,近来出现较多险情,本规范特将其风险级别定为一級,从管理上充分重视。

**4.2.6** 工程地质及水文地质条件是工程自身风险的主控影响因素和风险源,须重点关注。国内城市轨道交通工程建设安全事故、险情和风险事件的发生,大部分与地质因素密不可分,工程所在的不良地质、特殊性岩土、地下水及其它不利于工程实施的地质等是主要风险影响因素。

### 4.3 环境风险辨识与分级

**4.3.1~4.3.2** 本条参考了《城市轨道交通地下工程建设风险管理规范》GB 50652-2011 和近几年来北京市轨道交通工程建设环境安全风险管控的实际经验。环境风险主要考虑接邻近或穿越建(构)筑物、地下管线等环境,环境对象的重

要性以及城市轨道交通结构的空間关系。

**4.3.3** 本条参考了《城市轨道交通地下工程建设风险管理规范》GB 50652-2011，并与北京市地方标准《城市轨道交通工程设计规范》DB 11/995-2013 保持一致。北京市城区主要为第四系冲洪积地层，基岩埋藏较深，地层分布以粘性土、砂土和砾卵石为主，施工引起的变形相对小（与南方地下水位较高的软土地区和复合地层地区有很大不同），根据近几年来北京市轨道交通工程建设环境安全风险管控的实际经验，研究制定了接近关系这一概念来界定新建轨道交通工程结构与周边环境设施的相对空间位置关系（包括平行侧穿、斜穿、上下穿越等），代替了GB 50652-2011 和北京早期采用的工程影响区和临近度双重概念，能够更加合理并间接解释相应的环境风险大小。

## 5 工程自身风险分析与评价

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 本条规定了工程自身风险分析与评价的相关要求。工程自身风险分析与评价应分工法进行，根据不同的施工方法从设计方案及相关工程措施的安全性、合理性和可实施性等方面进行。如明（盖）挖法围护结构选型是否得当、支撑体系布置是否合理、地下水控制方案是否有效、计算模型是否正确，暗挖工程施工工法选择是否合适、地下水控制措施是否有效、初期支护结构方案是否安全、工程辅助措施是否得当、施工顺序是否合理、受力转换是否正确、计算模型是否正确，盾构机选型是否合理、工程辅助措施是否得当、施工顺序是否正确、始发（接收）端头加固是否满足要求、计算模型是否正确等，给出优化设计和改善工程措施等风险控制的建议。

### 5.2 明（盖）挖法结构

**5.2.1** 工法选择适宜性是施工安全的根本所在，应结合基坑开挖的深度、宽度，地质、水文地质条件和环境条件（基坑周围是否有重要设施或其他基坑等）要求等方面进行分析 and 评价。

合理的围护结构型式和支撑体系设计是确保深基坑工程安全施工的关键所在。宜根据基坑的平面形状、开挖的深度、工程地质及水文地质条件和周边环境保护要求，在满足安全可靠的前提下，结合工程的经济性、施工的方便性进行确定。具体应结合围（支）护结构的特性，对围（支）护结构的型式、插入深度、支撑体系的完整及合理性、施工工艺（主要是地质条件的适宜性）等分析其合理性。

地下水控制方案是否得当有效，直接影响到工程本身的实施以及安全。应具体分析所采用的地下水处理方案的地层适宜性，采用技术参数的合理性，预估可能达到的效果。尤其应关注基坑深度范围和坑底一定深度范围内存在承压水的情况下，采用降压措施的要求是否到位和可行。

地层加固部位的设置、加固范围的确定、加固方式的选择等直接关乎工程的安全能否得到保障。应主要从加固措施的地层适宜性、加固范围的合理性和措施的经济性等方面进行分析。

合理可行的土方开挖方式是基坑安全稳定的关键所在，因此，应根据工程规模和工程特点，现场地形、地质、水文、气象等自然条件，施工导流方式、工程进度、施工条件等，选定开挖方式。

计算模型一般关注荷载的简化与确定、约束与边界条件的简化与确定、节点形式及作用力的设置与确定等。计算模型的正确与否直接关乎结构的受力体系是否正确，结构的实际受力状态是否安全，直接决定了明（盖）挖法工程的安全根本。

### 5.3 矿山法结构

**5.3.1** 对于矿山法工程如何结合工程断面大小、场地、工程地质及水文地质条件和环境条件选择合理的施工工法是非常重要的，北京地区常用的工法有台阶法、CD 法、CRD 法、双侧壁导坑法、中洞法、PBA 法、一次扣拱暗挖逆作法等，不同的施工工法对于断面尺寸的适应性、控制地层的沉降效果不同。

地下水控制方案应满足支护结构设计要求，应根据场地及周边工程地质及水文地质条件和环境条件综合分析、确定。

初期支护一般需结合工程类比及结构计算综合确定。初期支护设计的合理性，直接决定了隧道开挖的安全、地层沉降的效果、隧道施工的进度等。

矿山法工程的工程辅助措施一般包括超前小导管注浆、超前大管棚、锁脚锚管、掌子面加固处理等，合理可行的工程辅助措施是确保矿山法隧道施工期间土体及掌子面安全稳定的关键。

矿山法工程合理的施工顺序是控制地层沉降及确保矿山法隧道施工期间安全与稳定的关键。

矿山法工程采用分步开挖法时各施工步序的合理衔接、各阶段初期支护间的受力转换和施工二次衬砌时的受力转换是控制地层沉降及确保矿山法隧道施工期间安全与稳定的关键。

**5.3.2** 结合北京地区的设计经验，总结全国矿山法工程的经验教训，给出常规易出现风险的自身风险事件，要求在设计初期设计方案和施工方法选择时予以重点分析与评价。

**第 2 款** 当矿山法工程开挖范围内有粉细砂和淤泥质土等不良地质地层，尤其是存在于拱顶时，容易发生坍塌事故，因此应充分重视这类情况的矿山法工程，

设计时应采取有效的应对措施；

第3款 大断面隧道一般为带配线的区间或者暗挖车站，与矿山法工程风险分级相对应的主要是一级和二级自身工程，不同的施工工法对于断面尺寸的适应性、控制地层的沉降效果不同，要求在设计初期设计方案和施工方法选择时，予以重点分析与评价；

第4款 矿山法工程受到覆土厚度、既有地下建构筑物等因素控制时，采用平顶直墙隧道形式。由于平顶直墙隧道的断面形式特性导致其施工风险较高，要求在设计初期设计方案和施工方法选择时，予以重点分析与评价；

第5款 矿山法工程在从小到大断面变化处，一般应设置过渡段，开挖方向宜从大断面向小断面开挖，设计时应注意；

第6款 矿山法区间及车站的施工一般均需设置施工竖井，从施工竖井侧向开口设置施工横通道，然后从施工横通道侧墙开口施工区间隧道或者车站。竖井侧向开口、横通道侧墙开口的位置一般称为马头门位置，马头门位置受力较为复杂，存在受力体系的转换及过渡，要求在设计时，予以重点分析与评价；

第7款 根据北京地区及国内其它城市地下工程实际情况，车站主体、出入口、风道、区间隧道均存在同一单位工程内采用矿山法与明挖法两种工法的情况，如何根据施工的先后顺序，做好明暗挖结合部位的受力体系转换很重要，要求在设计时，予以重点分析与评价；同时，北京轨道交通工程因某些原因，在出入口等工序部位实施从下到上的仰挖暗挖，这是设计不允许的，施工中应对此补充做专项方案论证；

第8款 根据北京城市轨道交通十号线一期苏州街工程事故的教训，当出入口设计为带直角弯的矿山法隧道时，设计应做好直角部位的施工过渡及受力体系转换，要求在设计时，予以重点分析与评价。

第9款 对于盾构区间带泵房的联络通道，由于其在较小空间内存在受力体系转换，要求在设计时对泵房的实施方案予以重点分析与评价；

第10款 对于穿越断裂带的矿山法隧道工程，应分析判断断裂带的活动性及危害，根据断裂带的活动性和工程地质及水文地质特性采取应对的措施，如加大断面净空预留断裂带活动滑移的空间、采取特殊的防水措施、在断裂带两侧设置变形缝等，要求在设计时予以重点分析与评价；

第 11 款 对于邻近的矿山法隧道（交叠隧道、小间距隧道）等，应结合工程自身特点及周边环境条件选择合理的施工顺序，针对此种情况一般需对隧道间的土体采取适当的加固措施或在隧道内采取临时支撑措施，要求在设计时予以重点分析与评价。

## 5.4 盾构法结构

**5.4.1** 盾构法工程中关乎施工成败的关键因素就是盾构机的选型，一般应根据隧道设计断面、工程地质（抗压指标、粒径、成分）、开挖面稳定性、隧道埋深、地下水位、环境条件、设计线路线形条件等因素确定盾构机的选型。盾构机选型确定后盾构机刀盘的刀具的设计与配置、刀盘开口率的确定也是非常重要的。

根据国内盾构工程事故的分析，始发（接收）端头加固的设计至关重要，设计时应从加固的长度、范围、加固的强度指标、加固体的抗渗性等方面进行重点分析与评价。

除此之外，还应针对盾构法的工程辅助措施、施工顺序、计算模型等方面进行分析与评价。

**5.4.2** 结合北京地区的设计经验，总结全国盾构法工程的经验教训，给出常规易出现风险的自身风险事件，要求在设计方案中予以重点分析与评价。

第 1 款 分析北京地区盾构机选型情况，一般以土压平衡盾构机为主，个别采用泥水盾构机。因此，土压平衡盾构机穿越富水砂层是极易产生喷涌，砂卵石层对加泥式土压平衡盾构刀盘刀具要求较高，要求在设计时予以重点分析与评价；

第 3 款 盾构法工程穿越断裂带时一般会产生结泥饼喷涌、土仓压力控制困难、刀具破坏等问题，要求在设计时予以重点分析与评价；

第 4 款 盾构隧道始发（接收）端头存在饱和粉细砂地层时，如果加固长度或者加固效果达不到要求，将直接影响盾构机始发和接收的成败，南京地铁 2 号线中和村站～元通站盾构机接收时发生严重涌砂出现事故，要求在设计时予以重点分析与评价；

第 5 款 对于同台换乘车站端头的交叠盾构隧道或者小间距盾构隧道应结合工程自身特点及周边环境条件选择合理的施工顺序，针对此种情况一般需对隧道间的土体或在隧道内采取适当的加固或者临时支撑措施，要求在设计时，予以

重点分析与评价。

## **5.5 高架结构**

**5.5.2** 根据高架桥梁的设计经验，给出常规易出现风险的自身风险事件，要求在设计初期设计方案和施工方法选择时予以重点评估。

第3款 由于悬臂构件是工程实践中容易发生事故的构件，另外北京地震烈度较高，因此应充分重视独柱高架车站的抗震性能分析；

第6款 根据北京在建及运营高架线路调查情况，多条高架线运营期间甚至施工过程中支座出现不同程度的损坏或安装错误，因此在设计阶段除应充分考虑支座的选型外，还应充分重视支座的安装方案。

## 6 环境风险分析与评价

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 城市轨道交通工程周边环境对象受工程施工的影响程度与施工工法、工程地质和水文地质条件、周边环境自身特点（建筑基础、结构形式、高度、地下管线直径、材质等）情况、周边环境对象与城市轨道交通结构的空間位置关系等密切相关，工程施工对环境对象的影响程度较大时，一般采取环境保护方案或措施，以保证环境对象的安全。

**6.1.2** 环境风险分析与评价需综合考虑这些因素的影响，根据工程实际情况判断工程建设对环境的影响。由于城市轨道交通工程一般处于城区复杂的环境条件之中，周边高楼林立、地下管网纵横交错，周边环境众多，环境风险分析与评价宜重点针对风险等级较高的特级和一级环境风险工程开展。

### 6.2 环境风险分析与评价

**6.2.1** 本条所列 5 种情况下，工程施工可能带来较高的环境风险。既有轨道交通运营线路、铁路和重要建（构）筑物是工程周边的重要环境对象，工程施工需保证其正常使用和安全。多层或低层民房多为浅基础，其自身安全性相对较低，盾构法隧道下穿时控制不当可造成多层或低层民房的过量沉降、差异沉降，危及房屋的安全，需提高对其风险的关注。

城市地下管网纵横交错，各类管线埋设年代不同、功能不同、材质不同、抵抗施工附加变形的能力也不尽相同。同时，工程实际中雨污水管线变形过大、出现损坏时，可能给工程带来大量的水源，影响工程建设的安全。因此，明暗挖法下穿污水管线、管线密集区需重点进行分析与评价。

这 5 种情况下如果工程施工出现问题或环境控制不当，很可能带来较为严重的环境事故，引发不必要的经济损失和恶劣的社会影响。因此，这些情况均需开展工程环境风险分析与评价工作，以保证工程建设的顺利开展和环境对象的安全。

**6.2.3** 城市轨道交通施工可造成周边建（构）筑物、地下管线、城市桥梁、既有轨道交通等环境对象等的变形、变化，工程施工带来的附加荷载、附加变形等较大时可影响环境对象的正常使用，甚至危及环境对象的安全。因此，周边环境风

险分析与评价需通过分析、计算明确工程施工造成的附加荷载和附加变形影响，以确定环境对象的受影响程度，便于环境控制措施的开展。

对新建轨道交通工程穿越既有线、桥梁、文物、建（构）筑物等特级和一级的环境风险工程，对工程措施、施工工序、监控指标等要求严格，开展施工附加影响分析是环境安全风险分析与评价的重要环节和内容。如穿越既有线的专项评估内容和程序执行《穿越城市轨道交通设施检测评估及监测技术规范》DB 11/T 915-2012 的有关规定。通过基础资料收集、环境现状调查和检测，结合环境对象与新建轨道交通工程空间位置关系，多角度分析新建工程施工对环境对象可能产生的附加影响，可以评价其结构构件、使用设施抵抗破坏或变形的能力，评估环境的剩余抗力指标，给出环境对象控制值及措施建议，为风险设计及优化提供依据。

## 7 工程安全风险控制

### 7.2 工程自身风险控制

**7.2.1** 对明（盖）挖法基坑的工程自身风险控制，首先要选择合理的围护结构方案、支撑体系，并符合相关规范对承载能力、稳定性和变形的要求，当不满足要求时需要采取工程措施。

其次，要对基坑的特殊部位、不良地质条件，结合工程经验采取必要的工程措施。基坑阳角部位受力复杂，某些情况下会使支撑受拉，而采用通常构造的钢支撑难以承受拉力，因此基坑阳角部位宜局部设置混凝土支撑。

此外，还要对施工顺序及相应的基坑开挖深度、基坑周边荷载限值、地下水和地表水控制、钢支撑防坠落措施提出明确要求，在设计说明中写明施工注意事项，以防止在支护结构施工和使用期间的实际状况超过这些设计条件，从而酿成安全事故。

**7.2.2** 对矿山法工程的自身风险控制，根据工程经验主要对各施工要素进行控制。首先选择合适的开挖方法和开挖步序，如根据断面尺寸、地质条件等选择台阶法、CD 法、CRD 法、双侧壁导坑法、中洞法、柱洞法等。

其次要选择合适的辅助施工措施、支护参数，严格遵循“管超前、严注浆、短开挖、强支护、快封闭、勤量测”十八字方针。北京地区以第四纪冲洪积地层为主，围岩等级一般为 V~VI 级，暗挖施工时需采取适当的辅助施工措施。超前支护措施通常选用超前注浆小导管（单排、双排）或管棚作为超前支护，并注浆加固、改良地层，当地质条件差或环境要求高时可采用帷幕注浆或全断面注浆。在软弱围岩条件下，一定要做到短开挖、快封闭，通常控制格栅间距 0.5m~0.75m、上下台阶间距 3m~5m，只有尽快使初期支护封闭成环才能发挥初支结构体的防塌、限沉作用。初期支护完成后应及时对初支背后回填注浆，这对稳固地层、减少土体沉降十分重要。

马头门开洞破坏了原有受力结构体系，是风险控制的重点，应遵循“先衬砌后开口”或“先加强后开口”的原则进洞。优先考虑施作二衬后再开马头门，当条件不允许时须采取加强措施后再开马头门，加强措施通常采用双排长导管或管棚、密排钢格栅、临时仰拱等，必要时施作加强环梁。

最后，需要对隧道施工步序、核心土留置、地面荷载限值、地下水控制提出明确要求，防止施工时超过这些设计条件而酿成安全事故。

**7.2.3** 对盾构法工程的自身风险控制，主要通过调整盾构掘进参数、加强同步注浆等措施进行。同时对盾构端头井、联络通道等特殊部位采取必要的工程措施。端头井加固可能因地质条件、加固深度、施工质量等因素而达不到盾构始发或接收要求，可进一步采取注浆、降水等措施，并打设检查孔进行检验。

**7.2.4** 因地层及地下水分布原因，明（盖）挖法基坑或矿山法隧道采用工程降水易出现界面水降不到位、降水效果不好等原因，对开挖面稳定性、带水作业人员安全性影响很大。可在对渗漏水来源、原因和影响范围、程度等分析的基础上，根据开挖面地层及渗水量大小、渗水部位及其周边环境风险等方面，合理选取增设降水井、导流引排、洞内超前深孔注浆、洞内真空降水等一种或多种技术措施来控制施工风险，并加强渗漏水处置效果的检验。

无论采用降水、止水或两者相互结合的辅助施工措施，都应保证开挖在无水条件下作业，这也是工程自身和环境风险控制的关键之一。

**7.2.6** 第 1 款 由于城市轨道交通运营密度大、停运时间短，为避免后期维护工作对运营的影响，高架结构设计时应充分考虑设计方案对运营的影响。

## **7.3 环境风险控制**

**7.3.1** 城市轨道交通工程建设过程中地层的开挖难免造成周围地层的扰动，引发地层和地表的变形，进而导致周边环境对象的变形、变化。周围地层是工程自身对环境对象产生影响的媒介，通过地层条件的改良、加固可以有效减少工程施工对环境的影响。

同时，明（盖）挖法基坑工程施工可通过加强支护措施等方法减小对工程周围地层的影响，矿山法和盾构法隧道工程施工可通过注浆加固、加强工程施工管理等方法减小对周围地层的扰动。工程自身控制和地层加固是环境风险控制的重要措施。

此外，周边环境对象自身控制措施的采取也可减少其受施工的影响。一般隔离桩、基础托换、顶升等方法环境保护通常采用的措施，工程实践表明这些方法有很好的环境保护效果，工程实际可根据工程建设特点和环境对象自身特点采取有针对性的环境控制措施，以保证环境对象的安全。

**7.3.3** 矿山法、盾构法隧道工程下穿城市轨道交通既有线、既有铁路等特级环境风险工程一般对环境对象的控制要求较高，环境对象允许的变形量较小，对工程施工的要求较高。为达到环境风险控制要求，需设置试掘进段，根据试掘进段地层位移、地表沉降（隆起）情况研究盾构施工参数的合理性，不断调整相关施工参数，以使盾构施工引起的地层位移和地表变形在特级环境风险工程的允许范围之内，以便于盾构法隧道下穿特级环境风险工程时，环境的变形小于设计允许值，保证工程建设满足环境风险的控制要求。

**7.3.4** 高架结构承台或基础施工时基坑开挖尺寸、深度相对较小，但其周边环境较为重要、基坑临近既有轨道交通线（含铁路）、建筑物或桥梁基础时，对环境对象造成较大影响可能超过其控制要求。因此，建议对高架结构承台或基础的基坑围护结构开展设计工作。

高架结构上跨既有轨道交通线、铁路、市政道路或桥梁时，工程施工可能对环境对象造成意外的影响，需进行专项防护，保证高架结构的自身安全和环境对象的正常使用，防止意外事故的发生。

## **7.4 工程监测与信息反馈**

**7.4.1** 工程监测是工程安全风险控制的重要技术手段，通过采用监测仪器、设备，对工程围（支）护结构和施工影响范围内的岩土体、地下水及周边环境等的变形变化情况进行监测和巡视检查，可以为验证设计、施工及环境保护等方案的安全性和合理性，优化设计和施工参数，分析和预测工程结构和周边环境的安全状态及其发展趋势，实施信息化施工等提供基础性资料。

目前，城市轨道交通工程监测对象主要包括工程围（支）护结构、周围岩土体和周边环境对象。围（支）护结构包括基坑工程中的围护桩（墙）、立柱、支撑、锚杆、土钉等结构，矿山法隧道工程中的初期支护、临时支护、二次衬砌及盾构法隧道工程中的管片等支护结构；周围岩土体包括施工影响范围内的岩体、土体、地下水及地表；周边环境对象包括建（构）筑物、地下管线、高速公路、城市道路、桥梁、既有轨道交通及其他城市基础设施等。监测项目主要为监测对象的变形、应力、应变等项目。

**7.4.2** 监测控制值是工程施工过程中对工程自身及周边环境的安全状态或正常使用状态进行判断的重要依据，相关法律、法规和规范性文件对设计文件中明确

监测控制值也有具体要求。根据监测项目性质的不同，监测控制值主要包括变形监测控制值和力学监测控制值。根据北京市轨道交通建设安全风险管理经验，特级、一级环境风险工程的监测控制值，宜根据专项环境安全风险评估成果和专项设计文件，并结合专家审查意见给出，其他风险的工程可参照相关规范和根据工程类比法确定。

**7.4.3** 工程风险等级不同，相应的风险控制要求也存在差异，工程监测设计工作需针对不同的风险等级开展，以满足高风险工程的严格控制要求。同时，监测项目、监测点布设等与监测对象的类型和特点密切相关，工程监测设计需根据不同监测对象的自身特点，明确具体的监测对象和监测点布设位置、间距等内容，使监测设计内容既经济合理又切实可行，满足各类监测对象安全风险控制的要求。

远程自动化监测具有数据采集和传输快、精度高、稳定性强，安装灵活，不受环境条件限制，可实现 24 小时全天候监测等特点，可以弥补传统仪器监测方法的缺陷，满足工程邻近或下穿城市轨道交通既有线、既有铁路、重要建（构）筑物等重大环境风险工程实时监控的要求。

目前，工程实际在远程自动化监测方面积累了丰富的监测经验，远程自动化监测方法具有很好的技术保障。