 **T/CECS \*\*\*:20\*\***

|  |
| --- |
|  |

**中国工程建设标准化协会标准**

**注浆挤扩钻孔灌注桩技术规程**

Technical specification for bored pile expanded by slip casting

**（征求意见稿）**

xxxx出版社

**中国工程建设标准化协会标准**

注浆挤扩钻孔灌注桩技术规程

Technical specification for bored pile expanded by slip casting

**T/CECS \*\*\*:20\*\***

主编单位：上海同人里岩土工程技术有限公司

华东建筑设计研究院有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：xxxx年xxxx月xxxx日

xxxx出版社

xxxx 北京

**前言**

根据中国工程建设标准化协会“关于印发《2021年第二批协会标准制订、修订计划》的通知”（建标协字【2021】20号）的要求，编制组经过广泛调查研究，参考了国内外的有关标准，并结合注浆挤扩桩的应用实践，制定了本规程。

本规程的主要章节有：1.总则；2.术语和符号；3.基本规定；4.材料；5.设计；6.施工；7.检验与验收。

本规程的某些内容涉及专利《注浆成型扩底钻孔灌注桩的施工方法及其挤扩装置》（专利号：ZL201210111519.8）、《注浆成型扩底桩及其施工方法和扩底装置》（专利号：ZL201310048265.4）、《注浆成型变截面钢管桩挤扩装置》（专利号：ZL201420463934.4）、《注浆成型扩底桩》（专利号：ZL201720414852.4）、《注浆挤扩钢管混凝土立柱桩》（专利号：ZL202220948074.8）、《注浆挤扩预制桩》（专利号：ZL 202222800717.7）和《桩底注浆装置及使用方法与灌注桩体及其施工方法》（专利号：ZL 201980000970.2）。使用者可依据《中华人民共和国专利法》的有关规定与专利权人上海同人里岩土工程技术有限公司和高永光、高云飞联系处理。本学会对于相关专利的真实性、有效性和范围无任何立场，且不承担识别相关专利的责任。

本规程本标准由中国工程建设标准化协会地基基础专业委员会CECS/TC 27归口管理，上海同人里岩土工程技术有限公司负责技术内容的解释。执行过程中，请各有关单位结合实际，不断总结经验，并将发现的问题、意见和建议函告上海同人里岩土工程技术有限公司[地址：中国（上海）自由贸易试验区临港新片区丽正路1628号4幢1-2层，邮编：201304，电子邮箱：2143083834@qq.com]。

主编单位：上海同人里岩土工程技术有限公司

华东建筑设计研究院有限公司

参编单位：

主要起草人员：胡玉银 包联进

（以下按姓氏笔画排列）

主要审查人员：

**目 次**

[1 总则 1](#_Toc150893654)

[2 术语和符号 2](#_Toc150893655)

[2.1 术语 2](#_Toc150893656)

[2.2 符号 3](#_Toc150893657)

[3 基本规定 3](#_Toc150893658)

[4 材料 8](#_Toc150893659)

[5 设计 9](#_Toc150893660)

[5.1 一般规定 9](#_Toc150893661)

[5.2 基桩构造 10](#_Toc150893662)

[5.3 单桩抗压承载力 14](#_Toc150893663)

[5.4 单桩抗拔承载力 19](#_Toc150893664)

[5.5 后注浆技术参数 22](#_Toc150893665)

[6 施工 24](#_Toc150893666)

[6.1 一般规定 24](#_Toc150893667)

[6.2 施工准备 24](#_Toc150893668)

[6.3 注浆挤扩钻孔灌注桩 25](#_Toc150893669)

[6.4 注浆挤扩钢管混凝土桩 29](#_Toc150893670)

[6.5 注浆挤扩预应力混凝土管桩 32](#_Toc150893671)

[6.6 注浆挤扩施工 33](#_Toc150893672)

[7 检验与验收 35](#_Toc150893673)

[7.1 一般规定 35](#_Toc150893674)

[7.2 质量检验 35](#_Toc150893675)

[附录A 注浆挤扩施工记录表 38](#_Toc150893676)

[附录B 注浆挤扩灌注桩检验批质量验收记录表 39](#_Toc150893677)

[本标准用词说明 41](#_Toc150893678)

[引用标准名录 42](#_Toc150893679)

[条文说明 43](#_Toc150893680)

**Contents**

[1 General Provisions 1](#_Toc150893654)

[2 Terms and Symbols 2](#_Toc150893655)

[2.1 Terms 2](#_Toc150893656)

[2.2 Symbols 3](#_Toc150893657)

[3 Basic Requirements 3](#_Toc150893658)

[4 Materials 8](#_Toc150893659)

[5 Design 9](#_Toc150893660)

[5.1 General Requirements 9](#_Toc150893661)

[5.2 Structure of Pile Foundation 10](#_Toc150893662)

[5.3 Capacity of Compressive Pile 14](#_Toc150893663)

[5.4 Capacity of Tensile Pile 19](#_Toc150893664)

[5.5 Technical Parameters for Grouting 22](#_Toc150893665)

[6 Construction 24](#_Toc150893666)

[6.1 General Requirements 24](#_Toc150893667)

[6.2 Construciton Preparatioin 24](#_Toc150893668)

[6.3 Bored Pile Expanded by Slip Casting 25](#_Toc150893669)

[6.4 Concrete-filled Steel Pipe Pile Expanded by Slip casting 29](#_Toc150893670)

[6.5 Prestressed Concrete Pipe Pile Expanded by Slip Casting 32](#_Toc150893671)

[6.6 Expanding by Slip Casting 33](#_Toc150893672)

[7 Inspection and Acceptance …35](#_Toc150893673)

[7.1 General Requirements ………………………………...35](#_Toc150893674)

[7.2 Quality Acceptance 35](#_Toc150893675)

[Appendix A Construction Record of Bored Pile Expanded by Slip Casting 38](#_Toc150893676)

[Appendix B Quality Acceptance Record of Inspection Lot of Bored Pile Expanded by Slip Casting 39](#_Toc150893677)

[Explanation of Wording in This Specification 41](#_Toc150893678)

[List of Quoted Standards 42](#_Toc150893679)

[Explanation of Provisions 43](#_Toc150893680)

**1 总则**

**1.0.1** 为了在注浆挤扩桩工程设计、施工与验收中，贯彻执行国家的技术经济政策，做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量、保护环境，制定本规程。

**1.0.2** 本规程适用于建筑、市政、公路和铁路工程的注浆挤扩桩基设计、施工及验收。

**1.0.3** 注浆挤扩桩的设计与施工，应综合考虑工程勘察资料、上部结构类型、材料性能、施工条件、使用条件、工程造价、环境影响及工程经验等因素，切实做到精心设计，强化施工质量控制与信息化管理，以保证工程的安全和正常使用。

**1.0.4** 注浆挤扩桩设计、施工及验收除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

**2 术语和符号**

**2.1 术语**

**2.1.1** 注浆挤扩 expanding by slip casting

是将高压水泥浆注入预先设置在桩侧或桩端的束浆袋（囊）中，束浆袋（囊）在高压水泥浆作用下逐渐挤扩桩周土体，并在桩侧形成水泥浆结石体挤扩段或在桩端形成水泥浆结石体扩大头的一种施工工艺。

**2.1.2** 桩侧（桩端）挤扩与桩端开式复合注浆 expanding by slip casting and tip grouting

桩侧或桩端挤扩注浆与桩端开式注浆相结合的注浆工艺。

**2.1.3** 注浆挤扩桩 expanded pile by slip casting

桩身成型后，采用注浆挤扩工艺在桩侧形成水泥结石体挤扩段或在桩端形成水泥浆结石体挤扩头的变截面桩，适用于注浆挤扩钻孔灌注桩、注浆挤扩钢管混凝土桩和注浆挤扩预应力混凝土管桩。

**2.1.4** 注浆挤扩钻孔灌注桩 bored pile expanded by slip casting

桩身为钻孔灌注桩的注浆挤扩桩。

**2.1.5** 注浆挤扩钢管混凝土桩 concrete-filled steel pipe pile expanded by slip casting

桩身为钢管混凝土桩的注浆挤扩桩。

**2.1.6** 注浆挤扩预应力混凝土管桩 prestressed concrete pipe pile expanded by slip casting

桩身为预应力混凝土管桩的注浆挤扩桩。

**2.1.7** 非挤扩段 non-expanded part

未被注浆挤扩的桩段。

**2.1.8** 挤扩段 expanded part

已被注浆挤扩的桩段。

**2.1.9** 挤扩头 expanded bottom

注浆挤扩形成的桩端扩大头。

**2.1.10** 束浆袋(囊) constraint bag for cement paste

安装在注浆挤扩桩桩身周围或桩端的水泥浆束浆袋（囊），材料为具有一定强度的防水帆布或化学纤维布。

**2.1.11** 中空式钢板胶囊 hollow constraint bag with steel plate for cement paste

安装在注浆挤扩桩钢筋笼底部，由环形橡胶囊与环形钢板以及注浆管组合而成。

**2.1.12** 注浆器 grout injector

与注浆管相连接用于向束浆袋（囊）注浆的装置，内径与注浆管内径相同，并设有单向注浆阀。

**2.1.13** 注浆挤扩装置 expanding system by slip casting

由注浆管和束浆袋或钢板胶囊（袋）组成的注浆挤扩装置。

**2.1.14** 承载能力极限状态 ultimate limit states

对应于结构或结构构件达到最大承载力或不适于继续承载的状态。

**2.1.15** 正常使用极限状态 serviceability limit states

对应于结构或结构构件达到正常使用或耐久性能的某项规定限值的状态。

**2.1.16** 单桩竖向极限承载力 ultimate vertical bearing capacity of a single pile

单桩在竖向荷载作用下达到破坏状态前或出现不适于继续承载的变形时所对应的地基土最大支承力或桩身承载力。

**2.2 符号**

**2.2.1** 作用和作用效应

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 荷载效应标准组合下，作用于承台顶面的竖向力； |
|   | —— | 桩基承台和承台上土自重标准值，对稳定的地下水位以下部分应扣除水的浮力； |
| 、 | —— | 荷载效应标准组合下，作用于承台底面，绕通过桩群形心的、主轴的力矩； |
| *N* | —— | 荷载效应基本组合时，作用于单桩桩顶的竖向压力设计值； |
|   | —— | 荷载效应基本组合时，作用于单桩桩顶的竖向拉力设计值； |
|   | —— | 钢管混凝土短柱轴心受压承载力设计值； |
|   | —— | 荷载效应标准组合偏心竖向力作用下，第*i*基桩的竖向力； |
|  | —— | 荷载效应标准组合轴心竖向力作用下，基桩的平均竖向力。 |

**2.2.2** 抗力和材料性能

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 钢材的抗拉强度设计值； |
|  | —— | 混凝土轴心抗压强度设计值； |
|   | —— | 预应力钢筋抗拉强度设计值； |
|  | —— | 普通钢筋抗拉强度设计值； |
|   | —— | 纵向主筋抗压强度设计值； |
| *G*gp | —— | 群桩基础所包围体积的桩土总自重除以总桩数，地下水位以下应扣除水的浮力； |
|  | —— | 桩基承台和承台上土自重标准值，对稳定的地下水位以下部分应扣除水的浮力； |
|  | —— | 基桩自重，地下水位以下应扣除水的浮力； |
|   | —— | 极限端阻力标准值； |
|   | —— | 桩端注浆挤扩桩极限端阻力标准值； |
|   | —— | 桩侧第*i*层土的初始极限侧阻力标准值； |
|  | —— | 单桩竖向抗压极限承载力标准值； |
|  | —— | 群桩呈整体破坏时基桩的抗拔极限承载力标准值； |
|  | —— | 群桩呈非整体破坏时基桩的抗拔极限承载力标准值； |
| *w/c* | —— | 水泥浆水胶比； |
|  | —— | 水泥比重（t/m3）。 |

**2.2.3** 几何参数

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 桩端面积； |
|  | —— | 桩端注浆挤扩头面积； |
|  | —— | 钢管桩扣除腐蚀厚度的横截面有效面积； |
|   | —— | 扣除桩身截面面积的挤扩段横截面的水平投影面积； |
|   | —— | 非挤扩段桩身截面面积； |
|   | —— | 全部纵向通长普通钢筋、预应力钢筋的截面面积； |
|   | —— | 纵向主筋截面面积； |
|  | —— | 桩身设计成孔直径； |
|  *d0* | —— | 桩身设计有效直径，对于注浆挤扩钻孔灌注桩即为钢筋笼直径、对于注浆挤扩钢管混凝土桩即为钢管桩外径、对于注浆挤扩预应力混凝土管桩即为管桩外径； |
|  | —— | 注浆挤扩段等效直径； |
| *Gc* | —— | 单桩后注浆水泥用量； |
| *Gc1* | —— | 单桩桩侧注浆挤扩注浆量； |
| *Gc2* | —— | 单桩桩端开式注浆量； |
| *li*  | —— | 桩穿越第*i*层土的厚度，存在挤扩段的土层，挤扩段部分按独立土层计算； |
|  | —— | 非注浆挤扩段长度； |
|  | —— | 注浆挤扩段长度； |
|   | —— | 桩身第层土处的周长，挤扩段部分按挤扩段等效直径计算； |
|   | —— | 群桩外围周长； |
|  *V* | —— | 束浆袋（胶囊）设计容积； |
| 、、、 | —— | 第*i、j*基桩至*y、x*轴的距离。 |

**2.2.4** 计算系数

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|   | —— | 桩周第*i*层土的抗拔系数； |
|   | —— | 注浆挤扩段土的端阻力抗拔增强系数； |
| *αp* | —— | 桩端开式注浆量经验系数； |
|  | —— | 桩侧注浆挤扩端阻力增强系数； |
|   | —— | 桩侧注浆挤扩段第*i*层土侧阻力增强系数； |
|   | —— | 桩端注浆挤扩第*i*层土侧阻力增强系数； |
|   | —— | 成桩工艺系数。 |

**2.2.5** 其它

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 桩基中的桩数。 |

**3 基本规定**

**3.0.1** 注浆挤扩桩适用于挤扩段处于中～低压缩性的黏性土层、中密～密实的粉性土层、砂类土层或碎石土层（包括全风化、强风化岩）的地层。

**3.0.2** 注浆挤扩桩应按承载能力极限状态和正常使用极限状态进行设计，并应通过试桩确定设计及施工参数。

**3.0.3** 注浆挤扩桩设计等级、安全等级、作用效应与抗力限值、承载能力和稳定性验算、桩基沉降与变形验算，应符合现行国家规范及地方标准规定。

**3.0.4** 注浆挤扩桩耐久性应根据设计使用年限、环境类别，以及水、土对钢、混凝土腐蚀性的评价进行设计、施工。耐久性设计和施工应符合《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476、《建筑桩基技术规范》JGJ 94等国家、行业和地方相关标准的规定。

**4 材料**

**4.0.1** 注浆挤扩桩采用的束浆袋应符合下列规定：

**1** 束浆袋采用涤纶防水帆布制作，帆布应符合《涤纶浸胶帆布技术条件和评价法》GB/T 34235的有关规定；

**2** 涂层为聚氯乙烯，单位面积质量≥240g/m2；

**3** 涤纶防水帆布的径向与纬向的断裂强力≥2200N/5cm；

**4** 涤纶防水帆布的径向与纬向的断裂伸长率≥20%；

**5** 束浆袋采用热熔或缝纫连接，连接强度不小于母材强度；

**6** 束浆袋采用热熔连接时，拼接宽度≥3.5cm；

**7** 束浆袋采用缝纫连接时，应采用600D尼龙高强线，双针双线工艺缝纫。

**4.0.2** 注浆挤扩桩采用的中空式钢式板胶囊应符合下列规定：

**1** 钢板厚度≥2.7mm，厚度允许误差0.1mm；

**2** 保护钢圈钢板厚度≥2.5mm；

**3** 开孔位置和开孔尺寸允许误差±2mm；

**4** 单向注浆阀钢管内径≥25mm，钢管壁厚≥2.8mm；

**5** 单向注浆阀橡胶套管伸长率≥400%、拉伸强度≥14MPa；

**6** 内连接管采用高压橡胶管或钢管，耐压能力≥2.0MPa；

**7** 胶囊壁厚≥2.0mm，拉断伸长率≥400%，拉伸强度≥14MPa。

**4.0.3** 注浆挤扩采用的水泥应符合下列要求：

**1** 水泥应采用普通硅酸盐水泥，强度等级不应低于42.5级；

**2** 水泥应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175的有关规定。

**5 设计**

**5.1 一般规定**

**5.1.1** 桩基设计应符合现行国家标准《建筑与市政地基基础通用规范》GB 55003及行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94的有关规定，市政与公路工程尚应符合现行行业标准《公路桥涵地基与基础设计规范》JTG 3363的有关规定，铁路工程尚应符合《铁路桥涵地基和基础设计规范》TB 10093的有关规定。

**5.1.2** 注浆挤扩桩基础应根据具体条件分别进行下列承载力计算和稳定性验算：

**1** 应根据桩基的使用功能和受力特征分别进行桩基的竖向承载力和水平承载力计算；

**2** 应进行桩身及承台结构承载力计算和抗裂验算；

**3** 对于桩侧土不排水抗剪强度小于15kPa且长径比大于50的桩，应进行桩身压屈验算；

**4** 当桩端平面以下存在软弱下卧层时，应进行软弱下卧层承载力验算；

**5** 对于抗浮、抗拔桩基，应进行基桩和群桩的抗拔承载力计算；

**6** 对设计等级为甲级的非嵌岩桩、非深厚坚硬持力层的桩基，或设计等级为乙级的体型复杂、荷载分布显著不均匀、桩端平面以下存在软弱土层的桩基，应进行沉降计算；

**7** 应进行抗震承载力验算。

**5.1.3** 注浆挤扩桩基桩之间的中心距不应小于3.0d（d为非挤扩段桩的直径），且不应小于2.0D0（D0为注浆挤扩段桩的直径）。

**5.1.4** 注浆挤扩桩的挤扩段宜处于中～低压缩性的黏性土层、中密～密实的粉性土层、砂类土层或碎石土层（包括全风化、强风化岩），不宜处于淤泥、淤泥质土等软弱土层。

**5.1.5** 应选择较硬土层作为桩端持力层，桩端全断面进入该持力层的深度，对于黏性土、粉土不宜小于2.0D0，砂土不宜小于1.5，碎石类土不宜小1.0D0；当存在软弱下卧层时，抗压桩桩端以下硬持力层的厚度不宜小于3.0D0。

**5.1.6** 注浆挤扩桩单桩极限承载力的确定应符合国家标准《建筑与市政地基基础通用规范》GB 55003的有关规定，现场静载荷试验应符合《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106等相应行业标准的有关规定。

**5.1.7** 当通过静载荷试验确定注浆挤扩桩的单桩竖向抗压极限承载力时，应符合下列规定：

**1** 桩长小于40m且Q-s曲线为缓变型时，单桩竖向抗压极限承载力宜取桩顶总沉降量为40mm对应的荷载值；

**2** 桩长大于或等于40m且Q-s曲线为缓变型时，宜考虑桩身弹性压缩Se，单桩竖向抗压极限承载力宜取桩顶总沉降量为（40+Se）mm对应的荷载值；

**3** Q-s曲线为陡降型时，取对应于陡降段起点的荷载值。

**5.1.8** 当桩基承台以下为深厚淤泥、淤泥质土等软弱土层时，宜考虑深基坑开挖卸荷、坑底土体回弹隆起对桩身受力及桩承载力的影响。

**5.1.9** 注浆挤扩桩的桩身混凝土强度等级不宜低于C30。

**5.1.10** 当桩周土体因地面大面积堆载、新近回填土、降水等因素产生的沉降大于桩的沉降时，应考虑桩侧负摩阻力对桩基承载力和沉降的影响。

**5.1.11** 桩基础的抗震验算应符合《建筑抗震设计规范》GB 50011等国家及行业标准的有关规定。

**5.1.12** 桩基承台的承载力计算和构造要求，应符合《建筑地基基础设计规范》GB 50007和《建筑桩基技术规范》JGJ 94等国家及行业标准的有关规定。

**5.1.13** 桩的裂缝控制等级划分应符合《建筑桩基技术规范》JGJ 94等国家及行业标准的有关规定。

**5.1.14** 对于采用桩端开式注浆的注浆挤扩桩，桩基沉降计算经验系数的折减系数应参照《建筑桩基技术规范》JGJ 94等行业标准的有关规定取值。

**5.1.15** 注浆挤扩桩应进行注浆挤扩注浆量设计，注浆所用水泥浆的水胶比宜取0.55～0.60。

**5.2 基桩构造**

**Ⅰ 注浆挤扩钻孔灌注桩**

**5.2.1** 桩侧注浆挤扩钻孔灌注桩包含钢筋混凝土桩身以及注浆挤扩段水泥浆结石体，如图5.2.1所示。



图5.2.1 桩侧注浆挤扩钻孔灌注桩桩身构造

1—桩身钢筋笼；2—桩身混凝土；3—注浆挤扩段水泥浆结石体；L1—非注浆挤扩段长度；

L2—注浆挤扩段长度；d—成孔直径；d0—桩身设计有效直径；D0—注浆挤扩段等效直径

**5.2.2** 桩侧注浆挤扩钻孔灌注桩的基本尺寸及构造应符合下列规定：

**1** 桩身设计桩径、混凝土强度及保护层按现行国家规范规定；

**2** 在挤扩段，成孔直径应比桩身设计有效直径大150mm；

**3** 挤扩段水泥浆结石体28d龄期无侧限抗压强度不宜小于15MPa；

**4** 注浆挤扩钻孔灌注桩配筋应满足行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94相关规定；

**5** 桩身非挤扩段宜采用直径为6mm～8mm的螺旋箍，间距200mm～300mm；桩顶以下5d范围内箍筋应加密，间距不应大于100mm。桩身挤扩段螺旋箍间距不宜超过200mm；当考虑箍筋受力作用时，箍筋配置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；当钢筋笼长度超过4m时，应每隔2m设一道直径不小于12mm的焊接加劲箍筋；

**6** 挤扩段等效直径D0宜取钢筋笼直径外扩0.3m，挤扩段进入中、低压缩性土层不宜小于4m。

**5.2.3** 桩端注浆挤扩钻孔灌注桩包含钢筋混凝土桩身及水泥浆结石体挤扩头，如图5.2.3所示。



图5.2.3 桩端注浆挤扩钻孔灌注桩桩身构造

1—钢筋混凝土桩身；2—水泥浆结石体挤扩头

**5.2.4** 桩端注浆挤扩钻孔灌注桩的桩身构造要求参照5.2.2条。

**Ⅱ** **注浆挤扩钢管混凝土桩**

**5.2.5** 注浆挤扩挤扩钢管混凝土桩包含钢管、钢管内混凝土填芯体、钢管外侧水泥浆结石体包裹层以及注浆挤扩段水泥浆结石体，如图5.2.5所示。



图5.2.5 注浆挤扩钢管混凝土桩桩身构造

1—钢管；2—钢管内混凝土填芯体；3—水泥浆结石体包裹层；

4—注浆挤扩段水泥浆结石体；L1—非注浆挤扩段长度；L2—注浆挤扩段长度；

d—成孔直径；d0—桩身设计有效直径；D0—注浆挤扩段等效直径

**5.2.6** 注浆挤扩钢管混凝土桩的基本尺寸及构造应符合下列规定：

 **1** 成孔直径应比桩身设计有效直径大150mm；

**2** 钢管混凝土桩直径不宜小于219mm；

 **3** 钢管的分段长度宜为12m～15m；

 **4** 挤扩段水泥浆结石体28d龄期无侧限抗压强度不宜小于15MPa；

 **5** 钢管混凝土桩在注浆挤扩段桩身外侧应设置加强箍筋，箍筋直径宜取6mm～8mm，间距200mm～300mm；

 **6**挤扩段等效直径D0宜取钢管桩外径外扩0.3m。挤扩段进入中、低压缩性土层不宜小于4m。

**Ⅲ 注浆挤扩预应力混凝土管桩**

**5.2.7** 注浆挤扩预应力混凝土管桩包含预应力混凝土管桩、管桩外侧水泥砂浆结石体包裹层以及注浆挤扩段水泥浆结石体，如图5.2.7所示。

****

图5.2.7 注浆挤扩预应力混凝土管桩桩身构造

1—预应力混凝土管桩；2—管桩外侧水泥浆结石体包裹层；3—注浆挤扩段水泥浆结石体；L1—非注浆挤扩段长度；L2—注浆挤扩段长度；d—成孔直径；d0—桩身设计有效直径；

D0—注浆挤扩段等效直径

**5.2.8** 预应力混凝土管桩应选用预应力高强混凝土（PHC）管桩。桩身质量及选型尚应符合国家现行标准《先张法预应力混凝土管桩》GB 13476的有关规定。

**5.2.9** 预应力混凝土管桩的连接可采用端板焊接连接、机械连接。每根桩的接头数量不宜超过4个。

**5.2.10** 注浆挤扩预应力混凝土管桩的基本尺寸及构造应符合下列规定：

**1** 成孔直径应比桩身设计有效直径大150mm；

**2** 挤扩段水泥浆结石体28d龄期无侧限抗压强度不宜小于15MPa；

**3** 挤扩段等效直径D0宜取预应力混凝土管桩外径外扩0.3m，挤扩段进入中、低压缩性土层不宜小于4m。

**5.3 单桩抗压承载力**

**5.3.1**承受竖向力的注浆挤扩桩，应按下列公式计算群桩中单桩的桩顶竖向作用效应：

**1** 轴心竖向力作用下：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |   |  （5.3.1-1） |

**2** 偏心竖向力作用下：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |   |  （5.3.1-2） |
| 式中： |  | —— | 荷载效应标准组合下，作用于承台顶面的竖向力； |
|  |  | —— | 荷载效应标准组合轴心竖向力作用下，基桩的平均竖向力； |
|  |  | —— | 荷载效应标准组合偏心竖向力作用下，第*i*基桩的竖向力； |
|  |  | —— | 桩基承台和承台上土自重标准值，对稳定的地下水位以下部分应扣除水的浮力； |
|  | 、 | —— | 荷载效应标准组合下，作用于承台底面，绕通过桩群形心的、主轴的力矩； |
|  | 、、、 | —— | 第、基桩至、轴的距离； |
|  |  | —— | 桩基中的桩数。 |

**5.3.2** 桩侧注浆挤扩桩单桩抗压承载力应通过单桩竖向抗压静载荷试验确定，并可按下式估算：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （5.3.2） |
| 式中： |  | —— | 单桩抗压极限承载力标准值； |
|  |  | —— | 桩侧第*i*层土的初始极限侧阻力标准值，缺少实测资料时，可按表5.3.2-1取值；  |
|  |  | —— | 桩身第层土处的周长，挤扩段部分按挤扩段等效直径计算； |
|  |  | —— | 桩穿越第*i*层土的厚度，存在挤扩段的土层，挤扩段部分按独立土层计算； |
|  |  | —— | 桩侧注浆挤扩段第*i*层土侧阻力增强系数，可按表5.3.2-2取值，非挤扩段部分，取1.0； |
|  |  | —— | 注浆挤扩端阻力增强系数，对于仅采用桩侧挤扩注浆的桩，*βp*取0～1.0；对于采用桩侧挤扩注浆与桩端开式注浆的桩，*βp*可按表5.3.2-3取值； |
|  |  | —— | 极限端阻力标准值，缺少实测资料时，可按表5.3.2-1取值；  |
|  |  | —— | 桩端面积。 |

表5.3.2-1 桩的极限侧阻力标准值*qsik*和极限端阻力标准值*qpk* (kPa)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 土的名称 | 土的状态 | *qsik* | *qpk*（抗拔桩设计时，*l*取注浆挤扩段以上桩长） |
| 5≤*l*<10 | 10≤*l*<15 | 15≤*l*<30 | 30≤*l* |
| 素填土 |  | 20~28 | —— | —— | —— | —— |
| 淤泥 |  | 12～18 | —— | —— | —— | —— |
| 淤泥质土 |  | 20～28 | —— | —— | —— | —— |
| 黏性土 | 流塑软塑可塑硬可塑硬塑坚硬 | 1.00<*I*L0.75<*I*L≤1.000.50<*I*L≤0.750.25<*I*L≤0.500<*I*L≤0.25*I*L≤0 | 21～3838～5353～6868～8484～9696～102 | ——150～250350～450800～9001100～1200—— | ——250～300450～600900～10001200～1400—— | ——300～450600～7501000～12001400～1600—— | ——300～450750～8001200～14001600～1800—— |

续表5.3.2-1

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 粉土 | 稍密中密密实 | *e*>0.90.75≤*e*≤0.9*e*<0.75 | 24～4242～6262～82 | ——300～500650～900 | ——500～650750～950 | ——650～750900～1100 | ——750～8501100～1200 |
| 粉砂细砂 | 稍密中密密实 | 10<*N*≤1515<*N*≤30*N*>30 | 22～4646～6464～86 | 350～500600～750 | 450～600750～900 | 600～700900～1100 | 650～7501100～1200 |
| 中砂 | 中密密实 | *15<N≤30**N>30* | 53～7272～94 | 850～1050 | 1100～1500 | 1500～1900 | 1900～2100 |
| 粗砂 | 中密密实 | *15<N≤30**N>30* | 74～9595～116 | 1500～1800 | 2100～2400 | 2400～2600 | 2600～2800 |
| 砾砂 | 稍密中密(密实) | *5<N63.5≤15**N63.5>15* | 50～90116～130 | 1400～2000 | 2000～3200 |
| 砾石卵石 | 中密密实 | *N63.5*>10 | 140～170 | 1800～3000 | 2200～4000 |

注：表中给出的数值取自《建筑桩基技术规范》JGJ 94中泥浆护壁钻（冲）孔桩的极限侧摩阻力标准值和极限端阻力标准值。

 表5.3.2-2 注浆挤扩段桩侧阻力增强系数*βsi*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 土层名称 | 黏性土粉土 | 粉砂细砂 | 中砂 | 粗砂砾砂 | 砾石卵石 | 全风化岩强风化岩 |
| *β*s*i* | 1.1～1.5 | 1.2～1.4 | 1.3～1.4 | 1.3～1.4 | 1.2～1.3 | 1.2～1.3 |

表5.3.2-3 桩侧挤扩注浆联合桩端开式注浆端阻力增强系数

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 土层名称 | 黏性土粉土 | 粉砂细砂 | 中砂 | 粗砂砾砂 | 砾石卵石 | 全风化岩强风化岩 |
|  | 2.7～4.4 | 2.8～4.1 | 3.8～4.8 | 3.5～4.8 | 3.5～4.5 | 3.6～3.9 |

**5.3.3** 桩端注浆挤扩桩单桩抗压承载力应通过单桩竖向抗压静载荷试验确定，并可按下式估算：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （5.3.3） |
| 式中： |  | —— | 单桩抗压极限承载力标准值； |
|  |  | —— | 桩侧第*i*层土的初始极限侧阻力标准值，缺少实测资料时，可按表5.3.2-1取值；  |
|  |  | —— | 桩身第层土处的周长； |
|  |  | —— | 桩穿越第*i*层土的厚度，存在挤扩段的土层，挤扩段部分按独立土层计算； |
|  |  | —— | 桩端注浆挤扩第*i*层土侧阻力增强系数，可按表5.3.3-1取值，对处于饱和土层的桩端进行开式注浆时，仅对桩底以上10.0m-12.0m范围内的桩侧阻力进行增强系数修正，对处于非饱和土层的桩端进行开式注浆时，仅对桩底以上5.0m-6.0m范围内的桩侧阻力进行增强系数修正；非后注浆竖向增强段部分，取1.0； |
|  |  | —— | 桩端注浆挤扩桩极限端阻力标准值，缺少实测资料时，可按表5.3.3-2取值； |
|  |  | —— | 桩端注浆挤扩头面积，按照注入浆液形成球形体的直径进行换算，但换算直径不超过*d* +30cm，换算面积不得大于桩端面积的两倍。 |

表5.3.3-1后压浆侧阻力增强系数*βsi*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 土层名称 | 淤泥质土 | 黏土粉质黏土 | 粉土 | 粉砂 | 细砂 | 中砂 | 粗砂砾砂 | 角砾碎石 | 砾石卵石 | 全风化岩强风化岩 |
| *β*s*i* | 1.2～1.3 | 1.3～1.4 | 1.3～1.5 | 1.4～1.6 | 1.5～1.6 | 1.6～1.8 | 1.6～1.9 | 1.7～1.9 | 1.6～2.0 | 1.2～1.4 |

表5.3.3-2 桩端注浆挤扩桩的极限端阻力标准值(kPa)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 土名称 | 土的状态 | 桩长l（m） |
| l≤9 | 9<l≤16 | 16<l≤30 | l＞30 |
| 黏性土 | 软塑 | 0.75<IL≤1 | 210~850 | 650~1400 | 1200~1800 | 1300~1900 |
| 可塑 | 0.50<IL≤0.75 | 850~1700 | 1400~2200 | 1900~2800 | 2300~3600 |
| 硬可塑 | 0.25<IL≤0.50 | 1500~2300 | 2300~3300 | 2700~3600 | 3600~4400 |
| 硬塑 | 0<IL≤0.25 | 2500~3800 | 3800~5500 | 5500~6000 | 6000~6800 |
| 粉土 | 中密 | 0.75≤e≤0.9 | 950~1700 | 1400~2100 | 1900~2700 | 2500~3400 |
| 密实 | e<0.75 | 1500~2600 | 2100~3000 | 2700~3600 | 3600~4400 |
| 粉砂 | 稍密 | 10<N≤15 | 1000~1600 | 1500~2300 | 1900~2700 | 2100~3000 |
| 中密、密实 | N>15 | 1400~2200 | 2100~3000 | 3000~4500 | 3800~5500 |
| 细砂 | 中密、密实 | N>15 | 2500~4000 | 3600~5000 | 4400~6000 | 5300~7000 |
| 中砂 | 4000~6000 | 5500~7000 | 6500~8000 | 7500~9000 |
| 粗砂 | 5700~7500 | 7500~8500 | 8500~10000 | 9500~11000 |
| 砾砂 | 中密、密实 | N>15 | 6000~9500 | 9000~10500 |
| 角砾、圆砾 | *N63.5*>10 | 7000~10000 | 9500~11500 |
| 碎石、卵石 | *N63.5*>10 | 8000~11000 | 10500~13000 |
| 全风化软质岩 |  | 30<N≤50 | 4000~6000 |
| 全风化硬质岩 |  | 30<N≤50 | 5000~8000 |
| 强风化软质岩 |  | *N63.5*>10 | 6000~9000 |
| 强风化硬质岩 |  | *N63.5*>10 | 7000~11000 |

**5.3.4** 注浆挤扩桩抗压时，应对桩身截面强度进行下列验算：

**1** 对于轴心受压注浆挤扩钻孔灌注桩，正截面受压承载力应符合下式：

当桩顶以下5*d*范围的桩身螺旋箍筋间距不大于100mm，且符合5.2.2条构造要求时：

 （5.3.4-1）

当桩身配筋不满足上述要求时：

 （5.3.4-2）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中： |  | —— | 荷载效应基本组合时，作用于单桩桩顶的竖向压力设计值； |
|  |  | —— | 钢筋混凝土灌注桩基桩成桩工艺系数：干作业非挤土灌注桩：=0.90；泥浆护壁和套管护壁非挤土灌注桩、部分挤土灌注桩、挤土灌注桩： =0.7～0.8；软土地区挤土灌注桩: =0.6； |
|  |  | —— | 混凝土轴心抗压强度设计值； |
|  |  | —— | 纵向主筋抗压强度设计值； |
|  |  | —— | 纵向主筋截面面积； |
|  |  | —— | 非挤扩段桩身截面面积。 |

**2** 对于轴向受压的注浆挤扩钢管混凝土桩，不考虑压屈影响时，桩身强度应符合下式：

 （5.3.4-3）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中： |  | —— | 钢管混凝土桩成桩工艺系数：=0.85;  |
|  |  | —— | 钢管混凝土短柱轴心受压承载力设计值，可参照《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936进行计算，其中钢管面积应取扣除腐蚀厚度的横截面有效截面面积。 |

**3** 对于轴向受压的注浆挤扩预应力混凝土管桩，不考虑压屈影响时，桩身混凝土强度应符合下式：

 （5.3.4-4）

|  |
| --- |
| 式中： |
|  |  | —— | 管桩成桩工艺系数：当采用抱压式或锤击式施工时 ，=0.70； 当采用顶压式施工时，=0.80；当采用植入工法或中掘工法施工时，= 0.85； |
|  |  | —— | 非挤扩段桩身横截面面积。 |

**5.4 单桩抗拔承载力**

**5.4.1**承受竖向拔力的注浆挤扩桩，桩顶作用效应的计算应符合本规程第5.3.1条的规定。

**5.4.2** 承受竖向拔力的注浆挤扩桩基础，应按下列公式验算群桩基础呈整体破坏和呈非整体破坏时基桩的抗拔承载力：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （5.4.2-1） |
|  |  | （5.4.2-2） |
| 式中： |  | —— | 荷载效应标准组合轴心竖向力作用下，基桩的平均竖向力； |
|  |  | —— | 群桩呈非整体破坏时基桩的抗拔极限承载力标准值，可按本规程第5.4.3条确定； |
|  |  | —— | 基桩自重，地下水位以下应扣除水的浮力； |
|  |  | —— | 群桩呈整体破坏时基桩的抗拔极限承载力标准值，可按本规程第5.4.3条确定； |
|  |  | —— | 群桩基础所包围体积的桩土总自重除以总桩数，地下水位以下应扣除水的浮力。 |

**5.4.3** 注浆挤扩桩单桩抗拔承载力应符合下列规定：

注浆挤扩桩单桩抗拔承载力应通过单桩竖向抗拔静载荷试验确定，并可按下式估算：

**1** 对单桩或群桩呈非整体破坏时，单桩的抗拔极限承载力标准值：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  （5.4.3-1） |

**2** 群桩呈整体破坏时，单桩的抗拔极限承载力标准值：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （5.4.3-2） |
| 式中： |  | —— | 桩身第*i*层土处的周长，挤扩段部分按挤扩段等效直径计算； |
|  |  | —— | 桩周第*i*层土的抗拔系数，可按表5.4.3-1取值； |
|  |  | —— | 注浆挤扩段第*i*层土侧阻力增强系数，非挤扩段部分，取1.0；挤扩段部分可按表5.3.2-2取值； |
|  |  | —— | 桩侧第*i*层土的初始极限侧阻力标准值，缺少实测资料时，可按表5.3.2-1取值； |
|  |  | —— | 桩穿越第*i*层土的厚度，存在挤扩段的土层，挤扩段部分按独立土层计算； |
|  |  | —— | 注浆挤扩段土的端阻力抗拔增强系数，可按表5.4.3-2取值； |
|  |  | —— | 桩端注浆挤扩段底部土的初始极限端阻力标准值，缺少实测资料时，可按表5.3.2-1取值； |
|  |  | —— | 扣除桩身截面面积的挤扩段横截面的水平投影面积，，当0大于2.5倍非挤扩段直径时，取2.5； |
|  |  | —— | 注浆挤扩段等效直径； |
|  |  | —— | 桩身设计成孔直径； |
|  |  | —— | 群桩外围周长。 |

表5.4.3-1 侧阻力抗拔系数

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 土(岩)的类别 | 土的状态 | 抗拔系数值 |
| 黏性土 | 0.75<*I*L≤10.50<*I*L≤0.750.25<*I*L≤0.500<*I*L≤0.25 | 0.60～0.650.65～0.700.70～0.750.75～0.80 |
| 粉土 | *e>*0.90.75≤*e*≤0.9*e<*0.75 | 0.70～0.750.75～0.800.80～0.85 |
| 粉细砂 | 10<*N*≤1515<*N*≤30*N*>30 | ——0.70～0.80—— |
| 中砂 | 15<*N*≤30*N*>30 | 0.70～0.80—— |

续表5.4.3-1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 粗砂、砾砂 | 15<*N*≤30*N*>30 | 0.70～0.80—— |
| 砾石、卵石 | *N*63.5>10 | 0.75～0.80 |

注：桩长与桩身设计成孔之比小于20时，取小值。

表5.4.3-2 注浆挤扩段土的端阻力抗拔增强系数

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 土(岩)的类别 | 土的状态 | 增强系数值 |
| 注浆挤扩段以上桩长*l* |
| 5≤*l*＜10 | 10≤*l*＜15 | 15≤*l*＜30 | 30≤*l* |
| 黏性土 | 0<*I*L≤1 | 1.10～1.20 | 1.20～1.30 | 1.30～1.45 | 1.45～1.50 |
| 粉土 | 0.5<*e*<1 | 1.00～1.08 | 1.08～1.12 | 1.12～1.20 | 1.20～1.30 |
| 砂土 | 10<*N*<30 | 1.00～1.15 |
| 砾石、卵石 | *N*63.5>10 | 1.00～1.10 |

注：对粘性土，液性指数越小时，相对取小值；对粉土，孔隙比越小时，相对取大值；对砂土颗粒平均粒径越大，相对取小值，标准贯入锤击次数越大，相对取大值。

**5.4.4** 注浆挤扩桩抗拔时，应对桩身截面强度进行下列验算：

**1** 对于注浆挤扩钻孔灌注桩桩轴心受拉时，通长配置主筋的桩身受拉承载力应符合下式要求：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （5.4.4-1） |
| 式中： |  | —— | 荷载效应基本组合时，作用于单桩桩顶的竖向拉力设计值； |
|  |  | —— | 普通钢筋、预应力钢筋的抗拉强度设计值； |
|  |  | —— | 全部纵向通长普通钢筋、预应力钢筋的截面面积。 |

**2** 对于注浆挤扩钢管混凝土桩轴心受拉时，钢管混凝土桩桩身受拉承载力应符合下式，且应对桩身接桩处进行焊缝强度验算。：

 （5.4.4-2）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中： |  | —— | 钢管桩扣除腐蚀厚度的横截面有效面积； |
|  | *f* | —— | 钢材的抗拉强度设计值。 |

**3** 注浆挤扩预应力混凝土管桩承受竖向上拔力作用时，应进行预应力钢棒抗拉强度、端板孔口抗剪强度、接桩连接强度、桩顶填芯混凝土与承台连接处强度等验算，并应按不利处的抗拉强度确定管桩的抗拔承载力。

**5.5 后注浆技术参数**

**5.5.1** 单桩后注浆水泥用量应通过现场注浆试验确定，可根据注浆方式、桩径、桩长、桩端持力层渗透性以及单桩承载力增幅需求估算。

**1** 挤扩注浆水泥用量按下式估算：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （5.5.1-1） |
| 式中： | *Gc1* | —— | 单桩桩侧注浆挤扩注浆量，以水泥质量计（t）； |
|  | *w/c* | —— | 水泥浆水胶比； |
|   |  | —— | 水泥比重（t/m3）； |
|  | *V* | —— | 束浆袋（胶囊）设计容积（m3）。 |

**2** 桩端开式注浆水泥用量按下式估算：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （5.5.1-2） |
| 式中： | *Gc2* | —— | 单桩桩端开式注浆量，以水泥质量计（t）； |
|  | *αp* | —— | 桩端开式注浆量经验系数，*αp*=2.0～3.5，对于超长桩、承载力增幅要求高和桩端位于渗透系数不小于10-4cm/s土层的基桩取较高值； |
|  | *d* | —— | 桩身设计成孔直径（m）。 |

**5.5.2** 对于联合桩端开式注浆的注浆挤扩桩，单桩后注浆水泥用量*G*c为挤扩注浆水泥用量*Gc1*与桩端开式注浆水泥用量*Gc2*之和。

**5.5.3** 挤扩注浆水泥浆液的水胶比宜为0.55；桩端开式注浆水泥浆液的水胶比应根据桩端持力层及附近土层的渗透性选择，宜为0.45～0.80，对于渗透系数不小于10-4cm/s的土层宜取低值，其它土层宜取高值。

**5.5.4** 挤扩注浆应在桩身混凝土养护24h后开始。

**5.5.5** 挤扩注浆以注浆量控制为主，达到设计注浆量时才能终止注浆。

**5.5.6** 桩端开式注浆应采用注浆量和注浆压力双控，当注浆量达到设计注浆量80%以上，且注浆压力值不小于2.5MPa，并保持不少于3min，可终止注浆。注浆过程中若出现地面冒浆，应暂停注浆约15min，然后重新注浆，直至完成设计的注浆量。

**6 施工**

**6.1 一般规定**

**6.1.1** 注浆挤扩桩施工前应熟悉设计施工图纸，掌握工程地质与水文地质资料，踏勘施工现场，编制专项施工方案。

**6.1.2** 施工安全和文物、环境保护等应按有关规定执行。

**6.1.3** 原材料进场应具有产品合格证、出厂试验报告。进场后应按国家有关规定进行材料验收和抽检，质量检验合格后方可使用。

**6.1.4** 宜采用智能化机械设备对注浆等重要施工过程进行监控。

**6.1.5** 应对施工主要过程进行记录，记录表可参见本规程附录A。

**6.1.6** 正式施工前宜进行工艺性试桩，以确定施工工艺及其控制参数。

**6.1.7** 注浆挤扩桩施工除应符合本规程外，尚应符合《建筑地基基础工程施工规范》GB 51004、《建筑桩基技术规范》JGJ 94、《公路桥涵施工技术规范》JTG/T 3650和《铁路桥涵工程施工质量验收标准》TB 10415等现行国家和行业标准的相关规定。

**6.2 施工准备**

**6.2.1** 施工前准备工作应符合下列规定：

**1** 注浆挤扩桩施工前应复核测量基准线、基准点，基准点应设在不受桩基施工影响的区域，并应妥善保护；

**2** 应根据地质条件、周边环境条件、成桩深度、桩径等选用钻机、起重机械、水泥浆制备系统、注浆泵等机具设备；

**3** 进场机具设备使用前应出具有效的检测证明、标定证明；

**4** 应对施工影响范围内的周边建（构）筑物、设施等布设监测点；

**5** 现场三通一平已完成，地基承载力应满足正常施工及设备行走的要求。

**6.2.2** 开工前应具备以下技术及原材料检测资料：

**1** 岩土工程勘察报告、桩位布置图、桩身构造详图及相关技术要求；

**2** 平面及高程引测点资料；

**3** 邻近建（构）筑物和地下设施类型、分布及结构质量情况；

**4** 试验性施工资料；

**5** 专项施工方案；

**6** 水泥需要提供产品合格证书及抽样送检报告，注浆管、钢管桩需要提供产品合格证书；

**7** 水泥浆、混凝土配合比资料。

**6.3 注浆挤扩钻孔灌注桩**

**6.3.1** 桩侧注浆挤扩钻孔灌注桩施工应按照设计要求钻进成孔，清孔，制作钢筋笼，安装束浆袋，安放钢筋笼及注浆管，安装导管，二次清孔后灌注混凝土，最后注浆挤扩。施工工艺流程如图6.3.1所示。

图6.3.1 桩侧注浆挤扩钻孔灌注桩施工工艺流程

**6.3.2** 桩侧注浆挤扩钻孔灌注桩施工应符合下列规定：

**1** 成孔过程中应做好测量定位、护筒埋设、钻机就位、泥浆制备、钻进成孔、一次清孔及桩孔验收；

**2** 灌注桩桩身范围内存在较厚的粉土、砂土层时，宜采取相应措施确保孔壁稳定；

**3** 采用多台钻机同时施工时，在混凝土刚灌注完毕的邻桩旁成孔及挤扩注浆时，其安全距离不应小于4倍桩径或间隔时间不应小于36h；

**4** 成孔至设计深度后，应对孔深、孔径、垂直度等技术指标进行检测。成孔质量应符合设计要求及现行有关标准的规定；

**5** 桩孔终孔后应立即进行第一次清孔，并应根据施工条件、施工工艺及设备情况选用正循环或反循环清孔；

**6** 钢筋笼宜分段制作，分段长度根据钢筋笼长度，整体刚度，起吊设备的高度等确定。每节钢筋笼保护层垫块不得少于两组，每组不少于3块。束浆袋的两端必须设置保护层垫块；

**7** 钢筋笼制作验收合格后方可安装束浆袋。束浆袋上下端应与钢筋笼主筋绑扎固定，钢筋笼安放前应排空束浆袋内部空气，袋身应采用透明胶带均匀分散收束，收束间距1m～2m，如图6.3.2所示。注浆管从束浆袋上部的袖管插入束浆袋，袖管应绑扎牢固且密封。注浆器距离束浆袋底端不宜大于20cm；

* 图6.3.2 束浆袋安装示意图

1—钢筋笼；2—绑扎铁丝；3—双层束浆袋；4—收束透明胶带；5—注浆管；

6—束浆袋袖口；7—注浆器

**8** 钢筋笼起吊点位置应避开束浆袋绑扎区域，钢筋笼沉放应保持垂直状态，居中缓慢下放。下笼受阻时应停止沉放，并应在查明原因进行处理后继续沉放；

**9** 钢筋笼全部入孔后，当笼顶标高低于孔口时，钢筋笼上端可设置吊筋至孔口定位。吊筋直径不得小于12mm，数量不少于2根；

**10** 注浆管安放随钢筋笼同时下放。注浆管连接接头宜采用螺纹连接，接头处宜缠绕止水胶带密封。注浆管数量宜为1根。注浆管上端应低于地面20cm，并进行临时封堵；

**11** 钢筋笼和导管安放后应立即进行第二次清孔。清孔结束后孔底沉渣厚度和孔内泥浆指标应满足设计要求和现行行业标准要求；

**12** 二次清孔后应及时灌注混凝土，间隔时间不宜超过30min；

**13** 混凝土初灌量应能保证混凝土灌入后导管埋深不小于1.0m。混凝土灌注过程中严禁将导管提离混凝土面，应保证导管始终埋在混凝土内2m～6m，最小埋深不得小于2m；

**14** 混凝土灌注应连续进行。桩顶混凝土超灌高度不应小于1.0m，充盈系数不得小于1.0；

**15** 桩身混凝土灌注完成且养护24h后，方可进行注浆挤扩施工。

**6.3.3** 桩端注浆挤扩钻孔灌注桩施工应按照设计要求钻进成孔、清孔、制作钢筋笼、中空式钢板胶囊安装、吊放钢筋笼及注浆管，安装导管，二次清孔后灌注混凝土，最后注浆挤扩。施工工艺流程如图6.3.3所示。

图6.3.3 桩端注浆挤扩钻孔灌注桩施工工艺流程

**6.3.4** 桩端注浆挤扩钻孔灌注桩施工应满足下列要求：

**1**钢筋笼制作验收合格后方可安装中空式钢板胶囊，如图6.3.4所示。钢筋笼主筋与中空式钢板胶囊的提手焊接牢固，不得与钢板直接焊接；钢板胶囊注浆管与注浆管焊接不得有漏焊沙眼或焊透现象。焊接时应防止焊渣掉落烧穿胶囊。中空式钢板胶囊安装过程中，应防止杂物进入注浆管内堵塞注浆管；

**2** 中空式钢板胶囊应坐落在孔底，特别是使用吊环、吊筋调直钢筋笼时，应防止中空式钢板胶囊悬空脱离孔底；

**3** 桩端注浆挤扩钻孔灌注桩的成孔、清孔、钢筋笼下放和混凝土灌注和注浆挤扩等参照6.3.2进行。

图6.3.4 中空式钢板胶囊安装图

1. 桩端挤扩注浆管；2—桩端开式注浆管；3—钢筋笼；4—钢板；5—胶囊；6—注浆管

**6.3.5** 采用桩侧挤扩与桩端开式复合注浆工艺时，应按照先桩侧挤扩注浆、后桩端开式注浆的流程进行施工。桩侧挤扩注浆24h后，方可进行桩端开式注浆。

**6.3.6** 采用桩端挤扩与桩端开式复合注浆工艺时，应按照先桩端开式注浆、后桩端挤扩注浆、再桩端开式注浆的流程进行施工。

**6.4 注浆挤扩钢管混凝土桩**

**6.4.1** 钢管桩产品应符合下列规定：

**1** 进场钢管规格及强度应符合设计要求，钢管表面不得有裂缝、起鳞、夹层及严重锈蚀等缺陷，并应具有出厂合格证和试验报告。用于有侵蚀性地下水或土层地区时，钢管表面应按设计要求作防腐处理。钢管允许偏差应符合表6.4.1的规定；

表6.4.1 钢管桩允许偏差

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 允许偏差（mm） |
| 外径 | 管端部 | ±0.5%外径 |
| 管身 | ±0.1%外径 |
| 长度 | >0 |

续表6.4.1

|  |  |
| --- | --- |
| 矢高 | ≤0.1%桩长 |
| 端部平整度 | ≤2 |
| 端部平面与桩身中心线的倾斜值 | ≤2 |

**2** 焊接材料应按设计要求选择与桩材相适应的材料。

**6.4.2** 注浆挤扩钢管混凝土桩施工工艺流程如图6.4.2所示。



图6.4.2 注浆挤扩钢管混凝土桩施工工艺流程

**6.4.3** 注浆挤扩钢管混凝土桩施工应符合下列规定：

**1** 注浆挤扩钢管桩成孔工艺应包括测量定位、护筒安装、钻机就位、泥浆制备、钻进成孔和桩孔验收，成孔过程管控及质量应符合本规程6.3节的规定；

**2** 注浆挤扩钢管混凝土桩成孔可采用回转钻进、旋挖钻进、冲击钻进等工艺。钻孔机具及工艺的选择应根据工程特点、钻孔深度、地质条件、泥浆排放及处理条件、试成孔情况综合确定；

**3** 钻孔完成后应从孔底注入水胶比0.5的水泥浆置换孔中泥浆，水泥浆液应充满孔壁与桩身间隙；

**4** 钢管内混凝土宜在地面灌注。当钢管长度大于25m时需要分节吊放，首节钢管混凝土应在地面灌注，剩余混凝土待钢管吊放到位后灌注；

**5** 束浆袋就位后，使用14#铁丝或喉箍将束浆袋两端固定在桩身上，中间每隔1m用胶带收束；

**6** 首节注浆管在束浆袋就位后通过袖管插入至束浆袋底部，将袋内空气排空后将袖管绑扎、密封；；

**7** 单节钢管混凝土桩施工时，应在起重设备将桩身吊起后，在桩身底部套装束浆袋；多节钢管混凝土桩施工时，应在首节桩起吊后在其底部套装束浆袋；吊机吊点位置应避开束浆袋套装区域；

**8** 注浆管的固定、连接施工应在钢管混凝土桩植入过程中穿插进行；注浆管连接宜采用螺纹连接，并在接头处缠绕生胶带；注浆管连接完成后，将其每间隔2m～3m使用10#铁丝固定在桩身上；

**9** 钢管桩体对接前，须清除桩端部的浮锈、油污等，并保持干燥。上下节桩焊接时应校正垂直度，对口的间隙宜为2m～3mm，焊接应对称进行。焊接应采用多层焊，钢管桩各层焊缝的接头应错开，并清除焊渣。当气温低于0°C或雨雪天气且无可靠措施确保焊接质量时，不得焊接；

**10** 焊接质量应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205和行业标准《建筑钢结构焊接技术规程》JGJ 81的规定，每个接头除应按表6.4.3进行外观检查外，还应按接头总数的5%进行超声或2%进行X射线拍片检查，对于同一工程，探伤抽样检验不得少于3个接头；

**11** 钢管混凝土桩植入过程中须注意对束浆袋和注浆管的保护；

**12** 钢管混凝土桩植入完成且孔中水泥浆结石体养护48h后，开始注浆挤扩施工。

表6.4.3 接桩焊缝外观允许偏差

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 允许偏差（mm） |
| 上下节桩错口 |
| 钢管桩外径≥700mm | 3 |
| 钢管桩外径<700mm | 2 |

续表6.4.3

|  |  |
| --- | --- |
| 咬边深度（焊缝） | 0.5 |
| 加强层高度（焊缝） | 2 |
| 加强层宽度（焊缝） | 3 |

**6.5 注浆挤扩预应力混凝土管桩**

**6.5.1** 注浆挤扩预应力混凝土管桩施工工艺流程如图6.5.1所示。

图6.5.1 注浆挤扩预应力混凝土管桩施工工艺流程

**6.5.2** 注浆挤扩预应力混凝土管桩施工应满足下列要求：

**1** 预应力混凝土管桩的起吊、搬运与堆放、接桩与截桩应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94和《预应力混凝土管桩技术标准》JGJ/T 406的相关规定；

**2** 成孔工艺应包括测量定位、护筒安装、钻机就位、泥浆制备、钻进成孔和桩孔验收，成孔工艺应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94和《预应力混凝土管桩技术标准》JGJ/T 406的相关规定；

**3** 钻孔完成后应注入水胶比0.5的水泥浆置换孔中泥浆，水泥浆液应充填满孔壁与桩身间隙并符合设计要求；

**4** 泥浆置换完成后，应立即将将安装有束浆袋和注浆管的桩身植入钻孔中，沉桩过程中须注意对束浆袋和注浆管的保护；

**5** 单节管桩施工时，应在起重设备将桩身吊起后，在桩身底部套装束浆袋；多节管桩施工时，应在首节桩起吊后在其底部套装束浆袋；吊机吊点位置应避开束浆袋套装区域；

**6** 束浆袋就位后，采用铁丝或喉箍将束浆袋两端固定在桩身上，中间每隔1m用胶带收束；

**7** 首节注浆管在束浆袋就位后通过袖管插入至束浆袋底，将袋内空气排空后将袖管绑扎、密封；

**8** 采用焊接接桩时，下接桩的桩头处宜设置导向箍或其他导向措施。接桩时，上、下节桩段应保持顺直，错位不超过2mm；逐节接桩时，节点弯曲矢高不得大于1/1000桩长，且不得大于20mm；

**9** 桩接头焊好后应进行外观检查，检查合格后必须经自然冷却，方可继续沉桩。自然冷却时间不应少于表6.5.2所列时间，严禁浇水冷却，或不冷却就开始沉桩；

表6.5.2 自然冷却时间表（min）

|  |  |
| --- | --- |
| 不采用二氧化碳气体保护焊 | 采用二氧化碳气体保护焊 |
| 6 | 3 |

**10** 采用机械方式接桩时，应符合相应机械连接方式的操作要求，并牢固固定；

**11** 注浆管的固定、接管施工在管桩植入过程中穿插进行；注浆管连接采用螺纹连接，接头宜缠绕生胶带；注浆管连接完成后，将其每间隔2m～3m使用10#铁丝固定在桩身上；

**12** 管桩植入完成且孔中水泥浆结石体养护48h后，开始注浆挤扩施工。

**6.6 注浆挤扩施工**

**6.6.1** 注浆系统应符合下列规定：

**1** 注浆泵额定工作压力不小于10MPa，额定理论排量不小于50L/min；

**2** 注浆管采用黑铁管，通径为25mm，壁厚≥3.0mm；

**3** 注浆管采用套筒连接，套筒长度≥40mm，壁厚≥4.0mm；

**4** 注浆器必须能够承受1MPa以上静水压力，并且具有止回功能。

**6.6.2** 水泥浆制备应符合下列规定：

**1** 水泥进场复试合格后才能使用，挤扩注浆完成后应提供水泥浆试块强度检验报告；

**2** 水泥浆应采用普通硅酸盐水泥配制，水泥强度等级不应低于42.5级；

**3** 水泥浆的水胶比取0.55；

**4** 水泥浆液在使用前应经过30目滤网过滤；浆液自制备至用完的时间不应超过其初凝时间，且不宜大于2h。

**6.6.3** 注浆挤扩施工应符合下列规定：

**1** 钻孔灌注桩的挤扩注浆应在桩身混凝土养护24h后实施；

**2** 预应力混凝土管桩（钢管混凝土桩）的注浆挤扩应在孔中水泥浆结石体养护48h后实施；

**3** 注浆挤扩条件具备后，应直接注入水泥浆，不得采用清水开塞；

**4** 注浆挤扩桩注浆时严禁多根桩共用一个储浆桶（池），除非注浆泵上安装有独立的注浆量计量装置，否则单根桩注浆量难以精确计量。

**5** 挤扩注浆应以注浆量控制为主，注浆压力控制为辅。当注浆压力达到5.0MPa时，应暂停注浆15min～20min，待注浆压力消散后重启注浆，直至完成设计的注浆量。

**7 检验与验收**

**7.1 一般规定**

7.1.1 注浆挤扩桩工程应进行原材料、桩位、桩顶标高、桩长、桩径、桩身质量和单桩承载力的检验。

7.1.2 对砂、石、水泥、钢材、束浆袋（囊）等原材料质量的检验项目和方法应符合现行国家和行业标准的有关规定。

**7.2 质量检验**

**7.2.1**材料进场检验应符合下列要求：

**1** 水泥进场应进行验收，应有出厂质量证明书，现场复检合格；

**2** 钢筋进场验收应严格检查钢筋的种类、钢号及规格，查验出厂证明书及合格证，使用前应进行钢筋抗拉、抗弯检测和焊接抗拉强度检测，并出具检测报告；

**3** 混凝土应采用商品混凝土，其坍落度宜为160mm～220mm；

**4** 束浆袋（囊）进场验收应严格检查束浆袋（囊）的原材料质量、缝制质量、尺寸规格及束浆袋（囊）完整性，并查验产品合格证；

**5** 注浆管验收应严格检查注浆管的直径、壁厚及螺纹加工质量，并查验产品合格证；

**6** 钢管混凝土桩和预应力混凝土管桩验收应严格检查桩的外观质量、尺寸及检验报告，并查验产品合格证。

**7.2.2** 桩孔终孔后，应对终孔深度、孔底沉渣、泥浆性能指标等进行检查。钢管混凝土桩和预应力混凝土管桩应植入到桩底标高，钻孔成孔直径、垂直度、孔深及桩位偏差应符合表7.2.2的规定。

表7.2.2 钻孔成孔施工允许偏差

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 项目 | 允许偏差 | 检测方法 |
| 1 | 孔径 | ±50mm | 用井径仪或超声波测井仪 |
| 2 | 垂直度 | <1% | 用测斜仪或超声波测进仪 |

续表7.2.2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 3 | 孔深 | 0mm～+300mm | 核定钻头和钻杆高度或用测绳 |
| 4 | 桩 位 | D≦1000 | 1～3根桩、条形桩基垂直轴线方向、群桩基础中的边桩 | D/6且不大于10cm | 基坑开挖后，重新测量 |
| 条形桩基沿轴线方向、群桩基础的中间桩 | D/4且不大于15cm |
| D>1000 | 1-3根桩、条形桩基垂直轴线方向、群桩基础中的边桩 | 100+0.01H | 基坑开挖后，重新测量 |
| 条形桩基沿轴线方向、群桩基础的中间桩 | 150+0.01H |

**7.2.3** 注浆挤扩钻孔灌注桩的钢筋笼制作成型后应采用钢卷尺检查验收，几何尺寸允许偏差值应符合下列要求：

**1** 主筋间距±10mm，箍筋间距±20mm；

**2** 钢筋笼直径±10mm；钢筋笼整体长度±100mm。

**7.2.4** 注浆挤扩钢管桩的钢管焊接完毕，除检查外观质量外，尚应通过超声波或X射线检查钢管焊接质量，检查数量应符合现行国家标准《建筑地基基础工程施工规范》GB 51004的相关规定。

**7.2.5** 工程桩应进行承载力检验。检测数量应根据桩基设计等级、本工程施工前取得试验数据的可靠性因素，按不低于现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106、《公路工程基桩检测技术规程》JTG/T 3512和《铁路工程基桩检测技术规程》TB 10218等确定。

**7.2.6** 工程桩施工完成后，应进行桩身完整性检测，检查方法和检测数量应符合现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106、《公路工程基桩检测技术规程》JTG/T 3512和《铁路工程基桩检测技术规程》TB 10218等的规定。

**7.3 工程验收**

**7.3.1** 当基桩施工完成，且开挖至设计标高后应进行桩基工程验收。

**7.3.2** 基桩验收时应提供下列资料：

**1** 岩土工程勘察报告、桩基施工图、图纸会审纪要、设计变更单及材料代用通知单等；

**2** 审定后的施工组织设计、施工专项方案及执行中的变更单；

**3** 桩位测量放线图，包括工程桩测量放线复核签证单；

**4** 原材料的质量证明书及复试报告；

**5** 半成品如预应力混凝土管桩、钢管桩等产品的合格证；

**6** 施工记录及隐蔽工程验收文件；

**7** 成桩质量检查报告；

**8** 单桩承载力检测报告；

**9** 基坑开挖至设计标高的基桩竣工平面图；

**10** 其他应提供的文件和记录。

**7.3.3** 注浆挤扩灌注桩的检验批质量验收应按本规程附录B进行。

**附录A 注浆挤扩施工记录表**

**表A 注浆挤扩施工记录表**

工程名称： 施工单位： 建设单位： 总包单位： 第 页

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **桩号** | **桩型** | **实际****桩长****（m）** | **注浆挤扩（闭式注浆）** | **桩端后注浆（开式注浆）** | **注浆时间** | **有无****异常** | **备注** |
| **挤扩装置直径（mm）** | **挤扩装****置长度****（m）** | **水胶比****（W/C）** | **设计注浆水泥用量（t）** | **实际注浆水泥用量（t）** | **注浆****压力****（MPa）** | **设计注浆水泥用量****（t）** | **实际注浆水泥用量（t）** | **注浆****压力****（MPa）** | **开始****时间** | **总耗时****（min）** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

监理： 施工方技术负责人： 记录员： 年 月 日

**附录B 注浆挤扩灌注桩检验批质量验收记录表**

**表B 注浆挤扩灌注桩检验批质量验收记录表**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 单位工程名称 |  | 分部工程名称 |  | 分项工程名称 |  |
| 施工单位 |  | 项目负责人 |  | 检验批容量 |  |
| 分包单位 |  | 分包单位项目负责人 |  | 检验批部位 |  |
| 验收依据 |  |
| 验收项目 | 设计要求及规范规定 | 检查记录 | 检查结果 |
| 单位 | 数值 |
| 主控项目 | 1 | 承载力 | 按基桩检测技术规范 |  |  |
| 2 | 孔深 | 不小于设计值 |  |  |
| 3 | 桩身完整性 | - |  |  |
| 4 | 混凝土强度 | 不小于设计值 |  |  |
| 一般项目 | 1 | 垂直度 | ≤1/100 |  |  |
| 2 | 桩位 | 本标准表7.2.2 |  |  |
| 3 | 孔径 | mm | ±50 |  |  |
| 4 | 清基后泥浆指标 | 比重 | 1.10~1.25 |  |  |
| 含砂率 | % | ≤8 |  |  |
| 粘度 | S | 18~28 |  |  |
| 5 | 泥浆面标高（高于地下水位） | m | 0.5~1.0 |  |  |
| 6 | 钢筋笼质量 | 主筋间距 | mm | ±10 |  |  |
| 长度 | mm | ±100 |  |  |
| 钢筋材质检验 | 设计要求 |  |  |
| 箍筋间距 | mm | ±20 |  |  |
| 笼直径 | mm | ±10 |  |  |
| 7 | 沉渣厚度 | 端承桩 | mm | ≤50 |  |  |
| 摩擦桩 | mm | ≤150 |  |  |
| 8 | 混凝土坍落度 | mm | 180~220 |  |  |
| 9 | 钢筋笼安装深度 | mm | +1000 |  |  |
| 10 | 混凝土充盈系数 | ≥1.0 |  |  |
| 11 | 桩顶标高 | mm | +30-50 |  |  |

**续表B**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 单位工程名称 |  | 分部工程名称 |  | 分项工程名称 |  |
| 施工单位 |  | 项目负责人 |  | 检验批容量 |  |
| 分包单位 |  | 分包单位项目负责人 |  | 检验批部位 |  |
| 验收依据 |  |
| 验收项目 | 设计要求及规范规定 | 检查记录 | 检查结果 |
| 单位 | 数值 |
| 一般项目 | 12 | 注浆挤扩/闭式 | 挤扩装置直径 | mm | ±50 |  |  |
| 挤扩装置长度 | mm | ±100 |  |  |
| 挤扩装置材质检验 | 设计要求 |  |  |
| 挤扩装置下放时完整性 | - |  |  |
| 注浆挤扩水泥用量 | 设计要求 |  |  |
| 水胶比 | 设计要求 |  |  |
| 注浆挤扩终止条件 | 设计要求 |  |  |
| 13 | 桩端后注浆/开式 | 后注浆水泥用量 | 设计要求 |  |  |
| 水胶比 | 设计要求 |  |  |
| 后注浆终止条件 | 设计要求 |  |  |
| 14 | 水泥浆试块强度 | ≧20MPa |  |  |
| 施工单位检查结果 | 项目专业质量检查员：（技术）负责人：年 月 日 |
| 监理单位验收结论 | 专业监理工程师： 年 月 日 |

**本标准用词说明**

**1** 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

**1）**表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

**2）**表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

**3）**表示允许稍有选择，在条件允许时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

**4）**表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

**2** 规程中指明应按其他有关标准、规范执行的，写法为：“应按……执行”或“应符合……的规定或要求”。非必须按所指定的标准、规范或其他规定执行时，写法为“可参照……”。

**引用标准名录**

1. 《建筑地基基础设计规范》GB 50007
2. 《建筑结构荷载规范》GB 50009
3. 《混凝土结构设计规范》GB 50010
4. 《建筑抗震设计规范》GB 50011
5. 《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205
6. 《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476
7. 《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936
8. 《建筑地基基础工程施工规范》GB 51004
9. 《建筑与市政地基基础通用规范》GB 55003
10. 《通用硅酸盐水泥》GB 175
11. 《先张法预应力混凝土管桩》GB 13476
12. 《涤纶浸胶帆布技术条件和评价法》GB/T 34235
13. 《建筑钢结构焊接技术规程》JGJ 81
14. 《建筑桩基技术规范》JGJ 94
15. 《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106
16. 《预应力混凝土管桩技术标准》JGJ/T 406
17. 《公路桥涵地基与基础设计规范》JTG 3363
18. 《公路工程基桩检测技术规程》JTG/T 3512
19. 《公路桥涵施工技术规范》JTG/T 3650
20. 《铁路桥涵地基和基础设计规范》TB 10093
21. 《铁路工程基桩检测技术规程》TB 10218
22. 《铁路桥涵工程施工质量验收标准》TB 10415

**中国工程建设标准化协会标准**

注浆挤扩钻孔灌注技术规程

**T/CECS \*\*\*:20\*\***

**条文说明**

**制定说明**

《注浆挤扩钻孔灌注桩技术规程》制定过程中，编制组进行了钻孔灌注桩后注浆设计、施工、检测与监测的调查研究，总结了我国钻孔灌注桩后注浆的实践经验，同时参考了国内外先进技术法规、技术标准，通过大量工程实践取得了注浆挤扩钻孔灌注桩的设计、施工、检测与监测技术参数。

注浆挤扩钻孔灌注桩具有施工工艺简单、施工设备简易、土层适应性强、施工质量可靠、施工工效高和施工成本低等优点，是一种承载性能好、材料利用率高的桩型，符合资源节约型的社会建设需要，在基础工程和地下工程中具有良好的应用前景。规程适用于各类建设工程、各种不同地层的注浆挤扩钻孔灌注桩的设计、施工、检测与监测。

为便于广大技术和管理人员在使用《注浆挤扩钻孔灌注桩技术规程》时能正确理解和执行条款规定，《注浆挤扩钻孔灌注桩技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了《注浆挤扩钻孔灌注桩技术规程》的条文说明，对条款规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项等进行了说明。本条文说明不具备与标准正文及附录同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

**目 次**

1 总则………………………………………………………………………………46

2 术语和符号………………………………………………………………………47

 2.1术语…………………………………………………………………………47

3 基本规定…………………………………………………………………………48

4 材料………………………………………………………………………………49

5 设计………………………………………………………………………………50

5.1 一般规定……………………………………………………………………50

5.2 基桩构造……………………………………………………………………50

5.3 单桩抗压桩承载力…………………………………………………………50

5.4 单桩抗拔桩承载力…………………………………………………………51

6 施工………………………………………………………………………………56

6.1 一般规定……………………………………………………………………56

6.3 注浆挤扩钻孔灌注桩………………………………………………………56

6.4 注浆挤扩钢管混凝土桩……………………………………………………56

6.6 注浆挤扩施工………………………………………………………………57

7 检验与验收………………………………………………………………………58

7.2 质量检验……………………………………………………………………58

**1 总则**

**1.0.2** 本条明确了注浆挤扩桩适用的范围。根据技术特点和工程经验，注浆挤扩桩目前适用于建筑、市政、公路和铁路工程。港口、水利和电力工程等其它行业应用注浆挤扩桩时，可参照本规程，但尚应符合现行国家、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** 本条所述注浆挤扩工艺属于闭式注浆，根据束浆袋（囊）安装位置分为桩侧注浆挤扩和桩端注浆挤扩。桩侧注浆挤扩能够显著提高桩侧阻力，桩端注浆挤扩能够显著提高桩端阻力。

**2.1.2** 挤扩桩基能够挤密孔壁泥皮，阻止高压水泥浆上返。因此可以将挤扩注浆与桩端开式注浆相结合，即先进行挤扩注浆，挤密孔壁泥皮，然后进行桩端开式注浆，高压水泥浆在挤扩段约束下渗入桩端附近土层，显著改善注浆加固效果。

**3 基本规定**

**3.0.1** 本条明确了注浆挤扩桩适用的场地。注浆挤扩桩是通过注浆挤扩在桩土之间产生较高相互作用力，从而达到提高桩基承载力的目的，因此要求挤扩段（端）附近土层力学性质较好，具有较低的压缩性和较高的强度，挤扩段应处于中～低压缩性的黏性土层、中密～密实的粉性土层、砂类土层或碎石土层（包括全风化、强风化岩）的场地。

**4 材料**

**4.0.2** 中空式钢板胶囊构造如图4.0.2所示，主要由钢板、胶囊和注浆管组成。目前桩端注浆挤扩用中空式钢板胶囊主要采用钢板和橡胶制作，也可采用同等强度的塑料板代替钢板，高强度化学纤维帆布束浆袋代替橡胶胶囊。



图4.0.2 中空式钢板胶囊构造图

1—钢板；2—胶囊；3—桩端开式注浆管；4—桩端挤扩注浆管

**5 设计**

**5.1 一般规定**

**5.1.7** 注浆挤扩桩作为一种新型桩基，采用注浆挤扩技术后桩基承载力提高幅度较大，单桩极限承载力标准值原则上都要求通过单桩静载试验确定。

**5.1.9** 钻孔灌注桩混凝土强度等级一般采用C25～C45。对于注浆成型挤扩钻孔灌注桩抗压桩，为充分利用桩身强度，规定混凝土强度等级不宜低于C30。

**5.1.15** 注浆挤扩桩注浆压力一般保持在1.0MPa～5.0MPa，注浆控制以设计注浆量控制为主，注浆压力为辅。挤扩注浆一般在桩身混凝土灌注完成，混凝土达到终凝后进行。

**5.2基桩构造**

**5.2.2** 本条对注浆挤扩钢管桩的基本尺寸及构造进行了规定。

 **2** 成孔直径应比桩身设计有效直径大150mm，主要是确保外包束浆袋的钢管桩与孔壁之间存在足够空隙，以便钢管桩顺利下放。

**5.2.4** 本条对桩侧注浆挤扩钻孔灌注桩的基本尺寸及构造进行了规定。在挤扩段，成孔直径应比桩身设计有效直径大150mm，主要是确保外包束浆袋的钢筋笼底笼与孔壁之间存在足够空隙，以便钢筋笼顺利下放。

**5.3 单桩抗压承载力**

**5.3.2** 桩侧注浆挤扩桩单桩抗压承载力估算公式参照《建筑桩基技术规范》JGJ 94后注浆灌注桩单桩竖向极限承载力计算公式。鉴于注浆挤扩桩作为抗压桩的工程经验还比较少，因此挤扩段侧阻力增强系数参照《建筑桩基技术规范》JGJ 94表5.3.10，并根据工程经验进行折减取值。

注浆挤扩桩作为抗压桩时，端阻力发挥与注浆挤扩工艺密切相关。仅采用桩侧挤扩注浆时，侧阻力提高非常明显，由于桩端沉渣的存在，基桩受载时侧阻与端阻难以同时达到极限状态，桩端注浆挤扩端阻力调整系数取*βp*取0～1.0。采用桩侧挤扩与桩端开式复合注浆时，桩端沉渣得到注浆加固，基桩受载时侧阻与端阻能够同时达到极限状态，端阻力调整系数可按表5.3.2-3取值。

**5.3.3** 桩端注浆挤扩桩单桩抗压承载力估算公式除参照《建筑桩基技术规范》JGJ 94后注浆灌注桩单桩竖向极限承载力计算公式外，还参照了中国铁道学会标准《铁路桥梁灌注桩后压浆技术规程》（T/CRS C0702-2021）中桩侧开式+桩底闭式组合压浆单桩容许承载力计算方法。桩端复合式后注浆，包含桩端挤扩注浆和桩端开式注浆，桩端挤扩注浆是向束浆袋（胶囊）内注浆，使束浆袋（胶囊）膨胀，从而对桩底土体挤密、压实，提高桩端土体的承载力，开式注浆是通过对桩底土体的劈裂、渗透作用加固桩底土体，提高桩端土体的承载力。通过众多试验案例总结，极限端阻力参照《建筑桩基技术规范》JGJ 94中打入预制桩参数的取值是可行的，也符合复合式后注浆技术的理论基础，即vesic球形理论和梅耶霍夫理论。

**5.3.4** 注浆挤扩钢管混凝土桩采用钻孔植入方式成桩，参照行业标准《预应力混凝土管桩技术标准》JGJ/T 406第5.2.6条规定，采用钻孔植入方式施工时，成桩工艺系数取0.85。注浆挤扩钢管混凝土桩受压时，钢管套箍效应明显，桩身强度验算时应考虑钢管的有利作用，钢管混凝土短柱轴心受压承载力设计值可参照《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936进行计算。

**5.4 单桩抗拔承载力**

**5.4.1** 修改了竖向受压荷载作用效应公式。抗拔作用时，荷载作用以向上为正，桩顶竖向上拔力*Fk*作用方向向上，桩基承台和承台上土的自重*Gk*作用方向向下。

**5.4.2** 本条依据《建筑桩基技术规范》JGJ 94。

**5.4.3** 公式（5.4.3-1）的第一项考虑桩侧阻力对单桩抗拔承载力的贡献，第二项考虑桩身扩体段横截面增加产生的顶部端阻力<方向向下>对单桩抗拔承载力的贡献。在《建筑桩基技术规范》JGJ 94中，采用抗压桩侧摩阻力折减的方法确定抗拔桩侧摩阻力，引入了抗拔系数。本条的抗拔系数定义与之相同。本条土层侧摩阻力的抗拔系数是通过等径桩的数值计算确定的，即利用回归方程，获取不同状态土类的物理力学参数，并用于数值模型中，计算在不同土类条件下的抗拔桩的侧摩阻力，并与《建筑桩基技术规范》JGJ 94中泥浆护壁钻（冲）孔灌注桩的极限侧摩阻力标准值进行对比，确定折减系数。另外，通过补充*I*L=0.75条件下等径桩的数值计算，对比桩长为18m与38m的等径桩，在相同位置处，18m桩的桩侧摩阻力基本上小于38m桩的，如图5.4.3所示。因此，长径比小的桩，抗拔系数应取小值。



图5.4.3 桩长对抗拔桩侧阻力分布的影响（数值计算）

考虑到注浆挤扩对桩身侧壁的挤密加强和桩身断面扩大的双重作用，在计算单桩竖向承载力时，可对扩体段土层的侧阻力进行提高，用反映侧阻力增强作用。由于注浆挤扩桩的静载试验数据较少，因此，采用软件数值计算为主，由现场试验数据进行校核的方法确定侧阻力增强系数。通过不同土层中的注浆挤扩桩与未注浆挤扩桩的计算结果对比，求得侧阻力增强系数。计算结果显示，在颗粒粒径较大的土层中，侧阻力增强系数相对更大。

挤扩段的侧摩阻力增强系数是相对于同位置处的无挤扩等径桩侧摩阻力的比值。另外，根据数值计算结果，以38m桩长（挤扩段长度为10m）为例，在0m～20m深度范围内，挤扩桩的非挤扩段的桩侧摩阻力与等直径桩的大致相同，随着深度的增加，在20m～28m深度内，非挤扩段的桩侧摩阻力开始大于等径桩的侧摩阻力，但由于考虑增强系数的非挤扩段长度较小，其对总侧摩阻力增量的贡献并不大，因此忽略此部分侧摩阻力的提高（偏于安全），即对无扩体段，增强系数*β*s*i*取1.0。

非挤扩桩抗拔时不存在端阻力，而注浆挤扩桩由于扩体段断面扩大，抗拔时应考虑扩体段顶部端阻力的贡献，用扩体段端阻力抗拔增强系数*λp*来反映注浆挤扩效应对顶部土的端阻力的增强影响。由不同深度下的注浆挤扩桩端阻力数值解与表5.4.3-1中的端阻力标准值对比可求得*λp*，约为1.0～1.5；而且，同一土层中，扩体段埋深越大，端阻力增强系数值越大。

另外，考虑到注浆挤扩的尺寸及其引起的物理力学作用在土层中亦有差距，将注浆挤扩尺寸作为自变量，研究了扩体段顶部端阻力随扩体尺寸的变化规律。数值计算结果表明，注浆挤扩长度对承载力影响不大，但注浆挤扩半径的影响较大，且随着挤扩半径的增大，单位面积上的端阻力会降低，因此，对公式（5.4.3-1）右侧第二项的扩体段贡献尺寸做了限定，即当扩体段直径大于2.5倍无扩体段直径时，取2.5。

表5.4.3为部分工程中采用的注浆挤扩桩抗拔极限承载力的试验数据和采用本条方法和建议参数取值的计算结果。计算表明，除了个别注明的特殊试桩情况，基于本条计算得到的挤扩桩抗拔极限承载力的上限值大体上小于或接近工程实测值，计算平均值均小于试桩实测值，说明采用本条提供的计算方法和建议参数取值合理。

**5.4.4** 本条明确了注浆挤扩桩钻孔灌注桩灌注桩和钢管桩桩桩身截面强度验算要求。对于注浆挤扩钢管桩，如果需要接桩，还应验算焊接接头强度。

表5.4.3 注浆挤扩桩抗拔极限承载力试验数据

| 项目名称及试桩号 | 桩长（m） | 直径（mm） | 桩身构造（挤扩注浆段长度和直径） | 抗拔极限承载力试验值（kN) | 对应上拔量（mm） | 注浆挤扩桩 | 非挤扩桩 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 抗拔极限承载力计算值（kN） | 抗拔极限承载力计算值（平均）（kN） | 抗拔极限承载力计算值（kN） | 抗拔极限承载力计算值（平均）（kN） |
| 上海徐汇滨江项目NTP1-3’-1 | 38 | 350 | 扩体段长度10m，直径700mm | 1750 | 100.54 | 1444～2366 | 1905 | 927～1494 | 1211 |
| 上海徐汇滨江项目NTP1-3’-2 | 38 | 350 | 扩体段长度10m，直径700mm | 2960 | 100.47 | 1383～2289 | 1836 | 867～1417 | 1142 |
| 上海徐汇滨江项目NTP1-3’-3 | 38 | 350 | 扩体段长度10m，直径700mm | 2800 | 102.23 | 1441～2360 | 1900 | 925～1488 | 1206 |
| 上海徐汇滨江项目NTP1-3’-4 | 38 | 350 | 扩体段长度10m，直径700mm | 3200 | 37.36 | 1441～2360 | 1900 | 925～1488 | 1206 |
| 嘉兴桐乡世御酒店KB-6# | 51.5 | 700 | 扩体段长度7m，直径900mm | 4750 | 28.10 | 3006～4944 | 3975 | 2526～4186 | 3356 |
| 嘉兴桐乡世御酒店KB-5# | 52.9 | 700 | 扩体段长度7m，直径900mm | 3000 | -1.93 | 2937～4847 | 3892 | 2457～4089 | 3273 |
| 嘉兴桐乡世御酒店KB-4# | 52.8 | 700 | 扩体段长度7m，直径900mm | 4500 | 32.30 | 2937～4847 | 3892 | 2457～4089 | 3273 |
| 温州站南项目试10# | 47 | 700 | 扩体段长度7m，直径900mm | 3420 | 62.09 | 2391～4059 | 3225 | 1830～3172 | 2501 |
| 温州站南项目试9# | 47 | 700 | 扩体段长度7m，直径900mm | 4560 | 75.69 | 2534～4256 | 3395 | 1973～3368 | 2671 |
| 温州站南项目试8# | 47 | 700 | 扩体段长度7m，直径900mm | 4700 | 82.02 | 2712～4425 | 3569 | 2151～3538 | 2845 |
| 温州站南项目S-4 | 45 | 700 | 扩体段长度7m，直径900mm | 4000 | 6.77 | 2482～4130 | 3305 | 1921～3242 | 2582 |
| 温州站南项目S-5 | 45 | 700 | 扩体段长度7m，直径900mm | 4000 | 11.43 | 2282～3871 | 3076 | 1721～2983 | 2352 |
| 温州站南项目S-6 | 45 | 700 | 扩体段长度7m，直径900mm | 4000 | 10.27 | 2212～3801 | 3006 | 1651～2913 | 2282 |

续表5.4.3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 深圳坪山世茂中心ZJSZ1 | 18 | 800 | 扩体段长度6m，直径1000mm | 6000 | 43.01 | 2209～4153 | 3181 | 1484～2689 | 2086 |
| 深圳坪山世茂中心ZJSZ2 | 18 | 800 | 扩体段长度6m，直径1000mm | 5200 | 6.44 | 2540～4670 | 3605 | 1700～3249 | 2475 |
| 深圳坪山世茂中心ZJSZ3 | 18 | 800 | 扩体段长度6m，直径1000mm | 4800 | 9.25 | 2426～4713 | 3569 | 1814～3206 | 2510 |

注：

1. 上海徐汇滨江项目桩号NTP1-3’-1的试桩，加载至2000kN时，总上拔量到达100mm以上，试验中止。
2. 嘉兴桐乡世御酒店项目桩号KB-5#的试桩，由于地基土未换填塘渣，支座不稳定，导致千斤顶加载时量程达到极限，终止加载，最终加载值为3500kN，但桩承载力未达到极限。
3. 温州站南项目桩号试10#的试桩，加载至3420kN时，上拔量无法达到稳定标准，单级上拔量超过设计要求，停止加载。

**6 施工**

**6.1 一般规定**

**6.1.4** 注浆施工质量影响注浆挤扩桩承载性能改善效果，因此宜采用智能化机械设备对注浆等重要施工过程进行监控，确保注浆施工满足设计和行业标准相关要求。

**6.3 注浆挤扩钻孔灌注桩**

**6.3.2** 本条对桩侧注浆挤扩钻孔灌注桩施工管控作出规定。

**3** 多台钻机同时施工时，为避免互相影响，在成孔阶段及挤扩注浆阶段均须保证相邻桩孔施工时有足够的安全距离或间隔时间，防止成孔及注浆挤扩造成相邻桩孔缩径、塌孔、串孔等；

**7** 钢筋笼下放时应排空束浆袋内的空气，袋身均匀分散收束，一是便于钢筋笼能顺利下放到孔底；二是避免束浆袋剐蹭孔壁，造成束浆袋破损；三是注浆浆液能够均匀挤扩，确保注浆挤扩成型质量；

**15** 桩身混凝土灌注完成且养护24h后，混凝土硬化且具有一定强度，方可进行注浆挤扩施工，主要是避免注浆挤扩损坏桩身混凝土。

**6.3.4**本条对桩端注浆挤扩钻孔灌注桩施工管控做出规定。

**2** 中空式钢板胶囊应坐落在孔底，主要是确保中空式钢板胶囊与孔底紧密接触，提高桩端注浆挤扩效果。如果中空式钢板胶囊悬空，则在混凝土灌注时，中空式钢板胶囊与孔底之间将淤积沉渣，影响桩端注浆挤扩效果。

**6.3.5** 注浆挤扩能够将孔壁泥皮挤密强化，因此采用注浆挤扩桩联合桩端开式注浆工艺时，应按照先挤扩注浆、后桩端开式注浆的流程进行施工。挤扩注浆挤密强化孔壁泥皮后，封闭浆液上返通道，之后进行桩端开式注浆，有利于浆液向桩端附近土层渗透，提高桩端开式注浆加固效果。

**6.4 注浆挤扩钢管混凝土桩**

**6.4.3** 本条对注浆挤扩钢管混凝土桩施工管控做出规定：

**3** 泥浆置换应自下而上进行，尽可能将孔底附近泥浆置换出来。而且，为保证泥浆置换质量，应采用水胶比小的浓浆。置换泥浆所用水泥浆体量应确保水泥浆液充满孔壁与桩身间隙；

**4** 钢管内混凝土应尽可能在地面灌注，以保证施工质量、提高施工效率。当钢管长度大于25m时需要分节吊放，首节钢管混凝土应在地面灌注，剩余混凝土待钢管吊放到位后灌注；

**10** 钢管混凝土桩多作为抗拔桩，因此钢管焊接质量要求高。钢管焊接完成后，应按照现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205和行业标准《建筑钢结构焊接技术规程》JGJ 81的规定，每个接头除应按表6.4.3进行外观检查外，还应按接头总数的5%进行超声或2%进行X射线拍片检查，对于同一工程，探伤抽样检验不得少于3个接头。

**6.6 注浆挤扩施工**

**6.6.3** 本条对注浆挤扩施工管控做出规定：

**3** 注浆挤扩中注浆器受到束浆袋（囊）保护，避免了被混凝土包裹难以开塞的风险。因此，注浆条件具备后，应直接注入水泥浆，不得采用清水开塞；否则清水进入束浆袋（囊）中无法排出，影响注浆挤扩效果；

**4** 挤扩注浆时严禁多根桩共用一个储浆桶（池），主要是防止注浆量计量不准确，影响挤扩注浆效果。如果注浆泵上安装有独立的注浆量计量装置，则多根桩挤扩注浆可以共用一个储浆桶（池）。

**5** 注浆量对注浆挤扩效果影响显著，因此挤扩注浆应以注浆量控制为主，注浆压力控制为辅。挤扩注浆施工中，一定要采取措施确保完成设计的注浆量。

**7 检验与验收**

**7.2 质量检验**

**7.2.1** 本条明确了材料进场检查要求。

**4** 束浆袋（囊）制作质量事关注浆挤扩效果，因此严格检查其原材料质量、制作质量以及尺寸规格，确保束浆袋（囊）完整无损，尺寸规格符合设计要求。

**7.2.4** 注浆挤扩钢管桩多作为抗拔桩，承受较大轴向拉力，对钢管焊接质量要求高，因此应通过超声波或X射线检查钢管焊接质量。