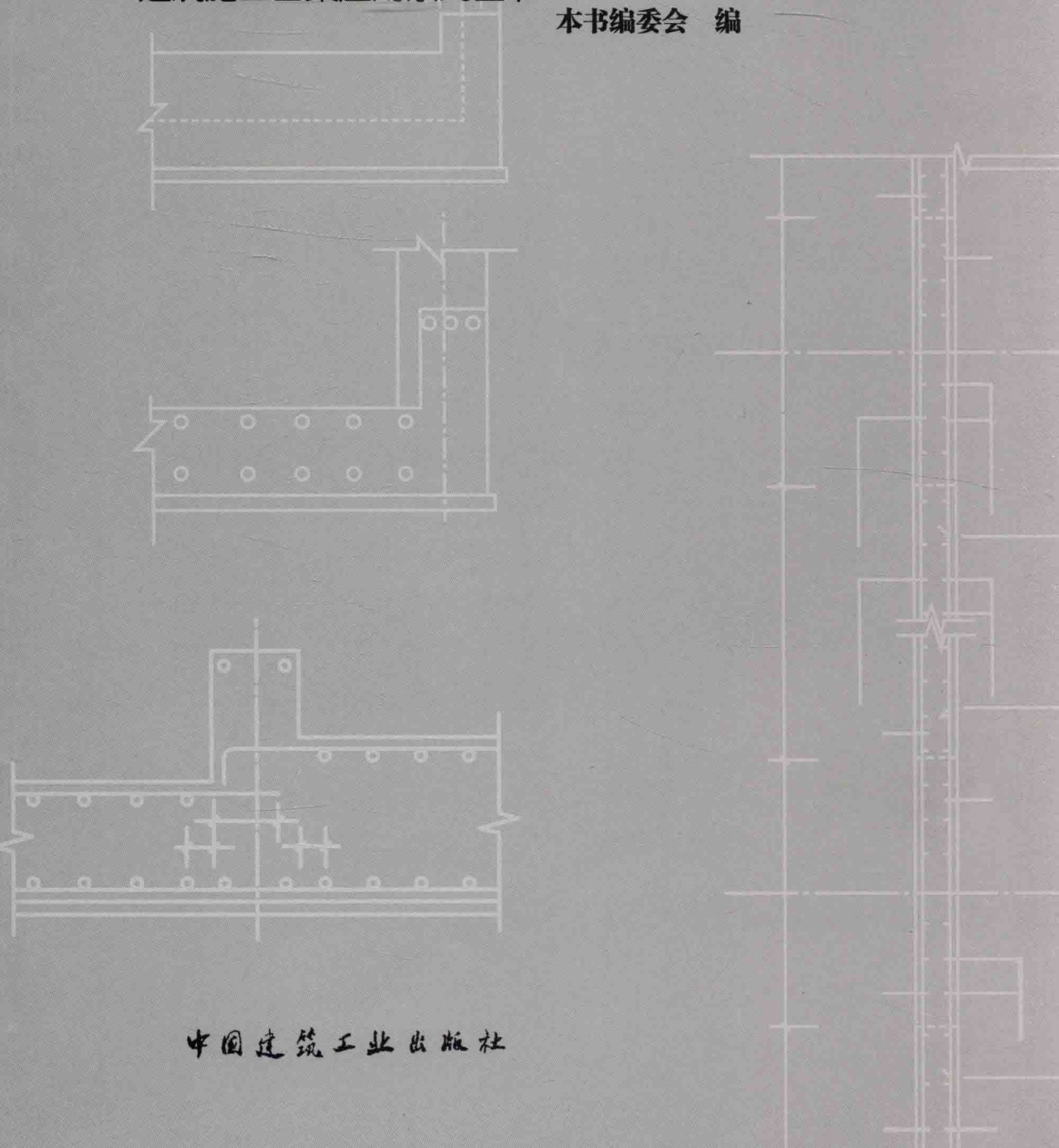


# 13G311混凝土结构加固构造 图集应用

13G311 HUNNINGTU JIEGOU  
JIAGU GOUZA  
TUJI YINGYONG

建筑施工图集应用系列丛书

本书编委会 编



中国建筑工业出版社

建筑施工图集应用系列丛书

# 13G311 混凝土结构加固 构造图集应用

本书编委会 编

中国建筑工业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

13G311 混凝土结构加固构造图集应用/本书编委会编.  
北京: 中国建筑工业出版社, 2015. 8  
(建筑施工图集应用系列丛书)  
ISBN 978-7-112-17984-8

I. ①1… II. ①本… III. ①混凝土结构-加固-结构设计-图集 IV. ①TU370.2-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 062060 号

本书根据《混凝土结构加固构造》13G311-1、《混凝土结构加固设计规范》GB 50367—2013、《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010、《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010 编写。共分为 9 章, 包括: 概述、柱加固、墙加固、梁加固、板加固、楼梯加固、基础加固、建筑结构体系加固以及构件延展与接长等。本书内容丰富、通俗易懂、实用性强、方便查阅。

本书可供从事混凝土结构加固设计、施工人员以及相关专业大中专学校的师生学习参考。

责任编辑: 岳建光 张 磊

责任设计: 李志立

责任校对: 李美娜 陈晶晶

建筑施工图集应用系列丛书  
**13G311 混凝土结构加固构造图集应用**  
本书编委会 编

\*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)  
各地新华书店、建筑书店经销  
霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版  
北京圣夫亚美印刷有限公司印刷

\*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 10¼ 字数: 249 千字  
2015 年 7 月第一版 2015 年 7 月第一次印刷  
定价: 30.00 元

ISBN 978-7-112-17984-8  
(27225)

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)

## 本书编委会

主编：上官子昌

参编：吕克顺 危 聪 刘秀民 李冬云

张 彤 张 敏 张文权 殷鸿彬

高少霞 隋红军 韩 旭

# 前 言

我国是发展中国家，在过去的岁月里，我国土木工程建设一直没有停止过，并且发展很快，愈来愈多的建筑物和构筑物已进入或即将进入老龄化阶段，修复加固在建筑业中的比重逐年增加，已有建筑物常常因设计或施工的缺陷以及长期使用过程中的老化、破坏，甚至自然灾害，造成混凝土结构承载力不足、开裂以及抗震性能不良等，影响建筑物的安全和使用功能，从而不得不考虑结构的修复加固问题。解决这些问题将大大提高混凝土结构的性能和寿命，拓宽混凝土结构的发展前景。基于此，组织编写此书，系统地讲解13G311系列图集，方便相关工作人员学习混凝土结构加固构造知识。

本书根据13G311—1《混凝土结构加固构造》、《混凝土结构加固设计规范》（GB 50367—2013）、《混凝土结构设计规范》（GB 50010—2010）、《建筑抗震设计规范》（GB 50011—2010）编写。共分为九章，包括：概述、柱加固、墙加固、梁加固、板加固、楼梯加固、基础加固、建筑结构体系加固以及构件延展与接长等。本书内容丰富、通俗易懂、实用性强、方便查阅。本书可供从事混凝土结构加固设计、施工人员以及相关专业大中专师生学习参考。

由于编写时间仓促，编写经验、理论水平有限，难免有疏漏、不足之处，敬请读者批评指正。

# 目 录

<b>1 概述</b> .....	1
1.1 混凝土结构加固总则 .....	1
1.1.1 基本规定 .....	1
1.1.2 加固程序 .....	2
1.1.3 设计计算原则 .....	3
1.1.4 材料要求 .....	3
1.1.5 构造要求 .....	4
1.2 加固方法及相关技术 .....	4
1.3 常用加固计算方法 .....	8
1.3.1 增大截面加固法 .....	8
1.3.2 外粘型钢加固法 .....	13
1.3.3 绕丝加固法 .....	14
1.3.4 粘贴钢板加固法 .....	15
1.3.5 粘贴纤维复合材加固法 .....	20
1.3.6 植筋技术 .....	28
<b>2 柱加固</b> .....	30
2.1 柱加固构造与解析 .....	30
2.1.1 增大截面加固法 .....	30
2.1.2 外粘型钢加固法 .....	35
2.1.3 绕丝加固法 .....	44
2.1.4 粘贴纤维布加固法 .....	45
2.1.5 外加预应力加固法 .....	49
2.1.6 钢绞线网片-聚合物砂浆加固法 .....	50
2.2 柱加固构造应用实例 .....	52
<b>3 墙加固</b> .....	55
3.1 墙加固构造与解析 .....	55
3.1.1 增大截面加固法 .....	55
3.1.2 粘贴钢板加固法 .....	61
3.1.3 墙体开洞处理 .....	61
3.1.4 边缘构件加固 .....	63
3.1.5 连梁加固 .....	63
3.2 墙加固构造应用实例 .....	66
<b>4 梁加固</b> .....	68
4.1 梁加固构造与解析 .....	68
4.1.1 增大截面加固法 .....	68
4.1.2 外粘型钢加固法 .....	71

4.1.3	粘贴钢板加固法 .....	79
4.1.4	粘贴纤维布加固法 .....	84
4.1.5	外加预应力加固法 .....	91
4.1.6	增设支点加固法 .....	97
4.1.7	钢绞线网片-聚合物砂浆外加层加固法 .....	99
4.2	梁加固构造应用实例 .....	102
<b>5</b>	<b>板加固</b> .....	<b>105</b>
5.1	板加固构造与解析 .....	105
5.1.1	预制板加固 .....	105
5.1.2	现浇板加固 .....	107
5.1.3	楼板开洞 .....	114
5.2	板加固构造应用实例 .....	122
<b>6</b>	<b>楼梯加固</b> .....	<b>124</b>
6.1	楼梯加固构造与解析 .....	124
6.1.1	板式楼梯加固 .....	124
6.1.2	梁式楼梯加固 .....	127
6.2	楼梯加固构造应用实例 .....	131
<b>7</b>	<b>基础加固</b> .....	<b>133</b>
7.1	裂损基础注浆加固 .....	133
7.2	基础承载力加固 .....	134
7.3	加大基础底面积法 .....	137
<b>8</b>	<b>建筑结构体系加固</b> .....	<b>143</b>
8.1	增设剪力墙加固法 .....	143
8.2	新增侧向支撑加固法 .....	147
<b>9</b>	<b>构件延展与接长</b> .....	<b>152</b>
9.1	柱接长 .....	152
9.2	剪力墙向上延伸 .....	154
9.3	梁接长 .....	155
9.4	板接长 .....	156
	参考文献 .....	158

# 1 概 述

## 1.1 混凝土结构加固总则

### 1.1.1 基本规定

(1) 混凝土结构加固前，应进行结构鉴定，确定是否需要加固以及加固方案。

(2) 结构鉴定包括可靠性鉴定和抗震鉴定，前者主要依据国家标准《民用建筑可靠性鉴定标准》(GB 50292—1999)和《工业建筑可靠性鉴定标准》(GB 50144—2008)，重点在结构的安全性和正常使用性；后者依据《建筑抗震鉴定标准》(GB 50023—2009)，重点在房屋的综合抗震能力及整体性。

(3) 混凝土构件的加固设计，应与实际施工方法紧密结合，采取有效措施，保证新增构件和部件与原结构连接可靠，形成整体共同工作；并应考虑对未加固部分，以及相关的结构、构件和地基基础造成的不利影响。

(4) 对高温、高湿、低温、冻融、化学腐蚀、振动、温度应力、地基不均匀沉降等影响因素引起的原结构损坏，应在加固设计中提出有效的防治对策，并按设计规定的顺序进行治疗和加固。

(5) 混凝土结构的加固设计使用年限，应按下列原则确定：

1) 结构加固后的使用年限，应由业主和设计单位共同商定。

2) 一般情况下，宜按 30 年考虑；到期后，若重新进行的可靠性鉴定认为该结构工作正常，仍可继续延长其使用年限。

3) 对使用胶粘方法或掺有聚合物加固的结构、构件，尚应定期检查其工作状态。检查的时间间隔可由设计单位确定，但第一次检查时间不应迟于 10 年。

4) 对于有抗震要求的建筑，还应遵循《建筑抗震加固技术规程》(JGJ 116—2009)和《建筑抗震鉴定标准》(GB 50023—2009)的相关规定。

(6) 13G311—1《混凝土结构加固构造》加固构造措施还应满足《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)的相关规定。有抗震设防要求时，还应满足《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)的相关规定。

(7) 结构加固设计时，应考虑原结构在加固时的实际受力状况，必要时可考虑卸荷加固。

(8) 原构件采用增大截面法加固时，混凝土界面（粘合面）经修整露出骨料新面后，尚应采用花锤、砂轮机或高压水射流进行打毛；必要时，也可凿成沟槽。

1) 花锤打毛：宜用 1.5~2.5kg 的尖头凿石花锤，在混凝土粘合面上凿出麻点，形成点深约 3mm、点数 600~800 点/m<sup>2</sup> 的均匀分布；也可凿成点深 4~5mm、间距约 300mm 的梅花形分布。



2) 砂轮机或高压水射流打毛: 宜采用输出功率不小于 340W 的粗砂轮机或压力符合《建筑结构加固工程施工质量验收规范》(GB 50550—2010) 附录 C 要求的水射流, 在混凝土粘合面上打出方向垂直于构件轴线、纹深为 3~4mm、间距约 50mm 的横向纹路。

3) 人工凿沟槽: 宜用尖锐、锋利凿子, 在坚实混凝土粘合面上凿出方向垂直于构件轴线、槽深约 6mm、间距为 100~150mm 的横向沟槽。

4) 当采用三面或四面新浇混凝土层外包梁、柱时, 尚应在打毛同时, 凿除截面的棱角。

5) 在完成打毛或沟槽后, 应用钢丝刷等工具清除原构件混凝土表面松动的骨料、砂砾、浮渣和粉尘, 并用清洁的压力水冲洗干净。若采用喷射混凝土加固, 宜用压缩空气和水交替冲洗干净。

6) 新旧混凝土界面宜涂刷结构界面剂并采用构造钢筋植筋连接。

(9) 当加固所用材料有防火、防腐要求时, 需采取有效措施进行相应的处理。

(10) 未经技术鉴定或设计许可, 不得改变加固后结构的用途和使用环境。

### 1.1.2 加固程序

#### 1. 结构加固工作遵循的程序

原结构可靠性鉴定和抗震鉴定→加固方案选择→加固施工图设计→施工图审查→施工→竣工验收。

#### 2. 原结构可靠性鉴定

结构加固前, 应收集现有设计图纸、计算书、详细的岩土工程勘察报告、竣工验收原始资料等; 调查建筑结构现状与原始资料相符合的程度、施工质量和维护状况, 并进行必要的检测; 当资料不全时, 应根据鉴定的需要进行补充或实测。

#### 3. 原结构抗震鉴定

根据各类建筑结构的特点、结构布置、构造和抗震承载力等因素, 采用相应的鉴定方法, 进行综合抗震能力分析并做出评价, 对不符合抗震鉴定要求的建筑提出相应的抗震减灾对策和处理意见。

#### 4. 加固方案的选定

加固方案应根据结构鉴定结论, 结合该结构特点及加固施工条件, 按安全可靠、经济合理原则确定。

加固方案宜结合维修改造, 并宜根据原结构的具体特点和技术经济条件的分析, 采用新技术、新材料。加固方法应便于施工, 并应减少对建筑正常使用功能的影响。

结构的静力加固着重于提高结构构件的承载能力; 抗震加固着重于提高结构的延性和增强房屋的整体性; 地基基础加固成本较高, 施工复杂, 宜采取措施不动或少动地基基础。

#### 5. 加固施工

加固施工应采取避免或减少损伤原结构构件。发现原结构或相关工程隐蔽部位的构造有严重缺陷时, 应会同加固设计单位采取有效处理措施后, 方可继续施工。对可能导致的倾斜或局部倒塌等现象, 应预先采取安全措施。所有埋入原结构构件的植筋、锚栓及螺杆, 钻孔时均不得切断和损伤原钢筋。

#### 6. 质量检验和工程验收

结构加固施工前应按设计要求及结构特点编制施工组织设计，施工严格按相应工艺标准进行质量控制，并按国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》（GB 50204—2015）及《建筑结构加固工程施工质量验收规范》（GB 50550—2010）进行质量检验和工程验收。

### 1.1.3 设计计算原则

（1）混凝土结构加固设计采用的结构分析方法，应遵守国家标准《混凝土结构设计规范》（GB 50010—2010）规定的结构分析基本原则，且在一般情况下，应采用线弹性分析方法计算结构的作用效应。

（2）加固混凝土结构时，应进行承载能力极限状态和正常使用极限状态的设计验算。

（3）结构上的作用，应经调查或检测核实，并按《混凝土结构加固设计规范》（GB 50367—2013）附录 A 的规定和要求确定其标准值或代表值，若此项工作已在可靠性鉴定中完成，宜加以引用。

（4）被加固结构、构件的作用效应，应按下列要求确定：

1）结构的计算模型，应符合其实际受力和构造状况。

2）作用效应组合和组合值系数以及作用的分项系数，应按国家标准《建筑结构荷载规范》（GB 50009—2012）确定，并应考虑由于实际荷载偏心、结构变形、温度作用等造成的附加内力。

（5）结构、构件的尺寸，对原有部分应采用实测值；对新增部分，可采用加固设计文件给出的设计值。

（6）原结构、构件的混凝土强度等级和受力钢筋抗拉强度标准值应按下列规定取值：

1）当原设计文件有效，且能确定结构无严重的性能退化时，可采用原设计标准值。

2）当结构可靠性鉴定认为应重新进行现场检测时，应采用检测结果推定的标准值。

3）当原构件混凝土强度等级的检测受实际条件限制而无法取芯时，可采用回弹法检测，但其强度换算值应按《混凝土结构加固设计规范》（GB 50367—2013）附录 B 的规定进行龄期修正，且仅可用于结构的加固设计。

（7）加固材料的强度，应按《混凝土结构加固设计规范》（GB 50367—2013）的规定采用。

（8）验算结构、构件承载力时，应考虑原结构在加固时的实际受力状况，包括加固部分应变滞后的特点，以及加固部分与原结构共同工作程度。

（9）加固后改变结构传力路线或导致结构质量增大时，应对相关结构、构件及建筑物地基基础进行必要的验算。

（10）有抗震设防要求的结构、构件的加固，除应满足承载力要求外，尚应复核其抗震能力；不应存在因局部加强或刚度突变而形成的新薄弱部位；同时，还应考虑结构刚度增大而导致地震作用效应增大的影响。

（11）框架梁抗弯承载力加固时，可对支座负弯矩进行适度调幅，并确定相应的跨中弯矩。

### 1.1.4 材料要求

（1）结构加固所用材料（钢材、水泥、纤维及胶粘剂等）质量应符合相关标准的

规定。

(2) 结构加固用的混凝土,其强度等级应比原结构提高一级,且不宜低于 C25。混凝土粗骨料粒径对现场拌合混凝土,不宜大于 20mm;对喷射混凝土,不宜大于 12mm;对短纤维混凝土,不宜大于 10mm;粗骨料的质量应符合国家标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》(JGJ 52—2006)的规定。

(3) 加固材料的选用,应考虑加固部分应变滞后的特点,一般可选用屈服变形较小的普通钢筋、钢材和弹性模量较高的高弹模纤维;对于高强钢筋(如钢绞线、高强钢丝)和高强纤维,宜采用预应力技术。

(4) 混凝土结构加固所用浇筑材料和粘结材料,应考虑新旧两部分的整体工作共同受力问题。对于混凝土和砂浆,要求粘结力强,收缩性小,宜微膨胀;对于胶粘剂和灌浆材料,要求粘结强度高,耐老化,无收缩,无毒。

(5) 结构加固用的型钢、钢板、钢筋之间的焊缝规格尺寸应由设计确定,焊缝的构造工艺要求应满足相关规范的规定。

(6) 加固用螺杆可采用带肋钢筋套扣或丝杆。

### 1.1.5 构造要求

(1) 植筋所用的钢筋应为热轧带肋钢筋,不得采用光圆钢筋。

(2) 承重结构植筋的锚固深度必须经设计计算确定,严禁按短期拉拔试验值或厂商技术手册的推荐值采用。

(3) 锚栓在钢筋混凝土结构中的锚固深度  $h_{ef}$  值按《混凝土结构后锚固技术规程》(JGJ 145—2013)选用。

(4) 当按构造要求植筋时,其最小锚固深度  $l_{min}$  应符合下列构造要求:

1) 受拉钢筋锚固:  $\max \{0.3l_s; 10d; 100\text{mm}\}$

2) 受压钢筋锚固:  $\max \{0.6l_s; 10d; 100\text{mm}\}$

注:对悬挑结构、构件尚应乘以 1.5 的修正系数,其中  $l_s$  为植筋基本锚固深度。

(5) 混凝土结构加固用的焊接材料,其型号和质量应符合下列要求:

1) 焊条型号应与被焊接钢材的强度相适应。

2) 焊条的质量应符合现行国家标准《非合金钢及细晶粒钢焊条》(GB/T 5117)和《热强钢焊条》(GB/T 5118)的规定。

3) 焊接工艺应符合现行行业标准《钢筋焊接及验收规程》(JGJ 18)的规定。

4) 焊缝连接的设计原则及计算指标应符合现行国家标准《钢结构设计规范》(GB 50017)的规定。

(6) 钢筋在混凝土中的保护层厚度、锚固和搭接长度应满足现行国家标准《混凝土结构设计规范》(GB 50010)的有关规定。

(7) 纤维布与钢板压条接触位置应增涂胶粘剂一层,避免二者直接接触。

## 1.2 加固方法及相关技术

### 1. 加固方法

混凝土结构常用的加固方法有:增大截面加固法、置换混凝土加固法、外粘型钢加固

法、粘贴钢板加固法、粘贴纤维复合材加固法、绕丝加固法、钢绞线网片-聚合物砂浆加固法、外加预应力加固法、增设支点加固法、结构体系加固法、增设拉结体系加固法等。加固方法的选择应根据实际条件和使用要求，进行多方案比较，按技术可靠、安全适用、经济合理、方便施工原则，择优选用。

(1) 增大截面加固法 增大原构件截面面积或增配钢筋，以提高其承载力、刚度和稳定性，或改变其自振频率的一种直接加固法。优点是有长期的使用经验，施工简单，适应性强。缺点是湿作业，施工期长，构件尺寸的增大可能影响使用功能和其他构件的受力性能。适用范围较广，用于梁、板、柱、墙等构件及一般构筑物的加固，特别是原截面尺寸显著偏小及轴压比明显偏高的构件加固。

(2) 置换混凝土加固法 剔除原构件低强度或有缺陷区段的混凝土，同时浇筑同品种但强度等级较高的混凝土进行局部增强，使原构件的承载力得到恢复的一种直接加固法。优点是结构加固后能恢复原貌，不影响使用空间。缺点是新旧混凝土的粘结能力较差，剔凿易伤及原构件的混凝土及钢筋，湿作业期长。适用于受压区混凝土强度偏低或有严重缺陷的梁、柱等承重构件的加固，使用中受损伤、高温、冻害、侵蚀的构件加固，由于施工差错引起局部混凝土强度不能满足设计要求的构件加固。

(3) 外粘型钢加固法 对钢筋混凝土梁、柱外包型钢、扁钢焊成构架并灌注结构胶粘剂，以达到整体受力，共同工作的加固方法。优点是受力可靠，能显著改善结构性能，对使用空间影响小。缺点是施工要求较高，外露钢件应进行防火、防腐处理。适用于梁、柱、桁架、墙及框架节点加固。

(4) 粘贴钢板加固法 采用结构胶粘剂将薄钢板粘贴于原构件的混凝土表面，使之形成具有整体性的复合截面，以提高其承载力的一种直接加固方法。优点是施工简便快速，原构件自重增加小，不改变结构外形，不影响建筑使用空间。缺点是有机胶的耐久性和耐火性问题，钢板需进行防腐、防火处理。适用于钢筋混凝土受弯、斜截面受剪、受拉及大偏心受压构件的加固。构件截面内力存在拉压变化时慎用。

(5) 粘贴纤维复合材加固法 采用结构胶粘剂将纤维复合材粘贴于原构件的混凝土表面，使之形成具有整体性的复合截面，以提高其承载力和延性的一种直接加固方法。13G311—1《混凝土结构加固构造》采用纤维布及相应构造。优点是轻质高强、施工简便、可曲面或转折粘贴，加固后基本不增加原构件质量，不影响结构外形。缺点是有机胶的耐久性和耐火性问题，纤维复合材的有效锚固问题。适用于钢筋混凝土受弯、受压及受拉构件的加固。

(6) 绕丝加固法 通过缠绕退火钢丝使被加固的受压构件混凝土受到约束作用，从而提高其极限承载力和延性的一种直接加固方法。优点是构件加固后自重增加较少，基本不改变构件外形和使用空间。缺点是工艺复杂，限制条件较多，对非圆形构件作用效果降低。适用于提高钢筋混凝土柱延性的加固。

(7) 钢绞线(钢丝绳)网片-聚合物砂浆加固法 采用专用预制钢丝绳网片及其配件、混凝土加固专用界面剂、聚合物砂浆加固结构构件的新技术。单股钢丝绳也称为钢绞线，13G311—1《混凝土结构加固构造》采用钢绞线网片及相应构造。优点是对结构自重影响较小，基本不影响建筑物原有使用空间，可显著提高构件承载力和刚度。缺点是湿作业，施工期长，高强材料强度发挥及锚固问题。适用于钢筋混凝土受弯、受拉及受压构件的

加固。

(8) 外加预应力加固法 通过施加体外预应力,使原结构、构件的受力得到改善或调整的一种间接加固法。优点是不存在应力滞后的缺陷,原结构杆件内力可相应降低,基本不影响结构使用空间,便于在结构使用期内检测、维护和更换。缺点是施工工艺较复杂,新增的预应力拉杆、撑杆、缀板以及各种紧固件和锚固件等均应进行可靠的防腐处理。适用于原构件刚度偏小,改善正常使用性能,提高极限承载能力的梁、板、柱和桁架的加固。

(9) 增设支点加固法 用增设支承点来减小结构计算跨度,达到减小结构内力及相应提高结构承载力的加固方法。优点是受力明确,简便可靠,且易拆卸、复原,具有文物和历史建筑加固要求的可逆性。缺点是显著影响使用空间,原结构构件存在二次受力的影响。适用于对使用空间和外观效果要求不高的梁、板、桁架、网架等水平结构构件加固。

(10) 结构体系加固法 针对结构的整体缺陷,用新增一定结构构件(如剪力墙及侧向支撑)或设施(如阻尼器)的办法,来改进与完善原有结构体系或形成较合理的新体系,提高结构整体承载力、刚度和延性,以满足现行相关规范的方法。优点是能大幅度提高结构整体性和抗震能力。缺点是新旧结构可能存在差异沉降,新增结构构件可能影响使用功能。适用于因概念设计不合理、不规范的多、高层建筑及工业厂房建筑结构加固及抗震加固。

(11) 增设拉结体系加固法 在全装配式结构房屋周边、纵向、横向及竖向增设相应的拉结体系,以增强结构的整体性和超静定性,提高房屋抗连续性倒塌性能。优点是能显著改善结构的整体性,提高抗连续倒塌的能力。缺点是新增拉结体系可能影响使用功能。适用于各种全装配式结构。

## 2. 相关技术

与结构加固方法配套使用的相关技术种类很多,主要有裂缝修补技术、后锚固技术、阻锈技术、喷射混凝土技术等。

### (1) 裂缝修补技术

- 1) 裂缝修补的目的是修复因结构开裂所降低的功能、耐久性、防水性及观感等。
- 2) 裂缝修补技术包括裂缝成因分析、危害性评定、裂缝修补方法及工艺要求等。
- 3) 裂缝成因分析主要包括宏观责任分析、裂缝产生的时间过程分析及裂缝形态分析。

宏观责任分析主要是分析原材料的供应及质量状况、设计质量、施工质量以及使用管理情况。裂缝产生的时间过程分析,主要是检查裂缝出现的时段,是出现在施工阶段还是使用阶段。裂缝形态分析是裂缝原因分析最直接的方法,因为裂缝形态与产生原因密不可分,尤其是单因素典型裂缝,形态基本固定不变,如荷载裂缝、地震裂缝、不均匀沉降裂缝、温度收缩裂缝、锈蚀裂缝、反复冻融裂缝、混凝土沉缩裂缝、火灾裂缝、模板变形裂缝等,一般均可根据裂缝位置、起讫点、走向、形状、宽度、深度、长度、裂缝清晰度、边缘光滑度等形态特征加以区别和判断。

- 4) 裂缝对混凝土建筑的危害主要表现在结构耐久性和正常使用功能的降低。

裂缝的存在及超限会引起钢筋锈蚀,降低结构使用年限;裂缝对建筑正常使用功能的影响,主要是降低了结构的防水性能和气密性,影响建筑美观,给人们造成一种不安全的

精神压力和心理负担。裂缝危害性大小与裂缝性状、结构功能要求、环境条件及结构抗腐蚀能力有关。

5) 混凝土结构的裂缝按其形态可分为静止裂缝、活动裂缝、尚在发展的裂缝三类。

① 静止裂缝：尺寸和数量均已稳定不再发展的裂缝。修补时，仅需依裂缝粗细选择修补材料和方法。

② 活动裂缝：在现有环境和工作条件下始终不能保持稳定、易随着结构构件的受力、变形或环境温、湿度的变化而时张、时闭的裂缝。修补时，应先消除其成因，并观察一段时间，确认已稳定后，再按静止裂缝的处理方法修补；若不能完全消除其成因，但可确认对结构、构件的安全性不构成危害时，可使用具有弹性和柔韧性的材料进行修补，并根据裂缝特点确定修补时机。

③ 尚在发展的裂缝：长度、宽度或数量尚在发展，但经历一段时间后将会终止的裂缝。对此类裂缝应待其停止发展后，再进行修补或加固。

6) 混凝土结构裂缝修补方法，主要有表面封闭法、注射法、压力注浆法和填充密封法，分别适用于不同情况。应根据裂缝成因、性状、宽度、深度、裂缝是否稳定、钢筋是否锈蚀以及修补目的的不同对症选用。

① 表面封闭法：利用混凝土表层微细独立裂缝（裂缝宽度  $w \leq 0.2\text{mm}$ ）或网状裂纹的毛细作用吸收低粘度且具有良好的渗透性的修补胶液，封闭裂缝通道。对楼板和其他需要防渗的部位，尚可在混凝土表面粘贴纤维复合材料以增强封护作用。

② 注射法：以一定的压力将低黏度、高强度的裂缝修补胶液注入裂缝腔内。此方法适合于  $0.1\text{mm} \leq w \leq 1.5\text{mm}$  静止的独立裂缝、贯穿性裂缝以及蜂窝状局部缺陷的补强和封闭。注射前，应按产品说明书的规定，对裂缝周边进行密封。

③ 压力注浆法：在一定时间内，以较高压力（按产品使用说明确定）将修补裂缝用的注浆料压入裂缝腔内。此法适用于处理大型结构贯穿性裂缝、大体积混凝土的蜂窝状严重缺陷以及深而蜿蜒的裂缝。

④ 填充密封法：在构件表面沿裂缝走向骑缝凿出槽深和槽宽分别不小于 20mm 和 15mm 的 V 型沟槽，然后用改性环氧树脂或弹性填缝材料充填，并粘贴纤维复合材料附加约束。此法适用于处理  $w \geq 0.5\text{mm}$  的活动裂缝和静止裂缝。填充完毕后，其表面应做防护层。

## (2) 后锚固技术

1) 后锚固是通过相关技术手段将被连接件连接锚固到已有结构上的技术。相应于传统的预埋件-先锚，后锚固具有设计灵活、施工方便等优点，是房屋装修、设备安装、旧房改造及工程结构加固必不可少的专用技术；缺点是后锚固产品种类繁多，破坏形态多种多样，质量较难控制。

2) 后锚固技术的构造措施及施工要点如下：

① 承重结构用的锚栓，应采用有机械锁键效应的后扩底锚栓，也可采用适应开裂混凝土性能的特殊倒锥形胶粘型锚栓。

② 在抗震设防区的结构中，严禁采用普通膨胀型锚栓作为承重构件的连接件。

③ 当在抗震设防区承重结构中采用锚栓时，应采用后扩底锚栓或特殊倒锥形胶粘型锚栓，且仅允许用于设防烈度不高于 8 度、建于 I、II、III 类场地的建筑物。

④ 混凝土构件的最小厚度  $h_{\min}$  不应小于  $1.5h_{ef}$  ( $h_{ef}$  为锚栓有效锚固深度), 且不应小于 100mm。

### (3) 阻锈技术

1) 既有混凝土结构中钢筋的防锈与锈蚀损坏的修复所使用的阻锈剂分为掺加型和渗透型两类。

掺加型是将阻锈剂掺入混凝土或砂浆中使用, 适用于局部混凝土缺陷及钢筋锈蚀的修补处理。渗透型, 亦称喷涂型, 是直接将阻锈剂喷涂或涂刷在病害混凝土表面或局部剔凿后的混凝土表面。

2) 混凝土结构钢筋的防锈, 宜采用喷涂型阻锈剂。承重构件应采用烷氧基类或氨基类喷涂型阻锈剂。对掺加氯盐、使用除冰盐和海砂以及受海水侵蚀的混凝土承重结构加固时, 必须采用有效的阻锈剂, 并在构造上采取措施进行补救。

### (4) 喷射混凝土技术

1) 喷射混凝土是利用压缩空气将混凝土喷射到指定部位结构表面的一种混凝土浇筑技术, 分为干喷与湿喷, 我国目前主要采用干喷。优点是施工简便, 不用支模, 与基层的粘结力强, 密实度高, 费用较低。缺点是设备复杂, 技术要求较高。适用于旧房改造、结构加固及非平面结构等薄壁层 (30~80mm) 混凝土浇筑, 宜用于墙、板类构件。

2) 水泥应优先采用硅酸盐或普通硅酸盐水泥, 强度等级应不低于 42.5 级。石子应采用坚硬耐久性好的卵石或碎石, 粒径不应大于 12mm, 宜采用连续级配; 当掺入短纤维材料时, 粒径不应大于 10mm。水质要求与普通混凝土相同。

3) 喷射混凝土的配合比宜通过试配试喷确定, 其强度应符合设计要求, 且应满足节约水泥、回弹量少、粘附性好等要求。

4) 喷射混凝土终凝 2h 后, 应喷水养护, 养护时间不得少于 14d。气温低于 5℃ 时, 不得喷水养护。

## 1.3 常用加固计算方法

### 1.3.1 增大截面加固法

#### 1. 受弯构件正截面加固计算

(1) 采用增大截面加固受弯构件时, 应根据原结构构造和受力的实际情况, 选用在受压区或受拉区增设现浇钢筋混凝土外加层的加固方式。

(2) 当仅在受压区加固受弯构件时, 其承载力、抗裂度、钢筋应力、裂缝宽度及挠度的计算和验算, 可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》(GB 50010) 关于叠合式受弯构件的规定进行。当验算结果表明, 仅需增设混凝土叠合层即可满足承载力要求时, 也应按构造要求配置受压钢筋和分布钢筋。其原因是为了提高新增混凝土面层的安全性, 同时也为了与现行国家标准《混凝土结构设计规范》(GB 50010) 作出的“应在板的未配筋表面布置温度、收缩钢筋”的规定相协调。因为这一规定很重要, 可以大大减少新增混凝土面层产生温度、收缩应力引起的裂缝。

(3) 当在受拉区加固矩形截面受弯构件时, 如图 1-1 所示, 其正截面受弯承载力应按下列公式确定:

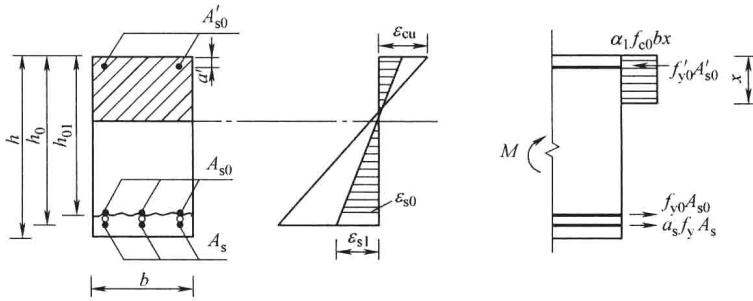


图 1-1 矩形截面受弯构件正截面加固计算简图

$$M \leq \alpha_s f_y A_s \left( h_0 - \frac{x}{2} \right) + f_{y0} A_{s0} \left( h_{01} - \frac{x}{2} \right) + f'_{y0} A'_{s0} \left( \frac{x}{2} - a' \right) \quad (1-1)$$

$$\alpha_1 f_{c0} b x = f_{y0} A_{s0} + \alpha_s f_y A_s - f'_{y0} A'_{s0} \quad (1-2)$$

$$2a' \leq x \leq \xi_b h_0 \quad (1-3)$$

式中  $M$ ——构件加固后弯矩设计值 (kN·m)；

$\alpha_s$ ——新增钢筋强度利用系数，取  $\alpha_s = 0.9$ ；

$f_y$ ——新增钢筋的抗拉强度设计值 (N/mm<sup>2</sup>)；

$A_s$ ——新增受拉钢筋的截面面积 (mm<sup>2</sup>)；

$h_0$ 、 $h_{01}$ ——构件加固后和加固前的截面有效高度 (mm)；

$x$ ——混凝土受压区高度 (mm)；

$f_{y0}$ 、 $f'_{y0}$ ——原钢筋的抗拉、抗压强度设计值 (N/mm<sup>2</sup>)；

$A_{s0}$ 、 $A'_{s0}$ ——原受拉钢筋和原受压钢筋的截面面积 (mm<sup>2</sup>)；

$a'$ ——纵向受压钢筋合力点至混凝土受压区边缘的距离 (mm)；

$\alpha_1$ ——受压区混凝土矩形应力图的应力值与混凝土轴心抗压强度设计值的比值；当混凝土强度等级不超过 C50 时，取  $\alpha_1 = 1.0$ ；当混凝土强度等级为 C80 时，取  $\alpha_1 = 0.94$ ；其间按线性内插法确定；

$f_{c0}$ ——原构件混凝土轴心抗压强度设计值 (N/mm<sup>2</sup>)；

$b$ ——矩形截面宽度 (mm)；

$\xi_b$ ——构件增大截面加固后的相对界限受压区高度，按 (4) 的规定计算。

(4) 由于加固后的受弯构件正截面承载力可以近似地按照一次受力构件计算，且试验也验证了新增主筋一般能够屈服，因而受弯构件增大截面加固后的相对界限受压区高度  $\xi_b$ ，应按下列公式确定：

$$\xi_b = \frac{\beta_1}{1 + \frac{\alpha_s f_y}{\epsilon_{cu} E_s} + \frac{\epsilon_{s1}}{\epsilon_{cu}}} \quad (1-4)$$

$$\epsilon_{s1} = \left( 1.6 \frac{h_0}{h_{01}} - 0.6 \right) \epsilon_{s0} \quad (1-5)$$

$$\epsilon_{s0} = \frac{M_{0k}}{0.85 h_{01} A_{s0} E_{s0}} \quad (1-6)$$

式中  $\beta_1$ ——计算系数，当混凝土强度等级不超过 C50 时，取  $\beta_1 = 0.8$ ；当混凝土强度等级为 C80 时，取  $\beta_1 = 0.74$ ；其间按线性内插法确定；



$\epsilon_{cu}$ ——混凝土极限压应变，取  $\epsilon_{cu}=0.0033$ ；

$E_s$ ——新增钢筋弹性模量 (MPa)；

$E_{s0}$ ——原构件钢筋弹性模量 (MPa)；

$\epsilon_{s1}$ ——新增钢筋位置处，按平截面假设确定的初始应变值；当新增主筋与原主筋的连接采用短钢筋焊接时，可近似取  $h_{01}=h_0$ ， $\epsilon_{s1}=\epsilon_{s0}$ ；

$M_{0k}$ ——加固前受弯构件验算截面上原作用的弯矩标准值 (kN·m)；

$\epsilon_{s0}$ ——加固前，在初始弯矩  $M_{0k}$  作用下原受拉钢筋的应变值。

(5) 当按式 (1-1) 及式 (1-2) 算得的加固后混凝土受压区高度  $x$  与加固前原截面有效高度  $h_{01}$  之比  $x/h_{01}$  大于原截面相对界限受压区高度  $\xi_{t0}$  时，应考虑原纵向受拉钢筋应力  $\sigma_{s0}$  尚达不到  $f_{y0}$  的情况。此时，应将上述两公式中的  $f_{y0}$  改为  $\sigma_{s0}$ ，并重新进行验算。验算时， $\sigma_{s0}$  值可按下式确定：

$$\sigma_{s0} = \left( \frac{0.8h_{01}}{x} - 1 \right) \epsilon_{cu} E_s \leq f_{y0} \quad (1-7)$$

(6) 对翼缘位于受压区的 T 形截面受弯构件，其受拉区增设现浇配筋混凝土层的正截面受弯承载力，应按上述在受拉区加固矩形截面受弯构件的计算原则和现行国家标准《混凝土结构设计规范》(GB 50010) 关于 T 形截面受弯承载力的规定进行计算。

## 2. 受弯构件斜截面加固计算

(1) 对受剪截面限制条件的规定与国家标准《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010) 完全一致，而从增大截面构件的荷载试验过程来看，增大截面还有助于减缓斜裂缝宽度的发展，特别是围套法更为有利。因此，受弯构件加固后的斜截面应符合下列条件：

1) 当  $h_w/b \leq 4$  时

$$V \leq 0.25\beta_c f_c b h_0 \quad (1-8)$$

2) 当  $h_w/b \geq 6$  时

$$V \leq 0.2\beta_c f_c b h_0 \quad (1-9)$$

3) 当  $4 < h_w/b < 6$  时，按线性内插法确定。

式中  $V$ ——构件加固后剪力设计值 (kN)；

$\beta_c$ ——混凝土强度影响系数，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》(GB 50010) 的规定值采用；

$f_c$ ——新混凝土轴心抗压强度设计值 (N/mm<sup>2</sup>)；

$b$ ——矩形截面的宽度或 T 形、I 形截面的腹板宽度 (mm)；

$h_0$ ——构件加固后的截面有效高度 (mm)；

$h_w$ ——截面的腹板高度 (mm)；对矩形截面，取有效高度；对 T 形截面，取有效高度减去翼缘高度；对 I 形截面，取腹板净高。

(2) 采用增大截面法加固受弯构件时，其斜截面受剪承载力应符合下列规定：

1) 当受拉区增设配筋混凝土层，并采用 U 形箍与原箍筋逐个焊接时：

$$V \leq \alpha_{cv} [f_{t0} b h_{01} + \alpha_c f_t b (h_0 - h_{01})] + f_{yv0} \frac{A_{sv0}}{s_0} h_0 \quad (1-10)$$

2) 当增设钢筋混凝土三面围套，并采用加锚式或胶锚式箍筋时：

$$V \leq \alpha_{cv} (f_{t0} b h_{01} + \alpha_c f_t A_c) + \alpha_s f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_0 + f_{yv0} \frac{A_{sv0}}{s_0} h_{01} \quad (1-11)$$