****

T/CECS XXX-202X

**中国工程建设标准化协会标准**

**机械顶管穿越工程风险评价标准**

Risk assessment standard for crossing project by mechanical  
pipe jacking

（征求意见稿）

202X年XX月

中国工程建设标准化协会标准

机械顶管穿越工程风险评价标准

Risk assessment standard for crossing project by mechanical  
pipe jacking

**T/CECS XXX-202X**

|  |  |
| --- | --- |
| 主编单位： | 山东建筑大学工程鉴定加固研究院有限公司 山东建筑大学 |
| 批准单位： | 中国工程建设标准化协会 |
| 施行日期： | 2024年12月1日 |

202X 北 京

**前 言**

根据中国工程建设标准化协会关于印发《2022年第二批协会标准制定、修订计划》的通知（建标协字[2022]40号）的要求，规程编制组经深入调查研究，认真总结工程实践经验，参考国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，编制本规程。

本规程共分为7章和3个附录，主要技术内容包括：总则、术语、基本规定、风险辨识、风险分析、风险评价、报告编制等。

本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利，本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会绿色建造专业委员会归口管理，由山东建筑大学工程鉴定加固研究院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请反馈给山东建筑大学工程鉴定加固研究院有限公司（地址：山东省济南市历下区历山路96号，山东建筑大学和平校区科技产业园三楼，邮编：250013，邮箱：shaogb@sdjzu.edu.cn）。

**主 编 单 位：**山东建筑大学工程鉴定加固研究院有限公司

山东建筑大学

**参 编 单 位：**

**主要起草人：**XXX、XXX、XXX

**主要审查人：**XXX、XXX、XXX

目 次

[1 总 则 1](#_Toc177995968)

[2 术 语 2](#_Toc177995969)

[3 基本规定 3](#_Toc177995970)

[3.1 一般规定 3](#_Toc177995971)

[3.2 评估流程 3](#_Toc177995972)

[4 风险辨识 5](#_Toc177995973)

[4.1 一般规定 5](#_Toc177995974)

[4.2 工作井施工风险 5](#_Toc177995975)

[4.3 顶管顶进施工风险 6](#_Toc177995976)

[4.4 周边环境风险 6](#_Toc177995977)

[5 风险分析 8](#_Toc177995978)

[5.1 一般规定 8](#_Toc177995979)

[5.2 风险发生可能性 8](#_Toc177995980)

[5.3 风险严重程度 11](#_Toc177995981)

[6 风险评价 13](#_Toc177995982)

[6.1 风险等级 13](#_Toc177995983)

[6.2 风险决策 13](#_Toc177995984)

[7 报告编制 14](#_Toc177995985)

[附录 A 工作井施工作业程序分解 15](#_Toc177995986)

[附录 B 机械顶管工程施工风险源辨识清单 16](#_Toc177995987)

[附录 C 机械顶管施工风险评价结果汇总表 17](#_Toc177995988)

[本标准用词说明 18](#_Toc177995989)

[引用标准名录 19](#_Toc177995990)

[附：条文说明 20](#_Toc177995991)

Contents

[1 General provisions 1](#_Toc106817221)

[2 Terms 2](#_Toc106817222)

[3 Basic requirements 3](#_Toc4653)

[3.1 General requirements 3](#_Toc16887)

[3.2 Assessment process 3](#_Toc2261)

[4 Risk identification 5](#_Toc7993)

[4.1 General requirements 5](#_Toc29707)

[4.2 Construction risk of work shaft 5](#_Toc23593)

[4.3 Construction risk of pipe jacking 6](#_Toc8384)

[4.4 Construction risk of surrounding environment 6](#_Toc2580)

[5 Risk analysis 8](#_Toc24319)

[5.1 General requirements 8](#_Toc8384)

[5.2 Probability of risk occurrence 8](#_Toc8384)

[5.3 Risk severity 11](#_Toc8384)

[6 Risk evaluation 13](#_Toc20096)

[6.1 Risk grade 13](#_Toc10755)

[6.2 Risk decision 13](#_Toc22015)

[7 Report preparation 14](#_Toc27248)

[Appendix A Construction process decomposition of work shaft 15](#_Toc30487)

[Appendix B Identification list of construction risk sources for mechanical pipe jacking engineering 16](#_Toc30487)

[Appendix C Table of mechanical pipe jacking construction risk evaluation results 17](#_Toc30487)

[Explanation of wording in this standard 18](#_Toc24346)

[List of quoted specification 19](#_Toc31949)

Addition：Explanation of Provisions 20

# 1 总 则

**1.0.1**为指导机械顶管工程施工安全风险评估工作，有效控制施工安全风险，减少重特大生产安全事故的发生，降低风险损失，保障机械顶管工程施工的安全，制定本标准。

**1.0.2**本标准适用于一般地质条件下城市地下市政工程建设机械顶管施工安全风险评估工作。

**1.0.3**机械顶管工程施工安全风险评估应根据机械顶管工程的特点，选择定性定量相结合的评估方法，评估方法宜选用指标体系法与风险矩阵法。

**1.0.4**机械顶管工程施工安全风险评估除应符合本标准的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

# 2 术 语

**2.0.1**机械顶管pipe jacking

借助土压平衡、泥水平衡等顶管掘进成套系统及顶推系统，将预制管节在地下逐节顶进的非开挖施工技术。

**2.0.2**顶管机tunneling machine of pipe jacking

安装在顶进管道最前端，用于顶管掘进、平衡开挖面、排渣与姿态控制的顶管施工成套设备。

**2.0.3**工作井working shaft

通过沉井法、逆作法或基坑支护所形成的顶管施工过程所需设备安装调试、管节拼装及顶进施工、设备拆解吊运的竖直地下空间，根据功能可分为顶进井和接收井。

**2.0.4**管节pipesegment

由工厂预制的整节或分块拼装成型的用于顶管顶进的基本结构单元。

**2.0.5**事故　hazard

工程建设中，可造成人员伤亡、环境影响、经济损失、工期延误和社会影响等损失的不利事件和灾害的统称。

**2.0.6**风险　risk

不利事件或事故发生的概率（频率）及其损失的组合。

**2.0.7**风险损失　risk loss

工程建设过程中任何潜在的或外在的不利影响、破坏或损失，包括人员伤亡、环境影响、经济损失和工期延误等。

**2.0.8**风险辨识　risk identification

调查识别工程建设中潜在的风险类型、发生地点、时间及原因并进行筛选、分类。

**2.0.9**风险评价　risk evaluation

对工程建设风险进行等级评定、风险排序与风险决策。

**2.0.10**风险分析　risk analysis

对风险进行界定、辨识和估计，采用定性或定量方法分析风险。

**2.0.11**风险评估　risk assessment

对风险进行分析和评价，对风险危害性及其处置措施进行决策。

# 3 基本规定

## 3.1 一般规定

**3.1.1**机械顶管工程施工应保障人员安全，减小对周边环境影响，将施工风险造成的各种不利影响、破坏和损失降低到合理、可接受的水平。

**3.1.2**机械顶管工程施工安全风险宜根据风险损失进行分类，风险类型应包括人员伤亡风险、经济损失风险、环境影响风险。

**3.1.3**机械顶管工程施工安全风险评估，应完成以下主要工作：

**1**对工程施工潜在风险源进行辨识，编制风险源辨识清单；

**2**对各风险源进行风险分析，确定风险发生可能性与风险损失程度；

**3**开展风险评价，确定风险等级，进行风险决策；

**4**编制风险评估报告。

**3.1.4**顶管工程施工安全风险评估内容应包括工作井施工风险评估、顶管顶进施工风险评估和环境影响风险评估。

**3.1.5**机械顶管工程施工应进行安全风险评估，由建设单位或施工单位负责组织和实施，当施工单位不具备本项工作能力时，可委托第三方机构开展风险评估工作。

**3.1.6**机械顶管工程施工安全风险等级标准应按风险发生可能性及其损失程度确定。

**3.1.7**机械顶管工程施工过程中，出现如下情况之一的，应重新开展施工安全风险评估：

**1**经论证出现了新的重大风险源；

**2**风险源发生了重大变化。

**3.1.8**机械顶管工程施工安全风险决策应坚持“安全第一、保护环境、预防为主”的原则，采取经济、可行、主动的处置措施来减少或降低风险。

## 3.2 评估流程

**3.2.1**机械顶管工程施工安全风险评估应组建安全评估小组，风险评估流程应包括：制订风险评估方案、调查收集资料、补充调查或检测、风险源辨识、风险分析及评价、编制风险评估报告。

**3.2.2**风险评估方案的制订应包括下列工作：

**1**界定评估对象、范围和要求；

**2**划分风险评估单元；

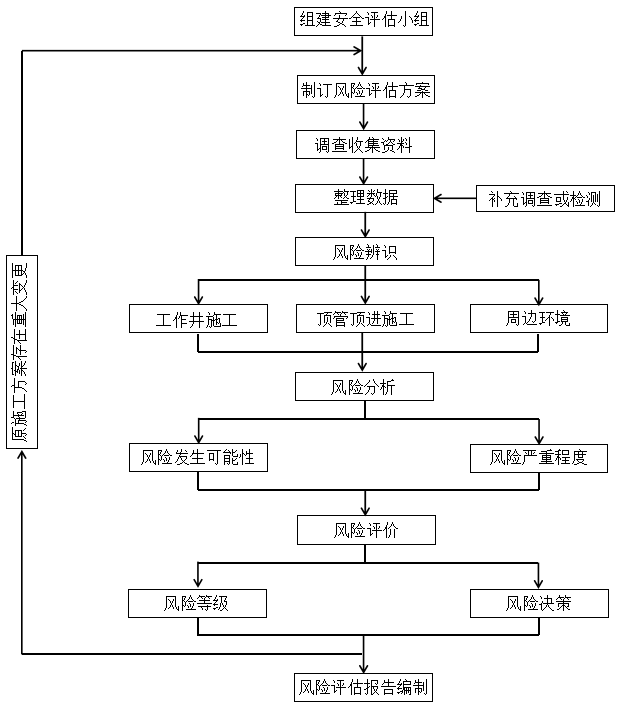
**3**确定风险评估类型与主要指标体系；

**4**选定风险分析与评估方法；

**5**开展评估工作并编制风险评估报告。

**3.2.3**评估报告应通过专家论证进行认定，认定通过后各参建单位应按照评估报告要求开展后续工作，当原施工方案出现重大变更时，应对变更后施工方案重新评估。

**3.2.4**风险评估流程应按图3.2.4的程序进行。



**图3.2.4 风险评估流程**

# 4 风险辨识

## 4.1 一般规定

**4.1.1**机械顶管工程施工安全风险辨识前，应具备下列基础资料：

**1**工程周边水文地质、工程地质、自然环境等资料；

**2**设计文件、施工方案等相关资料；

**3**工程周边建（构）筑物、道路、地下管线设施等相关资料；

**4**类似工程事故资料；

**5**其他相关资料。

**4.1.2**风险辨识步骤应包括：工程资料收集整理、施工现场地质条件和环境条件调查、施工作业程序分解、施工作业可能发生的典型风险事故类型分析。

**4.1.3**施工安全风险评估中的主要风险因素包括：

**1**自然灾害；

**2**不良地质条件和工程周边环境条件；

**3**地层物理、力学参数的取值，工程荷载与计算模型，工况选取不当或失误。

**4**地下工程交叉相互影响；

**5**邻近重要的古建筑、国家和城市标志性建筑等；

**6**顶管施工设备选型与系统配置。

## 4.2 工作井施工风险

**4.2.1**当工作井开挖深度5m及以上，或深度不足5m，但工程地质条件与周边环境复杂时应进行风险评估。

**4.2.2**工作井施工作业程序分解包括分部分项工程及工序作业划分，确定施工作业主要工序、施工方法、作业程序、机械设备和材料等特点。工作井施工作业程序分解可按附录A的规定执行。

**4.2.3**施工作业程序分解后，通过现场调查、评估小组讨论、专家咨询等方式，分析工作井施工中可能发生的典型风险事故类型，并应按附录B的格式形成风险辨识清单，典型风险事故类型包括塌方、涌水、大变形破坏等。

## 4.3 顶管顶进施工风险

**4.3.1**机械顶管全线顶进施工过程应进行安全风险辨识。

**4.3.2**顶管顶进施工风险辨识前，应再次核对下列施工参数：

**1**顶管机选型、尺寸及动力参数等；

**2**中继间设置个数、位置及动力参数等；

**3**顶进管道材质、直径、壁厚、环宽、允许顶推力、注浆管节注浆孔数量及分布等；

**4**顶管施工方法、覆土厚度、注浆管节数量及布置、壁后注浆时机、注浆量、压力、浆液配比等。

**4.3.3**顶管顶进施工工序可包括洞口防护、进出洞施工、管节顶进等，根据施工工序分析典型风险事故类型，并应按附录B的格式形成风险辨识清单，典型风险事故类型有坍塌、上浮冒顶、轴线控制不当、管节抱死、管片破损、渗漏水、设备故障等。

## 4.4 周边环境风险

**4.4.1**顶管工程周边环境风险辨识前，应对下列内容进行周边环境调查：

**1**地上建（构）筑物调查应包括已使用年限、结构形式、基础类型及埋深、层数、位置、用途等；

**2**地下建（构）筑物调查应包括平面布置、结构尺寸及埋深、变形缝设置、围护结构、抗浮措施、运营年限和服役状态等；

**3**管线调查应包括线路走向、位置、管线类型、材质、埋深、管径、运营年限及服役状态等；

**4**道路调查应包括路面材料、路基结构形式、交通流量、最大车辆荷载等；

**5**桥梁调查应包括桥梁类型、结构布置、墩柱基础形式、运营年限和服役状态等；

**6**轨道交通调查应包括走向、位置、埋深、结构形式、运营年限及服役状态等；

**7**河流沟渠调查应包括河道宽度、深度、流量、施工期间水位变化、河底铺砌、护岸形式等；

**8**地下障碍物调查应包括残留建（构）筑物基础、基坑支护构件、地下空洞等。

**4.4.2**顶管工程周边环境调查后，应进行风险源辨识，分析典型风险事故类型，并应按附录B的格式形成风险辨识清单，典型风险事故类型应包含以下内容：

**1**建（构）筑物位移、倾斜、开裂等；

**2**地下管线、管廊、轨道交通等地下结构开裂损伤、变形、渗漏等；

**3**道路沉陷、开裂等；

**4**桥梁结构位移、倾斜等；

**5**河水、湖水管涌、突涌、倒灌等；

**6**其他事故类型。

# 5 风险分析

## 5.1 一般规定

**5.1.1**风险分析应包括事故风险可能性分析与风险严重程度分析。

**5.1.2**机械顶管施工事故风险可能性的分析方法宜采用指标体系法，也可采用专家调查法、层次分析法等，风险分析方法应符合现行国家标准《风险管理 风险评估技术》GB/T 27921的有关规定。

**5.1.3**机械顶管施工事故风险严重程度宜结合专家经验，参照判别标准表5.3.2～5.3.4进行判定。

## 5.2 风险发生可能性

**5.2.1**施工风险发生可能性等级判定应综合施工因素、环境因素及管理因素引起事故发生的可能性进行分析。

**5.2.2**施工事故可能性评估指标应根据工程规模、岩土条件、施工复杂程度、关键施工节点、环境条件和典型事故类型等应按表5.2.3～5.2.5选择评估指标。

**5.2.3**工作井施工事故可能性评估指标体系具体指标应符合表5.2.3的有关规定。

**表5.2.3 工作井施工事故发生可能性评估指标**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 评估指标 | 分类 | 分值 | 说明 |
| 工作井深度  A | *h*＞20m | 4~5 | 根据实际工作井深度进行判断 |
| 10m＜*h*≤20m | 2~3 |
| *h*≤10m | 0~1 |
| 岩土条件  B | 岩土条件复杂，存在不稳定岩土体 | 4~5 | 根据地质勘察报告及现场地质情况进行判断 |
| 岩土条件一般，岩土体稳定性中等 | 2~3 |
| 岩土条件简单，岩土体稳定性好 | 0~1 |
| 地下水  C | 地下水浅层分布且为富水承压地层 | 4~5 | 临河、湖、塘等水系且可能发生渗流的情况时，可参照判定 |
| 地下水浅层分布，需降水处理 | 2~3 |
| 地下水深层分布，对施工安全基本无影响 | 0~1 |
| 基坑支护及地下水控制设计  D | 无专项设计或设计资质等级低 | 4~5 | 无 |
| 进行专项设计或设计资质等级高 | 2~3 |
| 进行专项设计且设计资质等级高 | 0~1 |
| 施工复杂程度  E | 施工工序复杂 | 4~5 | 根据沉井法、逆作法及基坑支护施工情况判定 |
| 施工工序一般 | 2~3 |
| 施工工序简单 | 0~1 |
| 工程监测  F | 未按照设计及规范要求进行监测及预警，未进行动态施工 | 4~5 | 根据实际开展的监测情况判定 |
| 进行了基坑监测，监测工作不满足设计要求 | 2~3 |
| 按照设计及规范要求进行监测及预警，进行动态施工 | 0~1 |

**5.2.4**顶进施工施工事故可能性评估指标体系应符合表5.2.4的有关规定。

**表5.2.4 顶管顶进施工事故发生可能性评估指标**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 评估指标 | 分类 | 分值 | 说明 |
| 工程规模  A | 单段顶进长度＞200m | 4~5 | 根据顶管专项施工方案进行判断 |
| 200m≥单段顶进长度＞100m | 2~3 |
| 单段顶进长度<100m | 0~1 |
| 岩土条件  B | 岩土条件复杂，存在不稳定岩土体 | 4~5 | 根据地质勘察报告及现场地质情况进行判断 |
| 岩土条件一般，岩土体稳定性中等 | 2~3 |
| 岩土条件简单，岩土体稳定性好 | 0~1 |
| 地下水  C | 富水承压地层，透水性强 | 4~5 | 根据地质勘察资料、现场地质情况及类似工程经验进行判断 |
| 一般含水地层，对施工有一定影响 | 2~3 |
| 地下水对工程施工无影响或影响较小 | 0~1 |
| 设备  D | 顶管设备性能差，维护、保养不符合规定 | 4~5 | 根据设备上次工程使用情况、维修、保养记录进行判断 |
| 顶管设备性能一般，维护、保养基本符合规定 | 2~3 |
| 顶管设备性能优良，维护、保养符合规定 | 0~1 |
| 施工复杂程度  E | 施工工序复杂 | 4~5 | 根据顶管专项施工方案及类似工程经验进行判断 |
| 施工工序一般 | 2~3 |
| 施工工序简单 | 0~1 |
| 工程监测  F | 未按照设计及规范要求进行监测及预警，未进行动态施工 | 4~5 | 根据实际开展的监测情况判定 |
| 进行了基坑监测，监测工作不满足设计要求 | 2~3 |
| 按照设计及规范要求进行监测及预警，进行动态施工 | 0~1 |

**5.2.5**周边环境事故可能性评估指标体系应符合表5.2.5的有关规定。

**表5.2.5 周边环境事故发生可能性评估指标**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 评估指标 | 分类 | 分值 | 说明 |
| 岩土条件  A | 岩土条件复杂，存在不稳定岩土体 | 4~5 | 根据地质勘察报告及现场地质情况进行判断 |
| 岩土条件一般，岩土体稳定性中等 | 2~3 |
| 岩土条件简单，岩土体稳定性好 | 0~1 |
| 地下水  B | 地下水对工程施工影响非常大 | 4~5 | 根据地质勘察资料、现场地质情况及类似工程经验进行判断 |
| 地下水对工程施工影响较大 | 2~3 |
| 地下水对工程施工无影响或影响较小 | 0~1 |
| 周边环境的  现状情况  C | 周边建（构）筑物等现状情况较差 | 4~5 | 根据现状情况调查结果进行判断根据现状情况调查结果进行判断 |
| 周边建（构）筑物等现状情况一般 | 2~3 |
| 周边现状情况较好 | 0~1 |
| 相对位置关系  D | 距离较近，影响较大 | 4~5 | 根据周边环境与顶管工程相对位置关系确定 |
| 距离近，影响一般 | 2~3 |
| 距离较远，影响小 | 0~1 |
| 施工复杂程度  E | 施工工序复杂 | 4~5 | 根据顶管专项施工方案及类似工程经验进行判断 |
| 施工工序一般 | 2~3 |
| 施工工序简单 | 0~1 |
| 工程监测  F | 未按照设计及规范要求进行监测及预警，未进行动态施工 | 4~5 | 根据实际开展的监测情况判定 |
| 进行了基坑监测，监测工作不满足设计要求 | 2~3 |
| 按照设计及规范要求进行监测及预警，进行动态施工 | 0~1 |

**5.2.6**施工安全管理评估指标体系应符合表5.2.6-1的有关规定，评估指标分值应通过公式M=a+b+c+d+e+f+g+h进行计算，并应根据分值M大小按表5.2.6-2确定折减系数*γ*。

**表5.2.6-1 安全管理评估指标体系**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 评估指标 | 分类 | 分值 | 说明 |
| 总包企业资质  a | 三级 | 3 |  |
| 二级 | 2 |
| 一级 | 1 |
| 特级 | 0 |
| 专业级劳务分包企业资质b | 无资质 | 1 | 针对当前作业的主要分包企业 |
| 有资质 | 0 |
| 历史事故情况  c | 发生过重大事故 | 3 | 指项目部主要管理人员从事过的工程项目上曾经发生的事故情况 |
| 发生过较大事故 | 2 |
| 发生过一般事故 | 1 |
| 未发生过事故 | 0 |
| 作业人员经验  d | 无经验 | 2 | 从特种作业人员、一线施工人员的工程经验考虑 |
| 经验不足 | 1 |
| 经验丰富 | 0 |
| 安全管理人员配备  e | 不足 | 2 | 从“三类人”的持证、在岗情况考虑 |
| 基本符合规定 | 1 |
| 符合规定 | 0 |
| 安全投入  f | 不足 | 2 |  |
| 基本符合规定 | 1 |
| 符合规定 | 0 |
| 机械设备配置及管理  g | 不符合合同要求 | 2 |  |
| 基本符合合同要求 | 1 |
| 符合合同要求 | 0 |
| 专项施工方案  h | 可操作性较差 | 2 |  |
| 可操作性一般 | 1 |
| 可操作性强 | 0 |

**表5.2.6-2 安全管理评估指标分值与折减系数对照表**

|  |  |
| --- | --- |
| 计算分值*M* | 折减系数*γ* |
| *M*＞12 | 1.2 |
| 9≤*M*≤12 | 1.1 |
| 6≤*M*≤8 | 1.0 |
| 3≤*M*≤5 | 0.9 |
| 0≤*M*≤2 | 0.8 |

**5.2.7**顶管施工事故风险可能性等级划分应符合表5.2.7的有关规定，其中*P*=*γ*×*R*，其中*R*为表5.2.3～表5.2.5中各风险源评估指标分值累加，并应按四舍五入的方式计算取整。

**表5.2.7 顶管施工事故发生可能性等级标准**

|  |  |
| --- | --- |
| 计算分值 | 等级 |
| *P*≥28 | 1 |
| 21≤*P*＜28 | 2 |
| 14≤*P*＜21 | 3 |
| 7≤*P*＜14 | 4 |
| *P*＜7 | 5 |

## 5.3 风险严重程度

**5.3.1**风险损失等级应按人员伤亡、经济损失及环境影响等因素确定，风险损失等级应分为A、B、C、D、E共五级。当多种风险损失同时产生时，应采用就高原则确定风险损失等级。

**5.3.2**人员伤亡等级的判断标准应符合表5.3.2的有关规定。

**表5.3.2 人员伤亡等级判断标准**

|  |  |
| --- | --- |
| 等级 | 判断标准 |
| A | 30人以上人员伤亡（含失踪）或100人以上重伤 |
| B | 10人以上30人以下人员死亡（含失踪）或50人以上100人以下重伤 |
| C | 3人以上10人以下人员死亡（含失踪）或10人以上50人以下重伤 |
| D | 3人以下死亡（含失踪）或5人以上10人以下重伤 |
| E | 重伤人数5人以下 |

**5.3.3**经济损失等级的判断标准应符合表5.3.3的有关规定。

**表5.3.3 经济损失等级判断标准**

|  |  |
| --- | --- |
| 等级 | 判断标准 |
| A | 经济损失10000万元以上，工期延误＞90*d* |
| B | 经济损失5000万元以上10000万元以下，90*d*≥工期延误＞60*d* |
| C | 经济损失1000万元以上5000万元以下，60*d*≥工期延误＞30*d* |
| D | 经济损失500万元以上1000万元以下，30*d*≥工期延误＞10*d* |
| E | 经济损失500万元以下，工期延误≤10*d* |

**5.3.4**环境影响等级的判断标准应符合表5.3.4的有关规定。

**表5.3.4 环境影响等级判断标准**

|  |  |
| --- | --- |
| 等级 | 判断标准 |
| A | 涉及范围非常大，对周边工程环境影响非常大；社会影响非常大或需紧急转移安置人数1000人以上 |
| B | 涉及范围很大，对周边工程环境影响很大；社会影响很大或需紧急转移安置人数500人以上1000人以下 |
| C | 涉及范围大，对周边工程环境影响大；社会影响大或需紧急转移安置人数100人以上500人以下 |
| D | 涉及范围很小，对周边工程环境影响较小；社会影响较小或需紧急转移安置人数50人以上100人以下 |
| E | 涉及范围很小，对周边工程环境很小；社会影响很小或需紧急转移安置人数50人以下生态 |

# 6 风险评价

## 6.1 风险等级

**6.1.1**应根据事故风险发生可能性和后果严重程度确定机械顶管施工安全风险等级，按表6.1.1进行划分。

**表6.1.1 风险等级表**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 事故发生可能性 | 事故严重程度 | | | | |
| A | B | C | D | E |
| 1 | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅲ |
| 2 | Ⅰ | Ⅰ | Ⅱ | Ⅲ | Ⅲ |
| 3 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅲ | Ⅲ | Ⅳ |
| 4 | Ⅱ | Ⅲ | Ⅲ | Ⅳ | Ⅳ |
| 5 | Ⅲ | Ⅲ | Ⅳ | Ⅳ | Ⅳ |

**6.1.2**机械顶管施工风险评价结果应进行汇总，汇总表格式应符合附录C。

## 6.2 风险决策

**6.2.1**风险控制对策应根据顶管施工安全风险等级、可实施条件、成本效益比等因素确定。

**6.2.2**顶管工程施工安全风险处置措施应按表6.2.2确定。

**表6.2.2 顶管工程施工安全风险处置措施**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 风险等级 | 风险属性 | 处置措施 |
| Ⅰ | 重大风险 | 必须采取切实可行的风险控制措施降低风险，将重大风险降低至一般风险或低风险 |
| Ⅱ | 较大风险 | 应采取切实可行的风险控制措施降低风险，将较大风险降低至一般风险或低风险，且风险降低成本不应高于风险发生后的损失 |
| Ⅲ | 一般风险 | 可采取风险处置措施，宜加强监测与现场巡视检查 |
| Ⅳ | 低风险 | 可不采取措施 |

**6.2.3**机械顶管施工风险等级达到Ⅱ级及以上的处置措施，应进行数值分析，并应组织论证或复评估确认可行后方能实施。

**6.2.4**机械顶管现场施工应建立重大风险监控和预警预报体系，明确预警预报标准，通过对施工监控数据的动态管理，及时掌握重大风险发展状态，发现异常或超过警戒值时应及时采取规避措施，并应做好风险事故处理准备工作。

# 7 报告编制

**7.0.1**机械顶管工程施工风险评估报告应符合下列规定：

**1**报告编制应内容全面，文字简洁，数据完整，客观公正；

**2**报告内容应反映评估过程的全部工作，应包括风险评估过程中的评估方法、评估结果、处置措施及建议等；

**3**风险评估报告应作为工程项目竣工文件进行归档管理。

**7.0.2**机械顶管工程施工风险评估报告内容应包含：

**1**工程概况；

1）顶管工程分布和规模；

2）周边环境；

3）工作井及顶进工程措施。

**2**工程地质及水文地质情况；

**3**评估依据；

1）风险评估方法及标准；

2）评估依据文件和资料。

**4**评估内容及技术路线；

**5**风险源辨识；

1）工作井风险源辨识；

2）顶管顶进施工风险源辨识；

3）周边环境风险源辨识。

**6**风险分析；

**7**风险评价；

**8**评估结论及处置措施建议。

# 附录 A 工作井施工作业程序分解

**表A.0.1 工作井施工作业程序分解**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 评估单元 | 施工工序 | 作业内容 |
| 1 | 钢板桩 | 定位放线→钢板桩导架安装→钢板桩施打→挖土至支撑下0.5m位置处→安装围檩及支撑→挖土至设计标高→基坑施工→基坑回填至支撑底→拆除内支撑→拔除钢板桩→桩孔处理 | 导架安装、钢板桩机械搬运、震动打桩、静压打桩、引孔打桩、机械拔桩 |
| 2 | 灌注桩 | 定位放线→桩孔成孔→钢筋笼制安→桩身混凝土浇筑→养护→检测 | 机械成孔、钢筋加工、机械吊装、泵送混凝土 |
| 3 | 沉井 | 场地整平→刃脚及第一节井身制作→挖土下沉→第二节井身制作→挖土下沉→循环井身制作及挖土下沉→沉井封底 | 人工挖土、钢筋加工、模板加工、人工浇筑混凝土、泵送混凝土、机械挖土、机械装运土方 |
| 4 | 锚索 | 钻孔→锚索制作→清孔→锚索入孔→注浆→腰梁施工→张拉→检测 | 钻机钻孔、钢绞线和钢筋加工、模板加工、人工浇筑混凝土、泵送混凝土、钢腰梁加工、高压注浆、千斤顶张拉 |
| 5 | 土钉墙 | 搭设钻机平台→钻孔→清孔→土钉制作→土钉入孔→注浆→喷射面层→检测 | 钢筋加工、喷射混凝土、钻机钻孔、高压注浆 |
| 6 | 搅拌桩 | 定位放线→机械就位→土体搅拌喷浆→成桩→检测 | 水泥浆加工、机械成桩 |
| 7 | 高压旋喷桩 | 定位放线→机械就位→旋喷→成桩→检测 | 水泥浆加工、机械成桩 |
| 8 | 地表排水  系统 | 坡顶挡水台/截水沟→临时排水 | 机械挖基、人工挖基、机械提升搬运砌筑材料、人工搬运砌筑材料、人工砌筑 |
| 9 | 降水井 | 钻机进场→测量定位→开孔→下护口管→冲孔换浆→下井管→泛水填砾→止水止浆→洗井→下泵试抽 | 机械成孔、井管吊装、人工填砾 |
| 10 | 工作井开挖 | 从上向下分级开挖→运土 | 机械挖方、机械装运土方、机械修坡、人工修坡 |

# 附录 B 机械顶管工程施工风险源辨识清单

**表B.0.1 机械顶管工程施工风险源辨识清单**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 风险源 | 判断依据 |
| 1 | 风险源1 |  |
| 2 | 风险源2 |  |
| … | … |  |
| *N* | 风险源*N* |  |

# 附录 C 机械顶管施工风险评价结果汇总表

**表C.0.1 机械顶管施工风险评价结果汇总表**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 编号 | 风险源 | | 施工风险评价 | | | | |
| 作业内容 | 事故类型 | 事故严重程度 | | | 事故可能性 | 风险大小 |
| 人员伤亡 | 经济损失 | 严重程度等级 |
| 1 | 风险源1 |  |  |  |  |  |  |
| 2 | 风险源2 |  |  |  |  |  |  |
| ... | ... |  |  |  |  |  |  |
| *N* | 风险源*N* |  |  |  |  |  |  |

# 本标准用词说明

为便于在执行本标准条文时区别对待，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：

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：

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：

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，采用“可”。

# 引用标准名录

本规程引用下列标准。其中，注日期的，仅对该日期对应的版本适用本规程；不注日期的，其最新版适用于本规程。

《风险管理 风险评估技术》GB/T 27921。

# 附：条文说明

**中国工程建设标准化协会标准**

**机械顶管穿越工程风险评价标准**

**T/CECS XXX-202X**

**条 文 说 明**

目 次

[1 总 则 22](#_Toc177995927)

[3 基本规定 23](#_Toc177995928)

[3.1 一般规定 23](#_Toc177995929)

[3.2 评估流程 24](#_Toc177995930)

[4 风险辨识 25](#_Toc177995931)

[4.1 一般规定 25](#_Toc177995932)

[4.2 工作井施工风险 25](#_Toc177995933)

[5 风险分析 26](#_Toc177995934)

[5.1 一般规定 26](#_Toc177995935)

# 1 总 则

**1.0.3**在评估工作中，指标体系的建立应作为一个独立的工作步骤。指标体系法的关键，是指标的选择及其重要性排序，其决定了评估结果的准确性和可靠性，评估小组应慎重对待。一经合理确定，不宜随意改动。

# 3 基本规定

## 3.1 一般规定

**3.1.1**在机械顶管工程施工安全风险评估中，应全面考虑各项施工风险。机械顶管工程施工风险影响因素较多，包括：自然环境、场地条件、结构设计与施工、机电设备安装、参建人员及周边建（构）筑物（包括周围道路、房屋、管线、桥梁和其他）等。实施机械顶管工程施工安全风险评估，应在安全可靠、经济合理、技术可行的前提下，通过采取风险控制措施，把机械顶管工程施工中潜在的各类风险降低到合理、可接受的水平以控制建设安全和工程质量，减少经济损失和人员伤亡，并控制工程建设投资，保障工程建设工期。

**3.1.2**本规范定义的风险类型包括：人员伤亡风险、经济损失风险、环境影响风险，具体包括：

**1**人员伤亡风险。包括工程建设直接参与人员及场地周边第三方人员发生的伤害、死亡及职业健康危害等。

**2**经济损失风险。包括：1）直接经济损失：顶管工程事故可能导致设备损坏、材料浪费以及额外的修复成本。例如，如果顶管机出现故障，可能需要更换或修理，这将产生直接的经济支出。2）间接经济损失：事故可能导致工程暂停，进而影响整个项目的进度，增加项目管理成本和人力资源成本。此外，如果事故导致周边建（构）筑物或基础设施受损，可能需要承担赔偿责任。3）工期延误：顶管工程事故通常会导致工程暂停，直到问题得到解决。这种延误可能会延长整个项目的完成时间，影响后续工程的安排和交付。

**3**环境影响风险。包括：1）施工对邻近既有各类建（构）筑物、道路、管线或其他设施等的破坏；2）工程建设活动对周边区域的土地与水资源的破坏、对动（植）物的伤害；3）社会影响风险。

**3.1.5**考虑城市工程环境日益复杂，机械顶管工程建设风险不断加大，提出机械顶管工程施工应进行安全风险评估。为了更好地实施机械顶管工程施工安全风险评估，施工安全风险评估应由建设单位或施工单位负责组织和实施，当施工单位评估工作能力不足时，可委托具备岩土设计资质且具有一定评估能力及科研能力的单位开展评估工作。

**3.1.6**机械顶管工程施工安全风险等级标准的确定，需考虑风险发生可能性及其可能造成的损失程度进行综合评估。

首先，风险发生可能性的评估应考虑岩土条件、地下水情况、施工复杂程度等因素，采用指标体系法进行计算，得到风险发生可能性等级。其次，损失程度的评估应考虑风险事件可能导致的后果，包括人员伤亡、财产损失、工期延误、环境影响等，根据严重程度查表得到损失程度等级。

结合这两个维度，采用风险矩阵将机械顶管工程施工安全风险分为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ四个等级。

机械顶管工程施工安全风险表示为工程施工过程中潜在发生的人员伤亡，环境破坏、经济损失、工期延误和社会影响等不利事件的概率与潜在损失的集合，风险等级标准的评估需考虑风险发生可能性和损失进行综合评估。

**3.1.7**如现场揭露地质条件与事前判别的地质条件相差较大、主要施工工艺发生实质性改变、发生生产安全事故或重大险情等情况。施工过程风险评估报告以报表形式反映，报表中应包含评估指标前后变化对比、现阶段风险评估等级、风险源及防控措施等。

**3.1.8**由于机械顶管工程本身所具有的地层条件及施工环境的复杂性、不确定性和特殊性，在其建设的整个过程中，经济、安全、工期、环境等各方面都存在巨大的风险，近年来连续出现的机械顶管工程大型事故已经为我们敲响了警钟，不但造成了大量的人员伤亡与经济损失，甚至引起严重的环境影响与社会影响。因此，机械顶管工程建设风险决策必须坚持“安全第一、保护环境、预防为主”的原则，积极采取经济、可行、主动的处置措施来减少或降低风险，保障生命财产安全，将对周边的环境影响与社会影响降低到合理、可接受的水平。

## 3.2 评估流程

**3.2.2**风险评估方案应经过评估单位技术负责人批准后执行。

# 4 风险辨识

## 4.1 一般规定

**4.1.1**风险辨识是工程施工风险评估的基础和前提，全面、系统地辨识各类风险对完成风险评估至关重要。由于机械顶管工程建设中建设条件复杂，涉及人员众多，专业工作要求高，因此，需注重收集所需的基础资料，只有通过对工程各类资料的系统分析，才能更好地辨识工程潜在的风险。

**4.1.3**总体设计风险评估，应对全线总体技术标准、技术要求、工程规模、项目功能、线路敷设方式、配线、重难点工作井及顶管段的施工方法、各系统专业的总体设计方案（如:选择代表性工点、机电系统专业，提出典型方案布置）进行风险评估。机械顶管工程施工风险因素应从地下工程自身以及周边环境等方面考虑。

## 4.2 工作井施工风险

**4.2.1**工程地质条件与周边环境复杂或较复杂的工作井施工主要包括：

**1**不良地质条件、特殊性岩土的工作井；

**2**重要工程或支护结构做主体结构的一部分的工作井；

**3**与临近建（构）筑物、重要设施的距离在开挖影响范围以内的工作井；

**4**基坑范围内有历史文物、近代优秀建筑、重要管线等需严加保护的工作井。

# 5 风险分析

## 5.1 一般规定

**5.1.2**指标体系法是一种常用的风险评价方法，它通过设定一系列量化指标来评估风险的可能性和影响程度。这种方法的优点在于能够提供一个相对客观的评价标准，便于比较和分析不同风险因素的影响。同时，指标体系法有助于明确风险的具体来源和潜在后果，有助于制定针对性的风险控制措施。然而，指标体系法也存在一些缺点。首先，它依赖于准确的数据收集和分析，如果数据不准确或不全面，评价结果可能会有偏差。其次，指标体系法可能无法完全捕捉到所有潜在的风险因素，尤其是那些难以量化的风险。最后，这种方法可能过于简化复杂的风险情况，忽略了风险之间的相互作用和动态变化。总的来说，指标体系法是一个有用的工具，但在应用时需要谨慎，确保数据的准确性和评价的全面性。同时，结合其他风险评价方法，可以更全面地理解和管理风险。

专家调查法是一种依赖于专家经验和判断的风险评价方法，它通过收集多位专家的意见来评估风险的可能性和影响。这种方法的优点在于能够利用专家的专业知识和经验，提供深入的风险分析，尤其是在缺乏定量数据的情况下。此外，专家调查法能够考虑到风险的复杂性和不确定性，有助于识别和评估那些不易量化的风险因素。然而，专家调查法也存在一些缺点。首先，它依赖于专家的选择和他们的主观判断，这可能导致评价结果的偏差。其次，由于不同专家之间可能存在意见分歧，如何整合这些不同的观点成为一个挑战。最后，专家调查法通常需要较多的时间和资源，因为它涉及多次的问卷调查和反馈循环，以确保评价结果的准确性和一致性。总的来说，专家调查法是一个有效的风险评价工具，尤其适用于那些难以通过定量方法评估的风险。然而，在使用这种方法时，需要确保专家的选择具有代表性，并且评价过程公正透明，以提高评价结果的可靠性。

层次分析法（Analytic Hierarchy Process, AHP）是一种多准则决策分析方法，它通过构建层次结构模型来评估和比较不同方案的风险。这种方法的优点在于能够系统地处理复杂的决策问题，将定性分析与定量分析相结合，使得决策过程更加科学和合理。AHP能够清晰地展示各决策因素之间的层次关系，有助于决策者理解问题的本质和各因素的重要性。然而，层次分析法也有其局限性。首先，它依赖于专家的判断和偏好，如果专家的判断存在偏差，可能会导致评价结果不准确。其次，AHP在处理大量因素和复杂关系时可能会变得繁琐，计算过程较为复杂。此外，AHP的结果受权重分配的影响较大，权重的确定需要一定的主观判断，这可能会影响最终的决策结果。总的来说，层次分析法是一个强大的决策工具，尤其适用于那些涉及多个不确定性和复杂性的风险评价问题。但在应用时，需要确保专家的选择和权重分配的合理性，以提高评价的准确性和可靠性。