

建筑施工特种作业人员培训教材

桩机操作工

本书编委会 组织编写

中国建筑工业出版社

建筑施工特种作业人员培训教材

桩机操作工

本书编委会 组织编写

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

桩机操作工/《桩机操作工》编委会组织编写. —北京:
中国建筑业出版社, 2017. 2
建筑施工特种作业人员培训教材
ISBN 978-7-112-20211-9

I. ①桩… II. ①桩… III. ①桩基础-工程施工-技
术培训-教材 IV. ①TU473. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 004432 号

本书是建筑施工特种作业人员培训教材之一, 内容包括: 基础知识、桩的基本知识、预制桩施工、混凝土灌注桩施工、桩基检测概述和桩基施工安全技术管理。

本书是建筑施工特种作业人员考核培训必备教材, 也可供相关人员自学。

责任编辑: 朱首明 李 明 李 阳 赵云波

责任设计: 李志立

责任校对: 焦 乐 李欣慰

建筑施工特种作业人员培训教材 桩机操作工

本书编委会 组织编写

*

中国建筑业出版社出版、发行 (北京海淀三里河路 9 号)

各地新华书店、建筑书店经销

北京科地亚盟排版公司制版

廊坊市海涛印刷有限公司印刷

*

开本: 850×1168 毫米 1/32 印张: 6½ 字数: 167 千字

2017 年 4 月第一版 2017 年 4 月第一次印刷

定价: 19.00 元

ISBN 978-7-112-20211-9

(29689)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

建筑施工特种作业人员培训教材

编审委员会

主 任：阚咏梅

副主任：艾伟杰

委 员：（按姓氏笔画排序）

于 亮 王立志 王传利 孙 石

冯敬毅 刘 怡 肖 硕 邹德勇

周友龙 郭 瑞 曹安民

前 言

桩基础是工业与民用建筑工程一种常用的基础形式，是深基础的一种，根据材料、受力和施工工艺不同有多种类型。建筑工程桩基础不论采用何种类型的桩，其施工的过程都离不开操作工人，桩机操作工的技能水平直接影响到桩基础的施工质量。为提高建筑施工特种作业人员的素质，防止和减少建筑施工生产安全事故，通过安全技术理论知识和安全操作技能的学习，提高特种作业人员的操作技能和水平，为建筑行业培养高素质的技能型人才，根据建设行业的标准和规范，总结多年来的桩基施工经验编写本教材。

本教材共分为六章，主要内容有：桩基操作工基础知识、桩的基本知识、预制桩施工、混凝土灌注桩施工、桩基检测概述及桩基施工安全技术管理。

本教材注重突出特种作业教材的实用性及桩基操作工的技术操作指导性，对本工种所需的基本知识、专业知识和相关技能知识都进行了适当的编写，尽量做到图文结合、简明扼要、通俗易懂，是当前职工技能鉴定和考核的培训教材，适合建筑工人自学使用，也可供中高职院校学生参考使用。

本教材由王立志、于亮、艾伟杰主编，由于本教材所涉及的知识面较广，编写时间较为仓促，不足之处在所难免，恳请各位同行及广大读者批评指正。同时在编写过程中，参考了大量相关资料，在此对相关作者表示衷心感谢。

目 录

一、桩基操作工基础知识	1
(一) 钢筋混凝土基础知识	1
(二) 土的分类和性质	8
二、桩的基本知识	12
(一) 桩的概念	12
(二) 桩的分类	14
(三) 桩的布置	19
三、预制桩施工	21
(一) 混凝土预制桩	21
(二) 先张法预应力离心管桩	36
(三) 钢桩	43
四、混凝土灌注桩施工	61
(一) 基本规定	61
(二) 泥浆护壁成孔灌注桩施工及机械设备	66
(三) 沉管灌注桩和内夯灌注桩施工及机械设备	90
(四) 干作业成孔灌注桩施工及机械设备	105
(五) 质量控制与检验	117
(六) 搅拌桩施工	123
(七) 微型桩的构造与施工工艺	125
(八) 施工常见问题与处理对策	131
五、桩基检测概述	141
(一) 桩基的检测目的及常用方法	141
(二) 桩检测的主要内容	143

六、桩基施工安全技术管理	146
(一) 桩基施工安全技术操作规程	146
(二) 人工挖孔桩施工的安全	158
(三) 桩基施工安全应急预案	165
(四) 安全专项施工方案	174
参考文献	200

一、桩基操作工基础知识

(一) 钢筋混凝土基础知识

1. 钢材

(1) 常用的建筑钢材

1) 钢结构用钢

钢结构用钢主要有型钢、钢板和钢索等，其中型钢是钢结构中采用的主要钢材。型钢又分热轧型钢和冷弯薄壁型钢，常用热轧型钢主要有工字钢、H型钢、T型钢、槽钢、等边角钢、不等边角钢等。薄壁型钢是用薄钢板经模压或冷弯而制成，其截面形式多样，壁厚一般为 $1.5 \sim 5\text{mm}$ ，能充分利用钢材的强度，节约钢材。薄壁轻型钢结构中主要采用薄壁型钢、圆钢和小角钢。

钢板材包括钢板、花纹钢板、建筑用压型钢板和彩色涂层钢板等。钢板规格表示方法为宽度 $\times$ 厚度 $\times$ 长度（单位为mm）。钢板分厚板（厚度 $>4\text{mm}$ ）和薄板（厚度 $\leq 4\text{mm}$ ）两种。厚板主要用于结构，薄板主要用于屋面板、楼板和墙板等。在钢结构中，单块钢板一般较少使用，而是用几块板组合成工字形、箱形等结构形式来承受荷载。

2) 钢筋混凝土结构用钢

钢筋混凝土结构用钢主要品种有热轧钢筋、预应力混凝土用热处理钢筋、预应力混凝土用钢丝和钢绞线等。热轧钢筋是建筑工程中用量最大的钢材品种之一，主要用于钢筋混凝土结构和预应力钢筋混凝土结构的配筋。目前我国常用的热轧钢筋

品种及强度特征值见表 1-1。

常用热轧钢筋的品种及强度特征值 表 1-1

表面形状	牌号	常用符号	屈服强度 R_{el} (MPa)	抗拉强度 R_m (MPa)
			不小于 $\geq$	不小于 $\geq$
光圆	HPB300	ϕ	300	420
带肋	HRB335	Φ	335	455
	HRBF335	—		
	HRB400	Φ	400	540
	HRBF400	—		
	HRB500 HRBF500	—	500	630

注：热轧带肋钢筋牌号中，HRB 属于普通热轧钢筋，HRBF 属于细晶粒热轧钢筋。

热轧光圆钢筋强度较低，与混凝土的黏结强度也较低，主要用作板的受力钢筋、箍筋以及构造钢筋。热轧带肋钢筋与混凝土之间的握裹力大，共同工作性能较好，是钢筋混凝土采用的主要受力钢筋。

国家标准规定，有较高要求的抗震结构适用的钢筋牌号为在表 1-1 中已有带肋钢筋牌号后加 E（例如：HRB400E、HRBF400E）的钢筋。该类钢筋除应满足以下（1）、（2）、（3）的要求外，其他要求与相对应的已有牌号钢筋相同。

- ① 钢筋实测抗拉强度与实测屈服强度之比不小于 1.25。
- ② 钢筋实测屈服强度与规范规定的屈服强度特征值之比不大于 1.30。
- ③ 钢筋的最大力总伸长率不小于 9%。

(2) 建筑钢材的力学性能

钢材的主要性能包括力学性能和工艺性能。其中，力学性能是钢材最重要的使用性能，包括拉伸性能、冲击性能、疲劳性能等。工艺性能表示钢材在各种加工过程中的行为，包括弯曲性能和焊接性能等。

1) 拉伸性能

建筑钢材拉伸性能的指标包括屈服强度、抗拉强度和伸长率。屈服强度是结构设计中钢材强度的取值依据。抗拉强度与屈服强度之比（强屈比）是评价钢材使用可靠性的一个参数。强屈比愈大，钢材受力超过屈服点工作时的可靠性越大，安全性越高；但强屈比太大，钢材强度利用率偏低，浪费材料。

钢材在受力破坏前具备永久变形的性能，称为塑性。在工程应用中，钢材的塑性指标通常用伸长率表示。伸长率是钢材发生断裂时所能承受永久变形的能力。伸长率越大，说明钢材的塑性越大。试件拉断后标距长度的增量占原标距长度的百分比即为断后伸长率。对常用的热轧钢筋而言，还有一个最大力总伸长率的指标要求。

2) 冲击性能

冲击性能是指钢材抵抗冲击荷载的能力。钢的化学成分及冶炼、加工质量都对冲击性能有显著影响。除此以外，钢的冲击性能受温度的影响较大，冲击性能随温度的下降而减小；当降到一定温度范围时，冲击值急剧下降，从而使钢材出现脆性断裂，这种性质称为钢的冷脆性，这时的温度称为脆性临界温度。脆性临界温度的数值愈低，钢材的低温冲击性能愈好。所以，在负温下使用的结构，应选用脆性临界温度较使用温度更低的钢材。

3) 疲劳性能

受交变荷载反复作用时，钢材在应力远低于其屈服强度的情况下，突然发生脆性断裂破坏的现象，称为疲劳破坏。疲劳破坏是在低应力状态下突然发生的，所以危害极大，往往造成灾难性的事故。钢材的疲劳极限与其抗拉强度有关，一般抗拉强度高，其疲劳极限也较高。

2. 混凝土

普通混凝土（以下简称混凝土）一般是由水泥、砂、石和

水所组成。为改善混凝土的某些性能，还常加入适量的外加剂和掺合料。

(1) 混凝土的技术性能

1) 混凝土拌合物的和易性

和易性是指混凝土拌合物易于施工操作（搅拌、运输、浇筑、捣实）并能获得质量均匀、成型密实的性能，又称工作性。和易性是一项综合的技术性质，包括流动性、黏聚性和保水性等三方面的含义。

用坍落度试验来测定混凝土拌合物的坍落度或坍落扩展度，作为流动性指标，坍落度或坍落扩展度愈大表示流动性愈大。对坍落度值小于 10mm 的干硬性混凝土拌合物，则用维勃稠度试验测定其稠度作为流动性指标，稠度值愈大表示流动性愈小。混凝土拌合物的黏聚性和保水性主要通过目测结合经验进行评定。

影响混凝土拌合物和易性的主要因素包括单位体积用水量、砂率、组成材料的性质、时间和温度等。单位体积用水量决定水泥浆的数量和稠度，它是影响混凝土和易性的最主要因素。砂率是指混凝土中砂的质量占砂、石总质量的百分率。组成材料的性质包括水泥的需水量和泌水性、骨料的特性、外加剂和掺合料的特性等几方面。

2) 混凝土的强度

① 混凝土立方体抗压强度

按国家标准《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081—2002，制作边长为 150mm 的立方体试件，在标准条件（温度 $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 95% 以上）下，养护到 28d 龄期，测得的抗压强度值为混凝土立方体试件抗压强度，以 f_{cu} 表示，单位为 N/mm^2 或 MPa 。

② 混凝土立方体抗压标准强度与强度等级

混凝土立方体抗压标准强度（或称立方体抗压强度标准值）是指按标准方法制作和养护的边长为 150mm 的立方体试件，在

28d 龄期，用标准试验方法测得的抗压强度总体分布中具有不低于 95% 保证率的抗压强度值，以 $f_{cu,k}$ 表示。

混凝土强度等级是按混凝土立方体抗压标准强度来划分的，采用符号 C 与立方体抗压强度标准值（单位为 MPa）表示。普通混凝土划分为 C15、C20、C25、C30、C35、C40、C45、C50、C55、C60、C65、C70、C75 和 C80 共 14 个等级，C30 即表示混凝土立方体抗压强度标准值 $30\text{MPa} \leq f_{cu,k} < 35\text{MPa}$ 。混凝土强度等级是混凝土结构设计、施工质量控制和工程验收的重要依据。

③ 混凝土的轴心抗压强度

轴心抗压强度的测定采用 $150\text{mm} \times 150\text{mm} \times 300\text{mm}$ 棱柱体作为标准试件。试验表明，在立方体抗压强度 $f_{cu} = 10 \sim 55\text{MPa}$ 的范围内，轴心抗压强度 $f_c = (0.70 \sim 0.80)f_{cu}$ 。

结构设计中，混凝土受压构件的计算采用混凝土的轴心抗压强度，更加符合工程实际。

④ 混凝土的抗拉强度

混凝土抗拉强度只有抗压强度的 $1/20 \sim 1/10$ ，且随着混凝土强度等级的提高，比值有所降低。在结构设计中抗拉强度是确定混凝土抗裂度的重要指标，有时也用它来间接衡量混凝土与钢筋的黏结强度。我国采用立方体的劈裂抗拉试验来测定混凝土的劈裂抗拉强度 f_{ts} ，并可换算得到混凝土的轴心抗拉强度 f_t 。

⑤ 影响混凝土强度的因素

影响混凝土强度的因素主要有原材料及生产工艺方面的因素。原材料方面的因素包括：水泥强度与水灰比，骨料的种类、质量和数量，外加剂和掺合料；生产工艺方面的因素包括：搅拌与振捣，养护的温度和湿度，龄期。

3) 混凝土的耐久性

混凝土的耐久性是指混凝土抵抗环境介质作用并长期保持其良好的使用性能和外观完整性的能力。它是一个综合性概念，

包括抗渗、抗冻、抗侵蚀、碳化、碱骨料反应及混凝土中的钢筋锈蚀等性能，这些性能均决定着混凝土经久耐用的程度，故称为耐久性。

① 抗渗性。混凝土的抗渗性直接影响到混凝土的抗冻性和抗侵蚀性。混凝土的抗渗性用抗渗等级表示，分 P4、P6、P8、P10、P12 共 5 个等级。混凝土的抗渗性主要与其密实度及内部孔隙的大小和构造有关。

② 抗冻性。混凝土的抗冻性用抗冻等级表示，分 F10、F15、F25、F50、F100、F150、F200、F250 和 F300 共 9 个等级。抗冻等级 F50 以上的混凝土简称抗冻混凝土。

③ 抗侵蚀性。当混凝土所处环境中含有侵蚀性介质时，要求混凝土具有抗侵蚀能力。侵蚀性介质包括软水、硫酸盐、镁盐、碳酸盐、一般酸、强碱、海水等。

④ 混凝土的碳化（中性化）。混凝土的碳化是环境中的二氧化碳与水泥石中的氢氧化钙作用，生成碳酸钙和水。碳化使混凝土的碱度降低，削弱混凝土对钢筋的保护作用，可能导致钢筋锈蚀；碳化显著增加混凝土的收缩，使混凝土抗压强度增大，但可能产生细微裂缝，而使混凝土抗拉强度、抗折强度降低。

⑤ 碱骨料反应。碱骨料反应是指水泥中的碱性氧化物含量较高时，会与骨料中所含的活性二氧化硅发生化学反应，并在骨料表面生成碱-硅酸凝胶，吸水后会产生较大的体积膨胀，导致混凝土胀裂的现象。

(2) 混凝土外加剂、掺合料的种类与应用

1) 外加剂的分类

混凝土外加剂种类繁多，功能多样，可按其主要使用功能分为以下四类：

① 改善混凝土拌合物流变性能的外加剂。包括各种减水剂、引气剂和泵送剂等。

② 调节混凝土凝结时间、硬化性能的外加剂。包括缓凝剂、早强剂和速凝剂等。

③ 改善混凝土耐久性的外加剂。包括引气剂、防水剂和阻锈剂等。

④ 改善混凝土其他性能的外加剂。包括膨胀剂、防冻剂、着色剂、防水剂和泵送剂等。

2) 外加剂的应用

目前建筑工程中应用较多和较成熟的外加剂有减水剂、早强剂、缓凝剂、引气剂、膨胀剂、防冻剂等。

① 混凝土中掺入减水剂，若不减少拌合用水量，能显著提高拌合物的流动性；当减水而不减少水泥时，可提高混凝土强度；若减水的同时适当减少水泥用量，则可节约水泥。同时，混凝土的耐久性也能得到显著改善。

② 早强剂可加速混凝土硬化和早期强度发展，缩短养护周期，加快施工进度，提高模板周转率。多用于冬期施工或紧急抢修工程。

③ 缓凝剂主要用于高温季节混凝土、大体积混凝土、泵送与滑模方法施工以及远距离运输的商品混凝土等，不宜用于日最低气温 5°C 以下施工的混凝土，也不宜用于有早强要求的混凝土和蒸汽养护的混凝土。缓凝剂的水泥品种适应性十分明显，不同品种水泥的缓凝效果不相同，甚至会出现相反的效果。因此，使用前必须进行试验，检测其缓凝效果。

④ 引气剂是在搅拌混凝土过程中能引入大量均匀分布、稳定而封闭的微小气泡的外加剂。引气剂可改善混凝土拌合物的和易性，减少泌水离析，并能提高混凝土的抗渗性和抗冻性。同时，含气量的增加，混凝土弹性模量降低，对提高混凝土的抗裂性有利。由于大量微气泡的存在，混凝土的抗压强度会有所降低。引气剂适用于抗冻、防渗、抗硫酸盐、泌水严重的混凝土等。

3) 混凝土掺合料

在混凝土拌合物制备时，为了节约水泥、改善混凝土性能、调节混凝土强度等级而加入的天然的或者人工的能改善混凝土

性能的粉状矿物质，统称为混凝土掺合料。

用于混凝土中的掺合料可分为活性矿物掺合料和非活性矿物掺合料两大类。非活性矿物掺合料一般与水泥组分不起化学作用，或化学作用很小，如磨细石英砂、石灰石、硬矿渣之类材料。活性矿物掺合料虽然本身不水化或水化速度很慢，但能与水泥水化生成的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 反应，生成具有水硬性的胶凝材料。如粒化高炉矿渣，火山灰质材料、粉煤灰、硅灰等。

通常使用的掺合料多为活性矿物掺合料。在掺有减水剂的情况下，能增加新拌混凝土的流动性、黏聚性、保水性、改善混凝土的可泵性。并能提高硬化混凝土的强度和耐久性。常用的混凝土掺合料有粉煤灰、粒化高炉矿渣、火山灰类物质。尤其是粉煤灰、超细粒化电炉矿渣、硅灰等应用效果良好。

(二) 土的分类和性质

1. 土的分类

《建筑地基基础设计规范》GB 50007—2011 规定：作为建筑地基的岩土，可分为岩石、碎石土、砂土、粉土、黏性土和人工填土。

岩石的风化程度可分为未风化、微风化、中等风化、强风化和全风化。

碎石土为粒径大于 2mm 的颗粒含量超过全重 50% 的土。碎石土可分为漂石、块石、卵石、碎石、圆砾和角砾。

砂土为粒径大于 2mm 的颗粒含量不超过全重 50%、粒径大于 0.075mm 的颗粒超过全重 50% 的土。砂土可分为砾砂、粗砂、中砂、细砂和粉砂。

黏性土为塑性指数 I_p 大于 10 的土，可分黏土、粉质黏土。

粉土为介于砂土与黏性土之间，塑性指数 (I_p) 小于或等

于 10 且粒径大于 0.075mm 的颗粒含量不超过全重 50% 的土。

人工填土根据其组成和成因，可分为素填土、压实填土、杂填土、冲填土。素填土为由碎石土、砂土、粉土、黏性土等组成的填土。经过压实或夯实的素填土为压实填土。杂填土为含有建筑垃圾、工业废料、生活垃圾等杂物的填土。冲填土为由水力冲填泥沙形成的填土。

2. 土的工程性质

土的性质是确定地基处理方案和制定施工方案的重要依据，对土方工程的稳定性、施工方法、工程量和工程造价都有影响。下面对与施工有关的土的工程性质加以说明。

(1) 土的天然密度

土在天然状态下单位体积的质量，称为土的天然密度，用 ρ 表示，计算公式为

$$\rho = \frac{m}{V}$$

式中 m ——土的总质量 (kg、g)；

V ——土的体积 (m^3 、 cm^3)。

土的天然密度随着土的颗粒组成、孔隙的多少和水分含量而变化，不同的土，密度不同。密度越大，土越密实，强度越高，压缩变形越小，挖掘就越困难。

(2) 土的天然含水量

土的干湿程度，用含水量 w 表示，即土中所含水的质量与土的固体颗粒质量之比，用百分数表示。

$$w = \frac{m_w}{m_s} \times 100\%$$

式中 m_w ——土中水的质量 (kg)；

m_s ——土中固体颗粒的质量 (kg)。

土的含水量反映土的干湿程度。一般将含水量在 5% 以下称为干土；在 5%~30% 以内称为潮湿土；大于 30% 称为湿土。

含水量越大，土越潮湿，对施工越不利。它对挖土的难易、土方边坡的稳定性、填土的压实等均有影响，所以在制订土方施工方案、选择土方机械和决定地基处理时，均应考虑土的含水量。在一定的压实能量下，使土最容易压实，并能达到最大密实度时的含水量，称为最优含水量，相应的干密度称为最大干密度。

(3) 土的干密度

单位体积内土的固体颗粒质量与总体积的比值，称为土的干密度，用 ρ_d 表示，计算公式为

$$\rho_d = \frac{m_s}{V}$$

式中 m_s ——土的固体颗粒总质量 (kg、g)；

V ——土的总体积 (m^3 、 cm^3)。

土的干密度越大，表明土越密实，在土方填筑时，常以土的干密度控制土的夯实标准。若已知土的天然密度和含水量，可按下式求干密度

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + w}$$

干密度用于检查填土的夯实质量，在工程实践中常用环刀法和烘干法测定后计算土的天然密度、干密度和含水量。

(4) 土的可松性

天然土经开挖后，其体积因松散而增加，虽经振动夯实，仍不能完全恢复到原来的体积，这种性质称为土的可松性。

(5) 土的密实度

土的密实度是指土被固体颗粒所充实的程度，反映了土的紧密程度。同类土在不同状态下，其紧密程度也不同，密实度越大，土的承载能力越高。填土压实后，必须要达到要求的密实度，现行的《建筑地基基础设计规范》GB 50007—2011 规定以设计规定的土的压实系数 λ_c 作为控制标准。

$$\lambda_c = \frac{\rho_d}{\rho_{dmax}}$$