**UDC**

中华人民共和国国家标准 ****

**P GB/T 50××× – 202×**

**城市地下综合管廊抗震设计标准**

Standard For Seismic Design of Urban Utility Tunnel（征求意见稿）

20××-××-××发布 20××-××-××实施

中华人民共和国住房和城乡建设部

联合发布

国 家 市 场 监 督 管 理 总 局

**中华人民共和国国家标准**

**城市地下综合管廊抗震设计标准**

Standard For Seismic Design of Urban Utility Tunnel

GB/T 50××× – 202×

主编部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：202×年××月××日

中国XX出版社

202×年×月

前 言

根据住房和城乡建设部标准定额司《关于开展<建筑垃圾就地分类及再利用技术标准>等13项标准编制工作的函》（建标标函〔2019〕154号）的要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，编制了本标准。

本标准共分为10章，主要技术内容包括：总则、术语和符号、基本规定、场地、设计地震动、材料及性能参数、抗震计算和验算、现浇混凝土综合管廊、预制拼装混凝土综合管廊、附属设施。

本标准由住房和城乡建设部负责管理。

|  |  |
| --- | --- |
| 本标准起草单位： | 上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司（地址：上海市中山北二路901号，邮政编码：200092）同济大学 |
| 本标准主要起草人员： |  |
| 本标准主要审查人员： |  |
|  |  |

目 次

**[1 总则 1](#_Toc9670)**

**[2 术语和符号 2](#_Toc13434)**

[2.1 术语 2](#_Toc24344)

[2.2 符号 3](#_Toc2491)

**[3 基本规定 6](#_Toc15948)**

[3.1 抗震设防分类和设防标准 6](#_Toc10071)

[3.2 地震作用 6](#_Toc11116)

[3.3 结构体系 7](#_Toc10046)

[3.4 地震反应计算 7](#_Toc2699)

[3.5 抗震措施 8](#_Toc20362)

[3.6 减震隔震设计 8](#_Toc6730)

[3.7 地震反应观测 9](#_Toc31112)

**[4 场地 10](#_Toc14148)**

[4.1 场地分类与评价 10](#_Toc24025)

[4.2 场地地震液化的判别及其处理措施 12](#_Toc13352)

**[5 设计地震动 14](#_Toc22213)**

[5.1 综合管廊设计地震动参数 14](#_Toc13124)

[5.2 设计地震动加速度时程 15](#_Toc29171)

**[6 材料及性能参数 16](#_Toc5584)**

[6.1 一般规定 16](#_Toc13608)

[6.2 材料选用及力学参数 16](#_Toc30275)

**[7 抗震计算和验算 17](#_Toc21948)**

[7.1 一般规定 17](#_Toc3684)

[7.2 反应位移法Ⅰ 17](#_Toc24798)

[7.3 反应位移法Ⅱ 19](#_Toc12043)

[7.4 反应位移法Ⅲ 21](#_Toc742)

[7.5 反应位移法Ⅳ 23](#_Toc24224)

[7.6 整体式反应位移法 23](#_Toc20033)

[7.7 时程分析法 24](#_Toc7389)

[7.8 截面抗震验算 25](#_Toc9921)

[7.9 抗震变形验算 26](#_Toc32096)

[7.10 地震抗浮验算 27](#_Toc23631)

**[8 现浇混凝土综合管廊 29](#_Toc6160)**

[8.1 一般规定 29](#_Toc6228)

[8.2 计算要求 29](#_Toc1378)

[8.3 抗震措施 30](#_Toc7002)

**[9 预制拼装混凝土综合管廊 32](#_Toc3579)**

[9.1 一般规定 32](#_Toc29868)

[9.2 计算要求 32](#_Toc12364)

[9.3 抗震措施 35](#_Toc27648)

**[10 附属设施 39](#_Toc29717)**

[10.1 一般规定 39](#_Toc21876)

[10.2 计算要求 39](#_Toc753)

[10.3 抗震措施 39](#_Toc2654)

**[本标准用词说明 40](#_Toc30299)**

**[引用标准名录 41](#_Toc21958)**

**附：条文说明 42**

Contents

[1 General 1](#_Toc9670)

[2 Terms and Symbols 2](#_Toc13434)

[2.1 Terms 2](#_Toc24344)

[2.2 Symbols 3](#_Toc2491)

[3 Basic Requirements 6](#_Toc15948)

[3.1 Category and Target for Sesmic Precaution 6](#_Toc10071)

[3.2 Earthquake Motion 6](#_Toc11116)

[3.3 Structural System 7](#_Toc10046)

[3.4 Seismic Response Calculation 7](#_Toc2699)

[3.5 Seismic Measures 8](#_Toc20362)

[3.6 Isolation and Energy-Dissipation 8](#_Toc6730)

[3.7 Seismic Motion Observation System 9](#_Toc31112)

[4 Site 10](#_Toc14148)

[4.1 Site Category and Evaluation 10](#_Toc24025)

[4.2 Liquefaction Evaluation and Mitigation 12](#_Toc13352)

[5 Earthquake Action 14](#_Toc22213)

[5.1 Earthquake Motion Parameters 14](#_Toc13124)

[5.2 Earthquake Motion Acceleration Time History 15](#_Toc29171)

[6 Material and Construction 16](#_Toc5584)

[6.1 General Requirements 16](#_Toc13608)

[6.2 Material and Construction Parameters 16](#_Toc30275)

[7 Seismic Calculation and Checking 17](#_Toc21948)

[7.1 General Requirements 17](#_Toc3684)

[7.2 Seismic Displacement MethodⅠ 17](#_Toc24798)

[7.3 Seismic Displacement MethodⅡ 19](#_Toc12043)

[7.4 Seismic Displacement Method Ⅲ 21](#_Toc742)

[7.5 Seismic Displacement Method Ⅳ 23](#_Toc24224)

[7.6 Integrated Seismic Displacement Method 23](#_Toc20033)

[7.7 Time History Analysis Method 24](#_Toc7389)

[7.8 Checking for Strength 25](#_Toc9921)

[7.9 Checking for Deformation 26](#_Toc32096)

[7.10 Checking for Floatation 27](#_Toc23631)

[8 Cast-in-place Utility Tunnel Structure 29](#_Toc6160)

[8.1 General Requirements 29](#_Toc6228)

[8.2 Requirements for Calculation 29](#_Toc1378)

[8.3 Seismic Measures 30](#_Toc7002)

[9 Prefabricated Utility Tunnel Structure 32](#_Toc3579)

[9.1 General Requirements 32](#_Toc29868)

[9.2 Requirements for Calculation 32](#_Toc12364)

[9.3 Seismic Measures 35](#_Toc27648)

[10 Accessorial Works 39](#_Toc29717)

[10.1 General Requirements 39](#_Toc21876)

[10.2 Requirements for Calculation 39](#_Toc753)

[10.3 Seismic Measures 39](#_Toc2654)

[Explanation of Wording in This Standard 40](#_Toc30299)

[List of Quoted Standards 41](#_Toc21958)

Addition:Explanation of Provisions

# 1 总则

**1.0.1** 为实现预防为主，在现有的科学技术水平和经济条件下，使城市市政综合管廊经抗震设防后，减轻内部管线破坏和人员伤亡，减少经济损失，制订本标准。

**1.0.2**  本规范适用于抗震设防烈度为6、7、8和9度地区城市市政综合管廊的抗震设计。

**1.0.3**  城市市政综合管廊所在地区的抗震设防烈度应采用根据现行国家标准 《中国地震动参数区划图》 GB 18306 确定的地震基本烈度。已完成地震安全性评价的工程场地，可按审定的抗震设防烈度或设计地震动参数进行抗震设防，但不应低于现行国家标准 《中国地震动参数区划图》 GB 18306 的要求。

**1.0.4** 城市市政综合管廊的抗震设计，除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

# 2 术语和符号

## 2.1 术语

**2.1.1** 城市市政综合管廊 utility tunnel

建于城市地下用于容纳两类及其以上城市工程管线的构筑物及附属设施。

**2.1.2**  现浇混凝土综合管廊 cast-in-place utility tunnel

在工程现场浇筑的城市市政综合管廊。

**2.1.3** 预制拼装混凝土综合管廊 prefabricated utility tunnel

通过预制装配技术生产后运输至工程现场拼装成型的城市市政综合管廊。

**2.1.4** 整舱预制拼装综合管廊 integral prefabricated utility tunnel

指单舱或多舱混凝土综合管廊在横断面方向整体预制成标准节段，仅在纵向通过可靠的连接方式将标准预制节段装配而成的城市市政综合管廊。

**2.1.5** 叠合板式拼装综合管廊 composite prefabricated utility tunnel

指综合管廊的侧壁采用双面叠合混凝土板，通过在双面叠合混凝土板的空腔中后浇混凝土与顶板和底板可靠连接装配而成的城市市政综合管廊。

**2.1.6**  预制板式拼装综合管廊 slab prefabricated utility tunnel

指综合管廊的侧壁采用预制混凝土实心板、顶板采用叠合板或预制板，通过可靠的连接方式装配而成的城市市政综合管廊。

**2.1.7** 预制槽型拼装综合管廊 groove-shaped prefabricated utility tunnel

指将综合管廊拆分为上下两个对拼的预制槽型构件，通过可靠的连接方式装配而成的城市市政综合管廊。

**2.1.8** 地震动 seismic ground motion

地震引起的地表及近地表介质的震动。

**2.1.9** 地震动参数 seismic ground motion parameters

表征地震动时地面运动的物理参数，包括峰值、持时和反应谱特征周期等。

**2.1.10** 地震作用 earthquake action

地震动对结构产生的动力作用，包括水平地震作用和竖向地震作用。

**2.1.11**  抗震措施 seismic measures

除地震作用计算和抗力计算以外的抗震设计内容，包括抗震构造措施。

**2.1.12** 抗震设防标准 seismic fortification criterion

进行抗震设防的尺度要求，由设计地震动参数和综合管廊的设防等级综合确定。

**2.1.13** 动力时程分析 dynamic time history analysis

逐步积分求解运动微分方程的动力分析方法

**2.1.14** 自由场动力分析方法 free-field site response analysis method

对自由场土体进行地震作用下动力时程分析，以获得各反应时程的方法。

**2.1.15** 反应位移法 seismic displacement method

考虑场地土层地震动相对位移、结构惯性力和周围土层剪力，对综合管廊等地下结构进行抗震计算的拟静力方法。

**2.1.16**  整体式反应位移法 integrated seismic displacement method

适用于均质、水平或复杂成层场地中复杂断面的综合管廊等地下结构的反应位移法。

**2.1.17**  发震断层 seismogenic fault

曾发生或可能发生破坏性地震的断层。

## 2.2 符号

**2.2.1** 作用和作用效应

——Ⅱ类场地地表水平向峰值加速度；

——综合管廊所受上浮荷载设计值；

——作用于点水平向的节点力；

——作用于点竖直向的节点力；

——水平地震作用标准值；

——竖向地震作用标准值；

——重力荷载代表值；

——管廊结构单元上作用的惯性力；

——超静孔压引起上浮力标准值的效应；

——静力条件下的浮力设计值；

——综合管廊壁和桩侧摩阻力设计值；

——作用组合的效应函数；

——综合管廊结构构件作用效应设计值；

——水平地震作用标准值的效应；

——竖向地震作用标准值的效应；

——重力荷载代表值的效应；

——圆形管廊结构上任意点A处的剪应力；

——管廊结构底板剪切力；

——管廊结构侧壁剪切力；

——管廊结构顶板剪切力；

——材料在工作温度时的弯曲应力。

**2.2.2**  材料性能和抗力

——地基承载力特征值；

——管廊结构底面所在土层震动弱化指数；

——综合管廊结构构件承载力设计值；

——综合管廊结构抗浮力设计值；

——综合管廊结构自重设计值；

——上覆地层有效自重设计值；

——综合管廊结构弹性层间位移；

——综合管廊结构弹塑性层间位移；

——弹性层间位移角限值；

——弹塑性层间位移角限值。

**2.2.3**  几何参数

——管廊结构表层单元外表面面积；

——地层沿综合管廊纵向的计算长度；

——综合管廊舱室高度；

——综合管廊结构高度；

——地基的集中弹簧间距；

——有限元网格沿竖向的最大尺寸；

——地震时深度处地层相对设计基准面的水平位移；

——深度处相对管廊结构底部的自由底层相对位移；

——深度处相对设计基准面的自由地层地震反应位移；

——深度；

——管廊结构底板埋深；

——管廊结构顶板埋深；

——地层变形的波长；

——表面地层的剪切波波长；

——计算基准面地层的剪切波波长；

——推荐的管道支承间距；

——最大允许的管道支承间距。

**2.2.4** 计算系数

——水平地震作用分项系数；

——竖向地震作用分项系数；

——重力荷载分项系数；

——地震抗浮安全系数。

**2.2.5**  其他

——地层动剪切模量；

——压缩、剪切地基弹簧刚度；

——基床系数；

——管廊结构单元的质量；

——管廊结构单元的加速度；

——表面地层的平均剪切波速；

——计算基准面地层的平均剪切波速；

——考虑地层应变水平的场地特征周期；

——地震波在该地层中沿竖向传播的最小波长；

——地震波传播方向与综合管廊结构轴线的夹角。

# 3 基本规定

## 3.1 抗震设防分类和设防标准

**3.1.1** 除个别重要工程外，城市市政综合管廊的抗震设防类别应划为重点设防类（简称乙类），缆线综合管廊可不进行抗震设计。

**3.1.2** 综合管廊的抗震性能要求应按表3.1.2划分等级。

表3.1.2 综合管廊的抗震性能要求等级划分

|  |  |
| --- | --- |
| 等级 | 定义 |
| 性能要求Ⅰ | 地震后不受损坏或不需进行修理即可保持正常使用功能，附属设施不损坏或轻微损坏但可快速修复，结构处于线弹性工作阶段 |
| 性能要求Ⅱ | 受轻微损伤但短期内经修复能恢复其正常使用功能，结构整体处于弹性工作阶段 |
| 性能要求Ⅲ | 主体结构不出现严重破损并可经整修恢复使用，结构处于弹塑性工作阶段 |
| 性能要求Ⅳ | 不倒塌或造成重大损失的严重破坏 |

**3.1.3** 城市市政综合管廊的抗震设防应分为多遇地震动、基本地震动、罕遇地震动和极罕遇地震动4个设防水准。设计地震动参数的取值可按现行国家标准 《中国地震动参数区划图》 GB 18306 的规定执行。

**3.1.4** 城市市政综合管廊的抗震设防目标应符合表3.1.4的规定。

表3.1.4 综合管廊抗震设防目标

|  |  |
| --- | --- |
| 抗震设防类别 | 设防水准 |
| 多遇 | 基本 | 罕遇 | 极罕遇 |
| 乙类 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅲ | — |

## 3.2 地震作用

**3.2.1** 城市市政综合管廊应按本地区抗震设防烈度确定其地震作用。

**3.2.2** 城市市政综合管廊所在地区遭受的地震影响应采用相应于抗震设防烈度的设计基本地震加速度表征。抗震设防烈度与设计基本地震加速度取值的对应关系应符合表3.2.2的规定。场地地表水平向设计地震加速度反应谱可按现行国家标准《城市轨道交通结构抗震设计规范》 GB 50909 的规定执行。

表3.2.2 抗震设防烈度与设计基本地震加速度取值的对应关系

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 抗震设防烈度 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 设计基本地震加速度值（g） | 0.05 | 0.10 | 0.15 | 0.20 | 0.30 | 0.40 |

注：g为重力加速度。

**3.2.3** 城市综合管廊施工阶段可不计地震作用影响。

## 3.3 结构体系

**3.3.1**  城市市政综合管廊可分为现浇混凝土综合管廊和预制拼装混凝土综合管廊，其中预制拼装混凝土综合管廊可分为整舱预制拼装综合管廊、叠合板式拼装综合管廊、预制板式拼装综合管廊、预制槽型拼装综合管廊。各类城市综合管廊结构体系应根据地下结构的抗震设防类别、抗震设防烈度、结构尺寸、场地条件、地基、结构材料和施工等因素，经技术、经济和使用条件综合比较。

**3.3.2**  结构体系应符合下列规定：

**1**  应具有明确的计算简图和合理的地震作用传递途径；

**2** 不宜因部分结构或构件破坏而导致整个结构丧失抗震性能或承载力；

**3**  应具备必要的抗震承载能力、良好的变形能力和消耗地震能量的能力；

**4** 不应影响近旁既有建筑、构筑物或地下结构的抗震安全性。

**3.3.3**  结构构件应符合：混凝土结构构件应控制截面尺寸和受力钢筋、箍筋的设置，剪切破坏不宜先于弯曲破坏、混凝土的压溃不宜先于钢筋的屈服、钢筋的锚固粘结破坏不宜先于钢筋破坏。

**3.3.4**  结构各构件之间的连接应符合下列规定：

**1**  构件节点的破坏不应先于其连接的构件；

**2** 预埋件的锚固破坏不应先于连接件。

## 3.4 地震反应计算

**3.4.1**  城市市政综合管廊抗震计算方法宜按表3.4.1采用。

表 3.4.1城市市政综合管廊抗震计算方法

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 抗震设计方法 | 维度 | 地层条件 | 几何形状 |
| 反应位移法Ⅰ | 横向 | 均质 | 截面形式简单 |
| 反应位移法Ⅱ | 横向 | 均质/水平成层/复杂成层 |
| 整体式反应位移法 | 横向 | 均质/水平成层/复杂成层 | 截面形式简单/复杂 |
| 反应位移法Ⅲ | 纵向 | 沿纵向均匀 | 线长形 |
| 反应位移法Ⅳ | 纵向 | 沿纵向非均匀 | 线长形 |
| 等效线性化时程分析法 | 二维/三维 | 均质/水平成层/复杂成层/含软弱土层 | 线长形、截面形式或整体形状简单/复杂 |
| 弹塑性时程分析法 | 二维/三维 | 均质/水平成层/复杂成层/含软弱土层/含液化土层 |

**3.4.2**  城市综合管廊抗震计算应符合下列规定：

**1** 采用的简化计算模型应尽可能贴近管廊在地震作用下的真实情况，能反应真实管廊体系的变形和受力特征；

**2** 在抗震计算时应考虑综合管廊体型、地震输入方向及非均匀场地等最不利工况的影响；

**3** 经分析判断为有效后，计算结果方可用于指导工程设计。

## 3.5 抗震措施

**3.5.1** 城市市政综合管廊应根据抗震设防类别、烈度和结构类型采用不同的抗震等级，并应符合相应的构造措施要求。

**3.5.2** 城市市政综合管廊截面变化部位或者施工方法、地基基础、荷载发生较大变化处的不同结构单元之间，宜根据实际需要设置变形缝。

**3.5.3** 城市市政综合管廊抗震设计中，变形缝的设置应符合下列规定：

**1** 变形缝应贯通综合管廊的整个横断面；

**2**  当结构布置、基础、地层或荷载发生变化，变形缝两侧可能产生较大的差异沉降时，宜通过地基处理、结构措施等方法，将差异沉降控制在综合管廊及其功能允许的范围内；

**3** 变形缝的设置宜避开综合管廊出入口、通风口范围，同时宜避开不能跨缝设置的装备；

**4** 变形缝的宽度宜采用20～30mm，同时应采取措施满足综合管廊的防水要求。

**3.5.4** 城市市政综合管廊刚度突变、管线引出处等薄弱部分应加强抗震构造措施。

**3.5.5**  城市市政综合管廊内部附属设施的抗震构造措施可按现行国家标准 《建筑抗震设计规范》 GB 50011 的有关规定执行。

## 3.6 减震隔震设计

**3.6.1** 城市市政综合管廊结构可采用减震和隔震设计。

**3.6.2**  管廊内管线可采用抗震支架或抗震接头等以提升管线的抗震性能。

**3.6.3** 采用减震和隔震设计的综合管廊，其抗震设防性能目标不应低于本标准第3.1.4条的规定。

## 3.7 地震反应观测

**3.7.1** 抗震设防烈度为7、8、9度的城市市政综合管廊，宜设置结构的地震反应观测系统，结构设计宜留有观测设备的位置。

**3.7.2**  对于有特殊要求的城市市政综合管廊宜进行试验验证。

# 4 场地

## 4.1 场地分类与评价

**4.1.1** 选择城市市政综合管廊建设场地时，应对地段按表4.1.1的规定进行对抗震有利、一般、不利和危险的划分。

表4.1.1有利、一般、不利和危险地段的划分

|  |  |
| --- | --- |
| 地段类别 | 地质、地形、地貌 |
| 有利地段 | 稳定基岩，坚硬土，开阔、平坦、密实、均匀的中硬土等 |
| 一般地段 | 不属于有利、不利和危险的地段 |
| 不利地段 | 软弱土，液化土，条状突出的山嘴，高耸孤立的山丘，陡坡，陡坎，河岸和边坡的边缘，平面分布上成因、岩性、状态明显不均匀的土层（含故河道、疏松的断层破碎带、暗埋的塘浜沟谷和半填般挖地基），高含水量的可塑黄土，地表存在结构性裂缝等 |
| 危险地段 | 地震时可能发生滑坡、崩塌、地陷、地裂、泥石流等及发震断裂带上可能发生地层错位的地段 |

**4.1.2**  岩土的类型应按表4.1.2的规定进行划分。

表 4.1.2土的类型划分和剪切波速范围

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 岩土的类型 | 岩土的名称和性状 | 土层剪切波速范围（m/s） |
| 岩石 | 坚硬和较坚硬的稳定岩石 | Vs>800 |
| 坚硬土或软质岩石 | 破碎和较破碎的岩石或软和较软的岩石，密实的碎石土 | 800≥Vs>500 |
| 中硬土 | 中密、稍密的碎石土，密实、中密的砾、粗、中砂，>250kPa的黏性土和粉土，坚硬黄土 | 500≥Vs>250 |
| 中软土 | 稍密的砾、粗、中砂，除松散外的细、粉砂，≤250kPa的黏性土和粉土，>140kPa的填土，可塑黄土 | 250≥Vs>150 |
| 软弱土 | 淤泥和淤泥质土，松散的砂，新近沉积的黏性土和粉土，≤140kPa的填土，流塑黄土 | Vs≤150 |

**4.1.3** 综合管廊场地覆盖层厚度的确定，应符合下列规定：

**1** 一般情况下，应按地面至剪切波速大于500m/s且其下卧各层岩土的剪切波速均不小于500m/s的土层顶面的距离确定。

**2** 当地面5m以下存在剪切波速大于其上部各土层剪切波速2.5倍的土层，且该层及下卧各层岩土的剪切波速均不小于400m/s时，可按地面至该土层顶面的距离确定。

**3** 剪切波速大于500m/s的孤石、透镜体，应视同周围土层。

**4**  土层中的火山岩硬夹层，应视为刚体，其厚度应从覆盖土层中扣除。

**4.1.4** 应按下式计算土层的平均剪切波速：

 (4.1.4-1)

 (4.1.4-2)

式中：——土层平均剪切波速（m/s）；

——计算深度（m），取覆盖层厚度和20m二者的较小值；

——剪切波在地面至计算深度之间的传播时间（s）；

——计算深度范围内第土层的厚度（m）；

——计算深度范围内第土层的剪切波速（m/s）；

——计算深度范围内土层的分层数。

**4.1.5** 场地类别的划分应符合现行国家标准 《建筑抗震设计规范》 GB50011 的相关规定。

**4.1.6**  选择城市市政综合管廊场地时，应根据工程需要综合判定其场地类别属于抗震有利、一般、不利、危险地段。对不利和危险地段应主动绕避。无法避开时应做好监测工作。

**4.1.7**  当城市市政综合管廊穿越沿纵向变化明显的场地时，应根据土体非均匀程度等方面综合估计对管廊地震响应的影响，并采取相应措施。

**4.1.8** 含有饱和砂土或粉土、软弱粘性土、新近堆积和晚更新世饱和砂黄土及砂质粉黄土土层的场地，应估计其不利影响并采取相应措施。

**4.1.9**  对于可能产生滑坡、塌陷、崩塌和位于采空区影响范围内等的场地，应进行地震作用下岩土体稳定性的评价。

**4.1.10**  当城市市政综合管廊建设场地内或周围存在发震断裂时，应对断裂可能造成的工程影响进行综合评价，并应符合下列要求：

**1** 不考虑断裂对综合管廊的影响时，需至少符合以下条件之一：

**1）** 抗震设防烈度不大于7度；

**2）** 非全新世活动断裂；

**3）** 抗震设防烈度为8度和9度时，隐伏断裂至综合管廊底面之间的土层覆盖厚度分别大于60m和90m；

**2**  当不符合上述条件时，应避开主断裂带。综合管廊与主断裂之间的避让距离不宜小于表 4.1.10 的规定。当难以避让主断裂带时，应对其影响进行专门研究，并采取相应类型的结构和构造措施。

表 4.1.10发震断裂的最小避让距离

|  |  |
| --- | --- |
| 抗震设防烈度 | 抗震设防类别 |
| 8 | 200m |
| 9 | 400m |

**4.1.11** 当所处场地对抗震明显不利时，应对城市市政综合管廊进行考虑土-结相互作用的抗震验算。采用时程分析法进行场地地震反应分析时，应根据设计要求，提供地层剖面、场地覆盖层厚度和剪切波速、动剪切模量、动弹性模量、动泊松比、阻尼比等动力参数。

**4.1.12** 地震作用下天然地基的竖向承载力应根据地震作用效应标准组合的基础底面平均压力和边缘最大压力按现行国家标准《建筑抗震设计规范》 GB 50011 的相关规定确定。

## 4.2 场地地震液化的判别及其处理措施

**4.2.1** 场地地震液化的判别和处理应符合下列规定：

**1**  当抗震设防地震动分档为0.05g时，综合管廊可按抗震设防地震动为0.10g的要求进行场地地震液化判别和处理；

**2** 当抗震设防地震动分档为0.10g及以上时，综合管廊可按本地区的抗震设防地震动分档的要求进行场地地震液化判别； **3** 宜对遭遇罕遇或极罕遇地震作用时的场地液化效应进行评价。

**4.2.2** 综合管廊场地的地震液化判别应按《地下结构抗震设计标准》 GB/T 51336 有关规定进行。

**4.2.3** 存在地震液化引起的地基侧向流动的影响时，应采取防土体滑动措施或结构抗裂措施。当饱和粉土、砂土和黄土层比较平坦且均匀时，宜按表4.2.3选用抗液化措施。

表 4.2.3抗液化措施

|  |  |
| --- | --- |
| 结构分类 | 液化等级 |
| 轻微 | 中等 | 严重 |
| 乙类 | 部分消除液化上浮或沉陷，或采用结构措施 | 全部消除液化上浮或沉陷，或部分消除液化上浮或沉陷且采用结构措施 | 全部消除液化上浮或沉陷，或部分消除液化上浮或沉陷且采用结构措施 |

**4.2.4** 可采用下列措施减轻场地地震液化影响：

**1** 选择合适的综合管廊埋置深度；

**2** 加强综合管廊结构的整体性和刚度；

**3** 预制拼装混凝土综合管廊可采用能够适应变形的柔性接头进行连接；

**4** 合理设置沉降缝；

**5** 可在综合管廊周围设置永久性围护结构，并嵌入非液化地层；

**6** 对液化土层采取注浆加固和换填等消除或减轻液化的措施。

# 设计地震动

## 5.1 城市市政综合管廊设计地震动参数

**5.1.1** 城市综合管廊抗震设计采用的地震动参数，应采用地震动参数区划的结果与本节规定的地震动参数中的较大值。

**5.1.2** 抗震设计采用的地震动参数应包括地表和基岩面水平向峰值加速度、竖向峰值加速度、地表峰值位移以及峰值加速度峰值位移沿深度的分布。

**5.1.3**  场地的地表水平向设计地震动参数取值应符合下列规定：

**1**  场地的地表水平向峰值加速度应根据现行国家标准 《中国地震动参数区划图》 GB 18306 中规定的地震动峰值加速度分区按表5.1.3取值并乘以场地地震动峰值加速度调整系数Γa。Γa应按现行国家标准 《城市轨道交通结构抗震设计规范》 GB 50909 的相关规定确定。

表 5.1.3Ⅱ类场地地表水平向峰值加速度（g）

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 地震动峰值加速度（g） | 0.05 | 0.10 | 0.15 | 0.20 | 0.30 | 0.40 |
| 多遇地震 | 0.03 | 0.05 | 0.08 | 0.10 | 0.15 | 0.20 |
| 基本地震 | 0.05 | 0.10 | 0.15 | 0.20 | 0.30 | 0.40 |
| 罕遇地震 | 0.12 | 0.22 | 0.31 | 0.40 | 0.51 | 0.62 |
| 极罕遇地震 | 0.15 | 0.30 | 0.45 | 0.58 | 0.87 | 1.08 |

**2**  使用反应位移法Ⅰ进行计算时，场地地表水平向峰值位移应按现行国家标准 《城市轨道交通抗震设计规范》 GB 50909 的相关规定确定并乘以场地地震动峰值位移调整系数Γa，Γa应按现行国家标准 《城市轨道交通抗震设计规范》 GB 50909 的相关规定确定。对极罕遇地震作用情形应按时程分析法计算。

**5.1.4**  当考虑竖向地震动时，场地地表竖向设计地震动峰值加速度应按现行国家标准 《城市轨道交通抗震设计规范》 GB 50909 的相关规定确定。

**5.1.5** 地震动参数沿深度的变化应符合下列规定：

**1**  使用反应位移法Ⅰ和反应位移法Ⅲ进行计算时，深度越深位置的峰值加速度应越小。基岩处的地震作用可取为地表的一半，其间可按插值方法确定。

**2**  使用反应位移法Ⅱ、整体式反应位移法或时程分析法进行计算时，地表以下一定深度的峰值加速度应根据地表峰值加速度进行反演。

## 5.2 设计地震动加速度时程

**5.2.1**  设计地震动加速度时程可人工生成，其加速度反应谱曲线与设计地震动加速度反应谱曲线的误差应小于5%。

**5.2.2**  工程场地的设计地震动时间过程合成宜利用地震和场地环境相近的实际强震记录作为初始时间过程。

**5.2.3** 当采用时程分析法进行结构动力分析时，应采用不少于3组设计地震动时程。当设计地震动时程少于7组时，宜取时程法计算结果和反应位移法计算结果中的较大值；当设计地震动时程为7组及以上时，可采用计算结果的平均值。

# 材料及性能参数

## 6.1 一般规定

**6.1.1**  城市市政综合管廊所使用的材料品类及性能参数应符合相关国家、行业标准的规定，并应满足抗震和耐久性要求。

**6.1.2** 城市市政综合管廊主体结构宜采用钢筋混凝土材料，管道支墩可采用钢筋混凝土材料或钢材料，管道、管线支架等悬挂附属设施宜采用轻质高强材料，并具有较好的韧性。

## 6.2 材料选用及力学参数

**6.2.1** 现浇和预制拼装混凝土综合管廊主体结构的混凝土强度等级均不宜大于C60；其他构件，9度时不宜超过C60，8度时不宜超过C70；预制综合管廊混凝土强度等级不宜低于C40。

**6.2.2** 非预应力纵向受力钢筋宜采用不低于HRB400级的热轧钢筋，箍筋宜采用不低于HPB300级的热轧钢筋。

**6.2.3** 钢结构的钢材宜采用Q235等级B、C、D的碳素结构钢或Q345等级B、C、D、E的低合金高强度结构钢；当有可靠依据时，尚可采用其他钢种和钢号。

**6.2.4**  预应力筋宜采用预应力钢绞线、预应力钢丝和预应力螺纹钢筋。

**6.2.5** 钢筋混凝土结构普通受力钢筋的抗拉强度实测值与屈服强度实测值的比值不应小于1.25，其屈服强度实测值与标准值的比值不应大于1.3，在最大力下的总伸长率实测值不应小于9%。

**6.2.6**  钢结构钢材的屈服强度实测值与抗拉强度实测值的比值不应大于0.85，且伸长率不应小于20%，应有明显的屈服台阶、良好的焊接性和合格的冲击韧性。

**6.2.7** 预应力筋-锚具组装件的锚固性能应符合行业标准《预应力混凝土结构抗震设计标准》JGJ/T 140-2019的相关规定。

**6.2.8**  抗震设防烈度为9度及以上的地区，应通过专门的试验确定地层岩土体的动态力学参数。

# 抗震计算和验算

## 7.1 一般规定

**7.1.1** 根据城市市政综合管廊类型和地层复杂程度，可采用本标准规定的计算方法进行地震反应计算。

**7.1.2** 城市市政综合管廊作为地下结构的一种类型，其抗震计算应明确初始静应力状态。

## 7.2 反应位移法 Ⅰ

**7.2.1** 当城市市政综合管廊断面形状简单、处于均质地层，且覆盖地层厚度不大于50m的场地时，可采用反应位移法Ⅰ进行综合管廊横向断面地震反应计算。设计基准面到综合管廊的距离不应小于综合管廊有效高度的3倍，且该处岩土体剪切波速不应小于500m/s。

**7.2.2**  在反应位移法Ⅰ中应考虑地层相对变形、结构周围剪力以及结构自身的惯性力等三种地震作用，可将周围岩土体作为支撑管廊结构的地基弹簧，结构可采用梁单元进行建模。

**7.2.3** 地基弹簧刚度宜按静力有限元方法计算，也可按下式计算：



式中：——压缩、剪切地基弹簧刚度（N/m）；

——基床系数（N/m3），可按现行国家标准《城市轨道交通岩土工程勘察规范》 GB 50307 取值；

——地基的集中弹簧间距（m）；

——地层沿综合管廊纵向的计算长度（m）。

**7.2.4**  场地地表水平向峰值位移可按本标准确定。对地层均匀、结构断面形状规则无突变，且未进行工程场地地震安全性评价工作的，地层位移和施加在弹簧非结构端的地层相对位移可按下列公式计算：

 (7.2.4-1)

 (7.2.4-2)

式中：——地震时深度处地层相对设计基准面的水平位移（m）；

——深度（m）；

——场地地表最大位移（m），应按本标准确定；

——地表至地震作用基准面的距离（m）；

——深度处相对于综合管廊结构底部的自由地层相对位移（m）；

——结构底部深度处相对设计基准面的自由地层地震反应位移（m）。

**7.2.5**  城市市政综合管廊的惯性力大小可按下式计算：

 (7.2.5)

式中：——结构i单元上作用的惯性力（N）；

——结构i单元上的质量（kg）；

——结构i单元的加速度（m/s2）。

**7.2.6** 矩形管廊结构顶底板剪力作用可按下列公式计算：

 (7.2.6-1)

 (7.2.6-2)

式中：——管廊结构顶板剪切力（N）;

——管廊结构底板剪切力（N）;

——管廊结构顶板埋深（m）;

——管廊结构底板埋深（m）;

——地层动剪切模量（Pa）。

**7.2.7** 矩形管廊结构侧壁剪力作用可按下式计算：

 (7.2.7)

式中：——管廊结构侧壁剪力（N）.

**7.2.8** 圆形管廊结构周围剪力作用可按下列公式计算：

 (7.2.8-1)

 (7.2.8-2)

式中：——圆形管廊结构上任意点A处的剪应力（Pa）；

——作用于A点水平向的节点力（N）；

——作用于A点竖直向的节点力（N）;

——土与管廊结构的界面A点处的法向与水平向的夹角（°）

## 7.3 反应位移法 Ⅱ

**7.3.1**  当城市市政综合管廊断面形状简单、处于非均匀地层，且具有工程场地地震动时程时，可采用反应位移法Ⅱ计算综合管廊横向断面的地震反应。计算时，应考虑地层相对变形、综合管廊周围剪力以及综合管廊自身的惯性力等三种地震作用，可将周围岩土体作为支撑综合管廊的地基弹簧，综合管廊可采用梁单元进行建模。

**7.3.2** 采用反应位移法Ⅱ时，对于覆盖层厚度小于50m的场地，设计基准面到综合管廊的距离不应小于综合管廊有效高度的2倍，且该处岩土体剪切波速不应小于500m/s；对于覆盖层厚度大于50m的场地，可取场地覆盖层超过50m深度且剪切波速不小于500m/s的岩土层位置。

**7.3.3** 城市市政综合管廊所在位置的地层相对位移可由一维地层地震反应分析或自由场地地震时程反应分析确定。地层相对位移可按下式计算：

 (7.3.3)

式中：——地震时深度处地层相对设计基准面的水平位移（m）；

——深度（m）；

——深度处相对于综合管廊底部的自由地层相对位移（m）；

——综合管廊底部深度处相对设计基准面的自由地层地震反应位移（m）。

**7.3.4** 城市市政综合管廊加速度可由一维地层地震反应分析或自由场地地震时程反应分析确定，惯性力按下式计算：

 (7.3.4)

式中：——结构i单元上作用的惯性力（N）；

——结构i单元上的质量（kg）；

——结构i单元的加速度（m/s2）。

**7.3.5**  当城市市政综合管廊断面为矩形时，其顶底板剪力、侧壁剪力作用宜按一维地层地震反应分析或自由场地地震时程反应分析确定，侧壁剪力作用也可按本标准进行计算。当综合管廊断面为圆形时，结构周围剪力宜按自由场地地震时程反应分析确定。

**7.3.6** 对场地进行自由场动力分析时，宜根据场地地层情况按下表选用分析方法。表中饱和砂性土土层震动弱化指数应按下式计算：

 (7.3.6)

式中：——标准贯入锤击数的实测值；

——液化判别标准贯入锤击数临界值。

表 7.3.6场地自由场分析方法

|  |  |
| --- | --- |
| 分析方法 | 地层条件 |
| 剪切层法 | 1. 地层力学性质无明显差异，且不含>0.75的饱和砂土、饱和粉土或软弱土；
2. 水平成层分布，不同层的力学性质有明显差异，且不含>0.75的饱和砂土、饱和粉土或软弱土
 |
| 黏弹性动力时程分析法 | 1. 含软弱土，且不含>0.75的饱和砂土或粉土；
2. 非水平成层分布，不同层的力学性质有明显差异，且不含>0.75的饱和砂土或粉土
 |
| 弹塑性动力时程分析法 | 含>0.75的饱和砂土或粉土，或含其他地震时超静孔压上升使得有效抗剪能力显著降低的土 |

**7.3.7**  对于非液化的水平成层地层，可采用剪切层法确定地层不同深度处的位移时程、加速度时程等动力反应。使用剪切层法时应按下列步骤进行：

**1**  假定各地层的剪切模量和阻尼比，利用动力平衡方程和各层的连续性条件计算出各地层水平位移；

**2** 由各地层水平位移计算出各地层的剪应变，利用模量比与剪应变的关系和阻尼比与剪应变的关系计算出各地层的剪切模量和阻尼比；

**3** 计算出的各地层的剪切模量和阻尼比与假定值相差在给定误差范围内时，则得到的各地层位移为所需结果；否则，以计算出的各地层的剪切模量和阻尼比作为第1步中假定的各地层的剪切模量和阻尼比，重复1～3步，直到计算出的各地层的剪切模量和阻尼比与假定值相差在给定误差范围内，得到所需结果。

**7.3.8** 对于复杂成层、含软土、软硬交错层或含饱和砂土或粉土层的场地，应采用有限元法确定地层中位移、加速度、剪应力等动力时程反应，且应符合下列规定：

**1** 应合理截取地层范围并细分计算网格，网格单元竖向最大尺寸应符合下式规定：

 (7.3.8)

式中：——网格单元竖向最大尺寸（m）；

——输入地震波在该地层中向上传播的最小波长（m）；

——应取10。

**2**  对于除大于0.75的饱和砂土或粉土之外的土地，其本构模型应采用黏弹性本构模型或弹塑性本构模型。当采用黏弹性本构模型时，本构模型应能反应土体滞回特性，软土的本构模型还应能反应软土的高压缩性；当采用弹塑性本构模型时，本构模型应能反应土体硬化特性和强度特性。并根据实际地勘与室内试验数据标定材料参数。

**3** 对于大于0.75的饱和砂土或粉土，其本构模型应采用能反应其硬化特性、强度特性、循环剪切特性、液化变形特性的弹塑性本构模型，并应根据实际地勘与室内试验数据标定材料参数。

**4**  可采用动力人工边界模拟能量辐射与耗散。

## 7.4 反应位移法 Ⅲ

**7.4.1**  当城市市政综合管廊结构处于沿纵向均匀的地层时，可采用反应位移法Ⅲ进行综合管廊结构纵向地震反应计算，可将结构周围土体作为支撑管廊结构的地基弹簧，结构宜采用梁单元进行建模。地震位移应施加于地基弹簧的非结构连接端。

**7.4.2** 城市市政综合管廊结构纵向地震反应的计算，应给出沿纵向的拉亚应力和挠曲应力。

**7.4.3**  地基弹簧刚度可按静力有限元方法计算，也可按下列公式计算：

 (7.4.3-1)

 (7.4.3-2)

式中：——沿管廊结构纵向侧壁剪切地基弹簧刚度（N/m）；

——沿管廊结构纵向侧壁拉压地基弹簧刚度（N/m）；

——基床系数（N/m3）；

——地基的集中弹簧间距（m）；

——管廊横向平均宽度或直径（m）。

**7.4.4** 沿管廊纵向轴线处施加的地层位移分布可采用结构纵向轴线各处地层自由场的位移时程分布。地层沿结构轴线方向的纵向位移及与结构轴线垂直方向的横向位移可采用正弦规律分布，按下列公式计算：

 (7.4.4-1)

 (7.4.4-2)

 (7.4.4-3)

 (7.4.4-4)

 (7.4.4-5)

 (7.4.4-6)

式中：——坐标处地震时的地层纵向位移（m）；

——坐标处地震时的地层横向位移（m）；

——地震时深度处地层相对设计基准面的水平位移（m）；

——地层变形的波长，即强迫位移的波长（m）；

——表面地层的剪切波波长（m）；

——计算基准面地层的剪切波波长（m）；

——表面地层的平均剪切波速（m/s）；

——计算基准面地层的平均剪切波速（m/s）；

——考虑地层应变水平的场地特征周期（s）；

——地震波的传播方向与综合管廊结构轴线的夹角。

**7.4.5** 城市市政综合管廊结构可用梁单元建模，当施加横向的地震动位移时，变形缝宜采用转动非线性弹簧模型；当施加纵向的地震动位移时，变形缝宜采用非对称拉压非线性弹簧模型。

**7.4.6**  节段预制式综合管廊梁单元长度应按预制节段的长度确定；现浇综合管廊梁单元长度可按管廊结构的自然节段确定，且不应大于10m；模型总长度不宜小于地层变形波长或全长。

## 7.5 反应位移法 Ⅳ

**7.5.1** 当城市市政综合管廊穿越非均匀地层或处于纵向线形变化较大的陡坡、急曲线，且具有工程场地地震动时程时，可采用反应位移法Ⅳ进行综合管廊纵向地震反应计算；计算时，可将管廊结构周围土体作为支撑结构的地基弹簧，管廊结构宜采用梁单元进行建模，地震位移应施加于地基弹簧的非结构连接端。

**7.5.2**  采用反应位移法Ⅳ进行城市市政综合管廊结构地震反应计算时，综合管廊结构所在位置的地层相对位移可由自由场地地震时程反应分析确定，再将最不利时刻结构轴线所在位置的地层位移作用于纵向梁-弹簧模型中地层弹簧的非结构端计算结构的内力与变形。

## 7.6 整体式反应位移法

**7.6.1**  当综合管廊结构断面形状复杂、处于非均匀地层，且具有工程场地地震动时程时，可采用整体式反应位移法进行综合管廊结构横向地震反应计算。计算时，应建立岩土-结构相互作用模型，地震作用应包括等效输入地震荷载和结构自身的惯性力，岩土体宜采用平面应变单元建模，管廊结构可采用梁单元进行建模。

**7.6.2**  等效输入地震荷载应采用自由场岩土层有限元模型计算。等效输入地震荷载应通过在综合管廊结构与地层交界面对应位置施加自由场地最不利时刻的相对位移，同时对综合管廊结构对应位置的岩土体施加最不利时刻的惯性力，求解岩土-结构交界面对应位置的节点反力。

**7.6.3**  采用整体式反应位移法进行综合管廊结构地震反应计算时，地层相对位移可由一维地层地震反应分析或自由场地地震反应分析确定。

**7.6.4**  地层水平加速度应取最不利时刻对应自由场地的水平加速度；当综合管廊结构竖向高度较小时，可取管廊结构所在高度范围内自由地层的平均加速度。

**7.6.5**  采用整体式反应位移法进行综合管廊结构地震反应计算时，当综合管廊横截面对称，可只进行单向地震动作用下的计算；否则应分别进行正反两个方向地震动作用下的计算，并应取两者中较大值作为分析结果。

## 7.7 时程分析法

**7.7.1** 综合管廊结构时程分析方法包括等效线性化时程分析法和弹塑性时程分析法，对于等效线性化时程分析法和弹塑性时程分析法的选取应符合本标准的规定。

**7.7.2**  采用时程分析法时，加速度时程曲线的选用应符合本标准第5.2节的规定。实际强震记录的地表加速度时程调整最大值应符合本标准第5.1节的规定。

**7.7.3**  计算模型的侧面边界距综合管廊结构的距离不宜小于3倍管廊结构单边最大尺寸，不应采用完全固定或完全自由等不合理边界条件。计算模型底面与综合管廊结构底面距离不宜小于3倍结构单边最大尺寸；当综合管廊结构埋深较深，管廊结构与基岩的距离小于3倍结构单边最大尺寸时，计算模型底面宜取至基岩面。

**7.7.4** 采用等效线性化时程分析法时，土体材料本构模型应能反映应力应变骨干曲线和滞回曲线随着循环剪切应变幅值的非线性变化特性，并应根据实际地勘与室内试验数据标定材料参数。

**7.7.5** 采用弹塑性时程分析法时，土体材料本构模型应能反映复杂往返加载条件下的应力应变规律，并应根据实际地勘与室内试验数据标定模型参数。软土采用的本构模型应能反映其循环剪切弱化特性和残余变形特性。饱和砂土或粉土采用的本构模型应能反映其超静孔隙水压力的起伏累积、循环大剪切变形和再固结体变特性，同时土体单元应采用符合比奥固结理论的流固耦合单元。

**7.7.6** 计算中应考虑土体与结构接触面的力学行为。

**7.7.7** 宜采用动力人工边界模拟能量辐射与耗散。

**7.7.8**  宜模拟综合管廊结构施工过程获得合理的初始应力场。

**7.7.9** 周围地层分布均匀、规则且具有对称轴的线长形综合管廊结构，可按平面应变问题计算分析。

**7.7.10** 不符合本标准7.7.9条规定的线长形综合管廊结构，如通风口、物料投放口、交叉节点等部位，应采用三维计算分析模型。

**7.7.11** 选用的计算软件应满足对本构模型、边界条件和施工过程模拟的要求。

## 7.8 截面抗震验算

**7.8.1** 城市市政综合管廊结构构件的地震作用和其他荷载作用的基本组合效应的计算应符合下列规定：

**1** 当作用与作用效应按非线性关系考虑时，综合管廊结构构件作用效应设计值宜按下式计算：

 (7.8.1-1)

式中： ——综合管廊结构构件作用效应设计值；

——作用组合的效应函数；

——重力荷载分项系数，一般情况下应采用1.2，当重力荷载对构件承载能力有利时，不应大于1.0；

、——分别为水平、竖向地震作用分项系数，应按表7.8.1采用；

——重力荷载代表值；

——水平地震作用标准值；

——竖向地震作用标准值。

**2** 当作用与作用效应按线性关系考虑时，综合管廊结构构件作用效应设计值可按下式计算：

 (7.8.1-2)

式中：——重力荷载代表值的效应；

——水平地震作用标准值的效应；

——竖向地震作用标准值的效应。

表 7.8.1地震作用分项系数

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 地震作用 | 水平分项系数 | 竖向分项系数 |
| 仅计算水平地震作用 | 1.3 | 0.0 |
| 仅计算竖向地震作用 | 0.0 | 1.3 |
| 水平地震为主 | 1.3 | 0.5 |
| 竖向地震为主 | 0.5 | 1.3 |

**7.8.2**  综合管廊结构构件的截面抗震验算应在组合荷载作用下符合下式规定：

 (7.8.2)

式中：——综合管廊结构构件承载力设计值

**7.8.3** 当仅计算竖向地震作用时，各类综合管廊结构构件承载力抗震调整系数均应采用1.0。

## 7.9 抗震变形验算

**7.9.1**  综合管廊结构进行弹性变形验算时，断面应采用最大弹性层间位移角作为指标，并应符合下式规定：

 (7.9.1)

式中：——基本地震作用标准值产生的综合管廊层内最大的弹性层间位移（m）；计算时，钢筋混凝土结构构件的截面刚度可采用弹性刚度；

——弹性层间位移角限值，宜按表7.9.1采用；

——综合管廊结构舱室高度（m）。

表 7.9.1弹性层间位移角限值

|  |  |
| --- | --- |
| 综合管廊结构类型 |  |
| 单层或双层结构 | 1/550 |
| 三层及以上结构 | 1/1000 |

注：圆形断面结构应采用直径变形率作为指标，地震作用产生的弹性直径变形率应小于4‰。

**7.9.2** 综合管廊结构断面的弹塑性层间位移应符合下式规定：

 (7.9.2)

式中：——弹塑性层间位移（m）；

——弹塑性层间位移角限值，取1/250；

——综合管廊结构舱室高度（m）。

**7.9.3** 圆形断面综合管廊结构在罕遇地震作用下产生的弹塑性直径变形率应小于6‰。

**7.9.4**  综合管廊结构纵向变形验算应符合下列规定：

1 变形缝的变形量不应超过满足接缝防水材料水密性要求的允许值；

2 伸缩缝处轴向钢筋或螺栓的位移应小于屈服位移；伸缩缝处的转角应小于屈服转角。

## 7.10 地震抗浮验算

**7.10.1** 当判定综合管廊结构底部以下有液化可能时，应进行地震抗浮验算。

**7.10.2**  管廊结构所受上浮荷载应按下式计算：

 (7.10.2)

式中：——综合管廊结构所受上浮荷载设计值（N）；

——静力条件下的浮力设计值（N）；

——超静孔压引起上浮力标准值的效应（N），可按本标准第7.10.3条计算。

**7.10.3** 超静孔压引起上浮力标准值的效应可由下式计算：

 (7.10.3)

式中：——与结构表层单元外表面相接触的土单元超静孔压（Pa）；

——结构表层单元外表面面积（m2）；

——结构表层单元外表面外法向与竖直向下方向的夹角（°）

**7.10.4** 综合管廊结构抗浮力应按下式计算：

 (7.10.4)

式中：——综合管廊结构抗浮力设计值（N）；

——综合管廊结构自重设计值（N）；

——上覆地层有效自重设计值（N）；

——综合管廊结构壁和桩侧摩阻力设计值（N），可按本标准计算。

**7.10.5** 综合管廊结构壁和桩侧摩阻力可按现行行业标准《建筑桩基技术规范》 JGJ 94 的取值乘以地震弱化修正系数计算，其中地震弱化修正系数可按现行行业标准《建筑桩基技术规范》 JGJ 94取土层液化影响折减系数，也可由下式计算：

 (7.10.5)

式中：——采用弹塑性动力时程分析时相应深度处竖向有效应力的最小值；

——采用弹塑性动力时程分析时相应深度处竖向有效应力为时刻的竖向总应力值（Pa）。

**7.10.6**  综合管廊结构的地震抗浮验算应符合下式规定：

 (7.10.6)

式中：——地震抗浮安全系数，应取1.05。

# 8 现浇混凝土综合管廊

## 8.1 一般规定

**8.1.1** 现浇混凝土综合管廊应建在密实、均匀且稳定的地基上，应尽量避开非均匀场地、软弱土、液化土等不利地段；当绕避不开时，应综合分析对综合管廊结构的影响并采取可靠的抗震措施。

**8.1.2** 现浇混凝土综合管廊回填材料的指标不应小于原位原状土，并应满足抗震要求。

**8.1.3** 现浇混凝土综合管廊结构的抗震等级应按下表确定。

表 8.1.3现浇综合管廊结构的抗震等级

|  |  |
| --- | --- |
| 抗震设防类别 | 设防烈度 |
| 6度 | 7度 | 8度 | 9度 |
| 乙类 | 四级 | 四级 | 三级 | 二级 |

注：抗震设防烈度为9度时，甲类预制拼装综合管廊的抗震等级应进行专门研究论证

**8.1.4**  现浇混凝土综合管廊的抗震验算应包括结构强度、变形和稳定性验算。

## 8.2 计算要求

**8.2.1** 现浇混凝土综合管廊的抗震计算方法应根据本标准第3.4.1条确定，并符合下列规定：并应符合下列规定：

**1** 现浇混凝土综合管廊横向抗震计算宜采用本标准中的反应位移法Ⅰ、反应位移法Ⅱ或整体式反应位移法，纵向抗震计算宜采用本标准中的反应位移法Ⅲ或Ⅳ；当计算断面内地质条件复杂或综合管廊断面形状复杂时应采用时程分析法；

**2** 现浇混凝土综合管廊断面形状较大或与相邻建筑物构成整体时，宜采用时程分析进行三维抗震计算；

**3** 现浇混凝土综合管廊的地震作用可适当考虑挡土墙叠加效果。挡土墙与结构主体密切接触且受力钢筋互相连接时，可将挡土墙纳入结构共同计算；挡土墙与结构主体没有密切连接或者连接薄弱时，可将挡土墙与主体结构分开建模，并根据实际情况确定二者之间的约束条件。

**8.2.2**  现浇混凝土综合管廊抗震计算中地震作用应符合下列规定：

**1** 抗震计算采用反应位移法时，设计基准面应按本标准确定；

**2** 采用反应位移法Ⅰ或Ⅱ时应将地层在管廊横断面方向的位移差和周边剪切力作用于管廊结构进行抗震计算；采用反应位移法Ⅲ或Ⅳ时应将地层中管廊轴线所在位置的地层纵向及横向位移作用于管廊进行抗震计算；

**3** 采用时程分析法时应按本标准相关规定确定地震作用及输入地震动进行抗震计算；

**4** 地形起伏较大的浅埋管廊，或沿线地质条件变化较大的局部区段，或Ⅱ类场地基本地震动峰值加速度为0.15g及其以上地区尚宜考虑竖向地震作用。

## 8.3 抗震措施

**8.3.1** 现浇混凝土综合管廊结构抗震措施应提高管廊结构自身抗震性能或减少地层传递至管廊结构的地震能量。

**8.3.2**  现浇混凝土综合管廊截面形状、地质条件以及上覆荷载发生显著变化处应采取措施提高结构变形能力，不得使结构产生影响使用的差异沉降，同时应满足综合管廊结构的防水要求。

**8.3.3**  现浇混凝土综合管廊不应穿越可能发生液化的地层。当绕避不开时，应分析液化对结构安全及稳定性的不利影响并采取相应抗震和减震措施。

**8.3.4**  土体性质变化剧烈及断层破碎带的抗震设防地段应设置抗震缝，且宜结合沉降缝、伸缩缝等综合设置；穿越黄土地裂缝的管廊，地裂缝设防区段管廊结构应设置抗震变形缝。

**8.3.5**  现浇混凝土综合管廊结构穿过地震时岸坡可能滑动的古河道、或可能发生明显不均匀沉陷的地层时，应采取换土或设置桩基础等措施。

**8.3.6**  现浇混凝土综合管廊侧壁与顶底板的节点位置设置腋脚时，内侧钢筋应伸至柱外侧纵向钢筋内边并向节点内弯折，其包含弯弧在内的水平投影长度不应小于0.4lab，弯折钢筋在弯折平面内包含弯弧段的投影长度不应小于15d （图8.3.1a）。内侧壁与底板或顶板相交的中间节点处，底板或顶板的外侧钢筋应贯穿节点，内侧钢筋宜贯穿节点，当不能贯穿时，钢筋可采用直线方式锚固在节点内，锚固长度不应小于钢筋的受拉锚固长度la (图8.3.1b)。

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| 1. 外侧壁与顶板连接节点构造
 | 1. 中侧壁与顶板连接节点构造
 |

图8.3.1 侧壁与顶板连接节点构造

# 9 预制拼装混凝土综合管廊

## 9.1 一般规定

**9.1.1** 采用明挖法施工的整舱预制拼装综合管廊、叠合板式拼装综合管廊、预制板式拼装综合管廊、预制槽型拼装综合管廊应进行抗震设计。

**9.1.2**  预制拼装综合管廊应建在密实、均匀且稳定的地基上，尽量避开非均匀场地、软弱土、液化土等不利地段；当绕避不开时，应对预制拼装综合管廊采取可靠的抗震措施。

**9.1.3** 预制拼装混凝土综合管廊的抗震等级应按下表确定。

表 9.1.3预制拼装混凝土综合管廊结构的抗震等级

|  |  |
| --- | --- |
| 抗震设防类别 | 设防烈度 |
| 6度 | 7度 | 8度 | 9度 |
| 乙类 | 四级 | 四级 | 三级 | 二级 |

注：抗震设防烈度为9度时，甲类预制拼装综合管廊的抗震等级应进行专门研究论证

**9.1.4**  预制拼装综合管廊的抗震验算应包括预制结构、横向接头、纵向接头、管廊与其他结构构件连接处等特殊部位的强度、变形及稳定性验算。

**9.1.5**  预制拼装综合管廊结构应在纵向设置变形缝，变形缝的设置应符合下列规定：

**1** 结构变形缝的最大间距宜为30m。

**2** 在地基土有显著变化或承受的荷载差别较大的部位，应设置变形缝。

**3** 变形缝的缝宽不宜小于30mm。

**4**  变形缝应设置橡胶止水带、填缝材料和嵌缝材料的止水构造。

## 9.2 计算要求

**9.2.1**  预制拼装综合管廊的抗震计算应包括横向和纵向抗震计算。预制拼装综合管廊与现浇综合管廊、物料投放口、通风口等连接部位及地质条件变化明显需精细化设计时，宜进行三维抗震计算。

**9.2.2** 应按照本标准规定的抗震设防类别、设防目标及性能要求，并结合工程环境、地质条件等因素选择合理的抗震计算方法，并应符合下列规定：

**1**  预制拼装综合管廊横向抗震计算宜采用本标准中的反应位移法Ⅰ或Ⅱ，纵向抗震计算宜采用本标准中的反应位移法Ⅲ或Ⅳ；当计算断面内地质条件复杂或预制管廊断面形状不规则时应采用时程分析法；

**2**  预制拼装综合管廊与现浇综合管廊、物料投放口、通风口等连接部位应采用时程分析法进行抗震计算。

**9.2.3** 整舱预制拼装综合管廊、叠合板式拼装综合管廊和预制板式拼装综合管廊的横断面抗震计算模型宜采用闭合框架模型（图9.2.3）。作用于结构底板的基底反力分布应根据地基条件具体确定：

**1**  对于地层较为坚硬或经加固处理的地基，基底反力可视为直线分布。

**2**  对于未经处理的柔软地基，基底反力应按弹性地基上的平面变形截条计算确定。



图9.2.3 预制综合管廊闭合框架计算模型

1. 综合管廊顶板荷载；2、3—综合管廊侧向水土压力；4—综合管廊底板反力

**9.2.4** 预制槽型拼装综合管廊横断面抗震计算模型应考虑接头影响，可采用闭合框架—弹簧铰模型或接头处刚度折减闭合框架模型，并应符合下列规定：

**1**  当采用闭合框架—弹簧铰模型时，弹簧铰的转动刚度受接头构造、拼装方式、界面应力等因素的影响，宜通过试验确定。当无试验依据时，可按式(9.2.4-1)计算确定：



图9.2.4-1 预制槽型拼装综合管廊闭合框架—弹簧铰计算模型

1-综合管廊顶板荷载；2-综合管廊地基反力；3-综合管廊侧向水土压力；4-旋转弹簧

当*M*jd<2/3*M*ju  (9.2.4-1)

当*M*jd≥2/3*M*ju  (9.2.4-2)

式中：*M*jd—拼缝接头弯矩设计值；

*M*ju—拼缝接头受弯承载力设计值，可参照《城市综合管廊工程技术规范》GB 50838-2015；

*K*—拼缝接头转动刚度；

*Kini——*拼缝接头初始转动刚度；

*η——*拼缝接头转动刚度修正系数，当采用截面厚度方向居中布置的单根有粘结预应力筋连接时可取2.7，其他情况可采用试验或有限元确定。

**2** 当采用接头处刚度折减闭合框架模型时，接头上下壁厚范围内的截面抗弯刚度应进行折减，折减系数为0.3~0.5。



图9.2.4-2 预制槽型拼装综合管廊局部刚度折减闭合框架计算模型

1. 综合管廊顶板荷载；2-综合管廊地基反力；3-综合管廊侧向水土压力；4-拼缝接头局部刚度折减；*h*-综合管廊壁厚

**9.2.5**  预制拼装综合管廊在进行抗震分析时，应考虑角部加腋构造的影响。

**9.2.6**  预制拼装综合管廊抗震计算中地震作用应符合下列规定：

1. 预制综合管廊纵向抗震计算采用纵向接头对管廊纵向刚度折减的等效刚度梁模型或梁-弹簧模型；纵向等效刚度梁模型中，宜把纵向接头与管廊结构作为整体，将管廊结构沿纵向简化为一根等效刚度梁，等效刚度梁的拉、压和弯曲刚度可通过纵向变形一致条件求出，周围土体可采用地层弹簧模拟；纵向梁-弹簧模型中，预制管廊可采用梁单元模拟，纵向接头可采用回转、拉压、剪切弹簧模拟，周围土体可采用地层弹簧模拟。
2. 抗震计算采用反应位移法时，设计基准面应按本标准确定；
3. 采用反应位移法Ⅰ或Ⅱ时应将地层在管廊横断面方向的位移差和周边剪切力作用于管廊结构进行抗震计算；采用反应位移法Ⅲ或Ⅳ时应将地层中管廊轴线所在位置的地层纵向及横向位移作用于管廊进行抗震计算；
4. 采用时程分析法时应按本标准相关规定确定地震作用及输入地震动进行抗震计算；
5. 地形起伏较大的浅埋管廊，或沿线地质条件变化较大的局部区段，或Ⅱ类场地基本地震动峰值加速度为0.15g及其以上地区尚宜考虑竖向地震作用。
6. 预制拼装综合管廊抗震计算采用时程分析法时，对于断面形状规则的预制管廊横向抗震计算，可按平面应变问题进行；对于预制综合管廊与现浇综合管廊、物料投放口、通风口等连接部位及地层条件变化明显区段的抗震计算宜采用三维计算模型。
7. 采用地层-结构时程分析或等代水平地震加速度法按平面应变问题计算地震反应时，侧向边界宜取结构水平直径外缘至少3倍处，底部边界取至离地表70m深处（或经时程分析试算，计算结果趋于稳定的深度处），上部边界取至地表。

**9.2.7**  预制拼装综合管廊的抗震验算尚应符合下列规定：

1. 抗震验算应包括管廊结构、管片接头构造、预制管廊与其他结构构件连接处的强度、变形验算及地层稳定性验算；
2. 进行抗震变形验算时，接头部位总变形量不应大于防水密封构造及材料容许的最大变形量；接头处螺栓、预应力钢绞线等连接件的变形应小于屈服变形。

## 9.3 抗震措施

**9.3.1** 整舱预制拼装综合管廊、叠合板式拼装综合管廊、预制板式拼装综合管廊、预制槽型拼装综合管廊抗震措施应提高管廊结构自身抗震性能或减少地层传递至管廊结构的地震能量。

**9.3.2**  预制拼装综合管廊截面形状、地质条件以及上覆荷载发生显著变化处应采取措施提高结构变形能力，不得使结构产生影响使用的差异沉降。

**9.3.3**  整舱预制拼装综合管廊的外侧壁与底板和顶板相交的边节点处，侧壁、底板和顶板中的外侧钢筋宜连续贯通。内侧钢筋应伸至柱外侧纵向钢筋内边并向节点内弯折，其包含弯弧在内的水平投影长度不应小于0.4lab，弯折钢筋在弯折平面内包含弯弧段的投影长度不应小于15d（图9.3.1a）。内侧壁与底板或顶板相交的中间节点处，底板或顶板的外侧钢筋应贯穿节点，内侧钢筋宜贯穿节点，当不能贯穿时，钢筋可采用直线方式锚固在节点内，锚固长度不应小于钢筋的受拉锚固长度la(图9.3.1b)。

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| 1. 外侧壁与顶板连接节点构造
 | 1. 中侧壁与顶板连接节点构造
 |

图9.3.1 侧壁与顶板连接节点构造

**9.3.4** 双面叠合侧壁与底板的连接构造应根据底板构造方案的不同分别符合以下规定：

**1** 当底板采用预制板时，从底板伸出的竖向连接钢筋伸入双面叠合侧壁空腔中的长度不应小于1.2laE（图9.3.2-1）；竖向连接钢筋的间距不应大于双面叠合侧壁预制板中竖向分布钢筋的间距，且不宜大于200mm；竖向连接钢筋的直径不应小于双面叠合侧壁预制板中竖向分布钢筋的直径。

**2**  当底板采用现浇板时，双面叠合侧壁与底板连接可采用通过竖向连接钢筋连接的构造方案，并应符合本规程9.3.11-1条的相关规定；也可采用U形钢筋垂直连接构造方案（图9.3.2-2），侧壁和底板的U形钢筋应分别由双面叠合侧壁内外叶预制板中竖向钢筋以及底板的横向钢筋连续弯折成型。

**3**  当底板采用叠合板时，双面叠合侧壁与底板连接可采用附加竖向连接钢筋的连接构造，并应符合本规程9.3.11-1条的相关规定；也可采用U形钢筋垂直连接构造方案（图9.3.2-3），侧壁和底板的U形钢筋应分别由双面叠合侧壁内外叶预制板中竖向钢筋以及底板的横向钢筋钢筋连续弯折成型。



（a）边节点 （b）中节点

图9.3.2-1 双面叠合侧壁与预制底板或现浇底板的连接构造

1-双面叠合侧壁；2-底板；3-竖向连接钢筋；4-水平拼缝



（a）边节点 （b）中节点

图9.3.2-2 双面叠合侧壁与现浇底板U形钢筋垂直连接构造

1-现浇底板；2-双面叠合侧壁



（a）边节点 （b）中节点

图9.3.2-3 双面叠合侧壁与叠合底板的U形钢筋垂直连接构造

1-叠合底板；2-双面叠合侧壁

**9.3.5** 预制板拼装综合管廊可拆分成预制侧壁、预制顶板和预制底板等构件，侧壁与顶板或底板可采用现浇节点核心区连接。采用套筒灌浆连接的预制板拼装综合管廊，自套筒底部至套筒顶部并向上延伸300mm范围内，壁板的水平分布筋应加密，加密水平分布筋的最大间距不宜大于100mm，套筒上端第一道水平分布钢筋距离套筒顶部不应大于50mm。壁板钢筋采用螺栓连接时，可采用设置暗梁或预埋连接器。

**9.3.6**  预制槽型拼装综合管廊结构横向拼缝位置宜设置在侧壁高度的1/3~1/2处。预制槽型拼装综合管廊结构宜采用预应力筋连接接头、螺栓连接接头或承插式接头。当场地条件较差，或易发生不均匀沉降时，宜采用承插式接头。当有可靠依据时，也可采用其他能够保证预制拼装综合管廊结构安全性、适用性和耐久性的接头构造。

**9.3.7** 整舱预制拼装综合管廊纵向接头宜采用预应力筋连接接头和螺栓连接接头。当有可靠依据时，也可采用其他能够保证预制拼装综合管廊结构安全性、适用性和耐久性的接头构造。叠合板式拼装综合管廊纵向相邻双面叠合侧壁之间连接构造，可根据施工需要采用双侧现浇段构造、单侧现浇段构造或密拼构造。预制板拼装综合管廊侧壁的纵向接头宜采用后浇带形式。预制槽型拼装综合管廊结构宜采用预应力筋连接接头、螺栓连接接头或承插式接头。当场地条件较差，或易发生不均匀沉降时，宜采用承插式接头。当有可靠依据时，也可采用其他能够保证预制拼装综合管廊结构安全性、适用性和耐久性的接头构造。

**9.3.8** 预制拼装综合管廊不应穿越可能发生液化的地层。当绕避不开时，应分析液化对结构安全及稳定性的不利影响并采取相应抗震和减震措施。

**9.3.9** 当预制拼装综合管廊采用无粘结预应力筋进行连接时，锚具应采取可靠防松措施。

**9.3.10**  整舱预制拼装综合管廊和预制槽型拼装综合管廊的拼缝应采用回弹能力强的止水弹性胶片，且适当增加胶片的厚度。螺栓连接预制拼装综合管廊采用可更换的遇水膨胀橡胶密封圈作为螺栓孔密封垫圈不仅可以止水，还可以减小地震引起的结构内力。

# 10 附属设施

## 10.1 一般规定

**10.1.1** 附属设施是指满足综合管廊正常功能的附属机械、电气构件、部件和系统，主要包括照明和应急电源、管道系统、通信设备、烟火监测和消防系统、采暖和空气调节系统等。

**10.1.2**  附属设施应根据所属综合管廊的抗震设防类别和破坏后对综合管廊正常使用功能的影响程度综合分析，采取不同的抗震措施，达到相应的设计目标。

## 10.2 计算要求

**10.2.1** 对综合管廊结构进行地震作用计算时，可不计入附属设施的重力。

**10.2.2** 应对综合管廊中的线长形管道进行最不利工况下的抗震计算。

## 10.3 抗震措施

**10.3.1** 综合管廊中的附属设施与管廊结构的连接构件和部件的抗震措施，应根据设防烈度、管廊结构类型和变形特征、附属设施所处的位置和运转要求经综合分析后确定。

**10.3.2** 附属设施不应设置在可能导致其使用功能发生障碍等二次灾害的部位；对于有隔振装置的设施，应注意其强烈振动对连接件的影响。

**10.3.3** 附属设施的支架与管廊结构之间应形成可靠连接，并具有足够的强度和刚度，应保证所支承的设施在遭遇设防烈度地震影响后能迅速恢复使用功能。

**10.3.4**  应对用以固定附属设施预埋件、锚固件的管廊结构部位进行加强。

**10.3.5** 应采用能够允许附属设施与管廊结构之间发生一定相对变位的连接方式。

**10.3.6**  管道等附属设施的出口设置应减少对管廊主体结构的削弱，洞口周围应有加强措施。

**10.3.7** 对于破坏后可能造成严重后果的管线，宜采用抗震接头和抗震支架等减隔震措施。

# 规程用词用语说明

**1** 为了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，采用“可”。

**2** 规范中指定应按其他相关标准、规范执行时，写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

# 引用标准名录

1. 《建筑地基基础设计规范》GB 50007
2. 《建筑混凝土设计规范》GB 50010
3. 《建筑抗震设计规范》GB 50011
4. 《铁路工程抗震设计规范》GB 50111
5. 《城市轨道交通结构抗震设计规范》GB 50909
6. 《中国地震动参数区划图》GB 18306
7. 《地下结构抗震设计标准》GB/T 51336-2018
8. 《公路工程抗震规范》JTG B02