

T/CECS XXX-202X

中国工程建设标准化协会标准

**自修复刚性防水材料应用技术规程**

Technical specification for application of self-healing rigid waterproof materials

（征求意见稿）

×××出版社中国工程建设标准化协会标准

**自修复刚性防水材料应用技术规程**

Technical specification for application of self-healing rigid waterproof materials

**T/CECS XXX—202X**

主编单位：中国建筑科学研究院有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：202×年×月×日

**XXX出版社**

20×× 北 京

**前 言**

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2023年第一批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字〔2023〕10号）的要求，编制组经深入调查研究，认真总结实践经验，参考国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分7章，主要内容包括：总则、术语、基本规定、材料、设计、施工、质量检验。

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防水防护与修复专业委员会归口管理，由中国建筑科学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，请反馈给中国建筑科学研究院有限公司（地址：北京市朝阳区北三环东路30号主楼C座18层，邮编：100013，邮箱：concretesea@126.com）。

主编单位：中国建筑科学研究院有限公司

参编单位：XXXX有限公司

主要起草人：

主要审查人：

**目 次**

[1 总 则 （1](#_Toc493)）

[2 术 语 （2](#_Toc5167)）

[3 基本规定 （3](#_Toc11670)）

[4 材 料 （4](#_Toc30478)）

[4.1 自修复剂 （4](#_Toc1808)）

[4.2 自修复防水混凝土 （5](#_Toc1307)）

[4.3 自修复防水砂浆 （6](#_Toc4268)）

[4.4 自修复细石防水混凝土 （6](#_Toc7840)）

[5 设 计 （8](#_Toc18106)）

[5.1 一般规定 （8](#_Toc27832)）

[5.2 地下防水工程 （9](#_Toc9040)）

[5.3 建筑外墙防水工程 （10](#_Toc15234)）

[5.4 蓄水类工程 （11](#_Toc24044)）

[5.5 渗漏治理工程 （11](#_Toc6369)）

[5.6 耐久性防护与修复工程 （11](#_Toc6104)）

[6 施 工 （13](#_Toc2076)）

[6.1 一般规定 （13](#_Toc14788)）

[6.2 自修复防水混凝土 （13](#_Toc32675)）

[6.3 自修复防水砂浆 （14](#_Toc14063)）

[6.4 自修复细石防水混凝土 （16](#_Toc27135)）

[6.5 缺陷修复与渗漏治理工程 （18](#_Toc10979)）

[7 质量检验 （20](#_Toc27439)）

[7.1 一般规定 （20](#_Toc11731)）

[7.2 自修复防水混凝土 （21](#_Toc30209)）

[7.3 自修复防水砂浆 （21](#_Toc23830)）

[7.4 工程验收 （22](#_Toc22829)）

[附录A 混凝土硫酸盐侵蚀系数比试验方法 （25](#_Toc16473)）

[用词说明 （26](#_Toc27187)）

[引用标准名录 （27](#_Toc14714)）

附：[条文说明 （29](#_Toc25682)）

**Contents**

[1 General provisions （1](#_Toc27567)）

[2 Terms （2](#_Toc13660)）

[3 Basic requirements （3](#_Toc12358)）

[4 Materials （4](#_Toc30634)）

[4.1 Self-healing admixtures （4](#_Toc31047)）

[4.2 Self-healing waterproofing concrete （5](#_Toc31047)）

[4.3 Self-healing waterproofing mortar （6](#_Toc31047)）

[4.4 Self-healing fine aggregate waterproofing concrete （6](#_Toc31047)）

[5 Design （8](#_Toc4336)）

[5.1 General requirements （8](#_Toc31042)）

[5.2 Underground engineerings （9](#_Toc31042)）

[5.3 Building exterior wall engineerings （1](#_Toc31042)0）

[5.4 Water storage engineerings （1](#_Toc31042)1）

[5.5 Leakage control engineerings （1](#_Toc31042)1）

[5.6 Durable protection and repair engineerings （1](#_Toc31042)1）

[6 Construction （13](#_Toc18897)）

[6.1 Genaral requirements （13](#_Toc5704)）

[6.2 Self-healing waterproofing concrete （13](#_Toc5704)）

[6.3 Self-healing waterproofing mortar （14](#_Toc5704)）

[6.4 Self-healing fine aggregate waterproofing concrete （16](#_Toc5704)）

[6.5 Defect repair and leakage control engineerings （1](#_Toc5704)8）

[7 Quality inspection （2](#_Toc18897)0）

[7.1 Genaral requirements （20](#_Toc5704)）

[7.2 Self-healing waterproofing concrete （2](#_Toc5704)1）

[7.3 Self-healing waterproofing mortar （2](#_Toc5704)1）

[7.4 Project acceptance （2](#_Toc5704)2）

[Appendix A Text method for the ratio of sulfate erosion coefficient of concrete （2](#_Toc32758)5）

[Explanation of wording in this specification （2](#_Toc32758)6）

[List of quoted standards （2](#_Toc28756)7）

[Addition:Explanation of provisions （2](#_Toc22427)9）

# 1 总 则

**1.0.1** 为规范自修复刚性防水材料在防水防护工程中的应用，确保工程质量，做到技术先进、经济合理、安全适用、环保耐久、确保质量，制定本规程。

**1.0.2** 本规程适用于自修复刚性防水材料在防水、渗漏治理及耐久性防护工程中应用的设计、施工和质量检验。

**1.0.3** 自修复刚性防水材料的应用除应符合本规程的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

# 2 术 语

**2.0.1** 自修复剂 self-healing admixtures

掺入混凝土或砂浆中，其活性化学物质可与水泥水化产物生成不溶于水的结晶体，填塞毛细孔道和微细缝隙，其络合组分可络合水泥中的游离钙离子迁移至裂缝或缺陷处，与空气中的二氧化碳反应生成碳酸钙结晶沉淀，从而提升混凝土和砂浆内部缺陷和裂缝自修复能力的功能性材料。

**2.0.2** 自修复刚性防水材料 self-healing rigid waterproof materials

掺加一定比例自修复剂的混凝土或砂浆，可分为自修复防水混凝土、自修复防水砂浆和自修复细石混凝土。

**2.0.3** 自修复防水混凝土 self-healing waterproofing concrete

以阻止水的渗漏和提高防水及结构使用年限为目标，选用优质常规原材料，掺加一定比例的自修复剂并经合理配合比设计，通过精细化的施工管控措施，制成的具有良好自修复性能、抗渗性能、抗裂性能和耐久性能的混凝土。

**2.0.4** 自修复防水砂浆 self-healing waterproofing mortar

以水泥和细骨料为主要原材料，掺加一定比例的自修复剂，并根据需要掺加其他外加剂或纤维等组分，按规定的配合比制成的具有良好自修复性能、抗渗性能和抗裂性能的砂浆。

**2.0.5** 自修复细石防水混凝土 self-healing fine aggregate waterproofing concrete

掺加一定比例的自修复剂，按规定的配合比制成的具有良好自修复性能、抗渗性能和抗裂性能的细石防水混凝土。

**2.0.6** 自修复混凝土结构自防水体系 self-healing and self-waterproof system of concrete structure

迎水面主体结构采用自修复防水混凝土，通过采取抗裂设计和施工技术措施，对变形缝、后浇带、施工缝等细部构造进行防水密封处理，通过精细化的施工管控措施，并对影响防水功能的结构缺陷进行处理修复，使防水主体结构具有独立防水功能的防水体系。

# 3 基本规定

**3.0.1** 自修复刚性防水材料可用于防水工程、混凝土结构耐久性提升及渗漏治理工程等。

**3.0.2** 自修复刚性防水材料应用于混凝土时，其掺量和配合比应经试验确定，混凝土的拌合物性能、力学性能、防水性能、自修复性能、长期性能和耐久性能等应满足工程设计和施工要求。

**3.0.3**自修复混凝土结构自防水应遵循“防、排、截、堵相结合，构造合理，刚柔相济、因地制宜，施工便利，过程控制，综合治理”的原则。

**3.0.4** 自修复混凝土结构自防水设计和施工方案应根据结构形式、防水等级、防水要求、材料选择、防水设计工作年限及结构耐久性、施工作业条件和施工工艺等确定。

**3.0.5** 自修复混凝土结构自防水的工程防水设计工作年限不应低于工程结构设计工作年限。

**3.0.6** 自修复混凝土结构自防水工程的防水要求应符合下列规定：

**1** 除蓄水类工程外的混凝土结构自防水工程不应有渗水，结构背水面无湿渍；

**2** 蓄水类工程的渗水量应符合现行国家标准《给水排水构筑物工程施工及验收规范》GB 50141的有关规定。

**3.0.7**  氯化物环境、化学腐蚀环境和冻融环境中的自修复混凝土结构自防水工程的结构耐久性设计除应符合本标准的要求外，尚应符合现行国家标准《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476的有关规定。

**3.0.8** 自修复混凝土结构自防水体系应能独立承担防水功能，当在混凝土结构自防水外设置防水层时，外设防水层的设置应符合国家现行有关标准的规定。

**3.0.9** 自修复防水混凝土应在原材料选用、配合比设计、施工、养护等环节采取减少开裂的技术措施。

**3.0.10** 自修复刚性防水材料在防水工程中的应用尚应符合现行协会标准《刚性防水工程技术规程》T/CECS 1004的规定。

# 4 材 料

## 4.1 自修复剂

**4.1.1** 自修复剂的技术指标应符合表4.1.1的规定。

**表4.1.1 自修复剂的技术指标**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项 目 | | 技术指标 | |
| 粉状 | 液体 |
| 1 | 细度（0.63mm筛余，%） | | ≤5 | -- |
| 2 | 含水率（%） | | ≤1.0 | -- |
| 3 | 含固量（%） | | -- | ≥10 |
| 4 | 氯离子含量（%） | | ≤0.06 | |
| 5 | 碱含量（%） | | 报告实测值 | |
| 6 | 减水率（%） | | ≤6 | |
| 7 | 凝结时间差① | 初凝（min） | ＞-90 | |
| 8 | 抗压强度比（%） | 7d | ≥100 | |
| 28d | ≥100 | |
| 9 | 抗渗性能②  （水压力损伤自修复性能） | 掺防水剂混凝土的抗渗压力a/MPa，28 d | 报告实测值 | |
| 抗渗压力比/％，28 d | ≥200 | |
| 掺防水剂混凝土的第二次抗渗压力/MPa，56 d | 报告实测值 | |
| 第二次抗渗压力比/％，56 d | ≥150 | |
| 10 | 混凝土裂缝自修复能力比，（%） | | ≥150 | |
| 11 | 28d收缩率比（%） | | ≤110 | |
| 12 | 硫酸盐侵蚀系数比（%） | | ≥110 | |
| 注：①”-”表示提前；  ②基准混凝土28 d抗渗压力应为0.4+0.0 -0.1MPa，并在检验报告中列出。 | | | | |

**4.1.2** 自修复剂的性能试验方法应符合下列规定：

**1** 细度、含水率、含固量、氯离子含量、碱含量试验应按现行国家标准《混凝土外加剂匀质性试验方法》GB/T 8077的有关规定执行；

**2** 减水率、凝结时间差、抗压强度比、收缩率比试验应按现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076的有关规定执行；

**3** 抗渗性能应按现行国家标准《水泥基渗透结晶型防水材料》GB 18445的有关规定执行；

**4** 混凝土裂缝自修复能力比应按现行协会标准《水泥混凝土自修复性能试验方法标准》T/CECS 913的有关规定执行；

**5** 硫酸盐侵蚀系数比试验方法应按本规程附录A执行。

## 4.2 自修复防水混凝土

**4.2.1** 自修复防水混凝土应具有良好的和易性，不得离析，坍落度、扩展度、坍落度经时损失和凝结时间应满足施工要求。

**4.2.2** 自修复防水混凝土在满足施工工艺要求的前提下，宜尽可能采用较小的坍落度。

**4.2.3** 自修复防水混凝土的泌水率不应大于6.5%，含气量不宜大于5.0%。

**4.2.4** 自修复防水混凝土抗压强度等级不应低于C30，最低强度等级还应根据工程结构构件所处的环境类别、作用等级及结构设计工作年限满足现行国家标准《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476的有关规定和结构承载能力的要求。

**4.2.5**  自修复防水混凝土抗渗等级不应低于P12。

**4.2.6**  自修复防水混凝土抗渗等级也可采用代用值进行设计和评定，当采用抗渗等级代用值设计和评定时，代用值不应低于HP26；抗渗等级代用值试验方法应符合国家现行标准《混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082和《刚性防水工程技术规程》T/CECS 1004的有关规定。

**4.2.7** 自修复防水混凝土的裂缝自修复能力不应小于50%，自修复能力为初始渗水率减最终渗水率的差值与初始渗水率之比，试验方法应符合现行协会标准《水泥混凝土自修复性能试验方法标准》T/ CECS 913的有关规定。

**4.2.8** 自修复防水混凝土60d收缩率不宜大于380×10-6。

**4.2.9** 自修复防水混凝土的耐久性能应根据结构构件所处的环境类别、环境作用等级及结构设计使用年限进行确定，并满足相应的要求，环境类别和作用等级的划分应符合现行国家标准《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476的有关规定。

**4.2.10** 自修复剂的掺量可采用厂家推荐掺量并应经试验确定，自修复防水混凝土的原材料和配合比尚应符合现行协会标准《刚性防水工程技术规程》T/CECS 1004的规定。

## 4.3 自修复防水砂浆

**4.3.1** 自修复防水砂浆配合比应根据工程要求确定，湿拌砂浆配合比可采用生产厂家推荐配合比，干混砂浆用水量可采用生产厂家推荐用水量，自修复剂的掺量可采用厂家推荐掺量并应经试验确定。

**4.3.2** 自修复防水砂浆的稠度、稠度损失率和凝结时间应满足施工要求，保水率不应小于88%，2h稠度损失率不宜大于30%，凝结时间宜控制在3h～9h，也可根据气候条件和施工需要进行调整；砂浆拌合物性能试验方法应符合现行行业标准《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T 70的有关规定。

**4.3.3** 自修复防水砂浆的性能应符合表4.3.3的规定，其中Ⅰ类适用于地下防水工程、屋面防水工程、建筑室内防水工程和蓄水类工程，Ⅱ类适用于建筑外墙防水工程。

**表4.3.3 自修复防水砂浆主要性能**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 性能指标 | | 测试方法 |
| Ⅰ类 | Ⅱ类 |
| 强度等级 | ≥M20 | ≥M10 | 按现行行业标准《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T 70执行 |
| 抗渗等级（28d） | ≥P10 | ≥P6 |
| 收缩率（28d）（%） | ≤0.15 | |
| 吸水率% | ≤4.0 | |
| 抗冻性（循环次数） | ≥50 | |
| 裂缝自修复能力% | ≥50 | | 按现行协会标准《水泥混凝土自修复性能试验方法标准》T/ CECS 913进行。其中自修复能力为初始渗水率减最终渗水率的差值与初始渗水率之比。 |

## 4.4 自修复细石防水混凝土

**4.4.1** 自修复细石防水混凝土强度等级不应低于C30。

**4.4.2** 自修复细石防水混凝土抗渗等级不应低于P12。

**4.4.3**  自修复细石防水混凝土抗渗等级也可采用代用值进行设计和评定，当采用抗渗等级代用值设计和评定时，代用值不应低于HP26；抗渗等级代用值试验方法应符合国家现行标准《混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082和《刚性防水工程技术规程》T/CECS 1004的有关规定。

**4.4.4** 自修复细石防水混凝土的裂缝自修复能力不应小于50%，自修复能力为初始渗水率减最终渗水率的差值与初始渗水率之比，试验方法应符合现行协会标准《水泥混凝土自修复性能试验方法标准》T/ CECS 913的有关规定。

**4.4.5** 自修复细石防水混凝土粗骨料最大粒径不应大于16mm，并应符合现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52的有关规定。

**4.4.6** 自修复剂的掺量可采用厂家推荐掺量并应经试验确定，自修复细石防水混凝土的原材料和配合比尚应符合现行协会标准《刚性防水工程技术规程》T/CECS 1004的有关规定。

# 5 设 计

## 5.1 一般规定

**5.1.1** 自修复刚性防水材料应用于防水工程时，防水工程应根据使用功能、结构形式、环境条件、防水等级、施工方法和工程特点进行防水构造设计，重点部位应有详图。防水设计应包括下列内容：

**1** 工程防水设计工作年限、设防要求和防水做法；

**2** 自修复防水混凝土的自修复性能、抗渗等级、力学性能等技术指标和质量保证措施；

**3** 混凝土结构抗裂技术措施；

**4** 自修复刚性防水材料名称、类型、规格、主要技术性能指标及其施工工艺要求；

**5** 不同部位防水构造层设计和节点防水设计；

**6** 排水、截水及维护措施。

**5.1.2** 当采用多道设防时，自修复防水混凝土宜与自修复防水砂浆或其他防水材料复合使用。

**5.1.3** 自修复砂浆防水层宜用于结构的迎水面，也可用于背水面。

**5.1.4** 变形缝、施工缝、后浇带、穿墙（套）管和预埋件等细部构造应有详细设计，并应采用可靠的设防措施。结构接缝防水设防措施应符合现行国家标准《建筑与市政工程防水通用规范》GB 55030的有关规定。

**5.1.5** 自修复细石混凝土防水层厚度不应小于40mm，并应符合现行协会标准《刚性防水工程技术规程》T/CECS 1004的有关规定。

## 5.2 地下防水工程

**Ⅰ 明挖法地下防水工程**

**5.2.1** 自修复刚性防水材料应用于明挖法地下防水工程时，防水做法应符合表5.2.1的规定。

**表 5.2.1　明挖法地下工程采用自修复刚性防水材料的防水做法**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 防水等级 | 混凝土结构 | | 外设防水措施 | | | |
| 自修复混凝土结构自防水体系 | 自修复防水  混凝土 | 自修复防水砂浆防水层 | 自修复细石混凝土防水层 | 水泥基渗透结晶型防水涂料 | 其他防水层 |
| 一级 | 应选 | － | － | | | |
| － | 应选 | 应选1至2道 | | | |
| 二级 | 应选 | － | － | | | |
| － | 应选 | 应选1道 | | | |
| 三级 | － | 应选 | 可选1道 | | | |

注：其他防水层包括其他防水砂浆、聚合物水泥防水涂料（Ⅱ型和Ⅲ型）、聚合物水泥防水浆料（通用型I型）、无机水性渗透结晶型材料、防水卷材和防水涂料等。

**5.2.2** 自修复防水砂浆和自修复细石混凝土防水层的设置位置应符合下列规定：

**1** 在底板上设置时，自修复防水砂浆和自修复细石混凝土防水层可设置在迎水面，也可设置在背水面；

**2** 在侧墙上设置时，自修复砂浆防水层宜设置在迎水面，对于逆筑法施工或叠合式结构等施工条件受限时，可设置在背水面；

**3** 在顶板上设置时，自修复砂浆和自修复细石混凝土防水层应设置在顶板迎水面。

**5.2.3** 地下工程自修复砂浆防水层厚度不应小于18mm。

**5.2.4** 地下工程种植顶板以自修复刚性防水材料组成的刚性防水体系时，可不另设其他耐根穿刺层。

**Ⅲ 暗挖法地下防水工程**

**5.2.5** 自修复刚性防水材料应用于矿山法隧道工程时，防水做法应符合下列规定：

**1**  二次衬砌应采用自修复防水混凝土；

**2**  应根据结构要求、防水等级、围岩等级、周边环境、水头压力、腐蚀情况等选用衬砌外设防水层。

**5.2.6** 矿山法隧道工程二次衬砌接缝防水设防措施应符合现行国家标准《地下工程防水技术规范》GB 50108的规定。

**5.2.7** 矿山法隧道防水系统应包括注浆堵水、排水、防水层、防水混凝土、接缝防水、注浆防水及防寒保温措施等。

**5.2.8**矿山法复合式衬砌的隧道支护结构和二次衬砌结构之间应设置隔离层。

**5.2.9** 矿山法采用复合式衬砌的隧道，应在初期支护表面无线状流水的条件下，施工防水层和二次衬砌自修复防水混凝土。

**5.2.10** 矿山法地下工程应采取防排水、注浆堵水相结合的措施。

**5.2.11**二次衬砌结构拱顶应预留注浆孔，并在二次衬砌施工完成后进行回填注浆。注浆材料宜采用水泥-水玻璃双液注浆。

## 5.3 建筑外墙防水工程

**5.3.1** 自修复砂浆防水层应设置在建筑外墙的迎水面。

**5.3.2** 自修复砂浆防水层应设置在外墙结构基面上，防水层可兼做找平层。

**5.3.3** 自修复砂浆防水层中宜设置耐碱玻璃纤维网布。

**5.3.4** 自修复防水砂浆应用建筑外墙防水层时，当饰面层为涂料或面砖时，厚度不应小于10mm，当饰面层为幕墙时，厚度不应小与8mm。

**5.3.5** 自修复砂浆防水层宜留设分格缝，分格缝宜设置在墙体结构不同材料交接处。水平分格缝宜与窗口上沿或下沿平齐；垂直分格缝间距不宜大于6m，且宜与门、窗框两边线对齐。分格缝宽宜为8mm~10mm，缝内应采用密封材料作密封处理。

**5.3.6**  自修复砂浆防水层施工前，外墙不同结构材料的交接处应采用每边不少于150mm的耐碱玻璃纤维网布或热镀锌电焊网作抗裂增强处理。

**5.3.7** 自修复防水砂浆应用建筑外墙防水工程时，还应符合现行行业标准《建筑外墙防水工程技术规程》JGJ/T 235的有关规定。

## 5.4 蓄水类工程

**5.4.1** 混凝土蓄水类工程防水做法宜采用自修复混凝土结构自防水体系，或以自修复防水混凝土结构作为防水主体，混凝土表面设置刚性防水层的刚性防水体系。

**5.4.2** 当采用自修复防水砂浆设置刚性防水层时，应设置在池内侧，厚度不应小于18mm。

**5.4.3** 蓄水类工程现浇自修复混凝土结构自防水设计应符合下列规定：

**1** 池体底板、外围侧板和有土覆盖的顶板应采用自修复防水混凝土；

**2** 防水混凝土构件的最大裂缝宽度限值不应大于0.2mm。

**5.4.4** 蓄水类工程的自修复防水混凝土底板和顶板，应连续浇筑且不宜留设施工缝。

**5.4.5** 蓄水类工程的自修复防水混凝土侧板，应分层交圈和连续浇筑，不宜留设垂直施工缝。

**5.4.6** 蓄水类工程完工后，应及时蓄水，露天蓄水类工程不应长期处于无水状态。

## 5.5 渗漏治理工程

**5.5.1** 自修复防水砂浆可作为工程渗漏治理的刚性防水层，厚度不应小于18mm。

**5.5.2** 对于裂缝、孔洞或大面积渗漏，应先采用注浆或快速封堵止水，再涂抹自修复砂浆防水层。

**5.5.3** 刚性防水层涂抹范围应不小于裂缝两侧、孔洞周围、渗漏区域周围200mm。

**5.5.4** 渗漏治理还应符合现行行业标准《地下工程渗漏治理技术规程》JGJ/T 212和《房屋渗漏修缮技术规程》JGJ/T 53的有关规定。

## 5.6 耐久性防护与修复工程

**5.6.1** 对于D级及以上严酷环境中的混凝土结构宜采用自修复防水混凝土，环境作用等级的划分应符合现行国家标准《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476的有关规定。

**5.6.2** 自修复防水砂浆防护层可作为现行国家标准《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476中规定的提升混凝土结构耐久性的防腐蚀附加措施。

**5.6.3** 自修复防水砂浆作为混凝土工程的外防护层时，厚度不应小于10mm。

**5.6.4** 自修复防水砂浆可作为混凝土工程的修补砂浆，作为修补砂浆时，性能还应满足现行行业标准[《修补砂浆》JC/T 2381](https://www.baidu.com/link?url=klUYEPkNR3G3vGP_5rHy-Oh2jCaSFfav4wi8XXVKS8gK-HQAzown9TqEdGayuwrmxNPX0Yxalwvg2HFHg3xRE6Y2hvBMcMsU0AYMX2IuxdK&wd=&eqid=ae83fccb000570a20000000367ffa82a" \t "https://www.baidu.com/_blank)的有关规定。

# 6 施 工

## 6.1 一般规定

**6.1.1** 自修复剂应与其他材料分别贮存，标识应清晰。

**6.1.2** 自修复刚性防水材料施工前，应编制专项施工方案，并应进行现场技术交底。

## 6.2 自修复防水混凝土

**6.2.1** 自修复防水混凝土应采用预拌混凝土。

**6.2.2** 自修复防水混凝土在运输和浇筑过程中严禁加水。

**6.2.3** 自修复防水混凝土的配料应按配合比准确称量，其计量允许偏差应符合表6.2.3的规定。

**表6.2.3 自修复防水混凝土配料计量允许偏差**

|  |  |
| --- | --- |
| 原材料种类 | 允许偏差（%） |
| 水泥、掺合料 | ±1 |
| 粗、细骨料 | ±2 |
| 水、外加剂 | ±1 |
| 自修复防水剂 | ±1 |

**6.2.4** 原材料投料方式应满足混凝土搅拌技术要求和混凝土拌合物质量要求，粉状自修复剂宜与胶凝材料一同投放，液体自修复剂宜与减水剂一同投放。

**6.2.5** 自修复防水混凝土宜采用强制式搅拌机制备，应搅拌均匀，混凝土的匀质性应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164的有关规定。混凝土搅拌的最短时间应符合表6.2.5的规定。对于双卧轴强制式搅拌机，可在保证搅拌均匀的情况下适当缩短搅拌时间。搅拌强度等级C60及以上的混凝土时，搅拌时间应适当延长。

**表6.2.5 混凝土搅拌的最短时间（s）**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 混凝土坍落度（mm） | 搅拌机机型 | 搅拌机出料量（L） | | |
| ＜250 | 250～500 | ＞500 |
| ≤40 | 强制式 | 60 | 90 | 120 |
| ＞40且＜100 | 强制式 | 60 | 60 | 90 |
| ≥100 | 强制式 | 60 | | |

**6.2.6** 自修复防水混凝土的运输应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164的有关规定。

**6.2.7** 用于自修复防水混凝土的模板应拼缝严密、支撑牢固。

**6.2.8** 混凝土结构钢筋保护层厚度控制宜采用预制钢筋间隔件，其技术指标应符合现行行业标准《混凝土结构用钢筋间隔件应用技术规程》JGJ/T 219的规定。其中，水泥基类钢筋间隔件应符合下列规定：

**1**  水泥砂浆间隔件的强度不应小于自修复防水混凝土的强度；

**2** 混凝土间隔件的强度应比自修复防水混凝土的强度等级至少提高一级，且不应低于C35。

**6.2.9** 自修复防水混凝土在施工前应做好降排水工作，不得在有积水的环境中进行浇筑。

**6.2.10** 自修复防水混凝土宜采用机械振捣，避免漏振、欠振和过振现象，终凝前宜采用机械抹面或人工多次抹压，并及时进行保湿养护。

**6.2.11** 自修复防水混凝土终凝后应立即进行养护，养护可采用洒水、覆盖、喷涂养护剂等方式。养护方式应根据现场条件、环境温湿度、构件特点、技术要求、施工操作等因素确定，养护时间不得少于14d，当自修复防水混凝土浇筑施工处于大风、阳光直射的条件下时，宜加强保湿养护措施。

**6.2.12** 自修复防水混凝土生产和施工应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164和现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666的规定。

**6.2.13** 大体积自修复防水混凝土应符合国家标准《大体积混凝土施工规范》GB 50496的规定。

**6.2.14** 自修复防水混凝土冬季施工应符合现行行业标准《建筑工程冬期施工规程》JGJ/T 104的规定。

**6.2.15** 主体结构防水层施工前，自修复防水混凝土结构外表面的裂缝、孔洞、夹渣、疏松等缺陷应修补平整，其外观质量缺陷的处理要求应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204的规定。

## 6.3 自修复防水砂浆

**6.3.1** 自修复防水砂浆宜采用机械搅拌，当采用粉状自修复剂时，应先将砂、水泥和自修复剂等粉体材料干拌均匀，再加适量的水搅拌至均匀；当采用液体自修复剂时，宜先和水一起混匀后使用，搅拌时间不应少于2min。

**6.3.2** 自修复砂浆防水层的基层处理应符合下列规定：

**1** 基面空鼓、疏松、凸起物、浮浆、油污等应清除干净；

**2**  基面孔洞、低洼不平整处，应采用聚合物水泥防水砂浆修补平整，阴角应做圆弧处理；

**3** 基面应平整、坚实、清洁，充分湿润、且无明水；

**4** 基面有渗漏水现象时，应先进行堵漏处理。

**6.3.3** 自修复砂浆防水层施工应符合下列规定：

**1**  大面积防水砂浆施工前，基层表面应先喷涂混凝土界面处理剂，并应及时进行防水砂浆施工；

**2** 防水砂浆应分层涂抹或喷涂。砂浆防水层各层应紧密粘合，当需要留施工缝时，应留阶梯坡形槎，各层留槎宽度不应小于50mm，接槎前应先涂刷界面用水泥浆，再依层次顺序操作；

**3** 采用机械喷涂法施工时，底层防水砂浆表面收水时，应及时喷涂面层砂浆；采用涂抹法施工时，底层防水砂浆表面收水前宜压入耐碱玻璃纤维网格布，再采用界面用水泥浆边涂抹边压入，水泥浆厚度宜为1.5mm，并应立即涂抹面层防水砂浆，如果水泥浆已硬化，应清除重做，最后一层防水砂浆表面应提浆压实、抹平。用于地下、水池类工程自修复砂浆防水层厚度不应小于18mm；

**4**  自修复砂浆防水层转角应做成圆弧形，阴角直径不得小于30mm，阳角直径不得小于10mm；

**5** 当采用聚合物水泥防水砂浆与自修复防水砂浆复合使用时，聚合物水泥防水砂浆可作为界面粘结层，厚度不应小于3.0mm，基层可不采用混凝土界面处理剂或水泥浆，并应及时进行自修复防水砂浆的施工。

**6.3.4** 自修复砂浆防水层终凝后应立即进行养护，养护时间不得少于7d；潮湿环境，可在自然条件下适当喷水养护。

**6.3.5** 冬期施工时，自修复防水砂浆宜掺加适量的防冻剂，并应根据工程实际情况、环境温度等采取相应的保温措施，砂浆防水层未达到60%强度前严禁受冻。

**6.3.6** 自修复防水砂浆严禁在雨天、五级风以上环境施工；不得在环境温度低于5℃及高于35℃烈日暴晒时施工。

**6.3.7** 自修复砂浆防水层完工后应及时进行下道工序施工。

## 6.4 自修复细石防水混凝土

**6.4.1** 防水层施工前，应检查预埋件、穿墙管周边缝隙，确保已嵌填密实，基层处理应符合本规程第6.3.2条的规定。

**6.4.2** 自修复细石混凝土防水层浇筑应符合下列规定：

**1** 摊铺前基面应涂刷界面用水泥浆或喷涂混凝土界面处理剂，涂布应连续均匀，终凝前应立即摊铺自修复细石防水混凝土。

**2** 摊铺自修复细石混凝土时，应使钢筋网始终处于中间部位，不得出现贴近基层或露筋现象。

**3** 自修复细石混凝土防水层应按设计厚度随浇筑随用靠尺刮平并抹平，初凝前宜采用铁滚筒滚压泛浆或振捣泛浆后抹平，待表面收水时应二次提浆压实、抹平，并应及时采取养护措施。

**6.4.3** 室内底板背水面自修复细石混凝土防水层分格缝、施工缝、排水沟的设置与施工应符合下列规定：

**1** 分格缝位置宜结合柱网单元设置，纵横间距同柱网间距；分格缝可采用切缝方式成缝，切缝位置的钢筋宜断开，切缝宽度宜为5mm~8mm，切缝深度宜为15mm~20mm，分格缝内应嵌填密封材料；

**2** 施工缝应设置在结构变形缝、诱导缝、后浇带及结构转折处等位置，缝宽宜为10mm~15mm，缝深同防水层厚度，缝内应嵌填密封材料；

**3** 施工缝、分格缝内的密封材料应在混凝土养护期结束后嵌填密封；

**4** 排水沟宜沿外墙根部附近设置，宽度宜为100mm~150mm，深度同防水层厚度，距外墙不小于100mm，并应与排水系统相连。

**6.4.4** 地下室外顶板迎水面自修复细石混凝土防水层施工缝、分格缝的设置应符合下列规定：

**1** 地下室外顶板迎水面细石混凝土防水层的分格缝间距宜为6m，当内掺钢纤维时可不设置分格缝；

**2** 应在施工缝、分格缝及其他留设缝上再设置防水加强层，防水加强层可采用Ⅱ型聚合物水泥防水涂料，厚度不应小于1.5mm，宽度不应小于300mm，并应增加胎体增强材料；或采用丁基橡胶防水密封胶粘带，厚度不应小于1.2mm，宽度不应小于200mm。

**3** 施工缝、分格缝及其他留设缝内嵌填密封材料和缝上防水加强层施工，应在混凝土强度达到设计强度的70%后进行；密封材料、丁基橡胶防水密封胶粘带性能，应符合现行行业标准《混凝土接缝用建筑密封胶》JC/T 881、《丁基橡胶防水密封胶粘带》JC/T 942的有关规定。

**4** 地下室外顶板迎水面细石混凝土防水层应保湿养护至土方回填。

**6.4.5** 自修复细石防水混凝土终凝后，室内潮湿环境可在自然条件下适当喷水养护，室外环境应立即覆盖养护材料养护，并始终保持混凝土表面湿润，养护期不应少于14d。

**6.4.6** 冬期施工时，自修复细石防水混凝土宜掺加适量的防冻剂和速凝剂，并应根据工程实际情况、环境温度等采取相应的保温措施，强度未达到50%前严禁受冻。

**6.4.7** 自修复细石混凝土防水层宜在5℃~35℃的气候条件下施工，严禁在雨天、五级及以上风力环境施工。

**6.4.8** 自修复细石混凝土防水层完工后应及时进行下道工序施工。

## 6.5 缺陷修复与渗漏治理工程

**6.5.1** 自修复防水混凝土结构施工完毕后，在防水层施工或隐蔽之前，应对结构缺陷进行全面筛查，对影响防水功能的缺陷应进行修复，修复后的质量应满足防水要求。

**6.5.2** 混凝土结构防水工程渗漏缺陷主要包括裂缝、孔洞、蜂窝、夹渣、疏松等。

**6.5.3** 孔洞、蜂窝、夹渣、疏松等渗漏缺陷的修复应符合下列规定：

**1** 应凿除不牢固部分的混凝土至密实部位，并应清理干净；

**2** 严重缺陷的部位可支设模板，并应采用比原混凝土强度等级高一级的自修复细石防水混凝土浇筑密实；一般缺陷的部位可采用防水砂浆抹实压平，施工前应对基层进行洒水湿润；

**3** 保湿养护时间不应小于7d。

**6.5.4** 混凝土裂缝修补应待裂缝稳定后进行，裂缝修补方法可分为表面处理法、压力灌浆法等。贯通裂缝应采用压力灌浆法，表面裂缝可采用表面处理法。裂缝修补完毕后，裂缝周围局部区域宜再设置一道刚性防水层进行加强处理。

**6.5.5**　需要补强的混凝土裂缝，宜采用环氧树脂灌浆材料或水泥基灌浆材料。

**6.5.6** 锚喷支护工程渗漏水时，宜采用注浆或速凝型无机防水堵漏材料堵水，也可采取排水措施。

**6.5.7** 混凝土结构裂缝表面处理材料可采用自修复防水砂浆、水泥基渗透结晶型防水涂料及环氧胶泥等材料，表面处理法施工应符合下列规定：

**1**  清除裂缝表面松散物，裂缝表面应清洁；

**2**  材料应均匀涂抹在裂缝表面；

**3** 涂覆厚度、方法及范围应符合设计及材料使用的规定。

**6.5.8** 混凝土结构裂缝压力灌浆材料可采用环氧树脂、丙烯酸盐灌浆材料等，压力灌浆法施工应符合下列规定：

**1**  裂缝灌浆前，应清除裂缝表面的灰尘、浮渣和松散混凝土；

**2** 裂缝渗漏水宜采用聚氨酯灌浆材料止水；

**3** 灌浆孔间距可根据不同的灌浆方法确定；

**4** 灌注施工应采用与所选浆液品种对应的专用机具；

**5** 待灌浆材料凝固后，应拆除外露注浆嘴、灌缝器具，并进行表面处理。

**6.5.9**  自修复砂浆防水层缺陷修补应符合下列规定：

**1** 自修复砂浆防水层龟裂、空鼓、裂缝和局部损坏时，应凿除破损缺陷部分，重新采用自修复防水砂浆修补平整；

**2** 需要凿除的修补区域应先用切割机切出边界后再凿除破损部位的砂浆层；

**3** 采用自修复防水砂浆修补前，基层应清理干净、湿润，并应采用界面剂增强处理；

**4**  自修复砂浆防水层宜增铺耐碱玻璃纤维网格布。

**6.5.10** 地下工程渗漏治理应符合现行行业标准《地下工程渗漏治理技术规程》JGJ/T 212的有关规定。

# 7 质量检验

## 7.1 一般规定

**7.1.1** 防水工程验收时，应提交下列归档资料：

**1** 防水工程的设计文件、图纸会审记录、设计变更书等；

**2** 防水材料产品合格证、质量检验报告和现场抽样复检报告；

**3** 防水施工方案及技术、安全交底；

**4** 防水施工质量控制、检验记录；

**5** 隐蔽工程验收记录；

**6** 其他相关质量记录或文件。

**7.1.2** 自修复剂应有产品合格证、性能检测报告等质量证明文件。

**7.1.3** 自修复剂等防水材料进场时，应按规定批次验收出厂检验报告、型式检验报告、产品合格证、使用说明书，进场检验应符合下列规定：

**1** 自修复剂应按每50t为一检验批，不足50t时也应按一个检验批计，进场检验项目应包括外观、抗压强度比。

**2** 其他防水材料的进场检验应符合现行国家标准《地下防水工程质量验收规范》GB50208的有关规定。

**7.1.5**  工程质量验收应符合国家现行标准《建筑与市政工程防水通用规范》GB 55030、《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300、《地下防水工程质量验收规范》GB 50208、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《既有混凝土结构耐久性评定标准》GB/T 51355、《建筑外墙防水工程技术规程》JGJ/T 235等的有关规定。

## 7.2 自修复防水混凝土

**7.2.1** 混凝土原材料质量检验应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164的规定。

**7.2.2**  自修复防水混凝土拌合物性能检验应符合下列规定：

**1** 自修复防水混凝土拌合物性能应符合本规程第4.2节的规定。

**2**  在自修复防水混凝土生产和施工过程中，应在搅拌地点和浇筑地点分别对混凝土拌合物进行抽样检验。

**3** 自修复防水混凝土拌合物的检验频率应符合下列规定：

1）混凝土坍落度检验取样频率应按现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107中规定的检验频率执行；

2）同一工程、同一配合比的混凝土的凝结时间应至少检验1次；

3）同一工程、同一配合比的混凝土的氯离子含量应至少检验1次。

**7.2.3** 自修复防水混凝土硬化性能检验应符合下列规定：

**1** 自修复防水混凝土力学性能和耐久性能应符合本规程第4.2节的规定。

**2** 自修复防水混凝土的强度检验评定应符合现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107的有关规定。

**3** 自修复防水混凝土的耐久性能检验评定应符合现行行业标准《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193的有关规定。

**7.2.4** 自修复防水混凝土的检验还应符合现行国家标准《预拌混凝土》GB/T 14902的有关规定。

**7.2.5** 自修复细石防水混凝土的质量检验可参照本规程第7.2.1条~7.2.4条进行。

## 7.3 自修复防水砂浆

**7.3.1** 自修复防水砂浆的检验应符合现行国家标准《预拌砂浆》GB/T 25181的有关规定。

**7.3.2** 自修复防水砂浆的型式检验应符合本规程第4.3节的全部项目。

**7.3.3** 自修复湿拌砂浆出厂检验项目应包括稠度、保水率、凝结时间、强度等级、拉伸粘结强度、抗渗等级。

**7.3.4** 自修复干混砂浆出厂检验项目应包括2h稠度损失率、保水率、强度等级、拉伸粘结强度、抗渗等级。

**7.3.5** 自修复预拌砂浆进场时，供方应按规定批次向需方提供质量证明文件。质量证明文件应包括产品型式检验报告和出厂检验报告。

**7.3.6** 自修复防水砂浆的进场检验应符合下列规定：

**1** 自修复防水砂浆进场时，预拌砂浆应进行外观检验，湿拌砂浆应外观均匀，无离析、泌水现象；散装干混砂浆应外观均匀，无结块、受潮现象；袋装干混砂浆应包装完整，无受潮现象。

**2** 湿拌砂浆应进行稠度检验，稠度允许偏差为±10mm。

**3** 湿拌砂浆的检验项目应包括保水率、凝结时间、抗压强度、抗折强度、抗渗等级、拉伸粘结强度和吸水率。

**4** 干混砂浆的检验项目包括保水率、抗压强度、抗渗等级、拉伸粘结强度和吸水率。

**7.3.7** 同一生产厂家、同一品种、同一等级、同一批号且连续进场的湿拌砂浆，每50m³应为一检验批；同一生产厂家、同一品种、同一等级、同一批号且连续进场的干混砂浆，每200t应为一检验批。

## 7.4 工程验收

**7.4.1** 防水工程隐蔽验收记录应包括下列内容：

**1** 防水层的基层；

**2** 密封防水处理部位；

**3** 门窗洞口、穿墙管、预埋件及收头等细部做法并应附图说明。

**7.4.2**  防水层分项工程检查验收时，应检查下列文件和资料：

**1** 防水工程设计文件、图纸会审记录、设计变更、洽商记录单；

**2** 主要材料的产品合格证、出厂检验报告、型式检验报告及进场验收记录；

**3** 主要材料现场抽样复验的见证取样单、试验报告等；

**4** 施工方案和安全技术措施文件；

**5** 隐蔽工程验收和相关图像资料；

**6** 施工记录和施工质量检验记录；

**7** 淋水或蓄水检验记录；

**8** 工程观感检查记录。

**7.4.3** 防水层应按防水面积每100㎡抽查一处，每处应为10㎡，且不得少于3处；细部构造应全数检查。

**7.4.4** 防水层的基面应进行专项验收，细部节点、防水层应进行隐蔽工程验收。

**7.4.5** 地下工程的下列部位应进行隐蔽工程验收：

**1** 防水层基面；

**2** 接缝构造防水；

**3** 隐蔽之前的防水层；

**4** 隧道工程二次衬砌浇筑完成前。

**7.4.6** 地下工程施工完毕后应按照下列规定进行检验：

**1** 底板应在基坑降水撤除之后进行检查，如有渗漏应在结构底板背水面进行修复，直至无渗漏为止。

**2** 侧墙检验应在雨后或淋水观察，如有渗漏应在侧墙背水面进行修复，直至无渗漏为止。

**3** 顶板蓄水检验应符合下列规定：

1）结构顶板应在施工防水层之前进行蓄水检验，如有渗漏，应在顶板迎水面根据渗漏原因采用相应修复措施；修复部位应重新进行蓄水检验至无渗漏；

2）顶板防水层施工完毕后，宜雨后观察或淋水检验，必要时进行蓄水检验，如有渗漏，应在顶板迎水面修复，修复部位应重新进行蓄水检验至无渗漏为止；

3）当顶板进行蓄水检验时，可分区筑坝进行检验，蓄水检验持续时间不应小于48h，蓄水深度应高于顶板面最高处不少于30mm。

**7.4.7** 外墙的门窗洞口、雨篷、阳台、变形缝、伸出外墙管道、预埋件、分格缝及女儿墙压顶、预制构件等部位的节点防水做法应进行隐蔽工程检查验收。

**7.4.8** 外墙防水层完工后，采用淋水试验时，持续淋水时间不应少于30 min。

**7.4.9** 幕墙工程在防水层施工完成后、幕墙安装前应进行淋水试验，持续淋水时间不应少于 30min。

**7.4.10** 有防水要求的穿楼板管道管根部位封堵完毕后，应做24h蓄水试验，确认不漏水后方可隐蔽。

**7.4.11** 蓄水类工程的蓄水试验应符合现行国家标准《给水排水构筑物工程施工及验收规范》GB 50141的有关规定。

**7.4.12** 当防水工程验收未达到设计要求时，应编制专项维修方案，并应经施工单位、设计单位、监理单位或建设单位技术负责人审批后实施。维修完成后，应进行二次验收。

# 附录A 混凝土硫酸盐侵蚀系数比试验方法

**A.0.1** 本试验方法适用于自修复剂对混凝土硫酸盐侵蚀系数比的测定。

**A.0.2** 混凝土原材料和配合比设计应按照现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076的有关规定执行。

**A.0.3** 混凝土硫酸盐侵蚀系数比试验方法和结果处理应按照现行国家标准《混凝土防腐阻锈剂》GB/T 31296的有关规定执行。

# 用词说明

为便于在执行本规程条款时区别对待，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。

《混凝土外加剂》GB 8076

《混凝土外加剂匀质性试验方法》GB/T 8077

《预拌混凝土》GB/T 14902

《水泥基渗透结晶型防水材料》GB 18445

《预拌砂浆》GB/T 25181

《混凝土防腐阻锈剂》GB/T 31296

《混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082

《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107

《地下工程防水技术规范》GB 50108

《给水排水构筑物工程施工及验收规范》GB 50141

《混凝土质量控制标准》GB 50164

《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204

《地下防水工程质量验收规范》GB 50208

《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300

《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476

《大体积混凝土施工规范》GB 50496

《混凝土结构工程施工规范》GB 50666

《既有混凝土结构耐久性评定标准》GB/T 51355

《建筑与市政工程防水通用规范》GB 55030

《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52

《房屋渗漏修缮技术规程》JGJ/T 53

《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T 70

《建筑工程冬期施工规程》JGJ/T 104

《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193

《地下工程渗漏治理技术规程》JGJ/T 212

《混凝土结构用钢筋间隔件应用技术规程》JGJ/T 219

《建筑外墙防水工程技术规程》JGJ/T 235

《混凝土接缝用建筑密封胶》JC/T 881

《丁基橡胶防水密封胶粘带》JC/T 942

[《修补砂浆》JC/T 2381](https://www.baidu.com/link?url=klUYEPkNR3G3vGP_5rHy-Oh2jCaSFfav4wi8XXVKS8gK-HQAzown9TqEdGayuwrmxNPX0Yxalwvg2HFHg3xRE6Y2hvBMcMsU0AYMX2IuxdK&wd=&eqid=ae83fccb000570a20000000367ffa82a" \t "https://www.baidu.com/_blank)

《水泥混凝土自修复性能试验方法标准》T/CECS 913

《刚性防水工程技术规程》T/CECS 1004

中国工程建设标准化协会标准

**自修复刚性防水材料应用技术规程**

**T/CECS XXX-202X**

# 条 文 说 明

**制定说明**

本规程制定过程中，编制组进行了深入的调查研究，总结了我国自修复刚性防水材料在防水工程、渗漏治理工程及耐久性防护工程中应用的实践经验，同时参考了国外先进技术法规、技术标准，通过自修复剂对混凝土抗裂防水性能和耐久性能的试验研究，取得了自修复剂对提升混凝土防水、抗裂及耐久性能方面的重要技术参数。

本规程编制过程中，防水做法在满足绿色化、低碳化和提高防水可靠性的前提下，遵循提高建筑防水寿命，节约工期，节材环保，满足防水使用年限与结构寿命等同的要求的编制原则。本规程重点突出了自修复混凝土结构自防水体系的全刚性防水或以刚性为主的防水设计做法，同时也涵盖了外设柔性防水层的防水体系做法。

为便于广大设计、施工、科研等有关单位人员在使用本规程时能正确理解及执行条文规定，《自修复刚性防水材料应用技术规程》编制组按章、节、条顺序，编制了本规程的条文说明，对条款规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。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](#_Toc11010) [（3](#_Toc11010)2）

[2 术 语 （3](#_Toc13144)3）

[3 基本规定 （3](#_Toc21793)4）

[4 材 料 （3](#_Toc29844)6）

[4.1 自修复剂 （3](#_Toc10307)6）

[4.2 自修复防水混凝土 （3](#_Toc2185)6）

[4.3 自修复防水砂浆 （3](#_Toc22305)7）

[4.4 自修复细石防水混凝土 （3](#_Toc6723)7）

[5 设 计 （3](#_Toc8973)8）

[5.1 一般规定 （3](#_Toc13650)8）

[5.2 地下防水工程 （38](#_Toc20232)）

[6 施 工 （3](#_Toc4327)9）

[6.2 自修复防水混凝土 （3](#_Toc16892)9）

[6.4 自修复细石防水混凝土 （3](#_Toc285)9）

[6.5 缺陷修复与渗漏治理工程 （3](#_Toc14052)9）

[7 质量检验 （4](#_Toc27221)2）

[7.4 工程验收 （4](#_Toc9567)2）

# 1 总 则

**1.0.1** 目前，建筑工程渗漏问题仍是影响工程质量通病之一，工程长期受地下水、雨水的渗透作用，如防水问题处理不好，将会带来一系列问题：影响工程正常运营和使用；致使工程内部装修和设备加快腐蚀；降低保温性能及使用寿命等。随着地下空间开发利用日趋深广，高层和超高层建筑的地下室、商业综合体、轨道交通、城市综合管廊等大型地下工程日益增多，给工程防水带来多样性、复杂性及特殊性，如预制结构、特殊施工法的叠合墙结构、逆筑法地下工程等，采用混凝土结构自防水和水泥基刚性防水层，能很好的适应并满足这些特殊工法及复杂环境条件下防水施工要求和防水寿命与结构主体使用年限相匹配的要求。

自修复刚性防水材料已在防水工程中得到了广泛的推广应用，近20年来，在国内多个防水工程中成功应用，累计防水面积达数亿平方米，取得了良好的效果，主要应用领域包括工民建地下工程、地铁、综合管廊、污水处理、隧道、水利、港口等地下防水工程，蓄水类工程、屋面防水工程以及建筑外墙等防水工程。大量的工程应用和试验研究表明，自修复刚性防水材料不仅具有良好的防水性能，还可提升混凝土的耐久性能，可应用于氯化物环境、硫酸盐环境、化学腐蚀环境等严酷环境中对耐久性要求高的混凝土结构工程。

为了在全国范围内更好的规范该类材料的应用，促进我国刚性防水技术的发展，达到技术先进、经济合理、安全适用、环保耐久、确保质量的目的，实现防水使用年限与结构寿命等同的目标，特制定本规程。

**1.0.2** 本条规定了适用范围，本规程不仅适用于防水工程和渗漏治理工程，还适用于耐久性防护工程。

# 2 术 语

**2.0.1** 本规程中的自修复剂是指矿物结晶类自修复剂，自修复剂除了矿物结晶类自修剂外，还包括微生物自修复剂，微生物自修复剂的执行标准为现行协会标准《微生物自修复混凝土应用技术规程》T/CECS 973。

**2.0.3** 自修复防水混凝土最本质的特征是需具有良好的自修复性能和抗渗性，在配合比设计时，除了要采用优质常规原材料，掺加自修复剂、矿物掺合料及其他外加剂外，还应采用较低水胶比并优化配合比，通过严格的施工措施，以达到降低混凝土内部孔隙率或透水性，改变孔隙形态、分布特征，以及减少混凝土温度收缩、干缩等目标；从而制成的具有良好自修复性能、抗渗性能、抗裂性能和耐久性能的混凝土。

**2.0.6** 自修复混凝土自防水结构主体应采用具有防渗抗裂性能的自修复防水混凝土，结构主体采用优化钢筋配置和设置防裂构造措施，具体防裂设计可参照现行行业标准《建筑工程裂缝防治技术规程》JGJ/T 317等标准的规定执行。自修复混凝土结构自防水依靠混凝土自身的密实性和材料、结构的抗裂性以及合理的节点处理达到防水的目的。自修复混凝土结构自防水还应采取精细化的施工过程控制措施，防排结合构造措施，辅以施工缺陷修复处理，施工缺陷修复处理包括封堵未能避免的混凝土裂缝、漏振的不密实部位、处理不到位的穿墙管道等可能导致渗水的节点部位。同时对变形缝、后浇带、施工缝等细部构造进行防水密封处理等综合措施。

# 3 基本规定

**3.0.3** 自修复混凝土结构自防水工程设计和施工基本原则要综合考虑不同工程种类的特性、多样性、环境的复杂性和特殊性，并应便于防水设计人员根据工程的特点进行适当的自由发挥。

防：指自修复混凝土防水层，如地下工程迎水面主体结构采用自修复防水混凝土，并根据工程的重要性采用加强防水措施，使工程具有一定防止地下水渗入的能力。

排：防水和排水是一个问题的两个方面，考虑防水的同时应考虑排水。对于地下工程中设置排水措施，使地下水远离主体结构，避免地下水浮力对结构的不利影响，以及水流透过混凝土裂缝、接缝、孔洞等通道发生渗漏。地下工程的排水要根据结构形式和水文地质条件进行设计，并要考虑长期排水可能引起的地基不均匀沉降、荷载变化等后果。对于外墙工程等，考虑排水应先让水顺利、迅速地排走，减少或避免积水，自然可以减轻防水的压力，做好排水是提高防水功能的有效措施。

截：对于地下工程而言，是指在工程所在地的地表，设置排水沟、截洪沟、导排水系统，将地表水、雨水尽快排走，防止和减少雨水下渗，减少水源进入工程内部的几率。

堵：是在工程建成后，在工程缺陷修复处理环节，对渗漏水部位进行注浆、嵌填、抹面等方法将渗水通道堵塞；在围岩有裂隙水时，采用注浆或嵌填等方法堵住渗漏水。

因地制宜：要根据工程防水和耐久性要求、工程环境、工程类型、工程特点、施工可操作性等选择适宜的防水做法和防水材料。当混凝土结构地下工程防水层无工作面、设置有抗浮锚杆的地下工程等，宜选用自修复混凝土结构自防水体系。

过程控制：自修复防水混凝土和自修复防水砂浆的抗渗性和抗裂性与原材料、配合比、施工浇筑、养护等一系列环节相关，防水节点的质量跟是否严格按照有关施工工艺标准施工密切相关。因此，应对施工全过程实行质量控制，过程控制是保证自修复刚性防水工程施工质量的关键措施。

施工过程中应做好工序检查：施工单位必须建立、健全施工质量检验制度，严格工序管理，做好隐蔽工程的质量检查和保护措施，如止水带安装、穿墙止水环安装、后浇带等隐蔽工程是决定防水成败的关键，严格的工序检查是保证防水工程施工质量的关键。

良好的防水工程是一个综合效果的体现，因此在勘察、设计、施工和运营维护的每个环节，都应考虑防水要求，并根据工程所处环境的工程及水文地质条件、工程防水等级和耐久性要求，选择适宜的防水措施。

本条参照了现行国家标准《地下工程防水技术规范》GB 50108和《屋面工程技术规范》GB 50345的有关规定。

**3.0.7** 具有良好的抗渗性和抗裂性即是自修复混凝土结构自防水工程防水的本质要求，也是耐久性的本质要求，二者的本质要求是高度一致的；自修复混凝土结构工程的防水失效和耐久性失效也互为因果，防水失效会加速耐久性失效，耐久性失效也会加速防水失效；在国家现行有关混凝土结构工程耐久性设计标准中，对混凝土的抗渗性和裂缝控制都从不同的角度提出了相关技术要求，因此本规程规定，自修复混凝土结构防水工程应进行耐久性设计。目前，国内有关混凝土结构的耐久性设计标准中，在国家标准层面上有《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476，铁路行业标准有《铁路混凝土结构耐久性设计规范》TB 10005，公路行业标准有《公路工程混凝土结构耐久性设计规范》JTG/T 3310，水运行业标准有《水运工程结构耐久性设计标准》JTS 153等，《工业建筑防腐蚀设计标准》GB/T 50046针对受腐蚀性介质作用的工业建筑也做了相应规定。行业标准相对国家标准提出了更为详细严格的要求，不同行业的工程还应满足本行业的混凝土结构耐久性设计标准。

**3.0.9** 自修复防水混凝土的抗裂技术措施主要包括：采用级配和粒形好的骨料，控制骨料的含泥量，具体技术指标参见《高性能混凝土用骨料》JG/T 568；调整水泥及其他胶凝材料种类、细度及用量，使用具有抗裂功能的外加剂，优化配合比设计，结构设计采用抗裂措施，控制结构厚度，优化浇筑工艺，保证振捣密实，减少结构内外温差及加强养护等。掺加自修复剂能够提高防水混凝土的裂缝自修复能力，是有效控制混凝土裂缝的技术措施之一。

# 4 材 料

## 4.1 自修复剂

**4.1.1～4.1.3** 提升混凝土裂缝的自修复能力应是自修复剂的主要性能指标，也是目前混凝土工程的主要需求，因此本规程设置了混凝土裂缝自修复能力比指标。水压力损伤自修复性能指标主要借鉴了现行国家标准《水泥基渗透结晶型防水材料》GB 18445的抗渗性能指标，一方面是因为该指标已在行业内广泛应用，接受度比较好；另一方面，第二次抗渗压力比是基准和受检混凝土试件在透水之后，并经28d标准养护后，抗渗能力自修复后的受检混凝土与基准混凝土抗渗压力值的比，该指标能够表征混凝土在受到水压力损伤后的自修复能力。

## 4.2 自修复防水混凝土

**4.2.6** 本规程提出抗渗等级的代用值，主要是为了节约检测时间和检测设备。目前传统的抗渗等级试验主要采用逐级加压法，每隔8h增加0.1MPa水压，试验耗时较长，当试验量较大时，需要配置较多数量的试验设备，行业内人员一直呼吁希望能够采用更加简便的设计评价指标。该原则的理论依据为目前公路、电力、水工等行业标准中对相对渗透系数的计算公式，在平均渗水高度相等的情况下，相对渗透系数主要取决于压力值与恒压时间的乘积。

**4.2.9** 本条主要规定自修复防水混凝土耐久性能的要求，根据现行国家标准《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476及其相关行业标准的有关规定，不同的环境类别，不同的环境作用等级，不同的设计使用年限，对具体工程的混凝土的耐久性能要求不同，因此设计根据工程具体情况，确定防水混凝土的耐久性能。目前铁路、水运等行业都制定了关于混凝土结构耐久性设计的行业标准，不同行业的工程还应满足本行业的混凝土结构耐久性设计标准。

## 4.3 自修复防水砂浆

**4.3.2** 保水率是判定砂浆拌合物在运输及停放时内部组分稳定性的指标，依据现行国家标准《预拌砂浆》GB/T 25181规定了自修复防水砂浆的2h稠度损失率、凝结时间和保水率，以满足施工要求。在确定自修复防水砂浆稠度时，应考虑砂浆在运输和储存过程中的稠度损失。

**4.3.3** 根据现行国家标准《预拌砂浆》GB/T 25181的规定，对防水砂浆进行了分类，按强度等级可分为M10、M15、M20，按抗渗等级可分为P6、P8、P10，28d收缩率不大于0.15%。根据目前工程应用领域要求不同，本规程将自修复防水砂浆进行了分类。

## 4.4 自修复细石防水混凝土

**4.4.5** 砂、石骨料体积一般占混凝土体积的75%左右，是配制混凝土的最重要原材料之一，尤其目前混凝土多采用泵送施工，砂、石骨料的性能对混凝土性能至关重要，性能良好的骨料是保证混凝土高性能化的重要基础条件，对防水混凝土的匀质性和抗裂性具有重要决定作用，本规程要求自修复细石防水混凝土用骨料应符合现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52的有关规定。

# 5 设 计

## 5.1 一般规定

**5.1.3** 自修复防水砂浆与混凝土基层表面具有良好的粘结能力，不受基层潮湿影响，因此，用于结构背水面也具有良好的防水效果，当用于迎水面施工空间受限时，可用于背水面。

**5.1.4** 由于细部构造是变形集中的部位，其设防措施和要求应更高，而且大部分的细部构造无法采用自修复刚性防水材料进行防水设防。因此，在这些部位应采用其他防水材料配套组合使用。

## 5.2 地下防水工程

**5.2.4** 采用混凝土结构自防水或外设刚性防水层的刚性防水体系，种植顶板不需要设置耐根穿刺层，设置耐根穿刺防水层的目的是为了保护柔性防水层，避免植物根系穿刺柔性防水层，水泥基刚性防水材料不需要设置耐根穿刺保护措施。因为钢筋混凝土最初就是以种植植物的花盆形式出现并发展而来的，在1867年巴黎的世博会上，法国花匠约瑟夫·莫尼哀(JosephMonier，1823-1906)展示了他发明的钢筋混凝土，其标志性作品是钢筋混凝土花盆。由此算来，水泥花盆使用至今已有150多年的历史，迄今尚未发现有植物根系穿透无大裂缝水泥混凝土花盆的事例。另外，硅酸盐水泥混凝土内部的PH值大于12，是高碱性环境，植物根系不能在此高碱性环境中生存，因此完全没必要浪费资源再设置柔性耐根穿刺层。

修订国家标准《地下工程防水技术规范》GB 50108-2008标准时曾参照耐根穿刺试验标准，做了采用细石混凝土预制板拼接成箱的耐根穿刺试验，翻箱检视运行近6年的试验箱后，8只箱无一处被植物根系穿破。由此可见，配筋的细石混凝土在潮湿状态下，根本不存在植物根系穿刺的问题。

# 6 施 工

## 6.2 自修复防水混凝土

**6.2.2** 在生产施工过程中向混凝土中加水会严重影响混凝土的力学性能、长期性能和耐久性能，对混凝土工程质量危害极大，必须严格禁止。

**6.2.3～6.2.6** 本部分条文参照现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164进行规定，自修复防水混凝土的生产、搅拌和运输应保证匀质性。

**6.2.8** 砂浆和混凝土的强度是水泥基类钢筋间隔件承载力的基本保证，因此，本条规定了该类钢筋间隔件的强度不应低于结构混凝土内砂浆或混凝土的强度，还规定了混凝土钢筋间隔件的最低强度等级为C35，《混凝士结构用钢筋间隔件应用技术规程》JGJ/T 219规定的混凝土钢筋间隔件最低强度等级为C30。

## 6.4 自修复细石防水混凝土

**6.4.1** 本条规定了自修复细石防水混凝土的浇筑要求。

**1** 界面处理剂通常采用2mm厚，水灰比为0.4左右的水泥浆或掺加界面剂的水泥浆，该层水泥浆层俗称“套浆层”是确保细石混凝土防水层和结构混凝土有效粘结、防止防水层空鼓窜水的重要技术措施，施工中应严格控制，确保不漏刷。

**6.4.4** 本条规定了地下室外顶板迎水面自修复细石混凝土防水层施工缝、分格缝的设置要求。

**1** 内掺钢纤维掺量不应低于体积掺量的1%，否则分格缝不可不设。

## 6.5 缺陷修复与渗漏治理工程

**6.5.4** 裂缝渗漏水一般根据漏水量和水压力采取相应堵漏措施。对于水压较小和渗水量不大的裂缝或孔洞，可沿裂缝剔凿成较小深度和宽度的“V”槽，槽内用速凝型无机防水堵漏材料填压密实。对于水压和渗水量较大的裂缝采用注浆的方法进行处理。常用注浆止水材料有聚氨酯、丙烯酸盐等，当裂缝宽度大于0.2mm时，可采用掺加外加剂的超细水泥、水泥-水玻璃灌浆材料，当采用掺加外加剂的水泥基灌浆材料仍达不到堵漏要求时，可采用聚氨酯或丙烯酸盐灌浆材料止水或其他措施止水；裂缝渗漏水处理完毕后，表面再用防水砂浆、聚合物防水砂浆或防水涂料等加强处理。注浆孔的布置、孔深度、间距及注浆压力等，以注浆达到“饱和填充缺陷”为准。不同的灌浆材料凝胶或凝结时间不同，且受环境温度影响很大，因此，应根据基层裂缝大小、地下水压力、浆材种类、结构厚度、环境条件及工程要求现场调整。原则是在达到注浆目的的同时，还能满足施工方便、造价经济的要求。变形缝渗漏宜选用聚氨酯或丙烯酸盐等化学注浆材料。

**6.5.5** 环氧树脂灌浆材料、掺加外加剂的超细水泥、水泥基灌浆材料，强度高、粘结性能和耐久性能好，适用于混凝土裂缝或围岩裂隙补强。需要补强的部位，裂缝或裂隙宽度小于0.2mm时，宜采用环氧树脂灌浆材料灌浆补强；裂缝宽度大于等于0.2mm时，可采用掺加外加剂的超细水泥、水泥基灌浆材料注浆补强。本条所指基层裂缝或孔洞无明显渗漏水时采用，当有明显渗漏水时，应先采取止水措施，再进行注浆补强。掺加外加剂的超细水泥、水泥-水玻璃或水泥基灌浆材料对环境不存在污染问题，近年来在一些地下工程渗漏水治理应用中取得了较好的堵漏、补强效果。

**6.5.6** 喷射混凝土和锚杆联合支护，不但是安全可靠的支护形式，而且是在岩土层中构筑地下工程较为优越的衬砌结构形式。这种方法在铁路、公路等矿山法隧道、矿井、坑道等地下工程中大量采用。锚喷支护一般作为临时支护来考虑，作为永久衬砌则必须解决好防水问题。

喷射混凝土施工前，要对围岩渗漏水情况进行调查，对不同的渗漏水形式采用不同的防水措施。明显的裂隙渗漏水和漏水点，可采用下弹簧管、半圆铁皮或钻孔引流等方法将水排走。无明显渗漏水或间歇性渗水地段，可采用速凝型无机防水堵漏材料做局部防水层。当裂隙水压大或渗漏水量大时，宜采用钻孔注浆的方法堵水，注浆孔深度与间距根据围岩情况和裂隙渗漏水情况而定。

**6.5.10** 现行行业标准《地下工程渗漏治理技术规程》JGJ/T 212，对地下工程不同结构形式的渗水情况提出了相应的治理方法，在进行渗漏水治理方案制定时，本规程未做规定的，应按照该标准的规定进行。

# 7 质量检验

## 7.4 工程验收

**7.4.6** 工程实践证明，蓄水检验是保证地下工程防水质量的可靠标准，是确保地下工程的防水质量的关键技术措施，地下工程防水检验适合在雨季进行，此时地下水位最高，检验的效果较好，另外检验成本相对较低。