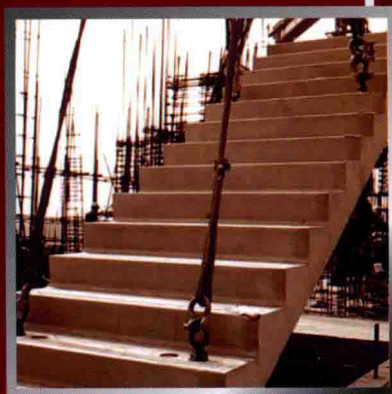


■ 王 翔 编著

# 装配式混凝土结构建筑 现场施工细节详解

ZHUANGPEISHI  
HUNNINGTU  
JIEGOU  
JIANZHU  
XIANCHANG  
SHIGONG  
XIJIE  
XIANGJIE

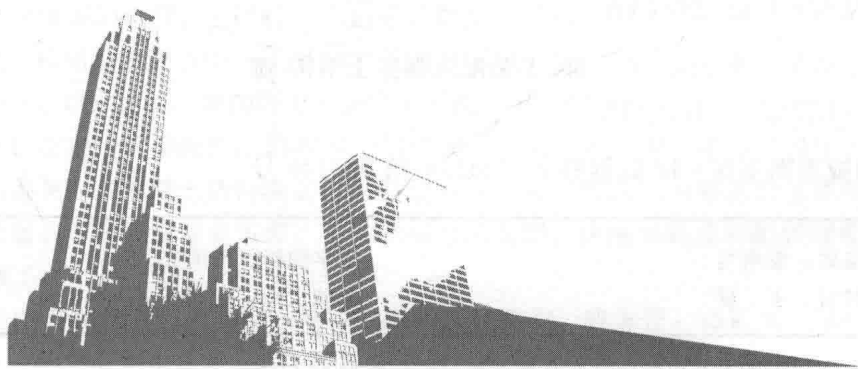


化学工业出版社

■ 王 翔 编著

# 装配式混凝土结构建筑 现场施工细节详解

ZHUANGPEISHI  
HUNNINGTU  
JIEGOU  
JIANZHU  
XIANCHANG  
SHIGONG  
XIJE  
XIANGJIE



化学工业出版社

· 北京 ·

本书根据装配式混凝土结构建筑的特点，首先对装配式混凝土结构建筑的材料进行了剖析，其次对混凝土结构各个构件的加工和拼装操作进行了详细的讲解，然后对装配式混凝土结构建筑的基础和主体施工操作作用图解的方式进行讲解，最后对装配式混凝土建筑的防水和装饰施工进行了讲解。本书简明实用、图文并茂，适用性和实际操作性较强。

本书适用于从事装配式施工的专业技术人员和现场施工管理人员阅读，也可作为土建类相关专业大中专院校师生的参考教材。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

装配式混凝土结构建筑现场施工细节详解/王翔编  
著. —北京: 化学工业出版社, 2017. 3  
ISBN 978-7-122-29019-9

I. ①装… II. ①王… III. ①装配式混凝土结构-建  
筑工程-工程施工 IV. ①TU37

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 024146 号

---

责任编辑: 彭明兰  
责任校对: 宋 夏

文字编辑: 冯国庆  
装帧设计: 史利平

---

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市宇新装订厂

710mm×1000mm 1/16 印张 9 $\frac{3}{4}$  字数 194 千字 2017 年 4 月北京第 1 版第 1 次印刷

---

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

---

定 价: 39.80 元

版权所有 违者必究

# 前言

FOREWORD

随着我国经济社会发展的转型升级，特别是城镇化战略的加速推进，建筑业在改善人们居住环境、提升生活质量中的地位尤为显著。但遗憾的是，目前我国传统“粗放”的建造模式仍较普遍，一方面，生态环境严重破坏，资源和能源低效利用；另一方面，工程建设周期较长，因此，国家政策大力推行发展装配式建筑。装配式建筑具有提高生产效率、改善施工和工程质量，有利于提高建筑综合品质和性能，有利于较少用工、缩短工期、降低建筑垃圾和扬尘等优点。然而面对装配式建筑的一些新工艺、新材料，如何进行保质保量的施工将是从事装配式建筑施工人员所要面临的一些问题，把这些问题都弄清楚以后，就可以快速地建造装配式厂房或住宅。

本书首先介绍了装配式混凝土结构建筑施工中的常用材料（包括基础施工、主体结构施工、喷涂施工等材料），材料讲解部分配以实例图片帮助读者能够对材料和选择有着良好的认知；其次对装配式混凝土结构建筑的构件类型和预制混凝土构件的生产操作细节进行了详细的讲解，这样有利于读者快速地完成构件的生产制作；然后对墙板的加工工艺、起吊运输细节操作以图例的形式进行了讲解；最后对装配式混凝土结构墙板安装操作、防水施工、装饰施工等各分项工程施工以图解的方式进行了讲解，重点操作细节部位在图中以拉线标注的方式进行讲解，帮助读者快速领悟施工操作的要点。本书在讲解装配式混凝土结构施工的同时还对现场施工管理的内容进行了详解，这样有利于读者合理地运用现有资源，在保质保量的同时，快速地完成装配式混凝土结构建筑的施工。

本书由王翔编著，刘向宇、安平、陈建华、陈宏、蔡志宏、邓毅丰、邓丽娜、黄肖、黄华、何志勇对本书的编写工作给予了很大支持，在此一并表示感谢！

本书在编写过程中参考了有关文献和一些项目施工管理经验性文件，并且得到了许多专家和相关单位的关心与大力支持，在此表示衷心的感谢。

由于水平有限，尽管编者尽心尽力，反复推敲核实，但难免有疏漏及不妥之处，恳请广大读者批评指正，以便做进一步的修改和完善。

# 目录

CONTENTS

## 第一章 装配式混凝土结构建筑常用材料 1

- 第一节 常用基础材料 ..... 1
- 第二节 常用连接附件 ..... 7
- 第三节 常用围护结构材料 ..... 13
- 第四节 喷涂及装饰常用材料 ..... 17

## 第二章 装配式混凝土结构建筑构件类型 21

- 第一节 墙板的类型 ..... 21
- 第二节 其他构件 ..... 25

## 第三章 预制混凝土构件生产操作 27

- 第一节 模具组装 ..... 27
- 第二节 钢筋加工及安装 ..... 28
- 第三节 混凝土浇筑及构件养护 ..... 39
- 第四节 预制混凝土生产操作要点 ..... 42

## 第四章 墙板制作工艺 49

- 第一节 墙板制作工艺的种类及操作要点 ..... 49
- 第二节 墙板制作质量控制 ..... 52

## 第五章 墙板起吊及运输 54

第一节	墙板起吊 .....	54
第二节	墙板运输 .....	55

## **第六章 基础类型及施工操作** 57

第一节	基础类型与构造 .....	57
第二节	基础施工操作及常见质量问题 .....	59

## **第七章 墙板结构安装操作** 69

第一节	墙、板结构安装 .....	69
第二节	装配式大板住宅建筑结构安装 .....	74
第三节	板缝施工 .....	79
第四节	隔墙板安装施工 .....	83
第五节	施工常见问题及解决方法 .....	86
第六节	装配式建筑施工细则 .....	87

## **第八章 装配式建筑防水施工** 116

第一节	基础防水施工操作 .....	116
第二节	屋面防水施工操作 .....	120

## **第九章 装配式建筑装饰施工** 125

第一节	抹灰施工 .....	125
第二节	涂饰施工 .....	133

## **第十章 装配式建筑施工管理** 137

第一节	施工管理计划 .....	137
第二节	专项施工方案的编制 .....	141
第三节	装配式工程安全施工技术 .....	143

1. 王德胜. 2008. 中国农村扶贫开发的新思路. 中国农村经济, (1): 1-5.

2. 李国英. 2009. 中国农村扶贫开发的新思路. 中国农村经济, (2): 1-5.

3. 张其成. 2010. 中国农村扶贫开发的新思路. 中国农村经济, (3): 1-5.

4. 刘永福. 2011. 中国农村扶贫开发的新思路. 中国农村经济, (4): 1-5.

5. 陈永贵. 2012. 中国农村扶贫开发的新思路. 中国农村经济, (5): 1-5.

6. 孙敬德. 2013. 中国农村扶贫开发的新思路. 中国农村经济, (6): 1-5.

7. 李树德. 2014. 中国农村扶贫开发的新思路. 中国农村经济, (7): 1-5.

8. 王德胜. 2015. 中国农村扶贫开发的新思路. 中国农村经济, (8): 1-5.

9. 李国英. 2016. 中国农村扶贫开发的新思路. 中国农村经济, (9): 1-5.

10. 张其成. 2017. 中国农村扶贫开发的新思路. 中国农村经济, (10): 1-5.

11. 刘永福. 2018. 中国农村扶贫开发的新思路. 中国农村经济, (11): 1-5.

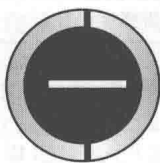
12. 陈永贵. 2019. 中国农村扶贫开发的新思路. 中国农村经济, (12): 1-5.

13. 孙敬德. 2020. 中国农村扶贫开发的新思路. 中国农村经济, (13): 1-5.

14. 李树德. 2021. 中国农村扶贫开发的新思路. 中国农村经济, (14): 1-5.

15. 王德胜. 2022. 中国农村扶贫开发的新思路. 中国农村经济, (15): 1-5.





## 装配式混凝土结构 建筑常用材料

### 第一节 常用基础材料

#### 一、水泥的选用

基础施工一般会用到硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥，它们的主要的几个技术指标见表 1-1，不同龄期水泥的强度规范要求见表 1-2。

表 1-1 水泥的主要技术指标

技术指标	性能要求
细度：水泥颗粒的粗细程度	颗粒越细，硬化得越快，早期强度也越高。硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥的细度以比表面积表示，不小于 $300\text{m}^2/\text{kg}$
凝结时间：①从加水搅拌到开始凝结所需的时间称初凝时间；②从加水搅拌到凝结完成所需的时间称终凝时间	硅酸盐水泥初凝时间不小于 45min，终凝时间不大于 6.5h；普通硅酸盐水泥初凝时间不小于 45min，终凝时间不大于 6h
体积安定性：指水泥在硬化过程中体积变化的均匀性能	水泥中含杂质较多，会产生不均匀变形
强度：指水泥胶砂硬化后所能承受外力破坏的能力	不同品种、不同强度等级的通用硅酸盐水泥，其不同龄期的强度应符合表 1-2 的规定。一般而言，自建小别墅选择强度等级为 32.5 级的水泥即可

表 1-2 不同龄期水泥的强度规范要求

品 种	强度等级	抗压强度/MPa		抗折强度/MPa	
		3d	28d	3d	28d
硅酸盐水泥	42.5	$\geq 17.0$	$\geq 42.5$	$\geq 3.5$	$\geq 6.5$
	42.5R	$\geq 22.0$		$\geq 4.0$	
	52.5	$\geq 23.0$	$\geq 52.5$	$\geq 4.0$	$\geq 7.0$
	52.5R	$\geq 27.0$		$\geq 5.0$	
	62.5	$\geq 28.0$	$\geq 62.5$	$\geq 5.0$	$\geq 8.0$
	62.5R	$\geq 32.0$		$\geq 5.5$	



续表

品 种	强度等级	抗压强度/MPa		抗折强度/MPa	
		3d	28d	3d	28d
普通硅酸 盐水泥	42.5	$\geq 17.0$	$\geq 42.5$	$\geq 3.5$	$\geq 6.5$
	42.5R	$\geq 22.0$		$\geq 4.0$	
	52.5	$\geq 23.0$	$\geq 52.5$	$\geq 4.0$	$\geq 7.0$
	52.5R	$\geq 27.0$		$\geq 5.0$	

在选购水泥时，可以从以下几个方面加以判断。

① 看水泥的包装是否完好，标识是否完全。正规水泥包装袋上的标识有工厂名称，生产许可证编号，水泥名称，注册商标，品种（包括品种代号），强度等级（标号），包装年、月、日和编号。

② 用手指捻一下水泥粉，如果是感觉到有少许细、砂、粉的感觉，则表明水泥细度是正常的。

③ 看水泥的色泽是否为深灰色或深绿色，色泽发黄（熟料是生烧料）、发白（矿渣掺量过多）的水泥强度一般比较低。

④ 水泥也是有保质期的。一般而言，超过出厂日期 30d 的水泥，其强度将有所下降。储存 3 个月后的水泥，其强度会下降 10%~20%，储存 6 个月后强度会降低 15%~30%，储存一年后强度会降低 25%~40%。正常的水泥应无受潮结块现象，优质水泥在 6h 左右即可凝固，超过 12h 仍不能凝固的水泥表明质量不合格。

⑤ 作为基础建材，市面上水泥的价格相对比较透明。例如强度等级为 32.5 级的普通硅酸盐水泥，一袋价格为 20 元左右。水泥强度等级越高，价格也相应高一些。

## 二、建筑用砂石的选用

### 1. 建筑用砂的种类

一般建筑用砂可分为天然砂和人工砂。天然砂是由自然风化、水流搬运和分选、堆积形成的、粒径小于 4.75mm 的岩石颗粒，包括河砂、湖砂、山砂、淡化海砂，但不包括软质岩、风化岩的颗粒。人工砂是经除土处理的机制砂、混合砂的统称。机制砂是由机械破碎和筛分制成的、粒径小于 4.75mm 的岩石颗粒，但是不包括软质岩、风化岩的颗粒。混合砂则是由机制砂和天然砂混合制成的建筑用砂。

### 2. 建筑用砂的规格

建筑用砂在实际中主要按照细度模数分为细、中、粗三种规格，其细度模数分

别为：细砂 1.6~2.2、中砂 2.3~3.0、粗砂 3.1~3.6。

在实际施工中，细砂通常用来抹面，混凝土中往往使用中粗砂。

### 3. 建筑用砂的类别

根据国家规范，建筑用砂按技术要求分为 I、II、III 三种类别，分别用于不同强度等级的混凝土。

建筑用砂类别的划分涉及的因素较多，包含颗粒级配、含泥量、含石粉量、有害物质含量（这里的有害物质是指对混凝土强度的不良影响）、坚固性指标、压碎指标六个方面。对于普通业主来说，很多因素是很难了解的，一般情况下可以大概地去辨别：类别低的砂看着更细一些，清洁程度也要差一点儿，当然，石粉含量、有害物质等也会相对多一些，最后拌和的混凝土强度也会等级低一点儿。

① I 类砂宜用于强度等级大于 C60 的混凝土。

② II 类砂宜用于强度等级为 C30~C60 以及有抗冻、抗渗或其他要求的混凝土。

③ III 类砂宜用于强度等级小于 C30 的混凝土和建筑砂浆。

### 4. 砂表观密度、堆积密度、空隙率

应符合如下规定：

① 表观密度大于  $2500\text{kg}/\text{m}^3$ ；

② 松散堆积密度大于  $1350\text{kg}/\text{m}^3$ ；

③ 空隙率小于 47%。

### 5. 其他要求

挑选砂石料时，要注意砂石料中不宜混有草根、树叶、树枝、塑料品、煤块、炉渣等有害物质。对于预应力混凝土、接触水体或潮湿条件下的混凝土所用砂，其氯化物含量应小于 0.03%。

## 三、建筑石灰的选用

石灰在自建房中是用途比较广泛的建筑材料，在实际生产中，由于石灰石原料的尺寸大或煅烧时窑中温度分布不均等原因，石灰中常含有欠火石灰和过火石灰。欠火石灰中的碳酸钙未完全分解，使用时缺乏黏结力；过火石灰结构密实，表面常包覆一层熔融物，熟化很慢。

生石灰呈白色或灰色块状，为便于使用，块状生石灰常需加工成生石灰粉、消石灰粉或石灰膏。

① 生石灰粉是由块状生石灰磨细而得到的细粉。

② 消石灰粉是块状生石灰用适量水熟化而得到的粉末，又称熟石灰。

③ 石灰膏是块状生石灰用较多的水（为生石灰体积的 3~4 倍）熟化而得到的膏状物，也称石灰浆。

石灰熟化常用两种方法：消石灰浆法和消石灰粉法。石灰熟化时会放出大量的热，体积增大 1~2 倍，在熟化过程中，一定要注意好防护安全，避免出现意外情况。一般煅烧良好、氧化钙含量高的石灰熟化较快，放热量和体积增大也较多。

石灰熟化的理论需水量为石灰重量的 32% 左右，在生石灰中，均匀加入 60%~80% 的水，可以得到颗粒细小、分散均匀的消石灰粉。若用过量的水熟化，将得到具有一定稠度的石灰膏。石灰中一般都含有过火石灰，过火石灰熟化慢，若没有经过彻底的熟化，在使用后期会继续与空气中的水分发生熟化，从而产生膨胀而引起隆起和开裂。所以，为了消除过火石灰的这种危害，石灰在熟化后，一定要“陈伏”两周左右。

在购买生石灰时，应选块状生石灰，好的块状生石灰应该具有以下几个方面的特点。

① 表面不光滑、毛糙。表面光滑、有反光、轮廓清楚的为石头，一般都是没烧好导致的。

② 同样体积的石灰块，烧得好的较轻，没烧好的较沉，轮廓清楚无毛刺。

③ 好的石灰化水时全部化光，没有杂质，也没有石块沉淀物。

④ 在购买石灰时，最好现买、现化、现用。

#### 四、常用基础管道的选用

##### 1. 常用基础管道的材质、性能和特点

现在市面上的管道材质五花八门，各种材质、型号、功能往往让人晕头转向。要想选对、选好基础用管道，首先就得了解管道的种类，以及用在什么地方。常用基础管道的材质如下。



常用基础管道的主要性能和特点见表 1-3。

##### 2. 常用基础管道选择的技巧

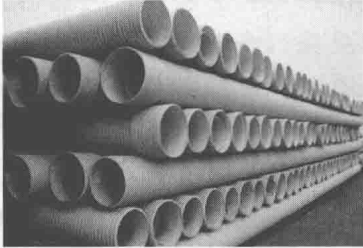
###### (1) PPR 管选择的技巧

① PPR 管有冷水管和热水管之分，但无论是冷水管还是热水管，其材质应该

是一样的，其区别只在于管壁的厚度不同。

表 1-3 常用基础管道的主要性能和特点

名称	性质及特点	图 示
薄壁不锈钢管	<p>最常见的一种基础管材，耐腐蚀、不易氧化生锈、抗腐蚀性强、使用安全可靠、抗冲击性强、热传导率相对较低。但薄壁不锈钢管的价格目前相对较高，另外在选择使用时要注意选择耐水中氯离子的不锈钢型号</p>	
薄壁铜管	<p>住宅建筑中的铜管是指薄壁紫铜管。按有无包覆材料分类，有裸铜管和塑覆铜管（管外壁覆有热挤塑料覆层，用以保护铜管和管道保温）。薄壁铜管具有较好的力学性能和良好的延展性，其管材坚硬、强度高，小管径的生产由拉制而成</p>	
PPR 管	<p>一般用于给水管，管道压力不能大于 0.6MPa，温度不能高于 70℃。其优点是价格比较便宜，施工方便，是目前应用最多的一种管材。PPR 管具有如下特点：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>① 耐腐蚀、不易结垢，避免了镀锌钢管锈蚀结垢造成的二次污染；</li> <li>② 耐热，可长期输送温度为 70℃ 以下的热水；</li> <li>③ 保温性能好，20℃ 时的热导率仅约为钢管的 1/200、紫铜管的 1/1400；</li> <li>④ 卫生、无毒，可以直接用于纯净水、饮水管道系统；</li> <li>⑤ 重量轻，强度高，PPR 管的密度一般为 0.89~0.91g/cm<sup>3</sup>，仅为钢管的 1/9、紫铜管的 1/10；</li> <li>⑥ 管材内壁光滑，不易结垢，管道内流体阻力小，流体阻力远低于金属管道</li> </ol>	

名称	性质及特点	图 示
UPVC 管	<p>又称硬聚乙烯管,适用于温度低于 45℃、压力小于 0.6MPa 的管道。UPVC 管的化学稳定性好,耐腐蚀性强,使用卫生,对水质基本无污染。UPVC 管还具有热导率低,不易结露,管材内壁光滑,水流阻力小,材质较轻,加工、运输、安装、维修方便等特点。但要注意的是,其强度较低,耐热性能差,不宜在阳光下暴晒</p>	
铝塑复合管	<p>结构为塑料→胶黏剂→铝材,即内外层是聚乙烯塑料,中间层是铝材,经热熔共挤复合而成。铝塑复合管和其他塑料管道的最大区别是它集塑料与金属管的优点于一身,具有独特的优点:力学性能优越,耐压较高;采用交联工艺处理的交联聚乙烯(PEX)做的铝塑复合管耐高温较高,可以长期在 95℃ 高温下使用;能够阻隔气体的渗透且热膨胀系数低</p>	
PVC 镀锌钢管	<p>兼有金属管材强度大、刚性好和塑料管材耐腐蚀的优点,同时也克服了两类材料的缺点。PVC 镀锌钢管的优点是管件配套多、规格齐全</p>	

② 一定要注意,目前市场上普遍存在着管件、热水管用较好的原料,而冷水管却用 PPB (PPB 为嵌段共聚聚丙烯) 冒充 PPR 的情况。这类产品在生产时需要焊接不同的材料,因材质不同,焊接处极易出现断裂、脱焊、漏滴等情况,埋下各种隐患。

③ 选购时应注意管材上的标识,产品名称应为“冷热水用无规共聚聚丙烯管材”或“冷热水用 PPR 管材”,并标明该产品执行的国家标准。当发现产品被冠以其他名称或执行其他标准时,则尽量不要选购该产品。

(2) UPVC 管选择的技巧 虽然 UPVC 管价格较低廉,且对水质的影响很

小，但在生产过程中，加入不恰当的添加剂和其他不洁的残留物后，会从塑料中向管壁迁移，并会不同程度地向水中析出，这也是该管道材料最大的缺陷。

(3) 铝塑复合管选择的技巧 铝塑复合管有较好的保温性能，内外壁不易腐蚀，因内壁光滑，对流体阻力很小，又可随意弯曲，所以施工方便。铝塑复合管有足够的强度，可将其作为供水管道。若其横向受力太大，则会影响其强度，所以宜做明管施工或将其埋于墙体内，不宜埋入地下。

(4) PVC 镀锌钢管选择的技巧 这种复合管材也存在自身的缺点，例如材料用量多，管道内实际使用管径变小；在生产中需要增加复合成型工艺，其价格要比单一管材的价格稍高。此外，如黏合不牢固或环境温度和介质温度变化大时，容易产生离层而导致管材质量下降。

## 第二节 常用连接附件

### 一、普通螺栓

#### 1. 普通螺栓的特点

普通螺栓（图 1-1）是由头部和螺杆（带有外螺纹的圆柱体）两部分组成的一类紧固件，需与螺母配合，用于紧固连接两个带有通孔的零件。

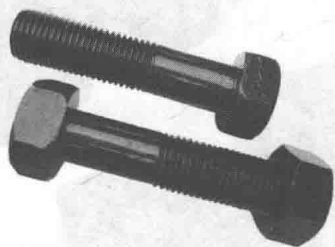


图 1-1 普通螺栓

#### 2. 普通螺栓的等级及分类

按照性能等级划分，螺栓可分为 3.6 级、4.6 级、4.8 级、5.6 级、5.8 级、6.8 级、8.8 级、9.8 级、10.9 级、12.9 级十个等级，其中 8.8 级及以上螺栓材质为低碳合金钢或中碳钢并经热处理，通称为高强度螺栓，8.8 级以下通称普通螺栓。高强度螺栓包括大六角头高强度螺栓、扭剪型高强度螺栓、钢网架螺栓球节点用高强度螺栓。

高强度螺栓连接副是一整套的含意，包括一个螺栓、一个螺母和一个垫圈。

螺栓的制作精度分为 A、B、C 级三个等级。A、B 级为精制螺栓。A、B 级螺栓应与 I 类孔匹配应用。I 类孔的孔径与螺栓公称直径相等，基本上无缝隙，螺栓可轻击入孔，类似于铆钉一样受剪及承压（挤压）。但 A、B 级螺栓对构件的拼装精度要求很高，价格也贵，工程中较少采用。C 级为粗制螺栓。C 级螺栓常与 II 类孔匹配应用。B 类孔的孔径比螺栓直径大 1~2mm，缝隙较大，螺栓入孔较容易，相应其受剪性能较差，C 级的普通螺栓适宜用于受拉力的连接，受剪时另用支托承受剪力。

## 二、大六角头高强度螺栓

### 1. 大六角头高强度螺栓的特点

大六角头高强度螺栓（图 1-2）的头部尺寸比普通六角头螺栓要大，可适应施加预拉力的工具及操作要求，同时也增大与连接板间的承压或摩擦面积。其产品标准为《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》（GB/T 1231—2006）。



图 1-2 大六角头高强度螺栓

### 2. 大六角头高强度螺栓的技术要求

#### (1) 性能等级、材料及使用配合

- ① 螺栓、螺母、垫圈的性能等级和材料见表 1-4。
- ② 螺栓、螺母、垫圈的使用配合见表 1-5。



表 1-4 螺栓、螺母、垫圈的性能等级和材料

类别	性能等级	材料	标准编号	适用规格
螺栓	10.9S	20MnTiB	GB/T 3077	≤M24
		ML20MnTiB	GB/T 6478	
		35VB		≤M30
	8.8S	45、35	GB/T 699	≤M20
		20MnTiB、40Cr ML20MnTiB	GB/T 3077 GB/T 6478	≤M24
		35CrMo	GB/T 3077	≤M30
35VB				
螺母	10H	45、35	GB/T 699	
	8H	ML35	GB/T 6478	
垫圈	35~45HRC	45、35	GB/T 699	

表 1-5 螺栓、螺母、垫圈的使用配合

类别	螺 栓	螺 母	垫 圈
形式尺寸	按 GB/T 1228 规定	按 GB/T 1229 规定	按 GB/T 1230 规定
性能等级	10.9S	10H	35~45HRC
	8.8S	8H	35~45HRC

## (2) 力学性能

## ① 螺栓的力学性能

a. 试件的力学性能 制造厂应对制造螺栓的材料进行取样，经与螺栓制造中相同的热处理工艺处理后，制成试件进行拉伸试验，其结果应符合表 1-6 的规定。当螺栓的材料直径 $\geq 16\text{mm}$ 时，根据用户要求，制造厂还应增加常温冲击试验，其结果应符合表 1-6 的规定。

表 1-6 拉伸试验

性能等级	抗拉强度 $R_m$ /MPa	规定非比例延伸 强度 $R_{p0.2}$ /MPa	断后伸长率 A /%	断后收缩率 Z /%	冲击吸收功 $A_{kv2}$ /J
		不小于			
10.9S	1040~1240	940	10	42	47
8.8S	830~1030	660	12	45	63

b. 实物的力学性能 进行螺栓实物楔负载试验时，拉力载荷应在表 1-7 规定的范围内，且断裂应发生在螺纹部分或螺纹与螺杆交界处。

当螺栓  $l/d \leq 3$  时，如不能做楔负载试验，允许做拉力荷载试验或芯部硬度试验。拉力荷载试验应符合表 1-7 的规定。芯部硬度试验应符合表 1-8 的规定。

表 1-7 拉力载荷

螺纹规格 $d$			M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30
公称应力截面积 $A_s/\text{mm}^2$			84.3	157	245	303	353	459	561
性能等级	10.9S	拉力载荷 /N	87700~ 104500	163000~ 195000	255000~ 304000	315000~ 376000	367000~ 438000	477000~ 569000	583000~ 696000
	8.8S		70000~ 86800	130000~ 162000	203000~ 252000	251000~ 312000	293000~ 354000	381000~ 473000	466000~ 578000

表 1-8 芯部硬度

性能等级	维氏硬度		洛氏硬度	
	min	max	min	max
10.9S	312 HV30	367 HV30	33 HRC	39 HRC
8.8S	249 HV30	296 HV30	24 HRC	31 HRC

## ② 螺母的力学性能。

a. 螺母的保证载荷应符合表 1-9 的规定。

表 1-9 螺母的保证载荷

螺纹规格 $D$			M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30
性能等级	10H	保证	87700	163000	255000	315000	367000	477000	583000
	8H	载荷/N	70000	130000	203000	251000	293000	381000	466000

b. 螺母的硬度应符合表 1-10 的规定。

表 1-10 螺母的硬度

性能等级	洛氏硬度		维氏硬度	
	min	max	min	max
10H	98 HRB	32 HRC	222 HV30	304 HV30
8H	95 HRB	30 HRC	206 HV30	289 HV30

## 三、扭剪型高强度螺栓

## 1. 扭剪型高强度螺栓的特点

扭剪型高强度螺栓(图 1-3)的尾部连着一个梅花头,梅花头与螺栓尾部之间有一个沟槽。当用特制扳手拧螺母时,以梅花头作为反拧支点,终拧时梅花头沿沟槽被拧断,并以拧断为准表示已达到规定的预拉力值。其产品标准为《钢结构用扭剪型高强度螺栓、大六角头螺母、垫圈连接副技术条件》(GB/T 3632—2008)。

## 2. 扭剪型高强度螺栓的技术要求

(1) 性能等级及材料 螺栓、螺母、垫圈的性能等级和推荐材料见表 1-11。