****

**T/CECS XXX-2022**

**中国工程建设标准化协会标准**

预制装配式边坡格构加固技术规程

**Technical specification for prefabricated slope lattice anchoring**

**（征求意见稿）**

**2021年12月**

**中国XX出版社**

**中国工程建设标准化协会标准**

预制装配式边坡格构加固技术规程

Technical specification for prefabricated slope lattice anchoring

**CECS XXX ：XXXX**

主编单位：深圳市路桥建设集团有限公司

中交四航工程研究院有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：2022年××年××日

中国建筑工业出版社

2022 北 京

## 前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发﹤2019 年第一批工程建设协会标准制订、修订计划﹥的通知》（建标协字〔2019〕12号）的要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准的主要技术内容是：1总则；2术语和符号；3基本规定；4材料；5结构设计；6构件生产与运输；7结构施工；8质量验收。

本标准由中国工程建设标准化协会混凝土结构专业委员会归口管理，由深圳市路桥建设集团有限公司负责具体技术内容的解释。在执行过程中如有意见或建议，请寄送深圳市路桥建设集团有限公司技术中心（地址：深圳市罗湖区泥岗东路1124号1楼技术中心，邮编：518024）。

**主编单位：** 深圳市路桥建设集团有限公司

中交四航工程研究院有限公司

**参编单位：** ××××××××××××××

××××××××××××××

××××××××××××××

××××××××××××××

××××××××××××××

××××××××××××××

××××××××××××××

××××××××××××××

××××××××××××××

××××××××××××××

××××××××××××××

××××××××××××××

××××××××××××××

××××××××××××××

××××××××××××××

**主要起草人：**××× ×××（以下人员按姓氏笔划排序）

××× ××× ××× ××× ×××

××× ××× ××× ××× ×××

××× ××× ××× ××× ×××

××× ××× ××× ××× ×××

××× ××× ××× ××× ×××

××× ××× ××× ××× ×××

**主要审查人：**××× ××× ××× ××× ×××

××× ×××

目 次

[前 言 4](#_Toc87457732)

[1 总则 1](#_Toc87457733)

[2 术语和符号 2](#_Toc87457734)

[2.1 术语 2](#_Toc87457735)

[2.2 符号 3](#_Toc87457736)

[3 基本规定 4](#_Toc87457737)

[3.1 一般规定 4](#_Toc87457738)

[3.2 边坡工程安全等级 5](#_Toc87457739)

[3.3 设计原则 6](#_Toc87457740)

[4 材料 8](#_Toc87457741)

[4.1 混凝土 8](#_Toc87457742)

[4.2钢筋 8](#_Toc87457743)

[4.3 锚杆（索） 9](#_Toc87457744)

[4.4 灌浆料 9](#_Toc87457745)

[4.5 锚具组装件 10](#_Toc87457746)

[4.6 其他材料 10](#_Toc87457747)

[5 结构设计 11](#_Toc87457748)

[5.1 一般规定 11](#_Toc87457749)

[5.2 作用及作用组合 13](#_Toc87457750)

[5.3 构件设计 13](#_Toc87457751)

[5.4 连接设计 14](#_Toc87457752)

[5.5 构造要求 19](#_Toc87457753)

[5.6 预制构件数字化设计 20](#_Toc87457754)

[6 构件生产与运输 21](#_Toc87457755)

[6.1 一般规定 21](#_Toc87457756)

[6.2 场地要求 22](#_Toc87457757)

[6.3 格构梁预制 22](#_Toc87457758)

[6.4 构件堆放 26](#_Toc87457759)

[6.5 质量控制与检验 27](#_Toc87457760)

[6.6 构件运输 29](#_Toc87457761)

[7 结构施工 29](#_Toc87457762)

[7.1 一般规定 29](#_Toc87457763)

[7.2 钻孔 31](#_Toc87457764)

[7.3 格构梁吊装 32](#_Toc87457765)

[7.4 锚杆锚头施工 35](#_Toc87457766)

[8 质量验收 37](#_Toc87457767)

[8.1 一般规定 37](#_Toc87457768)

[8.2 主控项目 39](#_Toc87457769)

[8.3 一般项目 42](#_Toc87457770)

[附录A 高性能混凝土原材料性能指标要求 43](#_Toc87457771)

[附录B 锚杆材料 44](#_Toc87457772)

[本标准规范用词说明 46](#_Toc87457773)

[引用标准名录 47](#_Toc87457774)

[条文说明 52](#_Toc87457775)

Contents

[1 General provisions 1](#_Toc87457109)

[2 Terms and symbols 2](#_Toc87457110)

[2.1 Terms 2](#_Toc87457111)

[2.2 Symbols 3](#_Toc87457112)

[3 Basic requirements 4](#_Toc87457113)

[3.1 General provisions 4](#_Toc87457114)

[3.2 Safety level of slope engineering 5](#_Toc87457115)

[3.3 Design principles 6](#_Toc87457116)

[4 Material 8](#_Toc87457117)

[4.1 Concrete 8](#_Toc87457118)

[4.2 Rebar 8](#_Toc87457119)

[4.3 Anchor (cable) 9](#_Toc87457120)

[4.4 Grouting 9](#_Toc87457121)

[4.5 Anchorage assembly 10](#_Toc87457122)

[4.6 Other materials 10](#_Toc87457123)

[5 Structural design 11](#_Toc87457124)

[5.1 General provisions 11](#_Toc87457125)

[5.2 Function and combination of functions 13](#_Toc87457126)

[5.3 Component design 13](#_Toc87457127)

[5.4 Connection design 14](#_Toc87457128)

[5.5 Construction requirements 19](#_Toc87457129)

[5.6 Digital design of prefabricated components 20](#_Toc87457130)

[6 Component production and transportation 21](#_Toc87457131)

[6.1 General regulations 21](#_Toc87457132)

[6.2 Site requirements 22](#_Toc87457133)

[6.3 Prefabrication of lattice beams 22](#_Toc87457134)

[6.4 Stacking of components 26](#_Toc87457135)

[6.5 Quality control and inspection 27](#_Toc87457136)

[6.6 Component transportation 29](#_Toc87457137)

[7 Structural construction 29](#_Toc87457138)

[7.1 General requirements 29](#_Toc87457139)

[7.2 Drilling 31](#_Toc87457140)

[7.3 Lifting of lattice beams 32](#_Toc87457141)

[7.4 Construction of anchor rod and anchor head 35](#_Toc87457142)

[8 Quality acceptance 37](#_Toc87457143)

[8.1 General provisions 37](#_Toc87457144)

[8.2 Main control items 39](#_Toc87457145)

[8.3 General items 42](#_Toc87457146)

[Appendix A Performance Index Requirements for High Performance Concrete Raw Materials 43](#_Toc87457147)

[Appendix B Anchor Rod Material 44](#_Toc87457148)

[Explanation of terms used in this standard 46](#_Toc87457149)

[List of Reference Standards 47](#_Toc87457150)

[Llause Description 52](#_Toc87457151)

## 1 总则

1.0.1 为了推进现代建筑产业化进程，提升边坡防护工业化水平，使预制装配式边坡格构加固技术做到技术先进、安全适用、经济合理、节能环保、确保质量，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于市政、建筑、公路、铁路、轨道交通等领域边坡工程中的预制装配式格构加固边坡的设计、预制构件制作、施工与质量验收。

1.0.3 预制装配式边坡格构梁加固工程应综合考虑工程地质、水文地质、边坡高度、环境条件、荷载作用、邻近建（构）筑物、地下市政设施、施工条件和工期等因素，因地制宜、精心设计、科学施工。

1.0.4 预制装配式边坡格构加固工程的设计、预制构件制作、施工及质量验收，除应符合本规程规定外，尚应符合现行国家、行业和地方有关标准的规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

2.1.1 边坡工程 slope engineering

为满足工程需要对自然边坡或人工边坡进行的改造，称为边坡工程。

2.1.2 预制格构梁 prefabricated lattice beam

在工厂或现场预先制作的格构梁，简称预制格构梁。

2.1.3起重吊装作业 crane lifting operation

使用起重设备将被吊物提升或移动至指定位置，并按要求安装固定的施工过程。

2.1.4吊具 hoist auxiliaries

拴挂和固定被吊物的工、机具和配件，如吊索、吊钩、吊梁和卡环等。

2.1.5起吊 hoisting

被吊物的吊装和空中运输过程。

2.1.6 锚杆（索） anchor（anchorage）

将拉力传至稳定岩土层的构件（或系统）；当采用钢绞线或高强度钢丝束并施加一定的预拉应力时，称为锚索。

2.1.7 格构锚固 frame anchor

在坡面采用现浇钢筋混凝土或预制钢筋混凝土构建框格结构，并用锚杆（索）错固的工程措施。

2.1.8 灌浆 grouting

通过钻孔(或预埋管)，将具有流动性和胶凝性、按一定配比要求制成的浆液，压入岩土层孔隙、岩土层与构件间隙或建构筑物的缝隙中胶结硬化成整体，达到防渗、固结、增强效果的工程措施。

2.1.9 灌浆套筒 the grouting coupler for rebars splicing

预埋在预制构件中用作预制构件钢筋灌浆连接用的金属套筒。

2.1.10 结构面 structural plane

指岩土体或混凝土等人工合成材料中物理力学性质较差的连续或不连续面，包括一切地质分离面。

2.1.11 严重缺陷 serious defect

对预制构件的受力性能或安装使用功能有决定性影响的缺陷。

2.1.12 一般缺陷 common defect

对预制构件的受力性能或安装使用功能无决定性影响的缺陷。

2.1.13 结构性能检验 inspection of structural performance

针对结构构件的承载力、挠度、裂缝控制性能等各项指标所进行的检验。

### 2.2 符号

——配置间接钢筋时局部抗压承载力提高系数；

*k*——间接钢筋影响系数；

——方格网或螺旋形间接钢筋内表面范围内的混凝土核芯面积；

——方格网沿L1方向的钢筋根数、单根钢筋的截面面积；

——方格网沿L2方向的钢筋根数、单根钢筋的截面面积；

——单根螺旋形间接钢筋的截面面积；

——螺旋形间接钢筋表面范围内混凝土核芯面积的直径；

*s*——方格网或螺旋形间接钢筋的层距；

——混凝土轴心抗压强度设计值；

*b*——矩形截面宽度；

*x*——混凝土受压区高度；

*h0*——截面有效高度，h0＝h－a，此处h为截面全高；

——纵向普通钢筋抗拉强度设计值和抗压强度设计值；

——纵向预应力钢筋抗拉强度设计值和抗压强度设计值；

——受拉区、受压区纵向普通钢筋截面面积；

——路线偏转角，单位：弧度；

——圆曲线半径，单位：m；

——缓和曲线偏转角，单位：弧度；

——内移距，单位：m；

——切线增长，单位：m；

——切线长，单位：m；

——外距，单位：m；

——切曲差，即切线长减去曲线长，单位：m；

——环筋扣合弯角间直线锚固长度（mm）；

——环筋扣合直筋段锚固长度（mm）；

——连接区域内竖向环形钢筋的最大直径（mm）；

——预制环形钢筋混凝土内、外墙的厚度（mm）；

——预制环形钢筋混凝土内、外墙的钢筋保护层厚度（mm）。

## 3 基本规定

### 3.1 一般规定

3.1.1 边坡格构锚固工程设计时应取得下列资料：

1 现场地形、地貌、建（构）筑物、其他设施及障碍物情况；

2 工程地质和水文地质资料；

3 气象资料；

4 工程用地、交通运输、施工道路及其他环境条件；

5 施工给水、排水、通信、供电和其他动力条件；

6 工程材料、工程机械、主要设备和特种物资情况；

7 与施工有关的其他情况和资料。

3.1.2 边坡格构锚固工程的设计使用年限不应低于被保护对象的设计使用年限。

3.1.3 预制边坡格构结构尺寸应根据场地地质和环境条件、边坡高度、边坡受力特点、边坡变形控制要求和边坡工程安全等级等因素综合确定。

3.1.4 坡体开挖与支护遵循逐级开挖、逐级支护原则，应自上而下分区段依次进行施工。

3.1.5 山区工程建设时应根据地质、地形条件及工程要求，因地制宜设置边坡坡面，避免形成深挖高填的边坡工程。对于稳定性较差且边坡高度较大的边坡工程宜采用放坡或分级放坡的方式进行设置。

3.1.6 边坡工程平面布置、竖向及立面设计应考虑对周边环境的影响，做到生态环保要求。

3.1.7 格构梁预制构件应根据其特性进行分类储存和运输。

3.1.8 格构梁预制构件进场时应进行抽样检测，对于重要工程宜进行现场试验。

3.1.9 预制装配式边坡格构锚固防护应结合边坡工程的特点，合理确定面层的铺设范围、连接位置和连接方式等，连接处接缝强度不低于面层强度。

3.1.10 施工过程中应采取保持坡体稳定的措施，包括施工技术措施和防范施工影响坡体稳定性措施，不得因施工降低坡体的稳定性。当坡面防护施工因故停工时，应在坡面做好临时防护。

3.1.11 对于地质和环境条件复杂、边坡滑塌区有重要建（构）筑物、稳定性较差的边坡工程，设计及施工应进行专门论证。

3.1.12 边坡格构锚固工程施工时应做好监测工作，必要时宜对装配式构件进行专项监测，实施信息化施工。

3.1.13 预制装配式边坡格构锚固工程设计应符合现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB50330和《装配式混凝土结构技术规程》JGJ1的有关规定。

### 3.2 边坡工程安全等级

3.2.1 预制边坡格构锚固工程安全等级参照现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB50330-2013的规定执行。

3.2.2 破坏后果很严重、严重的下列边坡工程，其安全等级应定为一级：

1 由外倾软弱结构面控制的边坡工程；

2 滑坡地段的边坡工程；

3 边坡滑塌区有重要建（构）筑物的边坡工程。

3.2.3 边坡滑塌区范围可按下式估算：

式中：*L*——边坡坡顶滑塌区外缘至坡底边缘的水平投影距离（*m*）：

*H*——边坡高度（*m*）：

*θ*——边坡的破裂角（°）：土质边坡可取45°+*φ*/2，*φ*为土体的内摩擦角。

### 3.3 设计原则

3.3.1 边坡格构锚固结构设计应包括结构布置、计算、构造等，并对施工、监测及质量验收提出要求。

3.3.2 边坡格构锚固结构设计时应进行下列计算和验算：

1 预制格构梁抗压、抗弯、抗剪、局部抗压承载力计算；

2 锚杆锚固体抗拔承载力及锚杆杆体抗拉承载力计算；

3 边坡稳定性验算。

3.3.3 边坡预制格构锚固结构设计时尚应进行下列计算和验算：

1 地下水发育边坡的地下水控制计算；

2 对变形有较高要求的边坡工程还应结合当地经验进行变形验算。

3.3.4 边坡预制格构锚固工程设计应采用以概率理论为基础的极限状态设计方法，应采用可靠度指标度量结构构件的可靠度。

3.3.5 预制边坡格构锚固结构应根据使用年限和环境类别进行耐久性设计，并应符合现行国家标准《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T50476的有关规定。

3.3.6 预制边坡格构锚固工程设计应符合下列规定：

1 预制格构锚固结构达到最大承载能力、锚固系统失效、发生不适于继续承载的变形或坡体失稳应满足承载能力极限状态的设计要求：

2 预制格构锚固结构和边坡达到预制格构锚固结构或临近建（构）筑物的正常使用所规定的变形限值或达到耐久性的某项规定限值应满足正常使用极限状态的设计要求。

3.3.7 预制边坡格构锚固结构设计所采用作用效应组合与相应的抗力限值应符合下列规定：

1 按地基承载力确定预制格构锚固结构或构件的基础底面积、埋深，或按单桩承载力确定桩数时，传至基础或桩上的作用效应按正常使用极限状态下荷载效应标准组合，相应的抗力应采用地基承载力特征值或单桩承载力特征值；

2 计算边坡与预制格构锚固结构的稳定性时，应采用荷载效应的基本组合，但其分项系数均为1.0；

3 以主动岩土压力计算锚杆面积、锚杆杆体与砂浆的锚固长度、锚杆锚固体与岩土层的锚固长度时，传至锚杆的作用效应按正常使用极限状态下荷载效应标准组合；以边坡稳定所需抗力计算锚杆面积、锚杆杆体与砂浆的锚固长度、锚杆锚固体与岩土层的锚固长度时，传至锚杆的作用效应按3.3.7第2款确定；

4 以主动土压力计算加筋材料面积和加筋材料的锚固长度时，传至加筋材料的作用效应按正常使用极限状态下荷载效应标准组合；以加筋边坡稳定所需抗力计算加筋材料面积和加筋材料的锚固长度时，传至加筋材料的作用效应按3.3.7第2款确定；

5 在确定支护结构截面、计算预制格构梁内力、确定配筋和验算材料强度时，土压力及滑坡推力应按承载能力极限状态下荷载效应的基本组合，采用相应的分项系数，并满足下式的要求：

*γ0S* ≤ *R*

式中：*S*——基本组合效应设计值；

*R*——结构构件抗力设计值；

*γ0*——结构重要性系数，对于安全等级为一级的边坡不应低于1.1，二、三级边坡不应低于1.0。

6 在计算预制格构锚固结构变形、锚杆变形及地基沉降时，应采用荷载效应的准永久组合，不计入风荷载和地震作用，相应的限值应为预制格构梁、锚杆或地基的变形允许值；

7 预制格构梁抗裂计算时，应采用荷载效应标准组合，并考虑长期作用的影响；

8 预制边坡格构锚固工程应按重点设防类进行抗震设计，抗震设计时地震作用效应和荷载效应的组合应按国标《建筑结构荷载规范》GB50009的有关规定执行。

3.3.8 抗震设防区，预制格构梁承载能力应采用地震作用效应和荷载效应基本组合进行验算。

## 4 材料

### 4.1 混凝土

4.1.1 预制装配式格构梁混凝土宜采用高性能混凝土，强度等级不宜低于C40。

4.1.2 高性能混凝土除满足国家现行标准《公路桥涵施工技术规范》JTG/T F50第6.15节规定外，原材料具体性能指标还应符合**附录A**的规定。

### 4.2钢筋

4.2.1 预制装配式格构梁中钢筋应采用 HRB400 级及以上热轧钢筋。

4.2.2 钢筋应具有出厂质量证明书和试验报告单，进场时除应检查其外观和标志外，尚应分批抽取试验进行力学性能检验，检验合格后方可使用。

4.2.3 钢筋的表面应洁净、无损伤，钢筋应平直、无局部弯折，主要受力钢筋端头切断后应磨平，外露钢筋应采取临时防护措施，防止钢筋锈蚀。

4.2.4 预制装配式格构梁混凝土结构中，钢筋的各项性能指标应符合国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的规定；钢材的各项性能指标应符合国家现行标准《钢结构设计规范》GB50017的规定。

4.2.5 预制构件吊环应采用未经冷加工的HPB300钢筋制作。吊装用内埋式螺母或吊杆的材料应符合国家现行相关标准的规定。

4.2.6 施工中发现钢筋脆断、焊接性能不良或力学性能显著不正常等现象时，应停止使用该批钢筋，并应对该批钢筋进行化学成分检验或其他专项检验。

### 4.3 锚杆（索）

4.3.1 锚杆（索）材料和部件应满足锚杆设计和稳定性要求，方便施工，且材料之间不应产生不良影响。

4.3.2 锚杆（索）材料和部件的质量标准及验收标准除专门提出特殊要求外，均应符合现行国家有关标准的规定。

4.3.3 锚杆（索）杆体可使用普通钢材、精轧螺纹钢、钢绞线包括无粘结钢绞线和高强钢丝，其材料尺寸和力学性能应符合本规范附录B的规定；不宜采用镀锌钢材。

4.3.4 锚杆杆体采用的钢筋应符合下列规定：

1 锚杆预应力筋宜采用预应力螺纹钢筋；

2 当锚杆极限承载力小于200kN且锚杆长度小于20m的锚杆，也可采用普通钢筋；

3 锚杆联接构件均应能承受100%的杆体极限抗拉承载力。

### 4.4 灌浆料

4.4.1 灌浆料用水泥应符合下列规定：

1 水泥宜使用普通硅酸盐水泥或复合硅酸盐水泥，水泥应符合现行国家标准《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》GB175的有关规定，对防腐有特殊要求时，可采用抗硫酸盐水泥，不得采用高铝水泥；

2 水泥等级强度不应低于32.5，压力型和压力分散型锚杆用水泥强度不应低于42.5。

4.4.2 灌浆料用的拌和水水质应符合现行行业标准《混凝土拌和用水标准》JGJ63的有关规定。

4.4.3 灌浆料用的细骨料应符合下列规定：

1 水泥砂浆只能用于一次注浆，细骨料应选用粒径小于2.0mm的砂；

2 砂的含泥量按重量计不得大于总重量的3%，砂中含云母、有机质、硫化物及硫酸盐等有害物质的含量，按重量计不得大于总重量的1%。

4.4.4 灌浆料中使用的外加剂应符合下列规定：

1 外加剂的品种和掺量应由试验确定，通过配比试验后，水泥注浆材料中可使用外加剂，外加剂不得影响浆体与岩土体的粘结和对杆体产生腐蚀；

2 对锚杆过渡管内二次充填灌浆时，也可使用膨胀剂；

3 水泥浆中氯化物含量不得超过水泥重量的0.1%。

4.4.5 浆体材料28d的无侧限抗压强度，不应低于25MPa。

### 4.5 锚具组装件

4.5.1 锚具应符合下列规定：

1 预应力筋用锚具、夹具和连接器的性能均应符合现行国家标准《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T14370的有关规定，其工程应用应符合现行行业标准《预应力筋用锚具、夹具和连接器应用技术规程》JGJ18等的规定；

2 依锚杆的使用目的，可采用能调节锚杆预应力的锚头；

3 锚具罩应采用钢材或塑料材料制作加工，需完全罩住锚具和预应力筋的尾端，承压板的接缝应为水密性接缝。

4.5.2 承压板和台座应符合下列规定：

1 承压板和台座的强度和构造应满足锚杆拉力设计值，以及锚具和结构物的连接构造要求；

2 承压板及过渡管宜由钢板和钢管制成，过渡钢管壁厚不宜小于5mm。

4.5.3 连接用焊接材料，螺栓、锚栓和铆钉等紧固件的材料应符合国家现行标准《钢结构设计规范》GB50017、《钢结构焊接规范》GB50661和《钢筋焊接及验收规程》JGJ18等的规定。

4.5.4 钢筋锚固板的材料应符合现行行业标准《钢筋锚固板应用技术规程》JGJ256的规定。

### 4.6 其他材料

4.6.1 锚杆杆体保护套材料应符合下列规定：

1 应具有足够的强度和柔韧性；

2 应具有防水性和化学稳定性，对锚杆无腐蚀影响；

3 应具有耐腐蚀性，与锚杆浆体和防腐剂无不良反应；

4 应能抗紫外线引起的老化。

4.6.2注浆管应符合下列规定：

1 注浆管应有足够的内径，能使浆体压至钻孔的底部，一次注浆和充填灌浆用注浆管应能承受不小于1MPa的压力；

2 重复高压注浆管应能承受不小于1.2倍最大注浆压力。

4.6.3锚杆各部件的防腐材料与杆体构造应在锚杆施工及试用期内不发生损坏并不影响锚杆使用功能。

4.6.4 锚杆锚固段防腐保护应符合下列规定：

1 采用I、II级防腐保护构造的锚杆杆体，水泥浆或水泥砂浆保护层厚度不应小于20mm；

2 采用III级防腐保护构造的锚杆杆体，水泥浆或水泥砂浆保护层厚度不应小于10mm。

4.6.5 锚杆锚头的防腐保护应符合下列规定：

1 永久锚杆在张拉作业完成后，应对锚头的有关部件进行防腐保护；

2 需调整预应力值的永久性锚杆的锚头宜装设钢质防护罩，其内应充满防腐油脂；

3 不需调整拉力的永久性锚杆的锚具、承压板及端头筋体可用混凝土防护，混凝土保护层厚度不应小于50mm。

## 5 结构设计

### 5.1 一般规定

5.1.1 装配式格构梁结构的设计应符合现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ1的基本要求，并应符合下列规定：

1 应采取有效措施加强结构的整体性；

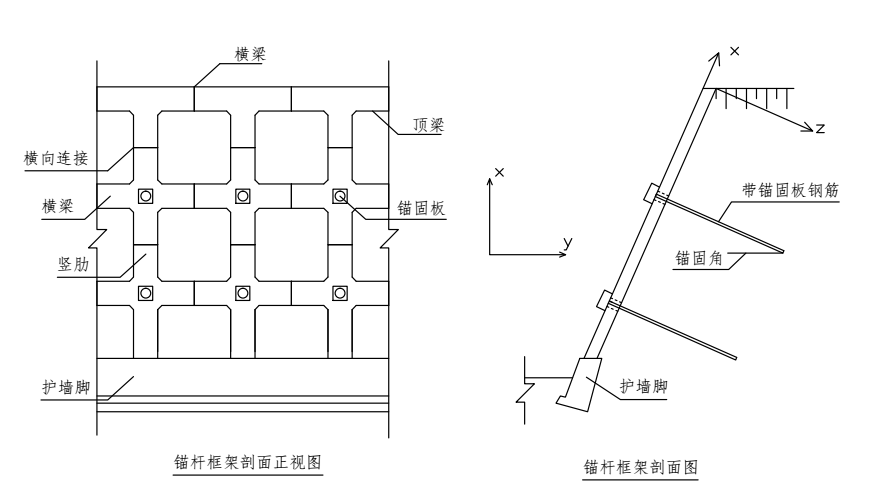
2 装配式格构梁节点及接缝宜采用高强混凝土、高强钢筋；

3 装配式格构梁的节点和接缝应受力明确、构造可靠，并应满足承载力、延性和耐久性等要求；

4 应根据连接节点和接缝的构造方式和性能，确定结构的整体计算模型。

5.1.2 预制构件节点及接缝处后浇混凝土强度等级应高于预制构件的混凝土强度等级。

5.1.3 装配式格构梁的平面布置宜简单、规则、对称，质量、刚度分布宜均匀，不应采用严重不规则的平面布置。



**图5.1.3装配式格构梁的平面布置**

5.1.4 装配式格构梁结构通常与锚杆（索）相结合，形成装配式锚杆（索）格构梁加固边坡。

5.1.5 装配式格构梁结构的抗震设计，应按下列原则考虑地震作用的影响：.

1 边坡工程的抗震设防烈度可采用地震基本烈度，且不应低于边坡破坏影响区内建筑物的设防烈度；

2 对抗震设防的边坡工程，其地震效应计算应按现行国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》GB50223执行；

3 对预制构件、连接设计和锚杆（索）外锚头等，应采取相应的抗震构造措施。

5.1.6 采用装配式格构梁的边坡工程宜采用动态设计法。根据施工现场的地质状况、施工情况和变形、应力监测的反馈信息，必要时应对原设计做校核、修改和补充。

### 5.2 作用及作用组合

5.2.1 装配式格构梁结构的作用及作用组合应根据国家现行标准《建筑结构荷载规范》GB50009、《建筑边坡工程技术规范》GB50330、《混凝土结构工程施工规范》GB50666和《建筑抗震设计规范》GB50011等确定。

5.2.2 预制构件在翻转、运输、吊运、安装等短暂设计状况下的施工验算，应将构件自重标准值乘以动力系数后作为等效静力荷载标准值。构件运输、吊运时，动力系数宜取1.5；构件翻转及安装过程中就位、临时固定时，动力系数可取1.2。

5.2.3 预制构件进行脱模验算时，等效静力荷载标准值应取构件自重标准值乘以动力系数后与脱模吸附力之和，且不宜小于构件自重标准值的1.5倍。动力系数与脱模吸附力应符合下列规定：

1 动力系数不宜小于1.2；

2 脱模吸附力应根据构件和模具的实际状况取用，且不宜小于1.5kN/m2。

### 5.3 构件设计

5.3.1 预制格构梁构件的设计应符合下列规定：

1 对持久设计状况，应对预制构件进行承载力、变形、裂缝控制验算；

2 对地震设计状况，应对预制构件进行承载力验算；

3 对制作、运输和堆放、安装等短暂设计状况下的预制构件验算，应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB50666的有关规定。

5.3.2 预制格构梁应配置通长的纵向钢筋。与锚杆孔衔接处，应配置加强箍筋。

**表5.3.2 加密区水平分布钢筋的要求**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 抗震等级 | 最大间距（mm） | 最小直径（mm） |
| 一、二级 | 100 | 8 |
| 三、四级 | 150 | 8 |

5.3.3 用于固定连接件的预埋件与预埋吊件、临时支撑用预埋件不宜兼用；当兼用时，应同时满足各种设计工况要求。预制构件中预埋件的验算应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB50666的有关规定。

5.3.4 预制构件中外露预埋件凹入构件表面的深度不宜小于10mm。

5.3.5 装配式格构梁锚固结设计应对锚杆（索）进行设计计算；锚杆（索）的设计方法参照现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330的有关规定。

5.3.6 装配式格构梁的整体内力计算可按照承受水平荷载的连续梁（或简支梁）参照下列公式进行弯矩和剪力计算：





式中：*M*——梁的水平向最大弯矩设计值（kN▪m）；

*V*——梁的水平向最大剪力设计值（kN）；

*q*——边坡作用在梁上的水平力（kN/m）；

*l*——作用在梁上两锚杆孔之间的净距离（m）；

*α*——内力系数，对于等跨连续梁取1/12；对简支梁取1/8。

### 5.4 连接设计

5.4.1 装配式格构梁结构中，接缝的正截面承载力应符合国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的规定；接缝的受剪承载力应符合下列规定：

1持久设计状况：



2地震设计状况：



在梁端和锚杆孔处箍筋加密区及剪力墙底部加强部位，尚应符合下式要求：



式中：γ0——结构重要性系数，边坡安全等级为一级时不应小于1.1，边坡安全等级为二级时不应小于1.0；

*V*jd——持久设计状况下接缝剪力设计值；

*V*jdE——地震设计状况下接缝剪力设计值；

*V*u——持久设计状况下梁端底部接缝受剪承载力设计值；

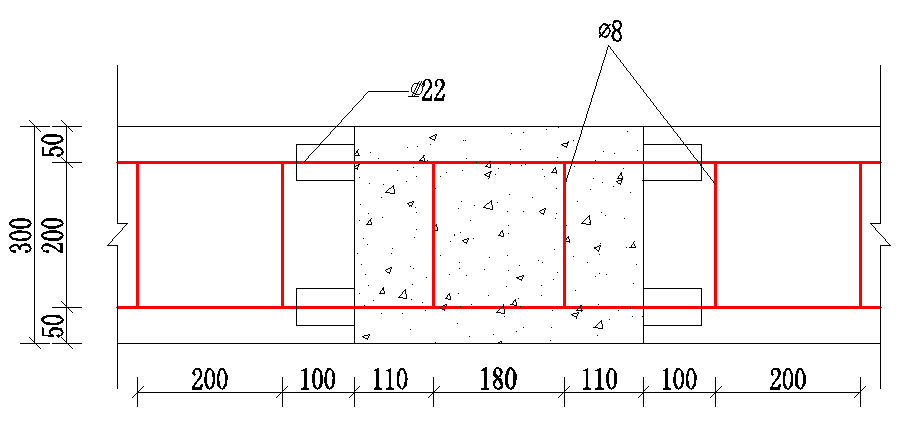
*V*uE——地震设计状况下梁端底部接缝受剪承载力设计值；

*V*mua——被连接构件端部按实配钢筋面积计算的斜截面受剪承载力设计值；

*η*j——接缝受剪承载力增大系数，抗震等级为一、二级取1.2，抗震等级为三、四级取1.1。

5.4.2 装配式格构梁结构中，节点及接缝处的纵向钢筋连接宜根据接头受力、施工工艺等要求可选用机械连接、套筒灌浆连接、浆锚搭接连接、焊接连接、绑扎搭接连接等连接方式。

5.4.3 对于湿接后浇工艺的装配式格构梁结构，应验算水平扣合连接筋的锚固长度和水平扣合连接筋的受拉承载力。



**图5.4.3 湿接后浇连接工艺**

预制环形钢筋混凝土连接的环筋扣合节点中，单侧受拉钢筋的锚固长度应当按下列公式计算：





式中：——环筋扣合弯角间直线锚固长度（mm）；

——环筋扣合直筋段锚固长度（mm），且不应小于120mm；

——连接区域内竖向环形钢筋的最大直径（mm）；

——预制环形钢筋混凝土的厚度（mm）；

——预制环形钢筋混凝土的钢筋保护层厚度（mm）。

预制环形钢筋混凝土的环筋扣合节点中，水平扣合连接筋的受拉承载力设计值应按下列公式计算：









式中：*Ns*——环形闭合钢筋受拉承载力设计值；

*R*——水平扣合连接筋的受拉承载力设计值；

*A*s——环形闭合钢筋的面积，按两根钢筋面积计算；

*f*t——混凝土轴心抗拉强度设计值，按后浇混凝土强度取值；

*A*sc——环形闭合钢筋扣合单元中混凝土剪切面的面积；

*f*yv——水平扣合连接筋的抗拉强度设计值；

*A*sdl——水平扣合连接筋的面积，按封闭环内角部四根插筋面积计算。

5.4.4 预制构件纵向钢筋宜在后浇混凝土内直线锚固；当直线锚固长度不足时，可采用弯折、机械锚固方式，并应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010和《钢筋锚固板应用技术规程》JGJ256的规定。

5.4.5 湿接工艺的接缝采用后浇带形式，并应符合下列规定：

1 后浇带宽度不宜小于200mm；

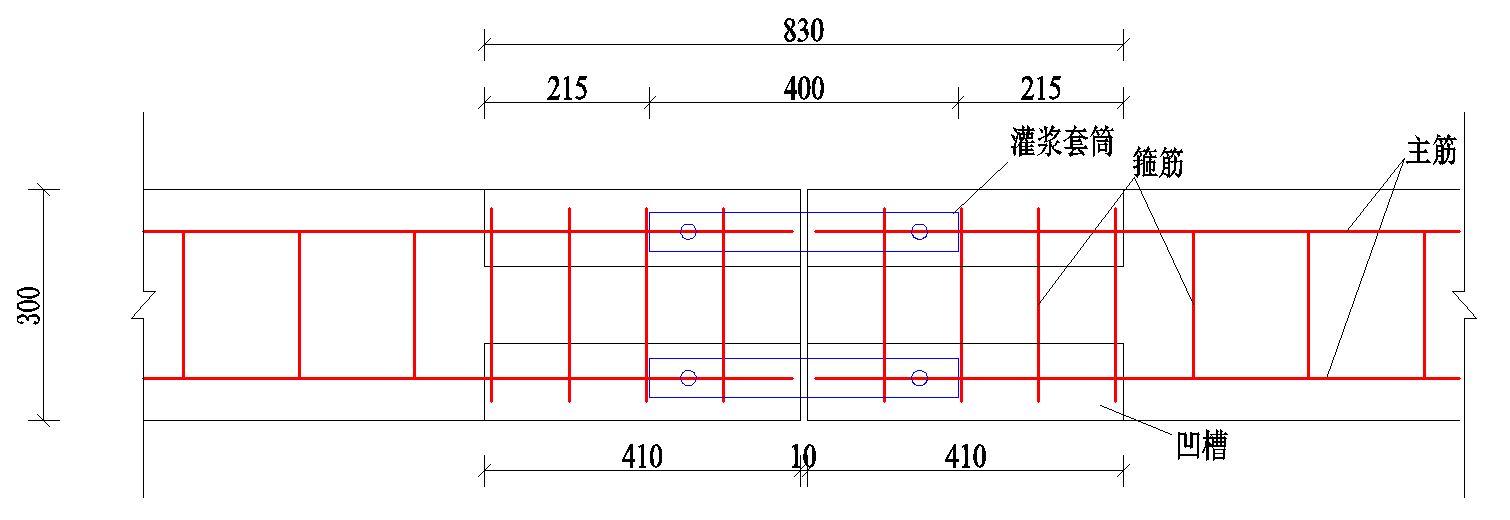
2 后浇带两侧预制格构梁构件纵向受力钢筋可在后浇带中焊接、搭接连接、弯折锚固；

3 当后浇带两侧预制格构梁纵向受力钢筋在后浇带中弯折锚固时，应符合下列规定：

1）梁的厚度不应小于10d，且不应小于200mm（d为弯折钢筋直径的较大值）；

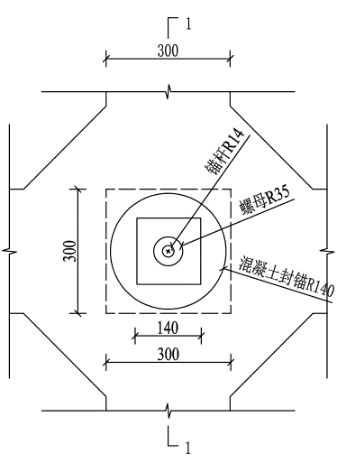
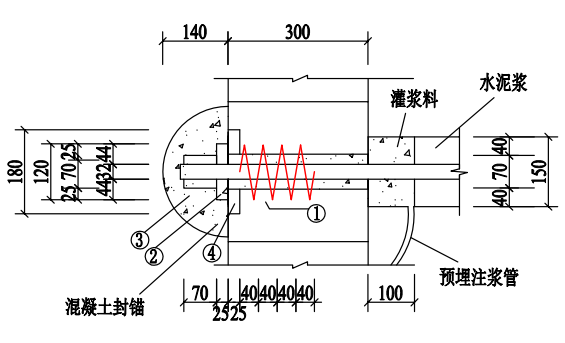
2）接缝处预制梁侧伸出的纵向受力钢筋应在后浇混凝土叠合层内锚固，且锚固长度不应小于*l*a；两侧钢筋在接缝处重叠的长度不应小于10d，钢筋弯折角度不应大于30°，弯折处沿接缝方向应配置不少于2根通长构造钢筋，且直径不应小于该方向预制梁内钢筋直径。

5.4.6 对于预留孔道、钢筋灌浆套筒连接工艺的装配式格构梁结构，纵向钢筋一般采用浆锚搭接连接，对预留孔成孔工艺、孔道形状和长度、构造要求、灌浆料和被连接钢筋，应进行力学性能以及适用性的试验验证。直径大于18mm的钢筋不宜采用浆锚搭接连接，直接承受动力荷载构件的纵向钢筋不应采用浆锚搭接连接。



**图5.4.6钢筋灌浆套筒工艺**

5.4.7 预制格构梁与锚杆连接处应设置锚固措施，并应验算锚固板下混凝土局部承载力。

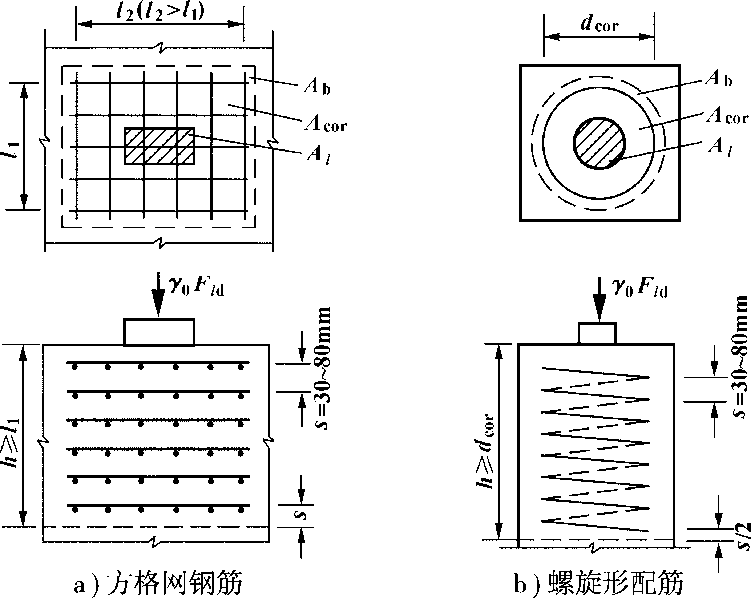
**图5.4.7-1预制构件与锚杆连接做法**

锚固板下混凝土局部承压验算应按下列公示计算：





间接钢筋体积配筋率（核心面积 范围内单位混凝土体积所含间接钢筋的体积）按下列公式计算：



**图5.4.7-2局部承压区域配筋示意**

方格网： 

此时，在钢筋网两个方向的钢筋截面面积相差不大于50%

螺旋筋： 

式中：——配置间接钢筋时局部抗压承载力提高系数，当 ＞ 时，应取＝；

k——间接钢筋影响系数，按第 5.3.2 条取用；

——方格网或螺旋形间接钢筋内表面范围内的混凝土核芯面积，其形心应与 Al 的形心相重合，计算时按同心、对称原则取值；

——方格网沿l1方向的钢筋根数、单根钢筋的截面面积；

——方格网沿l2方向的钢筋根数、单根钢筋的截面面积；

——单根螺旋形间接钢筋的截面面积；

——螺旋形间接钢筋内表面范围内混凝土核芯面积的直径；

s ——方格网或螺旋形间接钢筋的层距。

注：方格网钢筋不应少于4层，螺旋形钢筋不应少于4圈；带喇叭管的锚具垫板，板下螺旋筋圈数的长度不应小于喇叭管长度。

### 5.5 构造要求

5.5.1 预制格构梁的构造设计应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010的要求，并应符合下列规定：

1 梁纵向受力钢筋直径不宜小于14mm；

2 预制格构梁的截面尺寸（宽、高）一般选用250～500mm，单个构件长度宜控制在1000～3000mm。

5.5.2 锚杆（索）的构造要求应符合《建筑边坡工程技术规范》GB 50330相关规定。

5.5.3 锚杆的倾角宜采用10～35度，易于格构梁现场安装，并应避免对相邻构筑物产生不利影响。

5.5.4 预制格构梁中间留孔直径不少于50mm，且要求孔内的锚杆钢筋面积不超过留孔面积的30%。

5.5.5 构件箍筋配置应符合下列规定：

1 抗震等级为一、二级的格构梁的箍筋加密区宜采用整体封闭箍筋；

2 采用组合封闭箍筋的形式时，开口箍筋上方应做成135°弯钩；非抗震设计时，弯钩端头平直段长度不应小于5d（d为箍筋直径）；抗震设计时，平直段长度不应小于10d；现场应采用箍筋帽封闭开口箍，箍筋帽末端应做成135°弯钩；非抗震设计时，弯钩端头平直段长度不应小于5d；抗震设计时，平直段长度不应小于10d。

3 当采用闭口箍筋不便安装上部纵筋时，可采用组合封闭箍筋，即开口箍筋加箍筋帽的形式。

5.5.6 梁纵向钢筋在后浇节点区内采用直线锚固、弯折锚固或机械锚固的方式时，其锚固长度应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010中的有关规定；当梁、柱纵向钢筋采用锚固板时，应符合现行行业标准《钢筋锚固板应用技术规程》JGJ256中的有关规定。

5.5.7 钢筋采用套筒灌浆连接时，接缝灌浆与套筒灌浆可同时进行，采用同样的灌浆料一次完成。连接部应有键槽，且键槽的形式应考虑到灌浆填缝时气体排出的问题，应采取可靠且经过实践检验的施工方法，保证柱底接缝灌浆的密实性。后浇节点上表面设置粗糙面，增加与灌浆层的粘结力及摩擦系数。

### 5.6 预制构件数字化设计

5.6.1 预制构件信息模型宜在建筑设计、构件生产、施工安装、竣工验收与交付等各阶段建立统一协同工作平台。

5.6.2 预制构件建模宜采用参数化建模软件，宜与时间、成本信息等关联整合，并随模块化单元加工、吊运、安装等施工建造环节实施信息共享、有效传递和协同工作。具体应符合列规定：

1 预制构件三维设计功能；

2 预制构件深化设计功能；

3 模型的碰撞检查功能；

4 构件图纸输出功能；

5 应保持建筑信息模型与构件设计图纸一致；

6 模型数据内容与格式宜符合数据互用要求；

7 应支持预制构件信息模型数据与生产设备的数据传递。

5.6.3 预制构件、单元生产的自动化宜运用BIM结合自动控制的信息化技术实现，并宜建立模块化构件、单元生产信息数据库，用于记录生产关键信息，追溯、管理生产质量、生产进度。

5.6.4 现场施工模拟宜运用施工管理系统实现，以精确表达施工现场空间的冲突指标，优化施工场地布置和工序，合理确定施工组织方案。

5.6.5 项目算量分析宜运用BIM进行，包括材料用量分析，人工用量分析，工程量分析等，实现建造成本精确控制。

5.6.6 BIM竣工模型交付应具有供项目运维阶段使用的完整信息。

## 6 构件生产与运输

### 6.1 一般规定

6.1.1 预制构件生产单位应具备如下条件：

1 具备相应资质、生产工艺设施，并有完善的质量管理体系、安全管理体系和必要的质量检测手段。

2 各种检测、试验、张拉、计量等设备及仪器均应检定合格，并在有效期内使用。

3 检验资料应完整，主要包括钢筋、混凝土及预埋件等原材料的质量证明文件，主要材料进厂的抽检复验报告构件生产过程检验记录，构件试验记录和必要的试验检验记录。

6.1.2 预制构件制作前，应根据设计方案、技术要求和质量标准进行制作技术交底，并制定生产方案，生产方案主要包括生产工艺、模具方案、生产技术、质量控制及检测方案、成品保护、堆放及运输方案。

6.1.3 预制构件制作前，应对施工作业人员进行操作技能个岗位培训，相关的技术人员应有作业操作资格证书，严禁无证上岗。

6.1.4 预制构件宜运用BIM技术、二维码等信息技术实现全过程的信息化制造和管理，按要求对构件做出标识。

6.1.5 预制构件混凝土的工作性能应根据产品要求和生产工艺确定，构件用混凝土及配合比应符合国家现行标准《混凝土结构施工规范》GB50666、《普通混凝土配合比设计规程》JGJ55等的规定。

6.1.6 预制构件用的钢筋和预埋件的加工、连接、安装应符合国家现行标准《混凝土结构工程施工规范》GB50666和《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204等有关规定。

6.1.7 预制构件的质量检验应按模具、钢筋、混凝土和预制构件成品四个检验项目进行。

6.1.8 预制构件制作单位应及时向使用单位出具每个构件出场合格证，不合格的预制构件不得出厂。

6.1.9 预制构件生产应建立首件验收制度，预制构件生产前应进行样品试制，经相关单位认可后方可实施。

### 6.2 场地要求

6.2.1预制场地规模应根据生产方案确定，满足生产计划、制作、运输和周转需要。

6.2.2 场地应进行硬化，做好场地排水和防渗处理。

6.2.3场地均应平整光洁，不得下沉、裂缝、起砂或起鼓。

6.2.4 场地预埋固定件应位置准确、安装牢固，并定期进行检验和校核。

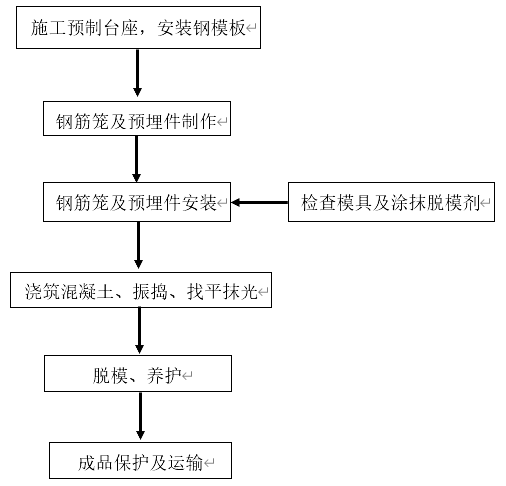
6.2.5 场地与预制构件接触部位平整度应满足设计要求，若设计无要求平整度误差不得大于±5mm。

6.2.6 每次预制生产前应进行场地清理，确保场地保持干燥和无杂物残留。

### 6.3 格构梁预制

6.3.1 预制构件预制前，对预制产品型号进行编码，根据现场施工部署安排生产计划。

6.3.2 预制基本工艺流程



**图6.3.2 预制基本工艺流程**

6.3.3 预制构件模板宜采用组合钢模板，模具除满足承载能力、刚度和稳定性要求外，尚应满足预制构件质量、生产工艺、模具组装和拆卸、周转次数的要求。

6.3.4 模具安装前必须进行清理，清理后的模具内表面的任何位置不得有残留杂物。

6.3.5 构件的预埋件、预留孔、伸出钢筋，应在模具相应位置制作固定支架。固定模具上的预埋件、预留孔位和预留洞位置准确，安装牢固，不得遗漏，其偏差和检验方法符合表6.3.1规定。

**表6.3.1 模具预留孔洞中心位置的允许偏差**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **项次** | **检验项目及内容** | **允许偏差（mm）** | **检验方法** |
| 1 | 预埋件、插筋、吊具、预留孔洞中心线位置 | 3 | 用钢尺量 |
| 2 | 预埋螺栓、螺母中心线位置 | 2 | 用钢尺量 |
| 3 | 预埋灌浆套筒中心线位置 | 1 | 用钢尺量 |

注：检查中心线时，应沿纵横两个方向测量，并取其中较大值。

6.3.6 模具安装就位后，接缝及连接部位应有接缝密封措施，不得漏浆；在混凝土浇筑前，使用木模板时应浇水湿润，但不得有积水。

6.3.7 模具安装验收合格后模具面应均匀涂刷脱模剂，不得漏涂；且钢筋和预埋件不得沾有脱模剂。

6.3.8 预制构件模板安装的偏差应符合表6.3.2的规定，当有设计要求时，模具偏差允许尺寸按设计要求确定。

**表6.3.2 预制构件模具尺寸的允许偏差和检验方法**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **项次** | **检查项目及内容** | | **允许偏差（mm)** | **检验方法** |
| 1 | 长度 | ≤6m | 1，-2 | 用钢尺量测量 |
| ＞6m且≤12m | 2，-4 |
| ＞12m | 3，-5 |
| 2 | 截面尺寸 | | 2，-4 | 用钢尺测量两端或中部，取其中偏差绝对值较大处 |
| 3 | 对角线差 | | 3 | 用钢尺量纵、横两个方向对角线 |
| 4 | 侧向弯曲 | | *l*/1500且≤5 | 拉线，用钢尺测量侧向弯曲最大处 |
| 5 | 翘曲 | | *l*/1500 | 对角拉线测量交点间距离值的两倍 |
| 6 | 底模平整度 | | 2 | 用2m靠尺或塞尺量 |
| 7 | 组装缝隙 | | 1 | 用塞片或塞尺 |
| 8 | 端模与侧模高低差 | | 1 | 用钢尺量 |

6.3.9 构件预制前，原材料应经见证取样送检合格后方可使用，并出具相关质量合格证明文件。

6.3.10 采用插入钢筋连接方式的预制构件，波纹管应按设计尺寸要求进行下料和弯曲加工，安装前应进行钢筋试穿试验，以保证钢筋能沿波纹管轴线顺利穿出。

6.3.11 采用套筒连接的预制构件，应在构件生产进行钢筋套筒灌浆连接接头抗拉强度实验，每种规格的连接实验接头不少于3个。

6.3.12 采用后浇湿接连接的预制构件，制作时应按照要求进行粗糙面处理。设计无要求时可采用化学处理、拉毛或凿毛等方法制作粗糙面。

6.3.13 预埋件、预留孔洞按设计要求进行，允许偏差应符合表6.3.3的规定。

**表6.3.13 预埋件加工允许偏差**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **项次** | **检验项目及内容** | | **允许偏差（mm）** | **检验方法** |
| 1 | 预埋件锚板的边长 | | 0，-5 | 用钢尺量 |
| 2 | 预埋件锚板的平整度 | | 1 | 用直尺和塞尺量 |
| 3 | 锚筋 | 长度 | 10，-5 | 用钢尺量 |
| 间距偏差 | ±10 | 用钢尺量 |
| 4 | 预留孔洞 | 位置偏差 | ±2 | 用钢尺量 |
| 大小偏差 | 0，-5 |  |

6.3.14 预制构件吊点的位置设置，应经过计算按设计要求确定。吊点在格构梁四肢均应设置，以满足不同吊装方式要求，

6.3.15 吊点宜采用吊钉形式，单个吊点的承载能力应满足构件自重、吊装动荷载和施工扰动要求，其安全系数不小于2.5。

6.3.16 预制构件浇筑混凝土之前，应进行隐蔽工程验收。隐蔽工程验收应包括下列主要内容：

1 钢筋的牌号、规格、数量、位置、间距，箍筋弯钩的弯折角度和平直长度；

2 钢筋的连接方式、接头位置、接头数量、接头面积百分、搭接长度、锚固方式和锚固长度；

3 预埋件、预留管道、孔洞、伸出钢筋和吊点规格、数量、位置及固定措施；

4 钢筋混凝土保护层厚度。

6.3.17 混凝土坍落度检测和取样试块应在浇筑地点进行现场取样检测。

6.3.18混凝土浇筑的布料点宜接近浇筑位置，应采取措施减少混凝土下料对钢筋骨架和预埋件的冲击。

6.3.19 应根据混凝土的品种、工作性和预制所处环境等因素，制定合理的振捣成型操作规程。混凝土宜采用强制式搅拌机搅拌，并宜采用机械振捣。

6.3.20 混凝土振捣应使模板内各个部位混凝土密实、均匀，不得漏振、欠振、过振。

6.3.21 采用震动棒振捣混凝土应符合下列规定：

1 混凝土分层浇筑分层振捣时，震动棒的前端应插入前一层混凝土中，插入深度不应小于50mm；

2 震动棒应垂直于混凝土表面并快插慢拔均匀振捣；当混凝土表面无明显塌陷、有水泥浆出现、不在冒气泡时，可结束该部分振捣；

3 震动棒与模板的距离不应大于振动棒作用半径的0.5倍；振捣插点的间距不应大于震动棒作用半径的1.4倍。

4 在预埋件、预留孔洞位置应辅助人工振捣。

6.3.22 混凝土浇筑振捣后，在混凝土初凝前和终凝前分别对混凝土表面进行抹面处理。

6.3.23 混凝土浇筑后应及时进行保湿养护，选择养护方式应考虑施工要求、现场条件、环境温度、构件特点、技术要求等因素。

若采用蒸汽养护，应按照静停、升温、恒温和降温四个阶段进行养护温度控制。宜在常温下静停2～6h。升温、降温必须控制升温度速度，一般为10～20℃/h。最高温度不超过70℃。出养护室的构件温度与室外温度相差不得大于25℃。

6.3.24 构件脱模时，应在混凝土强度能保证其表面和棱角不因拆模而受损坏，其混凝土立方体抗压强度不小于2.5Mpa。构件起吊运输至存放场地时，其强度应满足设计要求，若设计无要求，其强度不少于设计强度75%。

### 6.4 构件堆放

6.4.1 预制构件满足吊运条件后，应吊运指点场地集中存放。存放场地宜采用室内存放或用雨棚遮挡，露天存放时间不得超过15d。

6.4.2 堆放场地应平整，地基承载力满足要求，不得出现沉降，并做好排水设施。

6.4.3 预制构件堆放高度不应超过4层，构件之间宜采用垫木支撑，支撑点与吊装位置重合，并根据需要采取防止堆垛倾覆措施。

6.4.4 预制构件暴露再空气中的预埋件、伸出钢筋应采取防锈措施，预留管道、孔洞应采用海绵等材料填塞端口。

6.4.5 现场预制构件存放处2m内不应进行电焊、气焊作业。

6.4.6 预制构件应按照编码标识分类码放，预埋吊点应朝上，标识朝向堆垛间的通道。

### 6.5 质量控制与检验

6.5.1 预制构件应具有完整的制作依据和质量检验记录档案，主要内容应包括：预制构件制作详图，原材料合格证及复试报告，工序质量检验验收记录，修补记录，技术处理方案及出场检测等资料。

6.5.2 预制构件出场应有出场标识，生产企业应提供出场合格证和产品质量证书，内容包括：构件名称、类型和编号，合格证编号，产品数量，构件型号，质量状况，构件生产企业，生产日期和出场日期，生产负责人及检测员等。

6.5.3 预制构件脱模完毕后应检查预制构件的外观、尺寸、预埋件、预留钢筋、预留孔洞位置，并作相应记录。

6.5.4 预制构件不应出现影响结构性能、安装和使用的严重外观缺陷，且不宜出现一般缺陷，对于出现的一般缺陷，应按技术方案进行处理，并重新检验。

6.5.5 预制构件表面有蜂窝、麻面、崩角、轻微裂缝等不影响构件结构性能缺陷应及时进行修补，修补色差与原构件一致。

6.5.6 预制构件出现小裂缝（裂缝宽度小于0.2mm）可用修补料进行修补，对于出现大裂缝（裂缝宽度大于0.2mm）,应进行结构性能检验，检验合格后，将裂缝凿成“V”型凹口，然后用批准修补料进行修补。

6.5.7 预制构件尺寸允许偏差及检验方法应符合下表6.5.1规定：

同一类型构件，不超过100个为一批，每批抽查构件数量为10%，且不应少于5个。

**表6.5.1 预制构件尺寸允许偏差及检验方法**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **项目** | | **允许偏差（mm)** | **检验方法** |
| 长度 | ≤12m | ±5 | 尺量检查 |
| ＞12m且≤118m | ±10 |
| ＞18m | ±20 |
| 宽度、高（厚）度 | | ±5 | 钢尺量一端及中部，取其中偏差绝对值较大处 |
| 表面平整度 | | 5 | 2m靠尺和塞尺检查 |
| 侧向弯曲 | | l/750且≤20 | 拉线、钢尺量最大侧向弯曲处 |
| 挠度变形 | 起拱 | ±10 | 拉线、钢尺量最大弯曲处 |
| 下垂 | 0 |
| 预留孔 | 中心线位置 | 5 | 尺量检查 |
| 孔尺寸 | ±5 |
| 预留洞 | 中心线位置 | 10 | 尺量检查 |
| 洞口尺寸、深度 | ±10 |
| 预埋件 | 预埋板中心线位置 | 5 | 尺量检查 |
| 预埋板与混凝土面平面高差 | 0，-5 |
| 预埋螺栓中心线位置 | 2 |
| 预埋螺栓外露长度 | 10，-5 |
| 预埋管道、螺母中心线位置 | 2 |
| 预埋管道、螺母与混凝土面平面高差 | 0，-5 |
| 吊具在构件平面中心线位置 | 20 |
| 吊具与构件表面混凝土高差 | 0，-10 |
| 预留插筋 | 中线位置 | 3 | 尺量检查 |
| 外露长度 | 5，-5 |

6.5.8 预制构件应按设计要求和现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204的有关规定进行结构性能检验。

6.5.9 预制构件检验合格后应出具合格证明，并在构件表面上设置标识，标志内容宜包括构件标号、制作日期、合格状态、安装部位、检验人员、生产单位等信息。

### 6.6 构件运输

6.6.1 应制定预制构件的运输方案，其内容应包括运输时间、次序、运输路线、固定要求、堆放支垫及成品保护措施等，并进行实际路线踏勘。

6.6.2 构件运输应保证构件强度达到设计强度要求。

6.6.3 运输要根据现场施工进度情况进行合理安排，运输数量和进度应考虑现场施工场地大小、存放构件的能力和安装效率，保证构件运输满足吊装要求，按照运多少安装多少原则，避免吊装机械出现窝工和现场堆积构件较多。

6.6.4 预制构件的运输车应满足构件尺寸和载重要求，装卸与运输应符合下列规定：

1 装卸构件时，应采取保证车体平衡的措施；

2 运输构件时，应采取防止构件移动、倾倒、变形等的固定措施；

3 构件运输时，应采取构件防止构件损坏措施，对构件边角部和刚性搁置点填塞柔性垫片，对伸出钢筋、锚固件设置保护套。

4 构件装载与卸车时，应缓慢、平稳进行，构件之间设置垫木或软物隔离。

6.6.5 预制构件的吊运应符合下列规定：

1因根据构件的形状、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，应符合国家现有标准及产品技术手册的规定。

2 应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；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，且不宜长时间悬停。

## 7 结构施工

### 7.1 一般规定

7.1.1 预制格构梁施工之前应根据施工现场环境、设计文件和相关技术标准制定施工组织设计、施工方案及专项方案。

施工组织设计的内容应符合现行国家标准《建筑工程施工组织设计规范》GB/T50502的规定；施工组织设计的内容宜包括工程概况、编制依据、施工进度计划、施工准备及资源配置、施工方法及工艺要求、质量保证措施、安全保证措施、应急预案、文明施工及环境保护等。

7.1.2 施工单位应根据施工特点及工程环境配置管理及技术人员。施工操作人员应具备各自岗位需要的基础知识和技能，特种作业人员应考试合格并持证上岗。

7.1.3 施工单位应对项目管理人员、施工作业人员进行安全技术交底。

7.1.4 预制构件在施工前应进行预安装，安装过程及方法应得到建设单位认可，并根据安装结果及时调整施工工艺、完善施工方案。

7.1.5 预制格构梁施工之前，应先进行边坡清理、修整，以满足安装施工要求。

7.1.6 预制构件、安装用材料和配件应符合设计要求及国家现行有关标准。

7.1.7 预制构件的吊具应按照国家现行有关标准进行设计、验算及试验检验。

7.1.8 施工现场根据设置专门运输车道、吊装平台和构件存放场地，并符合下列规定：

1.运输道路、吊装平台和存放场地应平整坚实，并由排水措施；

2.运输道路应满足吊装机械及运输车辆同行要求，合理设置转弯半径和道路坡度，并设置警示标志及围护设施。

3.吊装平台应满足吊装机械作业半径要求，构件装卸、吊装工作范围内不应有障碍物。

4.存放场地应设置雨棚等遮挡设施，构件存放应保证安全、利于保护、便于检查和易于吊运。

7.1.10 在装配式施工全过程中应采取防止预制构件及预制构件上的附件、预埋件和预埋吊件等损伤或污染的保护措施。

7.1.11 未经过设计允许不得对预制构件进行切割、开洞。

7.1.12 结构施工施工宜按照边坡处理、锚杆施工、格构梁吊装、封锚及注浆等分项工程进行检验和验收。

7.1.13 后浇部位应进行隐蔽工程验收，验收项目应包括以下部分：

1 钢筋的牌号、规格、数量、位置、间距等；

2 纵向受力钢筋的连接方式、接头位置、接头数量、接头面积百分率、搭接长度等；

3 纵向受力钢筋的锚固方式及长度；

4 预埋件的规格、数量、位置；

5 混凝土粗糙面的质量，接头的形式。规格、数量和位置；

6 锚杆锚头的规格、与锚固板的垂直度和锚固长度。

7.1.14 施工过程中应采取保证安全的措施，并应符合现行行业标砖《建筑施工高处作业安全技术规范》JGJ80、《建筑机械使用安全技术规程》JGJ33和《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ46等有关规定。

### 7.2 钻孔

7.2.1 施工单位应按照设计要求和相关标准，结合构件吊装、锚杆锚头施工工艺要求制定钻孔作业指导书，并向作业人员进行安全技术交底。

7.2.2 钻孔施工前应根据边坡安全等级对边坡进行实时安全监测，其监测应符合国家现行规范《建筑边坡工程技术规范》GB50330-2013要求，并根据监测结果反馈优化施工工艺及施工方案。

7.2.3 钻孔施工前宜采用BIM等信息技术进行模拟施工，根据模拟结果及现场施工环境优化施工工艺及方案

7.2.4.钻孔施工前，应按施工方案进行孔位测量，测量精度满足设计要求，测量结果应经复测合格。

7.2.5 孔位位置应用油漆等不易损坏的材料做出标记，并经过复测验收合格后方可钻孔施工。

7.2.6 钻孔脚手架施工设计应满足钻孔机械设备荷载、冲击力、振动力及操作人荷载等承载力要求，搭设过程应严格按相关标准规范进行。

7.2.7 钻孔机械应考虑钻孔通过的岩土类型、成孔条件、锚固类型、锚杆长度、施工现场环境、地形条件、经济性和施工速度等因素进行选择。岩石土层应采用潜水钻；在不稳定地层或地层受扰动导致水土流失会危及临近建筑物或公用设施的稳定时，应采用套管护壁钻孔或干钻。

7.2.8 钻孔施工应符合下列规定：

1 钻孔定位偏差不应大于20.0mm；

2 孔斜度偏差不应大于±2°；

3 钻孔深度超过锚杆设计长度不应小于0.5m。

7.2.9 钻孔应采取合理措施防止塌孔，若出现塌孔应立即采用高压空气清孔，清孔完成后，应将孔口暂时封堵，避免碎屑杂物进入边坡锚孔内。

7.2.10 钻孔施工过程中应及时进行岩芯的拾取和记录，准确判断边坡地质构造、断裂破碎带、滑移面及软弱结构面的位置和厚度，验证设计依据的地勘资料。

7.2.11 钻孔施工过程中，应采取雾炮机洒水等措施防止扬尘。

7.2.12 每个孔位施工后，应进行孔位复核，若出现孔位位置偏差，应根据已施工完成孔位置和设计孔位及时纠偏。

7.2.13 钻孔施工后，应及时清理坡面和坡脚碎石和杂土，根据钻孔孔位和边坡形状提前绘制格构梁安装排版定位图，确定格构梁安装位置。

### 7.3 格构梁吊装

7.3.1 吊装施工前，应制定结构吊装施工专项施工方案。施工方案应包括结构深化设计、构件制作、运输和安装全过程的各个工况的验算，以及施工吊装与支持体系的的验算等，充分反映装配式结构施工的特点。

7.3.2 吊装施工前，应检查吊装设备及吊具处于安全操作状态。

7.3.4 吊装施工前，应核实现场环境、天气、道路状况等吊装施工要求。

7.3.5 格构梁吊装的总体施工工艺流程：

施工准备 坡面座浆整平处理 坡脚基础处理 底梁安装 中间梁安装 顶梁安装 梁单元连接施工 锚头施工 下一施工段施工。

7.3.6 吊装施工前，应在格构梁安装位置的坡面用水泥砂浆进行座浆整平处理，座浆厚度根据原始坡面平整度确定，宽度应超出梁宽10cm。座浆后的平整度应小于±5mm，砂浆强度应符合设计要求，设计无要求不应小于M5。

7.3.7 坡脚基础地基处理应符合设计要求及相关规定，地基承载力应符合设计要求，并经过建设单位、勘察单位、设计单位、监理单位和施工单位共同验收合格后方可进行后续施工。

7.3.8 坡脚地基经验收合格后，应尽快进行垫层施工，若出现雨水浸泡，应根据浸泡程度和湿度大小采取凉晒、换填等有效措施使地基满足设计要求。

7.3.9 坡脚垫层应符合下列规定：

1 垫层采用混凝土或水泥砂浆，其强度应符合设计要求；

2 根据坡度做成楔形，以保证垫层面与坡面垂直；

3 楔形垫层的最小厚度不少于10mm，宽度应不小于格构梁底宽；

4 斜向垫层应顺着坡脚施工，保证平整、直顺，平整度误差不小于±5mm。

7.3.10 起重吊装机械应根据边坡的高度、平面尺寸、构件的重量、所在位置及现场设备条件选用，吊装机械及配件进场前，应出具各种合格证，经验收后方可进场安装。

7.3.11 吊装人员应进行技术交底培训，经考核合格后方可上岗，特种作业人员应持证上岗。

7.3.12 吊装过程中，应设专人指挥，操作人员应位于安全可靠位置，不应有人员随预制构件一同起吊。

7.3.13 预制构件安装的吊具、螺母、垫板等配件应检查其数量、规格、型号符合设计要求。

7.3.14 吊装过程中，吊装构件应采用绳索牵引，缓慢放置安装位置，防止构件出现较大摆幅。

7.3.15 底梁安装应根据安装排版定位图，测量定位首件构件安装基点并做出标识。其余构件安装应以前已安装构件为基准，以锚杆孔位作为校核。

7.3.16 中间梁安装

1 应采用两点及以上多点起吊，通过改变不同吊点绳索长度调整构件倾斜角度；

2 将构件倾斜角度缓慢调整与坡面一致，摆动吊装机械使构件传入已安装的锚杆；

3 采用机械配合人工对构件进行对其调整，保证横平竖直。

4 及时按设计及施工方案要求施加临时支撑。

7.3.17 构件调整对中控制，应以竖向控制为主，横向控制为辅，其错位误差最大不超过±10mm。

7.3.18 构件安装过程的临时支撑应计算验算，具有足够的承载能力和刚度。

7.3.19 顶梁安装时，应以已安装预制构件竖向为基准，根据设计要求控制接头尺寸，保证顶梁竖直。

7.3.20 构件临时支撑安装牢固之前不得与吊装机械脱钩。

7.3.21 构件安装过程中，因对齐调整使构件与基础垫层或坡面接触不密切，应先用硬质木屑填塞，待施加临时支撑后用水泥砂浆填充间隙。

7.3.22 钢筋套筒连接接头和插入钢筋浆锚搭接接头的预制构件就位前，应检查一下内容：

1 套筒、预留孔的规格、位置、数量和深度；

2 被连接钢筋的规格，数量，位置和长度。

3 当套筒、预留孔内有杂物时，应清理干净；当连接钢筋出现倾斜时，应进行校正。连接钢筋偏离套筒或孔洞中心不宜超过5mm。

7.3.23 应采用经验证的钢筋套筒及灌浆料配套产品，并经检验合格后方可使用。

7.3.24 钢筋套筒连接接头和插入钢筋浆锚搭接接头应按照检验批划分要求及时灌浆，灌浆作业应符合国家现行有关标准及施工方案，并符合下列要求：

1 灌浆施工时，环境温度不低于5℃，当连接部位养护温度低于10℃时，应采用加热保温措施；

2 灌浆操作全过程应有专职检验人员负责旁站监督并及时形成施工质量检验记录；

3 应按产品使用说明书的要求计量灌浆料和水的用量，并搅拌均匀；每次拌制的灌浆料拌合物应进行流动度的检测，其流动度应满足设计及相关标准；

4 灌浆作业应采用压浆法从下口灌注，当浆料从上口流出后应及时封堵；

5 灌浆料拌合物应在制备后30min内用完。

7.3.25 焊接或螺栓连接的施工应符合国家现行标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ18、《钢结构焊接规范》GB50661、《钢结构工程施工规范》GB50755和《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205的有关规定。

7.3.26 钢筋机械连接的施工应符合现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ107的有关规定

7.3.27 后浇混凝土施工前，应经隐蔽验收合格进行。应采用微膨胀混凝土，混凝土强度应符合设计要求，若设计无要求应比构件混凝土强度高一等级。

7.3.28 后浇混凝土的施工应符合下列规定：

1 预制构件接合面疏松部分的混凝土应剔除并清理干净；

2 模板应保证后浇混凝土部分形状、尺寸和位置准确，并防止漏浆；

3 在浇筑混凝土前应洒水湿润接合面，混凝土应振捣密实；

4 同一配合比的混凝土，每工作班应制作不少于一组标准养护和同条件养护试件。

7.3.29 预制构件节点后浇混凝及灌浆料强度达到设计强度后方可拆除临时支撑。

### 7.4 锚杆锚头施工

7.4.1 锚杆及锚固件的制作应符合设计要求，宜先在工厂加工完成并验收合格后运输至现场。加工完成后应立即按设计要求进行防腐处理。

7.4.2锚杆检查项目主要为原材料、锚杆长度、隔离支架、端头螺纹，端头弯曲角度及长度等。

7.4.3 锚固件主要检查项目位原材料、数量，规格型号及相关证明材料和锚固性能检验报告。

7.4.4 钢筋螺纹加工的端面应平整，端部不得弯曲，操作工人应经专业技术培训，合格后持证上岗，

7.4.5 钢筋、钢绞线或钢丝应采用切割机切断。

7.4.6锚杆杆体的安放应符合下列规定

1 杆体制作完成后应尽早使用，不宜长期存放；

2 安放杆体时，应防止扭压和弯曲。注浆管宜随杆体一同放入钻孔。杆体放入孔内应与钻孔角度保持一致；

3 安放杆体不得损坏防腐层，不得影响正常的注浆作业。

7.4.7 注浆前应先将构件与坡面之间的缝隙用水泥砂浆封堵，灌浆应符合下列规定：

1 灌浆前应进行清孔，排放孔内积水；

2 向水平孔或下倾孔灌浆时，注浆管应插入距孔底100mm～300mm处，浆液自下而上连续灌注。向上倾孔灌浆时，应在孔口设置密封装置。

3 空口处浆液或排气管停止排出并满足注浆要求时，可停止注浆。

4 根据工程条件和设计要求确定注浆方法和注浆压力，确保钻孔饱满和浆体密实。

5 浆体强度检验用试块的数量每30根锚杆不应少于一组，每组试块不应少于6个。

7.4.8 注浆材料应按设计要求确定，不得对杆体产生不良影响。宜选用水灰比0.45～0.50的纯水泥浆，必要时加入一定量的外加剂或掺合料。

7.4.9 注浆浆液应搅拌均匀，随拌随用，并在初凝前用完。严防石块、杂物混入浆液。

7.4.10 注浆压力按设计要求设置，二次高压注浆应在一次注浆形成的水泥结石体强度达到5.0Mpa后进行。

7.4.11 锚杆抗拔试验数量、检验方法和标准应符合国家相关规范《建筑边坡工程技术规范》GB50330-2013要求。

7.4.12 锚头承压板及其安装应符合下列规定：

1 承压板应安装平整、牢固，承压板面应与锚孔轴线垂直；

2 承压版底部的混凝土应填充密实，并满足局部抗压强度要求。

7.4.13 若采用预应力锚杆的张拉与锁定应符合下列要求；

1 锚杆张拉应在构件强度达到设计强度后进行；

2 锚杆张拉顺序应避免相近锚杆相互影响；

3 锚杆张拉控制应力应符合设计要求，不宜超过0.65倍钢筋或钢绞线的强度设计值；

4 锚杆正式张拉之前，应取0.10倍～0.2倍锚杆轴向拉力值，对锚杆预张拉1次～2次，使其各部位的密切接触紧密和杆体完全平直；

5 宜进行锚杆设计预应力之1.05倍～1.10倍的超张拉，预应力保留值应满足应满足设计要求。

7.4.14 螺纹连接应先进性初拧，使螺栓与承压板接触紧密，然后进行终拧达到设计扭矩，不得超拧。

7.4.15 安装后应用扭力扳手进行抽检，校核拧紧扭矩，不足进行补拧，超拧应更换重新施工。

7.4.16 安装完成后的钢筋端面应伸出锚固版端面，钢筋丝头外露长度不宜小于1.0倍螺距。

7.4.17 封锚前应在锚头与构件接触处凿毛，采取有效措施防止封锚混凝土脱落。

7.4.18 封锚应采用细石混凝土，强度等级应符合设计要求，设计无要求时，应不小于构件设计强度80%。

7.4.19 封锚的混凝土保护层厚度应满足设计要求，且不小于50mm。

7.4.20 全部施工完后，应对受污染构件进行清洗，保持外观整洁、色泽一致，对不影响结构性能的破损部位用水泥浆进行修补。

## 8 质量验收

### 8.1 一般规定

8.1.1 锚杆施工质量验收应包括施工前原材料和配套产品的检验、施工过程中间质量检验和施工完成后的质量检验。

8.1.2 锚杆原材料和配套产品的质量检验应在相应工序施工前进行，并应提供下列资料：

1 原材料及产品出厂合格证、材质单及检验报告；

2 原材料及产品现场抽样检验报告和代用材料检验报告；

3 锚杆浆体强度等级配合比检验报告；

4 预应力锚杆杆体、锚具及承载体的连接锚固性能质量检验，现场见证检验资料；

5 锚杆防腐保护质量检验资料。

8.1.3 锚杆性能检验应符合设计要求和现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB50330的有关规定。

8.1.4 锚杆总长度和自由段长度应符合设计要求。

8.1.5 在预制格构梁安装之前应进行锚杆成孔质量检验和验收。

8.1.6 施工现场制作的预制格构梁应按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204的规定进行验收；专业企业生产的预制构件还应按本章的规定进行验收。

8.1.7 多个工程共同使用的预制格构梁，可在多方共同见证下进行预制格构梁结构性能检验，检验报告可用于见证方建设的装配式混凝土结构工程。

8.1.8 边坡工程施工质量验收应提供下列资料：

1 岩土工程勘察报告；

2 边坡工程施工图、图纸会审纪要、设计变更单和重大问题处理文件等；

3 经审定的施工组织设计、专项施工方案及技术洽商记录等；

4 开工、竣工报告；

5 边坡工程测量、定位放线记录，包括工程桩位放线复核签证单；

6 原材料出厂质量合格证或进场复检报告；

7 半成品材料、预制构件等产品的合格证；

8 施工记录、隐蔽工程验收资料及竣工图；

9 边坡工程与周围建构筑物位置关系图；

10 检查与检验报告；

11 边坡和周围建（构）筑物监测报告；

12 其他文件和记录。

8.1.9 边坡工程质量控制资料应齐全完整，当工程质量控制资料缺失时，应委托检测机构按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204等的有关规定进行相应的实体检测或抽样试验。

8.1.10 边坡工程实体检验应符合下列规定：

1 实体检验的项目宜包括混凝土抗压强度、砌筑砂浆抗压强度，混凝土配筋情况及钢筋保护层厚度、边坡坡度及工程合同约定的项目；

2 混凝土结构的现场检测和质量评定，应按现行国家标准《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T50784和《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204的有关规定执行；

3 钢筋保护层厚度的检测应符合相关标准的规定；

4 边坡坡度实体检测宜按分项工程中检验批总数的30%进行随机抽样检测，每一检验批抽样断面不宜少于2处；

5 边坡工程实体检验应在监理单位（建设单位）见证下，由施工单位组织实施，并做好相应的记录。

### 8.2 主控项目

8.2.1 锚杆施工过程中间的施工质量应进行检验。锚杆成孔质量首次检验宜由总监理工程师或建设单位项目技术负责人组织勘察、设计、监理、施工和建设单位等人员共同实施。

8.2.2 锚杆成孔质量检验应符合表8.2.2的规定。

**表8.2.2 锚杆成孔质量检验**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 检验项目 | 允许偏差 | 检查数量 | 检验方法 |
| 1 | 钻孔直径（mm） | 0，±20 | 全数 | 尺量 |
| 2 | 钻孔总长度（mm） | 0，±500 | 全数 | 仪器测量 |
| 3 | 锚固段岩土体类别 | 设计要求 | 按检验批抽检 | 观察 |

8.2.3 非预应力锚杆施工质量检验应符合表8.2.3的规定。

**表8.2.3非预应力锚杆施工质量检验**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 检验项目 | 允许偏差 | 检查数量 | 检验方法 |
| 1 | 钢筋强度、连接性能 | 设计要求 | 按检验批抽样 | 检查检测报告 |
| 2 | 锚杆钢筋配置 | 设计要求 | 全数 | 检查 |
| 3 | 灌浆体强度 | 设计要求 | 按检验批抽样 | 检查检测报告 |
| 4 | 防腐材料性能指标 | 设计要求 | 按检验批抽样 | 检查检测报告 |
| 5 | 钢筋插入长度 | 设计要求 | 全数 | 尺量 |
| 6 | 抗拔力 | 设计要求 | 按检验批抽样 | 检验 |

8.2.4 预应力锚杆施工质量检验应符合表8.2.4的规定。

**表8.2.4预应力锚杆施工质量检验**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 检验项目 | 允许偏差 | 检查数量 | 检验方法 |
| 1 | 钢筋、钢绞线及  钢垫板强度 | 设计要求 | 按检验批抽样 | 检查检测报告 |
| 2 | 锚具、夹具和连接器 | 设计要求 | 按检验批抽样 |  |
| 3 | 预应力筋、外锚头  钢筋配置及构造 | 设计要求 | 全数 | 检查检测报告 |
| 4 | 灌浆体及混凝土强度 | 设计要求 | 按检验批抽样 | 检查检测报告 |
| 5 | 防腐材料性能指标 | 设计要求 | 按检验批抽样 | 检查检测报告 |
| 6 | 抗拔力 | 设计要求 | 按检验批抽样 | 检验 |
| 7 | 预应力锁定值 | 设计要求 | 按检验批抽样 | 检验 |
| 8 | 杆体插入长度 | 锚固段长度  不小于  设计长度 | 全数 | 尺量、观察 |
| 自由段长度 | 设计要求 |

8.2.5 施工过程中及施工完成后应对预应力锚杆锁定值变化、被锚固体的变形或锚头位移按设计要求进行监测。

8.2.6 预制格构梁的质量应符合本标准、国家现行有关标准的规定和设计的要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查质量证明文件或质量验收记录。

8.2.7 预制格构梁的外观质量不应有严重缺陷，且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：全数检查。

检验方法：观察，尺量；检查处理记录。

8.2.8 预制格构梁上的预留孔应符合设计要求，吊装预留吊环、预留焊接埋件应安装牢固、无松动。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察。

8.2.9 预制格构梁采用焊接、螺栓连接等连接方式时，其材料性能及接头质量应符合国家现行标准《钢结构工程施质量验收规范》GB50205和《钢筋焊接及验收规程》JGJ18的相关规定。

检查数量：按国家现行标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205和《钢筋焊接及验收规程》JGJ18的规定确定。

检验方法：检查质量证明文件施工记录及加工试件的检验报告。

8.2.10 预制格构梁采用机械连接时，其接头质量应符合现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ107的规定。

检查数量：按现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ107的规定确定

检验方法：检查质量证明文件、施工记录及平行加工试件的检验报告。

### 8.3 一般项目

8.3.1 锚杆成孔质量检验应符合表8.3.1的规定。

**表8.3.1锚杆成孔质量检验**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 检验项目 | 允许偏差 | 检查数量 | 检验方法 |
| 1 | 钻孔水平位置（mm） | ±50 | 全数 | 尺量 |
| 2 | 钻孔高程（mm） | ±50 | 全数 | 仪器测量 |
| 3 | 钻孔倾斜度（°） | ±1 | 全数 | 仪器测量 |
| 4 | 孔底沉渣和积水 | 设计要求 | 全数 | 观察 |

8.3.2 非预应力锚杆施工质量检验应符合表8.3.2的规定。

**表8.3.2非预应力锚杆施工质量检验**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 检验项目 | 允许偏差 | 检查数量 | 检验方法 |
| 1 | 锚杆直径（mm） | 0，+20 | 全数 | 尺量 |
| 2 | 注浆量 | 设计要求 | 全数 | 检查计量数据、  观察 |
| 3 | 全长粘结锚杆浆  体饱满度 | 设计要求 | 按检验批抽样 | 观察或检查  检测报告 |
| 4 | 定位支架（钢筋直径、  长度、形式、  保护层厚度） | 设计要求 | 全数 | 尺量、观察 |

8.3.3 预应力锚杆施工质量检验应符合表8.3.3的规定。

**表**8.3.3**预应力锚杆施工质量检验**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 检验项目 | 允许偏差 | 检查数量 | 检验方法 |
| 1 | 锚杆直径（mm） | 0，+20 | 全数 | 尺量 |
| 2 | 注浆量 | 大于理论  计算用浆量 | 全数 | 检查计量数据、  观察 |
| 3 | 定位支架 | 设计要求 | 全数 | 尺量、观察 |
| 4 | 垫座尺寸（mm） | -10，+30 | 全数 | 尺量 |

8.3.4 预制构件应有明显标识，标明生产单位、项目名称、构件型号、生产日期、安装方向及质量合格标志。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察。

8.3.5 预制构件的外观质量不应有一般缺陷。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，检查处理记录。

8.3.6 预制构件尺寸偏差及检验方法应符合《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1-2014的有关规定。

## 附录A 高性能混凝土原材料性能指标要求

A.0.1 水泥应选用品质稳定、强度等级不低于42.5的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，并应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175的规定。

A.0.2 高性能混凝土所用的粉煤灰、磨细矿渣粉和硅灰等矿物掺合料应符合国家现行标准《公路桥涵施工技术规范》JTG/T F50中第6.7节和第6.15.8条的规定。

A.0.3 高性能混凝土粗骨料应满足以下条件：粒径不大于20mm，针片状含量不大于8%，含泥量不大于1%，泥块含量不大于0.5%。

A.0.4 高性能混凝土细骨料宜采用级配II区的中砂，含泥量应不大于3%，泥块含量应不大于1%。

A.0.5 高性能混凝土减水剂应采用高性能聚羟酸减水剂，减水率应不小于25%。

## 附录B 锚杆材料

B.0.1 锚杆材料可根据锚固工程性质、锚固部位和工程规模等因素，选择高强度、低松弛的普通钢筋、预应力螺纹钢筋、预应力钢丝或钢绞线。

B.0.2 锚杆材料的物理力学性能应符合下列规定：

1 采用高强预应力钢丝时，其力学性能必须符合现行国家标准《预应力混凝土用钢丝》GB/T 5223的规定；

2 采用预应力钢绞线时，其力学性能必须符合现行国家标准《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224的规定，其抗拉强度应符合表B.0.2-1的规定；

3 采用预应力螺纹钢筋时，其抗拉强度应符合表B.0.2-2的规定；

4 采用无粘结钢绞线时，其主要技术参数应符合表B.0.2-3的规定；

5 采用普通螺纹钢筋时，其抗拉强度应符合表B.0.2-4的规定。

**表B.0.2-1 钢绞线抗拉强度设计值、标准值（N/mm2）**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 种类 | 直径  （mm） | 抗拉强度设计值（fpy） | 屈服强度标准值（fpyk） | 极限强度标准值（fptk） |
| 1×3  三股 | 8.6， 10.8，  12.9 | 1220 | 1410 | 1720 |
| 1320 | 1670 | 1860 |
| 1390 | 1760 | 1960 |
| 1×7  七股 | 9.5， 12.7，  15.2， 17.8 | 1220 | 1540 | 1720 |
| 1320 | 1670 | 1860 |
| 1390 | 1760 | 1960 |
| 21.6 | 1220 | 1590 | 1720 |
| 1320 | 1670 | 1860 |

**表B.0.2-2 预应力螺纹钢筋抗拉强度设计值、标准值（N/mm2）**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 种类 | 直径（mm） | 符号 | 抗拉强度设计值（fy） | 屈服强度标准值（fyk） | 极限强度标准值（fstk） |
| 预应力螺纹钢筋 | 18  25  32  40  50 | PSB785 | 650 | 785 | 980 |
| PSB930 | 770 | 930 | 1030 |
| PSB1080 | 900 | 1080 | 1230 |

**表B.0.2-3 无粘结钢绞线主要技术参数**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 防腐油脂线重量（g/m） | | | ＜32 | 钢材与PE层间摩擦系数 | | 0.04～0.10 | |
| PE层厚度（mm） | 双层 | 外层 | 0.80～1.00 | 成品重量（kg/m） |  | 单层 | 双层 |
| 内层 | 0.80～1.00 | Φ15.2 | 1.218 | 1.27 |
| 单层 | | 0.80～1.00 | Φ12.7 | 0.871 | 0.907 |

**表B.0.2-4普通螺纹钢筋抗拉强度设计值、标准值（N/mm2）**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 种类 | | 直径  （mm） | 抗拉强度设计值（fy） | 屈服强度标准值（fyk） | 极限强度标准值（fstk） |
| 热轧钢筋 | HRB335  HRBF335 | 6～50 | 300 | 335 | 455 |
| HRB400  HRBF400  RRB400 | 6～50 | 360 | 400 | 540 |
| HRB500  HRBF500 | 6～50 | 435 | 500 | 630 |

## 本标准规范用词说明

**1** 为便于在执行本标准规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1）表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”；

2）表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”；

3）表示允许稍有选择，在一定条件下可以这样做的用词；

正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”；

4）表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

**2** 本标准规范中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

1 《混凝土结构设计规范》GB 50010

2 《建筑结构荷载规范》GB50009

3 《建筑抗震设计规范》GB50011

4 《建筑结构设计术语和符号标准》GB T50083

5 《混凝土结构工程施工验收规范》GB 50204-2015

6 《混凝土结构工程施工规范》GB 5066-2011

7 《建筑边坡工程技术规范》GB50330-2013

8 《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB50086-2015

9 《建筑边坡工程鉴定与加固技术规范》GB 50843-2013

10 《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ355-2015

11 《岩土锚杆(索)技术规程》CECS22：2005

12 《土层锚杆设计与施工规范》CECS22：90

13 《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1-2014

14 《混凝土结构工程施工规范》GB 50666

15 《工程可靠性设计统一标准》GB 50153

16 《建筑工程施工质量验收统一标准》GB50300

17 《钢结构高强度螺栓连接的设计、施工及验收规程》JGJ82-91

18 《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107-2016

中国工程建设标准化协会标准

预制装配式边坡格构锚固技术规程

T/CECS ××× - 2022

条文说明

目 次

[1 总则 52](#_Toc87456715)

[2 术语、符号 53](#_Toc87456716)

[3 基本规定 53](#_Toc87456717)

[3.1一般规定 53](#_Toc87456718)

[3.2边坡工程安全等级 53](#_Toc87456719)

[3.3设计原则 54](#_Toc87456720)

[4 材料 55](#_Toc87456721)

[4.1混凝土 55](#_Toc87456722)

[4.2钢筋 55](#_Toc87456723)

[4.3锚杆（索） 55](#_Toc87456724)

[4.4灌浆料 56](#_Toc87456725)

[4.5锚具组装件 56](#_Toc87456726)

[4.6其他材料 56](#_Toc87456727)

[5预制装配式格构梁设计 57](#_Toc87456728)

[5.1 一般规定 57](#_Toc87456729)

[5.3 构件设计 57](#_Toc87456730)

[5.4 连接设计 58](#_Toc87456731)

[5.5 构造要求 60](#_Toc87456732)

[6 预制格构梁制作 60](#_Toc87456733)

[6.1一般规定 60](#_Toc87456734)

[6.2 场地要求 61](#_Toc87456735)

[6.3格构梁预制 61](#_Toc87456736)

[6.4 构件堆放 62](#_Toc87456737)

[6.5质量控制与检验 63](#_Toc87456738)

[6.6 构件运输 63](#_Toc87456739)

[7 结构施工 63](#_Toc87456740)

[7.1 一般规定 63](#_Toc87456741)

[7.2钻孔 64](#_Toc87456742)

[7.3格构梁吊装 64](#_Toc87456743)

[7.4锚杆锚头施工 65](#_Toc87456744)

[8 质量验收 66](#_Toc87456745)

[8.1 一般规定 66](#_Toc87456746)

[8.2 主控项目 68](#_Toc87456747)

[8.3 一般项目 69](#_Toc87456748)

## 条文说明

## 1 总则

1.0.1本条款明确了制定本规程的目的和指导思想。在边坡灾害治理工作中，为贯彻执行国家的技术经济政策，推进工程建设的产业现代化，采用先进、适用的技术、工艺和装备，科学合理地组织施工，发展施工专业化，提高机械化水平，减少繁重，复杂的手工劳动和湿作业，建立和完善产品标准、工艺标准、工法等，提出了一种新型的预制装配式格构锚固技术。

预制装配式格构锚固技术是基于格构锚固技术防护边坡机理和装配式结构的优点，提出的一种新型预制拼装混凝土格构锚固技术。预制拼装格构锚固是以预制格构梁和锚杆（索）以及锚杆（索）和岩土体之间的相互作用来治理边坡灾害的柔性复合支护结构，其作用机理是借助锚杆或者锚索的高抗拉性能来抵抗坡体的下滑或拉裂变形，这种新型支护措施不仅可以深层加固坡体还可以发挥表面浅层防护的作用，十分适用于土层坡体或者低密度堆积体类边坡的加固。同时，装配式结构采用工厂工业化生产、现场直接拼装，具有现场施工湿作业少、施工周期短、构件质量有保证、经济环保等优点。

为推广应用预制装配式边坡格构锚固技术，做到安全适用、技术先进、经济合理、保证质量，编制本规程。

值得说明的是，本规程系首次编制，当我国有了更多推广应用的经验后，本规程将适时加以修订。

1.0.2预制构件根据设计在工厂预制成型，经过构件连接组合，来满足市政、建筑、公路、铁路、轨道交通等领域边坡工程的需求，对边坡实现有效防护功能。

1.0.3边坡工程的设计和施工除考虑工程地质、周边环境等因素外，强调总结地区经验因地制宜是非常必要的。

1.0.4边坡工程是一门综合性和边缘性较强的工程技术，难以全面反映地质勘察、地基及基础、钢筋混凝土结构及抗震设计等技术。因此，本条规定除遵守本规程外，尚应符合国家、行业和地方现行有关标准的规定。

## 2 术语、符号

在本节中仅列出了本规程专门使用的术语、符号，并做了解释。其他术语、符号均沿用现行标准中的术语、符号，不再重复规定。

## 3 基本规定

### 3.1一般规定

3.1.1本条主要是针对边坡勘查和设计准备工作提出的要求，边坡格构锚固工程施工是在边坡勘查及设计基础上进行的，只有在查清边坡的地质环境条件及相关资料，熟悉防治对象和防治手段的情况下，才能确保施工达到预期效果。

3.1.2边坡格构锚固工程的使用年限指边坡工程的防护结构能发挥正常防护功能的年限。

3.1.3综合考虑场地地质条件、边坡变形控制的难易程度、边坡重要性及安全等级、施工可行性及经济性、选择合理的预制边坡格构结构尺寸是设计的关键。

3.1.4坡面上下不应同时施工，应自上面下进行开挖。开挖截面只有一个工作面，可对剖面进行分区。

3.1.5稳定性较差的高大边坡，采用后仰放坡或分阶放坡方案，有利于减小侧压力，提高施工期的安全和降低施工难度。分阶放坡时水平台阶应有足够宽度，否则应考虑上阶边坡对下阶边坡的荷载影响。

3.1.10施工过程中保持坡体稳定，不得因施工造成坡体变形滑移，降低坡体的稳定性，保证人员安全。

3.1.11对工程中出现超过规范应用范围的技术难题，经合理处理，采用专门技术论证的方式可达到技术先进、确保质量、安全经济的良好效果。

### 3.2边坡工程安全等级

3.2.1边坡工程安全等级是支护工程设计、施工中根据不同的地质环境条件及工程具体情况加以区别对待的重要标准。当安全等级已为一级时，主要通过组织专家进行专项论证的方式来保证边坡支护方案的安全性和合理性。

3.2.2由外倾软弱结构面控制边坡稳定的边坡工程和滑坡地段的边坡工程，其边坡稳定性很差，发生边坡塌滑事故的概率高，且破坏后果常很严重，边坡塌滑区内有重要建（构）筑物的边坡工程，破坏后直接危及到重要建（构）筑物安全，后果极其严重，因此对上述边坡工程安全等级定为一级。

3.2.3滑坡及有外倾软弱结构面的岩土质边坡塌滑区应按滑坡面及软弱结构面的范围确定。

### 3.3设计原则

3.3.2本条第1～3款所列内容是支护结构承载力计算和稳定性计算的基本要求，是边坡工程满足承载能力极限状态的具体内容，是支护结构安全的重要保证，设计时上述内容应认真计算，满足规程要求以确保工程安全。

3.3.6本条说明预制边坡格构锚固工程设计的两类极限状态的相关内容。

3.3.7对预制边坡格构锚固工程计算或验算的内容采用的不同荷载效应组合与相应的抗力进行了规定。

1确定支护结构或构件的基础底面积及埋深或桩基数量时，应采用正常使用极限状态，相应的作用效应为标准组合：

3，4确定锚杆面积、锚杆杆体与砂浆的锚固长度以及土工合成材料的锚固长度时，本规程采用了安全系数法，均采用荷载效应标准组合；

5计算结构或构件内力及配筋时，应采用混凝土结构相应的设计方法：荷载相应采用基本组合，抗力采用包含抗力分项系数的设计值；

6变形验算时，仅考虑荷载的长期组合，不考虑偶然荷载的作用；结构抗裂计算与钢筋混凝土结构裂缝计算一致，采用荷载相应标准组合和荷载准永久组合。

3.3.8边坡抗震设防的必要性成为工程界的统一认识。边坡一旦破坏将直接危及到相邻的建筑，后果极为严重，因此抗震设防的边坡与建筑物的基础同样重要。

## 4 材料

### 4.1混凝土

4.1.1～4.1.2国外已大量应用高性能混凝土，而国内由于种种原因较少采用高性能混凝土，由于预制采取工厂化生产模式，混凝土质量比较容易受控，因此为保证质量和推动混凝土行业进步，推荐使用高性能混凝土。高性能混凝土的拌合对原材料要求比较高，因此在总结广东地区高性能混凝土成功经验的基础上，提出了具体的原材料性能指标要求。

### 4.2钢筋

4.2.3预制拼装技术对精度提出了较高的要求，对钢筋加工精度也提出了要求，因此钢筋在下料时应确保钢筋平直、无弯折、端部磨平。

### 4.3锚杆（索）

4.3.3对非预应力全粘结型锚杆，当锚杆承载力标准值低于400kN时，采用II、III级钢筋能满足设计要求，其构造简单，施工方便。承载力设计值较大的预应力锚杆，宜采用钢绞线或高强钢丝，首先是因为其抗拉强度远高于II、III级钢筋，能满足设计值要求，同时可大幅度降低钢材用量；二是预应力锚索需要的锚具、张拉机具等配件有成熟的配套产品，供货方便；三是其产生的弹性伸长总量远高于II、III级钢筋，当锚头松动，钢筋松弛等原因引起的预应力损失值也要小得多；四是钢绞线、钢丝运输、安装较粗钢筋方便，在狭窄的场地也可施工。高强精轧螺纹钢则适用于中级承载力的预应力锚杆，有钢绞线和普通粗钢筋的类同优点，其防腐的耐久性和可靠性高，锚杆处于水下，腐蚀性较强的地层中，且需预应力时宜优先采用

镀锌钢材在酸性土质中易产生化学腐蚀，发生“氢脆”现象，故作此条规定。

4.3.4预应力螺纹钢筋即原来的精轧螺纹钢筋，抗拉强度远高于普通钢筋，连接可靠、构造简单、便于接长。

### 4.4灌浆料

4.4.3推荐使用普通硅酸盐水泥或复合硅酸盐水泥，对于硫酸盐腐蚀地层和地下水环境，可采用抗硫酸盐水泥；有早强要求时，宜采用早强硅酸盐水泥；由于铝酸盐水泥水化热高，硬化快，不利于稳定灌浆，浆体易开裂，不利于抗腐蚀要求，故只可用于短期试验锚杆。

4.4.4根据现行行业标准《混凝土拌和用水标准》JGJ 63：水的pH值不得小于4.0，不溶物＜2000mg/l，可溶物＜2000mg/l，氯化物（以Cl离子计）＜350ml/l，硫酸盐（以SO4离子计）＜600ml/l，硫化物（S2离子计）＜100mg/l，使用待拌检验水与蒸馏水配制的浆体28d抗压强度比不得低于90%。

### 4.5锚具组装件

4.5.2国内原冶金工业部建筑研究总院等单位开发的可拆芯式压力分散型锚杆，采用高分子聚酯纤维增强模塑料承载体，这种承载体具有耐腐蚀，高强高韧性的特点，其主要技术性能见表4.5.1。

**表4.5.1 高分子聚酯纤维增强模塑料承载体主要技术性能**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 弯曲强度（MPa） | 抗冲击强度（kJ/㎡） | 抗压强度  （MPa） | 吸水率（%）（24h，23℃） | 绝缘电阻（Ω） |
| 技术  性能 | ≥85 | ≥23 | ≥110 | ≤2.15 | 101～1014 |

### 4.6其他材料

4.6.3为保证I、II级锚杆锚固段预应力筋的保护层厚度不小于20mm，应设置对中支架。对处于防腐环境中的永久性拉力型锚杆，当锚杆受力时，锚固段灌浆体受拉易开裂，为阻止地下水的侵入，应设置波形管。波形管的功能是阻止地下水对筋体的侵蚀，但该管必须与水泥浆有足够的粘结强度，以不影响将锚杆拉力传递给地层。

4.6.4根据国际预应力混凝土协会对锚杆腐蚀破坏事故的调查统计表明，锚头及其附近的腐蚀破坏占有较大的比重。如以香港某锚杆背拉挡土墙工程为例。该锚杆的锚头腐蚀是因为从张拉到锚头封裹耽搁了很长时间。曾对45根锚杆的钢绞线进行了金相检验。其中耽搁1～8个月的钢绞线直径损失达2.7%，而耽搁了16～36个月的钢绞线直径损失高达12%。因此，本条规定永久锚杆张拉作业完成后，应及时对外露的筋体、锚具和承压板进行防腐保护。永久性锚杆外露的筋体、锚具与承压板用混凝土封闭时，若混凝土厚度＜50mm，易出现收缩龟裂、大气水的渗入，常导致锚头腐蚀。曾对我国西南地区某边坡锚固工程调查发现，一些锚杆锚头被包裹的砂浆仅2cm～3cm，剥开保护层后，发现钢绞线、锚具及承压板均有较严重的锈斑，因此本条规定，封闭保护锚头的混凝土厚度应具有一定的厚度。

## 5预制装配式格构梁设计

### 5.1 一般规定

5.1.1预制格构梁构件之间的连接，目前常用的方法是采用后浇混凝土和钢筋套筒灌浆等技术进行连接，可足以保证装配式结构的整体性能，使其结构性能与现浇混凝土基本等同。

5.1.2目前适用较多的是由十字形中间梁和T字形边梁组成的平面框架结构，可推广适用至菱形、人字形等规则的平面布置。

5.1.6本条中岩质建筑边坡应用高度确定为30m、土质建筑边坡确定为15m，主要考虑到超过以上高度的装配式格构梁结构加固边坡工程实例较少、工程经验不十分充足。超过以上高度的超高边坡支护设计，可参考本规范的原则作特殊设计。

### 5.3 构件设计

5.3.1应特别注意预制构件在短暂设计状况下的承载能力的验算，对预制构件在脱模、翻转、起吊、运输、堆放、安装等生产和施工过程中的安全性进行分析。这主要是由于：1）在制作、施工安装阶段的荷载、受力状态和计算模式经常与使用阶段不同；2）预制构件的混凝土强度在此阶段尚未达到设计强度。因此，许多预制构件的截面及配筋设计，不是使用阶段的设计计算起控制作用，而是此阶段的设计计算起控制作用。

5.3.2根据数值模拟结果表明，构件开孔与锚杆孔衔接区域，裂缝较多且较为集中，因此，对该区域的水平分布筋应加强，以提高梁的抗剪能力和变形能力，并使该区域的塑性铰可以充分发展，提高其的抗震性能。

5.3.4预制构件中外露预埋件凹入表面，便于进行封闭处理。

5.2.6目前对于格构梁内力的计算，主要分两大类：倒梁法和弹性地基梁法，弹性地基梁法地基模型有Winkler地基模型、弹性半空间体地基模型、双参数线弹性地基模型等，此外还有格构梁离散分解法、有限单元法、矩阵法等。考虑到设计的适用性和方便性，这里推荐基于倒梁法的按照承受水平荷载的连续梁（或简支梁）计算。

### 5.4 连接设计

5.4.1装配式格构梁结构中的接缝主要指预制构件之间的接缝，接缝是影响结构受力性能的关键部位。

接缝的内力通过后浇混凝土、灌浆料或坐浆材料直接传递；拉力通过由各种方式连接的钢筋、预埋件传递；剪力由结合面混凝土的粘结强度、键槽或者粗糙面、钢筋的摩擦抗剪作用、销栓抗剪作用承担；接缝处于受压、受弯状态时，静力摩擦可承担一部分剪力。预制构件连接接缝一般采用强度等级高于构件的后浇混凝土、灌浆料或坐浆材料。当穿过接缝的钢筋不少于构件内钢筋并且构造符合本规程规定时，节点及接缝的正截面受压、受拉及受弯承载力一般不低于构件，可不必进行承载力验算。当需要计算时，可按照混凝土构件正截面的计算方法进行，混凝土强度取接缝及构件混凝土材料强度的较低值，钢筋取穿过正截面且有可靠锚固的钢筋数量。

后浇混凝土、灌浆料或坐浆材料与预制构件结合面的粘结抗剪强度往往低于预制构件本身混凝土的抗剪强度。因此，预制构件的接缝一般都需要进行受剪承载力的计算。本条对各种接缝的受剪承载力提出了总的要求。

对于装配式格构梁结构的控制区域，即箍筋加密区，接缝要实现强连接，保证不在接缝处发生破坏，即要求接缝的承载力设计值大于被连接构件的承载力设计值乘以强连接系数，强连接系数根据抗震等级、连接区域的重要性以及连接类型，参照装配式房建结构的规定确定。同时，也要求接缝的承载力设计值大于设计内力，保证接缝的安全。对于其他区域的接缝，可采用延性连接，允许连接部位产生塑性变形，但要求接缝的承载力设计值大于设计内力，保证接缝的安全。

5.4.2装配式格构梁结构中，构件梁纵筋连接宜采用湿接后浇连接和套筒灌浆连接，梁的水平钢筋连接可根据实际情况选用机械连接、焊接连接或者套筒灌浆连接。

5.4.5当预制构件接缝可实现钢筋与混凝土的连续受力时，即形成“整体式接缝”时，可按照整体连续梁进行设计。整体式接缝一般采用后浇带的形式，后浇带应有一定的宽度以保证钢筋在后浇带中的连接或者锚固空间，并保证后浇混凝土与预制梁的整体性。后浇带两侧的梁内受力钢筋需要可靠连接，比如焊接、机械连接、搭接等。

利用预制梁边侧向伸出的钢筋在接缝处搭接并弯折锚固于后浇混凝土层中，可以实现接缝两侧钢筋的传力，从而传递弯矩，形成整体连续梁受力状态。接缝处伸出钢筋的锚固和重叠部分的搭接应有一定长度，以实现应力传递；弯折角度应较小以实现顺畅传力；后浇混凝土层应有一定厚度；弯折处应配构造钢筋以防止挤压破坏。

在设计时，如果接缝位于主要受力位置，应该考虑其影响，对按照连续梁或简支梁计算的内力及配筋结果进行调整，适当增大两个方向的纵向受力钢筋。

5.4.6目前采用钢筋套筒灌浆连接时，该类接头的应用技术可参照《钢筋机械连接技术规程》JGJ107-2010中有关Ⅰ级接头的要求。规定套筒之间的净距不小于25mm，是为了保证施工过程中，套筒之间的混凝土可以浇筑密实。

浆锚搭接连接技术的关键，包括孔洞内壁的构造及其成孔技术、灌浆料的质量以及约束钢筋的配置方法等各个方面。因此这里提出较为严格的要求，要求使用前对接头进行力学性能及适用性的试验验证，即对按一整套技术，包括混凝土孔洞成形方式、约束配筋方式、钢筋布置方式、灌浆料、灌浆方法等形成的接头进行力学性能试验，并对采用此类接头技术的预制构件进行各项力学及抗震性能的试验验证，经过相关部门组织的专家论证或鉴定后方可使用。

### 5.5 构造要求

5.5.1装配效率与构件重量控制是装配式技术的核心，根据测算预制格构梁的截面尺寸（宽、高）在250～500mm适用于大多数工程情况，另外结合锚杆（索）使用时，锚杆（索）的布置间距也决定了格构梁构件的长度。

当采用较大直径钢筋及较大的梁截面，可减少钢筋根数，增大间距，便于梁钢筋连接及节点区钢筋布置。套筒连接区域梁截面刚度及承载力较大，塑性铰区可能会移到套筒连接区域以上，因此至少应将套筒连接区域周围500mm区域内将箍筋加密。

5.5.5～5.5.7在预制格构梁连接中，梁钢筋在节点中锚固及连接方式是决定施工可行性以及节点受力性能的关键。梁构件尽量采用较粗直径、较大间距的钢筋布置方式，节点区的主梁钢筋较少，有利于节点的装配施工，保证施工质量。设计过程中，应充分考虑到施工装配的可行性，合理确定梁、柱截面尺寸及钢筋的数量、间距及位置等。在中间节点中，两侧梁的钢筋在节点区内锚固时，位置可能冲突，可采用弯折避让的方式，弯折角度不宜大于1：6。节点区施工时，应注意合理安排节点区箍筋、预制梁、梁上部钢筋的安装顺序，控制节点区箍筋的间距满足要求。在保证构造措施与施工质量时，要做到具有良好的抗震性能，与现浇节点基本等同。

## 6 预制格构梁制作

### 6.1一般规定

6.1.1 预制构件的质量涉及工程质量和结构安全，制作单位应符合国家及地方有关部门的规定的硬件设施、人员配置、质量管理体系、安全管理体系和质量监测手段等规定。

6.1.6 深化设计预制构件制作质量保证的前提，可以有效地排除后续制作、安装等各种问题，在预制构件制作前宜采用BIM技术进行深化设计和施工模拟，排除设计缺陷，避免在构件加工和施工过程中，出现错、漏、碰、缺等问题，采用二维码等信息技术进行全过程信息溯源，可有效控制施工质量。预制构件生产企业宜根据构件复杂程度、项目规模合理使用信息化技术进行全过程的管理。

6.1.9 预制构件生产前，生产单位应根据预制构件的混凝土强度等级、生产工艺等选择制作混凝土的原材料，并进行混凝土配合比设计。

### 6.2 场地要求

6.2.1 预制场地的大小和位置决定构件预制生产的效率，在确定预制场地时，应做好详细的施工部署和施工计划，统筹考虑生产、运输和现场施工，避免出现窝工现象。

6.2.2～6.2.5 预制场地的质量直接影响预制构件的生产质量，应结合预制构件类型、技术标准和数量，进行专门场地设计保证预制场地不影响构件的生产质量和精度要求。

### 6.3格构梁预制

6.3.2 本条文为常规构件的基本工艺流程，对于特殊设计的非常规预制构件，应进行试生产，根据试生产结果制定详细的预制构件生产作业指导书，经验收合格后方进行规模生产。

6.3.3～6.3.7 目前常采用的定型钢模加工预制构件，模具的制作质量标准有所提高。模具的精度是保证构件制作的关键，对于新制、改制或生产数量超过一定数量的模具，生产前应按照设计进行尺寸偏差检查，合格后方可投入使用。制作构件用的钢筋骨架或钢筋网片的尺寸偏差应按要求进行抽样检查。

6.3.10～6.3.11 构件的连接技术是本规程的关键技术，也是保证装配式混凝土结构整体性的基础。必须制定质量控制措施，通过设计、产品选用、构件制作、施工验收等环节加强质量管理，确保其连接质量可靠。

预制构件生产前，要求对连接构件进行检验，检验内容处理外观质量、尺寸偏差、出场提供的材质报告、接头型式检验报告等，还应按要求制作接头灌浆连接试件进行验证性试验，标准养护28d后进行抗拉强度试验，试验合格后方可使用。

6.3.12 预制构件与后浇筑混凝土实现可靠连接可以采用连接钢筋、键槽及粗糙面等方法。粗糙面可采用拉毛或凿毛处理，也可以采用化学处理方法。

采用化学处理时可在模板上或需要露出骨料的部位涂刷混凝剂，脱模后用清水冲洗干净，避免残留物对混凝土及其接合面造成影响。

6.3.14～6.3.15 预制构件的吊点直接影响施工安全和吊装的可操作性，吊点的数量、位置及承载能力大小应经过设计验算，尽量采用经验证合格的吊点，必要时进行抗拉强度试验。同时吊点的设计也应考虑吊装机械、吊具的选择使用。

6.3.16 在混凝土浇筑前，应按照要求对预制构件的钢筋、预应力筋及各种预埋件进行隐蔽工程检查，这是保证预制构件满足结构性能的关键质量控制环节

6.3.23 预制构件的蒸汽养护主要是为了加速混凝土凝结硬化，缩短脱模时间，加快模板的周转，提高生产效率，养护时间应该按照养护制度的规定进行控制，这对有效避免构件的温差收缩裂缝，保证产品质量非常关键。如果条件允许，也可以采用常温养护。

6.2.24 预制构件的脱模和吊运强度要根据构件的类型和设计要求决定，防止过早脱模和吊运造成构件出现较大变形或开裂，本规定提出构件脱模或吊运的最低要求。

### 6.4 构件堆放

6.1～6.4 预制构件自作完成后，应在指点的场地按不同类型、规格和编码进行集中堆放，在堆放过程中，应注意成品保护，对外露钢筋、预埋件和构件表面应采取措施进行防腐、防污处理。同时，也要采取措施防止构件出现损坏，控制堆放高度不超过4层，构件之间采用垫木支撑，支点与吊装位置重合。

### 6.5质量控制与检验

6.5.4 预制构件的外观质量缺陷可分为一般缺陷和严重缺陷两类。预制构件的一般缺陷可以按照既定的技术方案修复即可；预制构件的严重缺陷主要是指影响构件的结构性能或安装使用功能的缺陷，构件预制时应制定技术质量保证措施予以避免。

6.5.7 本条规定预制构件的尺寸偏差和检验方法，尺寸偏差根据工程设计需要适当从严控制。

### 6.6 构件运输

6.6.1 预制构件的运输涉及质量和安全的要求，应按工程和产品特点制定运输方案，策划重点控制环节，对特殊构件还应制定专门质量安全保证措施。

## 7 结构施工

### 7.1 一般规定

7.1.1 应制定装配式结构施工专项施工方案。施工方案应结合结构深化设计、构件制作、运输和安装全过程各种工况的验算，以及施工吊装与支撑体系的验算等进行策划与制定，充分反映装配式结构施工的特点和工艺流程的特殊要求。

7.1.2～7.1.3 施工管理人员和现场操作人员是保证结构施工质量的关键因素，施工应根据工程具体情况和装配式结构施工特点，制定详细的施工作业指导书和相关质量控制标准，并进行逐级技术交底，经考核合格后方可上岗作业。

7.1.8 吊具选用按起重吊装工程的技术和安全交底执行。为提高施工效率，可以采用多功能吊具，以适应不同类型的构件吊装。施工验算可依据本规程及相关标准，特殊情况无参考依据时，需进行专项设计计算或必要的试验研究。

7.1.9 施工现场的平面布置直接影响结构施工效率和施工质量，在结构施工之前，应根据现场平面图和所选用施工机械，合理设置吊装平台、构件现场存放场所和运输车道，避免二次搬运。

7.1.14 应注意构件安装的施工安全要求，为防止预制构件在安装过程中因不合理受力造成损伤、破坏或高空滑落，应严格遵守有关施工安全规定。

### 7.2钻孔

7.2.2 对与土质松软或临近建构筑物的边坡，由于钻孔施工会对地层产生扰动，导致边坡垮塌或危害临近建构筑物，在施工时制定监测方案并按照方案对边坡或建构筑物进行实时监测，根据监测结构优化施工工艺及方案。

7.2.3 孔位的位置确定和定位直接影响构件吊装施工，在进行孔位测量前，宜采用BIM技术对坡面地形进行建模，模拟构件安装施工，结合现场情况，确定孔位位置坐标。

7.2.6 钻孔施工是在边坡搭设的支架进行，属于高空作业，而且钻孔机械在施工过程中会产生巨大冲击力，应对钻孔脚手架进行专项设计，验算在施工各种工况作用下的强度和稳定性，采取有效措施防止倾覆倒塌。

7.2.7 套管护壁钻孔是指必须采用套管跟进护壁的钻孔方式。套管护壁钻孔对钻孔周边扰动小，可有效防止钻孔时的塌孔现象，有利于保证注浆饱满度和注浆质量，提高孔壁底层与注浆体的粘结强度。因而本条规定在不稳定底层或底层扰动引起水土流失时，应采用套管护壁钻孔。

### 7.3格构梁吊装

7.3.6 当单个坡面较大，钻孔数量较多时，不可避免会出现钻孔误差。钻孔施工后清理坡面，根据孔位位置绘制格构梁安装排版图，适当调整格构梁之间间距，确定格构梁安装位置，可以避免钻孔累计误差对格构梁安装的影响。

7.3.7 坡面采用机械修坡后，其平整度一般难以满足构件安装精度要求，在确定格构梁安装位置后，做出定位标识，应用水泥砂浆进行座浆整平处理。

7.3.8～7.3.10 每层构件的自重都是通过底梁传至坡脚地基基础，为了防止因地基承载不足，使构件重力作用锚杆杆体，影响锚杆锚固性能，应严格按照设计要求进行基础处理施工，经过建设单位、设计单位、监理单位和施工单位验收合格方可进行上部结构施工。

7.3.15 为避免由于设计或施工缺乏经验造成工程实施障碍或损失，保证装配式结构施工质量，并不断摸索和积累经验，特提出应通过试生产和试安装进行验证性试验。装配式结构施工前的试安装，对于缺乏经验的承包商非常必要，不但可以验证设计和施工方案存在缺陷，还可以培训人员，调试设备，完善方案。另一方面对于没有实践经验的结构体系，应在施工前进行典型的安装试验，验证并完善方案实施的可行性。

7.3.24 钢筋套筒连接接头和插入钢筋浆锚搭接接头是施工质量控制的关键环节之一。实际工程中这两种连接的质量很大程度取决于施工过程控制，对作业人员应进行培训考核，并持证上岗，同时要求有专职检验人员在灌浆操作全过程监督。

7.3.31装配式结构的后浇混凝土节点施工质量是保证节点承载能力的关键，施工时应采取具体质量保证措施满足设计要求。节点处钢筋连接和锚固应按设计要求规定进行检查，连接节点处的后浇混凝土及灌浆料同条件养护试块达到设计规定的强度方可拆除支撑或进行上部结构施工。

### 7.4锚杆锚头施工

7.4.1 宜在工厂完成锚杆的加工和防腐处理，是为了避免施工现场环境影响杆体加工质量。

7.4.3 锚固件性能是保证锚杆锚固强度的关键，在安装施工之前除了对锚固件进行外观检查验收之外，标准生产的锚固件应提供出场合格证和必要的检测报告，非标准生产锚固件应提供第三方性能检测报告，并抽检合格。

7.4.8 注浆水泥浆的配合比直接影响浆体的强度、密实性和注浆作业的顺利进行。水灰比太小，可注性差，易堵管，常影响注浆作业正常进行；水灰比太大，浆液易离析，浆体密实度不宜保证，硬化过程容易收缩，浆体强度损失较大，影响锚固效果。

## 8 质量验收

### 8.1 一般规定

8.1.1 锚杆施工全过程中各环节的施工质量均应得到有效的控制，锚杆施工质量的控制、检验和验收包括全长粘结锚杆及预应力锚杆的杆体制作、成孔、灌浆、锚杆反力结构安装制作、锚杆防水防腐构造以及预应力锚杆的张拉锁力锁定等，涵盖锚杆施工全过程。由于锚杆为隐蔽性工程，且在边坡工程中分层分步施工，施工过程中的质量控制、检验和验收非常重要，当锚杆体施工完成并达到设计强度后，锚杆即可发挥承载作用。

8.1.2 锚杆（索）原材料和配套产品的质量检验和其他工程对原材料及产品的检验要求是一样的。锚杆（索）原材料和配套产品包括锚杆钢筋、焊条、机械连接器、外锚具、预埋件、注浆砂浆，定位支架钢筋、防腐材料（防腐漆、防腐沥青、玻纤布、油毡、黄油、管材）、隔离架等。因锚杆分项工程在边坡工程具有特殊的地位，因此，单独作此规定。

锚杆的有关原材料和配套产品的质量检验应在相应工序施工前进行，且应提供材料合格的证明材料。全国各地行政主管部门对已有原材料及产品出厂合格证、材质单及检验报告的原材料是否还需进行现场见证检验，其具体规定有所差异，本标准不作统一强制原材料现场抽样复检规定，各地区按本地区有关行政主管部门的有关规定执行。

8.1.3 锚杆基本试验的目的是获取或验证相关设计参数，原则上不属于施工质量验收的内容，但锚杆基本试验是动态设计、信息化施工的重要环节，设计单位有要求时，施工单位应按设计要求进行锚杆基本试验，试验操作应符合现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB50330的有关规定。

8.1.6 在施工现场制作预制格构梁时，其质量验收管理与现浇结构相同，只是验收指标有差异。工厂生产的预制构件、在进场时按产品进行验收，本章规定了其质量验收内容。

8.1.7 工厂生产的预制格构梁质量比较稳定，对同类型的预制格构梁，如果同时用于不同的工程中，在进行预制格构梁的结构性能检验时，由于预制格构梁的结构性能试验成本较高，各工程参建方可共同见证结构性能检验，检验报告可作为该类型预制格构梁进场时的依据。结构性能检验应由有资质的检测单位实施并出具检验报告。

8.1.8 边坡工程无论是单位工程，还是分部工程或分项工程（检验批），施工质量验收时均应提供相应的技术资料，本条规定了边坡工程施工质量验收需提供的技术资料。

检查与检验报告中包括各类检查报告和检验报告，其中检验报告主要指第三方质量、安全等检验报告（含各类承载力检验报告）。

当在边坡工程施工过程中出现过质量事故或其他工程事故，其处理的过程资料（如会议纪要，专家评审、咨询意见、处理方案等），检验资料，隐蔽验收记录等资料均应提供，以便参建单位合理、客观地评价和检验边坡工程的施工质量。

8.1.9 边坡工程施工过程中应确保施工质量控制资料齐全完整，当不具备本条规定的条件时（如设计变更资料缺失、无实体检验资料或质量事故处理文件不全等），不应进行相应单位、分部和分项工程的验收；但实际工程操作中偶尔会出现因遗漏或资料遗失等主、客观原因导致部分施工验收资料不全的情况，使工程施工质量验收工作无法正常开展，为此，可有针对性地对边坡工程施工质量进行现场检测、检验，采取实体检测（含实体检验）和抽样检验或实验的方法确定相应检测项目的施工质量水平；上述工作应由有资质的第三方检测机构完成，并出具检验报告，检验报告可作为边坡工程施工质量验收的基础资料。

哪类机构有资格进行检验和试验，各地方管理部门的具体规定不尽相同，具体执行中应由参建单位根据当地的地方法规确认。

检测机构出具的检测报告应承担其相应的法律责任，检测机构出具的抽样检测报告或锚杆抗拔力试验等检测合格资料，仅代表其抽样检测项目的合格，而不代表边坡工程施工质量的合格。应当注意的是，第三方检测机构出具的抽样检测报告或检测数据，本身不能替代施工单位应该完善或提交的竣工验收资料，施工质量验收仍应按本标准和现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB50300的规定执行。

8.1.10 为确保设计要求的边坡工程施工质量与实际状况相符，边坡工程施工质量验收前宜进行边坡工程施工质量实体检验，但边坡工程实体检验若包含的项目过多或过于复杂可能会引发其他问题，因此，本条对边坡工程实体检验进行了具体规定，考虑到支护结构属露天、室外环境，对支护结构耐久性的要求应严格控制。

### 8.2 主控项目

8.2.1 由于锚杆为边坡工程支护结构的重要构件，其施工质量应全程、全数进行监督和检验。锚杆作为隐蔽工程，目前还无特别有效的方法进行无损检测，因此为预防锚杆施工过程中对岩土体判断的失误及严格控制锚杆成孔的施工质量，本标准规定锚杆成孔质量第一次检验宜由总监理工程师（或业主项目技术负责人）组织勘察、设计、监理、施工和建设单位共同参与，其目的就是有效控制锚杆的施工质量，正确把握锚杆的总长度、锚固长度及确认锚固段岩土体的特性是否符合设计及勘察文件要求。

8.2.2 锚杆锚固段岩土体性能指标检验与分项工程中检验批划分直接相关，在划分的检验批中进行抽样检验，抽样数量应根据设计或现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB50021及《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB50202等要求进行抽样检测，一般情况，对岩石锚杆每一检验批检验数量不宜少于3组；对土质边坡取样或现场查验，应由岩土工程勘察单位确定。在确认了锚杆锚固段岩土体性状后，方可有效识别锚杆锚固段长度。施工单位应在监理工程师的监督下，确认锚杆锚孔有效长度后，方可终孔，并做好隐蔽验收记录。

工程实践中，锚杆钻孔位的几何位置受多种因素影响，其几何位置过严，实际施工难以满足要求，在不影响锚杆工作性能条件下，适当放宽锚杆几何位置；但对系统锚杆，各孔的几何位置关系均应符合设计要求，系统锚杆的几何位置不得相互影响，避免群锚现象的发生。

8.2.3、8.2.4 各条分别用表格方式给出了非预应力锚杆和预应力锚杆质量检验标准。锚杆施工使用的材料符合设计要求是施工质量合格的基本要求，因此，锚杆材料性能指标均为主控项目。

锚杆杆体指锚固灌浆料与锚杆钢筋形成的锚杆杆体，施工后的实际长度应满足设计要求。由于各种因素的影响，可能存在锚杆杆体锚固长度不符合设计要求的现象，受现有检测技术限制，施工完成后的实体抽样检测、分析和判断，仍存在巨大困难，因此，施工隐蔽前应做好相应的检查验收工作。对全长粘结锚杆浆体饱满度的无损检验可按现行行业标准《锚杆锚固质量无损检测技术规程》JGJ/T182的规定进行，检验的目的：一方面可以检验锚杆灌浆质量，另一方面也可间接检查锚杆的长度是否与设计要求一致。

对于锚索和采用锚具的锚杆，其外锚头也是重要的检验内容，应在施工过程中进行检验，检验包括垫座混凝土强度、结构几何尺寸、预埋件材料、预埋件定位，封闭范围、尺寸，钢筋直径、间距等，检验方法按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204的规定执行，本标准不再重复规定。

8.2.6 本条对预制格构梁质量提出了基本要求。标准化的预制格构梁对于尺寸偏差、性能要求等方面，应按设计规定执行。

对专业企业生产的预制格构梁，进场时应检查质量证明文件。质量证明文件包括产品合格证明书、混凝土强度检验报告及其他重要检验报告等；预制格构梁的钢筋、混凝土原材料、预埋件等均应参照国家现行有关标准的规定进行检验，其检验报告在预制格构梁进场时可不提供，但应在构件生产企业存档保留，以便需要时查阅。对于进场时不做结构性能检验的预制格构梁，质量证明文件尚应包括预制格构梁生产过程的关键验收记录。

### 8.3 一般项目

8.3.1 工程实践中，锚杆钻孔位的几何位置受多种因素影响，其几何位置过严，实际施工难以满足要求，在不影响锚杆工作性能条件下，适当放宽锚杆几何位置；但对系统锚杆，各孔的几何位置关系均应符合设计要求，系统锚杆的几何位置不得相互影响，避免群锚现象的发生。