

前　言

PREFACE

随着全球经济和科技的飞速发展，建筑行业经历了深刻变革。装配式混凝土建筑作为建筑工业化、标准化、模块化的重要体现，已成为未来建筑发展的趋势。装配式建筑不仅响应了国家绿色建筑、节能减排的号召，还显著提高了生产效率，降低了成本，减少了环境污染，对实现中国式现代化具有重要意义。

装配式混凝土建筑通过工厂预制构件、现场组装的方式，相较于传统现浇建筑，具有效率高、成本低、污染少、质量优等优势，能够有效应对城市化进程加快、人口增长和资源紧张等挑战。国家和地方政府已出台多项政策，明确提出到 2025 年装配式建筑占新建建筑比例达到 30% 以上，为其发展提供了强有力的政策支持和技术创新动力。

然而，装配式建筑在设计、生产、施工、运维等环节仍面临综合型技术和管理人才短缺的问题。为此，本书以实际项目案例为导向，系统介绍装配式建筑全过程的重要环节，并融入思政教育，旨在培养有信仰、有理想、有担当的高素质国家建设者，助力建筑行业高质量发展。

本书共 9 章，第 1 章为装配式建筑概述；第 2 章为装配式建筑材料；第 3 章为装配式建筑识图与构件认识；第 4 章为装配式方案设计；第 5 章为装配式建筑深化设计；第 6 章为混凝土预制构件生产工艺流程；第 7 章为预制构件质量控制与检验标准；第 8 章为装配式混凝土工程的施工准备；第 9 章为装配式标准化施工。

本书具有以下特色。

1. 理论与实践结合

编写者多为企业技术、管理、研发人员，具备丰富的装配式设计、生产、施工经验；素材由企业管理人员和技术人员提供，层层筛选，确保理论与实际项目紧密结合。

内容通俗易懂。全书循序渐进、深入浅出，实践性强，易于读者学习掌握，适合装配式设计、生产、施工安装等各类人员使用。

2. 条理清晰、逻辑性强

对课程体系科学重构，章节内容合理调整，目标明确，知识体系逻辑严谨，能够达到学以致用的目的。

3. 融入思政教育

书中挖掘大量思政元素，结合教材特点，采用多种形式，实现为党育人、为国育才的目标。

本书内容详实、结构清晰，既可作为各类院校建筑相关专业教材，也适合装配式工程技术人员自学和深入研究，还可作为企业内部技术培训的参考资料，助力专业技能提升。

在编写过程中，本书借鉴和引用了相关教材、规范及学术著作等资料，在此向相关作者致以衷心感谢！由于编者水平有限，书中难免有疏漏之处，恳请广大读者批评指正。



目 录

CONTENTS

第 1 章 装配式建筑概述 001

1.1 装配式建筑的概念及特征 / 002

1.2 装配式建筑的分类及装配式混凝土建筑简介 / 003

1.3 装配式建筑的优缺点 / 005

思考与练习 / 008

第 2 章 装配式建筑材料 011

2.1 装配式建筑的连接材料 / 012

2.2 装配式建筑的辅助材料 / 019

2.3 装配式建筑的防水材料 / 020

思考与练习 / 024

第 3 章 装配式建筑识图与构件认识 027

3.1 装配式建筑工程图制图规则 / 028

3.2 装配式建筑常见构件图纸认识 / 032

思考与练习 / 042

第 4 章 装配式方案设计 045

4.1 装配式方案设计原则 / 046

4.2 装配式设计深度标准 / 046

4.3 装配式方案设计内容 / 047

4.4 装配式方案拆分设计 / 049

思考与练习 / 063

第 5 章 装配式建筑深化设计 065

5.1 叠合板深化设计 / 066

5.2 梁柱深化设计 / 070

5.3 楼梯设计 / 076

5.4 机电各专业深化协同设计 / 078

5.5 深化施工图出图 / 083
思考与练习 / 087

第 6 章 混凝土预制构件生产工艺流程 089
6.1 模具设计 / 090
6.2 PC 构件生产工艺流程 / 095
6.3 PC 构件生产工艺要点 / 111
6.4 PC 构件生产组织 / 123
6.5 PC 构件生产优化 / 135
思考与练习 / 137

第 7 章 预制构件质量控制与检验标准 139
7.1 材料质量控制 / 140
7.2 生产质量控制 / 146
7.3 PC 构件质量验收 / 155
思考与练习 / 166

第 8 章 装配式混凝土工程的施工准备 169
8.1 施工准备工作概况 / 170
8.2 施工管理组织工作 / 171
8.3 技术策划与准备工作 / 175
8.4 施工物资准备工作 / 187
思考与练习 / 196

第 9 章 装配式标准化施工 197
9.1 施工作业前准备 / 198
9.2 标准化施工 / 205
思考与练习 / 237

参考文献 239

第 2 章
装配式建筑材料

内容概述

装配式建筑所用材料多数与传统建筑材料相同，本章重点介绍装配式建筑的专用材料和装配式建筑应用常规材料时的要求与注意事项。鉴于国内的装配式混凝土结构体系与工程使用功能的关联性较强，为了有针对性的教学，本章课程内容主要以“装配式混凝土结构”为背景进行讲解。

学习目标

（1）了解装配式辅助材料和防水材料。

（2）熟悉装配式建筑结构主要材料。

（3）掌握装配式建筑连接材料。

2.1 装配式建筑连接材料

PC 结构连接材料包括钢筋连接用灌浆套筒、注胶套筒、机械套筒、套筒灌浆料、浆锚孔波纹管、浆锚搭接灌浆料、浆锚孔螺旋筋、灌浆导管、灌浆孔塞、灌浆堵缝材料、夹芯保温构件连接件和钢筋锚固板。除机械套筒和钢筋锚固板在混凝土结构建筑中也有应用外，其余材料都是装配式建筑的专用材料。

2.1.1 灌浆套筒

1. 灌浆套筒含义

灌浆套筒，又称“灌浆套筒接头”或“套筒灌浆接头”，是由专门加工的套筒、配套灌浆料和钢筋组装的组合体。在连接钢筋时，通过注入快硬无收缩灌浆料，依靠材料之间的黏结咬合作用连接钢筋与套筒。它设置有灌浆孔和出浆孔。灌浆孔是用于加注灌浆料的入料口；出浆孔则用于加注灌浆料时通气，并将注满后多余灌浆料溢出。

2. 灌浆套筒分类

灌浆套筒通过向金属套筒内注入高强水泥基灌浆料，实现钢筋的对接连接，是装配式混凝土结构中最主要的钢筋连接方式。按受力性能分类为如下。

（1）全灌浆套筒。

①特征：套筒全长内腔均为灌浆腔，两端钢筋均通过灌浆料握裹实现传力。

②受力机理：主要依靠灌浆料与钢筋表面的凹凸肋产生的粘结锚固力传递拉力与压力。

③应用：适用于所有竖向和水平构件的钢筋连接。

④主要组成：全灌浆套筒接头两端均采用灌浆方式连接钢筋，适用于竖向构件（墙、柱）和横向构件（梁）的钢筋连接，如图 2.1 所示。

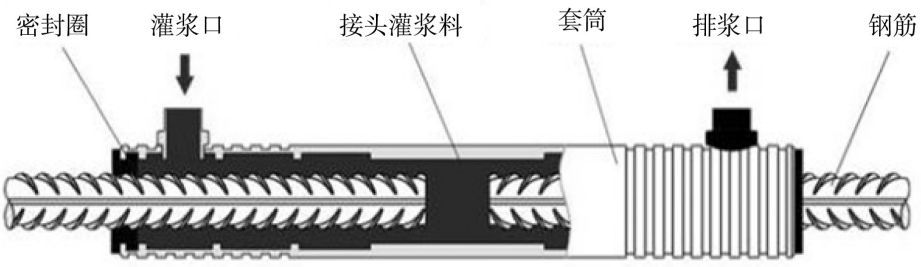


图 2.1　全灌浆套筒结构图

（2）半灌浆套筒 .

①特征：套筒一端为灌浆腔，另一端采用机械连接方式（如直螺纹、锥螺纹）。

②受力机理。

灌浆端：依靠灌浆料与钢筋的粘结锚固力。

机械端：依靠螺纹的机械咬合力。

应用：同样适用于各类构件。其机械端连接速度快，但套筒制造成本通常高于全灌浆套筒。

③主要组成：半灌浆套筒接头一端采用灌浆方式连接，另一端采用非灌浆方式（通常采用螺纹连接）连接钢筋，主要适用于竖向构件（墙、柱）的连接，如图 2.2 所示。

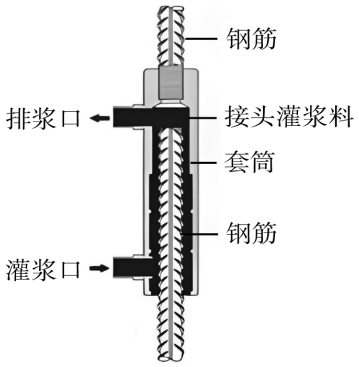


图 2.2　半灌浆套筒结构图

3. 灌浆套筒优点

套筒灌浆接头具有性能可靠、适用性广、安装简便等优点。钢筋套筒灌浆连接技术是一项十分成熟的技术。

4. 灌浆套筒的基本原理

灌浆套筒的基本原理是在金属套筒内灌注水泥基浆料，将钢筋对接连接形成机械连接接头。具体过程为：将带肋钢筋插入套筒内，向套筒内灌注无收缩或微膨胀的水泥基灌浆料，灌浆料充满套筒与钢筋之间的间隙。待灌浆料硬化后，与钢筋的横肋和套筒内壁凹槽或凸肋紧密啮合，从而有效传递钢筋连接后所受的外力。

（1）灌浆套筒及套筒灌浆料。

灌浆套筒，指通过水泥基灌浆料的传力作用将钢筋对连接所用的金属套管，通常采用铸造工艺或机械加工工艺制造。灌浆套筒是装配式建筑最主要的连接构件，用于纵向受力钢筋的连接。灌浆套筒按结构形式分为全灌浆套筒和半灌浆套筒，如图 2.3 和图 2.4 所示。

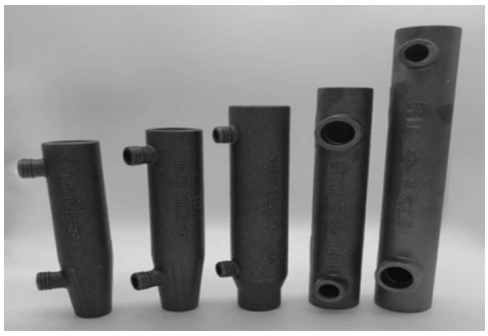


图 2.3　全灌浆套筒示意图



图 2.4　半灌浆套筒示意图

灌浆套筒型号由名称代号、分类代号、钢筋强度级别主参数代号、加工方式分类代号、钢筋直径主参数代号、特征代号和更新及变型代号组成。灌浆套筒主参数应为被连接钢筋的强度级别和公称直径。灌浆套筒型号表示如下：

①②③④－⑤⑥⑦

①——灌浆套筒名称代号：用 GT 表示；

②——分类代号：Q 表示全灌浆套筒，G 表示直接滚轧直螺纹半灌浆套筒，B 表示剥肋滚轧直螺纹半灌浆套筒，D 表示镦粗直螺纹半灌浆套筒；

③——钢筋强度级别主参数代号：4 表示 400 MPa 及以下级，5 表示 500 MPa 级；

④——加工方式分类代号：Z 表示铸造灌浆套筒，J 表示机械加工灌浆套筒；

⑤——钢筋直径主参数代号：用 ×/×× 表示，前面的 ×× 表示灌浆端钢筋直径，后面的 ×× 表示非灌浆端钢筋直径，全灌浆套筒及非变径半灌浆套筒后面的“/××”省略；

⑥——特征代号：无标注表示整体式结构，F 便是分体式结构；

⑦——更新及变型代号：用大写英文字母顺序表示，A，B，C……。

灌浆套筒材料性能指标和尺寸允许偏差应符合表 2.1 和表 2.2 的要求，其他性能应符合现行行业标准《钢筋连接用灌浆套筒》（JG/T 398—2019）的相关要求。

表 2.1　套筒材料性能

项目	单位	性能指标	试验方法
抗拉强度	MPa	≥ 600	JG/T 398—2019
延伸率	%	钢材类≥ 16	
		球墨铸铁 ≥ 3	
屈服强度（钢材类）	MPa	≥ 355	
球化率（球墨铸铁）	%	≥ 85	

表 2.2　套筒尺寸允许偏差

项目	铸造套筒	机械加工套筒
长度允许偏差	±（1% ×1）mm	± 2.0 mm
外径允许偏差	± 1.5 mm	± 0.8 mm
壁厚允许偏差	± 1.2 mm	± 0.8 mm
锚固段环形突起部分的内径允许偏差	± 1.5 mm	± 1.0 mm
锚固段环形突起部分的内径最小尺寸与钢筋公称直径差值	≥ 10 mm	≥ 10 mm
直螺纹精度	/	GB/T 197—2018 中 6H 级

灌浆套筒应与灌浆料匹配使用，钢筋连接用套筒灌浆料应符合现行行业标准《钢筋连接用套筒灌浆料》（JG/T 408—2019）的规定，其性能指标应符合表 2.3 的要求。

表 2.3　套筒灌浆料的技术性能要求

项目		性能指标
流动度 /mm	初始	≥ 300
	30 min	≥ 260
抗压强度 /MPa	1 d	≥ 35
	3 d	≥ 60
	28 d	≥ 85
竖向膨胀率 /%	3 h	0.02～2
	24 h 与 3 h 差值	0.02～0.40
28 d 自干燥收缩 /%		≤ 0.045
氯离子含量 /%		≤ 0.03
泌水率 /%		0

（2）浆锚搭接用镀锌金属波纹管与灌浆料。

当纵向钢筋采用浆锚搭接连接时，一般采用镀锌金属波纹管作为成孔材料，预埋于装配式构件中，形成浆锚孔内壁，如图 2.5 所示。



图 2.5　镀锌金属波纹管用于浆锚搭接连接

用于钢筋浆锚搭接连接的镀锌金属波纹管应符合现行行业标准《预应力混凝土用金属波纹管》（JG/T 225—2020）的有关规定。镀锌金属波纹管的钢带厚度不宜小于 0.3 mm，波纹高度不应小于 2.5 mm，浆锚搭接连接接头应采用水泥基灌浆料，灌浆料的性能应满足表 2.4 的要求。

表 2.4　钢筋浆锚搭接连接接头用灌浆料性能要求

项目		性能指标	试验方法标准
泌水率 /%		0	GB/T 50080
流动度 /mm	初始值	≥ 200	GB/T 50448
	30 min 保留值	≥ 150	
竖向膨胀率 /%	3 h	≥ 0.02	GB/T 50448
	24 h 与 3 h 的膨胀率之差	0.02～0.5	

续表

项目		性能指标	试验方法标准
抗压强度 /MPa	1 d	≥ 35	GB/T 50448
	3 d	≥ 55	
	28 d	≥ 80	
氯离子含量 /%		≤ 0.06	GB/T 8077

机械连接套筒应符合现行行业标准《钢筋机械连接用套筒》（JG/T 163—2013）的规定，连接用焊接材料，螺栓、锚栓等紧固件的材料应符合现行国家及行业标准《钢结构通用规范》（GB 55006–2021）、《钢结构焊接规范》（GB 50661—2011）和《钢筋焊接及验收规程》（JGJ 18—2012）的规定；钢筋锚固板应符合现行行业标准《钢筋锚固板应用技术规程》（JGJ 256—2011）的规定。

2.1.2 浆锚孔波纹管

浆锚孔波纹管是浆锚搭接连接方式用的材料，预埋于预制混凝土构件中，形成浆锚孔内壁。

钢筋浆锚搭接连接中，当采用预埋金属波纹管时，金属波纹管性能应符合现行行业标准《预应力混凝土用金属波纹管》（JG/T 225—2020）的规定。

2.1.3 浆锚搭接灌浆料

浆锚搭接用的灌浆料也是水泥基灌浆料，但抗压强度低于套筒灌浆料。由于浆锚孔壁的抗压强度低于套筒，因此无须采用与套筒灌浆料同等高的强度。《装配式混凝土结构技术规程》（JGJ 1—2014）（以下简称《装规》）第 4.2.3 条给出了钢筋浆锚搭接连接接头用灌浆料的性能要求，见表 2.5 所列。

表 2.5　钢筋浆锚搭接连接接头用灌浆料性能要求

项目		性能指标	试验方法标准
泌水率 /%		0	《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》（GB/T 50080—2016）
流动度 /mm	初始值	≥ 200	《水泥基灌浆材料应用技术规范》（GB/T 50448—2015）
	30 min 保留值	≥ 150	
竖向膨胀率 /%	3 h	≥ 0.02	《水泥基灌浆材料应用技术规范》（GB/T 50448—2015）
	24 h 与 3 h 的膨胀率之差	0.02～0.5	
抗压强度 /MPa	1 d	≥ 35	《水泥基灌浆材料应用技术规范》（GB/T 50448—2015）
	3 d	≥ 55	
	28 d	≥ 80	
氯离子含量 /%		< 0.06	《混凝土外加剂匀质性试验方法》（GB/T 8077—2023）

2.1.4 灌浆导管、孔塞、堵缝材料

1. 灌浆导管

当灌浆套筒或浆锚孔距离混凝土边缘较远时，需要在预制混凝土构件中埋置灌浆导管。灌浆导管一般采用 PVC 中型（M 型）管，壁厚 1.2 mm，即电气用的套管，外径应为套筒或浆锚孔灌浆出浆口的内径，一般是 16 mm。

2. 灌浆孔塞

灌浆孔塞用于封堵灌浆套筒和浆锚孔的灌浆口与出浆孔，避免孔道被异物堵塞。灌浆孔塞可用橡胶塞或木塞。橡胶塞形状如图 2.6 所示。



图 2.6　橡胶灌浆孔塞

3. 灌浆堵缝材料

灌浆堵缝材料用于灌浆构件的接缝，有橡胶条、木条和封堵速凝砂浆等。封堵速凝砂浆是一种高强度水泥基砂浆，强度大于 50 MPa。具有可塑性好、成型后不塌落、凝结速度快和干缩变形小的性能。

2.1.5 夹芯保温构件——保温拉结件

1. 拉结件简介

夹芯保温板，即“三明治”板，是两层钢筋混凝土板中间夹着保温材料的 PC 外墙构件。两层钢筋混凝土板（内叶板和外叶板）靠拉结件连接。拉结件是涉及建筑安全和正常使用的连接件，拉结件有非金属和金属两类，须具备以下性能。

（1）在内叶板和外叶板中锚固牢固，在荷载的作用下不能被拉出。

（2）有足够的强度，在荷载的作用下不能被拉断、剪断。

（3）有足够的刚度，在荷载的作用下不能变形过大，导致外叶板位移。

（4）导热系数尽可能小，减少热桥。

（5）具有耐久性。

（6）具有防锈蚀性。

（7）具有防火性能。

（8）埋设方便。

2. 非金属拉结件

非金属拉结件材质由高强玻璃纤维和树脂制成（FRP），导热系数低，应用方便，在夹心保温墙板中应用较多。FRP 墙体拉结件，如图 2.7 所示，由 FRP 拉结板（杆）和 ABS 定位套环组成。其中，FRP 拉结板（杆）为拉结件的主要受力部分，采用高性能玻璃纤维（GFRP）无捻粗纱和特种树脂经拉挤工艺成型，并经后期切割形成设计所需的形状；ABS 定位套环主要用于拉结件施工定位，其长度一般与保温层厚度相同，采用热塑工艺成型。



图 2.7　FRP 拉结件

FRP 材料最突出的优点在于它有很高的比强度（极限强度 / 相对容重），即通常所说的轻质高强。FRP 的比强度是钢材的 20~50 倍。另外，FRP 还具有良好的耐腐蚀性、良好的隔热性能和优良的抗疲劳性能。

3. 不锈钢拉结件

不锈钢连接件用于连接装配整体式预制夹心外墙板中内、外叶混凝土墙板，使内、外叶墙板形成整体，其中采用不锈钢材料的拉结件，可称为不锈钢拉结件。

夹心保温墙板用不锈钢拉结件系统主要作用是保证“三明治”夹心墙板的整体性。不锈钢拉结件两端分别锚固在内叶层和外叶层的混凝土中，并将外叶层荷载作用传递到内叶层板，保证内外叶墙板可靠连接。根据承载作用的不同，夹心保温墙板用不锈钢拉结件系统可分为竖向支承拉结件、水平支承拉结件（或名“抗扭拉结件”）和限位拉结件，拉结件支承系统一般由两个竖向支承拉结件和两个水平支承拉结件组成。

支承拉结件主要用于承载饰面层自重荷载所产生的竖向力，还应考虑偏心荷载（意料中或意料外）以及风力、变形等产生的荷载，水平支承拉结件的作用是承载横向作用力（如墙板斜挂在升降机上所产生的力、升降过程中的冲击力、平面内的水平地震荷载或风荷载）。水平支承拉结件的设计也必须足以承载夹芯墙板运输过程中因旋转而产生的荷载。

限位拉结件用于承载垂直作用于夹芯墙板表面的作用力，包含因为温度变形、风力或脱模等而产生的作用力。

2.2　装配式建筑的辅助材料

装配式建筑的辅助材料是指与预制构件有关的材料和配件，包括内埋式螺母、内埋式吊钉、内埋式螺栓、螺栓、密封胶、反打在构件表面的石材、瓷砖、表面漆料等。

2.2.1　内埋式金属螺母

内埋式金属螺母在预制混凝土构件中应用较多，如吊顶悬挂、设备管线悬挂、安装临时支撑、吊装和翻转吊点、后浇区模具固定等，如图 2.8 所示。内埋式螺母预埋便利，可避免后锚固螺栓可能与受力钢筋发生位置冲突或对保护层造成破坏，也不会像内埋式螺栓那样因探出混凝土表面而发生挂碰现象。

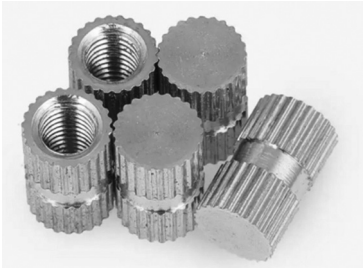


图 2.8　内埋式金属螺母

2.2.2　内埋式吊钉

内埋式吊钉是专用于吊装的预埋件，吊钩卡具连接非常方便，被称作快速起吊系统，如图 2.9 所示。



图 2.9　内埋式吊钉与卡具

2.2.3　螺栓与内埋式螺栓

装配式建筑用到的螺栓包括楼梯和外挂墙板安装用的螺栓，宜选用高强度螺栓或不锈钢螺栓，如图 2.10 所示。高强度螺栓应符合现行行业标准《钢结构高强度螺栓连接技术规程》（JGJ 82—2011）的要求。内埋式螺栓是预埋在混凝土中的螺栓，如图 2.11 所示，螺栓端部焊接锚固钢筋。焊接焊条应选用与螺栓和钢筋适配的焊条。



图 2.10　高强度螺栓



图 2.11　内埋式螺栓

2.2.4 防雷引下线

防雷引下线埋置在外墙预制混凝土构件中，通常用25 mm × 4 mm镀锌扁钢、圆钢或镀锌钢绞线等，引下线应满足《建筑物防雷设计规范》（GB 50057—2010）中的要求。

2.2.5 保温材料

“三明治”夹芯外墙板夹芯层中的保温材料，可采用挤塑聚苯乙烯板（XPS）、硬泡聚氨酯（PUR）、酚醛等轻质高效保温材料，保温材料的选择应符合国家现行有关标准的规定。

2.3 装配式建筑的防水材料

装配式混凝土建筑外墙防水是通过材料防水和构造防水等方式阻止雨、雪水等进入建筑物，根据渗漏水量的大小，分为渗水、漏水两类。外墙防水系统分为点、线、面、体的整体防水和门窗框周边及飘窗、阳台、雨棚、空调板等外挑结构、出墙面管道设施的细部防水。整体防水以偏刚性材料为主，以黏接强度、抗渗性能、耐候性能、横向变形能力、耐冻融循环为主要表征，通过结构自防水、材料防水和构造防水相结合的方式实现。细部防水则以柔性防水为主，以黏接性能、不透水性或气密、水密等密封性能、力学性能、弹性延伸率 / 恢复率、耐候耐久性、基面及饰面相容性、不窜水性能、密封胶的模量、动态耐久性、表面涂刷性、无污染性为主要表征，通过增强或弥补构件接缝、施工缝、变形缝、基层裂缝、出墙面孔洞等细部防水获得防水功能。

2.3.1 刚性防水材料

刚性防水材料是指以胶凝材料、砂、石为原料或掺入少量外加剂、聚合物等材料，通过调整配合比，抑制或减少孔隙率，改变孔隙特征，增加各种材料界面间密实性等方法配制而成的具有一定抗渗能力的防水混凝土、防水砂浆以及其他刚性材料，不推荐掺防水剂的防水砂浆。

1. 聚合物防水灰浆

聚合物防水灰浆是以水泥、细骨料为主要组分，聚合物和添加剂等为改性材料按适当配比混合制

成的、具有一定柔性的防水浆料。产品按组分可分为单组分和双组分，单组分由水泥、细骨料和可再分散乳胶粉、添加剂组成。双组分由粉料（水泥、细骨料等）和液料（聚合物乳液、添加剂等）组成。其具有一定的柔韧性、抗裂性和防水性，与各种基层墙体有很好的黏结力，可在潮湿基面施工。在施工现场，只需加水搅拌即可施工，操作简单，使用方便，各项试验其性能应符合《聚合物水泥防水浆料》（JC/T 2090—2011）的要求。

2. 聚合物水泥防水砂浆

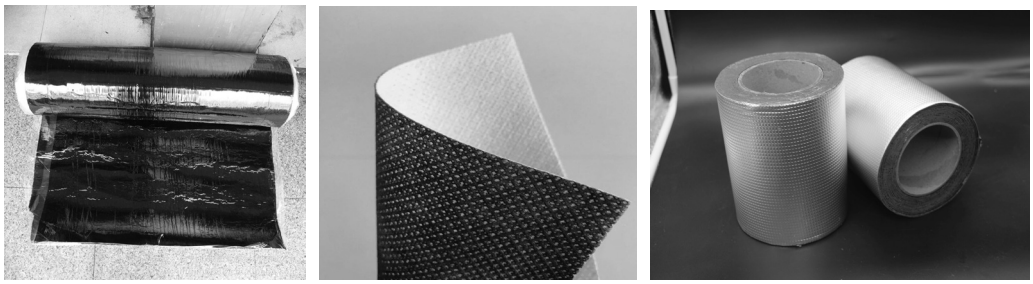
聚合物水泥防水砂浆是以水泥、细骨料为主要原材料，以聚合物和添加剂等为改性材料并以适当配比混合而成的防水材料，具有一定的柔韧性、抗裂性和防水性，与各种基层墙体有很好的黏结力，可在潮湿基面施工。在施工现场，只需加水搅拌即可施工，操作简单，使用方便，各项试验其性能应符合《聚合物水泥防水砂浆》（JC/T 984—2011）的要求。依据《建筑外墙防水工程技术规程》，其收缩率指标为 28 天≤ 0.15%。

3. 水泥基渗透结晶涂料

水泥基渗透结晶涂料是以特种水泥、石英砂等为基料，掺入多种活性化学物质制成粉状刚性防水材料，包括外涂型（PCC–501）、内掺型（PCC–502）。外涂型在使用时加水调配成浆液状，涂刷在水泥混凝土结构基面上，固化后在混凝土结构表面形成刚性附着涂层，涂层中含有的活性化学物质通过渗透水载体向混凝土内部渗透，催化混凝土中硅酸盐产生不溶于水的结晶体，填充和堵塞毛细孔隙和微细裂隙，从而使混凝土浅表面致密，达到增强抗渗性能和防水保护的目的。产品按性能分为Ⅰ型和Ⅱ型。

2.3.2 柔性防水材料

柔性防水材料是指以憎水性沥青、聚氨酯反应成膜、丙烯酸 /EVA 挥发成膜以及物理性气孔等阻止水进入建筑物的防水材料，从而获得防水能力，如图 2.12 所示。



（a）自粘卷材　（b）防水透气膜　（c）丁基胶带

图 2.12　柔性防水材料

1. 自粘聚合物沥青卷材

自粘聚合物沥青卷材是以经高聚物改性后的石油沥青、聚酯胎为基料，添加增黏树脂、矿物填料等制成的防水卷材。石油沥青是近乎天然的憎水性材料，从而获得持久可靠的防水性能，能与混凝土、砂浆、金属板等基层紧密黏附，从而形成破损处无渗漏扩散的刚柔无间隙结合的防水系统。更由于其天然的自然属性，耐老化、耐腐蚀、耐菌性和耐候性性能优于其他防水材料。

2. 防水透气膜

防水透气膜是一种新型的兼具防水、透气功能的高分子防水材料。按生产工艺分为闪蒸工艺、流延复合、热熔胶复合、热压复合等，质量尤以杜邦、青云的闪蒸工艺为代表。

3. 丁基橡胶防水密封黏结带

丁基橡胶防水密封黏结带（简称丁基胶带）是由丁基橡胶与聚异丁烯等主要原料共混而成，按照特殊的生产配方，选用优质特种高分子材料，经过特殊的工艺流程生产出来的环保型无溶剂密封黏结材料。

2.3.3 防水涂料

防水涂料是以高分子材料为主体，在常温下呈无定形液态，经喷涂或涂刷后能够在结构表面固化形成具有相当厚度并有一定弹性的防水膜的物料总称。

1. 丙烯酸酯防水涂料

丙烯酸酯防水涂料是一种以丙烯酸酯类乳液为主要成膜材料，加入助剂、颜料、稳定剂、填料等制成的单组分防水涂料，具有无毒、无味、无污染、不燃、使用安全、施工方便等特点。丙烯酸酯防水涂料具有良好的耐候性、耐紫外线性以及耐高低温性能，在 –30℃ ~80℃的范围内性能基本无变化，因其环保性能受到广泛青睐。

2. 聚合物水泥防水涂料

聚合物水泥防水涂料，简称“JS 防水涂料”，是一种常用于厨房、卫生间、水池等部位的防水材料。

该涂料是由聚丙烯酸酯乳液、乙烯 – 醋酸乙烯酯共聚乳液等聚合物乳液与各种添加剂组成的有机液料，和水泥、石英砂、轻重质碳酸钙等无机填料及各种添加剂所组成的无机粉料通过合理配比、复合制成。它具有良好的防水能力、延伸性能和隔热效果，且坚固耐用，施工简便环保。根据国标，聚合物水泥防水涂料分为 1 型、2 型和 3 型，分别适用于不同范围和用途，如地面、地下室、墙面等。

3. 聚氨酯防水涂料

聚氨酯防水涂料是一种高性能的防水涂料，具有广泛的应用和显著的优势。聚氨酯防水涂料由异氰酸酯、聚醚等原料通过加成聚合反应制作而成，添加了催化剂、无水助剂、无水填充剂和溶剂等成分。其强度高、延伸率大、耐水性能好，对基层变形的适应能力强，且施工灵活，能在各种基面上直接施工，与基面的黏结力非常强。此外，聚氨酯防水涂料还展示了出色的柔韧性和抗拉强度，耐候性也非常出色，无论是高温还是低温环境都能保持稳定性能。这些特点使其成为屋顶防水工程的理想选择，也适用于游泳池、粮库、桥梁等地方。各项试验性能应符合《聚氨酯防水涂料》（GB/T 19250—2013）要求，其环保性能应符合《建筑防水涂料中有害物质限量》（JC 1066—2008）中的要求。

在实际应用中，需根据具体需求和场景选择合适的类型，表 2.6 为三种防水涂料的优劣对比。

表 2.6　三种防水涂料的优劣对比表

项目	丙烯酸酯防水涂料	聚合物水泥防水涂料	聚氨酯防水涂料
常规性能	（1）涂膜强度高、延伸率好、抗破坏能力强、抗裂性好，具有优良的耐水性、耐久性； （2）黏结强度高，能够与基层、装饰层结合牢靠； （3）可操作性强，特别是对异形部位处理更灵活方便； （4）颜色可调，兼具防水、装饰效果	（1）可潮湿基面上施工； （2）材料含有水泥成分，可与砂浆或砼基层具有良好的黏结性； （3）可厚涂，干燥固化速度快	（1）强度高，弹性好，黏附力强，物理性能优良； （2）可厚涂，涂膜密实、无气泡； （3）常温下及较低温下冷施工，不需现场调配，操作方便； （4）耐腐蚀、耐热、耐寒、不透水性强
环保性	水乳型涂料，不含任何有机溶剂，不燃、无毒、无污染	绿色环保产品，无毒、无污染	环保涂料，不含苯类溶剂，无煤焦油，对环境无污染
施工要点	要求基层坚实、无油污、无尘土、平整，基层无明水。施工前需先涂底胶	可在潮湿基层上施工，只要求基层无明水、无积水即可	不能在潮湿、脏污的基层表面使用，每遍涂布之后应让涂膜有充分时间固化，间隔时间不宜少于 24 h
适用范围	产品适用于屋面、前面、室内厕浴间、厨房间地面等的工程的防水，也适用于屋面防水层饰面保护	水泥基涂料，不含有机溶剂，非常适用于室内空间较小的厕浴间	适用于地下室、水池、冷库、地坪等防水、防潮工程，也可用于非外露工业及民用建筑屋面防水

思政教育

建筑材料思政教育旨在通过专业课程与思想政治教育的有机结合，培养学生的综合素养。

（1）在课程教学中，注重将爱国情怀、创新精神、工匠精神、质量意识、社会责任等思政元素融入专业知识，通过实例教学、任务驱动、仿真演练等多元化教学方法，激发学生的学习兴趣和积极性。

（2）提升其思想道德水平和职业素养。通过介绍粤港澳大桥、高铁钢轨等案例中应用的建筑新材料，培养学生的大国工匠精神和爱国情怀。

（3）通过分析水泥体积定性质量事故案例，增强学生的质量意识和安全意识。

总之，课程思政教学模式不仅有助于提升学生的专业技能，还能实现其综合素养的有效培养，为培养具有社会责任感和创新精神的高素质人才奠定基础。

本章小结

本章主要学习装配式建筑主要材料、连接材料、辅助材料和防水材料等相关知识，总结如下。

（1）装配式结构的主要材料包括预制混凝土构件和钢材。预制混凝土构件是装配式结构的核心材料，它们通过在工厂生产并运输到施工现场进行组装，大大提高了施工效率和质量。钢材也是装配式结构中重要的材料，特别是在装配式钢结构中，钢材作为主要承重构件，具有高强度和优良的抗震性能。

（2）装配式连接材料主要包括钢筋连接材料、预埋件锚板钢材以及钢材与钢材、钢材与钢筋之间的焊接材料。具体要点：钢筋连接材料可采用钢筋套筒灌浆连接、间接搭接连接、机械连接或焊接等方式，适用于不同直径的受力钢筋。预埋件锚板钢材应选用 Q235、Q345 级钢，钢材等级不应低于 Q235-B，且应符合碳素结构钢的规定。

（3）装配式辅助材料和防水材料介绍了常用材料和配件，掌握连接材料、辅助材料和防水材料等知识，提前为装配式构件施工储备相关知识。

总之，掌握本章知识对装配式设计、生产和施工安装具有很重要的作用。

思考与练习

扫一扫

参考答案

一、单选题

1. 下列选项中，不属于按制造工艺对灌浆套筒进行分类的是（　　）。

A. 铸造套筒　　B. 预制墙用套筒　　C. 机械加工套筒　　D. 轧制套筒

2. 钢筋的力学性能指标应符合的现行国家标准是（　　）。

A.GB 50010—2010　　B.GB 20015—2015　　C.GB 50110—2010　　D.GB 30010—2012

3. FRP 的比强度是钢材的（　　）。

A.20~30 倍　　B.20~50 倍　　C.20~40 倍　　D.20~60 倍

4. 灌浆导管一般采用 PVC 中型（M 型）管，壁厚为（　　）。

A.1.2 cm　　B.12 cm　　C.12 mm　　D.1.2 mm

5. 封堵速凝砂浆是一种高强度水泥基砂浆，强度大于（　　）MPa。

A.30　　B.40　　C.50　　D.60

二、名词解释

1. 钢筋间隔件
2. 环氧砂浆
3. 刚性防水材料

三、简答题

1. 钢筋间隔件选用的原则有哪些？

2. 简述拉结件选用注意事项。

3. 拉结件是涉及建筑安全和正常使用的连接件，须具备哪些性能？