

**T/CECS** XXX- 202X

**中国工程建设标准化协会标准**

装配式综合管廊抗震韧性评价标准

Standard for seismic resilience assessment of   
precast utility tunnel

（征 求 意 见 稿）

**中国XX出版社**

2019-00-00发布

**中国工程建设标准化协会标准**

装配式综合管廊抗震韧性评价标准

Standard for seismic resilience assessment of   
precast utility tunnel

**T/CECS XXX-202X**

|  |  |
| --- | --- |
| 主编单位： | 清华大学  福建省平潭综合实验区管廊投资管理有限公司 |
| 批准单位： | 中国工程建设标准化协会 |
| 施行日期： | 2025年XX月XX日 |

202X

前 言

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

本规程共分7章和7个附录，主要内容包括：总则、术语、基本规定、装配式综合管廊损伤状态判定、装配式综合管廊修复费用计算、装配式综合管廊修复时间计算、装配式综合管廊抗震韧性等级评价等。

本规程由中国工程建设标准化协会建筑产业化分会归口管理，由清华大学负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请反馈给清华大学（地址：北京市海淀区双清路30号，清华大学，邮编：100084）。

**主 编 单 位：** 清华大学

福建省平潭综合实验区管廊投资管理有限公司

**参 编 单 位：**XXXXXX有限公司

**主要起草人：**XXX、XXX、XXX

**主要审查人：**XXX、XXX、XXX

目 次

[1 总 则 8](#_Toc17164)

[2 术语 9](#_Toc26565)

[3 基本规定 10](#_Toc22497)

[4 装配式综合管廊损伤状态判定 12](#_Toc19301)

[5 装配式综合管廊修复费用计算 13](#_Toc18753)

[5.1 一般规定 13](#_Toc6821)

[5.2 构件修复费用计算 13](#_Toc2300)

[5.3 装配式综合管廊修复费用计算及评价指标 14](#_Toc3106)

[6 装配式综合管廊修复时间计算 16](#_Toc30497)

[7 装配式综合管廊抗震韧性等级评价 20](#_Toc31750)

[7.1 修复费用评级 20](#_Toc29212)

[7.2 修复时间评级 20](#_Toc15924)

[7.3 装配式综合管廊抗震韧性等级 20](#_Toc22735)

[附录A 装配式综合管廊抗震韧性评级流程 21](#_Toc11910)

[A.1 评级流程 21](#_Toc5692)

[A.2 原始工程需求参数矩阵 22](#_Toc22589)

[A.3 残余变形及位移限值 22](#_Toc19390)

[A.4 工程需求参数矩阵扩充 22](#_Toc5603)

[A.5 抗震韧性指标计算方法 22](#_Toc5610)

[附录B 弹塑性时程分析的模型及方法 23](#_Toc21793)

[附录C 结构构件易损性信息 24](#_Toc2440)

[C.1 结构构件分类及易损性分组 24](#_Toc18008)

[C.2 钢筋混凝土预制管节损伤状态判别标准 24](#_Toc12618)

[C.3 管节连接接头损伤状态判别标准 24](#_Toc15875)

[C.4 结构构件损失系数 25](#_Toc23070)

[C.5 结构构件的修复工时 26](#_Toc32298)

[附录D 常规结构构件的工程需求参数建议值 27](#_Toc11101)

[D.1 适用范围 27](#_Toc4208)

[D.2 钢筋混凝土预制管节工程需求参数建议值 27](#_Toc12578)

[D.3 管节连接接头工程需求参数建议值 27](#_Toc23934)

[附录E 非结构构件易损性信息 28](#_Toc29315)

[E.1 非结构构件分类及易损性分组 28](#_Toc21721)

[E.2 非结构构件损伤状态判别标准 30](#_Toc14993)

[E.3 非结构构件损失系数 30](#_Toc20589)

[E.4 非结构构件修复工时 32](#_Toc12863)

[附录F 非结构构件的工程需求参数建议值 35](#_Toc31047)

[附录G 构件损伤状态判定方法 38](#_Toc24410)

[本规程用词说明 41](#_Toc12859)

[引用标准名录 42](#_Toc17482)

[条文说明 43](#_Toc25850)

Contents

[1 General Provisions 8](#_Toc17164)

[2 Terms 9](#_Toc26565)

[3 Basic Requirements 10](#_Toc22497)

[4 Damage State Assessment of Prefabricated Utility Tunnels 12](#_Toc19301)

[5 Repair Cost Calculation for Prefabricated Utility Tunnels 13](#_Toc18753)

[5.1 General Requirements 13](#_Toc6821)

[5.2 Component Repair Cost Calculation 13](#_Toc2300)

[5.3 Repair Cost Calculation and Evaluation Indicators for Prefabricated Utility Tunnels 14](#_Toc3106)

[6 Repair Time Calculation for Prefabricated Utility Tunnels 16](#_Toc30497)

[7 Seismic Resilience Grade Evaluation of Prefabricated Utility Tunnels 20](#_Toc31750)

[7.1 Repair Cost Rating 20](#_Toc29212)

[7.2 Repair Time Rating 20](#_Toc15924)

[7.3 Seismic Resilience Grade of Prefabricated Utility Tunnels 20](#_Toc22735)

[Appendix A Seismic Resilience Evaluation Process for Prefabricated Utility Tunnels 21](#_Toc11910)

[A.1 Evaluation Process 21](#_Toc5692)

[A.2 Original Engineering Demand Parameter Matrix 22](#_Toc22589)

[A.3 Residual Deformation and Displacement Limits 22](#_Toc19390)

[A.4 Expansion of Engineering Demand Parameter Matrix 22](#_Toc5603)

[A.5 Calculation Method for Seismic Resilience Indicators 22](#_Toc5610)

[Appendix B Models and Methods for Elastoplastic Time History Analysis 23](#_Toc21793)

[Appendix C Vulnerability Information of Structural Components 24](#_Toc2440)

[C.1 Classification and Vulnerability Grouping of Structural Components 24](#_Toc18008)

[C.2 Damage State Criteria for Reinforced Concrete Prefabricated Segments 24](#_Toc12618)

[C.3 Damage State Criteria for Segment Connection Joints 24](#_Toc15875)

[C.4 Loss Coefficients for Structural Components 25](#_Toc23070)

[C.5 Repair Time for Structural Components 26](#_Toc32298)

[Appendix D Recommended Engineering Demand Parameters for Conventional Structural Components 27](#_Toc11101)

[D.1 Scope of Application 27](#_Toc4208)

[D.2 Recommended Engineering Demand Parameters for Reinforced Concrete Prefabricated Segments 27](#_Toc12578)

[D.3 Recommended Engineering Demand Parameters for Segment Connection Joints 27](#_Toc23934)

[Appendix E Vulnerability Information of Non-structural Components 28](#_Toc29315)

[E.1 Classification and Vulnerability Grouping of Non-structural Components 28](#_Toc21721)

[E.2 Damage State Criteria for Non-structural Components 30](#_Toc14993)

[E.3 Loss Coefficients for Non-structural Components 30](#_Toc20589)

[E.4 Repair Time for Non-structural Components 32](#_Toc12863)

[Appendix F Recommended Engineering Demand Parameters for Non-structural Components 35](#_Toc31047)

[Appendix G Methods for Determining Component Damage States 38](#_Toc24410)

[Explanation of Wording in This Specification 41](#_Toc12859)

[List of Referenced Standards 42](#_Toc17482)

[Technical Provisions 43](#_Toc25850)

# 总 则

* + 1. 为指导和规范装配式综合管廊抗震韧性评价工作，准确评价其抗震韧性等级，从而为装配式综合管廊的设计、施工、验收以及抗震性能提升提供科学依据和技术支持，保障综合管廊在地震灾害下的安全性和可靠性，提高其抗震韧性，降低灾害损失，确保其在城市基础设施中的稳定运行，制定本标准。
    2. 本标准适用于抗震设防烈度为6、7、8和9度地区单层或双层的整舱预制拼装综合管廊的抗震韧性评级。

【条文说明】考虑到针对其他类型的装配式综合管廊的研究还较少，本规程仅针对单层或双层的整舱预制拼装综合管廊的抗震韧性评价。

* + 1. 装配式综合管廊的设计应符合《城市综合管廊工程技术规范》GB 50838的要求，抗震设计和计算方法应符合《地下结构抗震设计标准》GB/T 51336的要求。
    2. 装配式综合管廊的抗震韧性评价，除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准和中国工程建设标准化协会有关标准的规定。

# 术语

* + 1. 装配式综合管廊 precast utility tunnel

在工厂内分节段浇筑成型，现场采用拼装工艺施工成为整体的综合管廊。

* + 1. 装配式综合管廊抗震韧性 seismic resilience of precast utility tunnel

装配式综合管廊在设定水准地震作用后，维持与恢复原有功能的能力。

* + 1. 管段 section

综合管廊内由耐火极限不低于3小时的不燃性墙体和甲级防火门分隔的独立单元。

* + 1. 管节 segment

综合管廊内由结构连接接头分隔的独立单元。

* + 1. 管舱 compartment

综合管廊内由结构本体或防火墙分隔的用于敷设管线的封闭空间。

* + 1. 管节连接接头 segment connector

综合管廊结构体系中用于连接管节的结构构造。

* + 1. 工程需求参数 engineering demand parameter

装配式综合管廊抗震韧性评价所需的表征管廊抗震性能的参数，通常包括管节层间位移角、接头最大张开量和管节加速度等。其中，管节层间位移角表征管节在横截面内发生的变形；接头最大张开量表征相邻管节间拼缝的相对变形；管节加速度表征管节内的最大加速度。

* + 1. 装配式综合管廊修复费用 restoration cost of precast utility tunnel

装配式综合管廊恢复功能所需要的直接费用。

* + 1. 装配式综合管廊修复时间 repair time of precast utility tunnel

在修复工作所需材料、人员、设备齐全的条件下，装配式综合管廊恢复功能所需要的时间。

* + 1. 现行定额 current quota

装配式综合管廊抗震韧性评价工作进行时由国家或省级、行业建设主管部门颁发的计价定额。

# 基本规定

* + 1. 装配式综合管廊抗震韧性评价应包括下列内容：

1. 集成评价对象的有效信息，应包括装配式综合管廊各个管段的长度、横截面高度、宽度、管舱功能分布，以及管廊结构构件、非结构构件的种类、数量、材料、几何尺寸、安装方式等；
2. 建立评价对象的结构模型，对于既有装配式综合管廊宜进行振动测试，依据测试结果进行模型修正，并应进行在设定水准地震作用下的弹塑性时程分析；
3. 应由弹塑性时程分析结果中提取工程需求参数；
4. 应根据工程需求参数，结合结构构件、非结构构件的易损性数据库，确定评价对象所包含的全部构件的损伤状态；
5. 应根据评价对象全部构件的损伤状态，计算其在设定水准地震作用下的修复费用和修复时间；
6. 应根据评价对象在设定水准地震作用下的修复费用和修复时间指标，综合评价其抗震韧性等级。装配式综合管廊抗震韧性评价流程见图 3.0.1。



图 3.0.1装配式综合管廊抗震韧性评价流程图

* + 1. 装配式综合管廊抗震韧性评价的详细流程见附录A。
    2. 装配式综合管廊抗震韧性评价应以结构弹塑性时程分析和结构构件、非结构构件易损性数据库为基础。结构构件、非结构构件易损性数据库见附录C、附录D、附录E、附录F。
    3. 建立结构模型时，应符合工程实际情况，材料强度应取强度标准值。
    4. 装配式综合管廊抗震韧性评价应采用设定水准地震作用下结构弹塑性时程分析所得出的工程需求参数作为依据。
    5. 承担装配式综合管廊抗震韧性评价工作的单位，应具备进行结构弹塑性时程分析和概率分析的能力。
    6. 装配式综合管廊抗震韧性评价的结论应采用星级制进行表达，由一星至三星表示，抗震韧性等级逐级提高。

# 装配式综合管廊损伤状态判定

* + 1. 装配式综合管廊损伤状态判定应根据构件易损性数据库和工程需求参数确定结构构件和非结构构件的损伤状态。构件易损性数据采用随工程需求参数变化的概率分布表征。常用的结构构件及入廊管线、附属设施等非结构构件的工程需求参数取值见附录D和附录F。
    2. 工程需求参数矩阵应根据弹塑性时程分析结果，采用联合对数正态分布函数按附录G进行扩充。
    3. 装配式综合管廊损伤状态判定应考虑所有结构构件与非结构构件，并应根据构件的易损性、所在管段、管节、管舱和工程需求参数的类型进行构件分组。
    4. 构件的种类、数量宜根据实际情况确定。
    5. 结构构件的损伤状态宜分为5级，包括：

1. 完好（0级）：不发生任何损伤；
2. 轻微（1级）：仅发生影响外观的轻微损伤；
3. 轻度（2级）：发生经简单修补后可恢复原有功能的一般损伤；
4. 中度（3级）：发生经常规修复手段后可恢复原有功能的较严重损伤；
5. 重度（4级）：发生影响构件承载能力、需要进行替换的严重损伤。
   * 1. 非结构构件的损伤状态宜分为4级，包括：
6. 完好（0级）：不发生任何损伤；
7. 轻度（1级）：发生经简单修补后可恢复原有功能的一般损伤；
8. 中度（2级）：发生经常规修复手段后可完全恢复的较严重损伤；
9. 重度（3级）：发生需要进行替换的严重损伤。

# 装配式综合管廊修复费用计算

## 一般规定

* + 1. 应按所有震损构件综合性恢复进行评价，装配式综合管廊修复费用由对震损构件进行修复、拆除和置换所产生的各项直接费用组成，包含人工费、材料费、机械费等。
    2. 计算时不考虑装配式综合管廊抗震韧性能力提升所产生的额外费用。
    3. 计算时应采用现行定额。

## 构件修复费用计算

* + 1. 第*k*管段内处于损伤状态*j*的第*i*类构件的经济损失应按下式计算：

 （5.2.1）

式中：

*L*(*i,j,k*)——第*k*管段内处于损伤状态*j*的第*i*类构件所对应的经济损失；

*i*, *j*, *k*——分别代表构件种类、损伤状态和所在管段的编号；

*C*(*i,j,k*)——第*k*管段内处于损伤状态*j*的第*i*类构件的造价之和，采用现行定额计算；

*η*1(*i,j*)——第*i*类构件处于损伤状态*j*时的损失系数，其取值见表C.4.4和表E.3.4。

【条文说明】在管廊设计建造过程中，要求在管段之间设置供物资运输、人员进出的出入口。因此在修复工作展开时，同一管段内的构件应一并进行考虑，其修复费用的统计也以管段为单位进行统计。

* + 1. 同管段内所有构件的修复费用总和应考虑同类构件的修复工程量对修复费用的影响，进行折减，并应按下式计算：

 （5.2.2）

式中：

*R*(*k*) ——第*k*管段所有构件的修复费用总和；

*m* ——构件类别的数量；

*R*(*i,k*)——第*k*管段第*i*类构件的修复费用；

*ζ*C(*i*) ——考虑第*i*类构件修复工程量的修复费用折减系数，其取值见表C.4.6和表E.3.6；

*n* ——构件损伤状态类别的数量；

*η*2(*i,j*) ——处于损伤状态*j*的第*i*类构件的修复系数，其取值见表C.4.5和表E.3.5。

【条文说明】在同管段内开展修复工作时，应当考虑修复工程量的增加对降低单个构件修复费用的影响。

## 装配式综合管廊修复费用计算及评价指标

* + 1. 装配式综合管廊修复费用应为所包含各类构件的修复费用的总和，并应按下式计算：

 （5.3.1）

式中：

*R*T——装配式综合管廊的修复费用；

*s* ——装配式综合管廊管段总数；

* + 1. 应采用装配式综合管廊修复费用与建造成本的比值作为装配式综合管廊修复费用评价指标，并应按下式计算：

 （5.3.2）

式中：

*κ* ——装配式综合管廊修复费用评价指标；

*C*T——装配式综合管廊按照现行定额计算得到的建造成本。

* + 1. 装配式综合管廊的建造成本应为建造所需的总费用，并应根据现行定额，按下式计算：

 （5.3.3）

式中：

*C*(*i*)——按现行定额计算的第*i*类构件的建造成本。

# 装配式综合管廊修复时间计算

* + 1. 装配式综合管廊修复时间应计入所有震损构件、入廊管线及附属设施完成修复所需的修复时间。
    2. 装配式综合管廊修复时间不宜计入装配式综合管廊震损评估、修复方案制定、修复材料采购、施工设备租赁等各项开工前准备工作所耗费的时间。
    3. 计算装配式综合管廊修复时间时应考虑装配式综合管廊主要修复工作在管段间和管段、管舱内的先后次序：

1. 装配式综合管廊的主要修复工作应包括管舱内外壁修复、管节连接接头修复、出入通道修复、给水管道修复、排水管道修复、再生水管道修复、天然气管道修复、电力电缆修复、通信线缆修复、通风系统修复、照明系统修复、排水系统修复；

【条文说明】根据对装配式综合管廊的工程调研，确定了综合管廊的主要修复工作范围。

1. 不同管段的修复工作可同时展开；
2. 同一管段内，主要修复工作应按开工时间先后分为三个阶段。第一阶段修复工作为结构构件修复，包括管舱内外壁修复、管节连接接头修复、出入通道修复；第二阶段修复工作为入廊管线修复，包括给水管道修复、排水管道修复、再生水管道修复、天然气管道修复、电力电缆修复、通信线缆修复；第三阶段修复工作为附属设施修复，包括通风系统修复、照明系统修复、排水系统修复。同一管段内三个阶段修复工作应顺次展开，管段内各管舱同一阶段内的所有修复工作完全结束方可开始该管段下一阶段修复工作。

【条文说明】对装配式综合管廊的修复工作划分了修复阶段，首先需要修复结构并确保结构安全，进而修复管线并恢复管线功能，最后修复附属设施并进入正常运作。

1. 第一阶段修复工作中，管舱内外壁修复、管节连接接头修复应在出入通道修复完成后同时开始。第二阶段修复工作中，分布在同一管舱内的各类入廊管线的修复工作应依次进行，分布在不同管舱内的各类入廊管线的修复工作宜同时开始。第二阶段修复工作中，需要动火作业的修复工作应在其他修复工作完成后开始。第三阶段的各类修复工作宜同时开始。
2. 装配式综合管廊震损的修复时间应按照主要修复工作的先后次序，取主要修复工作的最长时间组合作为装配式综合管廊修复时间的评价指标。
   * 1. 各主要修复工作的修复时间应按下列原则和方法进行计算：
3. 不同损伤状态下的构件，实现功能性恢复目标所需时间应以单个工人完成此项工作的修复工时表达，其取值见表C.5.2；
4. 同层内同类型震损构件的修复工时应根据其数量，考虑规模效应和效率提升所产生的积极影响，并应考虑管段位置对修复时间的影响，按下式计算：

 （6.0.4）

式中：

*Q*(*i*,*k*) ——第*k*管段第*i*类构件的修复工时总和，单位为人·天；

*Q*(*i*,*j*,*k*) ——第*k*管段处于损伤状态*j*的第*i*类构件的修复工时，单位为人·天，按表C.5.2和表E.4.2取值；

*n*(*i*,*j*,*k*) ——第*k*管段处于损伤状态*j*的第*i*类构件数量；

*ζ*T(*i*) ——考虑第*i*类震损构件修复工程量的修复工时折减系数，按表C.5.3和表E.4.3取值；

1. 修复工时应按照单管段长度或单位构件的工人数量需求和主要修复工作的工人单管段最大容量，转化为修复时间；
2. 单管段内的工人数量需求应按式（6.0.4-1）或式（6.0.4-2）计算：

 （6.0.4-1）

 （6.0.4-2）

式中：

*NW*i,*k*——完成某类修复工作*W*i时，第*k*管段内的工人数量需求，单位为人；

*A*(*k*) ——管段*k*的长度，单位为米(m)；

*n*(*W*i) ——修复工作*W*i中包含的震损构件的数量；

*q*(*r*,*Wi*) ——单管段单位长度或单台震损设备的工人数量需求，其取值见表 6.0.4；

表 6.0.4单管段的工人数量需求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 主要修复工作编号 | 修复工作内容 | 工人数量的需求 |
| *W*1 | 管舱内外壁修复 | 3人/100m |
| *W*2 | 管节连接接头修复 | 3人/个 |
| *W*3 | 出入通道修复 | 3人/个 |
| *W*4 | 给水管道修复 | 2人/根 |
| *W*5 | 排水管道修复 | 2人/根 |
| *W*6 | 再生水管道修复 | 2人/根 |
| *W*7 | 天然气管道修复 | 2人/根 |
| *W*8 | 电力电缆修复 | 2人/根 |
| *W*9 | 通信线缆修复 | 1人/根 |
| *W*10 | 通风系统修复 | 1人/台 |
| *W*11 | 照明系统修复 | 1人/台 |
| *W*12 | 排水系统修复 | 1人/台 |

【条文说明】目前所统计到的某项修复工作对应工人数量需求的数据较少，在有可靠的统计数据来源时，可根据实际条件确定工人数量需求。

1. 装配式综合管廊单管段内可同时容纳的工人总量不应超过按下式计算得到第*k*管段的单管段工人最大容量。超出时，宜适当调整第*k*管段主要修复工作的工人数量*NW*i,*k*，并应保证主要修复工作的先后次序仍符合6.0.3条的规定。

 （6.0.4-3）

式中：

*L*g,*k*——第*k*管段的长度，单位为米(m)；

【条文说明】考虑到综合管廊内部空间有限并将限制修复工作效率，因此需考虑同时可参与修复工作的工人数量。系数0.026为根据调研结果所确定的系数。

1. 第*k*管段主要修复工作的修复时间应按下式计算：

 （6.0.4-4）

式中：

*TW*i,*k*——第*k*管段主要修复工作*W*i的修复时间，单位为天(d)；

*mW*i——主要修复工作*W*i中所包含的构件类型数量；

1. 装配式综合管廊完成全部主要修复工作所需要的修复时间应按式（6.0.4-5）~式（6.0.4-8）计算：

 （6.0.4-5）

 （6.0.4-6）

 （6.0.4-7）

 （6.0.4-8）

式中：

*Tk,S*1 ——第*k*管段完成第一阶段修复工作所需要的修复时间，单位为天(d)；

*Tk,S*2 ——第*k*管段完成第二阶段修复工作所需要的修复时间，单位为天(d)；

*Tk,S*3 ——第*k*管段完成第三阶段修复工作所需要的修复时间，单位为天(d)；

*T*tot ——装配式综合管廊修复时间，即完成全部功能性修复工作所需要的修复时间，单位为天(d)；

*nS* ——管段数。

# 装配式综合管廊抗震韧性等级评价

## 修复费用评级

* + 1. 装配式综合管廊修复费用指标应按表7.1.1评定等级。

表 7.1.1装配式综合管廊修复费用指标的等级

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 等级 | 地震水准 | 装配式综合管廊修复费用指标*κ* |
| 三星 | 罕遇地震 | *κ*≤5% |
| 二星 | 罕遇地震 | 5%＜*κ*≤10% |
| 一星 | 设防地震 | 5%＜*κ*≤10% |

## 修复时间评级

* + 1. 装配式综合管廊修复时间指标应按表7.2.1评定等级。

表 7.2.1装配式综合管廊修复时间指标的等级

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 等级 | 地震水准 | 装配式综合管廊修复时间指标*T*tot |
| 三星 | 罕遇地震 | *T*tot≤7d |
| 二星 | 罕遇地震 | 7d＜*T*tot≤30d |
| 一星 | 设防地震 | 7d＜*T*tot≤30d |

## 装配式综合管廊抗震韧性等级

* + 1. 修复费用指标、修复时间指标应采用由蒙特卡洛模拟计算得到的具有84%保证率的拟合值。
    2. 装配式综合管廊的抗震韧性等级应综合考虑装配式综合管廊修复费用、装配式综合管廊修复时间两项指标的等级进行评价，取两项评价指标的最低等级作为该装配式综合管廊的抗震韧性等级。

1. 装配式综合管廊抗震韧性评级流程
   1. 评级流程
      1. 装配式综合管廊抗震韧性评级应按照图A.1.1所示抗震韧性评级流程确定。其中，蒙特卡洛模拟的次数不应少于1000次。



图 A.1.1装配式综合管廊抗震韧性评级流程

* 1. 原始工程需求参数矩阵
     1. 装配式综合管廊结构的原始工程需求参数矩阵，应按附录B规定的弹塑性时程分析方法确定。
  2. 残余变形及位移限值
     1. 宜采用罕遇地震水准作用下弹塑性时程分析的平均值，并取管节残余层间位移角和接头残余张开量与其对应的限值比较。当大于限值时，则判断装配式综合管廊不可修，终止装配式综合管廊抗震韧性评级；当小于限值时，可进行装配式综合管廊抗震韧性评级。管节残余层间位移角限值宜取1/200，接头残余张开量限值宜取4mm。

【条文说明】综合已有研究与现行规范，管节残余层间位移角超限时，管节损伤较大，不宜进行抗震韧性评级；接头残余张开量超限时，连接接头损伤较大，管节止水效果无法保证，不宜进行抗震韧性评级。

* 1. 工程需求参数矩阵扩充
     1. 原始工程需求参数矩阵应采用附录G的方法进行工程需求参数矩阵的扩充，形成扩充后工程需求参数矩阵。
  2. 抗震韧性指标计算方法
     1. 抗震韧性指标的计算应采用蒙特卡洛方法。
     2. 对于一次模拟，应按第5章并结合构件易损性信息判定装配式综合管廊损伤状态。
     3. 按第6章、第7章计算一次蒙特卡洛模拟的抗震韧性指标时，应包括装配式综合管廊修复费用和修复时间。抗震韧性指标的计算应进行多次模拟，分别获取各项指标的集合。
     4. 采用对数正态分布模型拟合各项抗震韧性指标集合，并采用具有84%保证率的拟合值作为装配式综合管廊韧性评价的依据。

1. 弹塑性时程分析的模型及方法
   * 1. 采用时程分析法进行地震响应分析时，所选取地震波的数量，以及持时、幅值和频谱等参数应符合GB/T 51336《地下结构抗震设计标准》的相关规定。
     2. 进行装配式综合管廊地震响应分析时，应采用三维计算模型。计算模型应符合装配式综合管廊的受力状态，构件的材料、尺寸、配筋等应与结构实际情况一致。
     3. 建立计算模型时应考虑*P*-*Δ*效应和大变形的影响。
     4. 对于本标准适用的装配式综合管廊类型，其结构的力学模型应符合下列规定：
2. 预期在地震作用下可能屈服的结构构件模型应采用弹塑性模型。
3. 预期不屈服的结构构件可采用线弹性模型，但应检查计算结果是否满足预期假定。
4. 结构构件易损性信息
   1. 结构构件分类及易损性分组
      1. 同一结构构件类别，应根据易损性参数分为不同的易损性分组。构件易损性可采用编码形式表达，材料种类.结构类型.构件类别-易损性参数X1、易损性参数X2、…、易损性参数X*n*，易损性参数的个数宜根据构件类别进行选择。
      2. 结构构件的易损性参数宜选择材料种类、抗震构造措施等影响结构构件韧性性能的关键参数。
   2. 钢筋混凝土预制管节损伤状态判别标准
      1. 钢筋混凝土预制管节的损伤状态等级应根据时程分析得到的管节最大层间位移角*θ*按表C.2.1确定，*θ*y、*θ*IO、*θ*p和*θ*u分别为构件的名义屈服点B、性能点IO、峰值点C和极限点CP对应的层间位移角。

表 C.2.1基于层间位移角的钢筋混凝土预制管节损伤状态判别标准

|  |  |
| --- | --- |
| 损伤状态等级 | 判别标准 |
| 0级 | *θ*≤*θ*y |
| 1级 | *θ*y<*θ*≤*θ*IO |
| 2级 | *θ*IO<*θ*≤*θ*P |
| 3级 | *θ*P<*θ*≤*θ*u |
| 4级 | *θ*u*<θ* |

【条文说明】参考隧道等长线型地下结构的破坏形式，确定了钢筋混凝土综合管廊的损伤状态判别标准。

* 1. 管节连接接头损伤状态判别标准
     1. 管节连接接头的损伤状态等级应根据时程分析得到的接头最大张开量按表C.3.1划分，、、和分别为管节连接接头在对应损伤等级下的张开量。

表 C.3.1基于接头最大张开量的管节连接接头损伤状态判别标准

|  |  |
| --- | --- |
| 损伤状态等级 | 判别标准 |
| 0级 |  |
| 1级 |  |
| 2级 |  |
| 3级 |  |
| 4级 |  |

【条文说明】参考《城市综合管廊工程技术规范》，确定了管节连接接头综合管廊的损伤状态判别标准。

* 1. 结构构件损失系数
     1. 结构构件的损失系数应为结构构件处于某一损伤状态时，其经济损失与造价的相对比值。
     2. 结构构件的经济损失应为采用常规维修方法，将完全受损构件恢复至震前状态所需要的直接经济费用，包括人工费、材料费、机械费等。
     3. 结构构件的造价应为按照现行定额制作结构构件所需的费用。
     4. 结构构件的损失系数应按表C.4.4取值。

表 C.4.4不同损伤状态下结构构件的损失系数

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 结构构件名称 | 损伤状态等级对应的损失系数 | | | |
| 1级 | 2级 | 3级 | 4级 |
| 钢筋混凝土预制管节 | 0.10 | 0.20 | 0.50 | 1.00 |
| 管节连接接头 | 0.10 | 0.20 | 0.75 | 1.00 |

* + 1. 结构构件的修复系数应为结构构件处于某一损伤状态时，其修复费用与经济损失的相对比值。同类结构构件在某一损伤状态下的修复系数应为不考虑构件体积、所在地区等因素影响的常数，其取值应按表C.4.5确定。

表C.4.5不同损伤状态下结构构件的修复系数

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 结构构件名称 | 损伤状态等级对应的修复系数 | | | |
| 1级 | 2级 | 3级 | 4级 |
| 钢筋混凝土预制管节 | 1.44 | 1.38 | 1.28 | 4.28 |
| 管节连接接头 | 1.64 | 1.49 | 1.27 | 3.26 |

* + 1. 同类结构构件的总修复费用应按其工程量考虑折减，折减系数取值按表C.4.6确定。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 表C.4.6结构构件的工程量折减系数 | | | | |
| 结构构件类别 | 计算单位 | 损伤构件数量 | | |
| ≤10 | 11~49 | ≥50 |
| 钢筋混凝土预制管节 | 个 | 1.00 | 插值 | 0.85 |
| 管节连接接头 | 个 | 1.00 | 插值 | 0.85 |

* 1. 结构构件的修复工时
     1. 结构构件的修复工时是指在人工、材料、设备等修复条件完全具备的前提下，由单个工人完成处于某一损伤状态的单一结构构件的功能性恢复所需要的时间，单位为人·天。
     2. 结构构件修复工时的取值宜按表C.5.2确定。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表C.5.2 不同损伤状态下结构构件的修复工时 | | | | | |
| 结构构件名称 | 计算单位 | 损伤状态等级对应的修复工时 | | | |
| 1级 | 2级 | 3级 | 4级 |
| 钢筋混凝土预制管节 | 个 | 3.12 | 7.44 | 11.28 | 33.36 |
| 管节连接接头 | 个 | 5.04 | 6.36 | 16.68 | 36 |

* + 1. 同类型震损构件数量对修复工时的影响采用工程量折减系数表示，其取值应按表C.5.3确定。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 表C.5.3 结构构件修复时间的工程量折减系数 | | | | |
| 结构构件类别 | 计算单位 | 损伤构件数 | | |
| ≤10 | 11~49 | ≥50 |
| 钢筋混凝土预制管节 | 个 | 1.0 | 插值 | 0.75 |
| 管节连接接头 | 个 | 1.0 | 插值 | 0.75 |

1. 常规结构构件的工程需求参数建议值
   1. 适用范围
      1. 本章适用于常规钢筋混凝土装配式综合管廊的主要结构构件，包括钢筋混凝土预制管节、管节连接接头等。
   2. 钢筋混凝土预制管节工程需求参数建议值
      1. 钢筋混凝土预制管节的B、IO、C、CP点的管节层间位移角*θ*y、*θ*IO、*θ*p和*θ*u可按表D.2.1确定，亦可由试验或由经过试验验证的计算确定：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 骨架线参数 | 层间位移角/rad | 对数标准差 |
| *θ*y | 0.004 | 0.4 |
| *θ*IO | 0.01 | 0.4 |
| *θ*p | 0.02 | 0.4 |
| *θ*u | 0.03 | 0.4 |

* 1. 管节连接接头工程需求参数建议值
     1. 管节连接接头在不同损伤等级下的张开量、、和可按表D.3.1确定，亦可由试验或经过试验验证的计算确定：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 表D.3.1 管节连接接头张开量、、和取值 | | | |
| 骨架线参数 | 损伤描述 | 接头张开量/mm | 对数标准差 |
|  | 接头张开，出现少量渗水 | 2 | 0.4 |
|  | 接头出现较大张开，密封垫出现滑移 | 5 | 0.4 |
|  | 接头出现显著张开，密封垫出现破坏 | 10 | 0.4 |
|  | 接头严重张开破坏 | 15 | 0.4 |

1. 非结构构件易损性信息
   1. 非结构构件分类及易损性分组
      1. 同一非结构构件类别，应根据易损性参数分为不同的易损性分组，可采用编码形式表达，构件类别-易损性参数X1、易损性参数X2、…、易损性参数X*n*，易损性参数的个数*n*宜根据构件类别进行选择。
      2. 非结构构件的易损性参数宜选择材料种类、抗震连接构造等影响非结构构件韧性性能的关键参数。
      3. 非结构构件损伤状态的详细描述见表E.1.3。

表E.1.3 非结构构件损伤状态详细描述

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 构件 | 分组 | 损伤状态等级 | | |
| 1级 | 2级 | 3级 |
| 出入通道 | 人员及设备出入通道 | 影响人员设备进出 | - | 人员设备无法进出 |
| 给水、排水、再生水管道 | 钢制/铸铁管道 | 出现细微裂缝或穿孔 | 出现1处渗漏或破裂 | 出现多处大量渗漏或严重破裂 |
| 钢砼/预应力砼管道 | 出现细微裂缝或穿孔 | 出现1处渗漏或破裂 | 出现多处大量渗漏或严重破裂 |
| 聚合物管道 | 出现细微裂缝或穿孔 | 出现1处渗漏或破裂 | 出现多处大量渗漏或严重破裂 |
| 天然气管道 | 钢制/铸铁管道 | 出现细微裂缝或穿孔 | 出现1处渗漏或破裂 | 出现多处大量渗漏或严重破裂 |
| 聚合物管道 | 出现细微裂缝或穿孔 | 出现1处渗漏或破裂 | 出现多处大量渗漏或严重破裂 |
| 电力电缆 | 10kV电缆 | 固定失效 | - | 电缆断裂 |
| 35kV及以上电压等级电缆 | 固定失效 | - | 电缆断裂 |
| 通信光缆 | 通信光缆 | 固定失效 | 出现1处光缆断裂 | 出现多处光缆断裂 |
| 通风系统 | 通风排烟设备 | - | - | 设备无法正常工作 |
| 照明系统 | 灯具 | - | - | 设备无法正常工作 |
| 排水系统 | 排水泵 | - | - | 设备无法正常工作 |

* 1. 非结构构件损伤状态判别标准
     1. 对于各类非结构构件，其工程需求参数主要包括接头最大张开量或管节加速度的中位值和标准差。
     2. 位移敏感型非结构构件的损伤状态等级应根据时程分析得到的构件所在位置的接头张开量按表E.2.2确定。

|  |  |
| --- | --- |
| 表E.2.2 位移敏感型非结构构件基于接头最大张开量的损伤状态判别标准 | |
| 损伤状态等级 | 判别标准 |
| 0级 |  |
| 1级 |  |
| 2级 |  |
| 3级 |  |
| 注1：为地震作用下，构件所在位置所经历的最大接头张开量。  注2：、和分别为非结构构件损伤状态等级为1~3级对应的接头张开量限值。 | |

* + 1. 加速度敏感型非结构构件的损伤状态等级应根据时程分析得到的管节峰值加速度*PSA*按表E.2.3确定。

|  |  |
| --- | --- |
| 表E.2.3加速度敏感型非结构构件基于管节加速度的损伤状态判别标准 | |
| 损伤状态等级 | 判别标准 |
| 0级 | *PSA*≤*PSA*1 |
| 1级 | *PSA*1<*PSA*≤*PSA*2 |
| 2级 | *PSA*2<*PSA*≤*PSA*3 |
| 3级 | *PSA*>*PSA*3 |
| 注1：*PSA*为地震作用下，构件安装位置所经历的最大加速度。  注2：*PSA*1、*PSA*2和*PSA*3分别为非结构构件损伤状态等级为1~3级对应的加速度限值。 | |

* 1. 非结构构件损失系数
     1. 非结构构件的损失系数应为结构构件处于某一损伤状态时，其经济损失与造价的相对比值。
     2. 非结构构件的经济损失应为采用常规维修方法，将受损构件恢复至震前状态所需要的直接经济费用，包括人工费、材料费、机械费等。
     3. 非结构构件的造价是指按照现行定额制作非结构构件所需的费用。
     4. 非结构构件的损失系数应按表E.3.4取值。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表E.3.4 不同损伤状态下非结构构件的损失系数 | | | | | |
| 构件 | 分组 | 计算单位 | 损伤状态等级对应的损失系数 | | | |
| 1级 | 2级 | 3级 | |
| 出入通道 | 人员及设备出入通道 | 个 | 0.10 | - | 1.00 | |
| 给水、排水、再生水管道 | 钢制/铸铁管道 | 段 | 0.11 | 0.50 | 1.00 | |
| 钢砼/预应力砼管道 | 段 | 0.11 | 0.50 | 1.00 | |
| 聚合物管道 | 段 | 0.11 | 0.50 | 1.00 | |
| 天然气管道 | 钢制/铸铁管道 | 段 | 0.11 | 0.50 | 1.00 | |
| 聚合物管道 | 段 | 0.11 | 0.50 | 1.00 | |
| 电力电缆 | 10kV电缆 | 盘 | 0.10 | - | 1.00 | |
| 35kV及以上电压等级电缆 | 盘 | 0.10 | - | 1.00 | |
| 通信光缆 | 通信光缆 | 段 | 0.10 | 0.50 | 1.00 | |
| 通风系统 | 通风排烟设备 | 台 | - | - | 1.00 | |
| 照明系统 | 灯具 | 台 | - | - | 1.00 | |
| 排水系统 | 排水泵 | 台 | - | - | 1.00 | |

* + 1. 非结构构件的修复系数应为非结构构件处于某一损伤状态时，其修复费用与经济损失的相对比值。同类非结构构件在某一损伤状态下的修复系数为不考虑构件体积、所在地区等因素影响的常数，其取值应按表 E.3.5确定。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表E.3.5不同损伤状态下非结构构件的修复系数 | | | | | |
| 构件 | 分组 | 计算单位 | 损伤状态等级对应的修复系数 | | |
| 1级 | 2级 | 3级 |
| 出入通道 | 人员及设备出入通道 | 个 | 1.15 | 1.21 | 1.27 |
| 给水、排水、再生水管道 | 钢制/铸铁管道 | 段 | 1.10 | 2.33 | 1.34 |
| 钢砼/预应力砼管道 | 段 | 1.10 | 2.33 | 1.34 |
| 聚合物管道 | 段 | 1.10 | 2.33 | 1.34 |
| 天然气管道 | 钢制/铸铁管道 | 段 | 1.20 | 2.11 | 1.34 |
| 聚合物管道 | 段 | 1.20 | 2.11 | 1.34 |
| 电力电缆 | 10kV电缆 | 盘 | 1.10 | - | 1.20 |
| 35kV及以上电压等级电缆 | 盘 | 1.20 | - | 1.20 |
| 通信光缆 | 通信光缆 | 盘 | 1.20 | 1.50 | 1.20 |
| 通风系统 | 通风排烟设备 | 台 | - | - | 1.20 |
| 照明系统 | 灯具 | 台 | - | - | 1.20 |
| 排水系统 | 排水泵 | 台 | - | - | 1.20 |

* + 1. 同类震损状态的非结构构件的总修复费用应按其工程量考虑折减，折减系数按表E.3.6取值。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 表E.3.6非结构构件的工程量折减系数 | | | | |
| 非结构构件名称 | 计算单位 | 构件数量对应的折减系数 | | |
| 1 | 2~9 | ≥10 |
| 出入通道 | 个 | 1.00 | 插值 | 0.96 |
| 给水、排水、再生水管道 | 段 | 1.00 | 插值 | 0.96 |
| 天然气管道 | 段 | 1.00 | 插值 | 0.96 |
| 电力电缆 | 段 | 1.00 | 插值 | 0.96 |
| 通信光缆 | 段 | 1.00 | 插值 | 0.96 |
| 通风系统 | 台 | 1.00 | 插值 | 0.96 |
| 照明系统 | 台 | 1.00 | 插值 | 0.96 |
| 排水系统 | 台 | 1.00 | 插值 | 0.96 |

* 1. 非结构构件修复工时
     1. 非结构构件的修复工时应为在人工、材料、设备等修复条件完全具备的前提下，由单个工人完成处于某一损伤状态的单一非结构构件的功能性恢复所需要的时间，单位为人·天。
     2. 非结构构件修复工时应按表E.4.2取值。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表E.4.2 非结构构件修复工时 | | | | | |
| 构件  （修复工作编号） | 分组 | 计算单位 | 损伤状态等级对应的修复工时 | | |
| 1级 | 2级 | 3级 |
| 出入通道 | 人员及设备出入通道 | 个 | 5.0 | - | 30.0 |
| 给水、排水、再生水管道 | 钢制/铸铁管道 | 段 | 0.50 | 1.0 | 2.0 |
| 钢砼/预应力砼管道 | 段 | 0.50 | 1.0 | 2.0 |
| 聚合物管道 | 段 | 0.50 | 1.0 | 2.0 |
| 天然气管道 | 钢制/铸铁管道 | 段 | 1.0 | 4.0 | 8.0 |
| 聚合物管道 | 段 | 1.0 | 4.0 | 8.0 |
| 电力电缆 | 10kV电缆 | 盘 | 0.50 | - | 2.20 |
| 35kV及以上电压等级电缆 | 盘 | 0.50 | - | 2.20 |
| 通信光缆 | 通信光缆 | 盘 | 0.50 | 1.50 | 2.20 |
| 通风系统 | 通风排烟设备 | 台 | - | - | 12.0 |
| 照明系统 | 灯具 | 台 | - | - | 0.8 |
| 排水系统 | 排水泵 | 台 | - | - | 12.0 |

* + 1. 同类型震损构件数量对修复工时的影响采用工程量折减系数表示，其取值应按表E.4.3确定。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 表E.4.3非结构构件修复时间的工程量折减系数 | | | | |
| 非结构构件名称 | 计算单位 | 构件数量对应的折减系数 | | |
| 1 | 2~10 | >10 |
| 出入通道 | 个 | 1.00 | 插值 | 0.90 |
| 给水、排水、再生水管道 | 段 | 1.00 | 插值 | 0.90 |
| 天然气管道 | 段 | 1.00 | 插值 | 0.90 |
| 电力电缆 | 盘 | 1.00 | 插值 | 0.90 |
| 通信光缆 | 盘 | 1.00 | 插值 | 0.90 |
| 通风系统 | 台 | 1.00 | 插值 | 0.90 |
| 照明系统 | 台 | 1.00 | 插值 | 0.90 |
| 排水系统 | 台 | 1.00 | 插值 | 0.90 |

1. 非结构构件的工程需求参数建议值
   * 1. 本章节适用于常规装配式综合管廊中的主要非结构构件，包括持久性的非结构构件、入廊管线和支承于管廊结构的附属机电设备等。
2. 非结构构件和入廊管线应为管廊中除承重骨架体系以外的固定构件和部件，主要包括给水管道、排水管道、再生水管道、天然气管道、电力电缆、通信线缆以及人员设备出入通道等。
3. 附属机电设备应为为使用功能服务的附属机械、电气构件、部件和系统，主要包括通风系统设备、照明系统设备、排水系统设备等。
   * 1. 常见的非结构构件的工程需求参数宜按表F.0.2取值。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表F.0.2非结构构件工程需求参数 | | | | | | | | |
| 构件 | 工程需求  参数类型 | 分组 | 不同损伤状态等级对应的中位值 | | | 不同损伤状态等级对应的标准差 | | |
| 1级 | 2级 | 3级 | 1级 | 2级 | 3级 |
| 出入通道 | *PSA*(g) | 人员及设备出入通道 | 1.40 | - | 2.00 | 0.4 | - | 0.4 |
| 给水、排水、再生水管道 | (mm) | 钢制/铸铁管道（常规支座） | 2.0 | 6.0 | 10.0 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| 钢制/铸铁管道（隔震支座） | 4.0 | 8.0 | 14.0 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| 钢砼/预应力砼管道（常规支座） | 2.0 | 6.0 | 10.0 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| 钢砼/预应力砼管道（隔震支座） | 4.0 | 8.0 | 14.0 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| 聚合物管道（常规支座） | 2.0 | 6.0 | 10.0 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| 聚合物管道（隔震支座） | 4.0 | 8.0 | 14.0 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| 天然气管道 | (mm) | 钢制/铸铁管道（常规支座） | 2.0 | 3.0 | 8.0 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| 钢制/铸铁管道（隔震支座） | 3.0 | 5.0 | 12.0 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| 聚合物管道（常规支座） | 2.0 | 3.0 | 8.0 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| 聚合物管道（隔震支座） | 3.0 | 5.0 | 12.0 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| 电力电缆 | *PSA*(g) | 10kV电缆（常规支架） | 0.50 | - | 2.20 | 0.2 | - | 0.2 |
| 10kV电缆（隔震支架） | 0.90 | - | 3.20 | 0.2 | - | 0.2 |
| 35kV及以上电压等级电缆（常规支架） | 0.50 | - | 2.20 | 0.2 | - | 0.2 |
| 35kV及以上电压等级电缆（隔震支架） | 0.90 | - | 3.20 | 0.2 | - | 0.2 |
| 通信光缆 | *PSA*(g) | 通信光缆（常规支架） | 0.50 | 1.50 | 2.20 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| 通信光缆（隔震支架） | 0.90 | 2.20 | 3.20 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| 通风系统 | *PSA*(g) | 通风排烟设备 | - | - | 2.40 | - | - | 0.2 |
| 照明系统 | *PSA*(g) | 灯具 | - | - | 2.40 | - | - | 0.2 |
| 排水系统 | *PSA*(g) | 排水泵 | - | - | 2.0 | - | - | 0.2 |

1. 构件损伤状态判定方法
   * 1. 构件损伤状态应采用蒙特卡洛模拟方法确定，蒙特卡洛模拟流程见图G.0.1。



图G.0.1蒙特卡洛模拟流程

* + 1. 每次时程分析可得到一组工程需求参数，将各次时程分析的工程需求参数组装为矩阵，每列表示一个特定的工程需求参数的取值，每行表示一次时程分析的结果。
    2. 扩充后的工程需求参数与分析得到的工程需求参数应具有相同的联合分布，扩充后的工程需求参数矩阵与时程分析得到的工程需求参数矩阵应具有相同的均值与方差。
    3. 工程需求参数的分布取联合对数正态分布。对工程需求参数矩阵的值应取对数，新矩阵中参数分布应满足联合正态分布。
    4. 工程需求参数的对数分布可由下式确定：

 （G.0.5）

式中：

*Z*——*Z*=[*Z*1, *Z*2…, *Zn*]*T*，*Zi*为第*i*个工程需求参数的取对数变量；

*U*——*U*=[*U*1, *U*2…, *Um*]*T*，*Ui*为第*i*个独立正态分布的变量；

*L*——∑*YY*矩阵Cholesky分解得到的下三角矩阵，∑*YY*为取对数后工程需求参数矩阵*Y*的协方差矩阵；

——矩阵*Y*的均值矩阵。

* + 1. 当矩阵∑*YY*满秩时，G.0.5中*m*应等于工程需求参数的个数*n*；当矩阵∑*YY*不满秩时，*m*应等于∑*YY*的秩。*L*为*n*×*m*的矩阵，当*i*小于*j*时，*lij*取0。
    2. 独立正态分布变量的取值可由计算机的伪随机数生成。
    3. 工程需求参数的分布由其取对数的分布取指数确定。
    4. 利用式（G.0.5）计算得到一组工程需求参数的对数取值，取指数后得到工程需求参数的取值，多次利用式（G.0.5），将计算结果组装为矩阵，即可得到扩充后的工程需求参数分布的取值。
    5. 构件各类损伤状态的发生概率应由其所依赖的工程需求参数，结合构件易损性数据确定。
    6. 一次蒙特卡洛模拟中构件的损伤状态应采用生成随机数的方法，结合构件各类损伤状态的超越概率确定。在给定工程需求参数的条件下，即给定图G.0.11中A点，第*i*级损伤状态的超越概率为*Pi*。生成0~1的随机数*R*，当*R*大于*P*1小于1时，损伤状态为0级损伤状态DS0；当*R*大于*Pi+*1小于*Pi*时，损伤状态为*i*级损伤状态DS*i*；当*R*大于0小于*Pn*时，损伤状态为*n*级损伤状态DS*n*。



图G.0.11构件易损性曲线示意

本规程用词说明

为便于在执行本规程条文时区别对待，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”，反面间采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件允许时首先这样的；

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

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

《城市综合管廊工程技术规范》 GB 50838

《地下结构抗震设计标准》 GB/T 51336

**中国工程建设标准化协会标准**

装配式综合管廊抗震韧性评价标准

**T/CECS XXX-202X**

条文说明