

CECS XXX**—**202X

中国工程建设标准化协会标准

**边坡装配式板桩结构设计标准**

**Design criterion of fabricated pile-sheet retaining wall for slope engineering**

（征求意见稿）

2023年4月

中国工程建设标准化协会标准

边坡装配式板桩结构设计标准

**Design criterion of fabricated pile sheet retaining wall for slope engineering**

CECS XXX**—**202X

主编单位：

批准部门：中国工程建设标准化协会

施行日期：202X年X月1日

**前** **言**

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2021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〔2021〕011号）的要求，编制组经过广泛调查研究，认真总结工程经验，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，修订本规程。

本规程分为12章及4个附录，主要技术内容包括：总则，术语和符号，基本要求，设计荷载，桩板结构体系设计，装配式板桩结构信息化，构件成型与养护，构件验收与管理，施工要求，施工验收，运营监测与预警，板桩结构体系拆除与更换。

请注意本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利，本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会建筑产业化分会归口管理。本规程在使用过程中如有需要修改或补充之处，请将有关资料和建议寄送解释单位（地址：哈尔滨市黄河路73号，哈尔滨工业大学《边坡装配式板桩结构设计标准》管理组，邮政编码：150090），以供修订时参考。

主编单位：中铁十七局集团有限公司，哈尔滨工业大学

参编单位：中国交通建设股份有限公司，中国铁道科学研究院集团有限公司，中铁二十二局集团有限公司，中铁十二局集团有限公司，哈尔滨地铁集团有限公司，山东大学，中国地质大学，中国地质环境监测院，天津大学，长安大学，山东建筑大学，北京交通大学，中国科学院地质与地球物理研究所，三峡大学，中国科学院武汉岩土力学研究所，西北大学，中国科学院成都山地灾害与环境研究所，吉林大学，中山大学，哈尔滨工业大学重庆研究院，同济大学，青岛理工大学

主要起草人：陈宏伟，叶阳升，鲍卫刚，殷跃平，唐辉明，凌贤长，郑文忠，王玉银，王爱国，熊钦武，龚英杰，李建林，郑刚，范文，张庆松，于德湖，蔡德钩，刘延芳，王清，周翠英，王家鼎，孔令伟，张永双，陈晓清，祁生文，马凤山，蔡国庆，顾晓强，李喜安，赵香萍，魏少伟，耿琳，刘镇，张鹏，刘俊伟，唐亮，田爽，丛晟亦

主要审查人：何满潮，彭建兵，李术才，冯夏庭

中国工程建设标准化协会

2023年6月3日

**目 次**

[1 总 则 1](#_Toc137727181)

[2 术语和符号 2](#_Toc137727182)

[2.1 术 语 2](#_Toc137727183)

[2.2 符 号 3](#_Toc137727184)

[3 基本规定 5](#_Toc137727185)

[4 设计荷载 6](#_Toc137727186)

[4.1 一般规定 6](#_Toc137727187)

[4.2 主力 7](#_Toc137727188)

[4.3 附加力 7](#_Toc137727189)

[4.4 特殊力 8](#_Toc137727190)

[5 桩板结构体系设计 9](#_Toc137727191)

[5.1 一般规定 9](#_Toc137727192)

[5.2 选型及布置 9](#_Toc137727193)

[5.3 内力计算 10](#_Toc137727194)

[5.4 抗力验算 11](#_Toc137727195)

[5.5 桩板结构体系验算 11](#_Toc137727196)

[5.6 构造要求 12](#_Toc137727197)

[6 装配式板桩结构信息化 13](#_Toc137727198)

[6.1 一般规定 13](#_Toc137727199)

[6.2 分类 13](#_Toc137727200)

[6.3 编码 13](#_Toc137727201)

[6.4 设计要求 14](#_Toc137727202)

[7 构件成型与养护 16](#_Toc137727203)

[7.1 基本要求 16](#_Toc137727204)

[7.2 模具质量 17](#_Toc137727205)

[7.3 混凝土浇筑与振捣 18](#_Toc137727206)

[7.4 构件成型 18](#_Toc137727207)

[7.5 构件养护 18](#_Toc137727208)

[8 构件验收与管理 20](#_Toc137727209)

[8.1 一般规定 20](#_Toc137727210)

[8.2 构件验收 20](#_Toc137727211)

[8.3 构件标识 23](#_Toc137727212)

[8.4 构件堆放 23](#_Toc137727213)

[8.5 构件运输 24](#_Toc137727214)

[9 施工要求 26](#_Toc137727215)

[9.1 一般规定 26](#_Toc137727216)

[9.2 安全复核 26](#_Toc137727217)

[9.3 施工准备 27](#_Toc137727218)

[9.4 机械成孔 28](#_Toc137727219)

[9.5 构件吊装 29](#_Toc137727220)

[9.6 墙后回填 30](#_Toc137727221)

[10 施工验收 31](#_Toc137727222)

[10.1 一般规定 31](#_Toc137727223)

[10.2 成孔验收 31](#_Toc137727224)

[10.3 桩的验收 32](#_Toc137727225)

[10.4 板的验收 32](#_Toc137727226)

[10.5 回填土验收 33](#_Toc137727227)

[10.6 整体验收 33](#_Toc137727228)

[11 运营监测与预警 35](#_Toc137727229)

[11.1 一般规定 35](#_Toc137727230)

[11.2 运营监测 35](#_Toc137727231)

[11.3 运营预警 36](#_Toc137727232)

[12 板桩结构体系拆除与更换 37](#_Toc137727233)

[12.1 一般规定 37](#_Toc137727234)

[12.2 拆除 37](#_Toc137727235)

[12.3 更换 37](#_Toc137727236)

[附录A 地基基本承载力 38](#_Toc137727237)

[附录B 锚固桩地基系数参考值 41](#_Toc137727238)

[附录C 挡土板土压力计算方法 43](#_Toc137727239)

[附录D 结构构件的材料性能参数 45](#_Toc137727240)

[本规范用词用语说明 46](#_Toc137727241)

[引用标准名录 47](#_Toc137727242)

[条文说明 48](#_Toc137727243)

Contents

[1 Genral provisions 1](#_Toc132605708)

[2 Terms and symbols 2](#_Toc132605709)

[2.1 Terms 2](#_Toc132605710)

[2.2 Symbols 3](#_Toc132605711)

[3 General requirements 5](#_Toc132605712)

[4 Design load 6](#_Toc132605713)

[4.1 General requirements 6](#_Toc132605714)

[4.2 Main load](#_Toc132605715) 7

[4.3 Additional force 8](#_Toc132605716)

[4.4 Other load 8](#_Toc132605717)

[5 Design of pile-plate retaining wall 9](#_Toc132605719)

[5.1 General requirements 9](#_Toc132605720)

[5.2 Structural form and layout 9](#_Toc132605721)

[5.3 Internal force calculation 10](#_Toc132605722)

[5.4 Resistance calculation 11](#_Toc132605723)

[5.5 Checking of pile-plate retaining wall 11](#_Toc132605724)

[5.6 Structural requirements 12](#_Toc132605725)

[6 Digital design of prefabricated pile-sheet retaining wall 13](#_Toc132605726)

[6.1 General requirements 13](#_Toc132605727)

[6.2 Classification 13](#_Toc132605728)

[6.3 Component number 13](#_Toc132605729)

[6.4 Design requirements 14](#_Toc132605730)

[7 Component forming and maintenance 16](#_Toc132605731)

[7.1 General requirements 16](#_Toc132605732)

[7.2 Mould quality 17](#_Toc132605733)

[7.3 Concrete placement and vibration 18](#_Toc132605734)

[7.4 Component forming 18](#_Toc132605735)

[7.5 Component maintenance 18](#_Toc132605736)

[8 Component acceptance and management 20](#_Toc132605737)

[8.1 General requirements 20](#_Toc132605738)

[8.2 Component acceptance 20](#_Toc132605739)

[8.3 Component identification 23](#_Toc132605740)

[8.4 Stacking of components 23](#_Toc132605741)

[8.5 Component transportation 24](#_Toc132605742)

[9 Construction requirement 26](#_Toc132605743)

[9.1 General requirements 26](#_Toc132605744)

[9.2 Safety reckeck 26](#_Toc132605745)

[9.3 Construction preparation 27](#_Toc132605746)

[9.4 Mechanical hole construction 28](#_Toc132605747)

[9.5 Lifting of component 29](#_Toc132605748)

[9.6 Backfill 30](#_Toc132605749)

[10 Construction inspection 31](#_Toc132605750)

[10.1 General requirements 31](#_Toc132605751)

[10.2 Inspection of pile holes 31](#_Toc132605752)

[10.3 Inspection of piles 32](#_Toc132605753)

[10.4 Inspection of sheets 32](#_Toc132605754)

[10.5 Inspection of backfill 33](#_Toc132605755)

[10.6 Overall acceptance 33](#_Toc132605756)

[11 Monitoring and pre-warning 35](#_Toc132605757)

[11.1 General requirements 35](#_Toc132605758)

[11.2 Monitoring 35](#_Toc132605759)

[11.3 Pre-warning 36](#_Toc132605760)

[12 Removal and replacement of components 37](#_Toc132605761)

[12.1 General requirements 37](#_Toc132605762)

[12.2 Removal 37](#_Toc132605763)

[12.3 Replacement 37](#_Toc132605764)

[Appendix A Basic bearing capacity of foundation 38](#_Toc132605765)

[Appendix B Reference value of embedded pile foundation coefficient 41](#_Toc132605766)

[Appendix C Earth pressure calculation method of retaining sheet 43](#_Toc132605767)

[Appendix D Material parameters of component 45](#_Toc132605768)

[Explanation of terms used in this standard 46](#_Toc132605769)

[List of Reference Standards 47](#_Toc132605770)

[Clause explanation 48](#_Toc137074719)

# 1 总 则

**1.0.1** 为统一边坡装配式桩板墙结构的设计技术标准，使装配式桩板墙结构设计符合安全可靠、技术先进、经济合理、方便施工、绿色环保的要求，制定本规范。

**1.0.2** 本标准适用于边坡装配式桩板墙结构设计、数字化管理、生产运输、施工和质量验收。

**1.0.3** 边坡桩板墙结构应根据工程需求、工程地质、水文地质、环境条件以及施工条件等进行设计。

**1.0.4** 本标准规定了边坡装配式桩板墙结构的设计要求、生产运输、施工标准和检验方法，除应符合本标准外，还应遵循国家现行有关规范和标准的规定。

# 2 术语和符号

2.1 术 语

**2.1.1** 挡土墙retaining wall

挡土墙是指支承路基填土或山坡土体、防止填土或土体变形失稳的构造物。

**2.2.2** 桩板式挡土墙 pile-sheet retaining wall

在桩间设挡土板等结构来稳定土体的支挡结构。

**2.1.3** 装配式挡土墙assembled retaining wall

装配式挡土墙是指通过按标准模数批量化预制生产，通过现场拼装形成整体来支承路基填土或山坡土体、防止填土或土体变形失稳的构造物。

**2.1.4**  预制混凝土构件precast concrete component

在工厂或者现场预先制作的混凝土构件，简称预制构件。

**2.1.5** 抗滑桩 slide-resistant pile

由锚固段侧向地基抗力抵抗悬臂段的土压力或滑坡下滑力的横向受力桩。

**2.1.6** 预制构件数字化设计 digital design of precast component

以预制构件信息化模型为核心，借助参数化建模软件，实现全建设周期数据流转、信息共享的设计方式。

**2.1.7** 设计使用年限 design working life

正常使用和维护状态下，设计规定的结构或构件不需要进行大修即可按预定目的使用的年限。

**2.1.8** 浸水地区 soaking area (district)

滨河、滨海、水库等受水浸泡的路基地段。

**2.1.9** 地震地区 earthquake area

边坡支护结构抗震设防地区。

**2.1.10** 一般地区 general area

除浸水地区、抗震地区以外的地区。

**2.1.11** 作用 action

施加在支护结构上的力（直接作用，也称为荷载），或引起结构外加变形或约束变形等效应的原因（间接作用）。

**2.1.12** 抗力 resistance

结构或构件承受作用效应的能力。

**2.1.13** 地基基本承载力 bearing capacity of subgrade

在保证地基稳定条件下，结构物不产生超出允许的沉降或变形的地基承载力。

2.2 符 号

**2.2.1** 材料性能

**——土体相对密度；

——剪切模量；

——初始地基模量；

——土体内摩擦角( °)；

——挡土板与土体的摩擦角( °)；

——土体有效容重；

——土体密度；

**2.2.2** 作用效应及承载力

——土反力(kN/m)；

——侧向压力系数；

**2.2.3** 几何参数

——桩径(m)；

——埋深(m)；

——桩间距(m)；

——土拱与挡土板之间区域的断面面积(m2)；

——土拱内边界长度(m)；

——挡土板的内边界弧长(m)；

**2.2.4** 计算系数及其他

——比例系数。

——桩间距修正系数；

——孔压修正系数；

——桩－土相对位移；

——挡板所受土压力；

# 3 基本规定

**3.0.1** 边坡装配式桩板墙结构的抗滑桩、挡土板和连接构件应符合安全性、适用性和耐久性的要求。

**3.0.2** 本标准装配式桩板墙适用于一般地区、浸水地区和地震地区等的路堑和路堤，也可用于滑坡等特殊场地的支挡结构，其设计使用年限为60年。

**3.0.3** 预制桩板墙式挡土体系型式可根据适用范围、设置位置、墙背填土类型、地基性质、地面坡度、墙高限值等条件选用。

**3.0.4** 边坡装配式桩板墙结构宜采用数字化方式运营，实现与工厂自动化生产线的数字对接，进行全专业、全过程的信息化管理。

**3.0.5** 边坡装配式桩板墙构件应进行抽样检测，对重要工程宜进行现场试验。

**3.0.6** 边坡装配式桩板墙构件应分类存储和运输。

**3.0.7** 边坡桩板墙结构应做好与支挡体系附属结构等工程的衔接设计。

**3.0.8** 临近既有线或重要建筑物时，支挡结构的选择应考虑施工对行车的干扰，以及施工对建筑物的影响等。

# 4 设计荷载

4.1 一般规定

**4.1.1** 装配式桩板墙结构上承受的荷载包括主力、附加力和特殊力，可根据作用的时间和出现的频率按表4.1.1进行分类。

**表4.1.1 荷载分类**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **荷载分类** | | **荷载名称** |
| 主力 | 永久荷载 | 土压力 |
| 结构重力 |
| 结构顶面上的恒载 |
| 常水位时静水压力和浮力 |
| 滑坡推力 |
| 可变荷载 | 行车荷载 |
| 人行道荷载 |
| 附加力 | 可变荷载 | 设计水位的静水压力和浮力 |
| 水位退落时的渗透力 |
| 波浪压力、风压力 |
| 膨胀力、冻胀力和冰压力 |
| 特殊力 | 偶然荷载 | 地震力、冲击力等 |
| 可变荷载 | 施工及临时荷载等 |

注：1常水位系指每年大部分时间保持的水位。

2浸水地区的装配式桩板墙应从设计水位及以下搜索最不利水位作为计算水位。

**4.1.2** 装配式桩板墙结构设计应按照结构的功能要求和设计工况采用相应的荷载组合和安全系数。

**4.2.3** 装配式桩板墙结构采用总安全系数法设计时，荷载组合应符合表4.1.2的规定；釆用极限状态法设计时，荷载组合中的分项系数取值应符合相关规定。

**表4.1.2 荷载组合**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **环境** | | **荷载组合** |
| 一般地区 | | 主（永久荷载） |
| 主（永久荷载）+主可变（行车荷载） |
| 主（永久荷载）+特殊力（可变） |
| 浸水地区 | 常水位和无水 | 与一般地区相同 |
| 洪水位 | 主（永久荷载）+主可变（行车荷载）+附加力（可变） |
| 主（永久荷载）+附加力（可变） |
| 主（永久荷载）+特殊力（可变）+附加力（可变） |
| 地震地区 | 无震 | 与一般地区相同 |
| 有震 | 主（永久荷载）+特殊力（偶然） |
| 主（永久荷载），主可变（行车荷载）+特殊力（偶然） |
| 主（永久荷载）+特殊力（可变）+特殊力（偶然） |

注:主力和特殊力组合时，不检算裂缝宽度、变形和沉降。

4.2 主力

**4.2.1** 土压力作用应根据边坡装配式桩板墙结构的具体情况采用主动土压力、静止土压力或被动土压力，并结合工程经验乘以相应的土压力修正系数。

**4.2.2** 承受主动土压力时，主动土压力应根据墙背或假想墙背反力与破裂棱体重力和破裂面反力的静力平衡进行计算。

**4.2.3** 当采用库仑主动土压力公式计算悬臂段上的土压力时，应根据约朿条件、变形情况和墙背岩土性质等选取适当的土压力计算修正系数。

**4.2.4** 浸水装配式桩板墙结构常水位以下水和土的作用计算应符合下列规定：

**1** 墙背土压力计算应区分水土合算与水土分算，墙背岩土透水性强时，宜釆用水土分算；墙背为黏性土、黏质粉土时宜釆用水土合算；

**2** 墙背填料为砂性土时，水下填土部分可釆用浮重度；当墙背填料为黏性土时，水下填土部分采用饱和重度；

**3** 墙背填料为渗水土且墙身设有泄水孔时，可不计墙身两侧静水压力。

**4.2.5** 滑坡推力可根据边界条件、滑体重度和滑带土的强度指标，采用传递系数法计算。滑动面的强度指标应考虑岩土性质、滑坡体变形特征及含水条件等因素，根据试验值、反算值和地区经验值等综合分析确定。

**4.2.6** 汽车、列车等行车的可变荷载的单位荷载计算，可按行车等效条形均布荷载计算。

4.3 附加力

**4.3.1** 浸水地区装配式桩板墙结构在下列情况下应考虑渗透力：

**1** 装配式桩板墙结构两侧有水位差，并形成贯通渗流；

**2** 墙前水位骤降，墙后岀现渗流；

**3** 浸水地区滑坡发生水位骤降。

**4.3.2** 冻土地区装配式桩板墙结构设计荷载应考虑作用在基础及墙背上的冻胀力。土压力、冻胀力应按暖季和寒季分别计算，土压力和冻胀力不应叠加。

4.4 特殊力

**4.4.1** 地震作用应根据边坡工程的抗震设防烈度进行地震效应计算。

**4.4.2** 装配式桩板墙结构墙背土压力应计入水平地震力，设计时应考虑结构上所承受的水平地震力。

**4.4.3** 洪水位情况下，装配式桩板墙结构墙背七压力应计入洪水作用，但不和地震力同时考虑。

**4.4.4** 装配式桩板墙结构验算应考虑施工设备及其载重量等临时荷载，临时荷载应根据设备形式和运载方式进行计算。

# 5 桩板结构体系设计

5.1 一般规定

**5.1.1** 预制混凝土桩板式挡土墙的结构体系设计应包括下列内容：

**1** 选型及布置；

**2** 挡土墙的稳定计算；

**3** 结构内力、承载能力及变形验算；

**4** 构造要求。

**5.1.2** 预制混凝土桩板式挡土墙应进行稳定性计算。

**5.1.3** 预制混凝土桩板式挡土墙结构设计应采用极限状态设计方法，并应符合现行国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的有关规定。

**5.1.4** 预制混凝土桩板式挡土墙应进行排水布置。

**5.1.5** 预制混凝土桩板式挡土墙墙后填料土的抗剪强度指标宜通过试验确定。

5.2 选型及布置

**5.2.1**预制混凝土桩板式挡土墙的结构形式选用应符合表5.2.1的规定。

**表5.2.1 预制混凝土桩板式挡土墙的结构形式及适用范围**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **结构形式** |  | **适用范围** |
| 无锚桩板式结构 |  | 适用于挡土高度较小，地面荷载不大且对位移控制要求不高的挡土墙 |
| 拉锚桩板式结构 | 单锚桩板墙结构 | 适用于挡土高度较大，对位移控制有一定要求的挡土墙 |
| 多锚桩板墙结构 | 适用于挡土高度大，对位移控制要求高的挡土墙 |

**5.2.2** 桩主体截面形式可采用矩形或圆形。桩截面为矩形时，截面短边长度不宜小于1.25m，桩间距宜为5m~8m；桩截面为圆形时，截面直径不宜小于1.5m，桩间距宜取2~4倍桩径，但不宜大于6m。

**5.2.3** 桩悬臂段高度不宜超过10m，大于10m时桩上宜设置预应力锚索且最大悬臂高度不宜超过20m。

**5.2.4** 挡土板可采用直板或弧形板，板厚不宜小于300mm。当采用分层拼装式挡土板时，预制条块构件高度宜为300mm~500mm。

**5.2.5** 挡土板与桩搭接可根据工程需要采用桩后搭接或翼缘板搭接，采用翼缘板搭接时，翼缘板截面高度和宽度不宜小于250mm。

**5.2.6** 桩长、桩间距和截面尺寸应根据侧向压力大小和锚固段地基承载力等因素合理确定，地基基本承载力可参照本标准**附录A**选用。

**5.2.7** 采用锚拉式桩板墙时，预应力锚索的设计和施工应符合现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330-2013的有关规定。

**5.2.8** 对于有景观要求的预制混凝土桩板式挡土墙，桩间挡土板可采用斜插板与植被结合的形式，挡土墙宜设置成与景观协调的颜色、造型或图案。

5.3 内力计算

**5.3.1** 对于存在潜在滑动面的边坡，应按推力和土压力中的最不利荷载进行设计。其中，桩板墙墙背上的侧向土压力可根据库伦主动土压力计算，滑坡推力可按传递系数法计算，土压力修正系数可采用1.1~1.2。

**5.3.2** 作用于墙背上岩(土)体产生的土压力可按库仑理论进行计算，对于铁路、公路路基桩板墙，轨道及列车荷载等引起的土压力可按弹性理论进行计算。

**5.3.3** 作用在桩上的荷载宽度可按其左右两相邻桩之间距离的一半计算，作用在挡土板上的荷载宽度可按板的计算跨度计算。桩间挡土板上的压力可根据桩间岩（土）体的稳定情况和挡土板的设置方式按全部岩（土）体压力或按部分岩（土）体压力计算。

**5.3.4** 锚固点以上的桩身内力及变形根据荷载应力分布应按悬臂梁计算。作用于每根抗滑桩上的力系应按每延米推力乘以桩间距计算。推力的分布图形可根据岩土性质、厚度和桩身变形限制条件等因素采用矩形、梯形或三角形等简化分布模型。锚固段内力和变形宜根据埋入底面或滑动面处弯矩和剪力，采用地基系数法计算。根据岩土条件可选用“*k*法”或“*m*法”。地基系数*k*和*m*宜根据试验资料、地方经验和工程类比综合确定，初步设计阶段可按本标准**附录B**取值。

**5.3.5** 锚固点以下的桩身变位和内力，应根据锚固点处的弯矩、剪力和地基的弹性抗力进行计算，计算时可不计桩侧摩阻力。对于圆形桩形桩，根据桩径d的取值，按下式计算：

 (5.3.5-1)

对于矩形桩，按下式计算：

 (5.3.5-2)

式中，——桩计算宽度；

*d*——桩径；

*b*——桩宽。

**5.3.6** 锚固桩桩底支承应结合地层情况和桩底嵌固深度采用自由端或铰支端。

**5.3.7** 桩间挡土板上的土压力可根据桩和挡土板的设置方式、桩间土体的稳定性状态土拱效应等因素，参照本规程**附录C**进行计算。

5.4 抗力验算

**5.4.1** 预制混凝土桩板式挡土墙承载能力极限状态设计包括锚固桩及其翼缘板抗弯、抗剪检算，作用效应设计值可按式5.4.1-1计算

(5.4.1-1)

式中，——作用设计值；

——永久作用分项系数，桩可采用1.35~1.50，挡土板可采用1.35；

——永久作用效应标准值；

——可变作用分项系数，可采用1.40；

——可变作用效应标准值

**5.4.2** 预制混凝土桩板式挡土墙受弯构件为矩形截面时，正截面和斜截面承载力计算应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的有关规定。

**5.4.3** 预制混凝土桩板式挡土墙受弯构件为圆形截面时，正截面和斜截面承载力计算应符合现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120的有关规定。

5.5 桩板结构体系验算

**5.5.1** 预制桩埋置施工完成后，地面处桩的水平位移不宜大于10mm，且侧壁应力不应大于地层的横向容许承载力。否则，地层上部应采取适当的加固措施。

**5.5.2** 挡土板跨中最大挠度不宜大于挡土板计算跨度的1/200。

**5.5.3** 计算抗滑桩桩身截面强度，当无特殊要求时，可不作最大裂缝宽度验算；在腐蚀性环境作用下，应进行最大裂缝宽度验算。挡土板应作最大裂缝宽度验算和挠度验算。有翼缘的桩，除检算强度以外，尚应对翼缘进行最大裂缝宽度验算。

**5.5.4** 最大裂缝宽度的计算应符合现行《混凝土结构设计规范》GB 50010的有关规定。最大裂缝宽度限值可按经验或实际需求取用，无已有经验时，可按照现行行业标准《铁路混凝土结构耐久性设计规范》TB 10005的有关规定取用。

**5.5.5** 预制混凝土桩板式挡土墙构件裂缝最大宽度检算时，作用效应可按式5.5.5-1计算：

(5.5.5-1)

式中，——作用效应标准值；

——永久作用效应标准值；

——可变作用的准永久值系数，可采用0.6；

——可变作用效应标准值

5.6 构造要求

**5.6.1** 设牛腿的抗滑桩，牛腿的高度不宜小于40 cm，宽度不宜小于30 cm。

**5.6.2** 抗滑桩和挡士板的混凝土强度等级不宜低于C30，当地下水有侵蚀性时，水泥应按有关规定选用。

**5.6.3** 桩身中主筋宜采用HRB400，箍筋和挡土板中的主筋可采用HRB335或HRB400。设计时可参考本标准**附录D**选用。

**5.6.4** 抗滑桩主筋直径不应小于18 mm，每桩的主筋数量不应小于8根。主筋净间距不宜小于100 mm且不宜大于300 mm，困难情况下可适当调整，但不得小于80 mm且不得大于350 mm。当配置单排钢筋有困难时，可设置2排或3排。受力钢筋混凝土保护层不应小于80 mm。当采用束筋时，每束不宜多于3根。

**5.6.5** 抗滑桩箍筋宜采用封闭式，其直径不宜小于14 mm，间距不应大于300 mm，肢数不宜多于4肢。

**5.6.6** 抗滑桩的两侧和受压边，应适当配置纵向构造钢筋，其直径不宜小于14 mm，间距不应大于300 mm。桩的受压边两侧，应配置架立钢筋，其直径不宜小于16 mm。当桩身较长时，纵向构造钢筋和架立钢筋的直径应适当增大。

**5.6.7** 当采用拱型挡土板时，不宜采用素混凝土，应沿径向和环向配置一定数量的构造钢筋，构造钢筋间距不宜大于200 mm，直径不宜小于12 mm。

# 6 装配式板桩结构信息化

6.1 一般规定

**6.1.1** 装配式板桩结构预制构件模型建立、修改宜采用统一的构件资源库，应用信息化管理和控制。

**6.1.2** 预制构件信息模型宜在装配式板桩结构设计、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，宜采用统一编码和规则、共享模型数据。

**6.1.3** 预制构件信息模型的存储和维护宜符合各专业和不同软件间的数据交互要求，且宜保证模型数据能有效传递和交换。

**6.1.4** 预制构件信息模型数据应能传递至生产设备，为自动化生产提供数据支撑。

6.2 分类

**6.2.1** 按装配式板桩的结构形式分类：一般有无锚板桩式结构、拉锚板桩式结构和双排桩式结构。

**6.2.2** 按产品类型使用方法分类：装配式桩板墙PC(Ⅰ型)预制圆桩、装配式桩板墙PC(Ⅱ型)预制方桩、装配式桩板墙PC(Ⅰ型)预制平面挡板、装配式桩板墙PC(Ⅱ型)弧形挡板。

6.3 编码

**6.3.1** 预制构件标记由构件所属类型编号，使用功能编号组成：

**1** 装配式桩板墙PC(Ⅰ型)预制圆桩(无锚孔)：FPSW—FP—Ⅰa；

**2** 装配式桩板墙PC(Ⅱ型)预制方桩(无锚孔)：FPSW—FP—Ⅱa；

**3** 装配式桩板墙PC(Ⅰ型)预制圆桩(有锚孔)：FPSW—FP—Ⅰb；

**4** 装配式桩板墙PC(Ⅱ型)预制方桩(有锚孔)：FPSW—FP—Ⅱb；

**5** 以装配式板桩墙PC标准构件为例：



**图6.3.1 预制构件编码**

6.4 设计要求

**6.4.1** 装配式板桩结构预制构件建模宜采用参数化建模软件，建模软件应符合下列规定：

**1** 应具有预制构件三维设计功能；

**2** 应具有预制构件深化设计功能；

**3** 应具有模型的碰撞检查功能；

**4** 应具有构件图纸输出功能；

**5** 应保持桩板结构信息模型与构件设计图一致；

**6** 模型数据内容和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。

**6.4.2** 装配式桩板结构预制构件分类和编码应符合下列规定：

**1** 预制构件分类对象应包括桩板结构工程中的结构体系、桩板结构材料、建设进程；

**2** 预制混凝土构件、制品及预埋件应具有桩板结构产品或元素编码；

**3** 预制构件的分类及编码应在构件属性中体现。装配式预制构件的编码应满足建设过程中各阶段的需要，相应编码宜在桩板结构产品或元素编码后增加；

**4** 装配式预制构件的信息模型编码扩展和增加时，已规定的编码应保持不变。

**6.4.3** 装配式桩板结构预制构件建模一般规定：

**1** 具备三维可视化功能，可进行三维深化设计建模；

**2** 支持通用输入、输出格式的模型数据交换和存储；

**3** 支持各专业、项目实施各阶段的数据传递和协同工作；

**4** 预制构件模型与构件编码应一对应。模型编码应能在装配式桩板结构全生命期内被唯一识别。

**6.4.4** 视图表达应满足生产设备识别要求，视图应包含下列内容：

**1** 预制构件模型的视图应包含三维视图、平面视图、立面视图、剖面视图，其中平面视图宜包括各专业设计平面、构件吊点和支承点平面、构件模具平面、构件预埋件平面和构件连接平面等；

**2** 二维视图应由三维模型直接生成，可根据工程应用需求增补必要的注释信息；

**3** 预制构件的表达应充分考虑电子化交付和彩色表达方式，其中模型预埋件、吊点、支承点和共用吊点支承点应能被迅速识别，颜色设置应在相关平面视图中说明；

**4** 模型平面中应利用符号或箭头指示定位基点；

**5** 符号、图例、字体、标注宜符合现行国家标准，自定义部分应说明代表含义。

**6.4.5** 预制构件信息模型数据应满足生产设备识别要求，数据应包含下列内容：

**1** 预制构件整体模型数据；

**2** 各预制构件的生产数据；

**3** 各预制构件的图纸文件；

**4** 预制构件的几何信息、位置信息、材料信息等；

**5** 预制构件图纸中应对用以维持构件在生产、运输、施工阶段完整性的钢筋或埋件进行明确标识，并说明其在预制构件中的锚固要求。

# 7 构件成型与养护

7.1 基本要求

**7.1.1** 预制构件生产前应编制生产方案和工艺设施，宜包括生产工艺、模具方案、技术质量控制措施及成品存放、运输和保护方案等，并应有完善的质量管理体系和必要的试验检测手段。

**7.1.2** 预制桩设置锚索时，锚孔距离桩顶不宜小于1.5m，锚固点附近桩身箍筋应适当加密。挡土板应预留泄水孔，挡土板后应设置反滤层。

**7.1.3** 原材料进厂前应进行检验，应符合现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T51231的有关规定。

**7.1.4** 混凝土应进行抗压强度检验，并应符合现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T51231的有关规定。

**7.1.5** 预制混凝土板桩宜在工厂制作，并应符合下列规定：

**1** 采用离心法工艺生产的板桩桩身混凝土强度等级不宜低于C80；

**2** 采用浇筑法工艺生产的板桩桩身混凝土强度等级不宜低于C60。

**7.1.6** 预制构件混凝土的工作性能指标应综合考虑预制构件特点和生产工艺，混凝土配合比设计应符合国家现行标准《普通混凝土配合比设计规程》（JGJ55）和《混凝土结构工程施工规范》（GB50666）的有关规定。

**7.1.7** 预制构件用钢筋的加工、连接与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）等的有关规定。

**7.1.8** 腐蚀、冻融环境下的板桩，桩身混凝土应进行耐久性检测，结果应符合国家现行标准《混凝土结构耐久性设计标准》（GB/T50476-2019）和行业现行标准《公路工程混凝土结构耐久性设计规范》（JTG/T3310-2019）等的相关规定。

**7.1.9** 预制构件生产宜建立首件验收制度。

**7.1.10** 预制构件生产的质量检验应按模具、钢筋、混凝土、预应力、预制构件等检验进行。预制构件的质量评定应根据钢筋、混凝土、预应力、预制构件的试验、检验资料等项目进行。当上述各检验项目的质量均合格时，方可评定为合格产品。

**7.1.11** 预制构件和部品经检查合格后，宜设置表面标识。预制构件和部品出厂时，应出具质量证明文件。

7.2 模具质量

**7.2.1** 模具应具有足够的强度、刚度和整体稳定性，并应符合下列规定：

**1** 模具应装拆方便，并应满足预制构件质量、生产工艺和周转次数等要求；

**2** 模具各部件之间应连接牢固，接缝应紧密，附带的埋件或工装应定位准确、安装牢固；

**3** 摸具应满足预制构件预留孔洞、插筋、预埋件的安装定位要求。

**7.2.2** 为避免脱模时对构件造成损伤，应采用优质脱模剂。

**7.2.3** 模具应保持清洁，涂刷脱模剂时应均匀、无漏刷、无堆积，且不得沾污钢筋，不得影响预制构件外观效果。

**7.2.4** 应定期检查侧模、预埋件和预留孔洞定位措施的有效性；应采取防止模具变形和锈蚀的措施；重新启用的模具应检验合格后方可使用。

**7.2.5** 磨具表面应平整，除设计及构造要求的预留孔洞外，不得开槽和打孔。

**7.2.6** 除设计有特殊要求外，预制构件模具尺寸偏差和检验方法应符合表7.2.6的规定。

**表7.2.6 预制构件模具尺寸的允许偏差和检验方法**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **项次** | **检验项目及内容** | | **允许偏差（mm）** | **检验方法** |
| 1 | 长度 | ≤6m | 1，—2 | 用钢尺量平行构件高度方向，取其中偏差绝对值较大处 |
| ＞6m且≤12m | 2，—4 |
| ＞12m | 3，—5 |
| 2 | 截面尺寸 | 墙板 | 1,—2 | 用钢尺测量两端或中部，取其中偏差绝对值较大处 |
| 3 | 其他构件 | 2，—4 |
| 4 | 对角线差 | | 3 | 用钢尺测量纵、横两个方向对角线 |
| 5 | 侧向弯曲 | | *l*/1500且≤5 | 拉线，用钢尺量测侧向弯曲最大处 |
| 6 | 翘曲 | | *l*/1500 | 对角拉线测量交点间距离值的两倍 |
| 7 | 底膜表面平整度 | | 2 | 用2m靠尺和塞尺量 |
| 8 | 组装缝隙 | | 1 | 用塞片或塞尺量 |
| 9 | 端模与侧模高低差 | | 1 | 用钢尺量 |

注：*l*为模具与混凝土接触面中最长边的尺寸。

**7.2.7** 构件上的预埋件和预留孔洞宜通过模具进行定位，并应安装牢固。

7.3 混凝土浇筑与振捣

**7.3.1** 在混凝土浇筑前应进行预制构件的隐蔽工程检查，检查项目应包括下列内容：钢筋型号与布置要求、纵向受力钢筋的连接方式与验收、箍筋型号与布置要求、预埋件规格与位置、预留孔洞数量与位置、钢筋的混凝土保护层厚度、拉结件的规格与数量。

**7.3.2** 混凝土浇筑应符合下列规定：

**1** 混凝土浇筑前，预埋件及预留钢筋的外露部分宜采取防止污染的措施；

**2** 混凝土倾落高度不宜大于600mm，并应均匀摊铺；

**3** 混凝土浇筑应连续进行；

**4** 混凝土从出机到浇筑完毕的延续时间，气温高于25℃时不宜超过60min，气温不高于25℃时不宜超过90min。

**7.3.3** 应根据混凝土的品种、工作性、预制构件的规格形状等因素，制定合理的振捣成型操作规程。混凝土应采用强制式搅拌机搅拌，并宜采用机械振捣。

**7.3.4** 混凝土成型应采用与工艺相适应的振捣方式。当采用振捣棒时，混凝土振捣过程中不应碰触钢筋骨架、模具。混凝土振捣过程中应随时检查模具有无漏浆、变形或骨架有无移位等现象。

**7.3.5** 构件浇筑成型前，应对模具、隔离剂涂刷、钢筋成品（骨架）质量、保护层控制措施、预留孔道等逐项进行检查，合格后方可浇筑混凝土。

7.4 构件成型

**7.4.1** 采用后浇混凝土或砂浆、灌浆料连接的预制构件结合面，制作时应按设计要求进行粗糙面处理。

**7.4.2** 预制构件粗糙面成型应符合下列规定：

**1** 可采用模板面预涂缓凝剂工艺，脱模后采用高压水冲洗露出骨料；

**2** 叠合面粗糙面可在混凝土初凝前进行拉毛处理。

7.5 构件养护

**7.5.1** 混凝土浇筑完毕或压面工序完成后应及时覆盖保湿,脱模前不得揭开。

**7.5.2** 应根据预制构件特点和生产任务量选择自然养护、自然养护加养护剂或加热养护方式。

**7.5.3** 加热养护可选择蒸汽加热、电加热或模具加热等方式。

**7.5.4** 预制构件采用洒水、覆盖等方式进行常温养护时，应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》（GB50666）的要求。

**7.5.5** 当采用蒸汽或高温养护时，在专项工艺方案中应明确预制构件静停时间、升温速度、恒温时最高温度、恒温时间及降温速度等参数。宜在常温下静停2h～6h，升温、降温速度不应超过20℃/h，最高养护温度不宜超过70℃，预制构件出池的表面温度与环境温度的差值不宜超过25℃。

**7.5.6** 恒温期间温度不宜超过60℃，最大不得超过65℃。恒温养护时间应根据构件脱模强度要求、混凝土配合比以及环境条件等情况通过试验来确定。

**7.5.7** 预制混凝土板桩宜采用常压蒸汽养护,当要求板桩混凝土强度等级不低于C80时,宜在常压蒸汽养护后再进行高压蒸汽养护。

**7.5.8** 涂刷养护剂应在混凝土终凝后进行。

**7.5.9** 脱模起吊时，预制构件的混凝土立方体抗压强度应满足设计要求，且不应小于15N/mm²。

**7.5.10** 除设计有要求外，预制构件出厂时的混凝土强度不宜低于设计混凝土强度等级值的75%。

# 8 构件验收与管理

8.1 一般规定

**8.1.1** 生产单位宜建立质量可追溯的信息化管理系统和信息化档案管理系统。

**8.1.2** 预制构件质量检验与评定应包括进场检验、施工质量检验和质量评定等程序。

**8.1.3** 预制构件进场提供的检验资料应完整，应包括混凝土、钢材及受力预埋件的质量证明文件、主要材料进场复验报告、构件生产过程质量检验记录、结构试验记录(或报告)及其它必要的试验或检验记录。

**8.1.4** 预制构件交付的产品质量证明文件应包括下列内容：

**1** 出厂合格证；

**2** 合同要求的其他质量证明文件。

**8.1.5** 预制构件不应有影响结构性能、安装和使用功能的尺寸偏差。对超过尺寸允许偏差且影响结构性能、安装和使用功能的部位，应经原设计单位认可，制定技术处理方案进行处理，并重新检查验收。

**8.1.6** 预制构件生产应建立首件验收制度。

**8.1.7** 应制定预制构件的运输与堆放方案，其内容应包括运输时间、次序、运输线路、堆放场地、固定要求、堆放支垫及成品保护措施等。对于超高、超宽和形状特殊的大型构件的运输和堆放应有专门的质量安全保证措施。

**8.1.8** 施工单位应根据装配结构的安装与连接方式，对施工现场构件吊装作业人员进行专项培训。

8.2 构件验收

**8.2.1** 构件外观质量控制。构件出模后应及时对其外观质量进行全数目测检查。外观质量不应有缺陷，对已经出现的严重缺陷应制定技术处理方案进行处理并重新检验，对出现的一般缺陷应进行修整并达到合格，见表8.2.1。

**表8.2.1 构件的外观质量缺陷分类**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **项目** | **现象** | **严重缺陷** | **一般缺陷** | **检查方法** |
| 1 | 露筋 | 构件内钢筋未被混凝土包裹而外露 | 钢筋有露筋 | — | 目测 |
| 2 | 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 | 目测 |
| 3 | 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 | 目测 |
| 4 | 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 | 目测 |
| 5 | 疏松 | 混凝土中局部不密实 | 构件主要受力部位有疏松 | 其他部位有少量疏松 | 目测 |
| 6 | 裂缝 | 缝隙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 | 目测 |

**8.2.2** 构件尺寸允许偏差。构件的尺寸偏差检查办法应符合表8.2.2的要求，尺寸偏差超出允许范围的构件未经处理不得出厂。

**表8.2.2 构件尺寸允许偏差**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **项目** | **允许偏差** |
| 1 | 长度 | ±50mm |
| 2 | 横截面宽度（直径）、厚度 | ±10mm |
| 3 | 凹榫或凸榫 | 3mm |
| 4 | 桩身侧向弯曲矢高 | *L*/1000且不大于20mm |
| 5 | 桩尖对桩纵轴线偏移 | 10mm |
| 6 | 桩抹面平整度 | 10mm |
| 7 | 保护层厚度 | +5mm |

注：*L*为预制桩桩长(mm)

**8.2.3** 出厂检验

**1** 出厂检验的检验项目包括混凝土抗压强度、外观质量和尺寸偏差；

**2** 混凝土抗压强度的检验批量和抽样按规范（GBJ108）有关规定执行；

**3** 外观质量应全数检查；

**4** 尺寸偏差同一工作班生产的同类型构件，抽查5%且不少于5件；

**5**  检验项目的判定规则：

1) 检查混凝土抗压强度的原始记录，按混凝土强度检验评定标准（GBJ108）的有关规定进行评定。

2) 外观质量应符合表8.2.1中规定，不得有严重缺陷。对出现的一般缺陷应按技术方案要求对其进行修复并达到合格。

3) 尺寸偏差应按8.2.3第4项规定进行抽样，全部符合表8.2.2各项的规定，则判定尺寸允许偏差为合格；若有三件及以上不符合表8.2.2规定，则判定为不合格；若有两件不符合表8.2.2规定，应从同批产品中抽取加倍数量进行复检，复检产品全部符合8.2.2规定，判定尺寸允许偏差为合格，若仍有一件不合格，则判定尺寸允许偏差为不合格。

**6** 在混凝土抗压强度合格基础上，外观质量、尺寸偏差全部合格，则判定该批产品合格，否则判定为不合格。

**8.2.4** 型式检验

**1** 有下列情况之一均应进行型式检验：

1) 新产品投产或老产品转场生产的试制定型鉴定。

2) 当结构、材料、工艺有较大改变时。

3) 正常生产每半年一次。

4) 停产半年以上恢复生产时。

5) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时。

**2**  型式检验的检验项目包括混凝土抗压强度、外观质量、尺寸偏差、保护层厚度和承载力等项目。在出厂检验合格产品中随机抽取10件进行外观质量和尺寸允许偏差检验，10件中随机抽取两件进行承载力检验。承载力检验完成后，在两件中抽取一件，在构件中同一断面的三处不同部位测量保护层厚度。

**3** 型式检验的判定规则：

1) 混凝土抗压强度检验时，应检查同批次构件混凝土抗压强度检验的原始记录，按混凝土强度检验评定标准（GBJ108）的有关规定进行评定。

2) 外观质量检验时，若抽取的10件产品全部符合8.2.3中第5条第2)项的规定，则判外观质量为合格；若有三件及以上不符合8.2.3中第5条第2)项的规定，则判外观质量为不合格；若有两件及以下不符合8.2.3中第5条第2)项的规定，应从同批产品中抽取加倍数量进行复检，复检产品全部符合8.2.3中第5条第2)项的规定，判外观质量为合格，若仍有一件不合格，则判外观质量为不合格。

3) 尺寸允许偏差检验时，若抽取的10件产品全部符合8.2.2的规定，则判尺寸允许偏差为合格；若有三件及以上不符合8.2.2的规定，则判尺寸允许偏差为不合格；若有两件及以下不符合8.2.2规定，应从同批产品中抽取加倍数量进行复检，复检产品全部符合8.2.2的规定，判尺寸允许偏差为合格，若仍有一件不合格，则判尺寸允许偏差为不合格。

4) 承载力检验时，若所抽两件的承载力检验全部能达到设计值，则判定合格；若有一件不符合设计值时，应从同批产品中抽取加倍数量进行复检；复检时，若仍有一件不合格，则判为不合格；若所抽两件均未达到设计值时，则判为不合格，且不得复检。

5) 保护层厚度检验时，若所抽取试样的全部指标符合8.2.2的规定，则判定保护层为合格；若有一项指标不符合8.2.2的规定，应从同批产品中抽取加倍数量进行复检，若仍有一件不符合8.2.2的规定，则判定保护层厚度不合格，且不得复检。

**4**  在混凝土抗压强度、保护层厚度、承载力合格的基础上，外观质量和尺寸允许偏差合格时，则判定该批产品为合格，否则判定为不合格。

**8.2.5** 预制构件的预埋件、插筋、预留孔的规格和数量应满足设计要求。

检查数量：全数检验。

检验方法：观察和量测。

**8.2.6** 预制构件的结合面、粗糙面或键槽成型质量应满足设计要求。

检查数量：全数检验。

检验方法：观察和量测。

**8.2.7** 预制构件应有标识。

检查数量：全数检验。

检验方法：观察，检查处理记录。

**8.2.8** 预制混凝土板桩抗弯性能检验应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204的有关规定。

**8.2.9** 其他预制构件进场检验应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204的有关规定。

8.3 构件标识

**8.3.1** 产品标记由构件所属类型和使用功能编号组成。

**8.3.2** 对合格的预制构件应做出标识，标识内容应包括：构件型号、生产日期、生产单位和检验合格标识等。出厂时，生产厂家应提供预制构件出厂合格证与自检证明报告。

**8.3.3** 对检验不合格的构件，应在其显著位置明确标示不合格原因、整改措施或处理方式。

8.4 构件堆放

**8.4.1** 预制构件的存放场地宜为混凝土硬化地面或人工处理的自然地坪，应满足平整度和地基承载力要求，避免因地面不平而损坏构件或出现挠曲变形。

**8.4.2** 构件堆放时应满足以下要求：

**1**  预制构件存放时，与刚性搁置点之间应设置柔性垫片，且垫片编码应覆盖塑料薄膜，防止污染构件。

**2** 相邻构件间需用柔性垫片分隔开，以避免碰撞损坏。

**3** 预制构件暴露在空气中的预埋钢筋应涂抹防锈漆，防止产生锈蚀。

**4** 预制构件多层叠放时，每层构件间的垫块应上下对齐；长期存放时，应采取措施防止堆垛倾覆，并控制预制构件翘曲变形；堆垛的层数应根据构件和垫块的承载力确定；垫块在构件下的位置宜与脱模、吊装时起吊位置一致。

**5** 预制桩等细长构件宜平放且用两条垫木支撑。

**6** 预制板宜采用专用支架直立存放，支架应有足够的强度和刚度。

**7**  预埋吊件应朝上，标识宜朝向堆垛间的通道。

**8** 预制板采用靠放架堆放时，靠放架应具有足够的承载力和刚度，与地面倾斜角度宜大于80°；墙板宜对称靠放且外饰面朝外，构件上部宜采用木垫块隔离。

**9** 当采用插放架直立堆放构件时，插放架应有足够的承载力和刚度，并应支垫稳固。

**10**  构件堆放场地应保证有良好的排水措施。

8.5 构件运输

**8.5.1** 运输前，预制构件厂应组织司机、安全员等相关人员对运输道路的情况进行查勘，规划好最优运输路线。

**8.5.2** 车辆启动应慢，车速均匀，不应超速、猛拐、急刹车，并根据路面状况调整行车速度。预制构件的运输车辆应满足构件尺寸和载重要求，装车运输时应满足以下要求：

**1** 装卸构件时应考虑车体平衡；

**2** 运输时应采取绑扎固定措施，防止构件移动或倾倒；

**3** 应设置柔性垫片或垫块，避免预制构件边角部位或链索接触处的混凝土损伤；

**4**  应使用塑料薄膜包裹垫片或垫块，避免预制构件外观污染；

**5** 竖向薄壁构件宜设置临时防护支架；

6预制板采用叠层平放的方式运输构件时，应采取防止构件产生裂缝的措施。

**8.5.3** 水平运输时，预制桩叠放不宜超过3层，预制板叠放不宜超过6层。

**8.5.4** 当采用插放架堆放构件时，宜采用直立运输方式。

**8.5.5** 构件在运输的过程中应对构件标识进行贴膜或者采取其他防护措施，避免运输过程中构件标识损坏。

**8.5.6** 预制构件装运时的吊装、支垫位置和方法应符合预制构件的受力状态，并应符合设计要求。

# 9 施工要求

9.1 一般规定

**9.1.1** 应进行信息化管理，如发现地质条件、工程条件、场地条件与勘察设计不符，或周边环境出现异常等情况，应及时上报。

**9.1.2** 装配式板桩结构预制构件在运输、存放及吊装过程中应避免损坏。

**9.1.3** 挖方区悬臂式板桩结构应先施工桩，再施工挡板；挖方区锚拉式板桩结构应先施工桩，再采用逆作法施工锚杆(索)及挡板。

**9.1.4** 装配式板桩结构采用机械成孔，成孔设备就位后，必须平正、稳固，确保在施工中不发生倾斜、移动。为准确控制成孔深度，在桩架或桩管上应设置控制深度的标尺，以便在施工中进行观测记录。

**9.1.5** 装配式板桩结构墙后填土必须分层夯实，选料及其密实度均应满足设计要求。

**9.1.6** 施工现场所有设备、设施、安全装置、工具配件以及个人劳保用品必须经常检查，确保完好和使用安全。

9.2 安全复核

**9.2.1** 施工区域应根据现场情况，按规定设置围挡和警示标志。

**9.2.2** 在冻土地区、风沙地区及雪害地区等特殊区段施工时，应要符合现行行业标准《铁路路基工程施工安全技术规程》TB10302的有关规定。

**9.2.3** 装配式板桩结构施工前，应对边坡危岩、危石情况及山体定性等进行全面检查，对影响施工安全的危岩、危石应予清除或采取必要的防护措施。施工时应由专人进行监测，发现异常，立即停工，撤离人员，采取安全措施后方可复工。

**9.2.4** 装配式板桩结构施工前，应根据机械选型、场地条件和对既有铁路、道路、地下管线等邻近建（构）筑物及设备影响程度的分析结果，确定施工工艺和相应的安全技术措施，并按设计要求进行监测。

**9.2.5** 机械进场前应平整作业场地，地基承载力应满足机械作业要求。

**9.2.6** 钻机安装时，机架应垫平。邻近营业线、建（构）筑物、架空线等特殊施工场界，必要时应设置缆风绳及地错等保持钻机稳固。

**9.2.7** 机械成孔作业应符合下列规定:

**1** 作业前，应检查各部位情况，确认一切正常后方可启动；

**2** 钻进中，应随时观察钻机的运转情况，当发生异响、钻机摇晃异常等情况时，应立即停机检查，排除故障后方可继续施钻；

**3** 软硬土层交界面或倾斜岩面应低速低钻压钻进；

**4** 高压胶管下，禁止站人；

**5** 改变钻杆回转方向时，应先停钻后改变钻向。

**9.2.8** 构件吊运时，吊机回转半径范围内，为非作业人员禁止入内区域，以防坠物伤人。

**9.2.9** 参加预制桩吊装的作业人员,包括司机、起重工、信号指挥等均应属特种作业人员，必须是经专业培训、考核取得合格证、并经体检确认可进行作业的人员。

**9.2.10** 墙后回填土时，装配式板桩结构的桩和挡板设计未考虑大型碾压机的荷载时，桩板后至少2m内不得使用大型碾压机械填筑。

9.3 施工准备

**9.3.1** 装配式板桩结构施工应制定专项方案。专项施工方案宜包括工程概况、编制依据、进度计划、施工场地布置、预制构件运输与存放、成孔施工、吊装施工、安全管理、质量管理、信息化管理、应急预案等内容。

**9.3.2** 施工现场应根据施工平面规划设置运输通道和存放场地，并应符合下列规定：

**1** 现场运输道路和存放场地应坚实平整，并应有排水措施；

**2**  施工现场内道路应按照构件运输车辆的要求合理设置转弯半径及道路坡度；

**3**  预制构件运送到施工现场后，应按规格、品种、使用部位、吊装顺序分别设置存放场地。

**9.3.3** 机械成孔施工前，钻孔场地应符合以下要求：

**1** 场地为旱地时，应清除杂物，换除软土，整平夯实；

**2** 场地为陡坡时，可用枕木、型钢等搭设工作平台；

**9.3.4** 机械成孔施工前，应确定成孔机械、配套设备以及合理施工工艺的有关资料。

**9.3.5** 机械成孔采用泥浆护壁时，应标明泥浆制备设施及其循环系统，同时必须有泥浆处理措施。

**9.3.6** 吊装施工前，应核对装配式板桩结构预制构件的混凝土强度及预制构件和配件的型号、规格、数量等符合设计要求。

**9.3.7** 吊装施工前，应进行测量放线、设置构件吊装定位标识，复核构件吊装位置等。

**9.3.8** 吊装施工前，应检查复核吊装设备及吊具处于安全操作状态，核实现场环境、天气、道路状况等满足吊装施工要求。

**9.3.9** 装配式板桩结构预制构件施工前，宜选择有代表性的单元进行预制构件试吊装，并应根据试安装结果及时调整施工工艺、完善施工方案。

9.4 机械成孔

**9.4.1** 可根据不同的地层情况选用冲击钻机、旋挖钻机等多种类型的钻机进行机械成孔。

**9.4.2** 冲击钻机成孔适用于碎石土、砂类土、粉土、黏性土及风化岩。

**9.4.3** 旋挖钻机成孔适用于黏性土、粉土、砂土、填土、碎石土及风化岩层，应根据不同的地层情况及地下水位埋深，采用干作业成孔和泥浆护壁成孔工艺。

**9.4.4** 冲击钻机成孔应符合下列规定：

**1** 在成孔前以及过程中应定期检查钢丝绳、卡扣及转向装置，冲击时应控制钢丝绳放松量；

**2** 开孔时，应低锤密击，成孔至护筒下3m~4m后可正常冲击；

**3** 成孔过程中应及时排除废渣，排渣可采用泥浆循环或淘渣筒，淘渣筒直径宜为孔径的50％~70％，每钻进0.5m~1.0m应淘渣一次，淘渣后应及时补充孔内泥浆，孔内泥浆液面应符合现行国家标准《建筑地基基础工程施工规范》GB51004的有关规定；

**4** 成孔施工过程中应按每钻进4m~5m更换钻头验孔。

**9.4.5** 旋挖钻机成孔作业采用干作业成孔时，其成孔工艺应符合下列规定：

1 钻杆应保持垂直稳固，位置准确，防止因钻杆晃动引起扩大孔径；

2 钻进速度应根据电流值变化，及时调整；

3 钻进过程中，应随时清理孔口积土，遇到地下水、塌孔、缩孔等异常情况时，应及时处理。

**9.4.6** 旋挖钻机成孔作业采用泥浆护壁成孔时应符合下列规定：

1 成孔前及提出钻斗时均应检查钻头保护装置、钻头直径及钻头磨损情况，并应清除钻斗上的渣土；

2 成孔钻进过程中应检查钻杆垂直度；

3 砂层中钻进时，宜降低钻进速度及转速，并提高泥浆比重和黏度；

4 应控制钻斗的升降速度，并保持液面平稳；

5 成孔时桩距应控制在4倍桩径内，排出的渣土距桩孔口距离应大于6m并应及时清除；

6 在较厚的砂层成孔宜更换砂层钻斗，并减少旋挖进尺；

7 旋挖成孔达到设计深度时，应清除孔内虚土。

**9.4.7** 泥浆的制备和处理应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ94的有关规定。

**9.4.8** 泥浆护壁成孔时，宜采用孔口护筒，护筒设置应符合下列规定：

**1** 护筒埋设应准确、稳定，护筒中心与桩位中心的偏差不得大于50mm；

**2** 护筒可用4mm~8mm厚钢板制作，其内径应大于钻头直径100mm，上部宜开设1~2个溢浆孔；

**3** 护筒的埋设深度：在黏性土中不宜小于1.0m；砂土中不宜小于1.5m。护筒下端外侧应采用黏土填实；其高度尚应满足孔内泥浆面高度的要求。

9.5 构件吊装

**9.5.1** 应根据装配式板桩结构预制构件的形状、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。

**9.5.2** 装配式板桩结构构件吊装前应检查起重机、吊装机运作情况，应检查提吊设备的吊钩、索链、铁销或钢丝绳、麻绳等的磨损程度，发现磨损应立即更换。

**9.5.3** 装配式板桩结构预制构件吊装时的混凝土强度不得低于设计强度的75%，大型预制构件应达到100%。

**9.5.4** 预制板吊装应按最小弯矩原理确定预制构件的吊点位置，吊点位置确定后应对挡土板进行强度和裂缝宽度验算。

**9.5.5** 预制桩吊装时应保证钢丝绳牢固绑扎在桩身吊环上，起吊过程应保证钢丝绳受力均匀。

**9.5.6** 应采用慢起、稳升、缓放的操作方式，吊运过程，应保持稳定，不得偏斜、摇摆和扭转，严禁吊装构件长时间悬停在空中。

**9.5.7** 装配式板桩结构预制构件吊装就位后，应及时校准并采取临时固定措施，并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。

**9.5.8** 预制桩吊装完成后应对装配式板桩结构预制桩的平面位置、标高及垂直度进行校正。

9.6 墙后回填

**9.6.1** 墙后土应分层填筑并压实到规定的密实度，填层的铺填厚度与压实遍数应通过压实试验确定。

**9.6.2** 填料分类应符合现行行业标准《铁路路基设计规范》(TB10001)的有关规定，不同种类的填料不得混杂填筑，每一水平层的全宽应采用同一种填料。

**9.6.3** 填料含水量控制范围应根据填料性质、要求的压实度和机械压实能力综合确定。当含水量过高时，应采取排水疏干、松土晾晒或其他措施；当含水量过低时，应加水润湿，也可先挖弃表土，取用含水量适当的下层土。

**9.6.4** 填料的挖、装、运、填及压实应连续进行。在作业过程中，对细粒土和粉砂、黏砂填料，应防止其含水量的不利变化；对粗粒土和软块石，应防止产生颗粒的分解、沉积和离析。

**9.6.5** 回填土标高应根据装配式板桩结构的设计标高确定。

# 10 施工验收

10.1 一般规定

**10.1.1** 边坡装配式板桩结构施工验收应具备下列资料：

**1** 边坡装配式板桩结构工程的设计文件、工程勘察报告和工程验收报告；

**2**  原预制构件出厂合格证、性能实验报告等质量证明材料，进场构件复检报告或委托检验报告；

**3** 装配式板桩结构或有关构件的检验报告；

**4** 隐蔽工程验收记录；

**5** 设计变更通知、重大问题处理文件和技术洽商记录；

**6** 施工记录；

**7** 竣工图。

**10.1.2** 边坡装配式板桩结构工程中的隐蔽工程包括机械成孔、装配式板桩结构吊装、墙后回填土。

**10.1.3** 施工验收应在施工单位自检基础上，按照检验批、分项工程、分部工程进行。

**10.1.4** 装配式板桩结构预制构件不应有影响结构性能、安装和使用功能的尺寸偏差。对超过尺寸允许偏差且影响结构性能和安装、使用功能的部位应经原设计单位认可，制定技术处理方案进行处理，并重新检查验收。

**10.1.5** 施工前应对放线尺寸进行检验。

**10.1.6** 施工结束后应检验装配式板桩结构表面质量及标高，结构变形缝的位置、宽度等。

**10.1.7** 装配式板桩结构的结构变形缝应上下贯通、平直整齐，其位置、宽度及做法应符合设计要求。

10.2 成孔验收

**10.2.1** 机械成孔施工的验收内容应该包括孔位、孔顶高程、孔深、孔径、孔倾斜度和孔底沉渣厚度。

**10.2.2** 机械成孔采用泥浆护壁时，泥浆各项指标的允许值或允许偏差及检查方法如下：

**1**  比重（粘土或砂性土中）为1.10~1.25，采用比重计测，清孔后在距孔底500mm处取样；

**2** 含砂率≤8％，采用洗砂瓶检查；

**3** 黏度为18~28s，采用黏度计检查。

**10.2.3** 机械成孔施工验收的主控项目为孔深和孔径，采用尺量或仪器测量的检验方法，其值不应小于设计值，且需要全数检查。

**10.2.4** 机械成孔施工验收的一般项目有孔顶高程、孔位、孔倾斜度以及孔底沉渣厚度，采用仪器测量的检验方法，且应全数检查，允许值或允许偏差规定如下：

**1** 孔顶高程允许偏差为±20mm；

**2** 孔位允许偏差为50mm；

**3** 孔倾斜度允许值为1％；

**4** 沉渣厚度允许值为120mm。

10.3 桩的验收

**10.3.1** 装配式桩施工前，现场应对其外观质量及桩身混凝土强度进行检验。

**10.3.2** 桩施工验收的主控项目为装配式桩的翼缘和桩水平承载力，一般项目为桩身顶面高程。

**10.3.3** 装配式桩的翼缘应完整、平顺，不应有明显破损，检验规定如下：

**1** 对于检查数量，每个检验批不应少于2根，每种规格、每种型号的预制桩不宜少于1根；

**2** 检验方法为观察检验。

**10.3.4** 桩水平承载力允许偏差符合设计要求，按检验批抽样检查，采用检查检验报告的检验方法。

**10.3.5** 桩身顶面高程允许偏差为±50mm，应进行全部检验，采用仪器测量的检验方法。

**10.3.6** 当桩顶设计标高与施工场地标高相近时，边坡装配式板桩结构工程的验收应待成桩完毕后验收；当桩顶设计标高低于施工场地标高时，应待开挖到设计标高后进行验收。

10.4 板的验收

**10.4.1** 装配式板施工验收的主控项目为板与桩的连接处理，一般项目为泄水孔。

**10.4.2** 装配式板与桩的连接处理应符合设计要求。对于检验数量，应当全部检验，检验方法为观察、尺量。

**10.4.3** 泄水孔所用材料的品种(类别)、规格、质量及性能应符合设计要求，使用前应根据材料种类验收记录并引用存档。

**10.4.4** 泄水孔的设置位置、排水坡度应符合设计要求，且排水通畅，检验数量和检验方法如下：

**1**  对于检验数量，应全部检验；

**2** 检验方法为观察设置位置、炮棍法测排水坡度。

10.5 回填土验收

**10.5.1** 回填土施工应分层进行，每一层填土施工完成后均应进行相应技术指标的检测，质量检验合格后方可进行下一层填土施工。

**10.5.2** 主控项目为分层压实质量，一般项目为回填土填料性质。

**10.5.3** 分层压实质量验收应符合以下规定：

**1** 对于检验数量，按现场施工划分的段落，每段每填层检验3点；

**2** 检验方法为环刀法、灌砂法和灌水法。

**10.5.4** 预制混凝土桩板式挡土墙的回填土填料性质验收应符合以下规定：

**1** 对于检验数量，挡土墙填筑过程中沿线路方向每连续100m抽样检验1次，不足100m时亦按100m计；

**2** 检验方法应符合现行行业标准《铁路工程土工试验规程》TB10102的有关规定。

10.6 整体验收

**10.6.1** 施工整体验收的合格与否主要取决于主控项目和一般项目的检验结果。

**10.6.2** 具体主控项目与一般项目的内容参考本规范第11章。

**10.6.3** 主控项目是对检验批的基本质量起决定性影响的关键项目，要求主控项目必须全部符合本标准的规定，即主控项目不允许有不符合要求的检验结果。

**10.6.4** 一般项目是相对于主控项目的较关键项目，本标准要求其合格率为80%及以上，且在允许存在的20%以下的不合格点中不得有严重缺陷。

**10.6.5** 严重缺陷是指对结构构件的受力性能、耐久性能或安装要求、使用功能有决定性影响的缺陷，具体的缺陷严重程度通常需要现场专业技术人员根据专业知识和经验分析判断。

# 11 运营监测与预警

11.1 一般规定

**11.1.1** 装配式板桩结构运营监测应根据边坡工程监测系统的要求统一布设。边坡工程监测系统包括监测基准网和监测点建设、监测设备仪器安装和保护、数据采集与传输、数据处理与分析、预警预报等。

**11.1.2** 装配式板桩结构运营监测与预警方案应包括项目名称、监测目的、监测方法、测点布置、监测项目报警条件和信息反馈制度等内容。

**11.1.3** 装配式板桩结构监测点布置原则：锚杆(索)拉力测点布置于外锚头或锚杆主筋为主，板桩结构变形测点布置于主要受力构件，板桩结构应力测点布置于应力最大处。

**11.1.4** 装配式板桩结构运营监测预警报告应包括下列主要内容：

**1** 工程概况；

**2** 监测依据；

**3** 监测项目和要求；

**4**  监测允许值及报警条件；

**5**  监测仪器的型号、规格和标定资料；

**6** 测点布置图、监测指标时间序列曲线图；

**7** 监测数据整理、分析和和监测结果评述。

11.2 运营监测

**11.2.1** 装配式板桩结构体系运营监测项目的选择可根据边坡工程安全等级、地质环境、边坡类型和变形控制要求综合确定：

**1** 边坡工程安全等级为 Ⅰ 级时，应进行锚杆(索)拉力监测、板桩结构变形监测，根据实际情况选测板桩结构应力；

**2** 边坡工程安全等级为 Ⅱ 级时，根据实际情况选测锚杆(索)拉力、板桩结构变形、板桩结构应力；

**3** 边坡工程安全等级为 Ⅲ 级时，可不进行监测；

**4**  边坡滑塌影响范围内有重要建(构)筑物，危害性严重时，应加强对板桩结构的应力监测。

**11.2.2** 装配式板桩结构体系运营监测应采用先进和经济实用的技术方法，与群测群防相结合。

**11.2.3** 装配式板桩结构体系运营监测与测量精度应符合现行国家标准《工程测量规范》 GB 50026 的有关规定。

11.3 运营预警

**11.3.1** 装配式板桩结构运营监测期间出现下列情况时，应立即报警，并采取相应的应急处理措施：

**1** 装配式板桩结构的监测项目的变形监测或应力监测累计值达到国家现行相关标准的允许值；

**2** 板桩结构中位移监测值增长且不收敛；

**3** 板桩结构中应力监测出现骤增、压屈、断裂、松弛或破坏的迹象；

**4** 锚固构件和连接构件有松弛、断裂或拔出的迹象；

**5** 根据当地工程经验判断已出现其他必须报警的情况。

**11.3.2** 运营预警应分为四个级别，由低到高分别为注意级、警示级、警戒级、警报级，各预警级别需满足的条件按照11.3.1规定结合边坡工程整体实际情况，采用定性与定量分析法进行综合确定。

# 12 板桩结构体系拆除与更换

12.1 一般规定

**12.1.1** 在施工过程中或运营服役生命周期内，受到损坏不能满足服役要求时，需对装配式挡土板进行拆除，及时更换安装符合质量要求的预制构件。

**12.1.2** 装配式板桩结构体系中挡土板的更换步序应该包含挡土板构件的拆除和吊装，更换施工完成后需进行施工质量验收。

12.2 拆除

**12.2.1** 拆除前应详细了解回填土性质及挡土板打入情况、板桩结构变形情况等，依此判断拆除装配式挡土板的难易程度。

**12.2.2** 拆除设备有一定的重量，要验算其下的结构承载力。如压在土层上，由于地面荷载较大，必要时设备下应放置路基箱或枕木。

**12.2.3** 作业范围内的道路设施、重要管线、高压电缆等要注意观察和保护。

**12.2.4** 若装配式挡土板拆除不了，可采取下述措施：

**1**  拆除前开挖部分回填土，卸除或减小挡土板受到的土压力，有利于拆除作业；

**2**  用振动锤等再复打一次，以克服板桩与土的黏着力及咬口间的堵塞物等产生的阻力；

**3** 按与装配式挡土板施工安装顺序相反的次序进行拆除；

**4** 在板桩填土一侧开槽，放入膨润土浆液，拆除时可减少阻力。

12.3 更换

**12.3.1** 应先对装配式挡土板进行拆除，按照12.2规定进行拆除。

**12.3.2** 拆除后应清理部分回填土，清理咬合间的堵塞物，预留吊装施工工作空间。

**12.3.3** 按照9.5规定对更换的预制构件进行吊装。

**12.3.4** 按照9.6规定对墙后进行回填。

**12.3.5** 分别按照10.4规定与10.5规定对更换的挡土板与回填土进行施工质量验收。

# 附录A 地基基本承载力

**A.0.1** 岩石地基的基本承载力可按表A.0.1采用

**表A.0.1 岩石地基的基本承载力（kPa）**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **节理发育程度** | **节理很发育** | **节理发育** | **节理不发育或较发育** |
| 岩石类别  节理间距(cm) | 2~20 | 20~40 | >40 |
| 硬质岩 | 1500~2000 | 2000~3000 | >3000 |
| 较软岩 | 800~1000 | 1000~1500 | 1500~3000 |
| 软岩 | 500~800 | 700~1000 | 900~1200 |
| 极软岩 | 200~300 | 300~400 | 400~500 |

注：1 对于溶洞、断层、软弱夹层、易溶岩的岩石等，应个别研究确定；

2 裂隙张开或有泥质充填时，应取低值。

**A.0.2** 碎石类土地基的基本承载力可按表A.0.2采用

**表A.0.2 碎石类土地基的基本承载力（kPa）**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **密实度**  **土名** | **松散** | **稍密** | **中密** | **密实** |
| 卵石土、粗圆砾土 | 300~500 | 500~650 | 650~1000 | 1000~1200 |
| 碎石土、粗角砾土 | 200~400 | 400~550 | 550~800 | 800~1000 |
| 细圆砾土 | 200~300 | 300~400 | 400~600 | 600~850 |
| 细角砾土 | 200~300 | 300~400 | 400~500 | 500~700 |

注：1 半胶结的碎石类土可按密实类的同类土的表值提高10％~30％；

2 由硬质岩块组成，充填砂类上者用高值；由软质岩块组成，充填黏性上者用低值；

3 自然界中很少见松散的碎石类土，定为松散应慎重；

4 漂石土、块石土的基本承载力值，可参照卵石土、碎石土表值适当提高。

**A.0.3** 砂类土地基的基本承载力可按表A.0.3采用。

**表A.0.3 砂类土地基的基本承载力（kPa）**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **砂土名称** | **密实度**  **湿度** | **松散** | **稍密** | **中密** | **密实** |
| 砾砂、粗砂 | 与湿度无关 | 200 | 370 | 430 | 550 |
| 中砂 | 与湿度无关 | 150 | 330 | 370 | 450 |
| 细砂 | 稍湿或潮湿 | 100 | 230 | 270 | 350 |
| 饱和 | —— | 190 | 210 | 300 |
| 粉砂 | 稍湿或潮湿 | —— | 190 | 210 | 300 |
| 饱和 | —— | 90 | 110 | 200 |

**A.0.4** 黏性土地基的基本承载力可按表A.0.4-1表A.0.4-3采用。

**表A.0.4-1 Q4冲、洪积黏性土地基的基本承载力（KPa)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **液性指数**  **孔隙比*e*** | 0 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.1 | 1.2 |
| 0.5 | 450 | 440 | 430 | 420 | 400 | 380 | 350 | 310 | 270 | 240 | 220 | — | — |
| 0.6 | 420 | 410 | 400 | 380 | 360 | 340 | 310 | 280 | 250 | 220 | 200 | 180 | — |
| 0.7 | 400 | 3370 | 350 | 330 | 310 | 290 | 270 | 240 | 220 | 190 | 170 | 160 | 150 |
| 0.8 | 380 | 330 | 300 | 280 | 260 | 240 | 230 | 210 | 180 | 160 | 150 | 140 | 130 |
| 0.9 | 320 | 280 | 260 | 240 | 220 | 210 | 150 | 180 | 160 | 140 | 130 | 120 | 100 |
| 1.0 | 250 | 230 | 220 | 210 | 190 | 170 | 160 | 150 | 140 | 120 | 110 | — | — |
| 1.1 | — | — | 160 | 150 | 140 | 130 | 120 | 110 | 110 | 90 | — | — | — |

注：十中含粒径大于2mm的颗粒，按质量计占全部质量的30％以上时，可酌情提高。

**表A.0.4-2 Q3及其以前冲、洪积黏性土地基的基本承载力**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **压缩模量（MPa）** | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |
| **基本承载力（kPa）** | 380 | 430 | 470 | 510 | 550 | 580 | 620 |

注：压缩模量为对应于0.1MPa~0.2MPa压力段的压缩模量。

**表A.0.4-3 残积黏性土地基的基本承载力**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **压缩模量（MPa）** | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 |
| **基本承载力（kPa）** | 190 | 220 | 250 | 270 | 290 | 310 | 320 | 330 | 340 |

注：本表适用于西南地区碳酸盐类岩层的残积红土，其他地区可参照使用

**A.0.5** 软土地基的基本承载力可按表A.0.5采用。

**表A.0.5** **软土地基的基本承载力**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **天然含水率（%）** | 36 | 40 | 45 | 50 | 55 | 65 | 75 |
| **基本承载力（kPa）** | 100 | 90 | 80 | 70 | 60 | 50 | 40 |

**A.0.6** 黄土地基的基本承载力可按表A.0.6-1~表A.0.6-2采用

**表A.0.6-1 新黄土（Q3、Q4）地基的基本承载力（kPa）**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **液限** | **孔隙比*e***  **天然含水率(%)** | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 |
| 24 | 0.7 | — | 230 | 190 | 150 | 110 | — | — |
| 0.9 | 240 | 200 | 160 | 125 | 85 | （50） | — |
| 1.1 | 210 | 170 | 130 | 100 | 60 | （20） | — |
| 1.3 | 180 | 140 | 100 | 70 | 40 | — | — |
| 28 | 0.7 | 280 | 260 | 230 | 190 | 150 | 110 | — |
| 0.9 | 260 | 240 | 200 | 160 | 125 | 85 | — |
| 1.1 | 240 | 210 | 170 | 140 | 100 | 60 | — |
| 1.3 | 220 | 180 | 140 | 110 | 70 | 40 | — |
| 32 | 0.7 | — | 280 | 260 | 230 | 180 | 150 | — |
| 0.9 | — | 260 | 240 | 200 | 150 | 125 | — |
| 1.1 | — | 240 | 210 | 170 | 130 | 100 | 60 |
| 1.3 | — | 220 | 180 | 140 | 100 | 70 | 40 |

注：1 非饱和Q3新黄土，当0.85<e<0.95时，值可提高10%；

2 本表不适用于坡积、崩积和人工堆积等黄土；

3 括号内表值供内插用；

4 液限含水率试验采用圆锥仪法，圆锥仅总质量76 g，人土深度10mm。

**表A.0.6-2 老黄土（Q2、Q1）地基的基本承载力（kPa）**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ***e***  **/** | <0.7 | 0.7~0.8 | 0.8~0.9 | >0.9 |
| < 0.6 | 700 | 600 | 500 | 400 |
| 0.6~0.8 | 500 | 400 | 300 | 250 |
| > 0.8 | 400 | 300 | 250 | 200 |

注：1 老黄土黏聚力小于50 kPa，内摩擦角小于，表中数值应适当降低20%左右。

2 为天然含水率，为液限，*e*为天然孔隙比。

3 液限含水率试验采用圆锥仪法，圆锥仪总质量76g，入土深度10 mm。

**A.0.7** 多年冻土地基的基本承载力可按表A.0.7采用。

**表A.0.7 多年冻土地基的基本承载力（kPa）**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **基础底面的月平均**  **最高土温（℃）**  **土名** | -0.5 | -1.0 | -1.5 | -2.0 | -2.5 | -3.5 |
| 1 | 块石土、卵石上、碎石土、粗圆砾土、粗角砾土 | 800 | 950 | 1100 | 1250 | 1380 | 1650 |
| 2 | 细圆砾土、细角砾土、砾砂、粗砂、中砂 | 600 | 750 | 900 | 1050 | 1180 | 1450 |
| 3 | 细砂、粉砂 | 450 | 550 | 650 | 750 | 830 | 1 000 |
| 4 | 粉土 | 400 | 450 | 550 | 650 | 710 | 850 |
| 5 | 粉质黏土、黏土 | 350 | 400 | 450 | 500 | 560 | 700 |
| 6 | 饱冰冻上 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 550 |

注；1 本表序号1~5类地基的基本承载力适合于少冰冻土、多冰冻上，当序号1~5类的地基为富冰冻土时，表列数值应降低20％。

2 含土冰层的承载力应实测确定。

3 基础置于饱冰冻土的土层时，基础底面应敷设厚度不小于0.20m~0.30m的砂层。

# 附录B 锚固桩地基系数参考值

**B.0.1** 锚固桩地基系数及地层物理力学指标可按表B.0.1采用。

**表B.0.1 锚固桩地基系数及地层物理力学指标**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 地层种类 | 内摩擦角(°) | 弹性模量*E0*(kPa) | 泊松比μ | 地某系数*K*(kPa/m) | 剪切应力(kPa) |
| 细粒花岗岩、正长岩 | 80以上 | 5430-6900 | 0.25-0.30 | 2.0×106-2.5×106 | 1500以上 |
| 辉绿岩、盼岩 | 6700-7870 | 0.28 | 2.5×106 |
| 中粒花岗岩 | 80以上 | 5430-6500 | 0.25 | 1.8×106-2.0×l06 | 1500以上 |
| 粗粒正长岩、坚硬白云岩 | 6560-7000 |
| 坚硬石灰岩 | 80 | 4400-10000 | 0.25-0.30 | 1.2×106-2.0×l06 | 1500 |
| 坚硬砂岩、大理岩 | 4660-5430 |
| 粗粒花岗岩、花岗片麻岩 | 5430-6000 |
| 较坚硬石灰岩 | 75-80 | 4400-9000 | 0.25-0.30 | 0.8×l06-1.2×106 | 1200-1400 |
| 较坚硬砂岩 | 4460-5000 |
| 不坚硬花岗岩 | 5430-6000 |
| 坚硬页岩 | 70-75 | 2000-5500 | 0.15-0.30 | 0.4×106-0.8×l06 | 700-1200 |
| 普通石灰岩 | 4400-8000 | 0.15-0.31 |
| 普通砂岩 | 4600-5000 | 0.15-0.32 |
| 坚硬泥灰岩 | 70 | 800-1200 | 0.29-0.38 | 0.3×l06-0.4×l06 | 500-700 |
| 较坚硬页岩 | 1980-3600 | 0.25-0.30 |
| 不坚硬石灰岩 | 4400-6000 | 0.25-0.30 |
| 不坚硬砂岩 | 1000-2780 | 0.25-0.30 |
| 较坚硬泥灰岩 | 65 | 700-900 | 0.29-0.38 | 0.2×106-0.3×106 | 300~500 |
| 普通页岩 | 1900-3000 | 0.15-0.20 |
| 软石灰岩 | 4400-5000 | 0.25 |
| 不坚硬泥灰岩 | 45 | 30-500 | 0.29-0.38 | 0.06×106-0.12×106 | 150-300 |
| 硬化黏土 | 10-300 | 0.30-0.37 |
| 软片岩 | 500-700 | 0.15-0.18 |
| 硬煤 | 50-300 | 0.30-0.40 |
| 密实黏土 | 30-45 | 10-300 | 0.30-0.37 | 0.03×106-0.06×106 | 100-150 |
| 普通煤 | 50-300 | 0.30-0.40 |
| 胶结卵石 | 50-100 | — |
| 掺石土 | 50-100 | — |

**B.0.2** 土质地基系数随深度变化的比例系数可按表B.0.2-1和表B.0.2-2采用。

**表B.0.2—1 锚固点水平位移6mm~10mm的m值**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **土的名称** | 比例系数m(kN/m4) |
| 水平位移6-10mm |
| 1 | 0.75<*I*L<1.0的软塑黏土及粉质黏土；淤泥 | 1000-2000 |
| 2 | 0.5< *I*L <0.75的软塑粉质黏土及黏土 | 2000-4000 |
| 3 | 硬塑粉质黏土及黏土；細砂和中砂 | 4000-6000 |
| 4 | 坚硬的粉质黏土及黏土；粗砂 | 6000-10000 |
| 5 | 砾砂；碎石土、卵石土 | 10000-20000 |
| 6 | 密实的大漂石 | 80000-120000 |

注：1 位移大于表中限定范围时，表中系数应降低。有可靠资料和经验时.可不受本表限制

2. IL为土的液性指数。

**表B.0.2-2 锚固点水平位移≤6mm的m值**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **土的名称** | 比例系数m(kN/m4) |
| 水平位移≤6mm |
| 1 | 流塑黏性土*I*L≥10、淤泥 | 3000-5000 |
| 2 | 软塑黏性土1> *I*L >0.5、粉砂、粉土 | 5000-10000 |
| 3 | 硬塑粘性土0.5> *I*L >0.细砂、中砂 | 10000-20000 |
| 4 | 坚硬黏性土、粗砂 | 20000-30000 |
| 5 | 角砾土、圆砾土、碎石土、卵石土 | 30000-80000 |
| 6 | 块石土、漂石土 | 80000-120000 |

注：1 位移大于表中限定范围时，表中系数应降低。

2 当基础侧面设有斜坡或台阶，且其坡度或台阶总宽度与地面以下或局部冲刷一下深度之比大于1:20时，m值应减小一半。

**B.0.3** 较完整岩层的抗压强度和地基系数可按表B.0.3釆用。

**表B.0.3 较完整岩层的抗压强度和地基系数**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **抗压强度(kPa)** | | **地基系数(kN/m3)** | |
| **单轴极限值** | **侧向容许应力值** | **竖直方向*K0*** | **水平方向*K*** |
| 1 | 10000 | 1500-2000 | 100000-200000 | 60000-160000 |
| 2 | 15000 | 2000-3000 | 250000 | 150000-200000 |
| 3 | 20000 | 3000-4000 | 300000 | 180000-240000 |
| 4 | 30000 | 4000-6000 | 400000 | 240000-320000 |
| 5 | 40000 | 6000-8000 | 600000 | 360000-480000 |
| 6 | 50000 | 7500-10000 | 800000 | 480000-640000 |
| 7 | 60000 | 9000-12000 | 1200000 | 720000-960000 |
| 8 | 80000 | 12000-16000 | 1500000-2500000 | 900000-2000000 |

注：*K*=(0.6~0.8)*K*0。

# 附录C 挡土板土压力计算方法

**C.0.1** 按图C.0.1计算考虑土拱效应时挡板土压力分布。假定土拱作用拱轴线方程为；若挡土板为拱板，则假定挡土板拱轴线方程为。预制混凝土桩板式挡土墙挡土板的侧向土压力可按下式计算：



其中: 











|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： |  | ——挡土板土压力，kPa； |
|  |  | ——土体容重，kN/m3； |
|  |  | ——土拱与挡土板之间区域的断面面积(若挡土板为直板则取0)，m2； |
|  |  | ——侧向压力系数，按表C.0.1差值取用； |
|  |  | ——计算深度，m； |
|  |  | ——土拱内边界弧长，m； |
|  |  | ——挡土板内边界弧长，若挡土板为直板则取桩间净距，m； |
|  |  | ——桩间土拱与土体的摩擦角，° |
|  |  | ——挡土板与土体的摩擦角，可取，° |
|  |  | ——土拱作用拱轴线方程一次项系数； |
|  |  | ——挡土板拱轴线方程一次项系数； |
|  |  | ——桩间净距，m； |
|  |  | ——桩截面计算高度，对矩形桩按桩截面高度计算，对圆形桩取，*R*为桩截面半径，m。 |
|  |  | —— |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| (a) 矩形桩+弧形板 | (b) 矩形桩+直板 |
|  |  |
| (c) 圆桩+弧形板 | (d) 圆桩+直板 |

**图C.0.1 挡土板土压力计算简图**

**表C.0.1** **侧向土压力系数表**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| (°) | () | () | () |
| 0 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| 5 | 0.840 | 0.847 | 0.872 |
| 10 | 0.704 | 0.714 | 0.752 |
| 15 | 0.589 | 0.600 | 0.640 |
| 20 | 0.490 | 0.500 | 0.540 |
| 25 | 0.406 | 0.415 | 0.450 |
| 30 | 0.333 | 0.341 | 0.370 |
| 35 | 0.271 | 0.277 | 0.301 |
| 40 | 0.217 | 0.222 | 0.240 |
| 45 | 0.172 | 0.175 | 0.188 |
| 50 | 0.132 | 0.135 | 0.144 |

# 附录D 结构构件的材料性能参数

**D.0.1** 混凝土轴心抗压和抗拉强度应按表D.0.1采用。

**表D.0.1 混凝土轴心抗压和抗拉强度值(N/mm2)**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **强度** | **混凝土强度等级** | | | | |
| C30 | C35 | C40 | C45 | C50 |
| 抗压强度标准值*f*ck | 20.1 | 23.4 | 26.8 | 29.6 | 32.4 |
| 抗压强度设计值*f*c | 14.3 | 16.7 | 19.1 | 21.1 | 23.1 |
| 抗拉强度标准值*f*tk | 2.01 | 2.20 | 2.39 | 2.51 | 2.64 |
| 抗拉强度设计值*f*t | 1.43 | 1.57 | 1.71 | 1.80 | 1.89 |

**D.0.2** 混凝土受压和受拉的弹性模量Ec宜按表D.0.2采用。

**表D.0.2 混凝土受压和受拉弹性模量(×104N/mm2)**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **强度** | **混凝土强度等级** | | | | |
| C30 | C35 | C40 | C45 | C50 |
| *E*c | 3.00 | 3.15 | 3.25 | 3.35 | 3.45 |

注：1.当有可靠试验数据时，弹性模量可根据实测数据确定；

2.当混凝土中掺有大量矿物掺合料时，弹性模量可按规定龄期根据实测数据确定。

**D.0.3** 钢筋强度应根据其型号按表D.0.3确定。

**表D.0.3 钢筋型号及强度**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **钢筋牌号** | **符号** | **公称直径*d*(mm)** | **屈服强度标准值*f*yk(MPa)** | **极限强度标准值*f*stk(MPa)** | **抗拉强度设计值*f*py(MPa)** | **抗压强度设计值*f’*py(MPa)** |
| HPB300 | A | 6~14 | 300 | 420 | 270 | 270 |
| HRB400  HRBF400  RRB400 | C  CF  CR | 6~50 | 400 | 540 | 360 | 360 |
| HRB500  HRBF500 | D  DF | 6~50 | 500 | 630 | 435 | 435 |

**D.0.4** 钢筋的弹性模量*E*s应按表D.0.4采用。

**表D.0.4 钢筋的弹性模量**

|  |  |
| --- | --- |
| **牌号或种类** | **弹性模量*E*s** |
| HPB300 | 2.10×105 |
| HRB400、HRB500 | 2.00×105 |
| HRBF400、HRBF500 |
| RRB400 |

# 本规范用词用语说明

**1** 本规范执行严格程度的用词，采用下列写法：

1. 表示很严格，非这样做不可的用词，正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
2. 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词，正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。
3. 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词，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** 引用标准的用语采用下列写法：

1. 在标准总则中表述与相关标准的关系时，采用“除应符合本规范的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定”。
2. 在标准条文及其他规定中，当引用的标准为国家标准和行业标准时，表述为“应符合《××××××》(×××)的有关规定”。
3. 当引用本标准中的其他规定时，表述为“应符合本规范第×章的有关规定”、“应符合本规范第×.×节的有关规定”、“应符合本规范第×.×.×条的有关规定”或“应按本规范第×.×.×条的有关规定执行”。

# 引用标准名录

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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。

1. GB/T51231-2016 装配式混凝土建筑技术标准
2. T/CCIAT0001-2017 装配式混凝土建筑施工规程
3. JGJ1-2014 装配式混凝土结构技术规程
4. CECS52:2010 整体预应力装配式板柱结构技术规程
5. GB 50007-2011建筑地基基础设计规范
6. JGJ94-2008建筑桩基技术规范
7. GB 50011-2010建筑抗震设计规范
8. GB 50330-2013建筑边坡工程技术规范
9. GB/T 32864-2016滑坡防治工程勘查规范
10. GB/T38509-2020 滑坡防治设计规范
11. DZ/T 0219-2006滑坡防治工程设计与施工技术规范
12. T/CAGHP003-2018 抗滑桩治理工程设计规范
13. TB10025-2019 铁路路基支挡结构设计规范
14. JTGD30-2004公路路基设计规范
15. GB 50010-2010(2015年版) 混凝土结构设计规范
16. GB50666-2011 混凝土结构工程施工规范
17. GB50204-2015 混凝土结构工程施工质量验收规范
18. GB50164 混凝土质量控制标准
19. GBJ107 混凝土强度检验评定标准
20. GB/T 14370-2007预应力筋用锚具、夹具和连接器
21. T/GZBC10-2019 装配式混凝土结构工程预制构件生产质量验收规程
22. DB50 5029-2004 地质灾害防治工程设计规范

**中国工程建设标准化协会标准**

**边坡装配式板桩结构设计标准**

CECS xx：202×

**条文说明**

**目 次**

[1 总 则 50](#_Toc132605772)

[2 术语和符号 51](#_Toc132605773)

[3 基本要求 52](#_Toc132605774)

[4 设计荷载 53](#_Toc132605775)

[5 桩板结构体系设计 54](#_Toc132605776)

[6 装配式板桩结构信息化 56](#_Toc132605777)

[7 构件成型与养护 57](#_Toc132605778)

[8 构件验收与管理 60](#_Toc132605779)

[9 施工要求 62](#_Toc132605780)

[10 施工验收 64](#_Toc132605781)

[11 运营监测与预警 65](#_Toc132605782)

[12 板桩结构体系拆除与更换 66](#_Toc132605783)

# 1 总 则

**1.0.1**  自1950年新中国首次提出建筑工业化的口号以来，经历了1970年到1980年的高速发展期以及进入九十年代后的稳步提升期，目前装配式技术在建设工程领域取得了显著的成效。现阶段装配式建设是以构件工厂预制化生产、现场装配式安装为模式，以标准化设计、工厂化生产、装配化施工、一体化维护和信息化管理为特征，整合从研发设计、生产制造、现场装配等各个业务领域，实现节能、环保、全周期价值最大化的可持续发展新型建设运营方式。建设工程领域的装配式发展模式在保证工程质量、降低安全隐患、提高生产效率、降低人力成本以及节能环保减少污染等方面有着无可比拟的优势。桩板墙挡土结构是复杂边坡场地路堑边坡支护常用的支挡型式，目前工程中桩板墙施工主要是以现场施工为主，施工周期长，施工条件差，且存在很大的安全隐患。现阶段在桩板墙构件的机械化生产等方面的技术优势已被广大技术人员认可，但是装配式构件在边坡支护领域的发展和应用尚不普及。因此，迫切需要对边坡装配式桩板墙结构的应用与发展进行规范，便于设计、施工、监理及检测等相关单位广泛应用该技术，特指定本规范。

**1.0.4** 装配式桩板墙结构设计应符合国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB50010、《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T51231、《普通混凝土配合比设计规程》（JGJ55）、《装配式混凝土结构技术规程》JGJ1、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204、《混凝土结构工程施工规范》GB50666和《建筑边坡工程技术规范》GB 50330-2013等的有关规定。

本章仅列出了本规范中出现的、需要明确定义的术语和本规范的设计方法中使用到的符号。对于装配式桩板墙专业性的通用术语和在条文中已加阐明的术语，本章均不再列出。术语的解释，大部分是只是概括性含义，术语的英文名称并非标准化名称，仅供引用时参考。

# 2 术语和符号

**2.0.1** 本章仅列出了本规范中出现的、需要明确定义的术语。对于码头桩基础专业性的通用术语和在条文中已加阐明的术语，本章均不再列出。

**2.0.2** 术语的解释，大部分是只是概括性含义，术语的英文名称并非标准化名称，仅供引用时参考。

# 3 基本规定

**3.0.2** 考虑到设计规范的统一性，本标准中边坡的安全等级与中华人民共和国国家标准《建筑边坡工程技术规范》(GB50330-2013)和行业标准《建筑基坑支护技术规程》(JGJ20-)保持一致。

**3.0.4** 信息化管理技术是装配式建造的重要工具。通过信息数据平台管理系统实现生产、施工、物流和运营等各个环节一体化管理，有利于实现数据驱动的智能生产，对提高工程建设各阶段及各专业之间的协同配合效率，以及整体管理水平具有重要作用。

# 4 设计荷载

**4.2.1~4.2.3** 理论上，当破裂棱体在自重的作用下达到极限状态时，土压力作用按主动状态进行计算；当破裂棱体在外力克服自重力达到极限平衡时，土压力作用可按静止状态计算。但实际情况往往是土压力进入了主动或被动状态趋势，却没有达到极限状态，此时实际土压力大于主动土压力或小于被动土压力，按主动或被动状态计算土压力要乘以增大系数或折减系数。此外，边界的限制条件会影响到桩板墙实际受到的土压力力是否达到主动或被动状态，例如锚固桩的悬臂段计算土压力时需要附加相应的增大系数，等。

**4.2.4** 在进行浸水地区预制混凝土桩板墙结构所承受的静水压力和浮力计算时，对黏性土一般根据工程经验按水土分算或水土合算原则计算。按水土分算原则计算时，水位以下的土压力采用浮重度和有效应力抗剪强度计算；按水土合算原则计算时，水位以下的土压力采用饱和重度和总应力抗剪强度计算。

**4.3.1** 受渗流影响的渗透力计算时可假定破裂角不受渗流影响。渗透力为浸水面积、渗流降落曲线的平均坡度和水的重度之积。

**4.3.2** 暖季时，桩板墙承受的土压力只有季节融化层造成的侧向土压力；寒季时，如果墙背土体产生了冻结，土体抗剪强度增大，桩板墙仅考虑冻胀力，如果墙背土体未冻结，则只考虑土压力。

# 5 桩板结构体系设计

**5.2.2** 圆形截面在桩孔施工时更易采用机械手段，但需要合理协调桩长、桩径等参数以保证安全性和经济性的协调。为防止施工期间边坡垮塌及撞见溜塌，需合理选择桩间距，且开挖后应及时施作撞见结构。

**5.2.3** 预制混凝土桩板式挡土墙悬臂段高度过大，支挡结构承担的岩土压力及产生的桩顶位移均会出现较大幅度增长，不利于控制边坡安全，且悬臂桩断面过大，不利于预制构件的设计和施工均。因此，从安全性和经济性的角度出发，控制桩板式挡土墙的高度，一般不宜超过10m。

**5.2.4** 挡土板通常为预制分层拼装，为方便吊装和运输，每层预制条块构件的高度宜为300mm~500mm。

**5.2.5** 挡土板采用桩后搭接可以减少填方量，多用于路堤支护；采用翼缘板搭接墙面美观，更易于反滤层施工，可适用于路堤、路堑和一般边坡支护。翼缘板截面高度和宽度不宜过小，以满足斜截面验算要求。

条文说明

**5.3.6** 当锚固段为松散截止、较为完整的同种岩层或刚度相差不大的不同岩层时，桩端支承可按自由端考虑。

当锚固段上部为土层，桩底嵌入一定深度的较完整基岩时，桩端可采用自由端或铰支端计算。当采用自由端时，各层的地基系数必须根据具体情况选用；当采用铰支端计算时，“铰支端”应选在嵌入段基岩的顶面，并根据嵌入段的地层反力计算嵌入段的深度。

当桩嵌岩段桩底附近围岩地基系数比桩底基岩的地基系数大时，桩端支承可按铰支端考虑。

**5.3.7** 桩间土拱轴线按二次抛物线考虑，简化为等腰三角形。对于圆形桩，其截面简化为内接正方形，由此得到的土拱内土体面积有所增大，所得土压力偏于保守。

**5.5.3** 桩板墙桩身内力最大位置通常位于锚固段，桩身裂缝对桩的承载力影响较小，因此通常情况下课不必验算桩身裂缝宽度。对于严重腐蚀环境或坡顶滑塌区范围内有重要建筑时，应验算桩身裂缝宽度。

**5.6.2~5.6.4** 用于抗滑的预制锚固桩桩身截面较大，为了保障结构安全性，同时便于吊装施工所用材料强度等级不宜过低。

**5.6.7** 设置泄水孔会影响挡土板的抗剪强度和应力分布，同时，考虑到泄水孔也兼做吊装孔，考虑到挡土板支挡性能和施工便易性，泄水孔至板端的距离可取1/4板长或桩间净距。

# 6 装配式板桩结构信息化

**6.1.1** 预制构件板桩结构信息模型设计，主要目的是实现设计、生产、施工的协同工作和信息共享，减少“错、漏、碰、缺”等错误的发生，提高预制构件质量，实现设计、生产、施工、运维一体化。各实施阶段应制定统一的规则要求，实现数据的有效共享，在统一的平台下进行相互协同工作。

**6.1.2** 预制构件板桩结构信息模型涉及桩板结构、施工、设计、生产、施工全流程，故模型需满足各方要求，预制构件信息模型应能够实现数据在各专业软件间的有效传输。

**6.1.3** 为实现预制构件在工厂的自动化生产，模型导出的数据应能够被生产设备识别，驱动自动化生产，提高生产效率。

**6.3.1** 信息模型与预制构件编码应一一对应。保证项目、模型、构件信息的一致性，是实现相关方协同工作的基础。预制构件信息模型单元中包含的埋件、吊件、孔洞、线盒等基本元素，为保证各预埋件在生产过程中的正确定位，应保证同一预埋件定位信息的唯一性。支持数据与设备对接，实现预制构件信息模型数据驱动工厂设备自动化生产。

**6.4.1** 预制构件建模软件应能完成预制构件生产模型设计、预制构件施工图设计，支持二维和三维同平台工作，实现二维信息和三维信息的创建和修改同步结合。预制构件设计涉及到结构配筋要求，生产、施工安装过程中需要的相关起吊和固定支撑的设计。预制构件上还应包括管线、机电、装饰等专业需求，必须在预制构件上设计和预留相关的预埋件。支持多专业协同工作，实现预制构件的深化设计。

**6.4.2** 装配式板桩结构的预制构件按照构件功能和构件特征进行分类和编码。

**6.4.3** 由于预制构件设计涉及到多个专业，各专业都有各自专业软件。数据格式兼容是实现各方协同工作的途径。预制构件信息模型创建宜采用数据格式相同或兼容的软件。当采用数据格式不兼容的软件时，应能通过数据转换标准或工具实现数据互用。

# 7 构件成型与养护

**7.1.1** 生产方案具体内容包括:生产工艺、生产计划、模具方案、模具计划、技术质量控制措施、成品保护、存放及运输方案等内容，必要时，应对预制构件脱模、吊运、码放、翻转及运输等工况进行计算。

**7.1.3** 预制构件用原材料的种类较多，在组织生产前应充分了解图纸设计要求，并通过试验进行合理选用材料.以满足预制构件的各项性能要求。

预制构件生产单位应要求原材料供货方提供满足要求的技术证明文件，证明文件包括出厂合格证和检验报告等，有特殊性能要求的原材料应由双方在采购合同中给予明确说明。

原材料质量的优劣对预制构件的质量起着决定性作用，生产单位应认真做好原材料的进货验收工作。首批或连续跨年进货时应核查供货方提供的型式检验报告，生产单位还应对其质量证明文件的真实性负责。如果存档的质量证明文件是伪造或不真实的，根据有关标准的规定生产单位也应承担相应的责任。质量证明文件的复印件存档时，还需加盖原件存放单位的公章，并由存放单位经办人签字。

预制构件生产单位将采购的同→厂家同批次材料、配件及半成品用于生产不同工程的预制构件，可统一划分检验批。预制构件生产单位同期生产的预制构件使用于不同工程时，加盖公章(或检验章)的复印件具有法律效力。

为适当减少有关产品的检验工作量，对符合限定条件的产品进场检验作了适当调整。对来源稳定且连续检验合格，或经产品认证符合要求的产品，进厂时可按本标准的有关规定放宽检验。

“经产品认证符合要求的产品”系指经产品认证机构认证，认证结论为符合认证要求的产品。产品认证机构应经国家认证认可监督管理部门批准。放宽检验系指扩大检验批量，不是放宽检验指标。

“原材料批次要求”指以下条款中提到的批次要求，如同一厂家、同一品种、同一代号、同一强度等级且连续进厂的硅酸盐水泥，袋装水泥不超过 200t 为一批，散装水泥不超过 500t一批。

**7.1.5** 本条规定了预制混凝土板桩宜采用的生产工艺及对应的强度等级。从质量控制、制作效率等方面考虑,预制板桩推荐采用工厂制作。为保证预制板桩的沉桩质量,提高板桩的耐久性,离心法工艺生产的板桩混凝土强度等级不宜低于 C80，浇筑法生产的板桩混凝土强度等级不宜低于 C60。

**7.1.9** 首件验收制度是指结构较复杂的预制构件或新型构件首次生产或间隔较长时间重新生产时，生产单位需会同建设单位、设计单位、施工单位、监理单位共同进行首件验收，重点检查模具、构件、预埋件、混凝土提筑成型中存在的问题，确认该批预制构件生产工艺是否合理，质量能否得到保障，共同验收合格之后方可批量生产。

**7.1.10** 检验时对新制或改制后的模具应按件检验，对重复使用的定型模具、钢筋半成品和成品应分批随机抽样检验，对混凝土性能应按批检验。模具、钢筋、混凝土、预制构件制作、预应力施工等质量，均应在生产班组自检、互检和交接检的基础上，由专职检验员进行检验。

**7.1.11**  预制构件和部品检查合格后，应在明显位置设置表面标识。预制构件的表面标识宜包括构件编号、制作日期、合格状态、生产单位等信息。目前，有些地方的预制构件生产实行了监理驻厂监造制度，应根据各地方技术发展水平细化预制构件生产全过程监测制度，驻厂监理应在出厂质量证明文件上签字。

**7.2.1** 模具是专门用来生产预制构件的各种模板系统，可采用固定在生产场地的固定模具，也可采用移动模具。对于形状复杂、数量少的构件也可采用木模或其他材料制作。清水混凝土预制构件建议采用精度较高的模具制作。流水线平台上的各种边模可采用玻璃钢、铝合金、高品质复合板等轻质材料制作。

在模台上用磁盒固定边模具有简单方便的优势，能够更好地满足流水线生产节拍需要。虽然磁盒在模台上的吸力很大，但是振动状态下抗剪切能力不足，容易造成偏移，影响几何尺寸，用磁盒生产高精度几何尺寸预制构件时，需要采取辅助定位措施。

**7.3.1** 本条规定了混凝土浇筑前应进行的隐检内容,是保证预制构件满足结构性能的关键质量控制环节,应严格执行。

**7.3.2** 混凝土浇筑前，预埋件及预留钢筋的外露部分宜采取防止污染的措施。

**7.4.1**  预制装配式构件的拼接缝常采用砂浆做垫层，为确保拼接缝两侧的预制构件能够与砂浆垫层更好结合，故要求对拼接缝处的构件表面进行凿毛处理，且明确要求凿毛的深度应以露出新鲜密实的混凝土粗骨料为准。

**7.5.2** 条件允许的情况下，预制构件优先推荐自然养护。采用加热养护时，按照合理的养护制度进行温控可避免预制构件出现温差裂缝。

**7.5.6** 当采用蒸汽或高温养护时，恒温期间温度不宜超过60℃，最大不得超过65℃。

**7.5.7** 本条规定了预制混凝土板桩宜采用的养护工艺。常压蒸汽养护是指在 1个大气压并充有饱和蒸汽或蒸汽空气混合物的养护室内，在较高温度和相对湿度的环境中进行养护，使混凝土在短期内强度迅速提升的养护工艺；高压蒸汽养护是指在10个大气压并充有饱和蒸汽或蒸汽空气混合物的承压养护装置内，在较高温度和相对湿度的环境中进行养护,使混凝土在短期内强度迅速提升至80MPa以上的养护工艺。为加快混凝土的水化反应,使桩身混凝土尽早达到设计强度，预制板桩常用常压蒸汽养护，当混凝土强度等级超过 C80 时一般采用常压蒸汽养护后再采用高压蒸汽养护，目前通过配方的调整也可仅采用常压蒸汽养护达到要求。

**7.5.9** 立方体抗压强度值系指和板桩同条件养护的边长为150mm 的立方体试件，在28d 或设计规定龄期以标准试验方法测得的具有95%保证率的抗压强度值。

# 8 构件验收与管理

**8.1.1** 预制构件是采用机械化生产，生产单位通过一系列机械设备，以工厂制造模式完成构件生产及质量检验。这就要求生产单位具备相应的生产工艺设施、试验检测条件和质量管理制度，并可使用信息化管理系统对质量进行追溯，更快捷有效的完成构件的过程检验管理。同时，对生产过程文件及各种检验资料进行存档，并可通过信息化手段完成档案查询与管理。

**8.1.6** 以项目为单位，对同类型主要受力构件和异形构件的首个构件，由预制构件生产单位技术负责人组织有关人员验收，并按照规定留存相应的验收资料，验收合格后方可进行批量生产，并作为首件验收制度进行构件生产管理。

**8.1.7**  预制构件的运输和堆放设计质量和安全需求，应按规程或产品特点制定运输堆放方案，对于特殊构件还要制定专门质量安全保证措施。构件临时码放场地可合理布置在吊装机械可覆盖范围内。

**8.2.2** 本条规定预制构件的尺寸偏差可根据规程设计需要适当的从严控制。

**8.2.3** 对于出现的外观质量严重缺陷、影响结构性能和安装、使用功能的尺寸偏差，以及拉结件类别、数量和位置有不符合设计要求的情形应作退场处理。如经设计同意可以进行修理使用，则应制定处理方案并获得监理确认后，预制构件生产单位应按技术处理方案处理，修理后应重新验收。

**8.2.5** 预制构件的预埋件和预留孔洞等应在进场时按设计要求抽检，合格后方可使用，避免在构件安装时发现问题造成不必要的损失。

**8.2.6** 预制构件的结合面、粗糙面或键槽成型质量应满足设计要求，它们的检验数量及检验方法与现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的规定一致。

**8.2.7** 预制构件表面的标识应清晰、可靠，以确保能够识别预制构件的“身份”，并在施工全过程中对发生的质量问题可追溯。预制构件表面的标识内容一般包括生产单位、构件型号、生产日期和质量验收标志等，如有必要，尚需通过约定标识表示构件在结构中安装的位置和方向、吊运过程中的朝向等。

**8.3.3** 合格的预制构件通常会粘贴相关合格标识，但对于不合格的构件，往往会被忽略，特别是工期紧张时，未及修复或销毁前，容易被误当合格品出厂，影响后续工期和质量，生产单位应对此类不合格品进行单独管理，标识出不合格品原因和整改措施，如需要报废的构件，直接标识出报废标识，避免管理混乱。

**8.4.2** 采用竖向堆放方式，可减少预制构件运输过程中的翻转，避免复杂受力状态造成构件损坏，提高施工效率。

**8.5.1** 预制构件由生产场地到施工现场的运输路线应事先制定。运输路线、运输工具应符合当地交通管理部门要求，并应符合运输道路的荷重要求。运输时使用的临时支架在功能上应与堆放设置相同，应满足承载能力、刚度及稳定性的要求，且应能保持构件运输过程中平稳、防止侧翻及运输途中移动碰撞。

**8.5.2** 预制构件边缘处混凝土连结薄弱，在吊运、运输、安装过程容易因碰撞而引起破损或开裂，特别是运输过程中，车辆的颠簸对门洞都将造成大的冲击，因此，必须通过设置合理支撑进行成品保护。

# 9 施工要求

**9.1.2** 现场构件的堆放多采用单层堆放或双层堆放，堆放对场地平整度要求较高，双层堆放应在桩下放置垫木。

**9.2.8~9.2.9** 装配式板桩结构施工中，应建立健全安全管理保障体系和管理制度，结合装配施工特点，针对构件吊装、安装施工安全要求，制定系列安全专项方案。国家现行有关标准包括《建筑施工高处作业安全技术规范》JGJ 80、《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33、《建筑施工起重吊装工程安全技术规范》JGJ 276和《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46等。

**9.3.2** 施工现场应根据装配化施工方式布置施工总平面，宜规划主体装配区、构件堆放区、材料堆放区和运输通道。各个区域宜统筹规划布置，满足高效吊装、安装的要求，通道宜满足构件运输车辆平稳、高效、节能的行驶要求。竖向构件宜采用专用存放架进行存放，专用存放架应根据需要设置安全操作平台。

**9.3.4** 安装施工前，应结合深化设计图纸核对已施工完成结构或基础的外观质量、尺寸偏差、混凝土强度和预留预埋等条件是否具备上层构件的安装，并应核对待安装预制构件的混凝土强度及预制构件和配件的型号、规格、数量等是否符合设计要求。

**9.3.6** 预制构件、安装用材料及配件进场验收应符合本规范第八章、现行国家标准《混凝结构工程施工质量验收规范》GB 50204及产品应用技术手册等的有关规定，确保预制构件、安装用材料及配件进场的产品品质。

**9.3.7** 安装施工前，应制定安装定位标识方案，根据安装连接的精细化要求，控制合理误差。安装定位标识方案应按照一定顺序进行编制，标识点应清晰明确，定位顺序应便于查询标识。

**9.3.8** 吊装设备应根据构件吊装需求进行匹配性选型，安装施工前，应再次复核吊装设备的吊装能力、吊装器具和吊装环境满足安全、高效的吊装要求。

**9.4.4** 冲击钻机械成孔施工的关键在于合理确定冲击钻头重量，选择最优悬距、合适的冲击行程和冲击频率，一般冲击钻头重量按冲孔直径每100 mm取100 kg~140 kg，悬距一般可取 0.5 m~0.8 m，冲击行程为0.8 m~1.2 m，冲击频率宜为40次/min~48次/min。在冲击成孔时应根据土层情况，合理选择参数，勤松绳、少放绳、勤淘渣。

**9.4.6** 旋挖钻机机械成孔施工时利用钻斗与液压力作为钻进压力切削土体，将土体装满钻斗后提升出土。其成桩质量较好，对地层扰动较小，且孔壁上的螺旋纹可提高桩的摩阻力，但其不适用于硬岩层、较致密的卵石层、孤石层等。粉细砂层厚度较大，且泵压地下水较大，沉渣处理较复杂，需更换清渣钻斗，在成孔过程中，不易形成泥皮，护壁能力较差。目前，旋挖钻机最大钻孔直径为3 m，钻孔深度达120 m。

**9.4.7** 泥浆是由水、膨润土(或黏土)和添加剂等组成的浆体。在机械成孔施工过程中，泥浆的作用为利用其与地下水之间的压力差控制水压力，使泥浆能在孔壁上形成泥皮而加固孔壁，防止坍塌同时稳定孔内水位。另外，泥浆还能起到带出孔内岩土碎屑的作用，因此，在成孔阶段，泥浆对成孔质量有着重要的影响。

**9.4.8** 护筒一般应埋入不稳定地层底部，若护简太长，可分成几节，孔口间应可靠连接。旋挖钻机的护筒既保护孔口，又是钻斗的导向装置，故旋挖钻机均应设置护简，且护筒的垂直度应符合要求。

**9.5.3** 对于预制桩的起吊强度做出规定，是为了防止起吊时引起桩身开裂。

**9.5.7** 预制构件安装就位后应对安装位置、标高、垂直度进行调整，并应考虑安装偏差的累积影响，安装偏差应严于装配式混凝土结构分项工程验收的施工尺寸偏差。装饰类预制构件安装完成后，应结合相邻构件对装饰面的完整性进行校核和调整，保证整体装饰效果满足设计要求。

**9.5.8** 预制构件安装就位后应对安装位置、标高、垂直度进行调整，并应考虑安装偏差的累积影响，安装偏差应严于装配式板桩结构分项工程验收的施工尺寸偏差。

**9.6.1** “分层填筑”和“压实到规定的密度”是对路堤填筑的基本要求，其具体做法应符合现行行业标准《铁路路基施工规范》（TB 10202）的有关规定。

# 10 施工验收

**10.1.1** 本条规定了边坡装配式板桩工程验收前应获取的基本资料。

**10.1.3** 分项工程的验收是以检验批为基础进行的。一般情况下，检验批和分项工程两者具有相同或相近的性质，只是批量的大小不同而已。分项工程质量合格的条件是构成分项工程的各检验批验收资料齐全完整，且各检验批均已验收合格。

**10.2.2** 泥浆的主要性能有泥浆比重、黏度、静切力、含砂率、胶体率、失水率、酸碱度等指标，实践证明泥浆是泥浆护壁成孔灌注桩成孔质量好坏的重要环节，在施工过程中应注意检测泥浆的各项指标，其中比重及黏度是最直观、最重要的指标，泥浆比重过大既影响钻速，又使孔壁泥皮增厚，泥浆比重过小则护壁性能差，容易塌孔。泥浆中的黏性可使土渣、岩屑悬浮而不发生沉淀，且能阻止泥浆向地基土中侵入，在黏性土中，黏土颗粒之间内聚力较大，泥浆中土渣不容易发生沉淀，在黏性土中黏度宜控制在18s~25s之间。在砂性土中，应适当加大泥浆黏度，以防止砂土中的土渣沉淀导致成孔质量不佳，根据经验，砂性土中黏度控制在25s~30s之间。

**10.5.1** 填筑厚度及压实遍数应根据土质、压实机具现场试验确定。如无试验依据，宜符合下表的规定。

**墙后回填土施工时的分层厚度及压实遍数**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 压实机具 | 分层厚度（mm） | 每层压实遍数 |
| 平碾 | 250~300 | 6~8 |
| 振动压实机 | 250~350 | 3~4 |
| 柴油压实机 | 200~250 | 3~4 |
| 人工打夯 | <200 | 3~4 |

**10.6.3~10.6.5** 主控项目是对检验批的基本质量起决定性影响的关键项目。这种项目的检验结果具有否决权，需要特别控制，因此要求主控项目必须全部符合本标准的规定，即主控项目不允许有不符合要求的检验结果。一般项目是相对于主控项目的较关键项目，可以允许在抽查的数量里有 20%的不合格率。对采用计数检验的一般项目，本标准要求其合格率为 80%及以上，且在允许存在的 20%以下的不合格点中不得有严重缺陷。

# 11 运营监测与预警

**11.2.1** 装配式板桩结构体系运营监测项目的确定可根据边坡工程安全等级、地质环境、边坡类型和变形控制条件，经综合分析后确定，当无相关地区经验时可按本条规定确定监测项目。

**11.2.2** 无论采用何种监测手段，确保监测数据的有效性和可靠性是选择监测方法的前提条件，优先采用先进和经济实用的技术方法。

**11.2.3** 装配式板桩结构体系主要应用于边坡工程，其测量精度应符合现行国家标准《工程测量规范》 GB 50026 的有关规定。

**11.3.1** 装配式板桩结构变形值的大小与多种因素有关，变形计算复杂且不成熟，国家现行有关标准均未提出较成熟的计算理论。因此，目前较准确地提出板桩结构变形预警值是非常困难的，难以提出统一的判定标准，工程实践中可根据地区经验，采取工程类比的方法确定。本条给出了装配式板桩结构运营监测期间应报警和采取相应的应急措施的几种情况。

**11.3.2** 参考《中华人民共和国突发事件应对法》实行四级预警机制，预警级别分别为注意级、警示级、警戒级、警报级，对应警报形式分别为蓝色、黄色、橙色、红色。

# 12 板桩结构体系拆除与更换

**12.1.1** 在施工过程中或运营服役生命周期内，对于既有结构损坏的评定应基于真实、可靠的检查结果、检测数据、资料和分析给出评定结果。拆除过程中应避免破坏原结构承重构件，如确需拆除的，应对其进行有效处理。

**12.2.3** 擅自拆改重要管线、高压电缆，有时会危及工程的安全，应严格禁止。施工单位对因建设工程施工可能造成损害的重要管线高压电缆等，应当采取专项防护措施。

**12.2.4** 当挡土板受到墙后土压力较大、板桩与土的黏着力及咬口间的堵塞物等产生的阻力等情况，使得装配式挡土板不易拆除时，本条给出了相应的解决措施。