

市域（郊）铁路施工质量验收规范 第4部分：混凝土工程

Specification for construction quality acceptance of suburban railway—
Part 4: Concrete engineering

2024 - 07 - 01 发布

2024 - 08 - 01 实施

目 次

前言	II
引言	III
1 范围	4
2 规范性引用文件	4
3 术语和定义	4
4 总体要求	7
5 基本规定	8
6 模板及支（拱）架分项工程	10
7 钢筋分项工程	13
8 混凝土分项工程	17
9 预应力分项工程	46
10 砌体工程	52
11 特殊混凝土	57
12 混凝土实体质量核查	69
附录 A（规范性） 混凝土与砌体工程分项工程和检验批划分	71
附录 B（资料性） 质量验收记录表	72
附录 C（规范性） 钢筋接头技术要求和外观质量	77
附录 D（规范性） 环氧涂层钢筋	81
附录 E（规范性） 混凝土的耐久性指标和长期性能要求	83
附录 F（规范性） 砌体工程所用石料的类别、规格和质量要求	85
附录 G（规范性） 砂浆试件制作、养护及抗压强度取值	86
附录 H（规范性） 自密实混凝土拌和物性能试验方法	87
附录 I（规范性） 喷射混凝土强度检查试件制作方法	92
附录 J（规范性） 无砂透水混凝土强度试验方法	93
附录 K（规范性） 无砂透水混凝土透水系数的测试方法	94
附录 L（规范性） 混凝土透气系数测定方法	96

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

DB12/T 1332《市域（郊）铁路施工质量验收规范》分为以下10个部分：

- 第1部分：桥涵工程；
- 第2部分：隧道工程；
- 第3部分：车站工程；
- 第4部分：混凝土工程；
- 第5部分：路基工程；
- 第6部分：轨道工程；
- 第7部分：电力和牵引供电工程；
- 第8部分：通信工程；
- 第9部分：信号工程；
- 第10部分：综合监控和自动售检票工程。

本文件是DB12/T 1332的第4部分。

本文件由天津市交通运输委员会提出并归口。

本文件起草单位：天津轨道交通集团有限公司、天津铁路建设投资（控股）集团有限公司、天津市地下铁道集团有限公司、天津市市域郊铁路建设发展有限公司、天津城市轨道咨询有限公司、中铁上海工程局集团有限公司。

本文件主要起草人：白楠、张海波、殷增光、林福生、李广萌、李昊、韦国栋、孙义刚、张慧、曹强、杨雄利、胡耀、张禹辰、郭振国、张勇、尹文平、唐识超、樊凡、周建龙、赵明阳、刘旭东、雷方舟、安琳、高修建、刘传名、陈奇。

引 言

为了提高天津市域（郊）铁路建设水平，指导天津市域（郊）铁路工程验收工作的顺利开展，保证市域（郊）铁路工程建设质量，加强对工程施工质量进行全过程控制和进场检验、隐蔽工程及关键工序的质量验收，统合市域（郊）铁路建设过程中参与建设活动的各个相关单位共同对检验批、分项、分部、单位对工程质量进行检验的标准和依据。

为便于根据标准和依据对工程质量是否达到合格做出判断，《市域（郊）铁路施工质量验收规范》共分为10个部分，共同构成我市市域（郊）铁路施工质量验收的技术依据。

市域（郊）铁路施工质量验收规范

第4部分：混凝土工程

1 范围

本文件规定了天津市市域（郊）铁路混凝土工程施工质量验收的基本规定、模板及支（拱）架分项工程、钢筋分项工程、混凝土分项工程、预应力分项工程、砌体工程、特殊混凝土、混凝土实体质量核查等的要求。

本文件适用于天津市域范围新建、改建和扩建，最高运行速度在100km/h~160km/h的市域（郊）铁路混凝土工程施工质量验收。对于最高运行速度大于160km/h的工程，可参照本文件执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 175-2024 普通硅酸盐水泥
- GB/T 196 普通螺纹 基本尺寸
- GB/T 197 普通螺纹 公差
- GB/T 176 水泥化学分析方法
- GB/T 1499 钢筋混凝土用钢
- GB/T 5224 预应力混凝土用钢绞线
- GB/T 14902-2012 预拌混凝土
- GB/T 17671 水泥胶砂强度检验方法(ISO法)
- GB/T 21372 硅酸盐水泥熟料
- GB/T 50081 混凝土物理力学性能试验方法标准
- GB/T 50082 普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准
- GB/T 50107 混凝土强度检验评定标准
- GB 50204-2015 混凝土结构工程施工质量验收规范
- GB 50010-2010 混凝土结构设计规范
- GB 50666-2011 混凝土结构工程施工规范
- GB 50496-2018 大体积混凝土施工标准
- GB 55008-2021 混凝土结构通用规范
- TB/T 3275-2018 铁路混凝土
- TB/T 3193-2016 铁路工程预应力筋用夹片式锚具、夹具和连接器
- TB 10424-2018 铁路混凝土工程施工质量验收标准
- TB 10425-2019 铁路混凝土强度检验评定标准
- TB 10092-2017 铁路桥涵混凝土结构设计规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

工程施工质量 construction quality of works

反映工程施工过程或实体满足相关标准规定或合同约定的要求，包括其在安全、使用功能及其在耐久性能、环境保护等方面所有明显和隐含能力的特性总和。

3.2

验收 acceptance

工程施工质量在施工单位自行检查合格的基础上，参与建设活动的有关单位共同对检验批、分项、分部、单位工程的质量按有关规定进行检验，根据设计文件和相关标准以书面形式对工程质量达到合格与否做出确认。

3.3

检验 inspection

对检验项目中的特征、性能进行量测、检查、试验等，并将结果与标准规定要求进行比较，以确定每项性能是否合格所进行的活动。

3.4

工序 construction procedure

施工过程中具有相对独立特点的作业活动，或由必要的技术间歇及停顿分割的作业活动，是组成施工过程的基本单元。

3.5

检验批 inspection lot

按同一生产条件或按规定的方式汇总起来供检验用的由一定数量样本组成的检验体。

3.6

进场检验 site inspection

对进入施工现场的材料、构配件、设备等按相关标准规定要求进行检验，对其达到合格与否做出确认。

3.7

抽样检验 sampling inspection

按照规定的抽样方案，随机地从进场的原材料、构配件、半成品、设备或工程检验项目中，按检验批抽取一定数量的样本所进行的检验，抽样样本应分布均匀，并具有代表性。

3.8

见证检验 witness inspection

施工单位在工程监理单位或建设单位的见证下，按照有关规定从施工现场随机抽取试样，送至具备相应资质的检测机构进行检验的活动。

3.9

平行检验 parallel inspection

监理单位利用一定的检查或检测手段，在施工单位自检的基础上，按照一定的比例进行检查或检测的活动。

3.10

交接检验 handing over inspection

由施工的承接方与完成方共同检查并对可否继续施工做出确认的活动。

3.11

主控项目 critical item

对质量、安全、卫生、环境保护、公众利益和主要使用功能起决定性作用的检验项目。

3.12

一般项目 general item

除主控项目以外的检验项目。

3.13

返工 rework

对不合格的工程部位采取的重新制作、重新施工等措施。

3.14

返修 repair

对工程不符合标准规定的部位采取整修等措施。

3.15

缺陷 defect

混凝土结构施工质量不符合规定要求的检验项或检验点，按其程度可分为严重缺陷和一般缺陷。

3.16

一般缺陷 minor defect

对结构构件的受力性能或使用功能无决定性影响的缺陷。

3.17

严重缺陷 serious defect

对结构构件的受力性能或使用功能有决定性影响的缺陷。

3.18

混凝土耐久性 concrete durability

在预定作用和预期的维护与使用条件下，混凝土结构及构件在设计工作年限内保持其适用性和安全性的能力。

3.19

矿物掺和料 mineral admixture

以硅、铝、钙等一种或多种氧化物为主要组分，具有规定细度，掺入混凝土中能改善混凝土性能的粉体材料。

3.20

胶凝材料 cementitious material, or binder

用于配制混凝土的水泥和具有活性的矿物掺和料的总称。

3.21

水胶比 water to binder ratio

混凝土拌和物中的总用水量与胶凝材料总量的质量比。

3.22

电通量 passed electric charge

在一定条件下通过混凝土规定截面积的电荷总量，用于评价混凝土抵抗水和离子等介质向内渗透的能力。

3.23

氯离子扩散系数 chloride diffusion coefficient

描述混凝土中氯离子从高浓度区向低浓度区扩散过程的参数，用于评价混凝土抵抗氯离子侵蚀的能力。

3.24

抗冻等级 resistance class to freezing-thawing

按快冻法测得的最大冻融循环次数划分的混凝土抗冻性能的级别，用于评价混凝土抵抗冻融循环破坏的能力。

3.25

气泡间距 air bubble spacing

硬化混凝土中相邻微小气泡边缘之间距离的平均值。

3.26

胶凝材料抗硫酸盐侵蚀系数 resistance coefficient to sulfate attack of binder

胶凝材料的胶砂试体浸泡在一定浓度硫酸钠溶液中的抗折强度与同龄期浸泡在洁净饮用水中胶砂试体的抗折强度之比，用于评价胶凝材料抵抗硫酸盐化学侵蚀的能力。

3.27

抗硫酸盐结晶破坏等级 resistance class to sulphate physical attack

按抗硫酸盐侵蚀试验方法测得的最大干湿循环次数来划分的混凝土抗硫酸盐结晶破坏性能的级别，用于评价混凝土抵抗硫酸盐结晶破坏的能力。

3.28

防腐蚀强化措施 enhanced protective measures

在采取提高混凝土密实性和增加钢筋的混凝土保护层厚度等常规措施仍不足以保证混凝土结构耐久性的前提下，所需要进一步采取的其他防腐蚀措施。

3.29

碱活性骨料 alkali reactive aggregate

在一定条件下会与混凝土中的碱发生化学反应，导致混凝土结构产生膨胀、开裂，甚至破坏的骨料。

3.30

施工缝 construction joint

在混凝土浇筑过程中，因设计要求或施工需要分段浇筑而在先、后浇筑的混凝土之间形成的接缝。

3.31

隐蔽工程 concealed works

隐蔽工程是指建筑物、构筑物、在施工期间将建筑材料或构配件埋于物体之中后被覆盖外表看不见的实物。

3.32

养护龄期 curing age

混凝土的养护龄期是指混凝土养护所经历的时间，混凝土常用的养护龄期有：3d、7d、14d、28d、60d、90d等。

3.33

自密实混凝土 self-compacting concrete

无需外力振捣，能够在自重作用下流动并密实的混凝土。

3.34

补偿收缩混凝土 shrinkage-compensating concrete

由膨胀剂或膨胀水泥配制的自应力混凝土。

3.35

支承层混凝土 supporting layer concrete

用于无砟轨道板支撑层的特殊混凝土。

4 总体要求

- 4.1 天津市域（郊）铁路混凝土工程施工应执行国家法律法规及相关技术标准，按照设计文件施工，满足工程结构安全性、耐久性及使用功能要求。
- 4.2 建设各方应建立健全质量保证体系，对工程施工质量进行全过程控制，加强对进场检验、隐蔽工程及关键工序的验收。每道工序完成后，应检查施工质量，并形成记录。
- 4.3 天津市域（郊）铁路混凝土工程应按国家现行有关标准的规定和设计文件要求对工程实体进行检测并按规定将检测结果纳入竣工文件。
- 4.4 天津市域（郊）铁路混凝土工程各类质量检测报告、检查验收记录和其他工程技术资料的编制应符合有关规定，并应履行责任人签字确认制度。
- 4.5 天津市域（郊）铁路混凝土工程涉及的环境保护、水土保持等工程应与主体工程同时设计、同时施工和同时验收。

5 基本规定

5.1 一般规定

- 5.1.1 混凝土与砌体工程施工现场质量管理应有相应的施工技术标准、健全的质量管理体系和施工质量水平考核制度。建设单位应对施工、监理单位质量管理体系和制度进行检查。
- 5.1.2 混凝土与砌体工程施工应加强现场标准化管理和过程控制。
- 5.1.3 混凝土应采用自动化拌和站集中生产，进行信息化管理，并符合下列规定：
- 混凝土拌和站应制定完备的质量管理制度、生产控制工艺和环境保护方案；
 - 混凝土拌和站主要操作人员应经技能培训；
 - 混凝土拌和站搅拌、检测设备和计量器具设置应符合相关标准的规定。
- 5.1.4 天津市域铁路工程均使用预拌混凝土，建设单位应组织施工单位对供应商的拌和站进行评估验收，质量控制应符合本标准的规定。
- 5.1.5 砌体砂浆应采用机械拌和，并应有配套的计量器具或装置。
- 5.1.6 混凝土与砌体工程施工质量应符合下列规定：
- 施工单位和监理单位应按本标准及国家现行有关标准的规定和设计文件要求对工程采用的原材料、构配件和半成品进行检验并形成记录，不合格的不应用于工程施工；
 - 各工序应按施工技术标准和设计文件要求进行质量控制，每道工序完成后，施工单位应进行测试或检查，并形成记录，相关专业接口工序的检验应经监理检查认可。未经检查或经检查不合格的不应进行下道工序施工；
 - 工序施工过程中所进行的测试或试验应符合相关技术标准和本标准规定；
 - 隐蔽工程覆盖前应按国家法律法规规定和本标准要求全部检查并形成记录，经监理工程师检查签认后才能进行下道工序施工；
 - 工程施工完成后应进行必要的实体质量和外观质量检测并记录。
- 5.1.7 混凝土与砌体工程施工质量验收应符合下列规定：
- 工程质量验收应在施工单位自检合格的基础上进行；
 - 参加工程施工质量验收的各方人员应具备相应的资格；
 - 工程施工质量验收应包括实体质量检查、外观质量检查、质量保证资料检查等内容；
 - 对涉及结构安全、环境保护和主要使用功能的试块、试件及材料，应在进场时或施工中按规定进行平行检验或见证检验；
 - 隐蔽工程在覆盖前应由施工单位通知监理单位进行验收，并应形成验收文件，验收检查应留存影像资料；

- f) 工程外观质量应由验收人员现场检查，并共同确认。
- 5.1.8 混凝土与砌体工程施工质量保证资料应齐全、真实、系统、完整，并应包括下列主要内容：
- 所用原材料、构配件和半成品质量检验结果；
 - 材料配合比、混凝土拌和物出场质量验收记录；
 - 隐蔽工程检查记录；
 - 各项质量控制指标的试验记录和质量检验汇总资料；
 - 施工过程中遇到的非正常情况记录及其对工程质量的影响分析资料；
 - 施工过程中发生的质量缺陷，经处理补救后，满足质量要求的技术资料。
- 5.1.9 工程施工质量验收合格应符合下列要求：
- 符合工程设计文件的要求；
 - 符合本标准和相关验收标准的规定；
- 5.1.10 符合下列条件之一的，可减少抽样检验、试验数量，调整后的抽样检验、试验方案应由施工单位编制，并报监理单位、建设单位审核确认。
- 同一项目中由相同施工单位施工的多个单位工程，使用同一生产厂家的同品种、同规格、同批次的材料、构配件、半成品；
 - 同一施工单位在现场加工的成品、半成品、构配件用于同一项目的多个单位工程；
 - 在同一项目中，针对同一抽样对象已有检验成果可以重复利用；
 - 获得产品认证的产品，或来源稳定且连续三批次均一次检验合格的产品。
- 5.1.11 本标准对工程中的验收项目未作出相应规定的，应由建设单位组织设计、监理、施工等相关单位制定专项验收要求。

5.2 验收单元划分

- 5.2.1 混凝土工程可划分为模板及支（拱）架、钢筋、混凝土、预应力四个分项工程。砌体工程可划分为填充墙砌体（含砖砌体、混凝土小型空心砌块砌体、石砌体、配筋砌体）、混凝土基础、构造柱及圈梁三个分项工程。
- 5.2.2 混凝土与砌体工程检验批划分应符合相关专业验收标准的规定，未作规定的，可按本标准附录 A 进行划分。
- 5.2.3 原材料、构配件、半成品等应按进场批次进行检验。属于同一工程项目且同期施工的多个单位工程，对同一厂家生产的同批次的原材料、构配件、半成品、设备等，可统一进行验收。

5.3 验收内容和要求

- 5.3.1 检验批的质量验收应包括如下内容：
- 实物检查：原材料、构配件、半成品等应按进场的批次和本规范章节标准的规定进行检验；工序质量的检验应符合设计要求和本规范章节标准的规定；
 - 资料检查：原材料、构配件、半成品等的质量证明文件和抽样检验报告，工序的施工记录、自检和交接检验记录、平行检验报告、见证检验报告、关键工序的影像资料等；
 - 责任确认：对施工作业责任人员登记进行确认。
- 5.3.2 检验批合格质量应符合下列规定：
- 主控项目的质量经抽样检验全部合格；
 - 一般项目的质量经抽样检验应合格；一般项目当采用计数抽样检验时，除本标准各章有专门规定外，其合格点率应达到 80%及以上，不合格点不应集中，且不应有严重缺陷；
 - 应具有完整的隐蔽工程质量检验记录，重要工序应具有完整的施工操作记录；
 - 涉及结构安全和主要使用功能的工程实体质量抽样检验结果应符合相应规定；

- e) 外观质量验收应符合要求；
 - f) 施工作业责任人员登记情况准确。
- 5.3.3 分项工程质量验收合格应符合下列规定：
- a) 所含的检验批均验收合格；
 - b) 所含的检验批的质量验收记录应完整。
- 5.3.4 当工程施工质量不符合要求时，应按以下规定进行处理：
- a) 经返工重做的或更换构配件的检验批，应重新进行验收；
 - b) 经有资质的检测机构检测鉴定能够达到设计要求的检验批，应予以验收；
 - c) 经返修或加固处理的分项工程，满足安全和使用功能要求时，可按技术处理方案的要求予以验收。
- 5.3.5 工程质量保证资料应齐全完整。当部分资料缺失时，应委托有资质的检测机构按有关标准进行相应的实体检验和抽样试验。
- 5.3.6 通过返修或加固处理经第三方检测或设计校核仍不能满足结构安全和使用功能要求的检验批和分项工程，严禁验收。

5.4 验收程序和组织

- 5.4.1 原材料、构配件、半成品进场后，施工单位、监理单位相关人员按本标准及国家、行业相关标准的规定进行进场检验，并可按本标准附录 B.0.1 填写验收记录。
- 5.4.2 混凝土拌和物出场前，由拌合站相关人员对拌和物采用的原材料、配合比设计、拌和物的拌和过程等进行验收，并可按本标准附录 B.0.2 填写混凝土拌和物出场质量验收记录。施工单位和监理单位查阅出场质量验收记录，审核验收结果是否符合要求。
- 5.4.3 对有龄期要求的检测项目，现场应及时验收试件的留置和养护情况，在龄期满足要求后，监理单位、施工单位相关人员及时按国家、行业相关标准规定进行试验检测，并可按本标准附录表 B.0.3 填写验收记录。
- 5.4.4 检验批应由监理工程师组织施工单位专职质量检查员等进行验收。监理单位应对全部主控项目进行检查，对一般项目的检查内容和数量可根据具体情况确定。检验批质量验收记录可按本标准附录表 B.0.4 填写。
- 5.4.5 分项工程应由监理工程师组织施工单位分项工程技术负责人、质量负责人等进行验收，并可按本标准附录表 B.0.5 填写记录。

6 模板及支（拱）架分项工程

6.1 一般规定

- 6.1.1 模板及支（拱）架应根据安装、使用和拆除工况进行设计，模板及支（拱）架应具有足够的强度、刚度和稳定性，连接牢固，能承受所浇筑混凝土的重力、侧压力及施工荷载。其弹性压缩、预拱度和沉降值等应符合设计要求。
- 6.1.2 模板支（拱）架工程应编制专项施工方案，超一定规模的危大工程专项方案需通过专家论证。
- 6.1.3 置于地基上的模板及支（拱）架的地基承载力应符合设计要求，土层应坚实、平整，并应有防、排水和防冻胀措施。
- 6.1.4 模板及支架的拆除应按设计规定的顺序进行。当设计无规定时，模板及支架拆除的顺序及安全措施应符合 GB 50666 的规定和施工方案的要求。
- 6.1.5 对于后张预应力混凝土结构和构件，侧模宜在预应力张拉前拆除；底模支架不应在结构构件建

立预应力前拆除。

6.1.6 模板预压应符合相关施工技术规范要求。

6.2 模板及支（拱）架安装

6.2.1 主控项目

6.2.1.1 模板及支（拱）架的材料质量及结构应符合国家标准要求。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：观察和测量，查阅资料。

6.2.1.2 模板及支（拱）架安装应符合施工工艺设计要求。安装应稳固牢靠，模板接缝严密，不应漏浆。模板与混凝土的接触面应清理干净并涂刷隔离剂。浇筑混凝土前，模板内的积水和杂物应清理干净。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：观察和测量，查阅资料。

6.2.2 一般项目

6.2.2.1 对于现浇结构模板安装允许偏差和检验方法应符合相关专业验收标准的规定，未作规定时，应符合表1的规定。

表1 现浇结构模板安装允许偏差和检验方法

序号	项 目		允许偏差 (mm)	检验方法
1	轴线位置	基础	5	尺量每边不少于2处
		梁、柱、板、墙、拱	5	
2	表面平整度		5	2m靠尺和塞尺不少于3处
3	高程	基础	±10	测量
		梁、柱、板、墙、拱	+5	
4	模板的侧向弯曲	柱	$h/1000$ ，且小于15	拉线尺量
		梁、板、墙	$l/1500$ ，且小于15	
5	两模板内侧宽度		+10 -5	尺量不少于3处
6	相邻两板表面高低差		2	尺量

注：h为柱高（mm），l为梁、板跨度（mm）。

6.2.2.2 对于预制构件模板安装允许偏差和检验方法应符合相关专业验收标准的规定，未作规定时，应符合表2的规定。

表2 预制构件模板安装允许偏差和检验方法

序号	项 目		允许偏差 (mm)	检验方法
1	长度	板、梁	±4	钢尺量两角边，取其中较大值
		薄腹梁、桁架	±8	
2		柱	0，—10	
3		墙板	0，—5	
4	宽度	板、堵板	0，—5	钢尺量两角边，取其中较大值
		梁、薄腹梁、桁架、柱	+2，—5	

5	高（厚）度	板	+2, —3	钢尺量一端及中部，取其中较大值
6		堵板	0, —5	
7		梁、薄腹梁、桁架、柱	+2, —5	
8	构件长度 1 内的侧 向弯曲	梁、板、柱	1/1000, 且小于 15	拉线、钢尺量最大弯曲处
9		堵板、薄腹梁、桁架	1/1500, 且小于 15	
10	板的表面平整度		3	2m 靠尺和塞尺检查
11	相邻两板表面高低差		1	2m 靠尺和塞尺检查
12	对角线差	板	7	钢尺量两个对角线
13		堵板	5	
14	翘曲	板、堵板	1/1500	调平尺在两端量测
15	设计起拱	薄腹梁、桁架、梁	±3	拉线、钢尺量跨中

注：1为梁、板跨度（mm）。

检查数量：施工单位、监理单位全部检查

对预制构件模板，首次使用及大修后应全数检查其尺寸，使用中应定期检查并不定期抽查其尺寸，允许偏差和检查方法应符合表2的规定。

6.2.2.3 预埋件和预留孔洞的留置应符合相关专业验收标准的规定，未作规定时，其允许偏差和检验方法应符合表3的规定。

表3 预埋件和预留孔洞的允许偏差和检验方法

序号	项目	允许偏差（mm）	检验方法	
1	预留孔洞	中心位置	10	尺量
		尺寸	+10 0	尺量不少于2处
2	预埋件	中心位置	3	尺量
		外露长度	+10 0	
3	预埋螺栓	中心线位置	2	尺量
		外露长度	+10, 0	

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

6.2.2.4 对跨度不小于4m的梁、板，其模板起拱高度宜为梁、板跨度的1/1000~3/1000，并应符合设计及施工方案的要求。

检查数量：在同一检验批内，对梁，跨度大于18m时应全数检查，跨度不大于18m时应抽查构件数量的10%，且不应少于3件；对板，应按有代表性的自然间抽查10%，且不应少于3件；对大空间结构，板可按纵、横轴线划分检查面，抽查10%，且不应少于3面。

检验方法：水准仪或尺量。

6.3 模板及支（拱）架拆除

6.3.1 主控项目

6.3.1.1 拆除承重模板及支（拱）架时的混凝土强度应符合设计要求和相关专业验收标准的规定，未作规定时，混凝土强度应符合表4的规定。

表4 拆除承重模板时混凝土强度要求

序号	结构类型	结构跨度 (m)	达到混凝土设计强度标准值的百分率 (%)
1	板、拱	<2	≥50
		2~8	≥75
		>8	≥100
2	梁	≤8	≥75
		>8	≥100
3	悬臂结构	—	≥100

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：施工单位拆模前进行混凝土强度检测试验；监理单位检查试验报告。

6.3.2 一般项目

6.3.2.1 拆除非承重模板时，应在混凝土强度达到 2.5MPa 以上，保证混凝土表面及棱角不受损伤，方可拆除。芯模或预留孔洞的内模应在混凝土强度能保证构件和孔洞表面不发生塌陷和裂缝时，方可拆除。

检验数量：施工单位全部检查。

检验方法：观察。

6.3.2.2 拆模时混凝土的温度不能过高，以免混凝土接触空气时降温过快而开裂。混凝土内部开始降温以前不得拆模。

6.3.2.3 结构或构件芯部混凝土与表面混凝土之间的温差、表面混凝土与环境之间的温差大于 20℃（预应力箱梁和截面较为复杂的结构温差大于 15℃）时不得拆模。大风或气温急剧变化时不应拆模。在炎热和大风干燥季节，应采取逐段拆模、边拆边盖的拆模工艺。

6.3.2.4 拆除模板时，不得影响或中断混凝土的养护工作。

6.3.2.5 拆模后的混凝土结构应在混凝土强度达到 100%的设计规定值后，方可承受全部设计荷载。

7 钢筋分项工程

7.1 一般规定

7.1.1 钢筋、成型钢筋应按规定的批次进行进场检验，并应符合下列规定：

- 当同一厂家、同一牌号、同一规格的钢筋，连续三批均一次检验合格或同一厂家、同一类型、同一钢筋来源的成型钢筋，连续三批均一次检验合格时，其检验批容量可扩大一倍；
- 扩大容量后的检验批检验中出现不合格时，应按扩大前的检验批容量重新进行检验，且该产品不应再次扩大检验批容量；
- 获得认证的钢筋、成型钢筋。

7.1.2 对电绝缘性能有特殊要求的钢筋应满足设计要求。

7.1.3 钢筋弯曲成型时，应按设计弯曲角度一次弯曲成型，不应反复弯折。

7.1.4 冬期钢筋闪光对焊宜在室内进行，环境气温不宜低于 0℃。电弧焊应有防风、雪及保温措施。焊接后接头严禁立即接触冰雪。

7.1.5 浇筑混凝土之前，应进行钢筋隐蔽工程验收。隐蔽工程验收应包括下列主要内容：

- 纵向受力钢筋的牌号、规格、数量、位置；
- 钢筋的连接方式、接头位置、接头质量、接头面积百分率、搭接长度、锚固方式及锚固长度；

- c) 箍筋、横向钢筋的牌号、规格、数量、间距、位置，箍筋弯钩的弯折角度及平直段长度；
- d) 预埋件的规格、数量和位置。

7.2 原材料

7.2.1 钢筋进场时，应对其质量指标进行全面检查，按批检查其直径、每延米重量并抽取试件做物理力学性能试验，其质量应符合设计要求和国家现行标准 GB/T1499 等的规定。

检验数量：以同牌号、同炉批号、同规格的钢筋，每60t为一批，不足60t也按一批计。施工单位每批抽检一次；监理单位按施工单位抽检次数的30%进行见证检验，按5%进行平行检验且至少一次。

检验方法：施工单位全部检查质量证明文件，按批抽样测量直径、称量每延米重量并进行屈服强度、抗拉强度、伸长率和冷弯试验；监理单位全部检查质量证明文件、试验报告并进行见证检验。

7.2.2 成型钢筋进场时，应抽取试件作屈服强度、抗拉强度、伸长率和重量偏差检验，检验结果应符合国家现行有关标准的规定，对由热轧钢筋制成的成型钢筋，当有施工单位或监理单位的代表驻厂监督生产过程，并提供原材钢筋力学性能第三方检验报告时，可仅进行重量偏差检验。

检查数量：同一厂家、同一类型、同一钢筋来源的成型钢筋，不超过60t为一批，每批中每种钢筋牌号、规格均应至少抽取1个钢筋试件，总数不应少于3个。施工单位每批抽检一次；监理单位按施工单位抽检次数的30%进行见证检验，但至少一次。

检验方法：施工单位检查质量证明文件、抽样检验报告并进行重量偏差检验；监理单位检查质量证明文件、抽样检验报告并进行见证检验。

7.2.3 环氧涂层钢筋的涂层检验应符合相关产品标准的规定。

检查数量：同一厂家、同一生产工艺、同一直径、同一牌号每30t为一批，不足30t也按一批计。施工单位每批抽检一次；监理单位按施工单位抽检次数的30%进行见证检验，但至少一次。

检验方法：施工单位全部检查质量证明文件，按相关产品标准进行进场检验；监理单位全部检查质量证明文件、试验报告并进行见证检验。

7.2.4 钢筋机械连接用套筒及锁母的材料、品种、规格应符合设计要求，设计无要求时应符合型式检验确定采用的套筒技术要求。套筒及锁母应选用性能不低于 45 号的优质碳素结构钢、低合金高强度结构钢。以及其他经型式检验确认符合现行标准的钢材。制造方应提供钢材质量证明书。套筒与锁母的外观质量及尺寸应符合本标准附录 C 的规定。

检验数量：套筒及锁母的材料、品种、规格，施工单位、监理单位全部检查。外观质量和尺寸以同批、同材料、同型式、同规格的每2000个套筒或锁母为一个检验批，不足2000个也按一批计。施工单位每批抽检2%，且不少于20个；监理单位按施工单位抽检数量的30%进行见证检验，且不少于6个。

检验方法：观察和量规检查，并全部检查质量证明文件，内螺纹尺寸及公差采用专用的螺纹塞规检测。

7.2.5 钢筋保护层垫块材质应符合设计要求。当设计无要求时，混凝土垫块的抗压强度和耐久性应不低于结构本体混凝土的标准。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：垫块制作单位每半年提供一次第三方检测报告，施工单位和监理单位检查质量证明文件和检测报告。

7.2.6 钢筋应平直、无损伤，表面无裂纹、油污、颗粒状或片状老锈。

检验数量：施工单位全部检查。

检验方法：观察。

7.3 钢筋加工

7.3.1 钢筋的弯制和末端的弯钩应符合设计要求。

检验数量：施工单位按钢筋编号各抽检10%，且各不少于3件；监理单位按施工单位抽检数量的30%进行平行检验，且各不少于1件。

检验方法：尺量

7.3.2 钢筋镦粗和滚轧直螺纹机械连接丝头加工的外观质量及尺寸应符合本标准附录 C 的规定。

检验数量以一个工作班内生产的钢筋丝头为一批。施工单位每批抽检2%，日不少于20个；监理单位按施工单位抽检数的30%进行见证检验，且不少于6个。

检验方法：观察和尺量，丝头的螺纹尺寸采用专用的螺纹环规检测。

7.3.3 钢筋加工允许偏差和检验方法应符合表 5 的规定。

表5 钢筋加工允许偏差和检验方法

序 号	检验项目	允许偏差 (mm)	检验方法
1	受力钢筋全长	±10	尺量
2	弯起钢筋的弯折位置	±20	
3	箍筋内净尺寸	±3	

检验数量：施工单位按钢筋编号各抽检10%，且各不少于3件。

7.4 钢筋连接

7.4.1 钢筋接头的技术要求和外观质量应符合本标准附录 C 的规定。钢筋焊接接头和机械连接接头应按批抽取试件做力学性能检验，钢筋焊接接头质量应符合设计要求和 JGJ 18 的规定，钢筋机械连接接头质量应符合设计要求和 JGJ 107 的规定。

检验数量：钢筋接头外观质量施工单位、监理单位全部检查。焊接接头的力学性能检验以同等级、同规格、同接头形式和同一焊工完成的每300个接头为一批，不足300个也按一批计。机械连接接头的力学性能检验以同一施工条件下同批材料、同等级、同规格、同接头形式的每500个接头为一批，不足500个也按一批计。施工单位每批抽检一次；监理单位按施工单位抽检次数的30%进行见证检验，但至少一次。

检验方法：钢筋接头外观检验，施工单位、监理单位观察和尺量。施工单位对焊接接头和机械连接接头做拉伸试验，对闪光对焊接头增做冷弯试验；监理单位检查试验报告并进行见证检验。

7.4.2 钢筋镦粗和滚轧直螺纹机械连接接头拧紧力矩应符合工艺试验确定的参数要求和本标准附录 C 的规定。

检验数量：以同一施工条件下同批材料、同等级、同规格和同形式的每500个接头为一批，不足500个也按一批计。施工单位每批抽检10%的接头进行校核，且不少于20个；监理单位按施工单位抽检数量的30%进行见证检验，且不少于6个。

检验方法：施工单位采用扭矩扳手检查，监理单位见证检验。

7.4.3 受力钢筋的连接方式、接头位置应符合设计要求。钢筋接头应设置在承受应力较小处，并应分散布置。“同一连接区段”内，有接头的受力钢筋截面面积占受力钢筋总截面面积的百分率应符合设计要求。设计无要求时，应符合下列规定：

- a) 焊接接头在受弯构件的受拉区不应大于 50%，轴心受拉构件不应大于 25%；
- b) 机械连接接头的受弯构件不应大于 50%，轴心受拉构件不应大于 25%；
- c) 绑扎接头在构件的受拉区不应大于 25%，在受压区不应大于 50%；
- d) 钢筋接头应避开钢筋弯曲处，距弯曲点的距离不应小于钢筋直径的 10 倍；
- e) 在同一根钢筋上应少设接头，同一连接区段内，同一根钢筋上不应超过一个接头；
- f) 当施工中分不清受拉区或受压区时，接头设置应符合受拉区规定；

g) 同一连接区段的确定应符合下列规定：

- 1) 钢筋机械连接接头的同连接区段长度 $35d$ (d 为纵向受力钢筋的较大直径，且不小于 500mm)；
- 2) 绑扎接头的同一连接区段长度为 1.3 倍搭接长度，且不小于 500mm ；
- 3) 凡接头中点位于该连接区段长度内的接头均属于同一连接区段。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：观察和尺量。

注：接头连接区段是指长度为 $35d$ 且不小于 500mm 的区段， d 为相互连接两根钢筋的直径较小值；同一连接区段内纵向受力钢筋接头面积百分率为接头中点位于该连接区段内的纵向受力钢筋截面面积与全部纵向受力钢筋截面面积的比值。

7.4.4 在正式钢筋焊接之前，参与施焊的焊工应进行现场条件下的焊接工艺试验，并经质量检验合格后，方可正式作业。当改变钢筋厂家牌号、规格、焊条型号或调换焊接设备、焊工时，应重新进行现场条件下的焊接工艺试验。

7.4.5 钢筋网片、骨架应绑扎牢固。双向受力网片每个交叉点均应绑扎，单向受力网片除外边缘网片应逐点绑扎外，中间可隔点交错绑扎。

7.5 钢筋安装

7.5.1 安装的钢筋品种、等级、规格、数量应符合设计要求。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：观察、尺量和查阅资料。

7.5.2 钢筋保护层的垫块规格、数量、位置应符合设计要求。设计无要求时，构件侧面和底面的垫块数量不应少于 4 个/ m^2 ，并应均匀分布，设置牢固，并应均匀分布，设置牢固。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：观察和测量。

7.5.3 环氧涂层钢筋安装时，不应使用无涂层的普通钢筋和金属丝，涂层钢筋与普通钢筋之间不应有电连接。浇筑混凝土前，应检查环氧涂层钢筋的涂层，尤其是剪切端头处和钢筋连接处，如有损伤应及时按本标准附录 D 进行修补，待修补材料固化后，方可浇筑混凝土。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：观察和尺量。

7.5.4 钢筋安装及钢筋保护层厚度允许偏差和检验方法应符合设计要求和相关专业验收标准的规定。无要求时应符合表 6 的规定。

检验数量：施工单位全部检查。

表6 钢筋安装及钢筋保护层厚度允许偏差和检验方法

序号	检验项目	允许偏差 (mm)	检验方法
1	受力钢筋排距	± 5	尺量两端、中间各 1 处
2	受力钢筋锚固长度	-20	尺量连续 3 处
3	同一排中受力钢筋间距	基础、板、墙	± 20
		柱，梁	± 10
4	分布钢筋间距	± 20	尺量连续 3 处

5	箍筋间距		±10	
6	弯起点位置 (加工偏差 20 mm 包括在内)		30	尺量
7	钢筋保护层厚度 c	C ≥ 30 mm	+10 0	尺量两端、中 间各 2 处
		C < 30 mm	+5 0	
8	预埋件	中心线位置	5	尺量
		水平高差	+3, 0	尺量

注：表中钢筋保护层厚度的实测偏差不应超出允许偏差范围。

8 混凝土分项工程

8.1 一般规定

8.1.1 混凝土原材和混凝土性能应满足设计要求，当设计无特殊要求时，应满足本标准的要求。混凝土工程所用原材料应进行进场验收，合格后方可使用。

8.1.2 混凝土工程正式施工前应尽早开展混凝土配合比的选定工作。当混凝土施工经历不同季节时，应根据气候条件选定不同的配合比，并制定相应的施工技术措施。

8.1.3 重要的混凝土结构施工前宜进行混凝土试浇筑，对混凝土配合比、施工工艺、施工机具的适应性进行检验，并对有代表性的混凝土结构内部混凝土温升过程进行测定，发现问题应及时调整。

8.1.4 混凝土应采用强制式搅拌机集中搅拌，计量系统应定期检定或校准。

8.1.5 钢筋阻锈剂的性能应符合设计要求。使用钢筋阻锈剂应事先经过试配和适应性试验；钢筋阻锈剂与其他外加剂联合使用时，在搅拌时应首先加入钢筋阻锈剂后再加入其他外加剂，使钢筋阻锈剂能在混凝土中均匀分布。

8.2 原材料

8.2.1 水泥的选用应符合下列规定：

- C30 及以上的混凝土宜选用普通硅酸盐水泥或硅酸盐水泥，不宜使用早强型水泥，C30 以下混凝土，还可采用粉煤灰硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥或复合硅酸盐水泥；
- 水泥的性能除应符合 GB175 的规定外，还应满足表 7 的要求；
- 水泥检验项目和检验数量应符合表 8 的规定。

表7 水泥的性能

序号	检验项目	技术要求
1	比表面积	300 m ² /kg ~ 400 m ² /kg
2	熟料中的游离氧化钙含量	≤1.0%
3	碱含量	≤0.80%
4	熟料中的铝酸三钙含量	≤8.0%

注1：当所处环境为严重硫酸盐化学腐蚀环境时，宜采用C₃A含量小于5.0%熟料所生产的硅酸盐水泥。

注2：当骨料具有碱—硅酸反应活性时，水泥的碱含量不应超过0.60%。C40及以上混凝土用水泥的碱含量不宜超过0.60%。

注3：当混凝土结构所处环境为氯盐环境时，混凝土宜采用低Cl⁻含量（不大于0.06%）的水泥，不宜使用抗硫酸盐

硅酸盐水泥。

表8 水泥的检验要求

检验项目		检验要求					
		质量证明文件检查			抽样试验检验		
1	比表面积	√	核查每一厂家提供的每一编号产品的质量证明文件。施工单位、监理单位均全部检查	√	下列情况之一时，检验一次： ①任何新选货源； ②使用同厂家、同规格的水泥达6个月。 施工单位试验检验；监理单位见证检验	√	同厂家、同编号、同生产日期且连续进场的散装水泥每500t（袋装水泥每200t）为一批，不足上述数量时按一批计。 施工单位每批抽检一次；监理单位按施工单位抽检次数的30%进行见证检验，但至少一次。 水泥出厂日期达3个月，施工单位抽检一次，监理单位见证检验
2	凝结时间	√		√		√	
3	安定性	√		√		√	
4	强度	√		√		√	
5	烧失量	√		√			
6	游离氧化钙含量	√		√			
7	氧化镁含量	√		√			
8	三氧化硫含量	√		√			
9	氯离子含量	√		√			
10	碱含量	√		√			
11	助磨剂种类及掺量	√					
12	石膏种类及掺量	√					
13	混合材种类及掺量	√					
14	熟料中的铝酸三钙含量	√		√			

烧失量、氧化镁含量、三氧化硫含量、氧化钙含量、碱含量和氯离子含量按GB/T176试验，熟料中的游离氧化钙含量、C₃A含量按GB/T21372试验，比表面积按GB/T8074试验，凝结时间和安定性按GB/T1346试验，强度按GB/T17671试验。

8.2.2 矿物掺和料应选用能改善混凝土性能且品质稳定的产品，宜为粉煤灰、矿渣粉、硅灰和石灰石粉或其中几种复配而成的复合矿物掺和料。

- 粉煤灰应选择F类粉煤灰，其颜色应均匀、不得含有油污等杂质，且与水泥和水混合时不得有明显刺激性气体放出，其性能应满足表9的要求；
- 矿渣粉的性能应满足表10的要求；
- 石灰石粉的性能应满足表11的要求；
- 矿物掺和料的检验项目和检验数量应符合表12的规定。

表9 粉煤灰的性能

序号	检验项目	技术要求	
		I级	II级
1	细度（45μm方孔筛筛余）	≤12.0%	≤30.0%
2	需水量比	≤95%	≤105%
3	烧失量	≤5.0%	≤8.0%
4	氯离子含量	≤0.02%	
5	含水量	≤1.0%	
6	三氧化硫含量	≤3.0%	

7	半水亚硫酸钙含量 ^a		≤3.0%
8	氧化钙含量		≤10%
9	游离氧化钙含量		≤1.0%
10	二氧化硅、三氧化二铝和三氧化二铁总含量		≥70%
11	密度		≤2.6 g/cm ³
12	活性指数	28 d	≥70%
13	碱含量		*

^a 当采用干法或半干法脱硫工艺排出的粉煤灰时，应检测半水亚硫酸钙（CaSO₃·1/2H₂O）含量。

注1：当混凝土结构所处的环境为严重冻融破坏环境时，宜采用烧失量不大于3.0%的粉煤灰。

注2：“*”碱含量值用于计算混凝土的总碱含量。

表10 硅灰的性能

序号	检验项目	技术要求
1	烧失量	≤4.0%
2	比表面积	≥18000 m ² /kg
3	需水量比	≤125%
4	28d 活性指数	≥85%
5	氯离子含量	≤0.02%
6	二氧化硅含量	≥85%
7	含水量	≤3.0%
8	碱含量	≤1.5%
9	三氧化硫含量	*

注1：硅灰掺量不宜超过胶凝材料总量的8%，且宜与其他矿物掺和料复合使用。

注2：“*”三氧化硫含量值用于计算混凝土中总三氧化硫含量。

表11 石灰石粉的性能

序号	检验项目	技术要求	
1	细度（45 μm 方孔筛筛余）	≤15%	
2	碳酸钙含量	≥75%	
3	MB 值	≤1.0g/kg	
4	含水量	≤1.0%	
5	流动度比	≥100%	
6	抗压强度比	7d	≥60%
		28d	≥60%
7	碱含量	*	

注：“*”碱含量值用于计算混凝土的总碱含量。

表12 矿物掺和料的检验要求

检验项目		检验要求					
		质量证明文件检查		抽样试验检验			
粉煤灰	细度（45μm 方孔筛筛余）	√	核查每一厂家提供的每种编号产品的质量证明文件。施工单位、监理单位均全部检查	√	下列情况之一时，检验一次： ①任何新选货源。 ②使用同厂家、同规格产品达 6 个月。 施工单位试验检验；监理单位见证检验	√	同厂家、同编号、同出厂日期的产品每 200t 为一批，不足 200t 按一批计。施工单位每批抽检一次；监理单位按施工单位抽检次数的 30% 进行见证检验，但不少于一次。
	需水量比	√		√		√	
	烧失量	√		√		√	
	氯离子含量	√		√			
	含水量	√		√			
	三氧化硫含量	√		√			
	半水亚硫酸钙含量	√		√			
	氧化钙含量	√		√			
	游离氧化钙含量	√		√		√	
	二氧化硅、三氧化二铝和三氧化二铁总含量	√		√			
	密度	√		√			
	活性指数	√		√			
碱含量	√	√					

表12 矿物掺和料的检验要求（续）

检验项目		检验要求					
		质量证明文件检查		抽样试验检验			
矿渣粉	密度	√	核查每一厂家提供的每一编号产品的质量证明文件。施工单位、监理单位均全部检查	√	下列情况之一时，检验一次： ①任何新选货源。 ②使用同厂家、同规格产品达6个月。 施工单位试验检验；监理单位见证检验	√	同厂家、同编号、同出厂日期的产品每200t为一批，不足200t按一批计。 施工单位每批抽检一次；监理单位按施工单位抽检次数的30%进行见证检验，但不少于一次
	比表面积	√		√		√	
	流动度比	√		√		√	
	烧失量	√		√		√	
	氧化镁含量	√		√			
	三氧化硫含量	√		√			
	氯离子含量	√		√			
	含水量	√		√			
	7d活性指数	√		√			
	28d活性指数	√		√			
碱含量	√	√					
硅灰	烧失量	√	核查每一厂家提供的每一编号产品的质量证明文件。施工单位、监理单位均全部检查		下列情况之一时，检验一次： ①任何新选货源。 ②使用同厂家、同规格产品达6个月。 施工单位试验检验；监理单位见证检验	√	同厂家、同编号、同出厂日期的产品每30t为一批，不足30t按一批计。 施工单位每批抽检一次；监理单位按施工单位抽检次数的30%进行见证检验，但不少于一次
	比表面积	√		√		√	
	需水量比	√		√		√	
	28d活性指数	√		√		√	
	氯离子含量	√		√			
	二氧化硅含量	√		√			
	含水量	√		√			
	碱含量	√		√			
三氧化硫含量	√		√				
石灰石粉	细度（45μm方孔筛筛余）	√	核查每一厂家提供的每一编号产品的质量证明文件。施工单位、监理单位均全部检查		下列情况之一时，检验一次：①任何新选货源。②使用同厂家、同规格产品达6个月。 施工单位试验检验；监理单位见证检验	√	同厂家、同编号、同出厂日期的产品每100t为一批，不足100t时也按一批计。 施工单位每批抽检一次；监理单位按施工单位抽检次数的30%进行见证检验，但不少于一次
	碳酸钙含量	√		√		√	
	MB值	√		√		√	
	含水量	√		√		√	
	流动度比	√		√		√	
	7d抗压强度比	√		√			
	28d抗压强度比	√		√			
碱含量	√		√				

粉煤灰：细度、需水量比、含水量、强度活性指数、放射性按GB/T 1596试验，烧失量、三氧化硫含量、氧化钙含量、游离氧化钙含量、二氧化硅含量、三氧化二铝含量、三氧化二铁含量、碱含量和氯离子含量按GB/T176检验，其中三氧化二铝含量的测定采用硫酸铜返滴定法或X射线荧光分析法，有争议时以硫酸铜返滴定为准。半水亚硫酸钙按GB/T 5484进行试验。

矿渣粉：烧失量、流动度比、含水量和活性指数按GB/T 18046试验，比表面积按GB/T8074试验，密度按GB/T 208试验，三氧化硫含量、碱含量、氧化镁含量和氯离子含量按GB/T 176试验。

硅灰：烧失量、二氧化硅含量、氯离子含量、碱含量和三氧化硫含量按GB/T 176试验，比表面积、需水量比和活性指数按GB/T18736试验，含水量按GB/T1596试验。

石灰石粉： CaCO_3 含量可按 1.786CaO 计算值表示，CaO含量按GB/T 5762试验；细度、MB值、含水量和流动度比按GB/T 30190试验；抗压强度比按GB/T 30190中活性指数方法试验；碱含量按GB/T 176试验。

8.2.3 细骨料的选用应符合下列规定：

- 细骨料应选用级配合理、质地坚固、吸水率低、空隙率小的洁净天然河砂或母材检验合格、经专门机组生产的机制砂，不应使用海砂；
- 细骨料的性能应满足表 13 的要求；
- 细骨料的检验项目和检验数量应符合表 15 和表 16 的规定。

表13 细骨料的性能

序号	检验项目	技术要求			
		<C30	C30~C45	≥C50	
1	颗粒级配	应符合表 14 的规定			
2	含泥量	≤3.0%	≤2.5%	≤2.0%	
3	泥块含量	≤0.5%			
4	云母含量	≤0.5%			
5	轻物质含量	≤0.5%			
6	有机物含量	浅于标准色			
7	压碎指标（机制砂）	≤25%			
8	石粉含量 （机制砂）	MB<0.5g/kg	≤15.0%		
		0.5g/kg<MB<1.4g/kg	≤10.0%	≤7.0%	≤5.0%
		MB<0.5g/kg	≤5.0%	≤3.0%	≤2.0%
9	吸水率	≤2.0%			
10	坚固性	≤8%			
11	硫化物及硫酸盐含量（以 SO_3^{2-} 计）	≤0.5%			
12	氯化物含量（以 Cl^- 计）	≤0.02%			
13	碱活性（快速砂浆棒膨胀率）（ ϵ_t ）	<0.30%			

注1：当细骨料中含有颗粒状的硫酸盐或硫化物杂质时，应进行专门试验研究，确认能满足混凝土耐久性要求后，方能使用。

注2：冻融破坏环境下，细骨料的含泥量不应大于2.0%，吸水率不应大于1.0%。

注3：当 $\epsilon_t < 0.20\%$ 时，混凝土的总碱含量应不超过最大限值 3.0kg/m^3 ；当 $0.20\% \leq \epsilon_t < 0.30\%$ 时，除混凝土的总碱含量应不超过最大限值规定外，还应采取抑制碱—骨料反应的技术措施，并经试验证明抑制有效。当 $\epsilon_t \geq 0.20\%$ 时，该细骨料不应在梁体、轨道板、轨枕、接触网支柱等预制构件中使用。

表14 细骨料的累计筛余百分率 (%)

方孔筛筛孔尺寸		级配区		
		I 区	II 区	III 区
4.75		10~0	10~0	10~0
2.36		35~5	25~0	15~0
1.18		65~35	50~10	25~0
0.60		85~71	70~41	40~16
0.30		95~80	92~70	85~55
0.150	天然河砂	100~90	100~90	100~90
	机制砂	97~85	94~80	94~75

注1：除4.75mm和0.60mm筛档外，细骨料的实际颗粒级配与上表所列的累计筛余百分率相比允许稍有超出分界线，但超出总量不应大于5%。

注2：细骨料中粒径大于5mm的颗粒含量不宜大于5%，否则应在混凝土试配时将超出限量部分计入粗骨料。

颗粒级配、表观密度、吸水率、含泥量、石粉含量及MB值、泥块含量、坚固性、压碎指标、云母含量、轻物质含量、有机物含量、硫化物及硫酸盐含量、氯离子含量和机制砂的石粉含量、压碎指标按GB/T 14684试验。

碱活性试验时，首先采用TB/T 3275附录A对细骨料的矿物组成和碱活性矿物类型进行试验，然后采用附录B对骨料的碱—硅酸反应膨胀率进行试验。矿物掺和料和外加剂抑制碱—骨料反应有效性试验按TB/T 3275附录C进行试验。

机制砂母材材质性能检验项目包含：保水抗压强度（或压碎指标）、吸水率、有害物质含量、坚固性、碱活性（如与粗骨料为同一材质可不作此项）。

表15 天然砂的检验要求

序号	检验项目	检验要求			
1	颗粒级配	√		√	连续进场的同料源、同品种、同规格的细骨料每 400m ³ （或 600t）为一批，不足上述数量按一批计。施工单位每批抽样试验一次；监理单位按施工单位抽检次数的 30%进行见证检验，但不少于一次
2	含泥量	√		√	
3	泥块含量	√		√	
4	云母含量	√	下列情况之一时，检验一次： ①任何新选料源； ②连续使用同料源、同品种、同规格的细骨料达 6 个月。 施工单位试验检验； 监理单位见证检验	√	
5	轻物质含量	√		√	
6	有机物含量	√		√	
7	吸水率	√			
8	坚固性	√			
9	硫化物及硫酸盐含量（以 SO ³ 计）	√			
10	氯化物含量（以 Cl ⁻ 计）	√			
11	碱活性	√			

表16 机制砂的检验要求

检验项目		检验要求					
		质量证明文件检查		抽样试验检验			
1	母岩材质性能	√	核查每一厂家提供的每一编号产品的质量证明文件。施工单位、监理单位均全部检查		下列情况之一时，检验一次： ①新产品投产时； ②母岩的料源改变或母岩性能发生较大变化时； ③生产工艺发生变化时； ④停产6个月以上恢复生产时； ⑤正常生产时，每半年进行一次； ⑥出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时。 施工单位试验检验；监理单位见证检验		连续进场的同料源、同品种、同规格的细骨料每400m ³ （或600t）为一批，不足上述数量按一批计。施工单位每批抽样试验一次；监理单位按施工单位抽检次数的30%进行见证检验，但不少于一次
2	颗粒级配	√		√		√	
3	表观密度			√		√	
4	云母含量（按质量计）	√		√		√	
5	轻物质含量（按质量计）	√		√		√	
6	有机物含量	√		√		√	
7	单级最大压碎指标	√		√		√	
8	石粉含量	√		√		√	
9	泥块含量	√		√		√	
10	饱和面干吸水率			√			
11	颗粒形貌	√		√			
12	流动度比	√		√			
13	坚固性	√		√			
14	硫化物及硫酸盐含量（以SO ₃ 计）			√			
15	氯化物含量（以Cl ⁻ 计）			√			
16	碱活性			√			

8.2.4 粗骨料的选用应符合下列规定：

- 粗骨料应选用粒形良好、级配合理、质地坚固、吸水率低、线胀系数小的洁净碎石，无抗拉、抗疲劳要求的C40以下混凝土也可采用符合要求的卵石；
- 粗骨料宜选用同料源二级或多粒级骨料混配而成，其性能应满足表17~表19的要求；
- 粗骨料检验项目和检验数量应符合表20的规定。

表17 粗骨料的性能

序号	检验项目	技术要求		
		<C30	C30~C45	≥C50
1	颗粒级配	应符合表18的规定		
2	压碎指标	应符合表19的规定		
3	针片状颗粒总含量	≤10%	≤8%	≤5%
4	含泥量	≤2.0%	≤1.5%	≤0.5%
5	泥块含量	≤0.2%		
6	岩石抗压强度	母岩抗压强度与混凝土强度等级之比不应小于1.5		
7	吸水率	≤2.0%（冻融破坏环境下≤1.0%）		
8	紧密空隙率	≤40%		
9	坚固性	≤8%（用于预应力混凝土结构时≤5%）		
10	硫化物及硫酸盐含量	≤0.5%		

11	Cl ⁻ 含量	≤0.02%	
12	有机物含量（卵石）	浅于标准色	
13	碱活性 (ε _t)	碱—硅酸反应*	<0.30%（快速砂浆棒膨胀率）
		碱—碳酸盐反应	<0.10%（岩石柱膨胀率）

注1：当粗骨料为碎石时，碎石的强度用岩石抗压强度表示。施工过程中，粗骨料的强度可用压碎指标进行控制。

注2：梁体、轨道板、轨枕、接触网支柱等构件中使用的粗骨料的快速砂浆棒膨胀率应小于0.20%。

注3：当粗骨料岩石具有碱—硅酸反应活性时，ε_t<0.20%，混凝土的碱含量应符合表34的规定；0.20%≤ε_t<0.30%，除混凝土的碱含量应符合表34的规定，还应对混凝土采取抑制碱—骨料反应的技术措施，并经试验证明抑制有效。

表18 碎石或卵石的累积筛余质量百分数

公称粒级 mm	方孔筛筛孔边长尺寸 mm								
	2.36	4.75	9.5	16.0	19.0	26.5	31.5	37.5	53
5~10	95%~100%	80%~100%	0~15%	0	—	—	—	—	—
5~16	95%~100%	85%~100%	30%~60%	0~10%	0	—	—	—	—
5~20	95%~100%	90%~100%	40%~80%	—	0~10%	0	—	—	—
5~25	95%~100%	90%~100%	—	30%~70%	—	0~5%	0	—	—
5~31.5	95%~100%	90%~100%	70%~90%	—	15%~45%	—	0~5%	0	—
5~40	—	95%~100%	70%~90%	—	30%~65%	—	—	0~5%	0

注1：粗骨料的公称粒径不宜超过钢筋的混凝土保护层厚度的2/3，在严重腐蚀环境下不宜超过1/2，且不应超过钢筋最小间距的3/4。

注2：配制强度等级C50及以上混凝土时，粗骨料最大公称粒径不应大于25mm。

表19 粗骨料的压碎指标

混凝土强度等级	<C30			≥C30		
	沉积岩	变质岩或深成的火成岩	喷出的火成岩	沉积岩	变质岩或深成的火成岩	喷出的火成岩
碎石	≤16%	≤20%	≤30%	≤10%	≤12%	≤13%
卵石	≤16%			≤12%		

注：沉积岩包括石灰岩、砂岩等，变质岩包括片麻岩、石英岩等，深成的火成岩包括花岗岩、正长岩、闪长岩和橄榄岩等，喷出的火成岩包括玄武岩和辉绿岩等。

松散堆积密度、紧密空隙率、颗粒级配、含泥量、泥块含量、针片状颗粒含量、吸水率、压碎指标、坚固性、硫化物及硫酸盐含量、有机物含量和岩石抗压强度按GB/T 14685试验。氯离子含量按TB/T 3275附录D试验。

碱活性试验时，采用TB/T 3275附录A对骨料的矿物组成和碱活性矿物类型进行试验，若骨料仅含碱—硅酸反应活性矿物，则采用TB/T 3275附录B对骨料的碱—硅酸反应膨胀率进行试验；若骨料仅含有碱—碳酸盐反应活性矿物，则采用TB/T 3275附录E对骨料的碱—碳酸盐反应膨胀率进行试验；若骨

料同时含有碱—硅酸反应活性矿物和碱—碳酸盐反应活性矿物时，则同时采用TB/T 3275附录B和附录E进行试验。

抑制碱—骨料反应有效性试验按TB/T 3275附录C进行试验。

表20 粗骨料的检验要求

序号	检验项目	检验要求			
1	颗粒级配	√	下列情况之一时，检验一次： ①任何新选料源； ②连续使用同料源、同品种、同规格的粗骨料达6个月。 施工单位试验检验； 监理单位见证检验	√	连续进场的同料源、同品种、同规格的粗骨料每400m ³ （或600t）为一批，不足上述数量时也按一批计。 施工单位每批抽检一次；监理单位按施工单位抽检次数的30%进行见证检验，但不少于一次
2	压碎指标值	√		√	
3	针片状颗粒总含量	√		√	
4	含泥量	√		√	
5	泥块含量	√		√	
6	岩石抗压强度（碎石）	√			
7	吸水率	√			
8	紧密空隙率	√		√	
9	坚固性	√			
10	硫化物及硫酸盐含量（以SO ₃ 计）	√			
11	氯化物含量（以Cl ⁻ 计）	√			
12	有机物含量（卵石）	√			
13	碱活性	√			

8.2.5 外加剂的选用应符合下列规定：

- 外加剂应选用质量稳定的产品，外加剂与水泥及矿物掺和料之间应具有良好的相容性。当不同功能的多种外加剂复合使用时，不同外加剂之间以及外加剂与水泥和矿物掺和料之间应有良好的适应性；
- 混凝土减水剂宜选用高效减水剂或高性能减水剂，其性能应符合GB 8076的规定；
- 引气剂应选用质量稳定且引入气泡细小、分布均匀、能明显提高混凝土抗冻性能的产品。引气剂与减水剂、水泥之间均应有良好的相容性。引气剂的性能应符合表21的规定。引气剂的检验项目和检验数量应符合表22的规定。28d硬化体气泡间距系数按TB/T 3275附录G试验，其他性能按GB 8076试验。现场抽检引气剂可采用对应工程所用的水泥进行试验；
- 膨胀剂性能应符合表23的规定。膨胀剂的检验项目和检验数量应符合表24的规定。膨胀剂各性能指标按GB/T 23439试验；
- 速凝剂宜选择低碱或无碱速凝剂，速凝剂的性能应符合表25的规定。速凝剂的检验项目和检验数量应符合表26的规定。氯离子含量、总碱量按GB/T 8077试验，砂浆强度和净浆凝结时间按JGJ/T 372试验，现场抽检宜选用工程水泥；
- 减水剂的检验项目和检验数量应符合表27的规定。减水率、含气量、含气量1h经时变化量、常压泌水率比、抗压强度比、坍落度1h经时变化量、凝结时间差和收缩率比按GB 8076试

验，硫酸钠含量、氯离子含量和碱含量按 GB/T 8077 试验，压力泌水率比按 TB/T 3275 附录 F 试验。现场抽检减水剂可采用对应工程所用的水泥进行试验。

表21 引气剂的性能

序号	检验项目	技术要求	
1	减水率	≥6%	
2	含气量	≥3.0%	
3	泌水率比	≤70%	
4	1h 含气量经时变化量	-1.5%~+1.5%	
5	抗压强度比	3d	≥95%
		7d	≥95%
		28d	≥90%
6	凝结时间差	终凝	-90 min~+120 min
		初凝	
7	28d 收缩率比	≤125%	
8	28d 相对耐久性指数（200 次）	≥80%	
9	28d 硬化体气泡间距系数	≤300 μm	
10	Cl ⁻ 含量（按折固含量计）	/	
11	碱含量（按折固含量计）	/	

注：Cl⁻含量和碱含量用于混凝土配合比设计时的总Cl⁻含量和总碱含量的计算。

表22 引气剂的检验要求

检验项目		检验要求							
		质量证明文件检查		抽样试验检验					
引气剂	减水率	√	检查每一供应商提供的每一产品的质量证明文件。施工单位、监理单位均全部检查	√	下列情况之一时，检验一次： ①任何新选料源； ②使用同厂家、同品种的产品达 6 个月及出厂日期达 6 个月的产品。 施工单位试验检验；监理单位见证检验	√	同厂家、同品种、同编号的产品每 5t 为一批，不足 5t 时也按一批计。施工单位每批抽检一次；监理单位按施工单位抽检次数的 30% 进行见证检验，但不少于一次		
	含气量	√		√		√			
	泌水率比	√		√		√			
引气剂	1h 含气量经时变化量	√		√		√		√	
	抗压强度比	√		√		√		√	
	凝结时间差	√		√		√		√	
	收缩率比	√		√		√		√	
	相对耐久性指数（200 次）	√	√	√	√				
	28d 硬化混凝土气泡间距系数	√	√	√	√				

	氯离子含量 (按折固含量计)	√		√		
	碱含量(按折固含量计)	√		√		

表23 膨胀剂的性能

序号	检验项目	技术要求	
		I型	II型
1	细度	比表面积	$\geq 200 \text{ m}^2/\text{kg}$
		1.18mm 筛筛余	$\leq 0.5\%$
2	凝结时间	初凝	$\geq 45\text{min}$
		终凝	$\leq 600\text{min}$
3	限制膨胀率	水中 7d	$\geq 0.035\%$
		空气中 21d	$\geq -0.015\%$
4	抗压强度	7d	$\geq 22.5\text{Mpa}$
		28d	$\geq 42.5\text{Mpa}$
5	氧化镁含量	$\leq 5\%$	
6	碱含量	$\leq 0.75\%$	

表24 膨胀剂的检验要求

检验项目		检验要求					
		质量证明文件检查		抽样试验检验			
膨胀剂	细度	√	检查每一供应商提供的每种产品的质量证明文件。施工单位、监理单位均全部检查。	√	下列情况之一时,检验一次:①任何新选料源;②使用同厂家、同品种的产品达6个月及出厂日期达6个月的产品。施工单位试验检验;监理单位见证检验	√	同厂家、同品种、同编号的产品 每100t为一批,不足100t时也按一批计。施工单位每批抽检一次;监理单位按施工单位抽检次数的30%进行见证检验
	凝结时间	√		√		√	
	限制膨胀率	√		√		√	
	抗压强度	√		√		√	
	氧化镁含量	√		√		√	
	碱含量	√		√		√	

表25 速凝剂的性能

序号	项目	技术要求	
1	氯离子含量(按折固含量计)	$\leq 0.1\%$	
2	碱含量(按折固含量计)	$\leq 5.0\%$	
3	净浆凝结时间	初凝	$\leq 5 \text{ min}$
		终凝	$\leq 12 \text{ min}$
4	砂浆抗压强度	1d 抗压强度	$\geq 7.0\text{MPa}$
		28d 抗压强度比	$\geq 90\%$
		90d 抗压强度保留率	$\geq 100\%$

表26 速凝剂的检验要求

检验项目	检验要求	
	质量证明文件检查	抽样试验检验

速凝剂	Cl ⁻ 含量 (按折固含量计)	√	检查每一供应商提供的每种产品的质量证明文件。施工单位、监理单位均全部检查	√	下列情况之一时，检验一次： ①任何新选料源； ②使用同厂家、同品种的产品达12个月及出厂日期达12个月的产品。 施工单位试验检验；监理单位见证检验	√	同厂家、同品种50t、同编号的产品每50t为一批，不足50t时也按一批计。 施工单位每批抽检一次；监理单位按施工单位抽检次数的30%进行见证检验
	碱含量 (按折固含量计)	√		√			
	净浆凝结时间	√		√			
	砂浆抗压强度	√		√			

表27 减水剂的检验要求

检验项目		检验要求					
		质量证明文件检查		抽样试验检验			
高效减水剂	减水率	√	核查每一厂家提供的每一编号产品的质量证明文件。施工单位、监理单位均全部检查	√	下列情况之一时，检验一次： ①任何新选料源； ②使用同厂家、同品种的产品达6个月及出厂日期达6个月的产品。 施工单位试验检验；监理单位见证检验	√	同厂家、同品种、同编号的产品每50t为一批，不足50t按一批计。 施工单位每批抽检一次；监理单位按施工单位抽检次数的30%进行见证检验，但不少于一次
	含气量	√		√			
	含气量经时变化量	√		√			
	泌水率比	√		√			
	压力泌水率比 (用于配制泵送混凝土时)	√		√			
	抗压强度比	√		√			
	坍落度1h经时变化量 (用于配制泵送混凝土时)	√		√			
	凝结时间差	√		√			
	硫酸钠含量 (按折固含量计)	√		√			
	氯离子含量 (按折固含量计)	√		√			
	碱含量(按折固含量计)	√		√			
	收缩率比	√		√			
	匀质性	√		√			
高性能减水	减水率	√	核查每一厂家提供的每一编号产品的质量证明文件。	√	下列情况之一时，检验一次： ①任何新选料源； ②使用同厂家、同品种的产品达6个月	√	同厂家、同品种、同编号的产品每50t为一批，不足50t按一批计。 施工单位每批抽检一
	含气量	√		√			
	含气量经时变化量	√		√			
	泌水率比	√		√			

剂	压力泌水率比 (用于配制泵送混凝土时)	√	施工单位、 监理单位均 全部检查	√	月及出厂日期达 6 个月的产品。 施工单位试验检 验；监理单位见证 检验	√	次；监理单位按施工单 位抽检次数的 30%进行 见证检验，但不少于一次
	抗压强度比	√		√		√	
	坍落度 1h 经 时变化量 (用于 配制泵送混 凝土时)	√		√			
	凝结时间差	√		√			
	甲醛含量 (按 折固含量计)	√					
	硫酸钠含量 (按折固含量 计)	√		√			
	氯离子含量 (按折固含量 计)	√		√			
	碱含量 (按折 固含量计)	√		√			
	收缩率比	√		√			
	匀质性	√					

8.2.6 拌和用水和养护用水的选用应符合下列规定：

- 混凝土拌和用水宜采用饮用水，不得采用海水，当使用其它来源的水时，其性能应满足表 28 的规定；
- 除不溶物、可溶物可不作要求外，养护用水其它性能应符合表 28 的规定。养护用水不得采用海水；
- 回收重复利用水的 pH 值、氯化物含量、硫酸盐含量和碱含量应符合表 28 的规定；
- 拌和用水的检验项目和检验数量应符合表 29 的规定。pH 值、不溶物含量、可溶物含量、氯化物含量、硫酸盐含量、凝结时间差和抗压强度比按 JGJ 63 试验，碱含量按 GB/T 176 试验。

表28 拌和水的性能

序号	检验项目	技术要求		
		预应力混凝土	钢筋混凝土	素混凝土
1	pH 值	>6.5	>6.5	>6.5
2	不溶物含量	<2000mg/L	<2000mg/ L	<5000mg/ L
3	可溶物含量	<2000mg/ L	<5000mg/ L	<10000mg/ L
4	氯化物含量 (以 CL ⁻ 计)	<500mg/ L <350mg/ L (用钢丝或热处理的钢筋)	<1000mg/ L	<3500mg/ L
		<200mg/ L (混凝土处于氯盐环境下)		
5	硫酸盐含量 (以 SO ₄ ²⁻ 计)	<600mg/ L	<2000mg/ L	<2700mg/ L
6	碱含量	<1500mg/ L	<1500mg/ L	<1500mg/ L
7	抗压强度比 (28d)	≥90%		

8	凝结时间差	≤30min
---	-------	--------

表29 拌和用水的检验要求

序号	检验项目	检验要求			
1	pH 值	√	下列情况之一时，检验一次： ①新水源； ②同一水源的水使用达一年。 施工单位试验检验；监理单位见证检验	√	同一水源的涨水季节检验一次。 施工单位试验检验；监理单位按施工单位抽检次数的30%进行见证检验，但至少一次
2	不溶物含量	√		√	
3	可溶物含量	√		√	
4	氯化物含量（以 Cl^- 计）	√		√	
5	硫酸盐含量（以 SO_4^{2-} 计）	√		√	
6	碱含量	√		√	
7	抗压强度比（28d）	√			
8	凝结时间差	√			

8.3 混凝土配合比

8.3.1 混凝土的配合比应根据设计工作年限、环境条件和施工工艺等，通过试配、调整、试件检测和试浇筑等步骤选定，并应充分考虑原材料、施工工艺、环境条件可能出现的变化，选定备用配合比。施工单位对预拌混凝土站提供的配合比进行审核，监理单位对施工单位审核结果进行审查。

混凝土配合比选定试验的检验和计算项目应符合表30的规定。混凝土的耐久性指标和长期性能要求应按本标准附录E确定。当设计有更高要求时，其配合比应按设计要求执行。

表30 混凝土配合比选定试验的检验和计算项目

序号	检验项目	试验方法	备注
1	坍落度或维勃稠度	《普通混凝土拌和物性能试验方法标准》GB/T 50080	基本检验项目
2	泌水率		
3	凝结时间		
4	扩展度和扩展时间		仅对成型方式为自密实的混凝土
5	抗压强度	《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081	基本检验项目
6	电通量	《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法》GB/T 50082	
7	含气量	《普通混凝土拌和物性能试验方法标准》GB/T 50080	
8	弹性模量	《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081	仅对预应力混凝土或当设计有要求时
9	抗冻等级	《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082	仅对处于冻融破坏环境的混凝土或对耐久性有特殊要求的混凝土
10	气泡间距系数	《铁路混凝土》TB/T 3275	仅对处于冻融破坏、盐类结晶破坏环境的混凝土
11	氯离子扩散系数	《普通混凝土长期性能和耐久	仅对处于氯盐环境的混凝土

12	56d 抗硫酸盐结晶破坏等级	性能试验方法标准》GB/T 50082	仅对处于盐类结晶破坏环境的混凝土
13	胶凝材料抗蚀系数	《铁路混凝土》TB/T 3275	仅对处于硫酸盐化学侵蚀环境的混凝土
14	抗渗等级	《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082	仅对有抗渗要求的混凝土
15	收缩		仅对无砟轨道底座板混凝土、双块式轨枕道床板混凝土
16	总碱含量	本标准要求的各种混凝土原材料的碱含量之和	基本计算项目
17	总三氧化硫含量	本标准要求的各种混凝土原材料的三氧化硫含量之和	
18	总氯离子含量	本标准要求的各种混凝土原材料的氯离子含量之和	

8.3.2 选定混凝土配合比应符合下列规定：

- 为提高混凝土的耐久性，改善混凝土的施工性能和抗裂性能，混凝土中应适量掺加粉煤灰、矿渣粉或硅灰等矿物掺和料。不同矿物掺和料的掺量应根据混凝土的性能要求参照表 31 通过试验确定；
- 混凝土的胶凝材料最大用量不宜超过表 32 的要求；
- 不同环境条件下，混凝土的最大水胶比和最小胶凝材料用量应符合设计要求，当设计无要求时，应符合表 33 的规定。当为硫酸盐化学侵蚀环境时，胶凝材料的抗蚀系数不得小于 0.80；
- 当骨料的砂浆棒膨胀率大于等于 0.10%且小于 0.20%时，混凝土碱含量应满足表 34 的规定；当骨料的砂浆棒膨胀率大于等于 0.20%且小于 0.30%时，除混凝土碱含量应满足表 34 的规定外，还应采取抑制碱—骨料反应的技术措施，并经试验证明抑制有效。当抑制无效时，可采取更换碱含量较低的水泥、增加矿物掺和料掺量或掺加具有抑制碱—骨料反应功效的外加剂等技术措施。抑制碱—骨料反应有效性应按 TB/T 3275 附录 C 进行检验；
- 钢筋混凝土的混凝土氯离子含量不应超过胶凝材料总量的 0.10%，预应力混凝土的混凝土氯离子含量不应超过胶凝材料总量的 0.06%；
- 混凝土中三氧化硫含量不应超过胶凝材料总量的 4.0%；
- 混凝土含气量的最低限值应满足表 35 的要求；
- 在满足施工工艺条件的情况下，宜尽量选用低流动性的混凝土。

表31 不同环境下混凝土中矿物掺和料掺量范围（%）

环境类别	矿物掺和料种类	水胶比	
		≤0.40	>0.40
碳化环境	粉煤灰	≤40%	≤30%
	矿渣粉	≤50%	≤40%
氯盐环境	粉煤灰	30%~50%	20%~40%
	矿渣粉	40%~60%	30%~50%
化学侵蚀环境	粉煤灰	30%~50%	20%~40%
	矿渣粉	40%~60%	30%~50%
盐类结晶破坏环境	粉煤灰	≤40%	≤30%
	矿渣粉	≤50%	≤40%
冻融破坏环境	粉煤灰	≤40%	≤30%

	矿渣粉	≤50%	≤40%
磨蚀环境	粉煤灰	≤30%	≤20%
	矿渣粉	≤40%	≤30%
各类环境	石灰石粉	≤30%	≤20%

注1：本表规定的掺量是指单掺一种矿物掺和料时的适宜掺量范围。当采用多种矿物掺和料复掺时，不同矿物掺和料的掺量可参考本表，并经过试验确定。

注2：本表规定的矿物掺和料的掺量范围仅限于使用普通硅酸盐水泥或硅酸盐水泥的混凝土。

注3：对于预应力混凝土结构，粉煤灰的掺量不宜超过30%。

注4：严重氯盐环境与化学侵蚀环境下，粉煤灰的掺量应大于30%，或矿渣粉的掺量大于50%。

注5：年平均环境温度低于15℃硫酸盐环境下，混凝土不宜使用石灰石粉。

注6：硅灰掺量不宜超过胶凝材料总量的8%，且宜与其它矿物掺和料复合使用。

表32 混凝土的胶凝材料最大用量 (kg/m³)

混凝土强度等级	振动成型	自密实混凝土
<C30	360	
C30~C35	400	550
C40~C45	450	600
C50	480	
C50~C60	500	

表33 混凝土最大水胶比和最小胶凝材料用量 (kg/m³)

环境类别	环境作用等级	设计工作年限		
		100年	60年	30年
碳化环境	T1	0.55, 280	0.60, 260	0.60, 260
	T2	0.50, 300	0.55, 280	0.55, 280
	T3	0.45, 320	0.50, 300	0.50, 300
氯盐环境	L1	0.45, 320	0.50, 300	0.50, 300
	L2	0.40, 340	0.45, 320	0.45, 320
	L3	0.36, 360	0.40, 340	0.40, 340
化学侵蚀环境	H1	0.50, 300	0.55, 280	0.55, 280
	H2	0.45, 320	0.50, 300	0.50, 300
	H3	0.40, 340	0.45, 320	0.45, 320
	H4	0.36, 360	0.40, 340	0.40, 340
盐类结晶破坏环境	Y1	0.50, 300	0.55, 280	0.55, 280
	Y2	0.45, 320	0.50, 300	0.50, 300
	Y3	0.40, 340	0.45, 320	0.45, 320
	Y4	0.36, 360	0.40, 340	0.40, 340
冻融破坏环境	D1	0.50, 300	0.55, 280	0.55, 280
	D2	0.45, 320	0.50, 300	0.50, 300

	D3	0.40, 340	0.45, 320	0.45, 320
	D4	0.36, 360	0.40, 340	0.40, 340
磨蚀环境	M1	0.50, 300	0.55, 280	0.55, 280
	M2	0.45, 320	0.50, 300	0.50, 300
	M3	0.40, 340	0.45, 320	0.45, 320

表34 混凝土最大碱含量 (kg/m³)

设计工作年限级别		一 (100年)	二 (60年)	三 (30年)
环境条件	干燥环境	3.5	3.5	3.5
	潮湿环境	3.0	3.0	3.5
	含碱环境	3.0	3.0	3.0

注1: 混凝土的碱含量是指混凝土各种原材料的碱含量之和。其中, 矿物掺和料的碱含量以其所含可溶性碱量计算。粉煤灰的可溶性碱量取粉煤灰总碱量的1/6, 矿渣粉的可溶性碱量取矿渣粉总碱量的1/2, 硅灰的可溶性碱量取硅灰总碱量的1/2。

注2: 干燥环境是指不直接与水接触、年平均空气相对湿度长期不大于75%的环境; 潮湿环境是指长期处于水下或潮湿土中、干湿交替区、水位变化区以及年平均相对湿度大于75%的环境; 含碱环境是指直接与高含盐碱土体、海水、含碱工业废水或钠(钾)盐等接触的环境; 干燥环境或潮湿环境与含碱环境交替变化时, 均按含碱环境对待。

注3: 对于含碱环境中的混凝土结构, 当其设计工作年限为100年时, 除了混凝土的碱含量应满足本表要求外, 还应使用非碱活性骨料; 当其设计工作年限为30年、60年时, 在限制混凝土碱含量的同时, 还应对混凝土表面作防水、防碱涂层处理, 否则应换用非碱活性骨料。

表35 混凝土含气量的最低限值

环境条件	冻融破坏环境			盐类结晶破坏环境	其它环境
	D1	D2、D3	D4	Y1、Y2、Y3、Y4	
含气量 (入模时)	4.0%	5.0%	6.0%	4.0%	2.0%

8.3.3 混凝土的配合比可按 TB/T 3275 进行设计调整。

8.3.4 施工前应对砂、石含水率进行测定, 此含水率应为材料饱和面干含水率, 根据测定结果对实际理论配合比进行调整, 确定施工配合比。

8.3.5 当混凝土的原材料品质、施工工艺发生较大变化时, 应重新进行配合比选定试验。

8.3.6 当施工工艺及环境条件未发生明显变化, 原材料的品质在合格的基础上发生波动时, 可对混凝土外加剂用量、粗骨料分级比例、砂率进行适当调整, 调整后混凝土的拌和物性能应与理论配合比一致。

8.4 预拌混凝土

8.4.1 预拌混凝土企业应具备预拌混凝土专业承包资质且通过质量管理体系认证, 近三年供应的混凝土未造成质量等级事故。

8.4.2 建设单位依据 GB/T 14902, 组织对预拌混凝土企业进行评估, 应包括以下内容:

- 资质、证照等是否依法合规、手续齐全;
- 安全、质量、人员、设备、试验检测、环境保护等管理制度是否建立齐全;
- 混凝土的生产组织、物资管理、试验检验、质量控制等过程是否管理可控;

- d) 混凝土搅拌站（楼）应符合国家现行标准 GB/T 10171 的规定；
- e) 运输及生产能力是否满足要求；
- f) 是否建立并实施信息化管理系统；
- g) 工程施工期间，施工单位为保证混凝土质量可安排专业人员驻厂监督，特殊混凝土施工时施工单位应驻场监督，预拌混凝土厂家应接受施工单位的驻厂监督。

8.5 混凝土搅拌

8.5.1 混凝土搅拌机应符合现行国家标准 GB/T 9142-2021 的有关规定。混凝土搅拌应采用强制式搅拌机。

8.5.2 混凝土搅拌应符合下列规定：

- a) 搅拌混凝土前，应测定粗、细骨料的含水率。每工班至少抽测一次。禁止骨料露天存放；
- b) 原材料计量宜采用电子计量设备。计量设备的精度应符合现行国家标准 GB/T 10171-2016 的有关规定。计量设备应定期校准或检定。搅拌机经大修、中修或迁移至新的地点后，应对计量器具重新进行校准或检定。每一工班正式称量前，应对计量设备进行零点校准；
- c) 按照批准的施工配合比准确称量混凝土原材料，原材料的计量允许偏差不应大于表 36 规定的范围；
- d) 混凝土原材料计量后，宜先向搅拌机投入骨料、水泥和矿物掺和料，搅拌均匀后，加水和液体外加剂，直至搅拌均匀为止。粉体外加剂应与矿物掺和料同时加入；
- e) 混凝土的搅拌时间为全部材料装入搅拌机开始至搅拌结束所用时间，混凝土延续搅拌时间应根据配合比和搅拌设备情况通过试验确定，但最短搅拌时间不宜少于 90s；
- f) 在制备特制品或掺用引起剂、膨胀剂和粉状外加剂的混凝土时，应适当延长搅拌时间，具体时间经现场试验确定。

表36 混凝土原材料计量允许偏差

原材料品种	水泥	骨料	水	外加剂	掺合料
每盘计量允许偏差	±2	±3	±1	±1	±2
累计计量允许偏差	±1	±2	±1	±1	±1

注：累计计量允许偏差是指每一运输车中各盘混凝土的每种材料计量的偏差。

8.5.3 对首次使用的预拌混凝土配合比应进行开盘鉴定，开盘鉴定应包括下列内容：

- a) 混凝土的原材料与配合比设计所采用的原材料的一致性；
- b) 出机混凝土工作性与配合比设计要求的一致性；
- c) 混凝土强度等级；
- d) 工程有要求时，尚应包括工程要求的混凝土耐久性能等；
- e) 鉴定报告应包含工程名称、施工部位、理论配合比、施工配合比、含水率、设计方量、原材料报告编号、配合比编号等内容。

8.6 混凝土运输

8.6.1 供货距离不宜超过 30 公里，不应超过 40 公里。

8.6.2 混凝土在转运、分配或倾注时，采用的滑槽、串筒或漏斗等应为金属材质类器具。

8.6.3 运输混凝土过程中，应尽量减少混凝土的转运次数和运输时间。混凝土从加水拌和到入模的最长时间，应由试验室根据混凝土初凝时间及施工气温确定。

8.6.4 混凝土运输设备的运输能力应满足混凝土凝结时间和浇筑速度的需要，保证浇筑过程连续进行。

运输过程中，应采取有效措施保证运至浇筑地点的混凝土仍保持规定的拌和物性能。

8.6.5 为了避免日晒和寒冷气候对混凝土质量的影响，防止混凝土温度升高（夏期）或受冻（冬期），应对运输容器采取遮盖或保温措施。

8.7 混凝土浇筑

8.7.1 浇筑混凝土前，应做好下列准备工作：

- a) 制定浇筑工艺，明确结构分段分块的间隔浇筑顺序，尽量减少后浇带或施工缝；
- b) 根据结构截面尺寸大小研究确定降温防裂措施；
- c) 清除基础上松动的岩块、杂物及泥块，并采取防、排水措施。对干燥的非黏性土基面，应用水湿润；对未风化的岩石，应用水清洗，但其表面不得积水。在旧混凝土面上接续浇筑新混凝土时，基面准备工作应符合第 8.7.5 条的规定；
- d) 仔细检查模板、支架、钢筋、预埋件的紧固程度和保护层垫块。

8.7.2 浇筑混凝土应符合下列基本规定：

- a) 炎热气候条件下，混凝土的入模温度不宜超过 30℃。应避免模板和新浇混凝土受阳光直射。为降低混凝土温升，宜将混凝土原材料进行遮盖，避免日光暴晒，并用冷却水搅拌混凝土，或采用冷却骨料、搅拌时加冰屑等方法降低入模温度，必要时也可采取在混凝土内埋设冷却管通水冷却。混凝土浇筑后应及时进行养护，避免模板和混凝土受阳光直射。宜安排在傍晚开始浇筑，不宜在早上浇筑以免气温升到最高时加剧混凝土内部温升；
 - b) 当室外日平均气温连续 3d 低于 5℃或最低气温低于-3℃时，应按冬期施工办理，混凝土的入模温度不应低于 5℃。冬期浇筑混凝土，宜采用热水拌和、加热骨料等措施提高混凝土入模温度；
 - c) 新浇混凝土入模温度与邻接的已硬化混凝土或岩土、钢筋、模板介质间的温差不得大于 15℃。与新浇筑混凝土接触的已硬化混凝土、岩土介质、钢筋和模板的温度不得低于 2℃；
 - d) 在相对湿度较小、风速较大的环境条件下，避免浇筑有较大暴露面积的构件，如必需施工时，可采取场地洒水、喷雾、挡风等措施，降低混凝土表面风速，并增加混凝土表面的抹压次数，及时覆盖塑料薄膜和保温材料，保持混凝土表面湿润，防止风干；
 - e) 雨雪天不宜露天浇筑混凝土，确需施工时应采取有效措施，确保混凝土质量。浇筑过程中突遇大雨或大雪天气时，应及时在结构合理部位留置施工缝，尽快终止混凝土浇筑。对已浇筑还未硬化的混凝土立即进行覆盖，严禁雨水直接冲刷新浇筑的混凝土；
 - f) 混凝土应分层浇筑，分层厚度（指捣实后厚度）应根据搅拌与运输能力、浇筑速度、振捣能力和结构特点等条件确定。在新浇筑完成的下层混凝土上再浇筑新混凝土时，应在下层混凝土初凝前完成上层混凝土浇筑。上下层同时浇筑时，上层与下层前后浇筑距离应保持 1.5m 以上。在倾斜面上浇筑混凝土时，应从低处开始逐层扩展升高，保持水平分层；
 - g) 混凝土浇筑应连续进行。当因故间歇时，其间歇时间应小于前层混凝土的初凝时间。不同混凝土的允许间歇时间应根据环境温度、水泥品种、水胶比和外加剂类型等条件通过试验确定。当超过允许间歇时间时，应按浇筑中断处理，同时应留置施工缝，并作出记录；
 - h) 在浇筑混凝土过程中或浇筑完成时，如混凝土表面泌水较多，须在不扰动已浇筑混凝土的条件下，采取措施将水排除。继续浇筑混凝土时，应查明原因，采取措施，减少泌水；
 - i) 浇筑混凝土期间，应设专人检查支架、模板、钢筋和预埋件等的稳固情况，发现有松动、变形、移位时应及时处理；
 - j) 混凝土浇筑应编制浇筑方案，明确浇筑顺序、浇筑技术参数、采取的技术及安全措施等事项，需经施工单位、监理单位审批，浇筑前进行详细技术交底；
- 8.7.3 自高处向模板内倾卸混凝土时，应防止混凝土离析，并应符合下列规定：

- a) 从高处直接倾卸时，混凝土自由倾落高度不宜超过 2m；
 - b) 当倾落高度超过 2m 时，应采用串筒、溜管或振动溜管等辅助设施进行混凝土浇筑；
 - c) 串筒出料口距混凝土浇筑面的高度不宜超过 1m。
- 8.7.4 施工缝连接方式应符合设计要求。设计无具体要求时，对于素混凝土结构，应在施工缝处设置直径不小于 16mm 的连接钢筋。连接钢筋埋入深度和露出长度均不应小于钢筋直径的 15d，间距不大于 20cm，使用光圆钢筋时两端应设半圆形标准弯钩，使用带肋钢筋时可不设弯钩。
- 8.7.5 在混凝土施工缝处接续浇筑新混凝土时，应符合下列规定：
- a) 应凿除已浇筑混凝土表面的水泥砂浆和松散层，凿毛后露出的新鲜混凝土面积不低于总面积的 75%。凿毛时，混凝土强度应符合下列规定：
 - 1) 用人工凿毛时，不低于 2.5Mpa；
 - 2) 用风动机等机械凿毛时，不低于 10MPa。
 - b) 经凿毛处理的混凝土面应用水冲洗干净，但不得存有积水。在浇筑新混凝土前，对垂直施工缝宜在旧混凝土面上刷一层水泥净浆，对水平施工缝宜在旧混凝土面上铺一层厚 10mm~20mm、水胶比略低于混凝土、胶砂比为 1:2 的水泥砂浆；或铺一层厚约 30cm 的新鲜混凝土，其粗骨料宜比新浇筑混凝土减少 10%；
 - c) 施工缝为斜面时，旧混凝土应浇筑成或凿成台阶状。
- 8.7.6 浇筑墩台、涵洞混凝土时，应符合下列规定：
- a) 基底为非黏性土或干土时，应按设计要求进行基底处理；
 - b) 基面为岩石时，应加以润湿，并铺一层厚 20mm~30mm 的水泥砂浆，然后于水泥砂浆凝结前浇筑第一层混凝土；
 - c) 对一般墩台及基础混凝土，应在整个平截面范围内水平分层进行浇筑。
- 8.7.7 浇筑梁式结构混凝土时，应符合下列规定：
- a) 梁体混凝土应采用快速、稳定、连续、可靠的浇筑方式在全梁范围内水平分层连续浇筑成型。当梁的平面面积较大时，也可采用斜向分段、水平分层的方法连续浇筑；
 - b) 浇筑先张构件时，应避免振捣器碰撞预应力筋；浇筑后张结构时，应避免振捣器碰撞预应力筋的管道、预埋件等。应经常检查模板、管道、锚固端垫板及支座预埋件等，以保证其位置及尺寸符合设计要求。
- 8.7.8 在隧道、明洞、路堑、大跨度拱肋浇筑混凝土时，应符合下列基本规定：
- a) 浇筑前应进行断面检查，不应有局部坍塌；
 - b) 浇筑隧道拱圈等长筒形拱混凝土时，应视具体情况按其长度方向分节浇筑，且分节界面应与拱的纵向轴线垂直；
 - c) 当连续浇筑拱肋或拱圈时，应自两拱脚向拱顶对称浇筑。当拱肋或拱圈的跨度在 16m 及以内时，应一次连续浇完；
 - d) 当拱肋或拱圈跨度大于 16m 时，应沿拱的跨度方向分段浇筑。各分段的界面应与拱肋中心线垂直。两邻接浇筑段之间应预留间隔槽，其位置应设在拱架节点外，并应避开拱肋间的横撑、隔板以及梁上的杆件。拱肋的分段段数、分段位置、浇筑顺序以及间隔槽的宽度，均应符合设计要求；
 - e) 各分段内的混凝土应一次浇完。当因故中断再接续浇筑混凝土时，新旧混凝土的接合面应垂直于拱的中心线，并应符合第 8.7.5 条的规定。当接续浇筑混凝土时，已浇筑的混凝土面应加以修凿或凿成阶梯形（当拱的截面厚度过大时），并与拱中心线垂直；
 - f) 预留间隔槽中的混凝土，应待各段混凝土浇完，且两邻段混凝土至少硬化 7d 后，方可由拱脚向拱顶依次对称浇筑。浇筑时，应尽量采用坍落度较小的混凝土，并符合第 8.3.1 条的规定；

g) 封顶时, 应待两侧其它间隔槽浇完, 且已浇筑混凝土温度接近拱的设计浇筑温度时, 方可浇筑拱顶间隔槽中的混凝土。应对封顶时的气温和混凝土的温度作好记录;

h) 当浇筑大跨度拱肋或拱圈混凝土时, 可在征得设计部门同意后, 采用分层浇筑法浇筑。

8.7.9 当浇筑与墙或柱(墩)整体连接(不施工缝)的梁或板时, 应按设计规定的方案进行。

8.8 混凝土振捣

8.8.1 混凝土浇筑过程中, 应随时对混凝土进行振捣并使其均匀密实。振捣应采用插入式振捣器垂直点振, 或采用插入式振捣器和附着式振捣器联合振捣。混凝土坍落度较小时(如采用斗送法浇筑的混凝土), 应加密振点分布。预应力混凝土箱梁宜采用侧振并辅以插入式振捣器振捣成型。

8.8.2 混凝土振捣过程中, 应避免重复振捣, 防止过振。应加强检查模板支撑的稳定性和接缝的密合情况, 防止在振捣混凝土过程中产生漏浆。

8.8.3 采用机械振捣混凝土时, 应符合下列规定:

- a) 采用插入式振捣器振捣混凝土时, 插入式振捣器的移动间距不宜大于振捣器作用半径的 1.5 倍, 且插入下层混凝土内的深度宜为 5cm~10cm, 与侧模应保持 5cm~10cm 的距离。当振动完毕需变换振捣器在混凝土中的水平位置时, 应边振动边竖向缓慢提出振捣器, 不得将振捣器放在混凝土内平拖。不得用振捣器驱赶混凝土;
- b) 表面振捣器的移动距离应能覆盖已振动部分的边缘;
- c) 附着式振捣器的设置间距和振动能量应通过试验确定, 应与模板紧密连接;
- d) 对有抗冻要求的引气混凝土, 不应采用高频振捣器振捣;
- e) 应避免碰撞模板、钢筋及其它预埋部件;
- f) 每一振点的振捣延续时间以混凝土不再沉落、表面泛浆为度, 防止过振、漏振;
- g) 对于箱梁腹板与底板及顶板连接处的承托、预应力筋锚固区、支座附近以及施工缝处等其它钢筋密集部位, 宜特别注意振捣;
- h) 当采用振动台振动时, 应预先进行工艺设计。

8.8.4 混凝土振捣完成后, 应及时修整、抹平、收面, 待定浆后再进行第二遍抹面并压光或拉毛。抹面时严禁洒水, 并应防止过度操作影响表层混凝土的质量。寒冷地区和干旱地区的混凝土, 应特别加强施工抹面工序的质量控制。

8.9 混凝土养护

8.9.1 混凝土浇筑完毕后, 应按有关专业标准的规定和施工技术方案的要求及时采取有效的养护措施。自然养护时, 应在混凝土浇筑完毕后 1h 内对混凝土进行保湿养护。暴露面混凝土初凝前, 用抹子搓压表面至少两遍, 使之平整后覆盖, 此时应注意覆盖物不要破坏混凝土表面, 直至混凝土终凝为止。抗渗混凝土终凝之后方可进行养护。

8.9.2 蒸汽养护时, 混凝土静停环境温度不应低于 5℃, 浇筑结束 4h~6h 且混凝土终凝后方可升温; 混凝土周围蒸汽的升、降温速度不宜大于 10℃/h。恒温养护时间应根据构件脱模强度要求、混凝土配合比情况以及环境条件等通过试验确定。蒸汽养护的预制梁脱模后的保温保湿养护时间不少于 14d。蒸汽养护的预制轨道板脱模后的保温保湿养护时间不少于 10d。

8.9.3 混凝土养护期间, 混凝土芯部温度不宜超过 60℃, 不得超过 65℃; 混凝土芯部温度与表面温度、表面温度与环境温度之差均不应大于 20℃(梁体、轨道板和轨枕混凝土不应大于 15℃); 养护水温与混凝土表面温度之差不得大于 15℃。

8.9.4 混凝土养护应包括一定的带模养护时间。混凝土带模养护期间, 应采取带模包裹、浇水、喷淋洒水或通蒸汽等措施进行保湿、保温养护。

8.9.5 混凝土去除表面覆盖物或拆模后, 应对混凝土及时覆膜保湿养护, 也可在混凝土表面处于潮湿

状态时，迅速采用土工布、养护膜等材料将暴露面混凝土覆盖或包裹，再用塑料布或帆布等将保湿材料包覆（裹）。包覆（裹）期间，包覆（裹）物应完好无损，彼此搭接完整，内表面应具有凝结水珠。有条件地段应尽量延长混凝土的包覆（裹）保湿养护时间。对于墩身等混凝土结构可采用潮湿防水材料外加塑料薄膜包裹、墩顶蓄水装置加湿的方式进行养护。

8.9.6 混凝土采用喷涂养护液养护时，应确保养护液对混凝土结构表面不产生侵蚀、不造成混凝土表面色差，并确保不漏喷。

8.9.7 混凝土浇筑完成后，应及时对新暴露的混凝土表面进行保湿养护。混凝土浇筑完毕后的保温保湿养护最短时间应满足表 37 的规定。

表37 不同混凝土保温保湿养护的最低期限

水胶比	大气潮湿（RH≥50%），无风，无阳光直射		大气干燥（20%≤RH<50%），有风，或阳光直射		大气极端干燥（RH<20%），大风，大温差	
	日平均气温 T（℃）	养护时间 (d)	日平均气温 T（℃）	养护时间 (d)	日平均气温 T（℃）	养护时间 (d)
>0.45	5≤T<10	21	5≤T<10	28	5≤T<10	56
	10≤T<20	14	10≤T<20	21	10≤T<20	45
	T≥20	10	T≥20	14	T≥20	35
≤0.45	5≤T<10	14	5≤T<10	21	5≤T<10	45
	10≤T<20	10	10≤T<20	14	10≤T<20	35
	T≥20	7	T≥20	10	T≥20	28

8.9.8 在曝晒、气温骤降等情况下，应采取保温措施防止混凝土表面温度受环境因素影响而发生剧烈变化。大体积混凝土施工前应制定严格的养护方案，控制混凝土内外温差满足设计要求。

8.9.9 混凝土在冬期或夏期拆模后，若天气产生骤然变化时，应采取适当的保温或隔热措施，防止混凝土产生过大的温差应力。

8.9.10 混凝土拆模后可能与流动水接触时，养护时间应满足表 37 的规定，并不得少于 14d，且混凝土的强度应达到设计强度的 75%以上。

8.9.11 拆模时直接与海水或盐渍土接触的混凝土，其强度应达到设计强度，且养护时间不少于 6 周。

8.9.12 当环境温度低于 5℃时，禁止对混凝土表面进行洒水养护，但应采取保温、保湿养护措施。

8.9.13 混凝土养护期间，应对有代表性的结构进行温度监测，定时测定混凝土芯部温度、表面温度以及环境的气温、相对湿度、风速等参数，并根据混凝土温度和环境参数的变化情况及时调整养护参数，严格控制混凝土的内外温差。具体要求参考 GB 50496 和 JGJ 104。

8.10 质量验收

8.10.1 一般规定

8.10.1.1 现浇结构质量验收应符合下列规定：

- 现浇结构质量验收应在拆模后、混凝土表面未作修整和装饰前进行，并应作出记录；
- 已经隐蔽的不可直接观察和量测的内容，可检查隐蔽工程验收记录；
- 修整或返工的结构构件或部位应有实施前后的文字及图像记录。

8.10.1.2 现浇结构的外观质量缺陷应由监理单位、施工单位等各方根据其结构性能和使用功能影响的严重程度按表 38 确定。

表38 现浇结构外观质量缺陷

名称	现象	严重缺陷	一般缺陷
露筋	构件内钢筋未被混凝土包	纵向受力钢筋有露筋	其他钢筋有少量露筋

	裹而外露		
蜂窝	混凝土表面缺少水泥砂浆而形成石子外露	构件主要受力部位有蜂窝	其他部位有少量蜂窝
孔洞	混凝土中孔穴深度和长度均超过保护层厚度	构件主要受力部位有孔洞	其他部位有少量孔洞
夹渣	混凝土中夹有杂物且深度超过保护层厚度	构件主要受力部位有夹渣	其他部位有少量夹渣
疏松	混凝土中布局不密实	构件主要受力部位有疏松	其他部位有少量疏松
裂缝	裂缝从混凝土表面延伸至混凝土内部	构件主要受力部位有影响结构性能或使用功能的裂缝	其他部位有少量不影响结构性能或使用功能的裂缝
连接部位缺陷	构件连接处混凝土有缺陷或连接钢筋、连接件松动	连接部位有影响结构传力性能的缺陷	连接部位有基本不影响结构传力性能的缺陷
外形缺陷	缺棱掉角、棱角不直、翘曲不平、飞边凸肋等	清水混凝土构件有影响使用功能或装饰效果的外形缺陷	其他混凝土构件有不影响使用功能的外形缺陷
外表缺陷	构件表面麻面、掉皮、起砂、玷污等	具有重要装饰效果的清水混凝土构件有外表缺陷	其他混凝土构件有不影响使用功能的外表缺陷

8.10.2 主控项目

8.10.2.1 混凝土施工过程中，应取少量（不宜少于 1 升）混凝土冲洗干净，查验骨料品种是否与预拌混凝土站提供的骨料样品一致。

检查数量：每结构段或每单元浇筑混凝土方量在50方以内不少于1次，50方以上不少于两次。

检查方法：施工单位采用不同目数的筛子进行水洗筛选。监理单位见证检验。

8.10.2.2 混凝土施工过程中，应对拌和物的入模坍落度、含气量和温度进行检测。拌和物的入模坍落度应满足设计及相关规范要求。

检验数量：施工单位每施工50 m³或每工作班测验不应少于一次。

检验方法：施工单位进行坍落度、含气量、温度测试。监理单位见证检验。

8.10.2.3 混凝土的入模温度不宜高于 30℃。冬期施工时，入模温度不应低于 5℃。

检验数量：施工单位每施工50m³或每工作班至少测温3次并填写测温记录；监理单位至少测温一次。

检验方法：温度测验可采用混凝土测温仪、混凝土温度传感器等可靠仪器设备。

8.10.2.4 新浇筑混凝土入模温度与邻接的已硬化混凝土或岩土介质表面温度的温差不应大于 15℃。与新浇筑混凝土接触的已硬化混凝土、岩土介质、钢筋和模板的温度不应低于 2℃。

检验数量：施工单位每部位测温一次并填写测温记录；监理单位每部位测温一次。

检验方法：测温仪。

8.10.2.5 混凝土的强度等级必须符合设计要求。试件的取样、制作、养护及检验评定应符合 TB 10425 的相关规定。

检验数量：施工单位按规定的取样数量与频率进行检查、检测。监理单位按施工单位检验次数的 10%进行平行检验，但至少一次。

检验方法：现场进行试件制作，监理单位检查试件留置情况和养护情况。龄期满足要求后施工单位、监理单位及时进行抗压强度检测。

8.10.2.6 当设计对混凝土的弹性模量有要求时，混凝土的弹性模量应符合设计要求。弹性模量试件应在混凝土的浇筑地点随机抽样制作。

检验数量：

- 随构件同条件养护的终张拉/放张弹性模量试件不应少于一组；
- 标准条件养护 28d 弹性模量试件不应少于一组；
- 其他条件养护试件按设计要求、相关标准规定和实际需要确定。

检验方法：施工单位现场进行试件制作，监理单位检查试件留置情况和养护情况。龄期满足要求后施工单位、监理单位及时进行试验检测。

8.10.2.7 当设计对混凝土抗渗等级有要求时，其抗渗等级应符合设计龄期要求。设计无要求时，抗渗标准条件养护试件的试验龄期为 56d。抗渗试件应在混凝土的浇筑地点随机抽样制作。

检验数量：施工单位每500m³同配合比、同施工工艺的混凝土应至少制作抗渗检查试件一组（6个），不足500 m³时也应制作抗渗检查试件一组；隧道衬砌、仰拱、底板每500 m应至少制作抗渗检查试件一组，不足500 m时也应留置一组。

检验方法：施工单位现场进行试件制作，监理单位检查试件留置情况和养护情况。龄期满足要求后施工单位、监理单位及时进行试验检测。

8.10.2.8 施工缝的留设位置和连接形式应符合设计要求。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：观察和尺量。

8.10.2.9 混凝土表面涂层等防腐蚀强化措施施工质量应符合设计要求和相关标准的规定。

检验数量：施工单位按相关标准的规定进行检验；监理单位按施工单位检验数量的10%进行见证检验，但至少一次。

检验方法：施工单位按相关标准规定进行抽样试验；监理单位见证检验并检查试验报告。

8.10.2.10 混凝土结构表面的非受力裂缝宽度满足混凝土实体质量核查 12.4 条要求。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：观察、测量。

8.10.3 一般项目

8.10.3.1 现浇结构的外观质量不应有一般缺陷。

对已经出现的一般缺陷，应由施工单位按技术处理方案进行处理，对处理的部位应重新验收。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，检查处理记录。

8.10.3.2 现浇结构不应有影响结构性能或使用功能的尺寸偏差。

结构外形尺寸偏差和检验方法除相关专业技术条件、验收标准有特殊规定外，应符合表39的规定。

表39 结构外形尺寸允许偏差和检验方法

序号	项目		允许偏差 (mm)	检验方法
1	轴线位置	基础	20	每边尺量不少于 2 处
		梁、柱、板、墙、拱	10	
2	表面平整度		8	2 m 靠尺、塞尺测量不少于 3 处
3	高程	基础	±30	测量不少于 2 处
		梁、柱、板、墙、拱	±10	
4	垂直度		h/1000，且小于 20	吊线尺量
5	截面尺寸		+20，0	尺量不少于 3 处
6	预留孔洞	中心位置	15	尺量
		尺寸	+15 0	
7	预埋件	中心位置	5	尺量
		外露长度	+10 0	

对超过尺寸允许偏差且影响结构性能或安装、使用功能的部位，应由施工单位提出技术处理方案，并经监理、设计单位认可后进行处理。对经过处理的部位应重新验收。

检验数量：施工单位全部检查。

检验方法：量测，检查处理记录。

8.11 混凝土预制构件

8.11.1 一般规定

8.11.1.1 混凝土预制构件制作（或采购）、运输、存放、安装、连接等施工工序应按照本规范及相关技术标准、设计文件等要求进行施工设计。

8.11.1.2 混凝土预制构件宜采用工厂化生产。构件厂选址和建设应综合考虑服务区域、交通条件、基础设施、环境保护等因素，并符合国家及相关法律法规的规定和要求。

8.11.1.3 混凝土预制构件的吊运应符合下列规定：

- a) 应根据预制构件形状、尺寸、重量和作业半径等要求选择吊具和起重设备，所采用的吊具和起重设备及其施工操作，应符合国家现行有关标准及产品应用技术手册的规定；
- b) 应采取保证起重设备的主钩位置、吊具及构件重心在竖直方向上重合的措施；吊索与构件水平夹角不宜小于 60° ，不应小于 45° ；吊运过程应平稳，不应有大幅度摆动，且不应长时间悬停；
- c) 应设专人指挥，操作人员应位于安全位置。

8.11.1.4 新的或首次混凝土预制构件施工前应对施工工艺进行评价，制定专门的施工方案。

- a) 钢配件应尺寸准确、位置正确、安装牢固，保证连接的紧固性。钢配件的防腐工艺及检验方法应满足 TB/T 3274 及 JB/T 5067 的相关规定。
- b) 模板应具有足够的强度、刚度和稳定性；应保证各部件形状、尺寸及预埋件的准确位置。
- c) 根据设计要求进行必要的施工验算。

8.11.2 构件制作

8.11.2.1 原材料、钢筋、混凝土、模板、振捣、养护、预应力等施工应符合设计要求，并满足本规范有关章节的规定。

8.11.2.2 小型构件采用半自动化或自动化生产预制时，宜采用蒸汽养护或自动喷淋养护。蒸养室四周要严密，具备保温、保湿功能，应符合设计要求，并满足本规范有关章节的规定。

8.11.2.3 节段梁预制时线形控制应符合下列规定：

- a) 预制场应建立水平控制网和高程控制网，节段预制梁线形控制宜采用线形控制软件技术；
- b) 节段梁应匹配预制，预制过程中应进行测量监控及误差调整；
- c) 短线法预制节段时，应在后续节段预制时纠正前一节段线形偏差；
- d) 长线法预制节段时，同一连续匹配浇筑的节段应在同一长线台座上制作。

8.11.2.4 装配式桥面系装配式整体桥面附属结构应包括：防护墙、电缆槽、边墙，宜采用整体设计和预制成整体式构件。边墙顶部预留栏杆或声屏障接口。

8.11.2.5 预制构件上的预埋件、预留插筋、预埋管线等的规格和数量以及预留孔、预留洞的数量应符合设计要求，并满足本规范有关章节的规定。

8.11.2.6 预制构件应有标识，标识内容应包括生产单位、构件编号、构件规格、生产日期、合格标志等信息，采用表面喷涂标识。有条件的工厂宜埋置无线射频芯片标识。

8.11.2.7 装配式预制构件应设置定位标识。必要时，通过约定标示表示构件在结构中的位置和方向。

8.11.3 运输与存放

8.11.3.1 混凝土预制构件的运输应符合下列规定：

- a) 预制构件的运输线路应根据道路、桥梁的实际条件确定，场内运输宜设置循环线路；

- b) 运输车辆应满足构件尺寸和载重要求；
 - c) 装卸构件过程中，应采取保证车体平衡、防止车体倾覆的措施；
 - d) 应采取防止构件移动或倾倒的绑扎固定措施；
 - e) 运输细长构件时应根据需要设置水平支架；
 - f) 构件边角或绳索接触处的混凝土，宜采用垫衬加以保护。
- 8.11.3.2 混凝土预制构件的堆放应符合下列规定：
- a) 场地应平整、坚实，并应采取良好的排水措施；
 - b) 应保证最下层构件垫实，预埋吊件宜向上，标识宜朝向堆垛间的通道；
 - c) 垫木或垫块在构件下的位置与脱模、吊装时的起吊位置一致；重叠堆放构件时，每层构件间的垫木或垫块应在同一垂直线上；
 - d) 堆垛层数应根据构件与垫木或垫块的承载力及堆垛的稳定性确定，必要时应设置防止构件倾覆的支架；
 - e) 施工现场堆放的构件，宜按安装顺序分类堆放，堆垛宜布置在吊车工作范围内且不受其他工序施工作业影响的区域；
- 8.11.3.3 小型预制构件在脱模后移运和堆放时，混凝土的强度应符合设计所要求的吊装强度，设计无要求时，不应低于设计强度的75%。混凝土养护期满后后方可进行出场运输。
- 8.11.3.4 小型构件宜按类型分区存放。在搬运过程中应采取垫木或软包装等措施，加强成品保护，保证构件的外观完整性。各种构件码放层数应满足以下要求：
- a) 栏片每摞不宜超过15层，层间采用泡沫块或木块隔离；
 - b) 遮板码放不宜超过4层，层间采用方木支垫隔离；
 - c) 立柱每摞不宜超过10层，层间采用泡沫块或木块隔离；
 - d) 盖板每摞不宜超过10层，层间采用泡沫块或木块隔离；
 - e) 电缆槽、流水槽每摞不宜超过4层，采取正反相扣方式，层间采用泡沫块或木块隔离。
- 8.11.3.5 装配式桥墩应直立预制。移运和堆放时，混凝土的强度不应低于设计要求。当预制墩身过高时，宜使用翻转架将墩身放平，运至安装墩位。
- 8.11.3.6 简支梁节段吊离台座、移运、堆放时，混凝土的强度不应低于设计要求。节段叠放的层数不应超过两层。
- 8.11.4 安装与连接
- 8.11.4.1 混凝土预制构件安装过程中应根据水准点和轴线校正位置，安装就位后应及时采取临时固定措施。预制构件与吊具的分离应在校准定位及临时固定措施安装完成后进行。临时固定措施的拆除应在混凝土结构能达到后续施工承载要求后进行。
- 8.11.4.2 混凝土预制构件间的钢筋连接可采用焊接、机械连接、搭接及套筒灌浆连接等方式。钢筋锚固剂应满足设计要求。钢筋连接施工应符合国家现行有关标准的规定。
- 8.11.4.3 当设计对构件连接处有防水要求时，材料性能及施工应符合设计要求及国家现行有关标准的规定。
- 8.11.4.4 混凝土小型预制构件
- a) 路基防护栅栏应在基础混凝土强度达到设计强度的70%以后进行安装，安装应牢固。桥涵栏杆（挡板）内侧间距应满足设计要求。栏杆的连接、安装应牢固顺直，高度保持一致。栏杆杆件、挡板构件不应有弯曲或断裂现象；
 - b) 预制电缆槽应拼装平顺，接缝咬合良好，接口处理及节间勾缝应符合设计要求；
 - c) 预制混凝土构件骨架护坡施工时，预制混凝土构件砂浆应饱满，砌筑后外表整齐，勾缝顺直。骨架护坡镶边、截水缘与骨架连接应符合设计要求。
- 8.11.4.5 装配式结构工程，施工前准备工作应符合下列规定：

- a) 装配式结构工程应编制专项施工方案。必要时，专业施工单位应根据设计文件进行深化设计，深化设计后的设计文件需原设计单位审核确认；
 - b) 装配式混凝土结构施工前，应根据设计要求和施工方案进行必要的施工验算；
 - c) 装配式结构正式施工前，宜选择有代表性的单元或部分进行试制作、试安装；
 - d) 装配式结构安装现场应根据工期要求以及工程量、机械设备等现场条件，组织立体交叉、均衡有效的安装施工流水作业；
 - e) 施工中所采用的临时工艺以及装配设置的预埋件、预留孔应经检验合格后，方可装配施工。
- 8.11.4.6 装配式桥墩安装时，应符合下列规定：
- a) 墩柱、墩帽安装前，应对墩柱与承台接触面及承台表面、墩帽与墩柱接触面进行凿毛。凿毛深度 2-4cm，凿毛后应露出新鲜混凝土面积不低于总面积的 75%；
 - b) 制浆前宜进行试安装。
 - c) 同一承台上墩身安装完成后，应使用墩顶卡具对两个墩身相对位置进行控制；
 - d) 顶帽施工完成后，宜采用薄膜包裹养护。
- 8.11.4.7 装配式桥面系安装时，应符合下列规定：
- a) 对灌浆区域进行机械凿毛；
 - b) 灌浆前应计算灌浆量。灌浆实用数量与计算值误差不宜过大；
 - c) 坐浆单元宜以一个预制块为一个单元。
- 8.11.4.8 简支梁节段拼装时，应符合下列规定：
- a) 当简支梁节段采用湿接和胶接拼装时，拼接面管道口应采取阻浆和阻胶措施，可在管道口周围设置得内凹圆台安装橡胶圈；
 - b) 拼接面不宜修补。
- 8.11.5 质量验收
- 8.11.5.1 原材料、钢筋、混凝土、模板、振捣、养护、预应力等质量验收应符合设计要求和本规范章节标准的规定。
- 8.11.5.2 铁路路基、桥涵、隧道、车站等混凝土预制构件品种、规格、强度等质量指标应符合设计要求和相关铁路验标标准的规定，盾构隧道和车站还应满足建筑工程验标标准的规定。
- 8.11.5.3 结构外形尺寸偏差和检验方法应符合设计要求和本规范有关章节要求，除相关专业技术条件、验收标准有特殊规定外。
- 8.11.5.4 预制构件上的预埋件、预留插筋、预埋管线等的材料质量、规格和数量以及预留孔、预留洞的数量应符合设计要求和国家现行有关标准的规定。
- 检验数量：施工单位全部检查。
- 检验方法：观察。
- 8.11.5.5 混凝土预制构件表面应平整、颜色均匀，不应有露筋、蜂窝缺陷。
- 检验数量：施工单位全部检查。
- 检验方法：观察。
- 8.11.5.6 混凝土结构表面的非受力裂缝宽度不应大于 0.2mm，预应力混凝土结构预应力区域混凝土表面不应出现裂缝。
- 检验数量：施工单位、监理单位全部检查。
- 检验方法：观察、测量。
- 8.11.5.7 预制构件应有标识。混凝土预制构件出场时，在包装的明显部位标明出场日期和质量验收标志。
- 检验数量：全部检验。
- 检验方法：观察。

8.11.5.8 混凝土小型预制构件

a) 常用预制混凝土小型构件的外观质量除相关专业技术条件、验收标准有特殊规定外，应符合表 40 的规定；

检验数量：生产数量的1%，至少10件。

检验方法：尺量、观察。

b) 常用预制混凝土小型构件的结构尺寸偏差和检验数量除相关专业技术条件、验收标准有特殊规定外，应符合表 41 的规定。

检验数量：生产数量的1%，至少10件。

检验方法：尺量。

表40 常用混凝土小型预制构件外观质量检验允许偏差

检验项目	允许偏差
缺棱掉角	最大投影尺寸 ≤30 mm
蜂窝 (mm)	长度不大于 80，深度不大于 8
弯曲	3mm/m
露筋	不允许
颜色	均匀

表41 常用混凝土小型预制构件结构尺寸允许偏差和检验数量

检验项目	允许偏差 (mm)	
预制沟 (槽) 身	长度、宽度、高度	±5
	槽壁及底板厚度	±5
	对角线之差	10
	表面平整度	2mm/50cm
预制沟 (槽) 盖板及步行板、踏步板	长度、宽度	-5, 0
	厚度	+5
	对角线之差	5
	表面平整度	2mm/50cm
预制挡砢块	长度、高度	±5
	厚度	0, +5
	表面平整度	2mm/50cm
预制遮板	平面尺寸	-5, +2
	厚度	+5
	厚度差	5
	预埋件中心位置	5
	表面平整度	2mm/100cm
预制混凝土栏杆 (防护栅栏)	截面尺寸	-5, +2
	高度	+5
	牛腿支撑及其上块状卡销位置及尺寸	3
	预埋件中心位置	5
	表面平整度	3mm/100cm

8.11.5.9 装配式结构中预埋件结构尺寸偏差及检验方法应符合表 42 的规定；设计有专门规定时，尚应符合设计要求。施工过程中临时使用的预埋件，其中心线位置允许偏差可取表 42 中规定数值的 2 倍。

检验数量：施工单位全部检查。

表42 预埋件结构尺寸允许偏差和检验数量

检验项目		允许偏差 (mm)	检测方法
预留孔	中心线位置	5	尺量
	孔尺寸	±5	
预留洞	中心线位置	10	尺量
	洞口尺寸、深度	±10	
预埋件	预埋板中心线位置	5	尺量
	预埋板与混凝土面平面高差	0, -5	
	预埋螺栓	2	
	预埋螺栓外露长度	+10, -5	
	预埋套筒、螺母中心线位置	2	
	预埋套筒、螺母与混凝土面平面高差	±5	
预留插筋	中心线位置	5	尺量
	外露长度	+10, -5	
键槽	中心线位置	5	尺量
	长度、宽度	±5	
	深度	±10	

8.11.5.10 装配式结构连接节点浇筑混凝土之前，应进行隐蔽工程验收。隐蔽工程验收应包括下列主要内容：

- a) 混凝土粗糙面的质量，键槽的尺寸、数量、位置；
- b) 钢筋的牌号、规格、数量、位置、间距，箍筋弯钩的弯折角及平直段长度；
- c) 钢筋的连接方式、接头位置、接头数量、接头面积百分率、搭接长度、锚固方式及锚固长度；
- d) 预埋件、预留管线的规格、数量、位置。

8.11.5.11 装配式结构工程安装与连接应符合下列规定：

- a) 预制构件临时固定措施的安装质量应符合施工方案的要求；

检查数量：全部检查。

检查方法：观察。

- b) 钢筋采用套筒灌浆连接或浆锚搭接连接时，灌浆应饱满、密实；

检查数量：全部检查。

检查方法：检查灌浆记录。

- c) 装配式结构采用现浇混凝土连接构件时，构件连接处后浇混凝土的强度应符合设计要求。

检查数量：本规范有关章节规定。

检查方法：检查混凝土强度试验报告。

8.11.5.12 装配式结构施工后，不应有影响结构性能和安装、使用功能的尺寸偏差。

检查数量：全部检查。

检查方法：观察，量测；检查处理记录。

8.11.5.13 装配式结构的接缝施工质量及防水性能应符合设计要求和国家现行相关标准的要求。

烧失量、氧化镁含量、三氧化硫含量、氧化钙含量、碱含量和氯离子含量按GB/T 176试验，熟料中的游离氧化钙含量、C₃A含量按GB/T 21372试验，比表面积按GB/T 8074试验，凝结时间和安定性按GB/T 1346试验，强度按GB/T 17671试验。

9 预应力分项工程

9.1 一般规定

9.1.1 预应力筋用锚具、夹具和连接器应根据预应力筋品种、锚固要求和张拉工艺等配套选用，其性能应符合设计要求和 TB/T 3193 等相关标准的规定。

9.1.2 测力传感器、仪表和量具应按周期校准或检定；采用自动张拉设备的应通过对比检验保证张拉可靠性；当使用过程中出现异常现象或设备检修后，应重新校准。

9.1.3 后张法制梁台座和先张法张拉台座应针对施工工艺进行设计。其强度、刚度、稳定性和构造应能满足预应力筋张拉及放张、混凝土浇筑及养护、模板安装及拆除等施工各阶段施工荷载和施工操作要求。

9.1.4 后张法预应力筋张拉前，应按设计要求或相关标准规定对孔道摩阻损失、锚垫板摩阻损失和锚口摩阻损失进行实际测定；先张法折线配筋张拉前，对折线筋摩阻损失进行实际测定。设计单位根据实际测试结果对张拉控制力进行调整或确认。

9.1.5 预应力筋应采用砂轮磨或切断机等机械方式切割，不应采用电弧焊或气焊切割。

9.1.6 后张法预应力筋张拉前，应清除孔道内的杂物及积水。预应力筋张拉完成后，应在 48h 内完成孔道压浆。孔道压浆工艺应符合设计要求，设计无要求时宜采用真空辅助压浆。同一孔道压浆应连续进行，一次完成。

9.1.7 后张法预制梁终张拉和先张法预制梁放张完成后应对梁体弹性上拱值进行实测。

9.1.8 预应力工程应依照设计要求的施工顺序施工，并应考虑各施工阶段偏差对结构安全度的影响。对大跨度预应力工程应进行施工监测，并采取相应调整措施。

9.2 原材料

9.2.1 主控项目

9.2.1.1 预应力筋进场时，应对其质量指标进行全面检查并按批抽取试件做破断负荷、屈服负荷、弹性模量、极限伸长率检验，其质量应符合设计要求和 GB/T 5223、GB/T 5224、GB/T 20065 等现行国家标准的规定。

检验数量：同牌号、同炉批号、同规格、同生产工艺、同交货状态的预应力筋每30t为一批，不足30t也按一批计。施工单位每批抽检一次。监理单位按施工单位抽检次数的30%进行见证检验，但至少一次。

检验方法：施工单位检查出厂质量证明文件，并取样进行检验。监理单位检查质量证明文件、检验报告并见证检验。

9.2.1.2 无粘结预应力钢绞线进场时，应进行防腐润滑脂量和护套厚度的检验，检验结果应符合设计及相关规范标准的规定。经观察认为涂包质量有保证时，无粘结预应力筋可不作油脂量和护套厚度的抽样检验。

检查数量：按现行行业标准 JG 161 的规定确定。

检验方法：观察，检查质量证明文件和抽样检验报告。

9.2.1.3 预应力筋用锚具、夹具和连接器进场时，必须对其质量指标进行全面检查并按批进行外观、硬度、静载锚固系数等性能检验，其品种、规格、质量应符合设计要求和其性能应符合设计要求和 TB/T 3193 的规定。

检验数量：同一种类、同种材料和同一生产工艺且连续进场的预应力筋用锚具、夹具和连接器，每5000套为一批，不足5000套也按一批计。施工单位每批抽检一次。监理单位按施工单位抽检次数的30%进行见证检验，但至少一次。

外观和外形尺寸检查，施工单位每批抽检10%且不少于10套。监理单位抽检数量为施工单位抽检数量的10%，且不少于3套。

硬度检验，施工单位每批抽验5%，且不少于5套；监理单位每批抽验数量为施工单位抽验数量的10%，且不少于2套。

静载锚固系数性能检验，施工单位每批抽检一次（3套）；监理单位平行检验抽检次数为施工单位抽检次数10%，但至少一次（3套）。

检验方法：施工单位观察、检查产品合格证并进行性能检验。监理单位观察、检查产品合格证、检验报告并进行见证检验。

9.2.1.4 梁体孔道压浆用水泥应采用性能稳定、强度等级不低于 42.5 的低碱硅酸盐或低碱普通硅酸盐水泥，其性能应符合 GB 175 的规定和设计要求，质量检验应符合本标准 8.2.1 的有关规定。

9.2.1.5 梁体孔道压浆用减水剂的性能和检验要求应符合本标准 8.2.5 的有关规定。

9.2.1.6 梁体孔道压浆用水的性能和检验应符合本标准 8.2.6 的规定。

9.2.1.7 采用压浆剂或压浆料时，材料性能指标应符合相关标准的规定。

检验数量：按进场批次和产品抽样检验方案确定。

检验方法：检查质量证明文件和抽样检验报告。

9.2.2 一般项目

9.2.2.1 预应力筋进场时，应进行外观检查，其外观质量应符合下列规定：

- a) 有粘结预应力筋的表面不应有裂纹、小刺、机械损伤、氧化铁皮和油污等，展开后应平顺、不应有弯折；
- b) 无粘结预应力钢绞线护套应光滑、无裂缝，无明显褶皱；轻微破损处应外包防水塑料胶带修补，严重破损者不得使用。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察。

9.2.2.2 预留孔道所用的金属波纹管、橡胶棒（管）等和先张预应力筋隔离套管使用前应进行外观检查，其外观应清洁。内外表面应无锈蚀，油污、附着物、孔洞和不规则褶皱，咬口无开裂、脱扣，并满足以下要求：

- a) 管道应具有足够的强度和刚度，以使其在搬运、安装和新浇混凝土的重力、浮力荷载以及振捣器激振力作用下能保持原有的形状，且能按要求传递黏结应力；
- b) 管道的材质不应与混凝土、预应力筋或水泥浆有不良的化学反应；
- c) 管道和接头应有足够的密封性，防止浆体渗漏及抽真空时漏气；
- d) 管道成型用圆形管道的内径应至少比预应力筋或连接器的轮廓直径大 6mm，其内截面积应不小于预应力筋截面积的 2.5 倍；
- e) 钢管的壁厚不应小于其内径的 1/50，且不宜小 2mm。

9.2.2.3 检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

9.2.2.4 检验方法：观察。

9.3 制作和安装

9.3.1 主控项目

9.3.1.1 预应力筋的品种、规格、数量、安装位置必须符合设计要求。

检验数量：全数检查。

检验方法：观察和尺量。

9.3.1.2 后张梁预留孔道用的金属波纹管或橡胶棒（管）及先张梁预应力筋的隔离套管品种、规格和质量应符合设计要求。施工中应密封良好、接头严密、线型平顺、安装牢固，并满足以下要求：

- a) 管道的尺寸与位置应准确，管道应平顺，端部的预埋锚垫板应垂直于管道中心线，绑扎应牢固，并确保浇筑混凝土时管道不上浮、旁移；

- b) 管道安装前,应按设计规定的管道坐标进行放样,并应采用定位钢筋固定法将管道牢固地置于钢筋骨架内的设计位置。定位钢筋的结构形式、位置、数量应符合设计要求;设计无要求时,宜符合下列规定:
- 1) 定位钢筋在专用胎卡具上焊成井字形;
 - 2) 每侧钢筋和管道间隙 2mm;
 - 3) 定位钢筋的间距,对于钢管不宜大于 1m,对于金属波纹管、橡胶棒不宜大于 0.5m,对于曲线管道宜适当加密。
- c) 金属管道接头处的连接管宜采用大一个直径级别的同材质管道,其长度宜为被连接管道内径的 5 倍~7 倍,且不小 300mm,两端旋入长度应大致相等;橡胶棒接头可用同直径铁皮管连接,铁皮管长度不小于 300mm。连接时应不使接头处产生角度变化,在混凝土浇筑期间不应使管道发生转动或移位,并应缠裹紧密,防止漏浆;
- d) 管道与锚垫板之间应采用与管道接头同一材料同一规格的连接头连接,连接后用密封胶封口,并加强固定,连接段不应下垂;
- e) 所有管道均应设压浆孔,在管道最高点设排气孔,需要时还应在管道最低点设排水孔。压浆管、排气管和排水管应满足下列规定:
- 1) 材质应符合设计要求:设计未要求时,宜采用最小内径为 20mm 的金属管或增强塑料管,长度应足以从管道引出结构物以外;
 - 2) 压浆管、排气管和排水管与管道之间的连接采用金属或塑料密封连接器;
 - 3) 所有管道的压浆孔、抽气孔应设在锚座上,锚垫板安装时排气孔应置于上方;
 - 4) 当采用真空辅助压浆工艺时,其密封性能应满足真空度要求;
 - 5) 当曲线管道的波峰和波谷的高差大于 300mm 时,应在管道波峰设置排气孔。
- f) 管道在模板内安装完毕后,应将其端部封堵,防止水或其他杂物进入;
- g) 凡施工时需要预先起拱的构件,预应力筋或成孔管道应随构件同时起拱。

检验数量:施工单位、监理单位全部检查。

检验方法:观察和丈量。

9.3.2 一般项目

9.3.2.1 预应力筋应平顺,不应有弯折;表面不应有裂纹、小刺、机械损伤、氧化铁皮、油污、麻坑等。

预应力筋下料长度应经计算确定。计算时应考虑结构的管道长度或台座长度、锚夹具厚度、千斤顶长度、镦头预留量、冷拉伸长值、弹性回缩值、张拉伸长值和外露长度等因素。首次使用应经检验,符合要求后方可成批下料。预应力筋下料切断后,端头应齐整,其同束内长度相对差值不应大于计算下料长度的1/5000,且其极差不得大于5mm。预应力筋应采用砂轮锯切断,不得采用电弧或气焊切断,也不得使预应力筋经受高温、焊接火花或接地电流的影响。钢绞线下料后不得散头。

预应力钢绞线编束时,梁体同一张拉截面上的钢绞线束应由同一厂家、同一品种、同一规格、同一批号的钢绞线组成。编束时应先梳理顺直,每隔1m~1.5m捆扎成束。制束及移运时防止变形、碰伤和污染。

检验数量:施工单位全部检查。

检验方法:观察。

9.3.2.2 预应力筋用锚具、夹具和连接器的品种、规格、数量必须符合设计要求。

检验数量:施工单位、监理单位全部检查。

检验方法:观察和丈量。

9.3.2.3 锚具定位及连接器安装应符合下列规定:

- a) 锚具和连接器应按设计规定的位置、方向和形状安装、固定,并配置锚固区加强钢筋。

- b) 锚具的承压面应与预应力筋垂直。
- c) 预应力筋需接长时，应保证连接器在张拉方向上有足够的移动空间。应全面检查连接器的所有零件，并按产品技术手册要求操作。
- d) 内埋式锚固端锚垫板不应重叠，锚具与锚垫板应贴紧。
- e) 锚具安装时与锚垫板应对中，夹片应击紧且缝隙均匀。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：观察和尺量。

9.3.2.4 预留孔道位置允许偏差和检验方法应符合相关专业验收标准的规定，无规定时，应符合表43的规定。

表43 预留孔道位置允许偏差和检验方法

序号	检验项目	允许偏差 (mm)	检验方法
1	纵向孔道	4	尺量两端、跨中、1/4跨、3/4跨各一处
2	横向孔道		尺量
3	竖向孔道		尺量

检验数量：施工单位检查孔道总数的3%，且不少于5根。

9.3.2.5 先张法预应力筋位置的允许偏差应符合相关专业验收标准的规定，无规定时，跨中 5m 范围内应不大于 1mm，其余部位应不大于 3 mm。

检验数量：施工单位检查预应力筋总数的3%，且不少于5根。

检验方法：尺量检查两端、跨中、1/4跨、3/4跨各一处。

9.4 张拉或放张

9.4.1 主控项目

9.4.1.1 预应力张拉设备及油压表的选用应符合下列规定：

- a) 对同一束预应力筋，应采用相应吨位的千斤顶整束张拉；对扁平管道中不多于 4 根的钢绞线，也可采用小型千斤顶逐根张拉；
- b) 先张法预应力混凝土构件宜采用单束初调、整拉整放和补张拉工艺；单束初调工序宜采用穿心式千斤顶，整体张拉和整体放张宜采用自锁式千斤顶；
- c) 千斤顶额定张拉力宜为预应力筋张拉力的 1.2 倍~1.5 倍，最大行程应按预应力筋的伸长量和初始张拉时预留行程量计算及张拉次数来确定。张拉机油泵额定油压宜为使用油压的 1.4 倍，油泵容量宜为张拉千斤顶总输出油量的 1.5 倍以上。张拉用的千斤顶校正系数不得大于 1.05 倍，并采用标准表进行校正；
- d) 与千斤顶配套使用的压力表优先采用应力传感器，如采用油表，宜选用防振型，其精度等级不应低于 1.0 级，最小分度值不应大于 0.5Mpa，表盘直径不小于 15cm，表盘量程应在工作最大油压的 1.25 倍~2.0 倍之间。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：观察。

9.4.1.2 后张法预应力筋预张拉或初张拉时，混凝土强度应符合设计要求。设计无要求时，初张拉混凝土强度应达到设计强度的 80%。后张法预应力筋终张拉或先张法预应力筋放张时，混凝土强度等级、龄期和弹性模量应符合设计要求。

检验数量：施工单位每次张拉或放张时全部检查。后张法预应力筋预张拉或初张拉时，检查一组同条件养护混凝土试件强度；后张法预应力筋终张拉或先张法预应力筋放张时，各检查一组同条件养护混凝土试件强度和弹性模量。监理单位全部检查。

检验方法：施工单位进行同条件养护混凝土试件强度和弹性模量检验；监理单位检查混凝土同条件养护试件检验报告或见证检验。

9.4.1.3 预应力筋的预施应力、张拉或放张顺序和张拉工艺，应符合设计和施工技术的要求。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：观察。

9.4.1.4 预应力筋的实际伸长值与计算伸长值的差值不应超过±6%。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：观察和丈量。

9.4.1.5 后张法预应力构件的预应力筋断丝或滑脱数量不应超过预应力筋总数的5%，并不应位于结构的同一侧，且每束内断丝不应超过1根。先张法预应力构件，在浇筑混凝土前发生断丝或滑脱的预应力筋应予以更换。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：观察。

9.4.1.6 预施应力时，锚垫板、锚具和千斤顶应位于同一轴线上。采用两端张拉时，预施应力过程中应保持两端同步，并且两端的伸长量基本一致。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：观察。

9.4.2 一般项目

9.4.2.1 张拉端预应力筋内缩量应符合设计要求。设计无要求时，张拉端预应力筋内缩量限值和检验方法应符合表44的规定。

表44 张拉端预应力筋内缩量限值和检验方法

序号	锚具类别		内缩量限值 (mm)	检验方法
1	支承式锚具	螺帽缝隙	1	丈量
2	夹片式锚具		6	

检验数量：施工单位检查预应力筋总数的3%，且不少于5根（束）。

9.5 压浆和封锚

9.5.1 主控项目

9.5.1.1 孔道压浆浆体的强度、流动度、凝结时间、泌水率、膨胀率、含气量等性能应符合设计要求和相关标准的规定。

检验数量：同配合比、同施工工艺每作业班至少检验一次。

检验方法：施工单位按规定方法检验；监理单位检查检验报告。

9.5.1.2 压浆时，浆体温度应在5℃~30℃之间，混凝土结构物温度在压浆时及压浆完毕后3d内不应低于5℃。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：测量温度。

9.5.1.3 梁体封锚（端）应符合下列规定：

- a) 封锚（端）施工前，应对锚穴（端）进行全表面凿毛处理，露出的新鲜混凝土面积应不低于总面积的 75%。对锚具和预应力筋进行清洁处理。预应力筋保护层厚度应符合设计要求；
- b) 封锚（端）所用混凝土品种和强度等级应符合设计要求；
- c) 封锚（端）钢筋网尺寸、规格和保护层厚度等应符合设计要求，钢筋网应与梁体连接牢固；
- d) 封锚（端）混凝土应进行保湿保温养护，养护时间应符合本标准 8.9 中的规定。
- e) 封锚（端）混凝土养护结束后，应按设计要求进行防水处理。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：施工单位观察、尺量和进行混凝土试件抗压强度检验；监理单位观察、尺量和检查检验报告。

10 砌体工程

10.1 一般规定

10.1.1 基础砌体施工前，应按有关规定处理和检查基坑。

10.1.2 砌体变形缝、泄水孔和防水层的设置应符合设计规定。

10.1.3 基础砌体的砌筑，当基底为岩层或混凝土时，应先将基底表面清洗、湿润，再坐浆砌筑；当基底为土质时，可直接坐浆砌筑。

10.1.4 砌体工程的石料应质地坚硬，不易风化，无裂纹。石料表面的污渍应清除。当使用有层理的石料时，层理应与受力方向垂直。

10.1.5 砌体所用石材强度等级应以边长为 70mm 的立方体试件在浸水饱和状态下的抗压极限强度表示。当采用边长为 100mm 或 50mm 的立方体试件时，其抗压极限强度应分别乘以 1.14 或 0.86 的换算系数。

10.1.6 砌体砌筑时，混凝土多孔砖、混凝土实心砖、蒸压灰砂砖、蒸压粉煤灰砖等块体的产品龄期不应小于 28d。有冻胀环境和条件的地区，地面以下或防潮层以下的砌体，不应采用多孔砖。

10.1.7 砂浆的性能应符合设计要求。砂浆试件的抗压强度应符合下列要求：

- a) 同批试件的强度平均值不小于设计强度等级值；
- b) 每组试件的强度代表值不小于设计强度等级值的 85%。

10.1.8 砂浆应机械拌制，具有良好的和易性。砂浆应随拌随用，当运输或贮存过程中发生离析、泌水现象时，砌筑前应重新拌和。已凝结的砂浆不应使用。

10.1.9 砂浆砌体的砌筑必须采用挤浆法分层、分段砌筑，严禁采用灌浆法施工，分段位置宜设置在沉降缝或伸缩缝处。各层应先砌筑外围定位砌块，再砌镶面和填腹砌块，并使内外层砌块交错搭接连成整体。砌缝应相互错开，砌块间不应无砂浆直接接触，砌缝内灌浆应饱满密实。

10.1.10 砌体表面的勾缝应符合设计要求。砂浆砌体勾缝深度设计无要求时不应小于 2cm，砌体砌筑时应留出空缝，随砌随勾。勾缝所用砂浆强度不应小于砌体砂浆强度。勾缝应采用凹缝或平缝，不应勾凸缝。砂浆砌体未要求勾缝时，应随砌随用原砌体砂浆将缝填实压平。

10.1.11 当工地昼夜平均气温连续 3d 低于 5℃或最低气温低于 0℃时，砂浆砌体工程应采取冬期施工措施。冬期施工砌体砂浆强度达到设计强度的 70%前，不应受冻。

10.2 原材料

10.2.1 砌体工程所用砂浆的强度等级应符合设计要求。砂浆强度等级应按边长为 70.7mm 的立方体试件，在标准条件下养护 28d 的抗压极限强度表示。砂浆强度等级分为 M20、M15、M10。

10.2.2 砂浆的配合比应通过检验确定。砂浆配合比设计、试件制作、养护及抗压强度取值应符合本规程附录 G 的规定。

10.2.3 砂浆应具有适当的流动性和良好的和易性。砂浆的稠度应以砂浆稠度仪测定的下沉度表示，宜为10mm~20mm。

10.2.4 砂浆应机械拌和，并应随拌随用。当在运输或储存过程中发生离析、泌水现象时，砌筑前应重新拌和。

10.2.5 砂浆用水泥的质量要求应符合本标准第8.2.1条中水泥的规定。检验数量和检验方法：同本标准第8.2.1条水泥检验项目和检验数量的规定。

10.2.6 砂浆用砂技术要求应符合本标准第8.2.3条中混凝土用细集料的规定。检验数量和检验方法：同本标准第8.2.3条细骨料检验项目和检验数量的规定。

10.2.7 拌制砂浆用水技术要求应符合本标准第8.2.6条的规定。检验数量和检验方法：同本标准第8.2.6条拌和用水检验项目和检验数量的规定。

10.2.8 砂浆用外加剂的技术要求应符合国家现行标准GB 8076的规定。

检验数量：同厂家、同品种、同编号且连续进场的外加剂，每50t为一批，不足50t也为一批。施工单位每批检验一次；监理单位按施工单位抽检次数的30%进行见证检验，但至少一次。

检验方法：施工单位检查产品合格证、出厂检验报告并进行试验检验；监理单位检查检验报告并进行见证检验。

检验数量和检验方法同本标准第8.11条混凝土预制构件的规定。

10.2.9 混凝土预制块的原材料技术要求应符合本标准第8.11条混凝土预制构件的有关规定。

10.2.10 砌体工程所用石材和混凝土预制块的强度等级应符合设计要求。石材的其他技术指标应符合下列规定：

- a) 采用硫酸钠浸泡法时，其浸泡检验指标应符合于湿循环不小于5次的要求；采用直接冻融法时，其抗冻性指标应符合冻融循环25次的要求；
- b) 浸水和潮湿地区主体工程的石材软化系数不应小于0.8。

检验数量：同产地的石材至少抽取一组试件进行抗压强度检验。最冷月平均气温低于-5℃和浸水潮湿地区，应各增加一组抗冻性指标和软化系数检验的试件。同一生产批次混凝土预制块，其混凝土抗压强度检验数量规定为：施工单位全部检验；监理单位按施工单位抽检次数的30%进行见证检验，但至少一次。

检验方法：施工单位进行混凝土预制块抗压强度检验，按照TB 10115进行石材强度、抗冻性、软化系数检验；监理单位检查检验报告并进行见证检验。

10.3 石料和混凝土预制块

10.3.1 石料应按照加工程度分为下列几种，并应满足以下各项要求：

- a) 片石：形状不受限制，但其中部厚度不得小于15cm。用作镶面的片石宜表面平整、尺寸较大，边缘厚度不得小于15cm；
- b) 块石：形状大致方正，无锋棱凸角，顶面及底面大致平整，厚度不得小于20cm，长度及宽度不得小于其厚度。用作镶面的块石外露面应稍加修凿，凹入深度不得大于2cm；由外露面向内修凿的进深不得小于7cm；但尾部的宽度和厚度不得大于修凿部分。镶面丁石的长度不得小于顺石宽度的1.5倍，如图1所示；
- c) 料石：厚度不得小于20cm，且不小于长度的1/3；宽度不得小于厚度；长度不得小于宽度的1.5倍。丁石长度应比相邻顺石宽度大15cm。由外露面向内修凿的进深不得小于10cm，且修凿面应与外露面垂直，每10cm应凿切4条~5条纹。当料石镶面的外露面有细凿边缘时，中部可不修凿，但突出部分不得大于2cm，周围细凿边缘的宽度应为3cm~5cm。当外露面为无细凿边缘的镶面石时，石料正面应为粗凿面，凹入深度不得大于1.5cm，如图2所示；
- d) 漂石：中部厚度不得小于15cm，其中圆蛋形及薄片状者不得使用；

e) 砌体工程所用石料的类别、规格和质量要求应符合本规程附录 F 的规定。

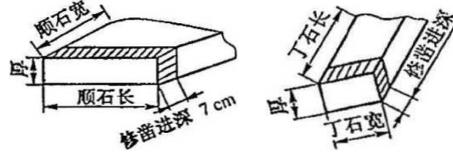


图1 镶面块石中的丁石及顺石

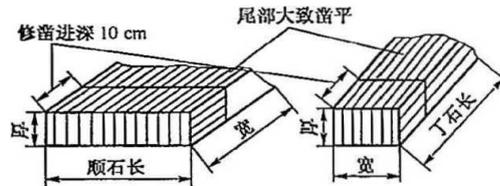


图2 石料

10.3.2 石料的强度等级应符合设计要求。当设计无要求时，应符合下列规定：

- 片石、块石不应小于 MU50，用于护砌、排水沟等相关工程的片石不应小于 MU30；
- 料石（包括拱石）不应小于 MU60。

10.3.3 当相关工程采用漂石代替片石时，其石质及规格应符合片石规定。

10.3.4 混凝土预制块的强度等级应符合设计要求。

10.4 浆砌施工

10.4.1 砂浆石砌体的砌筑应符合下列规定：

- 砌筑施工宜采用立样架挂线法控制尺寸、位置和平整度；
- 砌体应采用挤浆法分层、分段砌筑。分段位置宜设在变形缝或伸缩缝处，两相邻段的砌筑高差不得大于 120cm，分层水平砌缝应大致水平。各砌块的砌缝应互相错开，砌缝应饱满；
- 各砌层应先砌外圈定位砌块，并与里层砌块交错连成一体。定位砌块宜选用表面较平整且尺寸较大的石料，定位砌缝应满铺砂浆，不得镶嵌小石块；
- 定位砌块砌完后，应先在圈内底部铺一层砂浆，其厚度应使石料在挤压安砌时能紧密连接，且砌缝砂浆密实、饱满。砌筑腹石时，石料间的砌缝应互相交错、咬搭，砂浆密实。石料不得无砂浆直接接触，也不得干填石料后铺灌砂浆；石料应大小搭配，较大的石料应以大面为底。挤浆时可用小锤敲打石料，将砌缝挤紧，不得留有孔隙。

10.4.2 砂浆片石的砌缝应符合下列规定：

- 定位砌块表面砌缝的宽度不得大于 4cm，砌体表面三块相邻石料相切的内切圆直径不得大于 7cm，两层间的错缝不得小于 8cm，每砌筑 120cm 高度以内应找平一次，如图 3 所示；
- 填腹砌筑的砌缝宜小，在较宽的砌缝中可用小石块填塞。

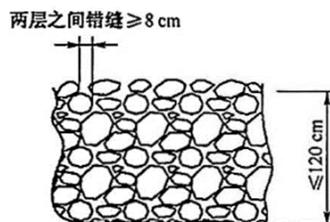


图3 镶面片石

10.4.3 块石砌筑可不按同一厚度分层，但每砌筑 70cm~120cm 高度后应找平一次。两层之间的错缝，不得小于 8cm。如图 4 所示。

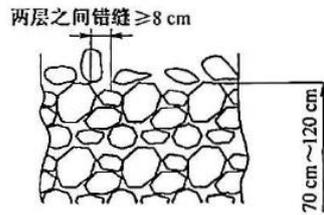


图4 砌筑块石

10.4.4 用块石填腹时，水平砌缝宽度不得大于 3cm，竖向砌缝不得大于 4cm。填腹石的砌缝应彼此错开。镶面块石宜用一顺一丁或两顺一丁方式砌筑，砌缝宽度不得大于 3cm。

10.4.5 镶面料石的砌筑应符合下列规定：

- a) 镶面石应水平分层砌筑，每层中相邻石块间的砌缝应竖直；
- b) 镶面石层每层高度宜固定不变，也可向上逐层递减；
- c) 每一层镶面石宜采用一顺一丁的方式砌筑；
- d) 相邻层垂直砌缝相错不得小于 10cm。在丁石的上层或下层，均不得有垂直砌缝。当错缝确有困难时，丁石顶面或底面一侧的错缝可稍小，但不得小于 4cm；
- e) 镶面石砌缝的宽度应为 1.5cm~2.0cm。

10.4.6 料石砌体应符合下列规定：

- a) 在砌筑镶面石处，先铺一层比砌缝稍厚的砂浆，顺序安砌料石，随即填塞垂直砌缝并捣实；
- b) 每层镶面石均应从砌体的转角部分开始安砌，并应首先安砌角石；
- c) 每层镶面石砌成后再填砌腹石，腹石应与镶面石大致同高。当用混凝土填腹时，可先砌筑数层镶面石后，再浇筑混凝土。镶面石层数应视填腹混凝土的侧压力而定，以不超过 3 层为宜。

10.4.7 对于重力式挡土墙等仰斜建筑物宜随砌筑随夯填土方。当有反滤层时，反滤层应与回填土同步施工。

10.4.8 混凝土预制块的砌筑除应符合设计要求外，尚应符合浆砌料石砌筑的规定。

10.4.9 当石料缺乏而又有漂石可利用时，小桥涵的河床铺砌及路基挡护工程的基础和护坡等浆砌工程，可采用漂石代替片石。漂石可不劈开使用，使用前应用水冲净。当用漂石铺砌护坡工程时，宜采用砂浆栽砌法；其他工程可采用砂浆平砌法。漂石宜用挤浆法分行咬口砌筑，不得采用各层单个漂石一砌到顶的砌筑方法。砌筑时应将漂石的大面朝下、漂石间应靠近，但不得直接接触。

10.4.10 砌体表面的勾缝应符合设计要求，并应在砌体砌筑时留出 2cm 深的空缝。勾缝可采用凹缝或平缝。勾缝所用的砂浆强度，不得小于砌体所用的砂浆强度。当设计不要求勾缝时，应随砌随用灰刀刮平砌缝。

10.4.11 砌体砌筑完毕应及时覆盖，保湿保温。常温下应经常洒水保持湿润，养护期不得少于 7d。冬期施工砂浆砌体养护期应以保证砂浆抗压强度达到不低于设计强度值 70%所需时间为准。位于水中的砂浆砌体砂浆终凝前不得浸水。

10.4.12 砌体的砂浆未达到设计强度前，不得承受全部设计荷载。

10.4.13 混凝土预制块的预制施工应符合本规程第 8 章混凝土工程的有关规定。

10.5 质量验收

10.5.1 主控项目

10.5.1.1 砌体工程所用石料及混凝土预制块的类别、规格和质量应符合设计要求。设计对石料无要求时，应符合本标准附录 F 的规定。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：观察和丈量。

10.5.1.2 砌体工程所用砂浆的配合比应根据设计要求和所用原材料性能进行计算，并通过试配试验调整后确定。砂浆试件制作、养护及抗压强度取值应符合本标准附录 G 的规定。

检验数量：施工单位对同类型、同强度等级的砂浆至少进行一次砂浆配合比设计；监理单位全部检查。

检验方法：施工单位进行配合比选定试验；监理单位检查配合比选定报告。

10.5.1.3 砌体工程所用砂浆的类别和强度等级应符合设计要求。用于检查砂浆强度的试件应在搅拌机出料口随机抽样制作。

检验数量：同类型、同强度等级每100m³砌体为一批，不足100m³也按一批计。施工单位、监理单位每批检验一次。

检验方法：施工单位现场进行砂浆试件制作，监理单位检查试件留置情况。龄期满足要求后施工单位、监理单位及时进行检验。

10.5.1.4 砌体砌筑完毕应及时覆盖，保湿保温养护，养护期不应小于 7d。冬期施工砂浆砌体养护至砂浆抗压强度达到设计强度值的 70%。位于水中的砂浆砌体砂浆终凝前不应浸水。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：观察和检验。

10.5.2 一般项目

10.5.2.1 混凝土预制块允许偏差和检验方法应符合本标准第 8.11 条混凝土小型预制构件的规定。

10.5.2.2 砌体尺寸和位置的允许偏差和检验应符合表 45 的规定。

表45 砌体尺寸和位置的允许偏差和检验

序号	检验项目		允许偏差 (mm)		检验方法和数量
			基础	墙	
1	底、顶面 高程	片石、块石	+25	+15	测量不少于5处
		料石、混凝土预制块	+25	+15	
2	砌体 厚度	片石、块石	+30 0	+20 0	尺量不少于5处
		料石、混凝土预制块	+15 0	+10 0	
3	轴线 位置	片石、块石	20	15	测量不少于5处
		料石、混凝土预制块	15	10	

10.5.2.3 砂浆砌体砌缝宽度、位置、砌筑方式和方法应符合表 46 的规定。

表46 砌体砌缝宽度、位置和砌筑方式

序号	检验项目	浆砌片石 (mm)	浆砌块石 (mm)	浆砌料石、混凝土 预制块 (mm)
1	表面砌缝宽度	≤40	≤30	≤20
2	每找平一次的砌筑高度	≤1200	≤1200	
3	两层间竖向错缝	≥80	≥80	≥100, 困难时丁石 上下只能一面有竖缝

4	三块料石相接处的空隙	≤70		
5	砌筑方式		一丁一顺或 一丁两顺	一丁一顺
6	砌筑方法	挤浆法， 底层座浆	挤浆法， 底层座浆	挤浆法， 底层座浆

检验数量：施工单位全部检查。

检验方法：观察和尺量。

10.5.2.4 砂浆砌体表面砌缝应砂浆饱满、砌缝整洁，无空鼓、裂纹和脱落，砌缝宽度和错缝距离应符合规定。沉降缝应整齐竖直，上下贯通。泄水孔坡度向外，无堵塞现象。

检验数量：施工单位全部检查。

检验方法：观察和尺量。

10.5.2.5 砌体填充墙、砌体基础混凝土和构造柱及圈梁质量验收应符合相关国家规范及施工图集要求。

11 特殊混凝土

11.1 一般规定

11.1.1 特殊混凝土所用原材料和施工要求除应符合本章规定外，尚应符合本标准第 8 章的有关规定。

11.1.2 特殊混凝土的施工应根据设计文件、施工条件及水文、地质、气象等不同情况，制定相应的施工技术措施，必要时在施工前进行工艺试验或模拟试验以保证工程质量。

11.1.3 特殊混凝土原材料的选择，应贯彻因地制宜、就近取材的原则。

11.2 自充填混凝土

11.2.1 一般规定

11.2.1.1 本节适用于隧道衬砌用自充填混凝土，其所用原材料和主要性能指标应符合设计和相关技术标准的规定。

11.2.1.2 自充填混凝土配制应符合下列规定：

- a) 应根据工程的结构特点、施工条件以及环境条件等进行自充填混凝土配合比设计。配合比应在综合其工作性能、力学性能、收缩性能、耐久性能等要求的基础上进行选定；
- b) 选定配合比时，应根据实际工况和环境条件要求，通过试验确定合理的拌和物性能控制指标；
- c) 当原材料、施工环境温度等发生较大变化时，应及时重新设计和调整配合比；
- d) 配合比可采用体积法或质量法进行设计计算，其配合比参数应符合下列要求：
 - 1) 胶凝材料用量不宜大于 500 kg/m^3 ；
 - 2) 用水量不宜大于 180 kg/m^3 ；
 - 3) 单位体积浆体总量不宜大于 0.40 m^3 。
- e) 混凝土中宜适量掺加粉煤灰、矿渣粉等矿物掺和料。不同矿物掺和料的掺量应通过试验确定；
- f) 混凝土中宜掺加减水剂、引气剂、膨胀剂、粘度改性材料等外加剂。所掺外加剂对硬化混凝土的性能应无负作用，具体掺量应通过试验确定。

11.2.1.3 自充填混凝土搅拌应符合下列规定：

- a) 搅拌前，应严格测定粗、细骨料的含水率，准确测定因存储、天气变化等因素造成的粗细骨料含水量变化，并根据含水率变化及时调整施工配合比；
- b) 搅拌时，宜先向搅拌机中投入粗骨料、细骨料、水泥、矿物掺和料等，搅拌均匀后，再加入拌和水和外加剂；

- c) 混凝土搅拌时间应根据配合比和搅拌设备情况通过试验确定，但最短时间不宜少于 90s，纤维混凝土及冬期混凝土均应延长 30s。

11.2.1.4 自充填混凝土运输应符合下列规定：

- a) 自充填混凝土应选用混凝土专用运输车进行运输；
- b) 自充填混凝土运输过程中，应确保混凝土拌和物匀质性，运到灌注地点时不发生分层、离析和泌浆等现象。运输车到达灌注现场时，应使运输车高速旋转 20s~30s 方可卸料；
- c) 自充填混凝土运输过程中，应对运输车采取保温隔热措施，防止局部混凝土升温过高（夏期）或受冻（冬期）。应采取适当措施防止水分进入运输车或从运输车中蒸发；
- d) 自充填混凝土的运输过程应快捷、方便，尽量减少混凝土的转载次数和运输时间。

11.2.1.5 自充填混凝土灌注应符合下列规定：

- a) 入模前，应检测自充填混凝土拌和物的温度、坍落扩展度、含气量和泌水率等拌和物性能。只有当拌和物性能满足要求时方可灌注。自充填混凝土的入模温度宜控制在 5℃~30℃；
- b) 混凝土浇筑过程中每 50 m³ 混凝土应对混凝土拌和物的温度、坍落扩展度、含气量进行测定。

11.2.1.6 自充填混凝土拆模与养护应符合下列规定：

- a) 灌注完成后，自充填混凝土带模养护时间不得少于 2d；
- b) 混凝土脱模后应及时进行保温、保湿养护，养护制度应根据衬砌混凝土芯部温度变化规律、环境气温、相对湿度等因素确定。

11.2.2 质量验收

11.2.2.1 自充填混凝土质量验收应符合下列规定：

- a) 隧道衬砌质量的检验应符合现行铁路隧道工程施工质量验收标准的相关规定；
- b) 隧道衬砌施工应分段及时进行外观和实体质量检验，发现问题应及时调整工艺并采取处理措施。检验分段长度不应大于 120m；
- c) 隧道衬砌完成后表面状态应曲线圆顺，整体轮廓清晰，衬砌表面无渗水、无漏筋、无大于 0.2m²/延米蜂窝麻面、无大于 0.2mm 宽贯通裂纹、无大于 5mm 的错台。节段接缝处和作业窗处无大于 5mm 错台。

11.3 喷射混凝土

11.3.1 一般规定

11.3.1.1 喷射混凝土宜优先选用湿喷工艺。

11.3.1.2 喷射混凝土宜采用强制式搅拌机搅拌，其搅拌时间应不小于 90s，当掺用纤维时，其搅拌时间应通过现场匀质性试验确定。喷射混凝土拌和物宜随拌随用，停放时间不得大于 30min。在运输、存放过程中不得淋雨、浸水及混入杂物。

11.3.1.3 喷射混凝土施工前，应采用高压水或压缩空气对受喷岩面进行清理，对遇水易潮解的岩面，应采用压缩空气进行清理。

11.3.1.4 喷射混凝土养护应符合下列规定：

- a) 喷射混凝土应及时保湿养护。混凝土终凝后养护时间不得少于 7d，重要工程不得少于 14d；
- b) 气温低于 5℃时不得喷水养护。

11.3.1.5 冬季施工时喷射混凝土的作业场所应有防冻保温措施；喷射混凝土作业环境温度和拌和物进入喷射机的温度均不应低于 5℃。

11.3.2 质量验收

11.3.2.1 喷射混凝土质量验收应符合下列规定：

- a) 同材料、同配比、同工艺每 500m² 应留置试件一次，每次留置试件 2 组，用于喷射混凝土强度检验；

- b) 每一作业循环检查一个断面喷射混凝土厚度，每个断面每间隔 2m 布设一个检查喷射混凝土厚度的标志，检查点数的 90%及以上应大于设计厚度；
- c) 喷射混凝土表面应密实、平整，无裂缝、脱落、漏喷、露筋、空鼓和渗水。
- d) 喷射混凝土强度检查试件制作具体方法参照附录 I。

11.4 自密实混凝土

11.4.1 一般规定

11.4.1.1 本节适用于板式无砟轨道充填层用自密实混凝土，其所用原材料和主要性能指标应符合设计和相关技术标准的规定。

11.4.1.2 自密实混凝土配制应符合下列规定：

- a) 应根据工程的结构特点、施工条件以及环境条件等进行自密实混凝土配合比设计。配合比应在综合其工作性能、力学性能、收缩性能、耐久性能等要求的基础上进行选定；
- b) 选定配合比时，应根据实际工况和环境条件要求，通过试验确定合理的拌和物性能控制指标；
- c) 配合比选定后，应开展现场工艺性试验，根据试验结果调整并最终确定施工配合比；
- d) 当原材料、施工环境温度等发生较大变化时，应及时重新进行配合比设计；
- e) 配合比可采用体积法或质量法进行设计计算，其配合比参数应符合下列要求：
 - 1) 胶凝材料用量不宜大于 $580\text{kg}/\text{m}^3$ ；
 - 2) 用水量不宜大于 $180\text{kg}/\text{m}^3$ ；
 - 3) 单位体积浆体总量不宜大于 0.40m^3 。
- f) 混凝土中宜适量掺加粉煤灰、矿渣粉等矿物掺和料。不同矿物掺和料的掺量应通过试验确定；
- g) 混凝土中宜掺加减水剂、引气剂、膨胀剂、粘度改性材料等外加剂。所掺外加剂对硬化混凝土的性能应无负作用，具体掺量应通过试验确定。

11.4.1.3 自密实混凝土拌和应符合下列规定：

- a) 搅拌前，应严格测定粗细骨料的含水率，准确测定因存储、天气变化等因素造成的粗细骨料含水量变化，并根据含水率变化及时调整施工配合比；
- b) 搅拌时，宜先向搅拌机中投入粗骨料、细骨料、水泥、矿物掺和料等，搅拌均匀后，再加入拌和水和外加剂，并继续搅拌至均匀为止。上述每一阶段的搅拌时间不宜少于 30s，总搅拌时间不宜少于 3min。

11.4.1.4 自密实混凝土运输应符合下列规定：

- a) 自密实混凝土应选用混凝土专用运输车进行运输；
- b) 自密实混凝土运输过程中，应确保自密实混凝土拌和物匀质性，运到灌注地点时不发生分层、离析和泌浆等现象。运输车到达灌注现场时，应使运输车高速旋转 20 s~30 s 方可卸料；
- c) 自密实混凝土运输过程中，应对运输车采取保温隔热措施，防止局部自密实混凝土升温过高（夏期）或受冻（冬期）。应采取适当措施防止水分进入运输车或从运输车中蒸发；
- d) 自密实混凝土的运输过程应快捷、方便，尽量减少自密实混凝土的转载次数和运输时间。

11.4.1.5 自密实混凝土灌注应符合下列规定：

- a) 灌注前，应检查板腔内是否积水。当土工布和凹槽中存在积水时，严禁灌注自密实混凝土。雨天不应进行自密实混凝土灌注施工；
- b) 入模前，应检测自密实混凝土拌和物的温度、坍落扩展度、扩展时间 T500、含气量和泌水率等拌和物性能。只有当拌和物性能满足要求时方可灌注。自密实混凝土的入模温度宜控制在 $5^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$ ；
- c) 自密实混凝土从搅拌开始到灌注结束的持续时间不宜超过 120 min；

- d) 每块轨道板的自密实混凝土应一次灌注完成，不得进行二次灌注。当所有排浆孔排出的混凝土与自密实混凝土本体一致时方可停止灌注。灌注结束后，3h 内不得移除轨道板上灌注孔处的硬质下料管和观察孔处的硬质防溢管。

11.4.1.6 自密实混凝土拆模与养护应符合下列规定：

- 灌注完成后，自密实混凝土带模养护时间不得少于 3d；
- 自密实混凝土终凝以后方可拆除压紧装置和防侧移固定装置；
- 当自密实混凝土强度达到 10.0MPa 以上，且表面及棱角不以拆模而受损时，方可拆除轨道板四周模板；
- 拆模后，应对自密实混凝土采取土工布包裹、养护膜覆盖或喷养护剂等保湿养护措施，保湿养护时间不少于 14 d。在冬期和夏期拆模时，若天气产生骤然变化，应采取适当的保温（冬期）隔热（夏期）措施；
- 冬期灌注的自密实混凝土的临界抗冻强度不宜小于设计强度等级值的 70%；
- 当自密实混凝土的强度达到 100%的设计强度后，轨道板方可承受全部设计荷载。

11.4.2 质量验收

11.4.2.1 自密实混凝土质量验收应符合下列规定：

- 自密实混凝土质量验收包括拌和物性能验收和硬化混凝土质量验收；
- 同强度等级、同性能的自密实混凝土应进行一次配合比配合比设计，检验项目与试验方法应符合表 47 的规定。当原材料、施工工艺发生变化时，应重新进行配合比配合比设计；
- 自密实混凝土拌制过程中，每罐（车）混凝土应检验一次坍落扩展度、扩展时间 T500 指标，每 50m³混凝土应检验一次含气量、泌水率、温度指标，测定值应不超过理论配合比和工艺试验确定的拌和物性能指标控制范围。具体方法参照附录 H；
- 每 100m³自密实混凝土制作一组抗压强度试件，每工班不足 100m³的也应取样检验一次抗压强度。

表47 自密实混凝土检验项目指标与试验方法

检验项目		性能要求	试验方法
拌和物性能	坍落扩展度	≤680 mm	本标准附录H
	扩展时间T500	3 s~7 s	
	J环障碍高差	<18 mm	
	1型仪充填比	≥0.8	
	泌水率	0	GB/T 50080
	含气量	≥3.0%	本标准附录H
	竖向膨胀率	0~1.0%	
硬化体性能	56d抗压强度	≥40 MPa	GB/T 50081
	56d抗折强度	≥6.0 MPa	
	56d弹性模量	(3.00 ~ 3.80) ×104MPa	
	56d电通量	≤1000 C	GB/T 50082
	56d抗盐冻性（28次冻融循环剥落量）	≤1000 g/m ² ≤500 g/m ² （严寒和寒冷条件）	
	56d干燥收缩值	≤400×10 ⁻⁶	

11.5 支承层混凝土

11.5.1 一般规定

11.5.1.1 无砟轨道支承层混凝土宜优先采用水硬性混合料。

11.5.1.2 支承层混凝土所用原材料和主要性能指标应符合设计要求或相关标准的规定。

11.5.1.3 支承层混凝土配制应符合下列规定：

- a) 支承层施工配合比设计应根据设计要求、施工工艺等，结合施工现场的水泥、集料等实际情况，经过计算、试配、试件检测和工艺性试验后确定。当主要原材料发生改变时，应重新进行配合比设计；
- b) 支承层混凝土胶凝材料用量不宜高于 $210\text{kg}/\text{m}^3$ ，水泥用量不应高于 $130\text{kg}/\text{m}^3$ ，用水量不宜高于 $130\text{kg}/\text{m}^3$ ，宜少用或不用减水剂；
- c) 水硬性混合料配合比试验时，应通过重型击实试验确定最大干密度（ ρ_{dmax} ）和最优含水率（ W_{opt} ）。水硬性混合料应根据最优含水率（ W_{opt} ）进行拌制；试件成型时，应通过套模加压振动方法使试件达到预定干密度；
- d) 低塑性混凝土配合比选定时，应根据实际工况要求，通过试验确定合理的拌和物性能实际控制指标（增实因素或坍落度）。

11.5.1.4 支承层施工宜采用滑模摊铺机进行，对于长度较短、外形不规则或有大量预埋件的地段也可采用模筑法施工。摊铺机施工时，支承层材料采用水硬性混合料；立模浇筑施工时，支承层材料采用低塑性混凝土。

11.5.1.5 支承层混凝土应由拌和站集中生产，其配制应符合下列规定：

- a) 拌制前，应测定骨料的含水率，并根据测定结果及时调整施工配合比。一般情况下，每班检测两次含水率，雨天应增加含水率检测次数。骨料的含水率宜小于 6%；
- b) 搅拌时间按工艺试验确定的时间执行。拌和物应均匀，色泽一致。有生料、成团现象的非匀质拌和物严禁用于支承层施工。

11.5.1.6 水硬性混合料运输应符合下列规定：

- a) 水硬性混合料应采用自卸式卡车运输，每次运输前后应将自卸卡车车箱清扫干净。混合料运输过程中应进行覆盖，防止水分蒸发；
- b) 自卸卡车在拌和站装载混合料时，自由倾落高度不大于 1 m，卸料时根据自卸车的结构尺寸采用先两端再中间的顺序，避免造成堆积离析；
- c) 混合料运输到施工现场时，应慢速均匀卸料，避免集中卸料造成堆积离析，卸料长度不宜超过 10m。

11.5.1.7 滑模摊铺法施工应符合下列规定：

- a) 滑模摊铺机摊铺前，混合料应采用机械或人工均匀布料。布料长度宜超前摊铺机约 3m~5m。运输至现场的混合料应一次布料到位，及时摊铺成型密实；
- b) 摊铺中，当摊铺机停机待料时间超过混凝土初凝时间的 4/5 时，应将摊铺机开出摊铺工作面，并做施工缝处理。

11.5.1.8 模筑法施工应符合下列规定：

- a) 低塑性混凝土运到现场时，每车混凝土均应进行增实因素或坍落度检查，增实因素或坍落度应满足配合比设计要求；
- b) 混凝土浇筑时的自由倾落高度不宜大于 2m，当大于 2m 时，应采用滑槽、溜管等设施辅助下落，出料口距混凝土浇筑面的高度不宜超过 1 m，保证混凝土不出现离析现象；
- c) 采用人工或机械设备布料后，尽快振捣密实。振捣时间应根据设备功率试验确定，以混凝土表层出现液化状态为宜，不得过振，避免漏振；
- d) 当浇筑停顿时间超过混凝土初凝时间时，应中断浇筑。再次浇筑时，应将施工缝处的松散骨料剔除，并用水将接触面润湿。

11.5.1.9 支承层混凝土养护和拆模应符合下列规定：

- a) 浇筑完成的支承层应及时进行保温保湿养护，浇筑一段、养护一段；
- b) 支承层摊铺或浇筑完成后应喷雾或洒水并覆盖进行保湿养护，养护时间不应少于 7d；
- c) 摊铺或浇筑完成的支承层在 7d 内不得受冻，当气温低于 0℃ 时，应采取保温措施；
- d) 采用立模浇筑施工时，带模覆盖养护时间应至混凝土终凝以后，其表面及棱角不因拆模而受损时，方可拆模，拆模后应及时对暴露面进行保温保湿养护。

11.5.2 质量验收

11.5.2.1 支承层混凝土质量验收应符合下列规定：

- a) 支承层压实系数不应小于 0.98；
- b) 支承层 28d 单个芯样抗压强度不应小于 6MPa，28d 单组芯样抗压强度不应小于 8MPa；
- c) 支承层 28d 抗折（弯拉）强度、弹性模量应符合设计要求；
- d) 支承层外形尺寸极限偏差和外观质量应符合表 48 和表 49 的规定。

表48 支承层外形尺寸极限偏差

序号	检查项目	极限偏差
1	厚度	±20 mm
2	中线位置	10mm
3	宽度	+ 15mm 0mm
4	顶面高程	+ 5mm -15mm
5	平整度	7mm/4m
6	排水坡宽度	+ 15mm 0mm

表49 支承层外观质量

序号	检查项目	技术要求
1	切缝	切缝方向、间距及深度应符合设计要求
2	排水坡	坡面应平顺，坡度不应小于设计要求
3	表面质量	不应有疏松及缺棱掉角等缺陷，道床板或轨道板范围表面应粗糙、清洁

11.6 纤维混凝土

11.6.1 一般规定

11.6.1.1 钢纤维混凝土的原材料应符合下列规定：

- a) 钢纤维的种类、规格、质量应符合设计要求；
- b) 配制钢纤维高强混凝土宜选用质地坚硬、级配良好的细骨料，其细度模数不宜小于 2.4；
- c) 粗骨料应选用质地坚硬、级配良好的石灰岩、花岗岩、辉绿岩等碎石或碎卵石；
- d) 当粗骨料粒径大于 20 mm 时，应选用适宜的纤维，并经试验检测达到设计要求后方可使用。

11.6.1.2 钢纤维混凝土配制应符合下列规定：

- a) 钢纤维混凝土应满足结构设计对强度等级（包括抗压强度、抗拉强度、弯曲韧度比等）的要求；
- b) 钢纤维混凝土的钢纤维体积率应根据设计要求确定；当设计无要求时，不应小于 0.35%；对高强度（抗拉强度不低于 1000MPa）的异形钢纤维不应小于 0.25%；

- c) 钢纤维混凝土的水胶比不宜大于 0.50, 对于耐久性为主要要求的钢纤维混凝土不得大于 0.45, 每方混凝土的水泥用量不宜小于 360kg;
- d) 钢纤维混凝土的工作性可参照同类工程对普通混凝土所要求的稠度确定, 其坍落度值可比相应普通混凝土要求值小 20mm, 其维勃稠度值与相应的普通混凝土要求值相同。
- 11.6.1.3 钢纤维混凝土搅拌应符合下列规定:
- a) 钢纤维混凝土应采用强制式搅拌机搅拌;
- b) 搅拌工艺应确保钢纤维在拌和物中分散均匀, 不产生结团, 宜优先采用将钢纤维、水泥、粗细骨料先干拌而后加水湿拌的方法;
- c) 钢纤维混凝土投料顺序、搅拌方法和搅拌时间应通过现场匀质性试验确定。其搅拌时间应较普通混凝土适当延长 60s~120s。
- 11.6.1.4 钢纤维混凝土浇筑方法应保证钢纤维的分布均匀性和结构的连续性。
- 11.6.1.5 耐碱玻璃纤维混凝土的原材料应符合下列规定:
- a) 耐碱玻璃纤维的氧化锆含量应不低于 16%;
- b) 耐碱玻璃纤维的种类、规格、质量应符合设计要求;
- c) 配制耐碱玻璃纤维混凝土宜选用质地坚硬、级配良好的细骨料, 其细度模数不宜小于 2.4;
- d) 粗骨料应选用质地坚硬、级配良好的石灰岩、花岗岩、辉绿岩等碎石或碎卵石, 粒径不宜大于 20mm;
- e) 当粗骨料粒径大于 10mm 时, 应选用适宜的纤维, 并经试验检测达到设计要求后方可使用。
- 11.6.1.6 耐碱玻璃纤维的掺量应设计要求, 当设计无明确要求时, 应通过试验确定。
- 11.6.1.7 耐碱玻璃纤维可随砂石等物料一起加入搅拌罐, 耐碱玻璃纤维混凝土的搅拌时间应通过现场试验确定。
- 11.6.1.8 耐碱玻璃纤维混凝土罐(车)运输距离不宜超过 30min。
- 11.6.1.9 合成纤维混凝土用纤维的种类、规格、质量应符合设计要求。
- 11.6.1.10 合成纤维混凝土配制应符合下列规定:
- a) 合成纤维的体积率应符合设计要求; 设计无要求时, 宜在 0.05%~0.3% 的范围内选取;
- b) 合成纤维混凝土的坍落度可比普通混凝土相应要求降低。当坍落度不满足要求时, 可调整外加剂或在保持水胶比不变的条件下适当增加用水量。
- 11.6.1.11 合成纤维混凝土施工应符合下列规定:
- a) 合成纤维混凝土搅拌时间应通过现场搅拌试验确定, 并应较普通混凝土规定的搅拌时间适当延长 40 s~60 s, 以确保纤维在混凝土拌和物中分散均匀;
- b) 混凝土接近初凝时方可进行抹面, 抹面应光滑, 抹面时不得加水, 抹面次数不宜过多。
- 11.6.2 质量验收
- 11.6.2.1 纤维混凝土所用纤维的品种、规格、质量应符合设计要求检验数量和检验方法: 应符合表 50 的规定。

表50 纤维的检验要求

检 验 项 目		检 验 要 求					
		质量证明文件检查		抽样试验检验			
钢纤维	纤维杂质含量	√	同厂家、同批号、同出厂日期 核查供应商提供的 质量证明文件。	√	任何新选货源检 验一次; 施工单位试验检 验; 监理单位见 证检验。	√	同厂家、同品种、同 规格的产品每10t为一 批, 不足10t时也按一 批计。 施工单位每批抽检一
	长度	√		√		√	
	直径(或等效直径)	√		√		√	
	长径比	√		√		√	

检验项目	检验要求					
	质量证明文件检查		抽样试验检验			
抗拉强度	√	施工单位、监理单位均全部检查。	√		√	次；监理单位按施工单位抽检次数的10%进行见证检验。
弯折性能	√		√		√	
形状合格率	√		√			
合成纤维	直径	同厂家、同批号、同出厂日期核查供应商提供的质量证明文件。施工单位、监理单位均全部检查。	√	任何新选货源检验一次； 施工单位试验检验；监理单位见证检验。	√	同厂家、同品种、同规格的产品每1t为一批，不足1t时也按一批计。 施工单位每批抽检一次；监理单位按施工单位抽检次数的10%进行见证检验。
	长度		√		√	
	密度		√			
	抗拉强度		√		√	
	弹性模量		√		√	
	极限伸长率		√		√	
	安全性		√		√	
	熔点		√			
	纤维杂质含量		√		√	
	吸水性		√		√	

11.6.2.2 纤维混凝土验收应符合下列规定：

- 纤维混凝土配合比设计时应检验劈裂抗拉强度，或进行早期抗裂性能对比试验，同强度等级、同性能的混凝土进行一次混凝土配合比配合比设计，当使用的原材料、施工工艺发生变化时，应重新进行配合比配合比设计；
- 每工作班应至少检验 2 次（每次取量不少于 1 升）纤维混凝土中的纤维含量，纤维含量偏差不应超过配合比设计值的±5%。

11.7 补偿收缩混凝土

11.7.1 一般规定

11.7.1.1 用膨胀剂配制的补偿收缩混凝土宜用于混凝土结构自防水、工程接缝填充、采取连续施工的超长混凝土结构、大体积混凝土等工程。

11.7.1.2 补偿收缩混凝土应根据环境条件、结构类型和设计要求选择合适的膨胀剂种类、掺量和施工工艺。膨胀剂宜选用氧化镁类、硫铝酸钙类、氧化钙类或硫铝酸钙-氧化钙类产品。

11.7.1.3 采用硫铝酸钙类、硫铝酸钙-氧化钙类膨胀剂配制的补偿收缩混凝土，不得用于环境温度长期高于 80℃的混凝土工程。

11.7.1.4 补偿收缩混凝土配制应符合下列规定：

- 补偿收缩混凝土的配合比设计应满足设计所需的强度、膨胀性能、耐久性能等技术指标和施工工艺性能要求；
- 补偿收缩混凝土应根据混凝土使用的环境条件选择适宜的膨胀剂，其掺量应根据设计要求的限制膨胀率经试验后确定，配合比试验的限制膨胀率应比设计值高 0.005%；
- 补偿收缩混凝土限制膨胀率指标和最小胶凝材料用量应符合表 51 的规定。

表51 补偿收缩混凝土的限制膨胀率指标和最小胶凝材料用量

用途	限制膨胀率 (%)		最小胶凝材料用量 (kg/m ³)
	水中 14d	水中 14d 转空气中 28d	

用于补偿混凝土收缩	≥ 0.015	≥ -0.030	300
用于后浇带、膨胀加强带和工程接缝填充	≥ 0.025	≥ -0.020	350

11.7.1.5 补偿收缩混凝土搅拌时间应比普通混凝土适当延长，其投料顺序和具体的搅拌时间应通过现场试验确定。

11.7.1.6 补偿收缩混凝土的浇筑应符合下列规定：

- 浇筑前应制定浇筑计划，检查膨胀加强带和后浇带，其设置应符合设计要求，浇筑部位应清理干净；
- 当施工中因遇到雨、雪、冰雹需留施工缝时，对新浇混凝土部分应立即用塑料薄膜覆盖；当出现混凝土已硬化的情况时，应先在其上铺设 30 mm~50 mm 厚的同配合比无粗骨料的水泥砂浆，再浇筑混凝土；
- 当超长的板式结构采用膨胀加强带取代后浇带时，应根据所选膨胀加强带的构造形式，按规定顺序浇筑。间歇式膨胀加强带和后浇式膨胀加强带浇筑前，应将先期浇筑的混凝土表面清理干净，并充分湿润；
- 板式结构混凝土应在终凝前采用机械或人工的方式，对混凝土表面进行多次抹压。

11.7.1.7 补偿收缩混凝土在浇筑完成后应及时进行潮湿保养，有条件时应采用蓄水养护。在硬化过程中必须加以保护，其暴露面保湿养护时间不得低于 14d。冬期施工养护时，混凝土表面不得直接洒水，可用塑料薄膜进行保温保湿养护。

11.7.1.8 补偿收缩混凝土应适当延迟拆模时间，其拆模时间不宜早于 3d；冬期施工时，拆模时间应延长至 7d 以上。

11.7.2 质量验收

11.7.2.1 补偿收缩混凝土验收应符合下列规定：

- 同强度等级、同性能的补偿收缩混凝土应进行一次混凝土配合比设计，当使用的原材料、施工工艺发生变化时，应重新进行配合比配合比设计；
- 补偿收缩混凝土施工过程中，应对补偿收缩混凝土的限制膨胀率进行测定。

11.8 超高性能混凝土

11.8.1 一般规定

11.8.1.1 超高性能混凝土用原材料除应符合设计要求和相关技术标准要求外，还应符合下列规定：

- 水泥宜采用 52.5 级普通硅酸盐水泥或硅酸盐水泥。当采用其他种类或标号的水泥时，应通过试验验证，在满足设计要求后方可使用；
- 硅灰 SiO_2 含量应不小于 90%，28d 活性指数应不小于 90%；
- 石英粉宜采用以石英为主的粉状材料， SiO_2 含量应大于 95%，粒径小于 0.16 mm 的颗粒含量应大于 95%；
- 骨料宜优先选用最大粒径不超过 1.25mm 的单粒径石英砂，也可选用细度模数为 1.6~2.2 的天然砂或机制砂；
- 外加剂宜采用减水率不小于 30% 的高效减水剂；
- 纤维可采用钢纤维，采用其他种类纤维时，应通过试验验证。

11.8.1.2 超高性能混凝土配制应符合下列规定：

- 配合比设计时应考虑结构受力特点、施工工艺、养护条件以及应用环境等因素，根据其工作性能、强度、耐久性以及其它必要性能要求计算初始配合比。初始配合比经实验室试配、调整，得出满足工作性能要求的基准配合比，并经强度、耐久性及其它必要性能指标复核确定；
- 配合比设计时应遵循以下原则：

- 1) 超高性能混凝土配合比设计宜采用绝对体积法；
- 2) 超高性能混凝土的水胶比不宜大于 0.20；
- 3) 骨料与胶凝材料各组分的相对比例宜按照颗粒最紧密堆积理论进行设计；
- 4) 硅灰掺量 \leq 胶凝材料用量的 10%；
- 5) 粉煤灰掺量可为胶凝材料的 5%~15%。

11.8.1.3 超高性能混凝土搅拌应符合下列规定：

- a) 应根据施工配合比，严格控制超高性能混凝土各原材料计量精度，计量允许偏差不应超过表 52 的规定；
- b) 超高性能混凝土的搅拌应根据工程规模（浇筑方量）、施工工艺和进度要求合理配备搅拌设备，宜选用可调速的强制式搅拌机；
- c) 搅拌机宜有防止纤维结团的下料装置，一次搅拌量不宜大于其额定搅拌量的 70%；
- d) 钢纤维混凝土投料顺序、搅拌方法和搅拌时间应通过现场匀质性试验确定。

表52 超高性能混凝土原材料计量允许偏差（%）

原材料品种	水泥	骨料	水	外加剂	掺和料	纤维
每盘计量允许偏差	± 1	± 2	± 1	± 1	± 1	± 1

11.8.1.4 高性能混凝土运输应符合下列规定：

- a) 超高性能混凝土的运输宜采用混凝土搅拌运输车进行。搅拌运输车在装料前应将搅拌罐内积水排尽，装料后严禁向搅拌罐内的拌合物加水；
- b) 超高性能混凝土拌合物在搅拌运输车内的时间不宜超过 90min；如需延长运送时间，则应采取相应的技术措施，并通过试验验证。当采用翻斗车运输时，运输时间不宜超过 45 min；
- c) 超高性能混凝土拌合物的运输应合理安排发车数量与间隔，保证浇筑过程的连续性。

11.8.1.5 超高性能混凝土的浇筑应符合下列规定：

- a) 浇筑前，应检查模板支撑的稳定性和接缝的密合情况，应保证模板在浇筑过程中不失稳、不跑模和不漏浆；
- b) 采用分层浇筑时层间不应出现冷缝；
- c) 浇筑振捣应采用平板振捣器或模外振捣器，不宜采用插入式振捣器。浇筑和成型过程中应保证超高性能混凝土密实、纤维分布均匀以及构件的整体性，避免出现拌合物离析、分层以及纤维露出构件表面。

11.8.1.6 超高性能混凝土的养护应符合下列规定：

- a) 宜采用热养护，热养护前静停时间不宜小于 6h，热养护的升/降温的速率不宜大于 15℃/h；
- b) 热养护结束后，宜用塑料薄膜覆盖，保持表面潮湿，进行保湿养护，超高性能混凝土表面温度与环境温度之差不宜大于 20℃。

11.8.2 质量验收

11.8.2.1 超高性能混凝土验收应符合下列规定：

- a) 超高性能混凝土拌合物应在浇筑地点随机抽样检验纤维（抽检量不少于 1 升）是否结团及纤维含量，混凝土中不得有纤维结团，纤维含量偏差不应超过配合比设计纤维含量的 $\pm 5\%$ 。同一工程、同一配合比的超高性能混凝土每 100m³为一批，不足一批按一批计，每批至少抽检 1 次；
- b) 超高性能混凝土拌合物抽样检验项目应包括扩展度或坍落度及其经时损失、凝结时间，每 50m³取样不宜少于 1 次；

- c) 对于超高性能混凝土的抗压强度、单轴抗拉强度与静力受压弹性模量的检验，每 50m 检验一次；批量不到 50m 时，按 50m 计算。每批次应至少留置两组试件。试件应在浇筑地点随机抽样制作；
- d) 超高性能混凝土应采用同条件养护成型后 28d 进行力学性能指标试验；
- e) 超高性能混凝土有耐久性或长期性能指标要求时，应在施工现场随机抽取试件进行耐久性检验。

11.9 清水混凝土

11.9.1 一般规定

11.9.1.1 清水混凝土所用原材料除应符合设计要求和相关技术标准要求外，还应符合下列规定：

- a) 同一结构工程混凝土应采用同一生产厂家、同一品种、同一等级、同一混合材的水泥，选用水泥时，应考虑水泥颜色、保水性、与外加剂的相容性和碱含量；
- b) 粗骨料宜选用质地坚硬、连续级配、同一料源、最大粒径不大于 26.5mm 的碎石，其含泥量宜小于 1.0%，泥块含量宜小于 0.5%，针片状颗粒含量宜小于 8%；
- c) 同一工程细骨料宜选用同一料源、验收均匀，且不得含有杂物，含泥量宜小于 2.0%，泥块含量宜小于 0.5%；
- d) 同一工程应采用同一水源拌和用水；
- e) 掺和料的颜色应均匀稳定，同一工程所用掺和料应来自同一厂家的同一品种。

11.9.1.2 清水混凝土配制应符合下列规定：

- a) 清水混凝土配合比设计除应符合设计和施工的一般要求外，还应满足混凝土外观质量、耐久性及经济性要求；
- b) 清水混凝土中，硅灰取代水泥的最大量不宜超过 8%，矿渣粉取代水泥的最大量不宜超过 20%，粉煤灰取代水泥的最大量不宜超过 15%。

11.9.1.3 清水混凝土搅拌应符合下列规定：

- a) 应严格控制混凝土原材料计量精度，每盘混凝土各组成材料计量结果偏差不应超过表 53 的规定；
- b) 清水混凝土的搅拌时间宜在普通混凝土基础上延长 10~20s；
- c) 清水混凝土生产过程中，必须按配合比进行投料，控制水灰比、投料顺序和搅拌时间，根据气候变化随时抽验砂、石的含水率，及时调整用水量。

表53 清水混凝土组成材料计量结果的允许偏差 (%)

原材料品种	水泥	骨料	水	外加剂	掺和料
每盘计量允许偏差	±2	±3	±2	±2	±2

11.9.1.4 清水混凝土运输应符合下列规定：

- a) 应选用专用搅拌运输车运送，运送过程中，应确保混凝土拌和物不分层、不离析、不漏浆，运输过程中严禁加水；
- b) 合理安排调度，避免在浇筑过程中混凝土积压或供应中断；
- c) 混凝土从搅拌机中卸出到浇筑完毕的延续时间不宜超过 120min。

11.9.1.5 清水混凝土的浇筑应符合下列规定：

- a) 混凝土浇筑前应清理模板内的杂物，保持模内清洁、无积水等工作；
- b) 为保证浇筑深处混凝土的捣实，浇筑层厚度不宜超过表 54 的规定；

表54 混凝土浇筑层厚度

序号	捣实方式		浇筑层的厚度 (mm)
1	插入式振捣		振捣器作用长度的 1.25 倍
2	表面振动		200
3	人工捣实	在基础、无筋混凝土或配筋稀疏的结构中	250
		在梁、墙板、柱结构中	200
		在配筋密列的结构中	150

- c) 混凝土浇筑时, 应尽量缩短浇筑时间间隔, 防止引起色差, 避免分层面产生冷缝, 混凝土振点应从中间开始向边缘分布, 且布棒均匀, 层次搭扣, 遍布浇筑的各个部位, 应保证浇筑的连续性;
- d) 混凝土自由下料高度应控制在 2m 以内, 否则应采用串筒、溜管或振动溜管浇筑。

11.9.1.6 清水混凝土的养护应符合下列规定:

- a) 清水混凝土施工单位应根据施工对象、环境、水泥品种、外加剂以及混凝土性能的要求, 提出具体的养护方案, 并严格执行规定的养护制度;
- b) 混凝土养护时间不宜少于 14d;
- c) 养护用水应洁净, 养护用的覆盖物不得掉色, 防止对混凝土的颜色产生污染;
- d) 混凝土宜用塑料薄膜进行保湿养护, 并经常检查薄膜的完整情况和混凝土的保湿效果。

11.9.2 质量验收

11.9.2.1 清水混凝土的验收应符合下列规定:

- a) 清水混凝土质量应满足 GB 50204 有关规定, 混凝土强度应按照现行国家标准 GB/T 50107 的规定分批检验评定;
- b) 清水混凝土的外观质量评定标准如表 55 所示;
- c) 清水混凝土拆模后的尺寸偏差应符合表 56 的规定。

表55 清水混凝土外观质量评定标准

序号	项目	普通清水混凝土	饰面清水混凝土
1	整体效果	距离混凝土表面 5m 观察: 混凝土表面自然质朴、平整光滑、色泽均匀	距离混凝土表面 3m 观察: 混凝土表面平整光滑、色泽均匀、线条或孔眼有规律性、外观整齐美观、细部精致
2	颜色	距离混凝土表面 5m 观察: 颜色均匀, 无锈迹、色斑等明显色差	距离混凝土表面 3m 观察: 颜色均匀一致, 无锈迹、油迹、色斑等明显色差
3	光洁度	距离混凝土表面 5m 观察: 无砂带, 无油迹, 无粉化物	距离混凝土表面 3m 观察: 表面应整齐光滑、无砂带, 无粉化物
4	气泡	每 (10×10) cm ² 面积上的气泡数量小于 8 个, 分散均匀, 无大片气泡, 最大气泡尺寸 < 10mm	每 (10×10) cm ² 面积上的气泡数量小于 4 个, 分散均匀, 无大片气泡, 最大气泡尺寸 < 3mm
5	平整密实度	距离混凝土表面 5m 观察: 无表面夹渣、漏浆、露筋、疏松烂根、起砂、蜂窝、麻面和孔洞	距离混凝土表面 3m 观察: 无表面夹渣、漏浆、露筋、疏松烂根、起砂、蜂窝、麻面和孔洞
6	接缝	距离混凝土表面 5m 观察: 施工缝处无挂浆、漏浆现象	距离混凝土表面 3m 观察: 施工缝处无挂浆、漏浆现象
7	对拉螺栓孔眼	距离混凝土表面 5m 观察: 整齐, 封堵严实平整, 颜色同墩身、墙体一致	距离混凝土表面 3m 观察: 整齐, 规则分布, 封堵严实平整, 颜色同墩身、墙体一致, 孔眼呈同一颜色
8	修复	距离混凝土表面 5m 观察: 无明显剔凿、打磨、修补处理的痕迹	距离混凝土表面 3m 观察: 基本无修补的痕迹

表56 清水混凝土结构尺寸允许偏差和检验方法

序号	检查项目		允许偏差 (mm)		检验方法
			普通清水混凝土	饰面清水混凝土	
1	轴线位置 (墙、墩柱、梁)		5	5	尺量
2	截面尺寸 (墙、墩柱、梁)		±5	±3	尺量
3	垂直度	每层	5	3	经纬仪或吊线、尺量
		全高	$H^2/1000$ 且 ≤ 30	$H^2/1000$ 且 ≤ 20	经纬仪、尺量
4	标高	层高	±8	±5	水准仪或拉线、尺量
		全高	±30	±30	
5	表面平整度		4	3	2m 靠尺和塞尺检查
6	阴阳角方正		4	3	直角检查尺检查
7	预留洞口尺寸		±10	±5	尺量
8	预留孔、洞口中心线位移		10	8	尺量
9	角、线顺直度		4	3	拉线、尺量
10	保护层厚度		±4	±3	尺量
注: H 为结构全高					

11.10 无砂透水混凝土

11.10.1 一般规定

11.10.1.1 无砂透水混凝土用粗骨料针、片状颗粒含量不应大于 5%。

11.10.1.2 无砂透水混凝土配制胶材用量宜为 $250 \text{ kg/m}^3 \sim 350 \text{ kg/m}^3$ ，粗骨料用量宜为 $1400 \text{ kg/m}^3 \sim 1600 \text{ kg/m}^3$ ，水胶比不宜大于 0.50。

11.10.1.3 无砂透水混凝土应采用强制式搅拌机搅拌，搅拌时间应适当延长，投料顺序应通过试验确定。

11.10.1.4 无砂透水混凝土宜为干硬性混凝土，浇筑前应用水润湿基层。

11.10.1.5 无砂透水混凝土在浇筑时不得采用强烈振捣或夯实，一般采用轻型压路机压实，可用平板振动器进行轻振。

11.10.1.6 无砂透水混凝土应加强早期养护，混凝土浇筑完成后及时用塑料薄膜覆盖表面并开始洒水养护。养护时间不宜少于 7d。

11.10.2 质量验收

11.10.2.1 无砂透水混凝土质量验收应符合下列规定：

- 同强度等级和透水性能的混凝土进行一次混凝土配合比设计；当使用的原材料、施工工艺发生变化时，均应重新进行配合比配合比设计；
- 每 100m^3 无砂透水混凝土应取样检验一次抗压强度，每工班不足 100m^3 的也应取样检验一次抗压强度；
- 检验方法：施工单位现场制作试件，监理单位检查试件留置情况。龄期满足要求后施工单位、监理单位及时按本标准附录 J 和、附录 K、附录 L 进行试验检测；
- 每 100m^3 无砂透水混凝土应取样检验一次透水性，每工班不足 100m^3 的也应取样检验一次透水性；

12 混凝土实体质量核查

12.1 单位工程质量控制资料应齐全完整，全面反映工程施工质量状况。

检验数量：全部检验。

检验方法：检查质量控制资料。

12.2 单位工程混凝土强度应符合设计要求。

检验数量：隧道衬砌每1km随机抽检不少于100m，不足1km的抽检100 m，不足100m的全数检查。每个抽检段随机选取2个浇筑段检查，每个浇筑段检验拱部、边墙各不少于2个测区。端翼墙、涵洞、桥墩、桥台等主要受力部位均不得少于2个测区。

检验方法：回弹法。检查检验批实体质量检验报告，当检验结果判定有争议时，应采用钻芯法验证。

12.3 混凝土钢筋保护层厚度检验的合格率不应小于 90%。

检验数量：隧道衬砌每1km随机抽检不少于100m，不足1km的抽检100 m，不足100m的全数检查。每个抽检段拱部、边墙、仰拱（底板）各不少于1处，端翼墙、涵洞、桥墩、桥台各不少于3处，每处测点不少于10个点。

检验方法：钢筋保护层检测仪检测。

12.4 混凝土结构表面无贯穿裂缝，混凝土结构表面非受力裂缝宽度不得大于 0.2mm，预应力混凝土结构抗预应力区域混凝土表面不应出现裂缝。

检验数量：隧道衬砌每1km随机抽检不少于100m，不足1km的抽检100m，不足100m的全数检查。隧道洞口、端翼墙、涵洞、桥墩、桥台、路基桩板结构、支挡结构全数检查。

检验方法：观察或刻度放大镜检查。

12.5 单位工程观感质量评定应由建设单位组织设计、施工、监理单位共同进行现场评定。观感质量检查项目评定达不到合格标准应进行返修。

12.6 混凝土工程观感质量评定为合格应满足下列要求：

- a) 混凝土表面平整，色泽均匀，接缝处无较大错台、跑模现象。局部蜂窝麻面已修补，外形整体轮廓清晰，线角基本顺直，曲线圆顺。拉筋孔处理符合要求。
- b) 墩、台帽与墩、台身衔接基本平顺，表面轮廓比较清晰，排水流畅，基本不积水。
- c) 支承垫石方正平整，不空鼓。
- d) 预埋件和预留孔位置正确。

附录 A
(规范性)

混凝土与砌体工程分项工程和检验批划分

混凝土与砌体工程分项工程、检验批划分和项目按照表A.1的规定。

表A.1 混凝土与砌体工程分项工程和检验批划分

分项工程		检验批	检验项目条文号	
			主控项目	一般项目
模板及支（拱）架		安装段	6.2.1、6.2.3	6.2.2、6.2.5、6.3.1
钢筋		验收段	7.2.1~7.2.5 7.3.1、7.3.2 7.4.1~7.4.3 7.5.1~7.5.3	7.2.6、7.3.3
混凝土	混凝土		8.2.1~8.2.6 8.3.1~8.3.6 8.10.1~6.10.12	8.1.1~8.1.5
	特殊混凝土	自充填混凝土	11.2.7	8.1.1、8.1.3 11.2.1~11.2.2
		喷射混凝土	11.3.6	8.1.1、8.1.3 11.3.2
		自密实混凝土	11.4.7	8.1.1、8.1.3 11.4.1~11.4.2
		支撑混凝土	11.5.10	8.1.1、8.1.3 11.5.1~11.5.3
		纤维混凝土	11.6.12	8.1.1、8.1.3 11.6.1~11.6.2
		补偿收缩混凝土	11.7.9	8.1.1、8.1.3 11.7.4
		超高性能混凝土	9.8.7	8.1.1、8.1.3 11.8.1~11.8.3
		清水混凝土	11.9.7	8.1.1、8.1.3 11.9.1~11.9.3
		无砂混凝土	11.10.7	8.1.1、8.1.3、11.10.1~ 11.10.2
预应力		施工段	9.2.1~9.2.7 9.3.1、9.3.2 9.4.1~9.4.5 9.5.1~9.5.3	9.3.3~9.3.5 9.4.6
砌体工程	砌体填充墙	砌筑段	10.2.1~10.2.8	10.2.9~10.2.10 10.7.6~10.7.10
	混凝土基础		10.6.1~10.6.4	
	构造柱及圈梁		10.7.1~10.7.5	

附录 B
(资料性)
质量验收记录表

进场质量验收记录按照表B.1。

表B.1 进场质量验收记录表

现场试验室名称(章):

编号:

单位工程		分部工程			分项工程			
质量验收标准名称及代号		进场检验委托单编号						
序号	原材料、构配件、 半成品名称	规格型号	出厂编号 (产品批号)	代表数量	生产厂家 (产地厂名)	报告日期	检验结果	
							出厂质量证明文件编号	进场检验报告编号
施工单位检验结论: <div style="text-align: right;">技术负责人: 年 月 日</div>				监理单位验收结论: <div style="text-align: right;">监理工程师: 年 月 日</div>				

注1: 此表按不同原材料、半成品、构配件名称分别填写。

注2: 表中所列原材料、半成品、构配件如用于不同的单位工程(分部工程、分项工程)时, 其工程名称应填写齐全。

注3: 此表由使用单位纳入相应单位工程竣工资料, 表中所涉及出厂质量证明文件和试验检测报告, 核实并集中归档, 集中移交。

出场质量验收记录按照表B.2。

表B.2 混凝土拌合物出场质量验收记录表

拌合站名称（章）：

编号：

单位工程								出场日期			
使用单位				使用部位				委托单编号			
规格型号				出机坍落度 (mm)				出机含气量 (%)			
理论配合比编号						理论配合比审批时间					
原材料及配合比情况											
材料名称		水泥	细骨料	粗骨料		水	外加剂			矿物掺和料	
厂家规格											
进场检验报告编号											
理论 配合比	用量 (kg/m ³)										
	质量比										
含水率 (%)											
施工 配合比	用量 (kg/m ³)										
	质量比										
施工单位检验结论：		技术负责人： 年 月 日				监理单位验收结论：				监理工程师： 年 月 日	

注1：此表由拌和站按不同委托单分别填写，使用单位纳入相应单位工程竣工资料；现场配合比（理论或施工）发生变化时，再次填写。

注2：表中所涉及试验报告集中归档、集中移交。

试件试验检测验收记录按照表B.2。

表B.3 试件试验检测验收记录表

现场试验室名称（章）：

编号：

单位工程名称				分部工程名称				分项工程名称			
序号	制件日期	代表数量 (m ³)	龄期 (d)	试件试验检测结果 (设计/实测)					报告日期	报告编号	
				抗压强度 (Mpa)	抗折强度 (Mpa)	弹性模量 (Gpa)	抗渗等级			

制表人： 年 月 日 施工单位技术负责人： 年 月 日 监理工程师： 年 月 日

注1：此表由拌和站按不同委托单分别填写，使用单位纳入相应单位工程竣工资料；现场配合比（理论或施工）发生变化时，再次填写。

注2：表中所涉及试验报告集中归档、集中移交。

分项工程质量验收记录按照表B.5。

表B.5 分项工程质量验收记录

单位工程			
分项工程名称		检验批数	
施工单位		项目负责人	
序号	检验批部位	施工单位检查评定结果	
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
...			
说明：			
施工单位检查 评定结果		分项工程技术负责人： 年 月 日	
监理单位 验收结论		监理工程师： 年 月 日	

附录 C
(规范性)
钢筋接头技术要求和外观质量

C.1 钢筋绑扎接头的技术要求应符合下列规定：

- a) 光圆钢筋末端应做成彼此相对的 180°弯钩，带肋钢筋应做成彼此相对的 90°弯钩；
- b) 绑扎接头的搭接长度应符合设计要求，设计无要求时应符合表 C.1 的要求。

表C.1 钢筋绑扎接头的最小搭接长度

钢筋类别	混凝土强度等级		
	C25	C30、C35	≥C40
光圆钢筋HPB300级	35d	30d	30d
带肋钢筋HRB400级	60d	56d	49d
带肋钢筋HRB500级	70d	63d	56d

注1：d为钢筋直径，C30为混凝土强度等级。

注2：当直径不同的钢筋搭接时，按直径较小的钢筋计算。

注3：对环氧树脂涂层的带肋钢筋，其最小搭接长度应按相应数值乘以系数1.25 取用。

注4：对有抗震设防特殊要求的结构构件，其受力钢筋的最小搭接长度应按有关抗震设计规范进行加长。

C.2 钢筋电弧焊和%对焊接头的技术要求应符合下列规定：

- a) 钢筋电弧焊和闪光对焊接头类型应符合表 C.2 的要求；
- b) 钢筋电弧焊接头应符合下列要求：
 - 1) 搭接接头的长度、帮条的长度和焊缝的总长度应符合表 C.2 的要求；
 - 2) 钢筋搭接接头的搭接应弯，搭接钢筋的应于同一直线上；
 - 3) 帮条焊时，帮条的牌号和直径应与主筋相同。帮条和被焊主筋的轴线应在同一平面上；
 - 4) 焊缝厚度 h 不应小于 $0.3d$ 办焊缝宽度 b 不应小于 $0.8d$ (图 C.1)；
 - 5) 电弧焊接头的焊缝表面应平整，不应有凹陷或焊瘤，接头区域不应有肉眼可见裂纹。用小锤敲击接头时，钢筋发出与基本钢材同样的清脆声。

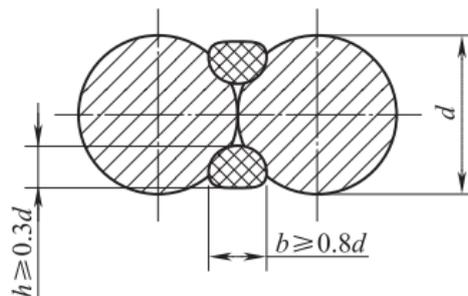
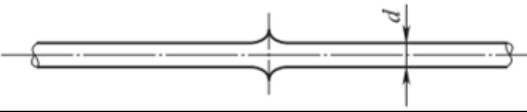
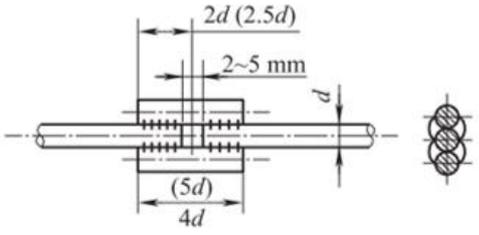
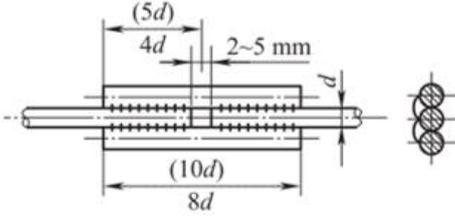
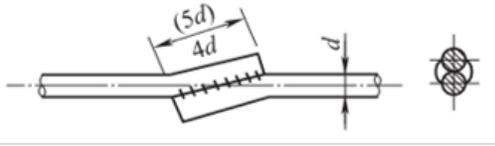
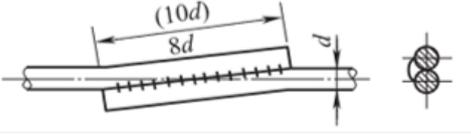


图 C.1 钢筋搭接、帮条焊接的焊缝

表C.2 钢筋电弧焊和闪光对接头类型

序号	接头类型	接头简图
1	闪光对焊	
2	双面焊缝帮条焊	
3	单面焊缝帮条焊	
4	双面焊缝搭接	
5	单面焊缝搭接	

注1：在无条件的情况下进行序号2、4的双面焊缝电弧焊时，可采用3、5的单面焊缝电弧焊。

注2：表中的帮条或搭接长度值，不带括号的数字适用于HPB300钢筋，括号中的数字适用于HRB400、HRB500钢筋。

注3：采用序号2~5的电弧焊时，焊缝长度不应小于帮条或搭接长度，焊缝厚度 h 及焊缝宽度 b 应按图C.1测量。

c) 钢筋闪光对接头的外观质量应符合下列要求：

- 1) 接头周缘应有适当的锻粗部分，并呈均匀的毛刺外形；
- 2) 钢筋表面不应有明显的烧伤或裂纹；
- 3) 接头弯折的角度不应大于 3° ；
- 4) 接头轴线的偏移不应大于 $0.1d$ 且不应大于 2mm 。

d) 钢筋电弧焊和闪光对接头允许偏差应符合表C.3的规定。

表C.3 钢筋电弧焊和闪光对焊接头允许偏差

序号	类别	项目	允许偏差	
1	电弧焊接头	帮条沿接头中心线的纵向偏移	0.3d	
		接头处弯折角	3°	
		接头处钢筋轴线偏移	0.1d	
		焊缝厚度	+0.05d~0	
		焊缝宽度	+0.1d~0	
		焊缝长度	-0.3d	
		横向咬边深度	0.5mm	
		在2d长的焊缝表面上的气孔及夹渣	数量	2个
	面积	6mm ²		
2	闪光对焊接头	接头处钢筋轴线	弯折角	3°
			偏移	0.1d, 且不大于2mm
		接头表面裂纹		不允许

注：d为钢筋直径，单位为mm。

C.3 滚轧直螺纹机械连接接头技术要求和外观质量应符合下列规定：

- a) 套筒与锁母的质量应符合下列规定：
 - 1) 套筒的直径和壁厚应符合相关标准的规定；
 - 2) 螺纹牙型应完整，套筒与锁母表面不应有裂纹，表面及内螺纹不应有锈蚀及其他肉眼可见的缺陷；
 - 3) 内螺纹用专用螺纹塞通规检验，其塞通规应能顺利旋入，塞止规旋入，塞止规旋入长度不应超过3P。
- b) 钢筋丝头加工尺寸应符合下列要求：
 - 1) 丝头中径、牙型角及丝头有效螺纹长度应符合技术文件的规定。丝头螺纹尺寸宜满足GB/T 196规定的要求；有效螺纹中径尺寸公差宜满足GB/T 197中67级精度要求；
 - 2) 丝头有效螺纹中径的圆柱度（每个螺纹的中径）误差不应超过0.20mm。
- c) 钢筋丝头的加工应符合下列规定：
 - 1) 丝头表面不应有损坏及锈蚀；
 - 2) 丝头有效螺纹数量不应少于设计要求；牙顶宽度大于0.3P的不完整螺纹累计长度不应超过两个螺纹周长；标准型接头的丝头有效螺纹长度应不小于1/2连接套筒长度，且允许误差为+2P；
 - 3) 丝头尺寸用专用的螺纹环规检验，应能顺利地旋入并达到要求的拧入长度，环止规旋入长度不应超过3P。
- d) 滚轧直螺纹钢筋连接质量应符合下列规定：
 - 1) 钢筋连接完毕后，标准型接头连接套筒外应有外露的有效螺纹，且连接套简单边有效螺纹不应超过2P；
 - 2) 钢筋连接完毕后，拧紧扭矩值应符合表C.4的要求。

表C.4 直螺纹接头安装时的最小拧紧扭矩值

钢筋直径 (mm)	≤16	18~20	22~25	28~32	36~40
拧紧扭矩 (N·m)	100	200	260	320	360
注：当不同直径的钢筋连接时，拧紧力矩值按较小直径钢筋的相应值取用。					

C.4 锻粗直螺纹机械连接接头技术要求和外观质量应符合下列规定：

- a) 套筒与锁母的质量应符合本标准附录 C.3 的相关规定。
- b) 钢筋锻粗头及丝头加工尺寸应符合下列技术要求：
 - 1) 锻粗头的基圆直径 d_1 (图 C.2) 应满足丝头螺纹加工的要求，长度 L_0 应大于 1/2 套筒长度，冷锻粗过渡段坡度应不大于 1:5；

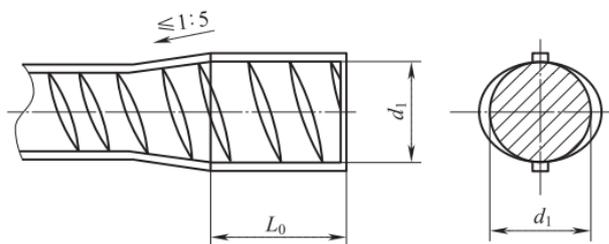


图 C.2 锻粗头示意图

- 2) 丝头中径、牙型角及丝头有效螺纹长度应符合技术文件的要求。钢筋丝头的螺纹应与连接套筒的螺纹相匹配，丝头螺纹尺寸宜满足 GB/T 196 的规定。有效螺纹中径尺寸公差宜满足 GB/T 197 中 6f 级精度的规定；
 - 3) 丝头有效螺纹中径的圆柱度（每个螺纹的中径）误差不应超过 0.2mm。
 - c) 钢筋丝头的加工质量应符合下列规定：
 - 1) 丝头表面不应有损坏及锈蚀；
 - 2) 丝头牙形完整，牙顶宽度超过 0.25P 的秃牙部分，其累计长度不宜超过一个螺纹周长；
 - 3) 丝头长度应满足技术文件要求，标准型接头的丝头长度公差为+2P；
 - 4) 螺纹中径尺寸用专用的螺纹环规检验，其通端螺纹环规应能顺利地旋入螺纹并达到旋合长度，允许止端螺纹环规与端部螺纹部分旋合，旋入量不应超过 3P。
 - d) 锻粗直螺纹钢筋连接质量应符合本标准 C.3 的相关规定。
- C.5 套筒挤压机械连接接头技术要求和外观质量应符合下列规定：
- a) 套筒的质量应符合下列规定：
 - 1) 套筒表面不应有裂纹，内外表面不应有锈蚀及其他肉眼可见的缺陷；
 - 2) 套筒的直径和壁厚可用游标卡尺检验，其公差应符合产品设计要求。
 - b) 套筒挤压接头的外观质量应符合下列规定：
 - 1) 接头不应有裂纹、折叠、严重锈蚀或影响性能的其他表面缺陷；
 - 2) 接头两端钢筋上显露检查标记，但不显露定位标记；
 - 3) 接头的压痕最小直径、压痕总宽度应符合产品设计要求；
 - 4) 接头两端钢筋的轴线弯折角度不应大于 3°。

附录 D
(规范性)
环氧涂层钢筋

D.1 一般规定

D.1.1 采用环氧涂层钢筋的混凝土，不得采用外加电流阴极保护。

D.1.2 环氧涂层钢筋的原材料、加工工艺、质量检验方法及验收标准应符合国家现行标准的有关规定。

D.1.3 环氧涂层钢筋的包装、标志、搬运和存放除应符合国家现行标准的有关规定外，尚应符合下列规定：

- a) 涂层钢筋搬运应采用水平方式，严禁拖拽抛掷。每捆涂层钢筋之间应用木隔板分离，暴露于车厢外的涂层钢筋应用帆布包裹保护；
- b) 吊装涂层钢筋的吊索宜采用高强度的尼龙带，不得使用钢丝绳吊装；涂层钢筋的长度在 6m 以下的应设 2 个支点吊装，长度超过 6m 时每隔 4m 应设一个支点吊装；涂层钢筋重量超过 2t 时，支点数量应适当增加。防止钢筋与吊索之间及钢筋与钢筋之间因碰撞、摩擦等造成涂层损坏；
- c) 涂层钢筋存放期不宜超过 6 个月，在室外存放期不宜超过 2 个月。室外存放超过 2 个月时，应采用不透明材料或其他保护罩覆盖保护，避免日照、盐雾、雨水的影响。保护罩应固定牢固，并保持涂层钢筋周围的空气流通，避免覆盖层下凝结水珠；
- d) 环氧涂层钢筋堆放时，其与地面之间应架空并设置保护性支承，各捆环氧涂层钢筋之间应用垫木隔开，支承的间距和垫木的间距应小到足以防止成捆钢筋的下垂，成捆堆放层数不得超过 5 层，无涂层钢筋与环氧涂层钢筋应分别堆放。

D.1.4 环氧涂层钢筋施工应根据具体工艺采取有效措施，使钢筋涂层不受损坏，对在施工中造成的少量涂层损坏，应及时予以修补。

D.1.5 涂层钢筋的加工应符合下列规定：

- a) 在对涂层钢筋进行弯曲、切割等加工时，环境温度不宜低于 5℃；
- b) 当涂层钢筋进行弯曲加工时，对直径 d 不大于 20mm 的钢筋，其弯曲直径不应小于 $4d$ ；对直径 d 大于 20mm 的钢筋，其弯曲直径不应小于 $6d$ ；
- c) 钢筋弯曲机的芯轴应套以专用套筒，平板表面应铺以毛毡、橡胶等柔软垫层；
- d) 涂层钢筋应采用砂轮锯或钢筋切断机进行切断加工。切断时，在直接接触涂层钢筋的部位，应加以非金属缓冲垫保护。严禁使用气割或其他高温热力方法切断涂层钢筋。

D.1.6 涂层钢筋的连接与定位应符合下列规定：

- a) 涂层钢筋的连接方式应符合设计要求，可采用绑扎、焊接或机械连接；
- b) 采用绑扎连接时，对于直径为 12mm~25mm 的涂层钢筋，宜采用直径为 1mm 的包环氧树脂铅丝；对于直径大于 25mm 的涂层钢筋，宜采用直径为 2.4mm 的包环氧树脂铅丝。对交叉交叉钢筋，宜采用“X”型绑扣；
- c) 采用焊接连接时，焊接前应先将用于焊接部位的涂层剔除干净。焊接后，应将焊接部位周围受影响的涂层剔除干净，然后用修补材料进行修补；
- d) 采用机械连接时，用于连接的部件也应进行涂层保护；

- e) 涂层钢筋允许与非涂层钢筋联合使用，但应注意防止两者之间形成电连接造成电腐蚀，且架立筋应采用涂层钢筋进行固定；
- f) 涂层钢筋铺装就位后，施工人员不应在其上行走，避免施工工具跌落砸坏涂层。

D.1.7 涂层钢筋的修补应符合下列规定：

- a) 当涂层有孔洞、空隙、裂纹及肉眼可见的其他缺陷时，在生产和搬运过程中造成的涂层钢筋破损时，在加工过程中受到剪切、锯割或工具切断时或在连接过程中造成的涂层破损或烧伤时，应在切断或破损 2 小时内及时修补；
- b) 当涂层和钢筋之间存在不黏着现象时，在剔除不黏着的涂层后，影响区域应进行修补；
- c) 涂层钢筋经过弯曲加工后，在弯曲区段仅有发丝裂缝，涂层与钢筋之间没有可察觉的黏着损失，可不必修补；
- d) 涂层修补受损涂层面积应不超过每 1m 长环氧树脂涂层钢筋总表面积的 0.5%（不包括切割部位）；
- e) 修补前应除尽不黏的涂层和修补处的锈迹。对目视可见的涂层损伤，应采用规定的修补材料进行修补，受损部位的涂层厚度应不少于 220 μm ，与原涂层的搭接宽度应不少于 10mm；
- f) 当修补时的环境湿度大于 85%RH 时，可用电热吹风机进行加热除湿处理；
- g) 修补应采用环氧涂层钢筋生产厂家提供的修补材料。

D.1.8 浇筑混凝土前，应检查环氧涂层钢筋的涂层，尤其是剪切端头处，如有损伤应及时修补，待修补材料固化后，方可浇筑混凝土。

D.1.9 浇筑混凝土时，宜采用附着式振捣器振捣密实。当采用插入式振捣器时，应用塑料或橡胶包覆振捣器，防止振捣混凝土过程中损伤环氧涂层。现场多次浇筑成整体或预制混凝土构件的外露环氧涂层钢筋应采取措施，避免阳光曝晒。

D.2 质量验收

D.2.1 环氧涂层钢筋的质量验收应符合下列规定：

- a) 每 30t 为一批，不足 30t 也按一批计；
- b) 每一验收批应随机至少抽取 1 根涂层钢筋进行涂层厚度、连续性和柔韧性的复检；
- c) 每米涂层钢筋上涂层缺陷总面积最大不得超过钢筋表面积的 0.05%。

附录 E

(规范性)

混凝土的耐久性指标和长期性能要求

E.1 不同强度等级混凝土的电通量应满足表 E.1 的要求。

表E.1 不同强度等级混凝土的电通量 (C)

混凝土强度等级	设计工作年限		
	100 年	60 年	30 年
<C30	<1500	<2000	<2500
C30~C45	<1200	<1500	<2000
≥C50	<1000	<1200	<1500

当混凝土抗压强度的设计龄期为28d和56d时，混凝土凝电通量的评定龄期为56d；当混凝土抗压强度设计龄期为90d时，混凝土电通量的评定龄期为90d。

E.2 氯盐环境下，混凝土的抗氯离子渗透性能应满足表 E.2 的要求。

表E.2 氯盐环境下混凝土抗氯离子渗透性能

评价指标	环境作用等级	100 年	60 年
混凝土氯离子扩散系数 (56d) DRCM m ² /s	L1	≤7×10 ⁻¹²	≤10×10 ⁻¹²
	L2	≤5×10 ⁻¹²	≤8×10 ⁻¹²
	L3	≤3×10 ⁻¹²	≤4×10 ⁻¹²

当混凝土抗压强度的设计龄期为28d和56d时，混凝土氯离子扩散系数的评定龄期为56d；当混凝土抗压强度设计龄期为90d时，混凝土氯离子扩散系数的评定龄期为90d。

E.3 化学侵蚀环境下，混凝土胶凝材料的 56d 抗蚀系数不得小于 0.80。

E.4 盐类结晶破坏环境下，混凝土的气泡间距系数应小于 300μm，且混凝土抗盐类结晶破坏性能应满足表 E.3 的要求。

表E.3 盐类结晶破坏环境下混凝土抗盐类结晶破坏性能

评价指标	环境作用等级	100 年	60 年	30 年
56d 抗硫酸盐结晶破坏等级	Y1	≥KS90	≥KS60	≥KS60
	Y2	≥KS120	≥KS90	≥KS90
	Y3	≥KS150	≥KS120	≥KS120
	Y4	≥KS150	≥KS120	≥KS120

当混凝土抗压强度的设计龄期为28d和56d时，混凝土抗硫酸盐结晶破坏等级的评定龄期为56d；当混凝土抗压强度设计龄期为90d时，混凝土抗硫酸盐结晶破坏等级的评定龄期为90d。

E.5 冻融破坏环境下，混凝土的气泡间距系数应小于 300μm，且混凝土的抗冻性能应满足表 E.4 的要求。

表E.4 冻融破坏环境下混凝土的抗冻性能

评价指标	环境作用等级	100年	60年	30年
抗冻等级 (56d)	D1	≥F300	≥F250	≥F200
	D2	≥F350	≥F300	≥F250
	D3	≥F400	≥F350	≥F300
	D4	≥F450	≥F400	≥F350
<p>当混凝土抗压强度的设计龄期为28d和56d时，混凝土抗冻等级的评定龄期为56d；当混凝土抗压强度设计龄期为90d时，混凝土抗冻等级的评定龄期为90d。</p> <p>注：梁体混凝土的抗冻等级不应小于 F200，双块式轨枕和轨道板混凝土的抗冻等级不应小于F300。</p>				

E.6 磨蚀环境下，应对混凝土的耐磨性技术要求进行专门的对比试验研究确定。

E.7 对于特别重要的铁路混凝土结构，应对混凝土的抗裂性、护筋性技术要求进行专门试验研究确定。

E.8 无砟轨道底座板混凝土、双块式轨枕道床板混凝土、自密实混凝土的 56d 收缩率不应大于 400×10^{-6} 。

E.9 承受疲劳荷载作用的混凝土结构，混凝土的抗疲劳性能技术要求应通过专门的试验研究确定。

附录 F
(规范性)

砌体工程所用石料的类别、规格和质量要求

F.1 砌体工程所用石料的类别、规格和质量要求应符合表 F.1 的规定。

表F.1 砌体工程所用石料的类别、规格和质量要求

序号	类别	形 状	规格和质量要求
1	片石	形状不规则	石块中部厚度不小于 15cm，长度及宽度不小于厚度。
2	块石	形状规则，大致方正	稍加修整，厚度不应小于 20cm，长度及宽度不小于厚度。丁石的长度应比相邻顺石宽度大 15cm。
3	料石	形状规则的六面体	经粗加工，表面不允许凸出，凹入深度不大于 2cm，厚度不小于 20cm，宽度不小于厚度，长度不小于厚度的 1.5 倍。外露面向内修凿进深不应小于 10cm，且修凿面应与外露面垂直，每 10cm 应凿切 4~5 条纹。丁石的长度应比相邻顺石宽度大 15cm。

附录 G

(规范性)

砂浆试件制作、养护及抗压强度取值

G.1 砂浆试件的制作应符合下列规定：

- a) 应采用立方体试件，每组试件应为 3 块；
- b) 应采用黄油等密封材料涂抹试模的外接缝，试模内涂刷薄层机油或隔离剂。将拌制好的砂浆一次性装满砂浆试模，成型方法应根据稠度而确定。当稠度大于 50mm 时，宜采用人工插捣成型；当稠度不大于 50mm 时，宜采用振动台振实成型；
 - 1) 人工插捣时，应采用捣棒均匀地由边缘向中心按螺旋方式插捣 25 次，插捣过程中当砂浆沉落低于试模口时，应随时添加砂浆，可用油灰刀插捣数次，并用手将试模一边抬高 5mm~10mm 各振动 5 次，砂浆应高出试模顶面 6mm~8mm；
 - 2) 机械振动时，应将砂浆一次装满试模，放置到振动台上，振动时试模不应跳动，振动 5s~10s 或持续到表面泛浆为止，不应过振。
- c) 砂浆试件成型后 0.5h~1h，再用抹刀刮掉多余砂浆，并抹平表面。

G.2 砂浆试件的养护应符合下列规定：

- a) 试件表面抹平后应予覆盖，并在 20°C±5°C 条件下静养 24h±1h 脱模；
- b) 脱模后，试件应立即送入养护室养护。养护室内的温度为 20°C±2°C，相对湿度为 90% 以上。养护到规定龄期后，取出进行抗压强度试验。

G.3 试件的试压及抗压强度取值应符合下列规定：

- c) 试件取出后，应及时进行试压。加压方向应垂直于捣实方向。试件与压力机接触面应洁净无砂粒，加荷速度应为 0.3MPa/s；
- d) 砂浆的抗压强度应按式 (G.1) 计算：

$$f_m, cu = K \frac{Nu}{A} \dots\dots\dots (G.1)$$

式中：

f_m, cu—砂浆抗压强度 (MPa)，精确至 0.1MPa；

Nu—破坏荷载 (N)；

A—试件承压面积 (mm²)；

K—换算系数，取 1.35。

应以 3 个试件测值的算术平均值作为该组试件的砂浆立方体抗压强度平均值 (f₂)，精确至 0.1MPa。当 3 个测值的最大值或最小值中有一个与中间值的差值超过中间值的 15% 时，应把最大值及最小值一并舍去，取中间值作为该组试件的抗压强度值。当两个测值与中间值的差值均超过中间值的 15% 时，则该组试验结果应为无效。

附录 H

(规范性)

自密实混凝土拌和物性能试验方法

H.1 坍落扩展度、扩展时间 T_{500} 试验H.1.1 坍落扩展度、扩展时间 T_{500} 试验采用的仪器应符合下列规定：

- 用水量敏感性试验所采用的混凝土坍落度筒应符合 JG/T 248 中有关技术要求的规定；
- 用水量敏感性试验所采用的底板应为硬质不吸水的光滑正方形平板，边长为 900mm，最大挠度不超过 3mm。在平板表面标出坍落度筒的中心位置和直径分别为 200mm、300mm、500mm、600mm、700mm、800mm 的同心圆，如图 H.1 所示；

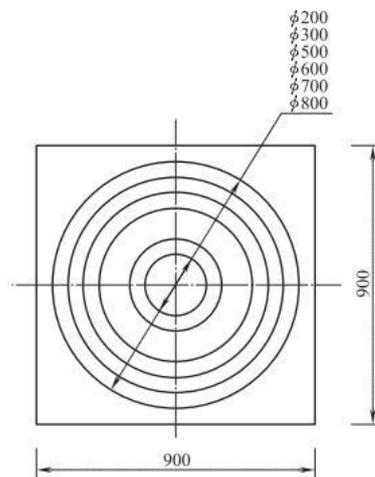


图 H.1 底板示意图 (单位: mm)

- 辅助工具采用 10L 铁桶、铲子、抹刀、钢尺 (精度 1mm) 和秒表等。

H.1.2 坍落扩展度、扩展时间 T_{500} 按下列规定进行试验：

- 用湿布将硬质底板和坍落度筒润湿，保证坍落度筒内壁和硬质底板上无明水；硬质底板应放置在坚实平整的水平面上，坍落度筒放在底板中心位置，下缘与 200mm 刻度圈重合，然后用脚踩住坍落度筒两边的脚踏板，装料时保持坍落度筒位置不变；
- 先用铲子将混凝土装入 10L 铁桶中，然后将铁桶中混凝土一次性装入坍落度筒中，整个过程中不施以任何振动或捣实；
- 用抹刀刮去坍落度筒中混凝土顶部的余料，使其与坍落度筒的上缘齐平，将坍落度筒周围多余的混凝土清除，随即垂直平稳地提起坍落度筒，使混凝土自由流出，坍落度筒的提起过程应在 3s 内完成。从向坍落度筒中装料到提起坍落度筒的整个过程应连续进行，并在 90s 内完成。

H.1.3 坍落扩展度、扩展时间 T_{500} 试验记录应符合下列规定：

- 测定扩展度达到 500mm 的时间 T_{500} ，计时从提起坍落度筒开始，至扩展开的混凝土外缘初触硬质底板上所绘直径 500mm 的刻度圈为止，以秒表测定时间，精确至 0.1s (单位: s)；
- 用钢尺测量混凝土扩展后最终的扩展直径，测量在相互垂直的两个方向上进行，并计算两个所测直径的平均值 (单位: mm)；

- c) 当扩展后的混凝土偏离圆形，测得两直径之差在 50mm 以上时，需从同一盘混凝土中另取样品重新试验；
- d) 观察最终坍落后的混凝土的状况，如发现粗骨料在中央堆积或最终扩展后的混凝土边缘有较多水泥浆析出，表示此混凝土拌和物抗离析性不好，应予以记录。

H.2 J 环障碍高差试验

H.2.1 J 环障碍高差试验采用的仪器应符合下列规定：

- a) J 环障碍高差试验所用的混凝土坍落度筒和硬质底板应符合第 H.1.1 条的相关规定，使用的 J 环直径为 300mm，由 16 根 φ18 钢筋组成，具体尺寸如图 H.2 所示：

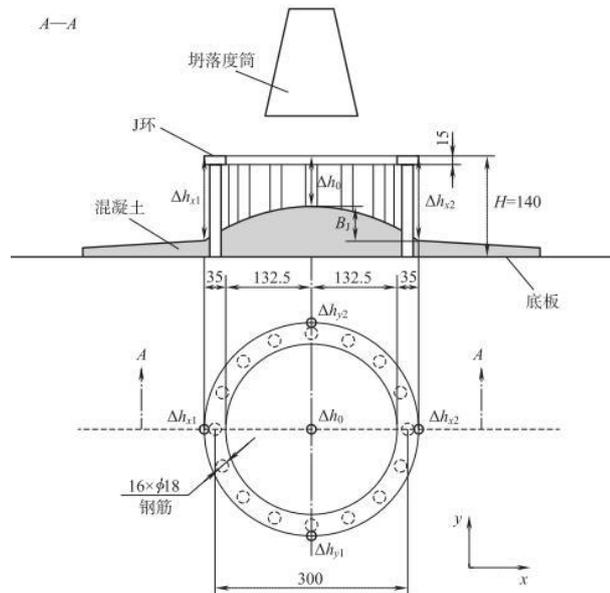


图 H.2.1 J 环及 BJ 测试图(单位:mm)

图 H.2 J 环及 BJ 测试图 (单位: mm)

- b) 辅助工具采用铲子、抹刀、钢尺（精度 1mm）、秒表和 10L 铁桶等。

H.2.2 J 环障碍高差试验按下列规定进行试验：

- a) 用湿布润湿硬质底板和坍落度筒，使坍落度筒内壁和硬质底板上无明水；硬质底板应放置在坚实平整的水平面上，坍落度筒放在硬质底板中心位置，下缘与 200mm 刻度圈重合，J 环则套在坍落度筒外，下缘与 300mm 刻度圈重合，坍落度筒在装料时应保持位置固定不动；
- b) 先用铲子将混凝土装入 10L 铁桶中，然后将铁桶中混凝土一次性装入坍落度筒中，整个过程中不施以任何振动或捣实；
- c) 用刮刀刮除坍落度筒中已填充混凝土顶部的余料，使其与坍落度筒的上缘齐平，将坍落度筒周围多余的混凝土清除。随即垂直平稳地提起坍落度筒，使混凝土自由流出，坍落度筒的提离过程应在 3s 内完成。从开始装料到提离坍落度筒的整个过程应连续进行，并应在 90s 内完成；
- d) 用钢尺测量 J 环中心位置混凝土顶面至 J 环顶面的高度差 (Δh0)，然后再沿 J 环外缘两垂直方向分别测量 4 个位置混凝土顶面至 J 环顶面的高度差 (Δhx1, Δhx2, Δhy1, Δhy2) (单位: mm)。J 环障碍高差 BJ 按式 (H.1) 计算，结果精确至 1mm。

$$BJ = \frac{(\Delta hx1 + \Delta hx2 + \Delta hy1 + \Delta hy2)}{4} - \Delta h0 \dots\dots\dots (H.1)$$

H.3 L 型仪充填比试验

H.3.1 L型仪充填比试验使用的仪器应符合下列规定：

- a) L型仪充填比试验采用的L型仪用硬质不吸水材料制成，由前槽（竖向）和后槽（水平）组成，具体外形尺寸如图H.3所示。前槽与后槽之间有一活动门隔开。活动门前设有一垂直钢筋栅，钢筋栅由3根（或2根）长为150mm的 $\phi 12$ 光圆钢筋组成，钢筋净间距为40mm或60mm。

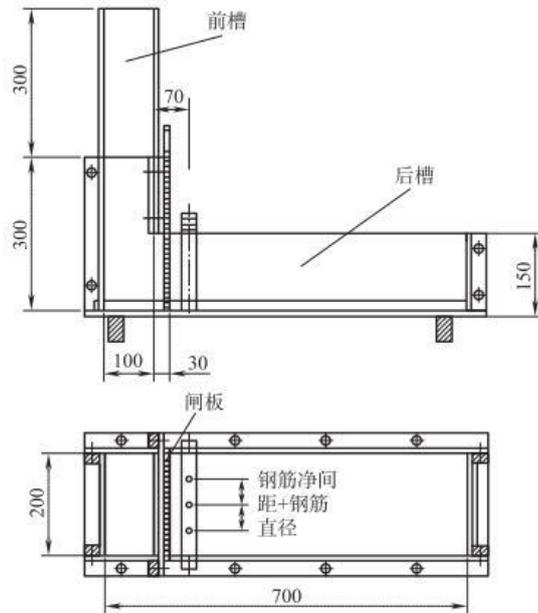


图 H.3 L 型仪（单位：mm）

- b) 辅助工具采用铲子和抹刀等。

H.3.2 L型仪充填比按下列规定进行试验：

- 将L型仪水平放在坚实平整的地面上，保证活动门可以自由地开关；
- 用湿布湿润L型仪内表面，并清除多余明水；
- 搅拌好的混凝土装入L型仪前槽，保证混凝土面与前槽上口平齐；
- 静置1min后，迅速提起活动门使混凝土流进后槽水平部分，如图H.4所示；
- 当混凝土停止流动后，测量并记录“H1”和“H2”，精确至0.1mm计算H2/H1值；
- 以上试验应在5min内完成。

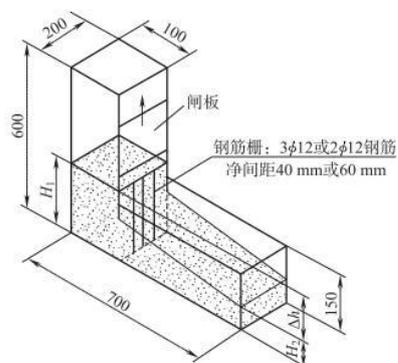


图 H.4 L 型仪试验（单位：mm）

H.4 竖向膨胀率试验

H.4.1 竖向膨胀率试验使用的仪器应符合下列规定：

a) 竖向膨胀率试验装置如图 H.5 所示：

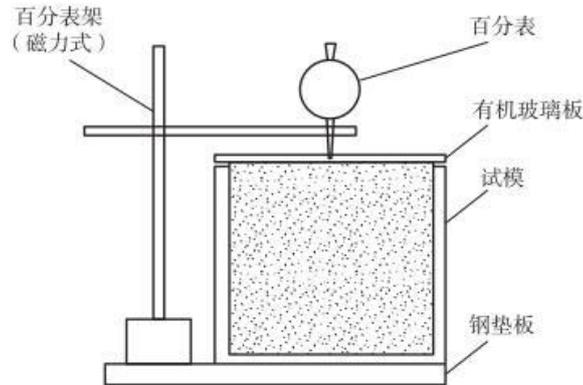


图 H.5 竖向膨胀率装置示意图

b) 竖向膨胀率测试主要仪器工具应符合下列规定：

- 1) 百分表的量程为 10mm；
- 2) 百分表架为磁力表架；
- 3) 硬质有机玻璃板的尺寸为长 160mm×宽 160mm×厚 2mm；
- 4) 试模采用 150mm×150mm×150mm 立方体试模；
- 5) 钢垫板采用长 250mm×宽 250mm×厚 15mm 的普通钢板。

c) 辅助工具采用铲子和抹刀等；

d) 竖向膨胀率试验仪表安装应满足下列要求：

- 1) 钢垫板表面平整，水平放置在工作台上，水平度不应超过 0.02；
- 2) 试模放置在钢垫板上，不可摇动；
- 3) 硬质有机玻璃板平放在试模中间位置；
- 4) 百分表与百分表架卡头固定牢靠，保证竖向垂直，确保表杆能够自由升降。安装百分表时，要下压表头，使指针指到量程的 1/2 处左右；
- 5) 百分表架固定在钢垫板上，尽量靠近试模，缩短横杆悬臂长度。

H.4.2 竖向膨胀率按下列规定进行试验：

- a) 按图 H.5 要求摆放好钢垫板和试模，试模内侧要涂刷脱模剂；
- b) 混凝土搅拌好后，立即装入试模内，保证混凝土高出试模上表面 3mm~5mm，用抹刀清除试模上缘上多余的混凝土。然后将有机玻璃板放置在混凝土表面，尽量排出有机玻璃板和混凝土之间的空气，保持有机玻璃板四边与试模四边平行，垂直向下轻压有机玻璃板，使有机玻璃板与混凝土完全密贴，且保证有机玻璃板与试模上表面有一定空隙；
- c) 安装好磁力表架，将百分表测头垂直放在有机玻璃板中心位置，下压表头，使表指针指到量程的 1/2 位置处，然后在 30s 内记录百分表读数 h_0 ，为初始读数。24h 时记录百分表读数 h_1 ，为最终读数；
- d) 从测量初始读数开始，测量装置和试件应保持静止不动，并不受振动，测试应在温度 $20^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度大于 50% 的环境中进行；
- e) 竖向膨胀率按式 (H.2) 进行计算：

$$\varepsilon_t = \frac{1-h_1}{h_0} \times 100\% \dots\dots\dots (\text{H.2})$$

式中：

ε_t —竖向膨胀率；

h_0 —试件高度的初始读数（mm）；

h_1 —龄期 24h 时的高度读数（mm）；

h —试件基准高度， $h=150\text{mm}$ 。

试验结果取一组三个试件的算术平均值，计算精确至0.01。

附录 I

(规范性)

喷射混凝土强度检查试件制作方法

1.1 喷大板切割法应在施工的同时,将混凝土喷射在 450mm×350mm×120mm (可制成 6 块)或 450mm×200mm×120mm (可制成 3 块)的模型内,当混凝土达到一定强度后,用切割法加工成 100mm×100mm×100mm 的立方体试件或用钻芯法加工成长 100mm、直径 100mm 的圆柱体,在标准条件下养护至 28d 进行试验 (精确至 0.1MPa)。

1.2 采用喷大板切割法,当对强度有怀疑时,可用凿方切割法。凿方切割法应在具有一定强度的支护上,用凿岩机打密排钻孔,取出长 350mm、宽 150mm 的混凝土块,加工成 100mm×100mm×100mm 的立方体试件,在标准条件下养护至 28d 进行试验 (精确至 0.1MPa)。

1.3 采用喷大板切割法,当对强度有怀疑时,也可采用钻孔取芯法。钻孔取芯法应在具有 28d 强度的支护上,用钻孔取芯机钻取并加工成长 100mm、直径 100mm 的圆柱体进行试验 (精确至 0.1MPa)。

附录 J

(规范性)

无砂透水混凝土强度试验方法

J.1 试验采用的仪器设备应符合下列规定：

- a) 试模采用 150mm×150mm×150mm 的标准立方体；
- b) 插捣棒采用长度为 600mm，直径为 16mm 的具有半球形端头的钢筋；
- c) 平板振动器采用单机附着式混凝土振动器；
- d) 面板为覆膜多层胶合木模板，尺寸为 600mm×600mm。

J.2 试件制作应符合下列规定：

- a) 混凝土拌和物分两层装入模内，第一层的厚度约为试模高度的 2/3，第二层高出试模 20mm；
- b) 制作试件时每层插捣次数分布符合表 J.1 的规定，在侧面和平面内部插捣次数力求等距离和均匀分布；

表 J.1 试件每层插捣次数分布

试件尺寸 (mm)	插捣次数		
	四角 (次)	侧面 (次)	平面内部 (次)
150×150×150	各 1	各 3	9

- c) 在插捣第一层混凝土时，捣棒应达到试模底部；插捣第二层时，捣棒应贯穿第二层后插入下层 20mm~30mm；插捣时捣棒应保持垂直，不应倾斜。第二层插捣完毕后，用抹刀将表面大致抹平并高出试模约 20mm；
- d) 将做好的试件按“品”字形放于水平面上，把面板压在试件上，平板振动器放于面板中间；
- e) 启动平板振动器振动 30s，然后用抹刀将试件表面抹平。

J.3 试件制作完成后立即用塑料薄膜覆盖试件表面，24h 后编号、拆模，放在标准养护室中养护至规定龄期。

J.4 养护至规定龄期的透水混凝土试件，按 GB/T 50081 的规定进行强度试验与评定。

附录 K (规范性)

无砂透水混凝土透水系数的测试方法

K.1 无砂透水混凝土透水系数的试验装置按图 K.1 设置。

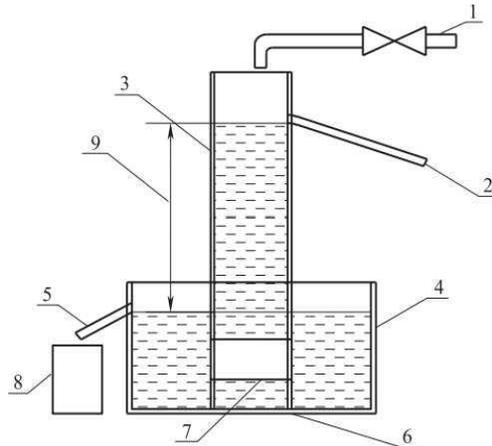


图 K.1 透水系数装置示意图

1—供水系统；2—圆筒的溢流口；3—水圆筒；4—溢流水槽；
5—水槽的溢流口；6—支架；7—试样；8—量筒；9—水位差

K.2 试验设备与装置应符合下列要求：

- 水圆筒：设有溢流口并能保持一定水位的圆筒；
- 溢流水槽：设有溢流口并能保持一定水位的水槽；
- 抽真空装置应能装下试样，并应保持 90kPa 以上真空度。

K.3 测量器具应符合下列要求：

- 分度值为 1mm 的钢直尺及类似量具；
- 秒表精度为 1s；
- 量筒容量为 2L，最小刻度为 1mL；
- 温度计最小刻度为 0.5℃。

K.4 试验用水应使用无气水，可采用新制备的蒸馏水进行排气处理，试验时水温宜为 20℃±3℃。

K.5 应分别在样品上制取 3 个直径为 100mm、高度为 50mm 的圆柱体作为试样。

K.6 试验宜按下列步骤进行：

- 用钢直尺测量圆柱体试样的直径 (D) 和厚度 (L)，分别测量两次，取平均值，精确至 1mm，计算试样的上表面面积 (A)；
- 将试样的四周用密封材料或其他方式密封好，使其不漏水，水仅从试样的上下表面进行渗透；
- 待密封材料固化后，将试样放入真空装置，抽真空至 (90±1) kPa，并保持 30min，在保持真空的同时，加入足够的水将试样覆盖并使水位高出试样 100mm，停止抽真空，浸泡 20min，将其取出，装入透水系数试验装置，将试样与透水圆筒连接密封好。放入溢流水槽，打开供水阀门，使无气水进入容器中，等溢流水槽的溢流孔有水流出时，调整进水量，使透水

圆筒保持一定的水位（约 150mm），待溢流水槽的溢流口和透水圆筒的溢流口的流水量稳定后，用量筒从出水口接水，记录 5min 流出的水量（Q），测量 3 次，取平均值；

- d) 用钢直尺测量透水圆筒的水位与溢流水槽水位之差（H），精确至 1mm。用温度计测量试验中溢流水槽中水的温度（T）℃，精确至 0.5℃。

K.7 透水系数应按式（K.1）计算。

$$kt = \frac{QL}{AHt} \dots\dots\dots (K.1)$$

式中：

kt——水温为 T℃时试样的透水系数（mm/s）；

Q——时间 t 秒内渗出的水量（mm³）；

L——试样的厚度（mm）；

A——试样的上表面面积（mm²）；

H——水位差（mm）；

t——时间（s）。

试验结果以 3 块试样的平均值表示，计算精确至 1.0×10^{-2} mm/s。

K.8 本试样以 15℃水温为标准温度，标准温度下的透水系数应按式（K.2）计算。

$$k_{15} = \frac{kt\eta T}{\eta_{15}} \dots\dots\dots (K.2)$$

式中：

k₁₅——标准温度时试样的透水系数（mm/s）；

η_T——T℃时水的动力黏滞系数（kPa·s）；

η₁₅——15℃时水的动力黏滞系数（kPa·s）。

附录 L
(规范性)
混凝土透气系数测定方法

- L.1 测定混凝土的透气系数应在恒定气压下进行。
- L.2 测定混凝土透气系数可采用下列设备材料：
- a) 透气系数测定仪可用 HS-40 型混凝土抗渗仪进行改装；
 - b) 空气压缩机的工作压力为 1.2MPa~1.4MPa，排气量为 0.3m³/min；
 - c) 气体量测装置的测量精度不低于 0.1mL；
 - d) 压力机或其他加压装置；
 - e) 烘箱、电炉及钢丝刷等；
 - f) 密封材料采用石蜡、多功能胶、环氧黏结剂、沥青等。
- L.3 模筑混凝土试件制作应符合下列规定：
- a) 试件尺寸可按混凝土抗渗试件制备，其尺寸宜为上径 175mm、下径 185mm、高 150mm 的圆台体；
 - b) 试件成型后应在 24h 后拆模，可用钢丝刷刷除两端面水泥浆膜，并在标准养护室养护，或与构件同条件养护至 28d，继续室内气干 14d~28d，当试件湿度与大气平衡后，方可进行透气性测试。
- L.4 模拟施工缝混凝土试件制作应符合下列规定：
- a) 试件尺寸同模筑试件；
 - b) 试件制备时，在混凝土抗渗试模中，事先放置用木材或其他材料制成的半块圆锥台体，侧面涂刷隔离剂备用；将施工用的模筑混凝土拌和物浇入抗渗试模的另一半空模中，振动捣实，24h 后拆模，将试件与模筑混凝土同条件养护；至再次浇筑模筑混凝土前，将其置于试模中，并在侧面（新旧混凝土交接面）作接缝处理以及涂喷界面黏结剂（处理方法同施工缝）；30min 内将模筑混凝土浇入抗渗试模的另一半空模中，振动捣实；48h 后用钢丝刷清除试件表面水泥浆膜，小心拆模；试件与模筑混凝土同条件下养护至 28d，继续室内气干 14d~28d 后，方可进行透气性测试。
- L.5 采用下进气法测试（适用于圆锥台体标准抗渗试件）透气性时应符合下列规定：
- a) 将气干试件的侧面用熔化状态的密封材料均匀滚涂一层涂膜；
 - b) 用压力机或其他加压装置将涂有密封材料的试件压入预热（50℃）过的抗渗试模内，使试件与试模底面压平，待试模稍冷后解除压力，取下试件；
 - c) 将密封好的试件安装在渗透仪上，加压至最大压力检查密封的气密性，确认密封无漏气后即可开始测试，如图 L.1（a）所示；
 - d) 测试压力可根据需要确定，从 0.3MPa 开始，经稳压 6h 后，开始测读透气量（精确至 0.1mL），一般每隔 0.5h 测读一次，直到连续两次的透气量读数差不大于平均值的+10%时为止，其两次透气量的平均值，即为试件的 0.5h 透气量。若透气量很大，也可按透气量达到某一固定值时所经历的时间进行控制，连续两次的经历时间读差，也应控制在平均值的+10%内，取其平均值作为该试件的透气时间，计算出在该测试压力下单位时间的透气量，然后继续提高压力，稳压 6h 后，继续测试；
 - e) 在透气量测试过程中发现透气量不正常，突然增大时，卸压后应重新检查其密封情况，必要时需重新测定。

L.6 采用上进气法测试（适用于非标准圆锥台体试件）透气性时，应符合下列要求：

- a) 除规定的透气面外，试件的其他暴露面均需密封，密封剂可采用多功能耐磨胶、环氧树脂等。密封剂一般涂刷 2~3 遍，涂刷前试件的表面应平整无油污及浮渣等妨碍黏结的杂物，并用有机溶剂清洗。待第一道密封剂固化后，可用砂纸将表面打毛，用有机溶剂擦净后继续涂刷第二遍；
- b) 试件与抗渗仪底座密封：在试件与抗渗仪底座间设置金属过渡环，用环氧树脂将试件与金属环、金属环与抗渗仪底座粘牢，防止漏气，待环氧树脂固化后，即可加上抗渗仪的钢套并密封，送气测试，如图 L.1 (b) 所示；

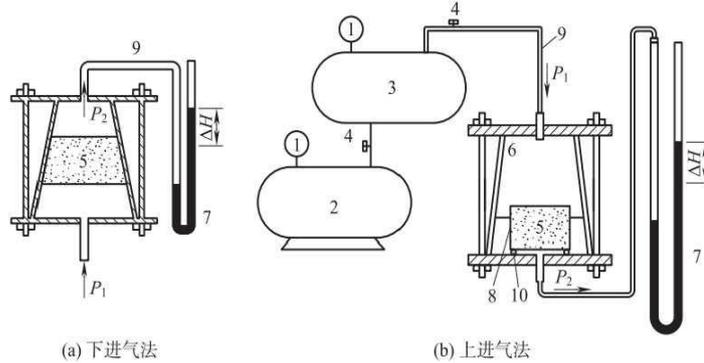


图 L.1 透气系数测试装置示意图

1—气压表；2—空气压缩机；3—恒压容器；4—气阀；5—试件；6—气压室；
7—U 形透气量仪；ΔH—透气量；8—密封涂层；9—胶管；10—钢环

- c) 透气量测定可按下进气法透气性测试相同步骤进行；
- d) 为检查试件及试件、钢环、底座间的密封性，待透气测读完成后，应在钢套与试件周围注入清水继续加压至气压最大值，经 24h 后检查透气通道中是否有水流出；当卸压并放出清水后再仔细检查试件、钢环、底座间是否有渗水，试件本身是否有透水痕迹；当无漏水痕迹时，表明密封良好，透气量测定有效，否则试件应重新烘干密封测试。

L.7 混凝土的透气系数从每组 6 块试件的透气量测试中，舍去最大值和最小值，取中间 4 块试件的透气量平均值作为该组试件的透气量，按式 (L.1) 计算其透气系数：

$$K = \frac{2LP_2\gamma_a}{P_1^2 - P_2^2} \times \frac{Q}{A} \times 10^{-2} \dots\dots\dots (L.1)$$

式中：

- K—透气系数 (cm/s)；
- L—试件厚度 (cm)；
- P₁—施压一侧气体压力 (MPa)；
- P₂—测流一侧气体压力 (MPa)；
- A—透气面积 (cm²)；
- Q—平均单位时间透气量 (cm³/s)；
- γ_a—空气单位容积重量 (N/cm³)，取 1.205×10⁻⁵N/cm³。