

广东省标准

DBJ/T 15-XX-20XX

备案号 J XXXXX-XXXX

# 既有建筑混凝土结构改造设计规范

Design code for alteration of concrete structures

in existing buildings

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

广东省住房和城乡建设厅 发布

本标准不涉及专利

广东省标准

# 既有建筑混凝土结构改造设计规范

**Design code for alteration of concrete structures  
in existing buildings**

DBJ/T 15-XX-20XX

住房和城乡建设部备案号：JXXXXX—20XX

批准部门：广东省住房和城乡建设厅

实施日期：20XX 年 XX 月 XX 日

××××出版社

# 广东省住房和城乡建设厅关于发布广东省标准 《既有建筑混凝土结构改造设计规范》的公告

粤住建公告〔20XX〕XX 号

经组织专家委员会审查，并报住房和城乡建设部备案同意，现批准《既有建筑混凝土结构改造设计规范》为广东省地方标准，编号为 DBJ/T 15-XX-20XX。本标准自 20XX 年 XX 月 XX 日起实施。

本标准由广东省住房和城乡建设厅负责管理，由广州华特建筑设计事务所、华南理工大学建筑设计研究院负责具体技术内容的解释。

广东省住房和城乡建设厅

二〇XX 年 XX 月 XX 日

# 前 言

根据广东省住房和城乡建设厅关于发布《2015 年广东省工程建设标准制订和修订计划》的通知”（粤建科函〔2015〕2367 号）及《关于同意变更广东省标准《既有建筑物改造结构设计规范》名称和编制单位的函》的要求，由广州华特建筑设计结构事务所、华南理工大学建筑设计研究院会同有关单位，在广泛调查研究的基础上，开展了专题研究，总结了广东省内在既有混凝土结构改造设计方面的研究成果和实践经验，参考国内外设计标准和文献资料，完成了本规范的编制工作。

本规范的主要内容是：总则、术语和符号、基本规定、既有混凝土结构的可靠性评估与加固设计、改造方法及其设计规定、新旧结构连接设计、变形监测与质量检验。

本规范由广东省住房和城乡建设厅负责管理，由广州华特建筑设计结构事务所、华南理工大学建筑设计研究院负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送广州华特建筑设计结构事务所（地址：广州市天河区高唐路 233 号时代 E-PARK 6 栋四楼，邮编：510640，Email：GFZ112233@163.com）。

本规范主编单位：广州华特建筑设计结构事务所

华南理工大学建筑设计研究院

本规范参编单位：华南理工大学

广州市设计院

广东省建筑设计研究院

广州瀚华建筑设计有限公司

广东省建科建筑设计院有限公司

珠海市建筑设计院

广州市城市规划勘测设计研究院

佛山市顺德建筑设计院有限公司

广州智弘建筑物检测与鉴定技术有限公司

广州市稳固防水补强工程有限公司

喜利得（中国）商贸有限公司

本规范主要起草人员：黄小许、韦宏、韩小雷、陆瑞明、韩建强、郑建东、罗赤字、周伟斌、谢春、何培建、李巨民、邓婷、孙文波、张小明、麦伟梁、吴文、江毅、付伟、万志勇、刘邵敏、毛桂平、林启辉、黄辉辉、程志辉、郭远翔、文健、陈林、王巍、李子生、李坚、程鉴基、邓建荣、汪晓明、关滚滚、杨随新

本规范主要审查人员：

## 目 次

1	总则.....	1
2	术语和符号.....	2
2.1	术语.....	2
2.2	符号.....	2
3	基本规定 .....	4
3.1	一般规定.....	4
3.2	设计基础资料.....	5
3.3	后续使用年限.....	6
3.4	荷载.....	6
3.5	结构参数与结构分析.....	7
3.6	结构承载力计算.....	7
3.7	变形与裂缝控制.....	8
3.8	抗震设计.....	10
3.9	耐久性设计.....	11
3.10	改造过程中的防倒塌设计.....	11
3.11	材料.....	12
4	既有混凝土结构的可靠性评估与加固设计.....	14
4.1	改造前既有混凝土结构的可靠性鉴定.....	14
4.2	改造后既有混凝土结构的安全性评估.....	15
4.3	既有混凝土结构及地基基础的加固设计.....	16
5	改造方法及其设计规定.....	20
5.1	一般规定.....	20
5.2	楼层结构改造.....	20
5.3	结构托换改造.....	24
5.4	整体升高改造.....	25
5.5	保护性改造.....	28
5.6	加层改造.....	29
5.7	扩建改造.....	30
6	新旧结构连接设计.....	32
6.1	一般规定.....	32
6.2	新加构件与既有支承结构的连接.....	33
6.3	加固构件与既有支承结构的连接.....	34
6.4	包柱式梁与既有柱的连接.....	37
6.5	包柱式柱帽与既有柱的连接.....	41
6.6	构造规定.....	43
7	变形监测与质量检验.....	49
7.1	变形监测.....	49
7.2	质量检验.....	49
	附录 A 微型嵌岩钢管灌注桩的设计 .....	51
	本规范用词说明.....	54
	引用标准名录 .....	55
	附：条文说明 .....	56

# Contents

1	General Provisions.....	1
2	Terms and Symbols.....	2
2.1	Terms.....	2
2.2	Symbols.....	2
3	Basic Requirements.....	4
3.1	General Requirements.....	4
3.2	Basic Information for Design.....	5
3.3	Subsequent Service Life.....	6
3.4	Load .....	6
3.5	Structural Parameters and Structural Analysis.....	7
3.6	Calculation of Structural Capacity.....	7
3.7	Checking of Deformation and Cracks.....	8
3.8	Seismic Design.....	10
3.9	Durability Requirements.....	11
3.10	Anti-collapse Requirements During the Alteration Process.....	11
3.11	Materials.....	12
4	Evaluation and Strengthening Design of Existing Concrete Structures.....	14
4.1	Reliability Appraisal of Existing Concrete Structures Before Alteration.....	14
4.2	Safety Evaluation of Existing Concrete Structures After Alteration.....	15
4.3	Strengthening Design of Existing Concrete Structures and Foundations.....	16
5	Alteration Method and Design Requirements.....	20
5.1	General Requirements.....	20
5.2	Alteration of Floor structures.....	20
5.3	Structural Replacement.....	24
5.4	Lifting the Structure as a Whole.....	25
5.5	Protective Alteration .....	28
5.6	Adding Floors.....	29
5.7	Structural Expansion.....	30
6	Connection Design between New and Existing Structure.....	32
6.1	General Requirements.....	32
6.2	Connection between Newly Added Member and Existing Support Structure.....	33
6.3	Connection between Strengthened Member and Existing Support Structure.....	34
6.4	Connection between Wrapped Beam and Existing Column.....	37
6.5	Connection between Column Cap and Existing Column.....	41
6.6	Detailing Requirements.....	43

7 Deformation Monitoring and Quality Inspection.....	49
7.1 Deformation Monitoring.....	49
7.2 Quality Inspection.....	49
Appendix A Design of Miniature Grouted Steel Pipe Piles.....	51
Explanation of Wording in this Code.....	54
List of Quoted Standards.....	55
Addition: Explanation of Provisions.....	56

# 1 总 则

**1.0.1** 为了在广东省内既有混凝土结构的改造设计中做到技术可靠、安全适用、经济合理、保证质量，制定本规范。

**1.0.2** 本规范适用于工业与民用建筑的既有混凝土结构改造设计。本规范不适用于轻骨料混凝土结构和特种混凝土结构的改造设计。

**1.0.3** 在对既有混凝土结构进行改造设计时，综合考虑结构现状、改造后使用功能、后续使用年限和改造施工条件等因素，比对技术经济指标，优化方案，精心设计。

**1.0.4** 既有混凝土结构的改造设计，除应符合本规范的规定外，尚应符合国家和广东省现行有关标准的规定。



## 2 术语和符号

### 2.1 术 语

#### 2.1.1 既有混凝土结构 existing concrete structure

改造前已存在的混凝土结构。

#### 2.1.2 改造 alteration

对既有混凝土结构的结构布置或结构构件作出改变,以满足建筑物新的使用功能要求和可靠性要求。

#### 2.1.3 后续使用年限 subsequent service life

设计规定的改造后结构或结构构件不需进行大修即可按改造预定目的继续使用的年限。

#### 2.1.4 安全性评估 safety evaluation

对既有混凝土结构的承载力和构造措施进行分析、验算和评定

#### 2.1.5 包柱式梁 beam wrapped around the existing column

将既有混凝土柱包裹于内的混凝土梁,柱和梁之间进行新旧混凝土连接界面处理、通过连接界面传递荷载。

#### 2.1.6 包柱式柱帽 cap wrapped around the existing column

将既有混凝土柱包裹于内的混凝土柱帽,柱和柱帽之间进行新旧混凝土连接界面处理、通过连接界面传递荷载。

#### 2.1.7 新旧混凝土连接界面 interface between newly poured concrete and hardened concrete

新浇筑混凝土与已硬化混凝土之间的连接界面。

#### 2.1.8 界面连接钢筋 reinforcement used to connect the interface

连接新旧混凝土连接界面的钢筋,包括界面抗剪钢筋和界面分布钢筋。

#### 2.1.9 界面抗剪钢筋 shear-friction reinforcement for the interface

提供界面抗剪作用的界面连接钢筋。

#### 2.1.10 界面分布钢筋 distributed reinforcement across the interface

提供界面构造作用的界面连接钢筋。

### 2.2 符 号

#### 2.2.1 材料性能

C20——立方体抗压强度标准值为  $20\text{N/mm}^2$  的混凝土强度等级;

$f_c$ ——混凝土的轴心抗压强度设计值;

$f_{y1}$ 、 $f_{y2}$ ——原整浇混凝土截面内、新加混凝土截面内的界面抗剪钢筋的抗拉强度设计值。

#### 2.2.2 作用效应和抗力

$M$ ——连接界面处的弯矩设计值;

$R$  —— 结构构件的抗力设计值；

$S$  —— 承载能力极限状态下作用组合的效应设计值；

$V$  —— 连接界面处的剪力设计值、柱周连接界面处的总剪力设计值；

$V_{Rx}$ 、 $V_{Ry}$  ——  $x$ - $x$ 、 $y$ - $y$  计算截面处连接界面提供的受剪承载力设计值。

### 2.2.3 几何参数

$b$  —— 连接界面的计算宽度、加固后总界面的计算宽度；

$b_1$  —— 原整浇混凝土截面的计算宽度；

$b_x$ 、 $b_y$  ——  $x$ - $x$ 、 $y$ - $y$  计算截面处连接界面的计算宽度；

$h$  —— 连接界面的高度、加固后总界面的高度；

$h_0$  —— 连接界面处的截面有效高度；

$h_1$  —— 原整浇混凝土截面的高度；

$h_x$ 、 $h_y$  ——  $x$ - $x$ 、 $y$ - $y$  计算截面处连接界面的计算高度；

$A_c$  —— 连接界面的计算面积、加固后总界面的计算面积；

$A_{c1}$  —— 原整浇混凝土截面的计算面积；

$A_{sv}$  —— 界面抗剪钢筋的截面面积；

$A_{sv1}$ 、 $A_{sv2}$  —— 原整浇混凝土截面内、新浇混凝土截面内的界面抗剪钢筋的截面面积；

$A_{svx}$ 、 $A_{svy}$  ——  $x$ - $x$ 、 $y$ - $y$  计算截面处的界面抗剪钢筋的截面面积。

### 2.2.4 计算系数及其它

$\alpha_A$  —— 原整浇混凝土截面的计算面积与加固后总界面的计算面积之比；

$\beta_c$  —— 混凝土强度影响系数；

$\gamma_0$  —— 结构重要性系数；

$\gamma_E$  —— 结构构件和连接界面的抗力调整系数；

$\gamma_L$  —— 考虑后续使用年限的荷载调整系数；

$\gamma_{Rd}$  —— 结构构件和连接界面的抗力计算模型不确定性调整系数值；

$\gamma_{RE}$  —— 结构构件和连接界面的承载力抗震调整系数；

$\eta$  —— 考虑既有混凝土柱截面形式的连接界面受剪承载力影响系数；

$\lambda$  —— 连接界面处截面的剪跨比；

$\lambda_x$ 、 $\lambda_y$  ——  $x$ 、 $y$  向包柱式梁在计算截面处的剪跨比；

$\mu$  —— 考虑整浇截面作用的连接界面受剪承载力影响系数。

## 3 基本规定

### 3.1 一般规定

3.1.1 既有混凝土结构的改造，应按改造后的使用功能和后续使用年限进行改造设计。

3.1.2 在改造设计时，新加结构、既有结构和新旧结构之间的连接均应满足承载力要求，并采取有效措施减少材料变形、控制结构变形和基础不均匀沉降变形，避免改造后的结构产生超过现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 规定的变形和裂缝。

3.1.3 改造设计应包括下列设计内容，可视改造项目的具体情况调整设计内容：

- 1 新加结构的设计；
- 2 既有混凝土结构的可靠性评估与加固设计；
- 3 新旧结构的连接设计；
- 4 改造过程中的防倒塌设计；
- 5 相关的地基基础设计；
- 6 满足特殊改造要求的结构专项设计。

3.1.4 对于只涉及局部结构的改造，当同时满足下列条件时，可取改造范围内的结构及其相关结构作为改造设计范围；否则，应取建筑物的整体结构作为改造设计范围：

- 1) 改造不需要延长设计使用年限；
- 2) 改造对整体结构安全性的不利影响可忽略不计；
- 3) 原设计当时所依据的主要结构设计标准是 1985 年 1 月以后发布的标准；
- 4) 建筑物已经竣工验收合格，设计图纸、竣工图纸和工程质保资料齐全、可信；
- 5) 改造前未曾改变使用条件、使用功能，未曾进行影响整体结构性能的改造或加固维修；
- 6) 建筑物前期正常使用，未曾遭受火灾、地震、爆炸、洪水、非正常撞击等灾害性损伤。

3.1.5 建筑结构的安全等级，应按照改造后的建筑规模和使用功能，根据现行国家标准《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068 的规定划分。结构中各类结构构件的安全等级宜与整体结构的安全等级相同。对于结构中的关键连接部位和托换梁、托换柱等特别重要的构件，宜提高其安全等级。

地基基础设计等级，应按改造后的建筑规模和使用功能根据现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的规定划分。对于沉降变形已稳定、基础荷载不会增加、地基不会受到改造施工显著扰动的既有地基基础，可按原设计采用的地基基础设计等级不变。

3.1.6 改造后的结构单元，平面布置宜简单、规则，质量、刚度的平面分布宜均匀，避免严重不规则的结构平面布置；结构的侧向刚度宜上小下大，逐渐均匀变化，避免结构侧向刚度沿高度方向出现突变。

3.1.7 在改造过程中，应采取措施避免结构性破坏或倒塌，并符合下列规定：

1 当涉及结构托换、整体升高、外立面结构保护性改造等改造情形时，应按改造的特殊需要进行相应的结构专项设计，结构专项设计应包括改造方法、施工顺序、支撑设置、变

形监测及其控制标准等内容；

2 当需要拆除部分承重结构时，应在改造设计中提出必要的结构安全防护措施，安全防护措施应包括拆除方法、拆除顺序、支撑设置、结构加固措施、拆除施工的前置条件、楼面堆载限值等内容。

**3.1.8** 对于下列情形的既有混凝土结构，不适合进行改造、不应进行结构改造设计：

1 既有结构布置过于混乱、传力途径极不清晰，可能导致改造过程中难以预防的失稳或坍塌；

2 既有结构由于受损严重而出现随时倒塌的险情，且险情尚未排除；

3 既有结构由于地基基础变形而开裂或倾斜、存在倒塌的危险，且险情尚未排除；

4 可能在改造过程中发生难以预防的失稳或坍塌的其它情形。

**3.1.9** 对于在改造过程中采用合成树脂材料或其它聚合物材料的结构构件和连接部位，应定期检查其工作状态、评估其安全性及耐久性。应根据材料耐久性、使用范围大小、使用部位的重要性确定检查的时间间隔，但第一次检查时间不应迟于 10 年。

**3.1.10** 在后续使用过程中，未经技术鉴定或设计许可，不得改变改造后结构的用途和使用环境。

### **3.2 设计基础资料**

**3.2.1** 在改造设计前，应根据改造设计需要收集、查阅下列设计基础资料：

1 原工程设计文件，包括建筑设计图纸、结构设计图纸（含设计变更通知书），结构计算书、结构计算模型；

2 原工程施工资料，包括工程竣工图纸、工程质量保证资料等；

3 改造项目的建筑设计图纸、装修设计图纸；

4 岩土工程勘察报告；

5 既有混凝土结构的可靠性鉴定报告；

6 前期使用过程中改扩建和加固维修的设计文件及施工资料；

7 其它与改造设计相关的资料，包括建筑场地、周围建筑物、室内外管线、周边道路通行条件等。

**3.2.2** 当改造设计涉及地基基础，但缺乏岩土工程勘察报告或原有岩土工程勘察报告不能满足改造设计的要求时，应补充进行岩土工程勘察、出具岩土工程勘察报告。当既有建筑位于或临近山坡、挡土墙、河流、岩溶及土洞发育场地时，应勘察场地稳定性、评估不良场地条件对既有建筑的潜在威胁或直接危害。

**3.2.3** 在鉴定报告中，应提供既有混凝土结构的结构布置、构件截面尺寸、钢筋配置、材料力学性能、结构开裂受损等结构现状信息，提供结构承载力验算结果，评定结构的安全性和抗震能力，必要时应评定结构的使用性。

**3.2.4** 可靠性鉴定报告应在其注明的有效期内使用。如果没有注明有效期，可靠性鉴定报告宜在报告出具之日起两年内使用。

**3.2.5** 在改造设计前，设计人员应现场查勘建筑物结构现状，了解建筑物场地条件。对于结构现状，应重点了解建筑物结构体系、平面布置、楼层分布、使用过程等情况，并查看结构变形、开裂破损、钢筋锈蚀等损伤情况。对于场地条件，应重点查勘建筑物周边的地形、

河流、山坡、挡土墙、滨海大气等环境条件，并了解建筑物周边的建筑物、道路交通、施工场地、管线布置等改造施工条件。

3.3 后续使用年限

- 3.3.1 对于改造后的混凝土结构，应在设计图纸中明确改造后的使用功能和后续使用年限。后续使用年限应在综合考虑业主的改造需求、结构现状和技术经济指标后确定。
- 3.3.2 新加结构和既有混凝土结构宜采用相同的后续使用年限。当改造确实需要、且结构条件许可时，新加结构和既有混凝土结构可采用不同的后续使用年限。
- 3.3.3 后续使用年限宜延续既有混凝土结构的原设计使用年限，即取原设计使用年限扣除已使用年限作为后续使用年限，但后续使用年限不宜取少于 30 年。当改造范围仅限于建筑物的局部结构时，不应延长既有混凝土结构的原设计使用年限。
- 3.3.4 当既有混凝土结构耐久性状态良好、在改造后能满足与原设计使用年限对应的耐久性要求时，可取原设计使用年限不扣除已使用年限作为后续使用年限。
- 3.3.5 对于在改造前曾经采用合成树脂材料或其它聚合物材料进行过加固的既有混凝土结构，在确定后续使用年限时应考虑前期加固年份和所用加固材料老化程度的影响。

3.4 荷 载

- 3.4.1 对于改造后的混凝土结构，应按改造后的结构布置、使用功能和后续使用年限计算作用于结构上的荷载。
- 3.4.2 对于作用于结构上的自重荷载，应按下列规定确定：
- 1 对于现有自重荷载，应根据自重荷载项目的实际布置及实测几何尺寸，按材料自重和设备重量参数计算确定。当原图纸资料上有关自重荷载项目的布置及标示尺寸与建筑物现状一致时，可按原图纸资料上的布置及标示尺寸、根据现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定计算作用于结构上的自重荷载。
- 2 对于新加自重荷载，应按改造后的设计图纸、根据现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定计算作用于结构上的自重荷载。
- 3.4.3 对于新加的垂直电梯、手扶电梯、坡道梯、空调设备、工业设备等固定设备，应按设备安装图及其说明书中的自重参数、运营重量和支点布置要求确定设备荷载。
- 3.4.4 作用于结构上的可变荷载，应按改造后的使用功能、后续使用年限根据现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定计算。在计算基本组合下的内力设计值时，考虑后续使用年限的荷载调整系数 $\gamma_L$ 错误!未找到引用源。应按表 3.4.4 采用：

表 3.4.4 考虑后续使用年限的荷载调整系数  $\gamma_L$

后续使用年限	30 年	40 年	50 年
风荷载	0.90	0.95	1.00
楼（屋）面活荷载	0.95	1.00	1.00

注：当后续使用年限少于 30 年时，宜按 30 年取  $\gamma_L$  值。

- 3.4.5 当涉及抗浮设计且地下水位在前期已发生显著变化时，应查明改造时的水文地质勘察资料、考虑建筑场地条件，并进而确定地下水位、计算作用于混凝土结构上的水压力。

3.4.6 对改造施工阶段进行结构分析时，应计入改造过程中的施工荷载和设备安装荷载，包括搬运重型设备时作用于楼面的临时荷载；基本风压值宜按重现期为 10 年取值。

3.4.7 对于整体升高改造，当计算顶升施工阶段作用于下部支承结构和顶升装置上的竖向荷载时，被顶升结构的竖向荷载应乘以考虑顶升动力加速作用和柱间内力重分布影响的荷载调整系数。荷载调整系数应根据结构现状、顶升设备和顶升操作方案确定，且取值应不小于 1.1。

### 3.5 结构参数与结构分析

3.5.1 在改造设计时，既有结构的结构布置、构件尺寸、钢筋配置及材料力学性能指标应根据原图纸资料和可靠性鉴定报告取值，当原图纸资料与可靠性鉴定报告不一致时，应以可靠性鉴定报告中的实测数据为准。

3.5.2 当改造过程中需要拆除重要承重构件、显著增大既有结构内力或既有结构可能失稳破坏时，除应按改造后使用阶段进行结构分析外，尚应按改造过程不同阶段的受力状态分别进行结构分析。

3.5.3 在对既有结构进行结构分析及承载力验算时，应按改造后的结构布置及作用建立结构计算模型、进行结构分析和承载力验算。结构计算模型应符合结构的实际受力状况。当结构计算模型与实际受力状况不一致时，应根据具体情况对结构构件的计算内力进行适当调整。

3.5.4 进行结构分析时，应充分考虑既有混凝土结构前期已发生的结构变形和基础沉降变形，评估改造后结构可能发生的结构变形和基础沉降变形，分析既有结构和新加结构的变形和受力不同步程度及其对改造后结构的影响。

### 3.6 结构承载力计算

3.6.1 改造设计时，结构承载力计算应包括下列内容：

- 1 新加结构构件的承载力计算（包括稳定性验算）；
- 2 既有结构构件的承载力验算及加固后承载力计算（包括稳定性验算）；
- 3 新旧结构连接界面及相关连接部件的承载力计算；
- 4 对需要承受地震作用的结构应进行抗震承载力计算；
- 5 对直接承受重复荷载的构件应进行疲劳验算；
- 6 必要时应进行结构的抗倾覆、抗滑移、抗漂浮验算；
- 7 对可能遭受偶然作用或发生意外偏位，且倒塌可能引起严重后果的重要结构，宜进行防连续倒塌设计。

3.6.2 结构构件和新旧结构连接界面应按下列公式验算承载力：

$$\gamma_0 S \leq R/\gamma_E \quad (3.6.2-1)$$

$$R = R(f, a_k, \dots)/\gamma_{Rd} \quad (3.6.2-2)$$

式中： $\gamma_0$  ——结构重要性系数：改造后安全等级为一级时，不应小于 1.1；改造后安全等级为二级时，不应小于 1.0；改造后安全等级为三级时，不应小于 0.9；

对于整体升高改造中的顶升装置和托换改造中的托换结构等特别重要的结构构件，不应小于 1.1；当考虑地震设计状态时，应取 1.0；

$\gamma_E$ ——结构构件和连接界面的抗力调整系数：对于未经加固的既有构件，视构件重要性取小于 1.0 的数值；对于其它构件和连接界面，取 1.0；

$S$ ——承载能力极限状态下作用组合的效应设计值，应按作用的基本组合计算，当考虑地震设计状态时应按作用的地震组合计算；

$R$ ——结构构件和连接界面的抗力设计值；

$\gamma_{Rd}$ ——结构构件和连接界面的抗力计算模型不确定性调整系数：对通常的静力设计应取 1.0；对于不确定性较大的静力设计应取大于 1.0 的数值；对抗震设计  $\gamma_{Rd}$  应取不低于本规范第 3.8.3 条规定的承载力抗震调整系数  $\gamma_{RE}$  的数值；

$R(\cdot)$ ——结构构件和连接界面的抗力函数；

$f$ ——材料的强度设计值；

$a_k$ ——几何参数的标准值。

注：公式 (3.6.2-1) 中的  $\gamma_0 S$  为内力设计值，在本规范中用  $M$ 、 $V$  等表达。

**3.6.3** 新旧结构连接界面的承载力计算应符合本规范第 6 章的规定。

**3.6.4** 改造后结构的承载力计算除应遵守本规范的规定外，尚应遵守国家现行有关设计标准的规定。

### 3.7 变形与裂缝控制

**3.7.1** 应根据工程地质条件、既有地基基础状况、地基基础加固方案和类似工程经验评估既有地基基础在改造过程中可能产生的附加沉降变形。评估时应着重考虑地基基础的加固施工对建筑物地基的扰动，包括基础基坑开挖、基础施工扰动及水土流失对既有地基基础的不利影响。应通过合理的地基基础加固方案和适当的施工工艺来减少改造过程中产生的附加沉降变形。

**3.7.2** 对于现状完好或基本完好的既有混凝土结构，在改造过程中相邻基础产生的附加沉降差不宜大于  $0.0015L$ ， $L$  为相邻基础的中心距离。对于因基础不均匀沉降已发生开裂或倾斜的既有混凝土结构，应从严控制在改造过程中产生的附加沉降变形。

**3.7.3** 在改造范围内有下列情形之一的建筑物应进行沉降变形验算：

1 对于地基基础设计等级为甲级的建筑物：

- 1) 采用非嵌岩、非深厚坚硬持力层的桩基新加基础或加固基础；
- 2) 新加浅基础或采用扩大浅基础方法加固基础。

2 对于地基基础设计等级为乙级的建筑物：

- 1) 采用非嵌岩、非深厚坚硬持力层的桩基新加基础或加固基础，且建筑体型复杂、荷载分布显著不均匀或桩端平面以下存在软弱土层；
- 2) 新加浅基础或采用扩大浅基础的方法加固基础。

3 对于地基基础设计等级为丙级、且新加浅基础或采用扩大浅基础的方法加固基础的建筑物：

- 1) 地基承载力特征值小于  $130\text{kPa}$ ，且建筑体型复杂；

- 2) 相邻基础荷载差异较大，或受相邻建筑物及附近地面堆载的附加影响，可能引起地基产生过大的不均匀沉降；
- 3) 软弱地基上的建筑物存在偏心荷载；
- 4) 地基内有厚度较大或厚薄不均的填土，且其自重固结未完成；
- 5) 不满足表 3.7.3 所列条件的框架结构建筑物。

**表 3.7.3 可不作沉降变形验算的框架结构建筑物范围**

框架结构层数		≤5	≤5	≤6	≤6	≤7
地基主要受力层情况	地基承载力特征值 $f_{ak}(\text{kPa})$	$80 \leq f_{ak}$	$100 \leq f_{ak}$	$130 \leq f_{ak}$	$160 \leq f_{ak}$	$200 \leq f_{ak}$
	各土层坡度 (%)	≤5	≤10	≤10	≤10	≤10

注：地基主要受力层系指条形基础底面下深度为  $3b$  ( $b$  为基础底面宽度)，独立基础下  $1.5b$ ，且厚度均不小于  $5.0\text{m}$  的范围内的土层（二层以下一般的民用建筑除外）。

4 对于在改造后既有基础承载力满足要求、不作加固，但基础荷载显著增大的下列建筑物：

- 1) 既有基础采用非嵌岩、非深厚坚硬持力层的桩基、设计等级为甲级的建筑物；
- 2) 既有基础采用浅基础、设计等级为甲级或乙级的建筑物；
- 3) 既有基础已发生显著不均匀沉降的建筑物。

3.7.4 地基基础的最终沉降变形量可按下式计算：

$$S = S_0 + S_1 + S_2 \quad (3.7.4)$$

式中：  $s$  ——地基基础的最终沉降变形量 (mm)；

$s_0$  ——地基基础在改造前已完成的沉降变形量，可由沉降观测资料确定，或根据上部结构倾斜度及开裂状况、结合类似工程经验估算 (mm)；

$s_1$  ——地基基础在改造过程中受地基扰动产生的附加沉降变形量，根据工程具体条件评估 (mm)；

$s_2$  ——地基基础在改造过程中及完成改造后使用阶段在荷载作用下产生的沉降变形量 (mm)，其中新加基础应按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的规定计算，加固后的基础应按现行行业标准《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123 的规定计算。

3.7.5 既有地基基础有完整的沉降观测数据时，可根据最终稳定的沉降变形实测值反算得出沉降计算经验系数用于改造后结构的地基基础沉降计算。

3.7.6 地基基础的最终沉降变形应符合下列规定：

- 1 最终沉降变形应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 对柱间沉降差、局部倾斜和整体倾斜的限值规定；
- 2 对有特殊要求的保护性建筑物，最终沉降变形应满足建筑物的保护要求；
- 3 对于改造前已发生较大沉降变形、以致最终沉降变形难以满足要求的建筑物，应采取相应的措施，以保证改造后的结构安全和正常使用功能。

3.7.7 对于在改造前地基基础沉降变形尚未稳定的既有混凝土结构，应对地基基础先行加



固。

**3.7.8** 对于改造前的整体倾斜值已不符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 限值规定的既有建筑，应评估整体倾斜对建筑正常使用功能及上部混凝土结构承载力的影响程度，必要时计入整体倾斜的影响进行结构分析和承载力验算，并按下列规定进行必要的整体纠倾：

1 当整体倾斜程度已造成上部结构或地基基础不能满足承载力要求，且不宜通过加固使承载力满足要求时，应在改造前对建筑物先行整体纠倾；

2 当整体倾斜程度已造成建筑物不能满足正常使用功能要求，且不宜通过找平、修补等常规措施使建筑物恢复正常使用功能时，宜在改造前对建筑物先行整体纠倾。

3 当整体倾斜实测值已超过表 3.7.8 所列的改造前整体倾斜限值时，宜在改造前对建筑物先行整体纠倾。

4 完成纠倾后的整体倾斜实测值应不大于表 3.7.8 所列的纠倾后整体倾斜限值。

表 3.7.8 既有混凝土结构的整体倾斜限值

建筑物高度 (m)	低层和多层建筑	高层建筑
	$H \leq 24$	$H > 24$
改造前整体倾斜限值 (mm)	$60 + 0.005H$	$100 + 0.003H$
纠倾后整体倾斜限值 (mm)	$10 + 0.001H$	$30 + 0.0003H$

注：1 表中的  $H$  为自室外地面起算的建筑物高度 (mm)；

2 既有建筑的整体倾斜实测值可按建筑物的纵横两个方向分别计算。

**3.7.9** 改造后结构构件的挠度和裂缝宽度应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定进行验算。

**3.7.10** 改造后高层建筑混凝土结构的水平位移应按现行广东省标准《高层建筑混凝土结构技术规程》DBJ 15 的有关规定进行验算。

**3.7.11** 对于既有结构中已存在的变形和裂缝，应评估其对结构安全性和使用性的影响，视其性状和严重程度进行相应的修补和加固处理。

### 3.8 抗震设计

**3.8.1** 抗震设计时，应按改造后的使用功能和建筑规模，根据现行国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》GB50223 的规定确定抗震设防类别，根据现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 的规定确定抗震设防标准、计算地震作用。

**3.8.2** 考虑地震组合验算混凝土结构构件、新旧结构连接界面和连接部件的承载力时，应按承载力抗震调整系数进行调整。承载力抗震调整系数应按下列规定取值：

1 验算新加构件、连接部件和加固构件的承载力时，承载力抗震调整系数应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定取值；

2 验算既有构件的承载力时，对于后续使用年限大于 30 年的结构，承载力抗震调整系数应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定取值；对于后续使用年限不大于 30 年的结构，承载力抗震调整系数取现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 规定数值的 0.85 倍；

3 验算新旧结构连接界面的受剪承载力时，承载力抗震调整系数取 0.85；

4 验算植筋和锚栓的锚固连接承载力时，承载力抗震调整系数取 1.0。

3.8.3 新加结构构件应根据国家现行有关标准的规定进行抗震设计；既有结构构件应按抗震能力评定结论根据国家现行有关标准的规定进行抗震加固设计。

### 3.9 耐久性设计

3.9.1 在既有混凝土结构的改造设计中，既有结构和新加结构均应按后续使用年限和改造后的环境类别根据国家现行有关标准的规定进行耐久性设计。

3.9.2 对于既有结构中已存在混凝土严重碳化、混凝土开裂受损、钢筋锈蚀、钢筋保护层不足等耐久性损伤的构件，应根据耐久性鉴定结论进行修复与防护设计，使其达到与后续使用年限及环境类别相对应的耐久性要求。

3.9.3 耐久性的修复与防护设计，应根据不同结构类型及其环境类别、后续使用年限、耐久性损伤类型及原因、预期修复效果等，制定相应的设计方案。修复与防护设计应符合现行行业标准《混凝土结构耐久性修复与防护技术规程》JGJ/T 259 的规定。

3.9.4 在既有结构的加固设计中采用粘贴纤维增强复合材料（简称复材）、粘贴钢板、外包型钢等加固方法时，加固材料不得直接暴露于阳光或有害介质中，应根据后续使用年限、构件所处环境类别和加固材料所受环境影响程度等因素进行必要的防护设计，防护设计可采用设置防护层和计入截面削减两种防护方式。防护层材料对钢板、复材及胶粘剂应无害。

3.9.5 采用植筋胶植筋、采用胶粘剂粘贴钢板或复材加固既有结构时，其长期使用的环境温度不应高于 60℃；采用植筋胶植筋、且处于高温环境时，应使用能够耐受相应高温的植筋胶；采用胶粘剂粘贴钢板或复材加固既有结构、且处于特殊环境（如高温、高湿、介质侵蚀、放射等）时，应采用耐环境因素作用的胶粘剂、按专门的工艺要求进行粘贴。

3.9.6 钢材和复材的防护设计应分别符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 和《纤维增强复合材料建设工程应用技术规范》GB 50608 的有关规定。

3.9.7 在改造设计中采用合成树脂材料或其它聚合物材料时，材料的老化性能应满足后续使用年限的要求。

### 3.10 改造过程中的防倒塌设计

3.10.1 既有混凝土结构的改造设计，应根据结构现状和改造要求评估改造过程中的结构安全，对既有结构采取必要的防护措施、防止结构倒塌。

3.10.2 对于布置混乱、传力途径不明确的既有结构，应采取必要的卸荷、支撑或加固等结构防护措施。

3.10.3 对于既有结构中存在严重质量缺陷或已严重受损的构件，应评估存在安全隐患的严重程度，在改造施工前采取卸荷、支撑或加固等结构防护措施，消除安全隐患。

3.10.4 应采取措施减少改造施工对既有结构的损伤，避免冲击震动对结构的累积性损伤，避免大面积剥离保护层混凝土。需要拆除部分结构时，应选用机械切割、抽芯成孔等震动小、损伤结构程度轻微的拆除方法，拆除物应轻堆轻放、及时外运，避免楼面超载；需要钻孔植筋时应避免在同一截面或相邻截面密集布置植筋孔位，防止因钻孔施工显著削弱构件的截面承载力。在同一截面或相邻截面的植筋孔位比较多时，应跳孔分批植筋、确保结构安全。

- 3.10.5** 对于基础沉降变形尚未稳定、已发生整体倾斜或结构因基础不均沉降已开裂的建筑物,应根据前期沉降变形、整体倾斜程度和上部结构裂缝的观测数据,分析建筑物继续沉降、倾斜、开裂的严重程度和趋势,评估改造施工过程中的结构安全性,必要时采取卸除荷载、设置支撑、应急加固、整体纠倾等防护措施。在沉降变形趋于稳定、安全隐患已消除的条件下才能实施改造施工,改造施工过程中应加强沉降变形、整体倾斜和结构裂缝的监测工作。
- 3.10.6** 在改造过程中,如果既有结构受力条件发生显著变化、有可能出现倾斜、失稳、开裂、倒塌的情况时,应设置承载力和刚度足够的临时性支撑或进行必要的结构加固,同时加强现场的变形监测。临时性支撑的设置应考虑改造过程中各个阶段的最不利作用,并为改造施工留有必要的空间、为改造施工提供便利。
- 3.10.7** 对于整体升高改造,应确保顶升装置中各组成部件及其连接的可靠性,密切监测被顶升结构的顶升位移和侧向偏位,发现位移异常或超限,应及时采取措施予以纠正。整体升高改造应避免在台风、暴雨期间实施顶升。
- 3.10.8** 对于结构托换改造,应明确拆除被托换构件的前提条件。在拆除被托换构件前,托换结构应具备足够的承载能力及刚度,或已设置了可靠支撑。应切实做到截面分区、逐步拆除被托换构件,并加强对托换结构和被托换构件的变形监测。
- 3.10.9** 对于外立面结构的保护性改造,应着重加强外立面结构的侧向支撑、增强外立面结构的侧向稳定性,并加强对外立面结构侧向变形的监测。
- 3.10.10** 对于整体升高改造、结构托换改造和外立面结构保护性改造,改造施工时应根据具体情况编制应急预案,并在现场准备充足的应急人员、机具和材料。
- 3.10.11** 改造过程中的防倒塌设计,除应遵守本规范的规定外,尚应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中有关防连续倒塌的规定。

### 3.11 材 料

- 3.11.1** 在既有混凝土结构的改造设计中,新加结构的材料及加固材料的选用、性能指标、质量标准和力学性能指标取值应符合国家现行有关标准的规定。
- 3.11.2** 在改造设计中应选用收缩变形小、性能指标稳定、便于现场施工的加固材料。采用强度等级较高的混凝土时,应采取降低坍落度、加强混凝土养护等措施减少混凝土收缩变形。
- 3.11.3** 新浇筑混凝土的强度等级不应低于 C25、不宜高于 C60。当既有结构的混凝土强度等级不高于 C40 时,新浇筑混凝土的强度等级应比既有结构的混凝土提高至少一个等级;当既有结构的混凝土强度等级高于 C40 时,新浇筑混凝土的强度等级宜与既有结构的混凝土相同。
- 3.11.4** 在处理新旧混凝土连接界面时,应采用水泥净浆作为界面剂。未经试验验证,不应采用添加有机合成材料的其它界面剂。
- 3.11.5** 化学锚栓和机械锚栓的螺杆材质应根据环境条件及耐久性要求选用。化学锚栓的性能指标应通过螺杆和锚固胶的匹配性试验确定,螺杆和锚固胶应配套使用,不应随意更换其组成成分。
- 3.11.6** 对于后加的悬挑构件、大跨度构件、承受动力作用的构件等重要受力构件,植筋胶宜采用管装式植筋胶或机械注入式植筋胶,不应采用现场多组分混合的植筋胶。当植筋孔的孔口向下或植筋孔处于水平状态时,应采用下垂流度较小的植筋胶。

**3.11.7** 对于粘贴钢板、植筋和化学锚栓，当被粘贴钢板、所植钢筋或螺杆表面有焊接要求时，应采用耐高温的胶粘剂或采取可靠的隔热措施，对于重要构件尚应提供同等工况的焊接高温后抗拉承载力测试报告。

## 4 既有混凝土结构的可靠性评估与加固设计

### 4.1 改造前既有混凝土结构的可靠性鉴定

4.1.1 在改造设计前，应根据改造需要按改造前的结构现状、改造后的使用功能对既有混凝土结构进行可靠性鉴定，出具可靠性鉴定报告，为既有混凝土结构的改造设计提供依据。

4.1.2 可靠性鉴定应按下列规定确定鉴定内容：

1 对于下列既有混凝土结构，应进行安全性鉴定和使用性鉴定；对于其它既有混凝土结构，应进行安全性鉴定、可不进行使用性鉴定：

- 1) 已出现显著不满足使用性要求的裂缝、位移或变形的既有混凝土结构；
- 2) 已发生显著影响耐久性的钢筋保护层开裂、钢筋锈蚀或材料性能劣化的既有混凝土结构；
- 3) 含有未经充分淡化处理的海沙及其它腐蚀性材料的既有混凝土结构；
- 4) 改造后需要延长设计使用年限的既有混凝土结构；
- 5) 改造后使用环境发生明显不利变化的既有混凝土结构。

2 对于建成不久的既有混凝土结构，当同时满足下列条件时，可按具体情况简化可靠性鉴定，但至少应进行现场查勘、资料核查、建筑物整体倾斜测量、结构裂缝检查等必要的鉴定工作：

- 1) 原设计当时所依据的主要结构设计标准尚在有效期内；
- 2) 既有混凝土结构工程质量已经验收合格，设计文件和工程质保资料齐全、可信；
- 3) 改造前未曾改变使用条件、使用功能，未曾进行影响整体结构性能的改造或加固维修；
- 4) 建筑物前期正常使用，未曾遭受火灾、地震、爆炸、洪水、非正常撞击等灾害性损伤。

3 对于只涉及局部结构的改造，当同时满足本规范第 3.1.4 条所列条件时，可按改造要求仅对改造范围内结构及其相关结构进行必要的现场检测和构件层次的安全性鉴定。

4.1.3 既有混凝土结构的可靠性鉴定应符合下列规定：

1 既有混凝土结构应按改造后的使用功能确定抗震设防类别，按改造后所处的使用环境确定环境类别，鉴定采用的后续使用年限应不少于改造设计采用的后续使用年限。

2 在可靠性鉴定时，可靠性等级评定、安全性等级评定和使用性等级评定均应符合现行国家标准《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292 或《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144 的规定。在安全性鉴定时，尚应按现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB 50023 的规定评定结构的抗震能力。

3 在验算结构承载力、评定结构安全性等级时，应同时考虑永久荷载作用、可变荷载作用和地震作用的影响。

4.1.4 在可靠性鉴定时，应根据结构现状、图纸资料完整性和改造设计需要，结合实际检测条件就下列内容进行必要的资料调查和现场检测，并在可靠性鉴定报告中做出详细描述、

提供相关数据：

#### 1 地基与基础

- 1) 地基处理情况、基础持力层状况；
- 2) 基础的类型、平面布置、几何尺寸与埋深；
- 3) 基础配筋及材料力学性能；
- 4) 既有基础的沉降变形、开裂及腐蚀等受损情况；
- 5) 上部结构因基础沉降而造成的倾斜和开裂情况。

#### 2 上部结构

- 1) 结构体系和结构布置，包括建筑物的承重结构体系、支撑系统、结构布置、轴线尺寸以及楼层高等；
- 2) 承重构件的截面尺寸；
- 3) 主要材料的力学性能；
- 4) 承重构件的钢筋配置，包括纵向受力钢筋、箍筋、墙柱拉筋等等，钢筋配置应包括钢筋数量、牌号和直径，箍筋配置应区分加密区和非加密区；
- 5) 构造柱、圈梁的布置及其它构造措施；
- 6) 伸缩缝、沉降缝、防震缝的设置情况；
- 7) 结构损伤及缺陷情况，包括结构开裂、构件变形、钢筋露筋、钢材锈蚀、混凝土爆裂、混凝土蜂窝孔洞等缺陷情况，其中结构开裂时应查明裂缝的分布、走向、长度和宽度，分析结构开裂的原因；
- 8) 钢筋的保护层厚度、混凝土碳化深度、有害物质含量及侵入深度；
- 9) 其它与改造设计相关的结构资料和数据。

**4.1.5** 现场检测时应考虑结构现状、根据国家现行有关检测标准的规定确定检测方法和样本数量，尽量减少对既有结构的损伤，并及时修复损伤部位。

**4.1.6** 对于结构布置、构件尺寸和材料力学性能指标，当图纸资料缺失、图纸显示的结构状况与结构现状不一致或对图纸资料有怀疑时，应按国家现行有关检测标准的规定进行详细的现场检测，并根据检测结果补充完善和确定相关数据；当图纸资料完整、图纸显示的结构状况与结构现状一致且对原图纸资料没有怀疑时，可仅进行验证性的现场检测，验证性检测时的检测范围和检测数量可比详细检测时适当减少。如果验证结果符合原设计要求，应采信原图纸资料的数据；如果验证结果不符合原设计要求，应补充进行详细的现场检测，并根据检测结果确定相关数据。

**4.1.7** 在鉴定楼面结构的安全性时，当难以通过现场检测及查证资料得到承载力计算所需的截面尺寸、配筋和材料力学性能指标时，可通过原位静载检验的方法评定楼面结构的承载力。原位静载检验应符合现行国家标准《混凝土结构试验方法标准》GB/T 50152 的有关规定。

**4.1.8** 可靠性鉴定报告应满足改造设计的需要，并符合国家和广东省现行有关鉴定标准的规定。

### 4.2 改造后既有混凝土结构的安全性评估

**4.2.1** 在改造设计阶段，应依据可靠性鉴定报告、按改造后的使用功能和结构受力条件对既有混凝土结构进行安全性评估。改造后既有混凝土结构的安全性评估应包括承载力验算和

抗震能力评估。

**4.2.2** 在进行既有混凝土结构的安全性评估时，应根据可靠性鉴定报告、结合图纸资料取用构件截面尺寸、构件配筋和材料力学性能指标等基础性结构数据，按照改造后的结构受力、结构参数及作用于结构上的荷载进行结构分析。

**4.2.3** 在进行承载力验算时，对于改造前后结构内力未发生变化的结构构件，可采纳可靠性鉴定报告提供的承载力验算结论；对于改造前后结构内力已发生变化的结构构件，应按改造后的结构内力重新进行承载力验算。

**4.2.4** 既有混凝土结构应按下列规定进行承载力验算：

- 1 对于主要构件，当符合以下条件时可评定其承载力满足要求、不再进行承载力加固：

$$R/(\gamma_0 S) \geq 0.95 \quad (4.2.4-1)$$

- 2 对于一般构件，当符合以下条件时可评定其承载力满足要求、不再进行承载力加固：

$$R/(\gamma_0 S) \geq 0.87 \quad (4.2.4-2)$$

**4.2.5** 对于同时符合下列条件的钢筋混凝土梁板结构，可直接评定其承载力满足要求，不再进行承载力加固：

- 1 该构件已正常使用不少于两年；
- 2 该构件未曾发生明显的钢筋锈蚀、混凝土受力开裂或其它结构性损伤；
- 3 在后续使用年限内，该构件所承受的作用效应及所处的使用环境与改造前相比不会发生显著的不利变化。

**4.2.6** 既有混凝土结构应按下列规定评估抗震能力：

- 1 当改造前的抗震构造措施符合现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB 50023 的要求时，可不再进行抗震构造措施加固；

- 2 当改造前的抗震构造措施不符合现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB 50023 的要求时，可根据现行广东省标准《建筑工程混凝土结构抗震性能设计规程》DBJ/T 15-151 评估在中震和大震作用下的抗震能力，确定是否需要对结构构件进行抗震构造措施加固。评估时，对于抗震设防类别为乙类和丙类的建筑，6 度设防的结构抗震性能目标可取 C 级；7、8 度设防的结构抗震性能目标可取 D 级。

### 4.3 既有混凝土结构及地基基础的加固设计

**4.3.1** 对于经评估不满足承载力要求、构造措施要求或使用性要求的既有混凝土结构和相关的地基基础，应根据结构现状、加固施工条件、结合改造要求进行相应的加固处理。

**4.3.2** 结构构件的加固设计，应符合现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367 的相关规定。地基基础的加固设计应符合现行行业标准《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123 的相关规定。

**4.3.3** 对于出现倾斜、开裂、火烧、腐蚀、震损等受损现象和混凝土蜂窝孔洞、混凝土麻面等缺陷情况的结构构件，应根据损伤类型和损伤程度采用相应的方法进行修复和加固处理。

**4.3.4** 对于已出现裂缝的结构构件，应视裂缝性状及裂缝宽度分别处理。对于因混凝土收缩变形、温度变形、基础不均匀沉降变形而产生的变形裂缝，应采取相应措施控制变形的继续发展，并对结构构件的裂缝作修补处理，当裂缝影响结构构件的整体性时应作适当加固。对于因荷载作用而产生的受力裂缝，当裂缝宽度不大于表 4.3.4 所列的规定限值时，可视为适于继续承载的裂缝，只需对裂缝作修补处理；当裂缝宽度大于表 4.3.4 所列的规定限值时，应视为不适于继续承载的裂缝，应在对裂缝作修补处理的同时对结构构件进行相应的加固。

**表 4.3.4 结构构件适于继续承载的裂缝宽度的限值 (mm)**

裂缝性状	所处环境类别	结构构件类别		裂缝宽度限值（mm）
受弯裂缝、受拉裂缝、 弯剪裂缝	一类环境	钢筋混凝土	主要构件	0.50
			一般构件	0.70
		预应力混凝土	主要构件	0.20 （0.30）
			一般构件	0.30 （0.50）
	其它类别环境	钢筋混凝土	任何构件	0.40
		预应力混凝土		0.10 （0.20）
受压裂缝、斜压裂缝、 斜拉裂缝	所有类别环境	钢筋混凝土、预应力混凝土		不出现裂缝

注：1 构件所处环境类别应根据现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定划分；

2 表中括号内的限值适用于采用热轧钢筋配筋的预应力混凝土构件；

3 裂缝宽度以构件混凝土表面实测的最大值为准。

**4.3.5** 加固设计时，应根据使用环境、结构现状、加固后承载力需要提高的幅度和施工条件等因素，按安全适用、经济合理、便于施工的原则选择合适的结构构件加固方法。

**4.3.6** 采用外包型钢、粘贴钢板、粘贴复材的加固方法时，应重点做好混凝土基面处理和锚固设计，确保加固材料具备足够可靠的锚固。

**4.3.7** 采用增大截面法加固混凝土构件时，可在构件的单侧或多侧进行加固。新加的拉结筋和箍筋均应植入既有构件内锚固，植入既有构件内的深度不应少于 12 倍钢筋直径。加固混凝土柱时，应优先采用四面围箍的加固方法。采用增大截面法加固混凝土构件时，应根据工程需要采用普通混凝土或自密实混凝土。当具备控制收缩变形的可靠依据时，可采用灌浆料用于增大截面法加固混凝土构件。

**4.3.8** 采用置换混凝土的加固方法时，应根据具体情况进行临时支撑设计。临时支撑设计应包括支撑的平面布置、截面设计、构造要求、更换及拆除顺序、更换及拆除条件等内容。设计时应明确混凝土的置换范围，新旧混凝土界面应横平竖直。需要分批置换混凝土时，应明确分批置换的步骤和要求。置换混凝土时，应确保新浇混凝土浇筑密实，做好混凝土养护工作，严格控制新浇混凝土的收缩变形。

**4.3.9** 加固结构构件时，新旧混凝土连接界面应按本规范第 6.6.1 条的规定进行界面处理。在新旧混凝土连接界面应均匀布置垂直于界面的界面连接钢筋，界面连接钢筋的直径不应小于 8mm，竖向间距和水平间距均不应大于 300mm。界面连接钢筋的一端应植入既有构件内不少于 12 倍钢筋直径，另一端应可靠锚固于新浇混凝土内。植入既有构件内的箍筋和拉筋均可同时作为界面连接钢筋使用。

**4.3.10** 在加固设计时，应评估施工期间凿毛混凝土基面对混凝土构件截面的削弱、评估施工期间混凝土构件的截面承载力，必要时应采取卸除荷载、设置临时支撑等有效措施确保施



工期间的结构安全。

**4.3.11** 对地基基础的加固,应根据工程地质条件、基础现状、施工条件和需要提高承载力的幅度,选择对地基扰动较小的加固方案,充分评估、严格控制加固施工期间的地基基础附加沉降。

**4.3.12** 当加固桩的桩周土可能引起桩侧负摩阻力时,应考虑桩侧负摩阻力对桩的承载力及沉降变形的影响。加固桩的承载力计算应符合下列规定:

- 1 对于中性点以上的土层,在计算加固桩的总极限侧阻力时应不计其侧阻力;
- 2 在验算加固桩的竖向承载力时,应将桩侧负摩阻力作为附加下拉荷载计入桩顶竖向力;
- 3 对于静压钢管桩和静压混凝土桩,在确定单桩承载力特征值时,应在最大压桩力中扣减中性点以上土层在压桩施工时产生的摩阻力。

**4.3.13** 当加固桩需要在基础、承台和地下室底板等既有结构内开孔穿过时,应在桩孔内浇筑混凝土封桩,封桩混凝土的强度等级应比既有结构混凝土至少提高一个等级,并采取措施确保混凝土与孔壁之间不发生收缩裂缝。在封桩前应清除干净孔壁泥浆。孔内新浇混凝土与孔壁既有结构混凝土之间的连接界面,应按下列式验算受剪承载力:

$$V \leq 0.08\beta_c f_c A_c \quad (4.3.13)$$

式中:  $V$  ——连接界面处的剪力设计值,取桩的竖向荷载设计值;

$\beta_c$  ——混凝土强度影响系数,按新、旧混凝土强度等级的较低值取值:当混凝土强度等级不超过 C40 时,  $\beta_c$  取 1.0;当混凝土强度等级等于或高于 C60 时,  $\beta_c$  取 0.8;其间按线性内插法确定;

$f_c$  ——混凝土的轴心抗压强度设计值,取新、旧混凝土轴心抗压强度设计值的较低值,其数值大于 27.5N/mm<sup>2</sup> 时应取 27.5N/mm<sup>2</sup>;

$A_c$  ——孔壁新旧混凝土连接界面的计算面积。

**4.3.14** 当加固桩桩身穿过基础、承台和地下室底板等既有结构时,应评估在既有结构中成孔施工对既有结构的损伤,包括混凝土截面削弱和钢筋截断,并在计入损伤影响的条件下复核既有结构的承载力,并应作相应的加固处理。

**4.3.15** 采用锚杆反压钢管桩和混凝土桩加固基础时,应评估在压桩施工阶段上部结构、上部荷重能够提供的反压荷载,并考虑反压荷载对上部结构的偏心作用,确保压桩施工不会损伤上部结构。

**4.3.16** 采用树根桩加固基础时,单桩竖向承载力宜通过单桩载荷试验确定。当无试验资料时,也可根据现行广东省标准《建筑地基基础设计规范》DBJ 15-31 的有关规定按钻孔灌注混凝土桩估算单桩竖向承载力、验算桩身截面承载力。

**4.3.17** 当要求加固桩桩径小、单桩承载力较高,且有稳定的中风化或微风化岩层作为持力层时,可采用微型嵌岩钢管灌注桩加固基础。微型嵌岩钢管灌注桩的设计应符合本规范附录 A 的规定。

**4.3.18** 加大基础或连接新旧承台时,应符合下列规定:

- 1 新旧混凝土连接界面应按本规范第 6.6.1 条的规定进行界面处理。

2 除应按现行国家有关标准的规定验算截面承载力外，尚应按本规范第 6 章的规定验算新旧结构连接界面的承载力。

3 新旧混凝土连接界面的连接钢筋应满足本规范第 6.6 节的有关构造要求。

## 5 改造方法及其设计规定

### 5.1 一般规定

5.1.1 既有混凝土结构的改造，应根据改造需求和实际条件评估实施改造的可行性，确定合适的改造方法，进行相应的改造设计。同一改造工程，可采用一个或多个改造方法。

5.1.2 既有混凝土结构的改造，按改造过程的技术特点，可划分为楼层结构改造、结构托换改造、整体升高改造、保护性改造、加层改造、扩建改造等不同的改造方法。

### 5.2 楼层结构改造

5.2.1 本改造方法适用于改变使用功能、增加楼面荷载、增减楼面构件、增设或封闭楼面洞口、增设或拆除楼梯或电梯等主要针对既有混凝土楼层结构的一般性改造。

5.2.2 对于需要改变使用功能、增加楼面荷载等的楼层结构改造，应比选直接加固楼面梁板、楼面板下新加梁、增设楼面结构支点等改造方案，并进行相应的改造设计。

1 直接加固楼面梁板时，应考虑受力需要及现场条件确定加固方法。为减少梁板的支座弯矩，梁板支座弯矩的调幅幅度可适当增大，但调幅系数不应小于 0.75。对于屋面结构，不宜对梁板支座弯矩进行调幅。

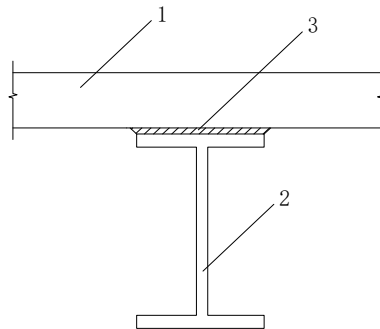
2 在楼面板下新加梁时，应符合下列规定：

- 1) 新加梁可采用混凝土梁或钢梁，新加梁应具有足够的承载力和刚度、能够与既有梁板结构协同工作。新加梁与既有楼面板之间应紧密接触、可靠传力，梁端应与支承构件可靠连接。
- 2) 在楼面板下新加钢梁时（图 5.2.2a），应清理干净板下混凝土基面，在钢梁和楼面板之间应灌注密实水泥砂浆、环氧胶泥等具有足够抗压强度的填充材料。在未采取可靠措施保证楼面板与新加钢梁之间的界面受剪承载力时，新加钢梁的承载力验算不应计入楼面板的叠合层作用。
- 3) 在楼面板下新加混凝土梁、且板厚不计入计算梁高时，应清理干净板下混凝土基面，新加梁和楼面板之间可不设界面连接钢筋（图 5.2.2b），应按不含板厚的计算梁高验算新加梁的受弯承载力和受剪承载力。
- 4) 在楼面板下新加混凝土梁、且板厚需计入计算梁高时，新加梁与楼面板之间的新旧混凝土连接界面应按本规范第 6.6.1 条的规定进行界面处理，新加梁和楼面板之间应设界面连接钢筋，且界面连接钢筋的数量应不小于梁内箍筋的数量（图 5.2.2c）。界面连接钢筋可由植入板内的箍筋替代（图 5.2.2d、e）。
- 5) 当界面连接钢筋采用图 5.2.2c 和 5.2.2d 所示的连接方式，且连接钢筋植入板内不少于 8 倍钢筋直径时，可按包含板厚的计算梁高验算新加梁的跨中截面受弯承载力、按不含板厚的计算梁高验算新加梁的梁端截面受弯承载力和受剪承载力。
- 6) 当界面连接钢筋采用图 5.2.2e 所示的连接方式，且新加梁的箍筋贯穿植入板内并在板面焊接闭合形成封闭箍时，可按包含板厚的计算梁高验算新加梁的跨中截面

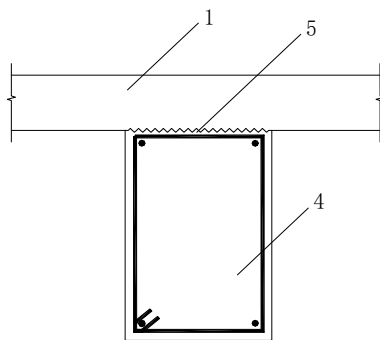
受弯承载力和梁端截面受剪承载力、按不含板厚的计算梁高验算新加梁的梁端截面受弯承载力。

3 增设楼面结构支点时，新设支承构件应具备足够的承载力和刚度，并坐于稳固的结构或基础上。支座竖向变形和支承构件的压缩变形应足够小，确保楼面结构的荷载能够传递到支承构件上。

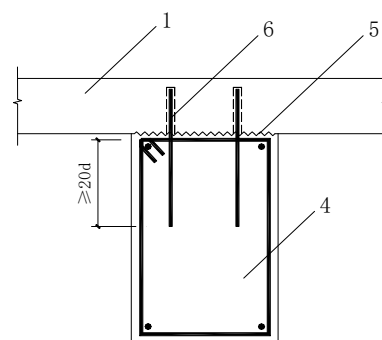
4 当楼层荷载大幅增加或刚度变化很大、严重影响既有结构在地震作用下的安全性时，宜采用增设抗震墙、安装隔震减震装置等方法提高结构的综合抗震能力、改善结构的整体抗震性能。



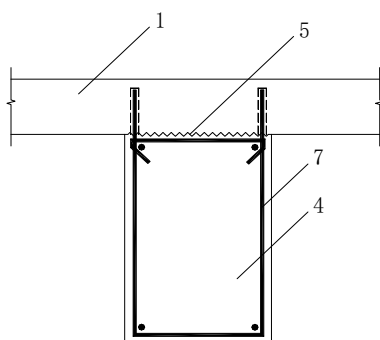
(a) 板下新加钢梁



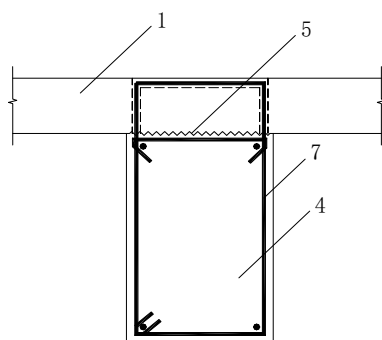
(b) 板下新加混凝土梁（无界面连接钢筋）



(c) 板下新加混凝土梁（另设界面连接钢筋）



(d) 板下新加混凝土梁（箍筋作界面连接钢筋）



(e) 板下新加混凝土梁（箍筋封闭作界面连接钢筋）

图5.2.2 楼面板下新加梁

1—既有楼面板； 2—新加钢梁； 3—填充材料； 4—新加混凝土梁；  
5—新旧混凝土连接界面； 6—界面连接钢筋； 7—箍筋

注：图（c）中d为界面连接钢筋的直径。

5.2.3 新开楼面洞口、新增楼梯、电梯时，应尽可能避免截断主梁。确需截断主梁时，应考虑截断主梁后对相关结构的不利影响，并做好相应的临时支撑和结构加固。新开洞口周边宜设置封口梁。

5.2.4 需要在高层建筑混凝土墙上新开洞口时，应按开洞后的墙体进行结构分析、验算结构承载力、进行抗震验算。新开洞口的周边应进行加固处理，加固后洞口两侧的构造应符合现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 有关剪力墙边缘构件的规定，或符合现行广东省标准《建筑工程混凝土结构抗震性能设计规程》DBJ/T 15-151 有关抗震能力的规定。

5.2.5 在既有支承结构上加固梁、新加梁或新加牛腿时，除应验算加固梁和新加构件自身的承载力外，尚应按本规范第 6 章的规定验算加固梁、新加构件与既有支承结构之间连接界面的承载力。当连接界面的承载力难以满足要求时，应通过在梁端加设柱帽（图 5.2.5a）、加大既有墙柱截面或加设扶壁柱（图 5.2.5b）等方法加强新旧结构的连接，减少作用于连接界面上的剪力。

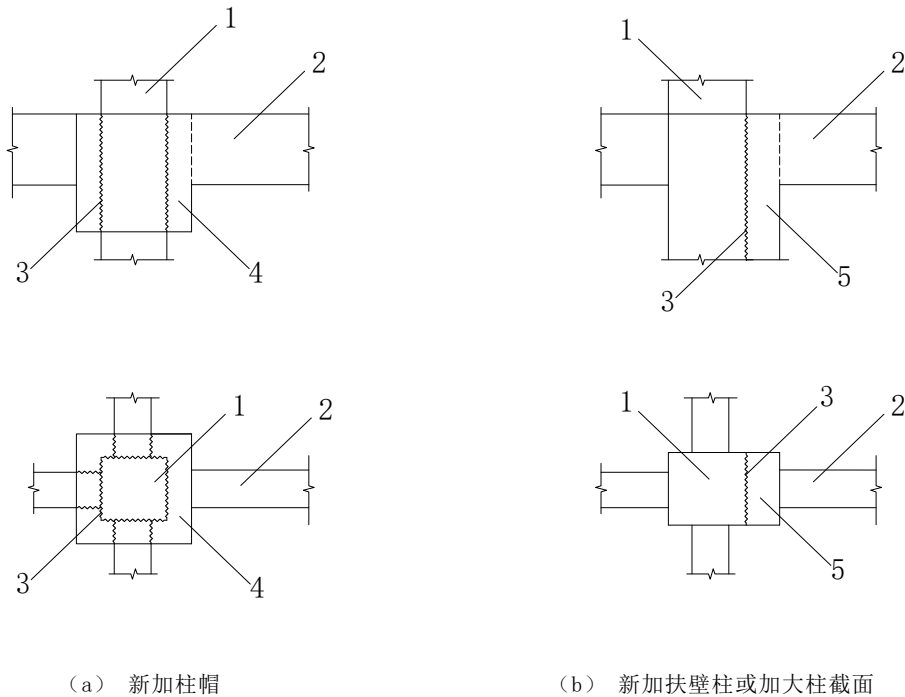


图5.2.5 新加梁、加固梁与既有柱的连接方法

1—既有柱； 2—新加梁或加固梁； 3—连接界面；  
4—新加混凝土柱帽； 5—新加扶壁柱或加大柱截面

5.2.6 在既有支承结构上新加悬臂梁、受拉构件或加固悬臂梁、受拉构件时，应符合下列规定：

1 不应采用仅依靠植筋的方法提供梁根部受拉纵筋的锚固（图 5.2.6a），而应根据具体情况采用伸入内跨混凝土构件锚固、焊接或螺栓锚固（图 5.2.6b）、加设包柱式柱帽锚固（图 5.2.6c）等更加可靠的受拉纵筋锚固方法。

2 当新加构件或加固构件的宽度足够或采用双梁结构时，受拉纵筋宜在柱帽内环绕柱身闭合锚固（图 5.2.6d）。

3 受拉纵筋的锚固长度应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。当加设柱帽时，纵筋的锚固长度可自柱帽边起计。

4 当采用钻孔贯穿构件的螺栓锚固或焊接锚固时，应按国家现行有关标准的规定进行锚固设计，并将杆体与孔壁之间、锚板与构件之间的空隙采用植筋胶或结构胶充填密实。

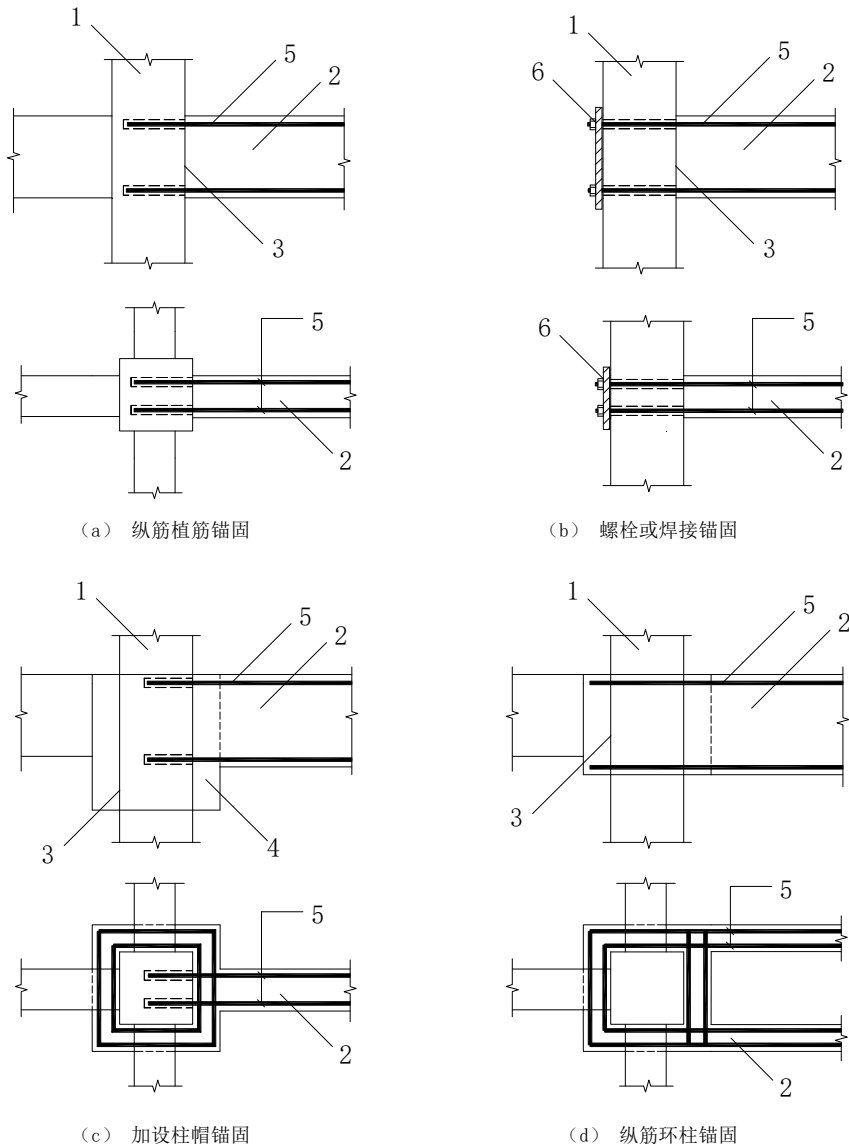


图5.2.6 悬臂梁、受拉构件的受拉纵筋锚固方法

1—既有支承结构（墙或柱）； 2—新加或加固的悬臂梁、受拉构件； 3—连接界面；  
4—新加混凝土柱帽； 5—新加纵筋； 6—焊接或螺栓连接

5.2.7 在主梁侧面新加次梁、或者作用于既有次梁上的荷载增大时，应在次梁集中力作用处按改造后的集中荷载验算主梁内的附加横向钢筋，作用于主梁上的集中荷载应全部由附加横向钢筋承担。附加横向钢筋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。当附加横向钢筋不满足要求时，应采用钢板、纤维布等进行加固，加固设计应符合现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367 和《纤维增强复合材料建设工程应用技术标准》GB 50608 的有关规定。

5.2.8 需要拆除局部结构时，应采用机械切割等振动较小的拆除方案，对于需要保留钢筋的部位可辅以风镐拆除，并对周边相关结构作好必要的临时支撑，确保周边结构的安全。

### 5.3 结构托换改造

**5.3.1** 本改造方法适用于需要建造托换结构、拆除既有混凝土柱的结构空间改造。托换结构由托换基础、托换柱和包柱式托换梁组合而成。

**5.3.2** 结构托换改造时，托换梁把被托换柱包裹于梁身内、形成包柱式托换梁，托换荷载通过梁柱之间的新旧混凝土连接界面由被托换柱传递至托换梁。托换结构中，应根据结构现状、托换荷载大小布置单向包柱式托换梁或双向包柱式托换梁，在托换荷载较大且结构现状适合时应布置双向包柱式托换梁（图 5.3.2）。

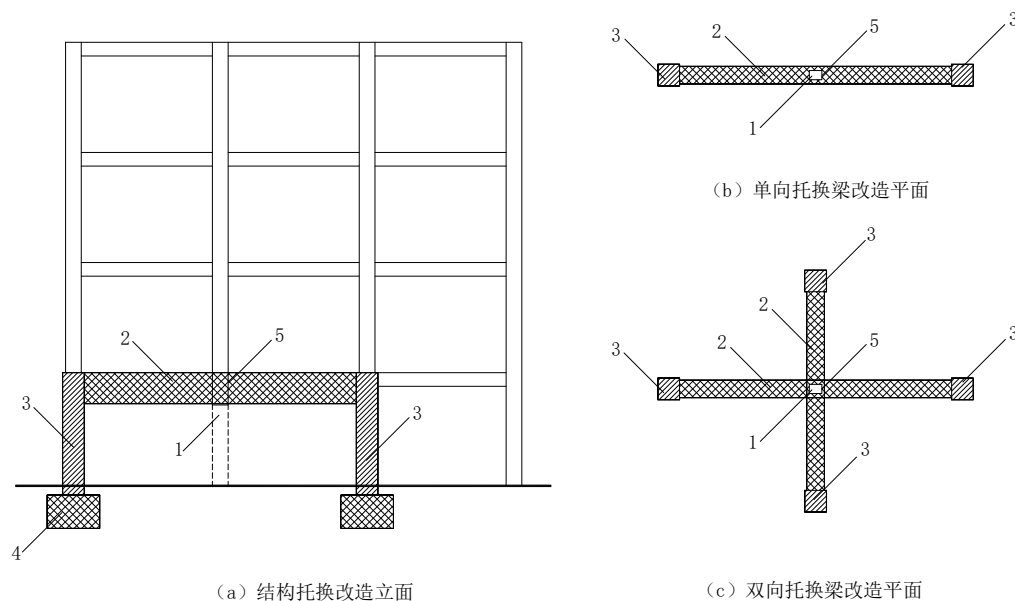


图 5.3.2 结构托换改造示意图

1-被托换柱；2-托换梁；3-托换柱；4-托换基础；5-新旧混凝土连接界面

**5.3.3** 托换梁的截面宽度应足以包裹被托换柱的整个截面，托换梁的截面形心宜与被托换柱的截面形心对齐，且托换梁每侧凸出被托换柱边缘的截面宽度不宜小于 200mm。托换梁范围内的既有楼面梁可被包裹于托换梁截面之内。

**5.3.4** 当托换荷载较大、托换跨度较大，以致采用非预应力混凝土托换梁难以满足上部结构的变形控制要求时，宜采用后张法预应力混凝土托换梁，预应力混凝土托换梁的设计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。

验算托换结构在预应力张拉阶段的内力 and 变形时，应考虑既有结构对托换梁反拱变形的制约作用、计入既有结构因反拱变形而作用于托换梁上的荷载。初定预应力筋的张拉控制应力时，应验算托换梁在预应力张拉时的反拱变形，反拱值应不大于  $l_0/2500$ ，其中  $l_0$  为托换梁的计算跨度，取托换柱之间的净间距。张拉控制应力应根据现场实测反拱变形的大小最终调整确定。

**5.3.5** 托换柱应从托换梁顶面连续伸至基础面，一般可由既有柱加固而成，条件允许时也可新建托换柱。通过加固既有柱形成托换柱时，对既有柱应采用四面围箍的加大截面法进行加固。加固柱的截面加厚厚度不宜小于 100mm。托换柱截面尺寸应足够大，使托换梁的整个梁宽坐于托换柱截面之内。

**5.3.6** 托换基础可由既有基础加固而成,对于新建托换柱则应新建基础。托换基础应采用沉降变形较小的基础,当采用桩基时,宜采用嵌岩桩或深厚坚硬持力层桩,并综合考虑地质条件、施工条件、地基扰动、承载力大小及变形控制要求等因素选择合适的桩型。

**5.3.7** 托换梁应通过新旧混凝土连接界面与被托换柱可靠连接。被托换柱的混凝土强度等级应不低于 C20,托换梁的混凝土强度等级应比被托换柱混凝土至少高一个等级。托换结构的设计应符合国家现行有关标准的规定,托换梁与被托换柱之间的连接设计应符合本规范第 6 章有关包柱式梁的规定。

**5.3.8** 既有结构及托换结构在改造过程中及改造完成后产生的变形应满足下列要求:

- 1 短期荷载作用下的托换梁挠度应不大于  $l_0/800$  ( $l_0/1000$ );
- 2 长期荷载作用下的托换梁挠度应不大于  $l_0/400$  ( $l_0/500$ );
- 3 在托换改造过程中产生的柱间沉降差应不大于  $0.0015l$  ( $0.0012l$ );
- 4 柱间最终沉降差应不大于  $0.0025l$  ( $0.002l$ )。

其中  $l_0$  为托换梁的计算跨度,取托换柱之间的净间距; $l$  为相邻柱之间的中心间距。括号中的数值适用于上部结构对变形控制有较高要求的托换。计算托换梁挠度时,应计算被托换柱相对于托换柱的挠度变形。对于预应力混凝土托换梁,计算托换梁挠度时可扣除预应力张拉产生的反拱变形,此处计算反拱变形时,可不考虑既有结构因反拱变形而作用于托换梁上的荷载。

既有结构已在前期出现不符合国家现行有关标准的不均匀沉降变形及裂缝时,应根据具体情况适当提高对托换梁挠度和基础沉降变形的控制标准。

**5.3.9** 在拆除托换梁下部的被托换柱段前,托换结构混凝土的强度等级应达到设计强度等级,并应在设计图纸中明确标注。

**5.3.10** 在拆除托换梁下部的被托换柱段时,应在托换梁底面先拆除混凝土、后截断纵向钢筋。应对被托换柱的混凝土作截面分区、逐步拆除,在确认结构变形满足要求、上部结构没有异常开裂后,再进行下一分区的混凝土拆除施工,直至拆除整个截面的混凝土,最后在托换梁底面逐根截断被托换柱的纵向钢筋。

**5.3.11** 对于结构托换改造,应按改造后的结构进行整体结构分析,充分考虑托换改造对相关结构的影响,并对相关结构进行必要的加固设计。

## 5.4 整体升高改造

**5.4.1** 本改造方法适用于通过顶升装置把上部结构整体顶升升高、从而提高建筑物层高的既有混凝土框架结构改造。

**5.4.2** 整体升高改造的设计,应分析结构分离和顶升施工可能引起的结构内力重分布,分别计算改造阶段和使用阶段的荷载及内力,评估既有结构在改造阶段的安全性和改造后结构在使用阶段的安全性,并进行相应的结构加固设计。对于分离、升高后的结构构件,应进行连接及修复设计,其中的梁柱连接界面应按本规范第 6 章的有关规定验算连接界面的受剪承载力。

**5.4.3** 当需要提高某层整层的层高时,应在该层的同一平面内分离所有的上部结构,进而对分离平面以上的上部结构实施整体升高改造(图 5.4.3a、b);当需要提高某层局部范围内的层高时,应在该层平面的升高范围内分离拟升高的上部结构,并分离与其相连的所有周



边相邻结构，进而对分离平面以上的局部结构实施整体升高改造（图 5.4.3c、d）。

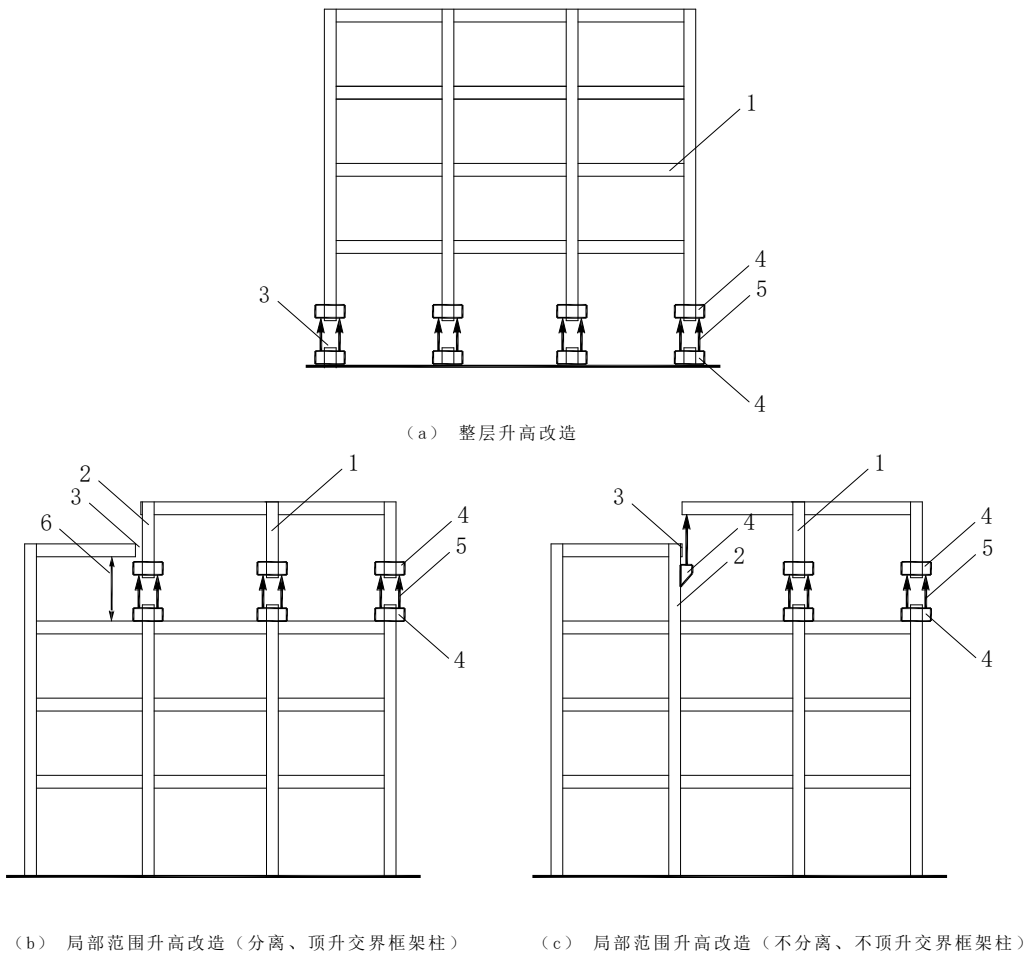


图5.3.3 整体升高改造示意图

1—被顶升结构； 2—界面框架柱； 3—结构分离； 4—顶升平台； 5—顶升设备； 6—临时支撑

**5.4.4** 当需要提高某层局部范围内的层高时，应根据结构受力条件和现场施工条件选择周边结构的分离方式：

1 顶升改造区域周边的边界框架柱，分离、支撑边界框架柱外侧的楼面结构（图 5.4.3c）；

2 不顶升改造区域周边的边界框架柱，分离、顶升边界框架柱内侧的楼面结构（图 5.4.3d）。

**5.4.5** 整体升高改造，应按下列程序分阶段实施：

- 1 准备阶段：检查并分离上部结构周边的牵连结构、管线和其它附着物；
- 2 安装阶段：安装、调试顶升装置和必要的临时支撑；
- 3 分离阶段：截断混凝土柱、分离拟升高的上部结构，使上部结构可自由升高；
- 4 顶升阶段：对拟升高的上部结构实施分级同步顶升，使上部结构整体升高至目标高度；

5 连接阶段：接长混凝土柱、连接被分离的结构，恢复管线和其它附着物；

6 完成阶段：拆除顶升装置，完成整体升高改造。

5.4.6 对于在改造阶段不满足承载力要求的既有结构，应在分离结构前完成结构加固。对于在使用阶段不满足承载力要求的改造后结构，宜在分离结构前先行加固；不具备先行加固的条件时，可在完成顶升后进行加固。

5.4.7 整体升高改造设计应对顶升装置进行设计，并提出涉及结构安全的相关技术要求。顶升装置应包括顶升平台和顶升设备，必要时还应包括限位装置。

5.4.8 框架柱的顶升平台应采用混凝土柱帽、钢板箍-混凝土组合式柱帽等安全可靠的顶升平台，楼面梁板的顶升平台可采用混凝土牛腿、钢牛腿等便于制安的顶升平台。混凝土柱帽和钢-混凝土组合式柱帽应在分离位置的上下柱位成对设置。当在底层顶升、且既有基础具备作为顶升平台的方位条件和承载能力时，宜利用既有基础作为下柱位顶升平台。

5.4.9 顶升平台应通过新旧混凝土连接界面与既有结构可靠连接。设置顶升平台处的既有结构混凝土强度等级应不低于 C20，顶升平台的混凝土强度等级应比既有结构混凝土至少高一个等级。顶升平台的设计应符合国家现行有关设计标准的规定，顶升平台与既有结构之间的连接设计应符合本规范第 6 章有关包柱式柱帽的规定。

5.4.10 顶升设备的设计应满足下列条件：

1 每个顶升平台上的顶升设备应包括两套能独立承受顶升荷载的设备系统：一套用于顶升操作，由支承立柱和液压顶升设备组成；一套用于过程保护，由支承立柱和顶紧机具组成。

2 采用千斤顶作为顶紧机具时，应采用螺旋式千斤顶或带自锁装置的液压千斤顶，不应采用不带自锁装置的液压千斤顶。

3 液压顶升设备的额定载荷应不小于 1.2 倍顶升荷载值；顶紧机具的额定载荷应不小于顶升荷载值。顶升荷载值应根据结构内力设计值计算确定。

4 支承立柱应按国家现行有关标准的规定验算承载力和稳定性。

5 顶升设备应在全数检查、确认无故障后方可使用，并应在现场配置足够的备用设备。

5.4.11 当顶升高度超过 1000mm 时，应设置限位装置。根据结构现状和顶升高度，限位装置可采用可伸缩钢拉索、可伸缩钢拉杆、钢滑槽等形式，限位装置应锚定于受力可靠、固定不动的结构上，应能够在顶升过程中为被顶升结构提供纵横两个方向水平力、限制被顶升结构的侧向偏位。限位装置在每个方向的水平力标准值应根据改造设计的具体情况评估确定，且应不小于总顶升荷载值的 3%。

在既有结构上设置限位装置时，应验算既有结构在限位装置作用力下的承载力。

5.4.12 在顶升过程中，液压顶升设备、顶紧机具和支承立柱应对中布置、保持垂直，且垂直度偏差不应大于 0.5%。

5.4.13 在分离被顶升结构前，顶升平台混凝土和结构加固材料需要达到的强度要求应在设计图纸中明确标注，且顶升平台混凝土及加固混凝土的强度等级应不低于设计强度等级的 80%。在分离被顶升结构前，应全面检查顶升装置，在顶升装置符合设计要求、顶升设备处于顶紧状态的前提下，方可开始被顶升结构的分离工作。

5.4.14 整体升高改造应采用分级同步顶升的方法。顶升过程中各项升点的顶升设备应同步

操作、同时上升。完成每级顶升后，柱位的累计顶升量误差不应大于 5mm，且相邻柱位的累计顶升量差值不应大于 0.0015*l*，*l* 为相邻柱位的中心间距。

**5.4.15** 在顶升过程中，应及时安装支承立柱的水平支撑，确保支承立柱的侧向稳定。应及时调整限位装置，采取必要的纠偏措施，防止被顶升结构发生过大的侧向偏位。被顶升结构的侧向偏位应控制在不影响结构安全和正常顶升作业的范围内，且最大侧向偏位值不应大于 30mm。

**5.4.16** 在顶升过程中，应在完成每级顶升后检查被顶升结构的累计顶升量，同时监测顶升柱位的沉降变形和被顶升结构的侧向偏位。发现位移异常时应及时采取有效措施予以调整，在确认各项位移正常无误后方可开始下一级顶升。

**5.4.17** 在调整顶升设备行程或更换顶升设备时，同一顶升平台上的顶升设备宜逐个操作，不应多个顶升设备同时操作，并在操作过程中始终保持顶紧其余顶升设备和保护性支承立柱上的顶紧机具。

**5.4.18** 在顶升至预定高度后，应尽快完成被顶升结构和其余结构之间的连接，形成一个完整的结构，结构连接应符合下列规定：

- 1 应按整体升高后的结构验算构件连接段的截面承载力；
- 2 连接段的混凝土强度等级应比既有构件混凝土提高至少一个等级，连接钢筋的牌号应不低于原钢筋的牌号，连接钢筋的直径应不小于原钢筋的直径。
- 3 对于梁、柱的连接，纵筋的根数宜与原纵筋根数相同，纵筋可在同一钢筋连接区段内连接，纵筋连接应采用焊接接头或机械连接接头；箍筋肢数宜与原箍筋肢数相同，间距应适当加密。
- 4 对于楼面板的连接，纵筋的根数及间距应与原纵筋根数及间距相同，纵筋可在同一钢筋连接区段内连接，纵筋连接应采用焊接接头。
- 5 纵筋在同一钢筋连接区段内焊接时，纵筋焊接长度应不小于 1.2 倍国家现行有关标准规定的焊缝长度。

**5.4.19** 在拆除顶升装置前，连接结构的混凝土强度等级应达到设计强度等级的 80%，且应在设计图纸中明确标注。拆除混凝土顶升平台时，应采用机械切割的拆除方法。

## 5.5 保护性改造

**5.5.1** 对具有历史文化价值的既有混凝土结构，应根据保护的范围和程度进行保护性改造设计。保护性改造包括以下三种情形：

- 1 整体结构保护性改造：需要完整保留整座结构、不允许拆建结构构件的保护性改造；
- 2 外立面结构保护性改造：需要完整保留外立面结构、允许拆建内部结构的保护性改造；
- 3 一般性的保护性改造：总体上保留整座结构，但允许拆建局部次要的结构构件。

**5.5.2** 保护性改造设计应采用适当的改造方案，采取围护、加固、支撑等可靠措施，避免在改造施工过程中造成既有结构的损伤。

**5.5.3** 对于外立面结构保护性改造，应根据结构现状、改造需求和现场施工条件选择合适的改造程序：

- 1 先建后拆的改造程序：先建内部新加结构，再拆除内部既有结构；
- 2 先拆后建的改造程序：先拆除内部既有结构，再建内部新加结构；

3 边拆边建的改造程序：内部结构的拆除和加建交替进行。

5.5.4 对于不同的改造程序，应相应考虑改造施工期间各个阶段的结构空间关系的变换和结构受力条件的变化，验算外立面保留结构在改造施工期间各种工况下的承载力和侧向稳定性，对外立面保留结构进行必要的加固和防护。

5.5.5 在外立面结构保护性改造设计中，应对改造施工期间的结构安全防护进行专门设计，应在设计文件中对改造施工顺序、临时支撑设计、结构拆除方法及其它安全防护措施做出详细的说明。临时支撑设计应包括支撑布置、截面设计、构造要求、更换及拆除顺序、更换及拆除条件等关键技术内容。

5.5.6 对于外立面结构保护性改造，临时支撑的设置应满足改造施工的作业空间需要。临时支撑应与外立面结构可靠连接，并具备足够的承载力和刚度。

5.5.7 当新建的内部楼面结构作为外立面保留结构的水平约束时，应及时、可靠地连接新建楼面结构和外立面保留结构。进行新建楼面结构与外立面保留结构之间的连接设计时，可根据结构需要设计为固定刚接、固定铰接、滑动铰接等连接方式。外立面结构可作为新建楼面结构的竖向支承，新建楼面结构宜作为外立面结构的水平约束。在设计连接节点的构造、提出连接节点的施工顺序时，应考虑内部新加结构和外立面保留结构在竖向变形和水平变形方面的滞后效应及变形协调等因素，减少改造后结构在完成新旧结构连接后产生的附加内力。

## 5.6 加层改造

5.6.1 加层改造适用于在既有混凝土结构内部加层或屋面加层的改造，包括整层的加层改造和局部的加层改造。

5.6.2 在加层改造设计时，应综合考虑加层楼面结构的跨度、楼面荷载和施工条件等因素评估加层结构方案的安全性、经济性和施工可行性，选用适当的加层结构型式和楼面结构材料。

5.6.3 新加楼层结构宜简单、规则、受力合理，尽可能减少结构自重。新加楼层墙柱的平面位置宜与下层既有墙柱对齐。

5.6.4 在既有结构内部采用钢结构加层时，楼面钢梁可与既有支承结构通过锚栓连接。当楼面钢梁荷载较大时，宜在既有支承结构的侧面设置牛腿、混凝土柱帽、扶壁柱或加大构件截面作为新加钢梁的支承。

5.6.5 在既有结构内部采用混凝土结构加层时，新加楼面板、次梁及梁端内力较小的主梁可通过新旧混凝土连接界面与既有支承结构直接连接；梁端内力较大的主梁宜通过在新加梁梁端加腋、加设柱帽、加大构件截面或加设扶壁柱等方法加强新旧结构的连接。

5.6.6 在既有结构屋面采用钢结构加层时，钢柱底端宜支承于既有墙柱上端。新加钢柱与既有墙柱之间应采用锚栓可靠连接。

5.6.7 在既有结构屋面采用混凝土结构加层时，宜从既有墙柱向上延伸设置加层墙柱。新加墙柱纵筋应通过植筋、焊接等方式可靠地与既有墙柱连接锚固。当新加墙柱纵筋不满足锚固要求时，应采用在柱头设置混凝土柱帽、加大既有墙柱截面等方法加强上下层墙柱的锚固连接。

5.6.8 当加层墙柱的平面位置与下层竖向承重构件难以对齐时，可采用新加基础、新加墙

柱的方法支承加层结构，必要时也可采用转换梁将加层墙柱的荷载传递至下层既有墙柱。新加墙柱穿过既有楼面结构时，宜与既有楼面结构连结成整体。

5.7 扩建改造

5.7.1 在既有混凝土结构外侧新加结构时，应根据工程地质条件、基础现状、结构现状和改造需求，考虑结构和基础之间的变形协调，选择适当的扩建改造方案：

1 新旧结构及新旧基础都分离、上部结构悬挑：新建基础和既有基础分开设置，新建的每层楼面结构向既有结构悬挑，新加结构与既有结构之间设置变形缝（图 5.7.1a）。新加结构与既有结构之间的变形缝应同时满足沉降缝、伸缩缝和防震缝的要求。

2 新旧结构及新旧基础都分离、下部基础悬挑：新建基础和既有基础分开设置，新建的基础或承台梁向既有结构悬挑，新加结构与既有结构之间设置变形缝（图 5.7.1b）。新加结构与既有结构之间的变形缝应同时满足沉降缝、伸缩缝和防震缝的要求。

3 新旧结构分离、新旧基础连接：在新旧结构相邻处，加固、扩大既有基础作为新基础，新加结构与既有结构之间设置变形缝，（图 5.7.1c）。新加结构与既有结构之间的变形缝应同时满足伸缩缝和防震缝的要求。

4 新旧结构连接、新旧基础分离：新建基础和既有基础分开设置，新建楼面结构与既有结构连接（图 5.7.1d）。新旧结构的连接可根据受力和变形的需要设置为刚接或者铰接。

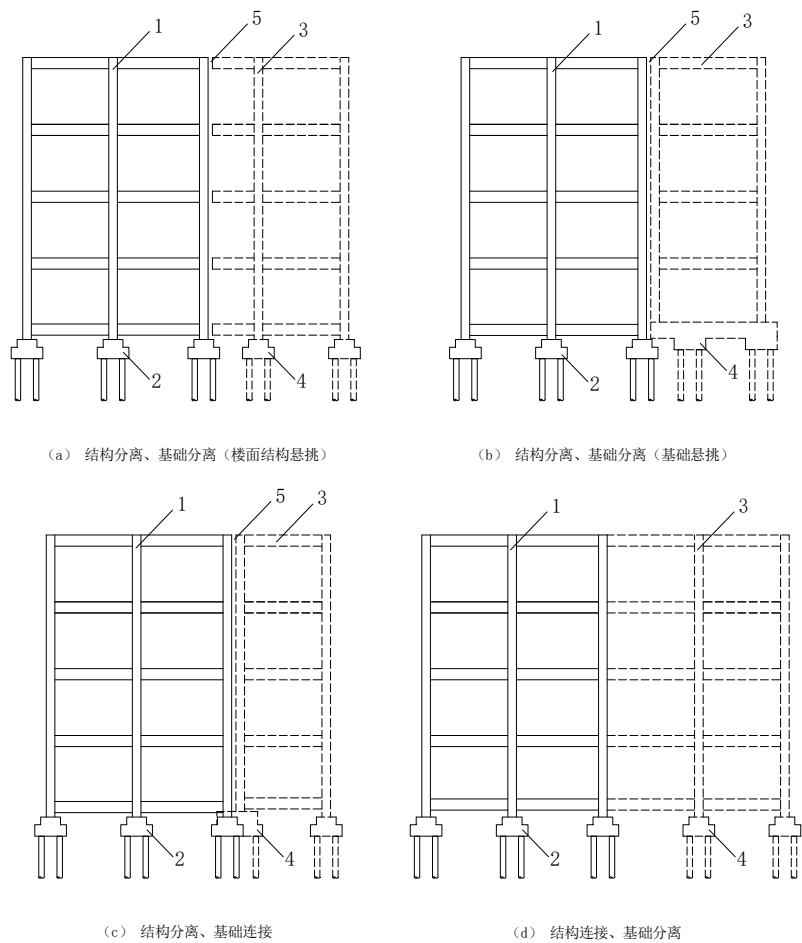


图5.7.1 扩建改造示意图

1—既有结构； 2—既有基础； 3—新建结构； 4—新建基础； 5—变形缝

**5.7.2** 在设计新加结构与既有结构之间的连接方式和连接构造时，应考虑新加结构和既有结构在竖向变形方面的数值差异和时间滞后等因素，减少改造后结构在完成新旧结构连接后产生的附加内力。新加结构与既有结构之间采用滑动铰接的连接方式时，应在既有竖向支承结构上设置混凝土牛腿或钢牛腿作为连接支座，并在牛腿上设置滑动性能良好的连接构造。

**5.7.3** 扩建改造的基础设计应考虑新加结构与既有结构之间的变形协调。设计时应采用对地基扰动较小的新建基础类型和基础加固方法。当新旧结构连接在一起时，应采用沉降变形较小的新建基础类型和基础加固方法，严格控制在改造施工期间和扩建后使用阶段的新旧基础之间的沉降差。

**5.7.4** 在既有住宅建筑外侧加装电梯时，既有混凝土结构的改造设计应符合下列规定：

- 1 既有混凝土结构的可靠性鉴定内容应符合本规范第 4.1.2 条的规定；
- 2 确定改造设计范围应符合本规范第 3.1.4 条的规定；
- 3 应对改造设计范围内的结构进行承载力验算和构造措施评估，并进行相应的加固处理，确保加装电梯后不降低既有结构的安全性。
- 4 加装电梯应减少对既有结构构件及围护墙体的拆改，确需拆改时应对相关的结构构件进行承载能力验算、进行相应的加固处理；
- 5 当新加结构与既有结构连接成整体时，应严格控制新加基础的沉降变形，采取可靠的连接措施，加强既有结构与新加结构的整体性，确保既有结构与新加结构的协同工作；

## 6 新旧结构连接设计

### 6.1 一般规定

6.1.1 对既有混凝土结构进行改造时，新旧结构之间应采用可靠的连接方法，并对新旧结构之间的连接界面及相关的连接部件进行承载力计算和构造措施设计。

6.1.2 新加构件、加固构件、包柱式混凝土柱帽和包柱式混凝土梁的承载力计算和构造措施，应符合国家现行有关标准的规定。

6.1.3 新旧结构连接时，既有支承结构的混凝土强度等级不应低于 C20。

6.1.4 对于新加混凝土构件与既有支承结构之间的新旧混凝土连接界面，应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定进行正截面承载力验算。验算时混凝土强度取新、旧混凝土轴心抗压强度设计值的较低值。

6.1.5 对于采用增大截面法加固的混凝土构件与既有支承结构之间的连接界面，应按现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367 的有关规定进行正截面承载力验算。承载力验算时，计算截面应采用构件加固后的总截面，混凝土强度应取界面两侧混凝土轴心抗压强度设计值的较低值。

6.1.6 对于新加钢构件与既有支承结构之间的钢-混凝土连接界面，应配置足够的连接锚栓提供承载力，按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 和现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 的有关规定对连接钢件、连接锚栓和基材混凝土进行承载力验算，并满足相关的构造要求。

6.1.7 对于新加混凝土构件与既有支承结构、增大截面法加固的混凝土构件与既有支承结构、包柱式柱帽与既有柱、包柱式梁与既有柱之间的连接界面，应分别按本规范第 6.2~6.6 节的规定进行受剪承载力验算，配置足够的界面连接钢筋，包括界面抗剪钢筋和界面分布钢筋，并满足相关的构造要求。对于本规范没有给出受剪承载力计算方法的其它连接界面，应在具备可靠依据的条件下采用适当的计算方法对连接界面进行受剪承载力验算。

6.1.8 界面连接钢筋的配置应符合下列规定：

1 对于新加混凝土构件与既有支承结构、增大截面法加固的混凝土构件与既有支承结构之间的连接界面：

1) 当连接界面承受弯矩作用时，按受弯构件配置的受拉区纵向钢筋可同时作为界面抗剪钢筋使用，不必重复配置；按受弯构件配置的受压区纵向钢筋不能同时作为界面抗剪钢筋使用，但可作为界面分布钢筋使用；

2) 当连接界面承受轴向力作用时，按受拉构件或受压构件配置的纵向钢筋不能同时作为界面抗剪钢筋使用，但可作为界面分布钢筋使用；

2 对于包柱式梁与既有柱之间的连接界面，当连接界面承受弯矩作用时，按受弯构件配置的受拉区纵向钢筋可同时作为界面抗剪钢筋使用，不必重复配置；按受弯构件配置的受压区纵向钢筋不能同时作为界面抗剪钢筋使用；

3 对于包柱式柱帽与既有柱之间的连接界面，柱帽内按柱帽自身的承载力要求配置的环向纵向钢筋可同时作为界面抗剪钢筋使用，不必重复配置。

6.1.9 当具备充分依据、有利于提高连接界面的受剪承载力时，可采用新旧结构连接的其

它连接方式和界面构造措施。

## 6.2 新加构件与既有支承结构的连接

6.2.1 本节适用于新加混凝土构件与既有支承结构之间的新旧混凝土连接界面的受剪承载力验算。

6.2.2 混凝土连接界面应符合下列条件：

$$V \leq 0.16\beta_c f_c A_c \quad (6.2.2)$$

式中： $V$  ——连接界面处的剪力设计值；

$\beta_c$  ——混凝土强度影响系数，按新、旧混凝土强度等级的较低值取值：当混凝土强度等级不超过 C40 时， $\beta_c$  取 1.0；当混凝土强度等级等于或高于 C60 时， $\beta_c$  取 0.8；其间按线性内插法确定；

$f_c$  ——混凝土的轴心抗压强度设计值，取新、旧混凝土轴心抗压强度设计值的较低值，其数值大于  $27.5\text{N/mm}^2$  时应取  $27.5\text{N/mm}^2$ ；

$A_c$  ——连接界面的计算面积，取  $A_c = b h$ ；

$b$  ——连接界面的计算宽度：对于矩形界面取界面宽度；对于 T 形界面或 I 形界面取腹部宽度；

$h$  ——连接界面的高度。

6.2.3 当混凝土连接界面仅受剪力作用时，混凝土连接界面应按下列规定验算受剪承载力（图 6.2.3）：

$$V \leq 0.87 A_{sv} f_y \quad (6.2.3)$$

式中： $A_{sv}$  ——界面抗剪钢筋的截面面积，在整个界面范围内计算取值；

$f_y$  ——界面抗剪钢筋的抗拉强度设计值，其数值大于  $360\text{N/mm}^2$  时应取  $360\text{N/mm}^2$ 。

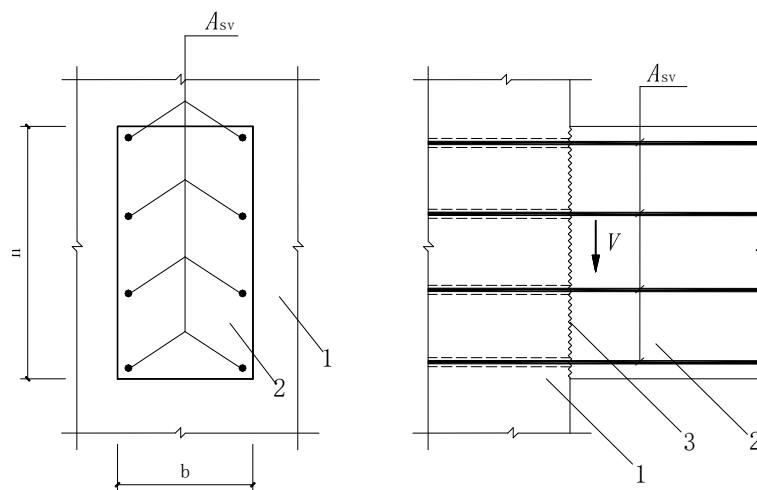


图6.2.3 新加混凝土构件与既有支承结构的连接界面受剪承载力计算  
（连接界面仅受剪力作用）

1—既有支承结构； 2—新加混凝土构件； 3—连接界面



**6.2.4** 当混凝土连接界面同时受弯矩和剪力作用时，混凝土连接界面应按下列规定验算受剪承载力（图 6.2.4）：

$$V \leq \frac{1.3}{\lambda + 1} A_{sv} f_y \quad (6.2.4)$$

式中： $\lambda$  ——新加构件在连接界面处的剪跨比，取  $\lambda = M / (Vh_0)$ ；当  $\lambda$  小于 0.5 时，取 0.5；  
此处， $M$  为新加构件在连接界面处的弯矩设计值， $h_0$  为新加构件在连接界面处的截面有效高度；

$A_{sv}$  ——界面抗剪钢筋的截面面积，应在图 6.2.4 所示的界面抗剪钢筋分布范围内计算取值，其中的  $x$  为界面处受弯承载力计算时的混凝土受压区高度；

$f_y$  ——界面抗剪钢筋的抗拉强度设计值，其数值大于  $360\text{N/mm}^2$  时应取  $360\text{N/mm}^2$ 。

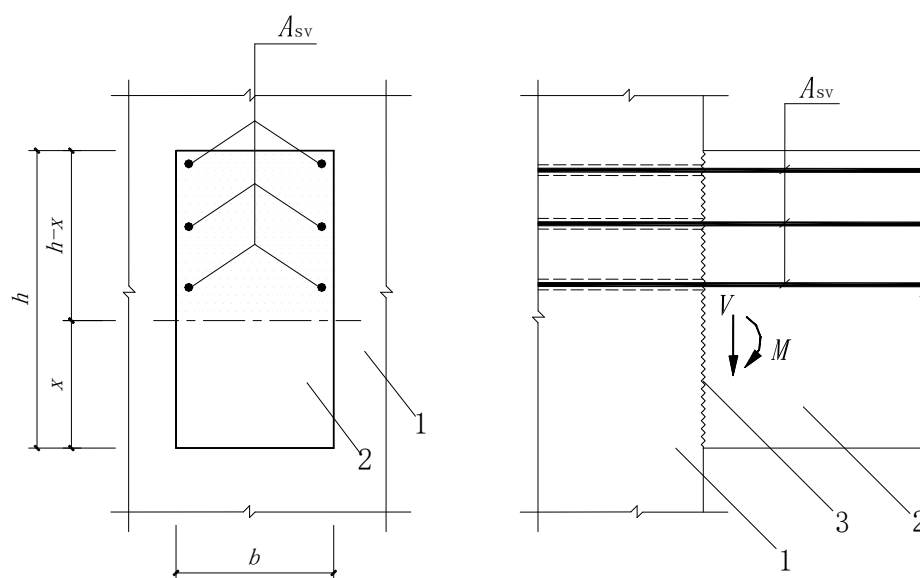


图6.2.4 新加混凝土构件与既有支承结构的连接界面受剪承载力计算  
（连接界面同时受弯矩和剪力作用）

1—既有支承结构； 2—新加混凝土构件； 3—连接界面

注：图中点状阴影范围为界面抗剪钢筋的分布范围

**6.2.5** 当混凝土连接界面同时受弯矩和剪力作用且连接界面处的剪跨比大于 3.0 时，混凝土连接界面可不作受剪承载力验算。

### 6.3 加固构件与既有支承结构的连接

**6.3.1** 本节适用于采用增大截面法加固的混凝土构件与既有支承结构之间的新旧混凝土连接界面的受剪承载力验算。

**6.3.2** 混凝土连接界面应符合下列条件：

$$V \leq 0.16(1 + \mu\alpha_A)\beta_c f_c A_c \quad (6.3.2)$$

式中： $\mu$  ——考虑整浇截面作用的连接界面受剪承载力影响系数，根据加固构件内新浇

混凝土截面关于原整浇混凝土截面的对称程度取值： $\mu=0.3\sim 0.6$ ，当对既有构件单侧作不对称加固时取 $\mu=0.3$ ；当对既有构件两侧作对称加固时取 $\mu=0.6$ ；

$\alpha_A$ ——原整浇混凝土截面面积与加固后总界面面积的比值， $\alpha_A=A_{c1}/A_c$

$A_{c1}$ 、 $A_c$ ——原整浇混凝土截面、加固后总界面的计算面积： $A_{c1}=b_1h_1$ 、 $A_c=bh$ ；

$b_1$ 、 $b$ ——原整浇混凝土截面、加固后总界面的计算宽度：对于矩形界面取界面宽度；对于T形界面或I形界面取腹部宽度；

$h_1$ 、 $h$ ——原整浇混凝土截面、加固后总界面的高度。

**6.3.3** 当混凝土连接界面仅受剪力作用时，混凝土连接界面应按下列规定验算受剪承载力（图6.3.3）：

$$V \leq 0.87(1 + \mu\alpha_A)(A_{sv1}f_{y1} + A_{sv2}f_{y2}) \quad (6.3.3)$$

式中： $A_{sv1}$ 、 $A_{sv2}$ ——原整浇混凝土截面内抗剪钢筋、新浇混凝土截面内抗剪钢筋的截面面积，在整个界面范围内计算取值；

$f_{y1}$ 、 $f_{y2}$ ——原整浇混凝土截面内抗剪钢筋、新浇混凝土截面内抗剪钢筋的抗拉强度设计值，其数值大于 $360\text{N/mm}^2$ 时应取 $360\text{N/mm}^2$ 。

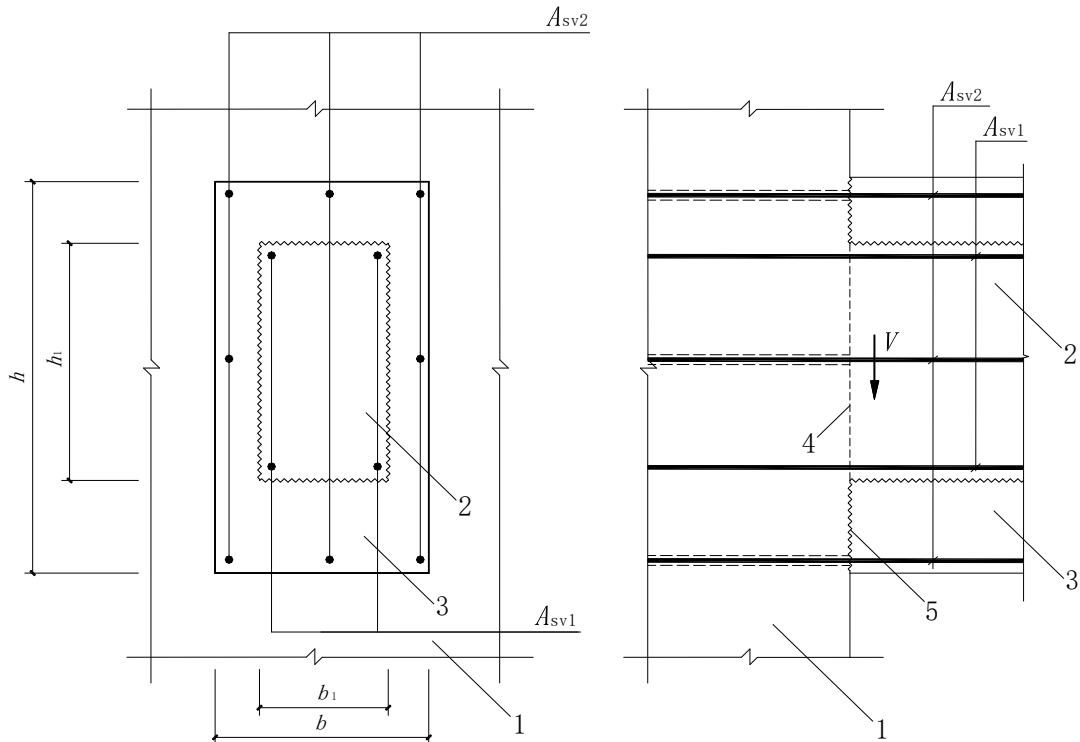


图6.3.3 加固构件与既有支承结构的连接界面受剪承载力计算  
(连接界面仅受剪力作用)

1—既有支承结构；2—被加固构件；3—新加混凝土；4—原整浇混凝土截面；5—新加混凝土截面

**6.3.4** 当混凝土连接界面同时受弯矩和剪力作用时，混凝土连接界面应按下列规定验算受

剪承载力（图 6.3.4）：

$$V \leq \frac{1.3(1+\mu\alpha_A)}{\lambda+1} (A_{sv1}f_{y1} + A_{sv2}f_{y2}) \quad (6.3.4)$$

式中：  $\lambda$  ——加固构件在连接界面处的剪跨比，取  $\lambda=M/(Vh_0)$ ；当  $\lambda$  小于 0.5 时，取 0.5；此处， $M$  为加固构件在连接界面处的弯矩设计值， $h_0$  为加固构件在连接界面处的加固后截面有效高度；

$A_{sv1}$ 、 $A_{sv2}$  ——原整浇混凝土截面内、新浇混凝土截面内界面抗剪钢筋的截面面积，应分别在图 6.3.4 所示的界面抗剪钢筋分布范围内计算取值，其中的  $x$  为界面处受弯承载力计算时的混凝土受压区高度；

$f_{y1}$ 、 $f_{y2}$  ——原整浇混凝土截面内、新浇混凝土截面内界面抗剪钢筋的抗拉强度设计值，其数值大于 360N/mm<sup>2</sup> 时应取 360N/mm<sup>2</sup>。

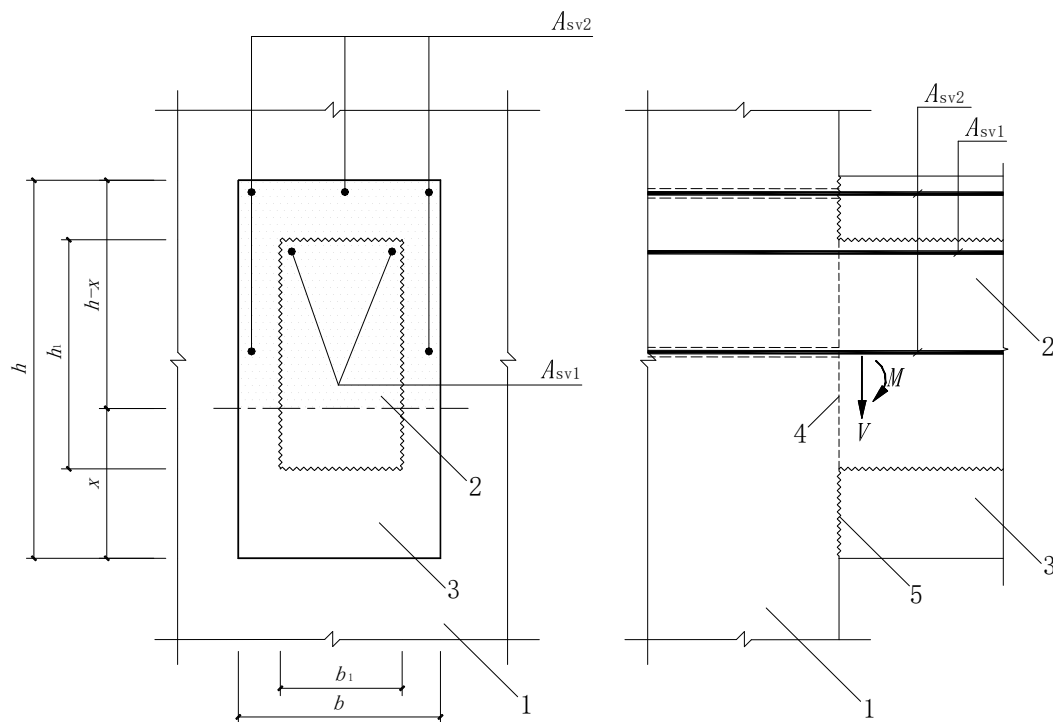


图6.3.4 加固构件与既有支承结构的连接界面受剪承载力计算  
(连接界面同时受弯矩和剪力作用)

1—既有支承结构； 2—被加固构件； 3—新加混凝土； 4—原整浇混凝土截面； 5—新加混凝土截面

注：图中点状阴影范围为界面抗剪钢筋的分布范围

**6.3.5** 当混凝土连接界面同时受弯矩和剪力作用且连接界面处的剪跨比大于 3.0 时，混凝土连接界面可不作受剪承载力验算。

**6.3.5** 符合下列条件之一的混凝土连接界面，可不作受剪承载力验算：

- 1 混凝土连接界面同时受弯矩和剪力作用，且连接界面处的剪跨比大于 3.0；
- 2 混凝土连接界面处的剪力设计值符合以下条件：

$$V \leq 0.2\beta_{c1}f_{c1}A_{c1} \quad (6.3.5)$$

式中：  $\beta_{cl}$  ——混凝土强度影响系数，按既有构件的混凝土强度等级取值：当混凝土强度等级不超过 C40 时， $\beta_c$  取 1.0；当混凝土强度等级等于或高于 C60 时， $\beta_c$  取 0.8；其间按线性内插法确定；

$f_{cl}$  ——既有构件在界面处的混凝土轴心抗压强度设计值，其数值大于  $27.5\text{N/mm}^2$  时应取  $27.5\text{N/mm}^2$ 。

#### 6.4 包柱式梁与既有柱的连接

6.4.1 本节适用于包柱式混凝土梁与被包裹的既有混凝土柱之间的新旧混凝土连接界面的受剪承载力验算，包柱式混凝土梁可以是单向包柱式梁或正交的双向包柱式梁，既有混凝土柱可以是矩形截面柱或圆形截面柱。

6.4.2 计算包柱式梁与既有柱之间新旧混凝土连接界面的受剪承载力时，连接界面由柱四周的计算截面组合而成。对于矩形柱应取矩形柱每一侧面的连接界面作为计算截面，对于圆形柱，应取圆形柱每 1/4 周长对应的连接界面作为计算截面。

6.4.3 对于单向包柱式梁，混凝土连接界面应按下列规定验算受剪承载力（图 6.4.3）：

$$V \leq 2(V_{Rx} + V_{Ry}) \quad (6.4.3-1)$$

公式（6.4.3-1）中的  $V_{Rx}$  应按下列公式计算，并取其中的较小值：

$$V_{Rx} = 0.16\beta_c f_c b_x h \quad (6.4.3-2)$$

$$V_{Rx} = \frac{1.3\eta}{\lambda+1} A_{svx} f_{yx} \quad (6.4.3-3)$$

公式（6.4.3-1）中的  $V_{Ry}$  应按下列公式计算，并取其中的较小值：

$$V_{Ry} = 0.16\beta_c f_c b_y h \quad (6.4.3-4)$$

$$V_{Ry} = 0.87\eta A_{svy} f_{yy} \quad (6.4.3-5)$$

式中：  $V$  ——柱周连接界面处的总剪力设计值，取柱传递给包柱式梁的轴向力设计值；

$V_{Rx}$ 、 $V_{Ry}$  —— x-x、y-y 计算截面处连接界面提供的受剪承载力设计值，当  $V_{Ry} > 0.2V_{Rx}$  时，取  $V_{Ry} = 0.2V_{Rx}$ ；

$b_x$ 、 $b_y$  —— x-x、y-y 计算截面处连接界面的计算宽度，对于矩形截面柱，取计算截面所在的柱截面边长；对于圆形截面柱，取 1/4 柱截面周长；

$h$  ——计算截面处连接界面高度，取包柱式梁的截面高度。

$\eta$  ——考虑既有混凝土柱截面形式的连接界面承载力影响系数，对于矩形截面柱取 1.0；对于圆形截面柱取 0.78；

$\lambda$  ——包柱式梁在 x-x 计算截面处的剪跨比，取  $\lambda = M/(Vh_0)$ 。当  $\lambda$  小于 0.5 时，取 0.5；此处， $M$ 、 $V$  分别为包柱式梁在计算截面处的弯矩设计值和剪力设计值， $h_0$  为包柱式梁在计算截面处的截面有效高度；当柱两对边处梁的  $\lambda$  值不同时，取其较大值作为包柱式梁的  $\lambda$  值；

$A_{svx}$  ——梁内沿 x 向的界面抗剪钢筋的截面面积，应在图 6.4.3 所示的 x 向界面抗剪

钢筋分布范围内计算取值，其中的  $x$  为  $x$ - $x$  计算截面处受弯承载力计算时的混凝土受压区高度；

$A_{svy}$  ——梁内沿  $y$  向的界面抗剪钢筋的截面面积，应在图 6.4.3 所示的  $y$  向界面抗剪钢筋分布范围内计算取值；

$f_{yx}$ 、 $f_{yy}$  —— $x$  向、 $y$  向界面抗剪钢筋的抗拉强度设计值，其数值大于  $360\text{N/mm}^2$  时应取  $360\text{N/mm}^2$ 。当  $y$  向界面抗剪钢筋的包含弯弧端在内的水平段锚固长度  $l_0$  小于  $0.4l_{ab}$  时，应相应折减  $f_{yy}$  的取值，其中  $l_{ab}$  为纵向受拉钢筋的基本锚固长度，应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定取值， $l_0$  应自柱截面最外边线起计。

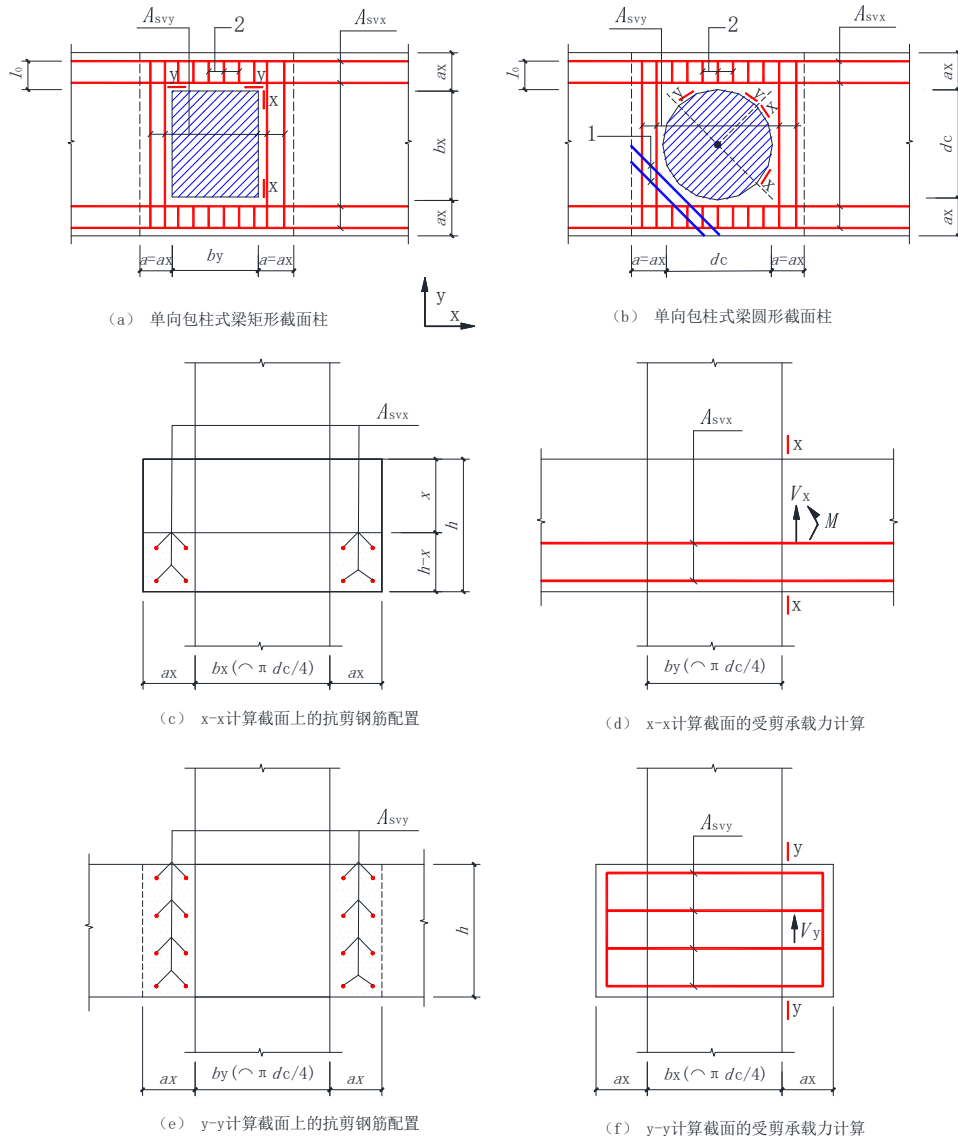


图6.4.3 单向包柱式梁与既有柱的连接构造与界面受剪承载力计算

1—斜向水平附加钢筋 2—柱侧箍筋； x-x—x向包柱式梁计算截面； y-y—y向无梁一侧的计算截面

注：1、图中以包柱式梁轴线方向为x向，以正交于x向的方向为y向；  
2、图c中的点状阴影范围为x向界面抗剪钢筋的分布范围；  
3、图e中的点状阴影范围为y向界面抗剪钢筋的分布范围。

6.4.4 对于双向包柱式梁，混凝土连接界面应按下列规定验算受剪承载力（图 6.4.4）：

$$V \leq 2(V_{Rx} + V_{Ry}) \quad (6.4.4-1)$$

公式（6.4.4-1）中的  $V_{Rx}$  应按下列公式计算，并取其中的较小值：

$$V_{Rx} = 0.16\beta_c f_c b_x h_x \quad (6.4.4-2)$$

$$V_{Rx} = \frac{1.3\eta}{\lambda_x + 1} A_{svx} f_{yx} \quad (6.4.4-3)$$

公式（6.4.4-1）中的  $V_{Ry}$  应按下列公式计算，并取其中的较小值：

$$V_{Ry} = 0.16\beta_c f_c b_y h_y \quad (6.4.4-4)$$

$$V_{Ry} = \frac{1.3\eta}{\lambda_y + 1} A_{svy} f_{yy} \quad (6.4.4-5)$$

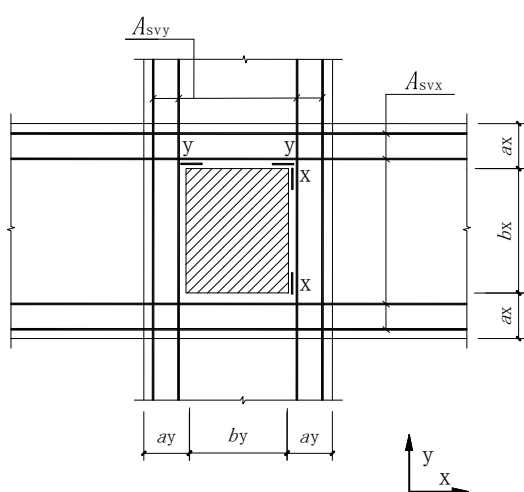
式中：  $V$  —— 连接界面处的总剪力设计值，取柱传递给包柱式梁的轴向力设计值；

$V_{Rx}$ 、 $V_{Ry}$  ——  $x$ - $x$ 、 $y$ - $y$  计算截面处连接界面提供的受剪承载力设计值；

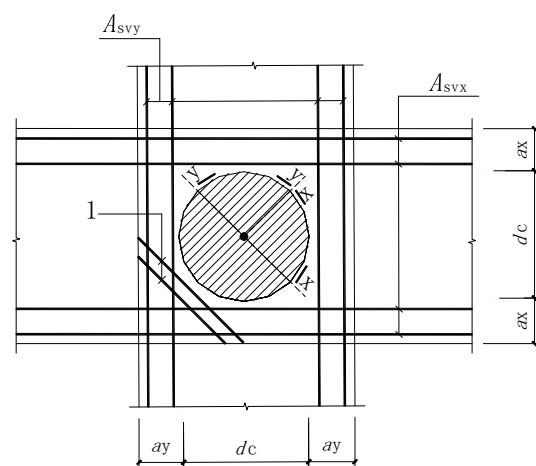
$h_x$ 、 $h_y$  ——  $x$ - $x$ 、 $y$ - $y$  计算截面处连接界面的计算高度，分别取  $x$  向、 $y$  向包柱式梁的截面高度。

$\lambda_x$ 、 $\lambda_y$  ——  $x$  向、 $y$  向包柱式梁在计算截面处的剪跨比，分别按  $x$  向和  $y$  向包柱式梁取  $\lambda = M / (Vh_0)$ 。当  $\lambda$  小于 0.5 时，取 0.5；此处， $M$ 、 $V$  分别为该向包柱式梁在计算截面处的弯矩设计值和剪力设计值， $h_0$  为该向包柱式梁在计算截面处的截面有效高度；当柱两对边处梁的  $\lambda$  值不同时，取其较大值作为该向包柱式梁的  $\lambda$  值；

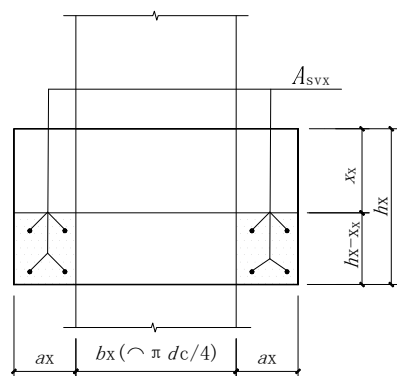
$A_{svx}$ 、 $A_{svy}$  —— 包柱式梁内沿  $x$  向、 $y$  向的界面抗剪钢筋的截面面积，应分别在图 6.4.4 所示的  $x$  向、 $y$  向界面抗剪钢筋分布范围内计算取值，其中的  $x_x$ 、 $x_y$  分别为  $x$ - $x$ 、 $y$ - $y$  计算截面处受弯承载力计算时的混凝土受压区高度。



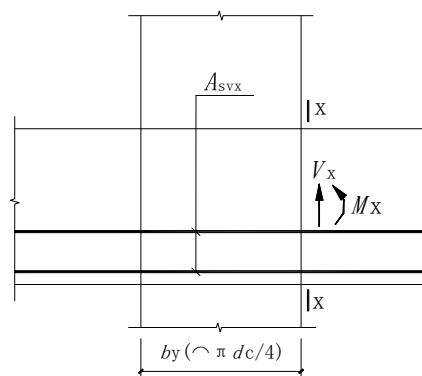
(a) 双向包柱式梁矩形截面柱



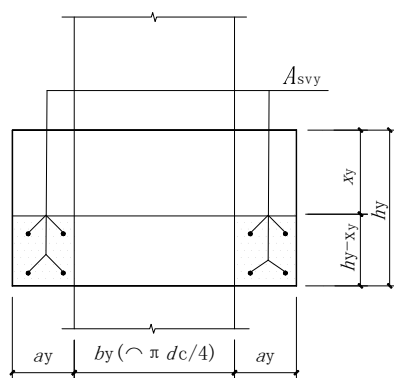
(b) 双向包柱式梁圆形截面柱



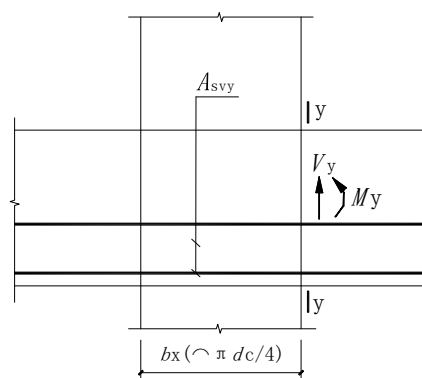
(c) x-x计算截面上的抗剪钢筋配置



(d) x-x计算截面的受剪承载力计算



(e) y-y计算截面上的抗剪钢筋配置



(f) y-y计算截面的受剪承载力计算

图6.4.4 双向包柱式梁与既有柱的连接构造与界面受剪承载力计算

1—斜向水平附加钢筋； x-x—x向包柱式梁计算截面； y-y—y向包柱式梁计算截面

- 注：1、图中以两根正交的包柱式梁的轴线方向分别为x向和y向；  
2、图c中的点状阴影范围为x向界面抗剪钢筋的分布范围；  
3、图e中的点状阴影范围为y向界面抗剪钢筋的分布范围。



## 6.5 包柱式柱帽与既有柱的连接

6.5.1 本节适用于包柱式混凝土柱帽与既有混凝土柱之间的新旧混凝土连接界面的受剪承载力验算,包柱式混凝土柱帽可以是包裹矩形截面柱的矩形柱帽,也可以是包裹圆形截面柱的圆形柱帽。

6.5.2 验算包柱式柱帽与既有柱之间混凝土连接界面的受剪承载力时,连接界面由柱四周的计算截面组合而成。对于矩形柱帽,应分别取矩形柱每一侧面的连接界面作为计算截面;对于圆形柱帽,应取圆形柱侧面的整个连接界面进行受剪承载力计算。

6.5.3 对于矩形柱帽,混凝土连接界面应按下列规定验算受剪承载力(图 6.5.3):

$$V \leq 2(V_{Rx} + V_{Ry}) \quad (6.5.3-1)$$

公式(6.5.3-1)中的  $V_{Rx}$  应按下列公式计算,并取其中的较小值:

$$V_{Rx} = 0.13\beta_c f_c b_x h \quad (6.5.3-2)$$

$$V_{Rx} = 1.5 A_{sv} f_y \quad (6.5.3-3)$$

公式(6.5.3-1)中的  $V_{Ry}$  应按下列公式计算,并取其中的较小值:

$$V_{Ry} = 0.13\beta_c f_c b_y h \quad (6.5.3-4)$$

$$V_{Ry} = 1.5 A_{sv} f_y \quad (6.5.3-5)$$

式中:  $V$  ——连接界面处的总剪力设计值,取四个计算截面处的剪力设计值之总和。每个计算截面处的剪力设计值,取作用于柱帽相应受荷范围内的竖向荷载基本组合值;当柱两对边计算截面上的剪力设计值不同时,取其较大值计算该两对边的剪力设计值;

$V_{Rx}$ 、 $V_{Ry}$  —— x-x、y-y 计算截面处连接界面提供的受剪承载力设计值;

$b_x$ 、 $b_y$  —— x-x、y-y 计算截面处连接界面的计算宽度,取计算截面所在的柱截面边长;

$h$  ——计算截面处连接界面的计算高度,取柱帽的截面高度。

$A_{sv}$  ——计算截面处每侧界面抗剪钢筋的截面面积,取柱帽内环向布置的纵向钢筋截面面积;

$f_y$  ——界面抗剪钢筋的抗拉强度设计值,其数值大于  $360\text{N/mm}^2$  时应取  $360\text{N/mm}^2$ 。

当界面抗剪钢筋的包含弯弧端在内的水平段锚固长度  $l_0$  小于  $0.4l_{ab}$  时,应相应折减  $f_y$  的取值,其中  $l_{ab}$  为纵向受拉钢筋的基本锚固长度,应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定取值,  $l_0$  应自柱截面外边线起计。

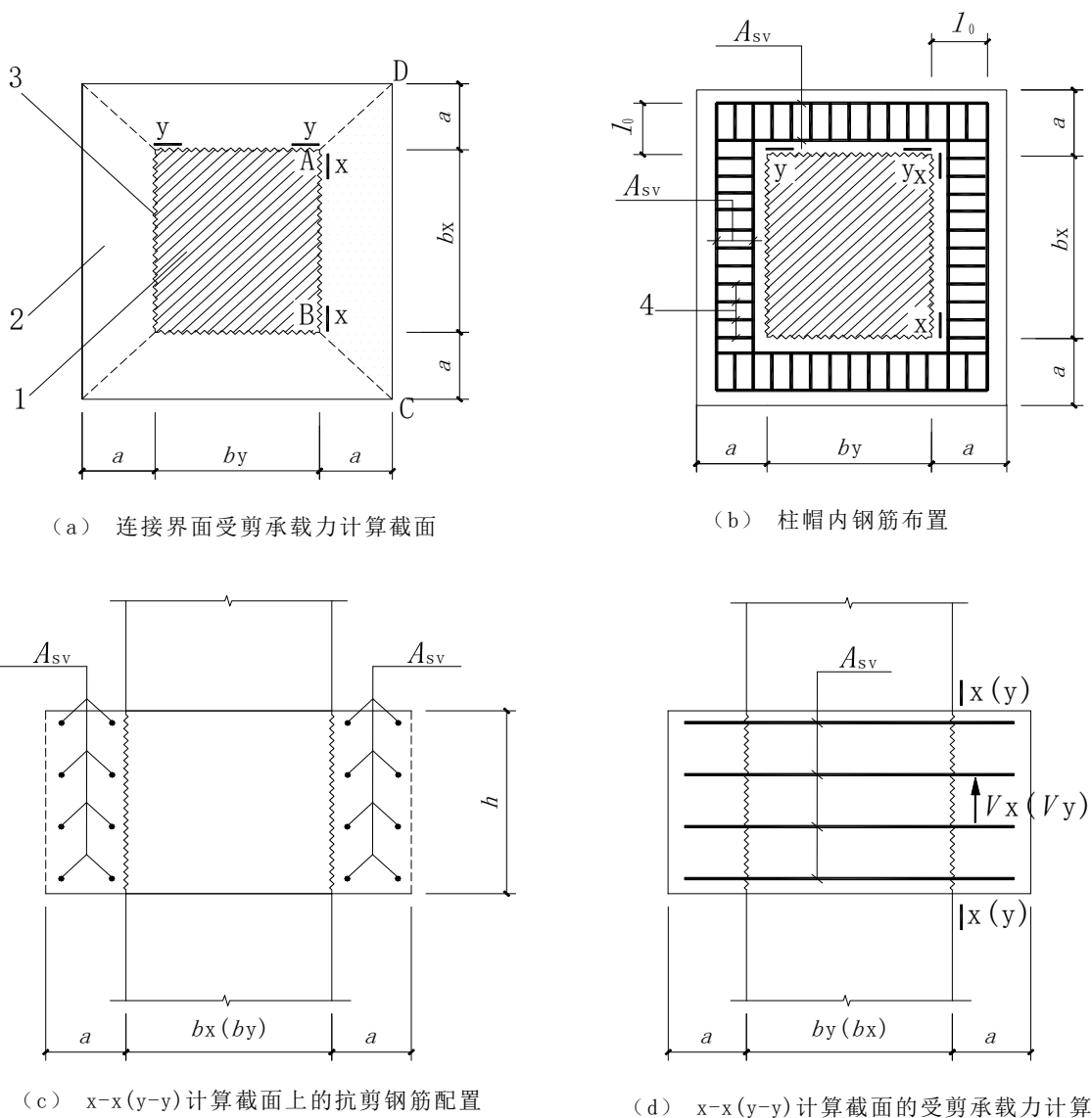


图6.5.3 矩形柱帽与既有矩形柱的连接界面受剪承载力计算

1-既有混凝土柱； 2-新加混凝土柱帽； 3-连接界面； 4-柱帽内横向箍筋

x-x-x向计算截面； y-y-y向计算截面

注：1、图a中A、B、C、D所围的点状阴影范围为对应x-x计算截面的受荷范围；

2、图中括号内的标注适用于y-y计算截面。

6.5.4 对于圆形柱帽，混凝土连接界面应按下列规定验算受剪承载力（图 6.5.4）：

$$V \leq 0.43\beta_c f_c d_c h \quad (6.5.4-1)$$

$$V \leq 4.6 A_{sv} f_y \quad (6.5.4-2)$$

式中：  $V$  ——连接界面处的总剪力设计值，取作用于柱帽上的竖向荷载基本组合值。当柱帽上的竖向荷载关于柱不对称布置时，应取荷载较大值作为柱两对边的荷载来计算界面处的剪力；

$d_c$  ——圆形截面柱的直径；

$h$  ——连接界面的计算高度，取柱帽的截面高度。

$A_{sv}$  ——界面抗剪钢筋的截面面积，取柱帽内环向封闭布置的纵向钢筋截面面积。

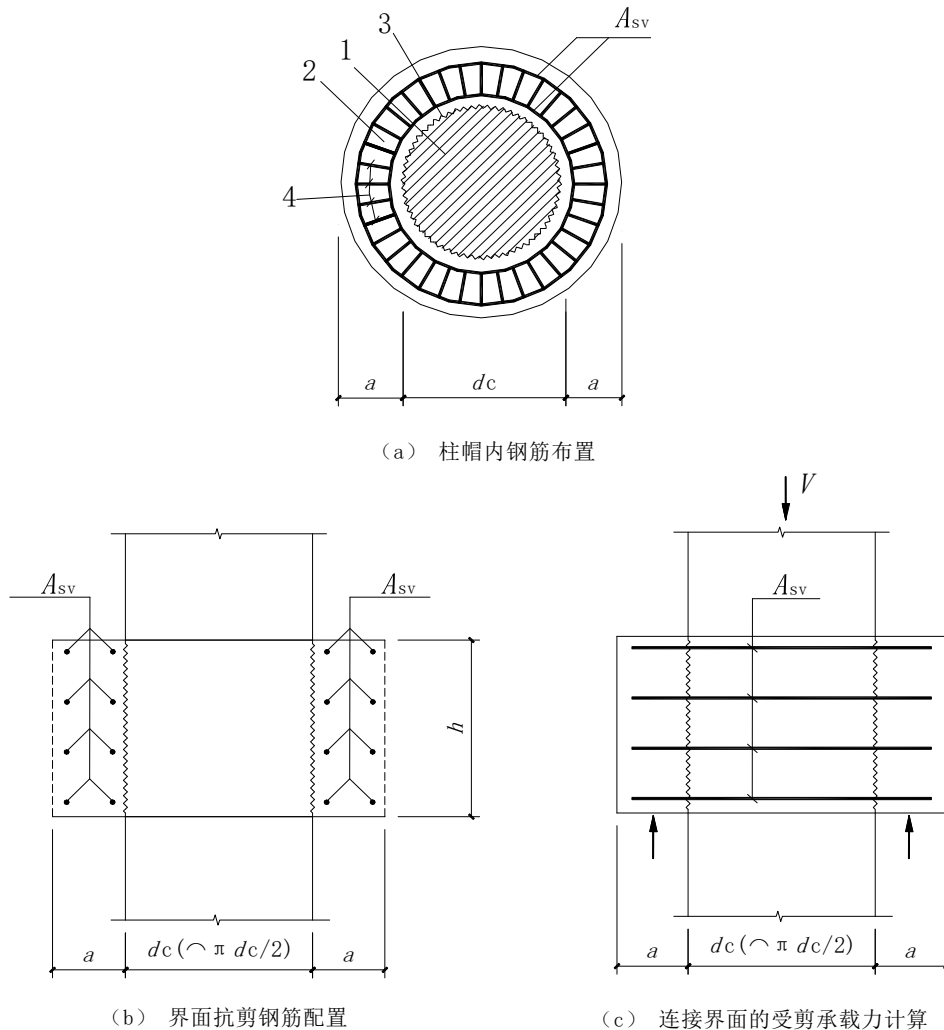


图6.5.4 圆形柱帽与既有圆形柱的连接界面受剪承载力计算

1-既有混凝土柱； 2-新加混凝土柱帽； 3-连接界面； 4-柱帽内横向箍筋

## 6.6 构造规定

**6.6.1** 新旧混凝土连接界面应采用凿毛混凝土基面的方式进行界面处理，当具备充分依据时也可采用其它更可靠的方式进行界面处理。采用凿毛混凝土基面的方式进行界面处理时应符合下列规定：

- 1 凿毛既有结构的混凝土基面，要求凿毛后全表面露出新鲜混凝土、形成凹凸均匀的粗糙基面，基面的平均凹凸深度应不小于 8mm；
- 2 把混凝土基面上的粉尘、污物清洗干净，并保持基面洁净；
- 3 在浇筑新混凝土前应淋水养护，保持混凝土基面充分湿润不少于 12 小时；
- 4 在浇筑新混凝土前半小时内，在混凝土基面喷涂水灰比为 0.5—0.8 的水泥纯浆，水泥种类应与新浇混凝土所用水泥种类相同，水泥强度等级不应低于新浇混凝土所用水泥的强

度等级。

**6.6.2** 当需要进一步改善新旧混凝土连接界面的抗剪性能时,可在按本规范第 6.6.1 条处理连接界面的同时,根据基面条件在混凝土基面上均匀设置适当数量的凹槽或孔洞(图 6.6.2)。凹槽中线应垂直于界面剪力作用方向,凹槽由内而外的宽度宜为 30~50mm、深度宜为 30mm,凹槽间距宜为 200mm。孔洞宜为直径 40mm、深度 30mm 的圆孔,圆孔间距宜为 100mm。

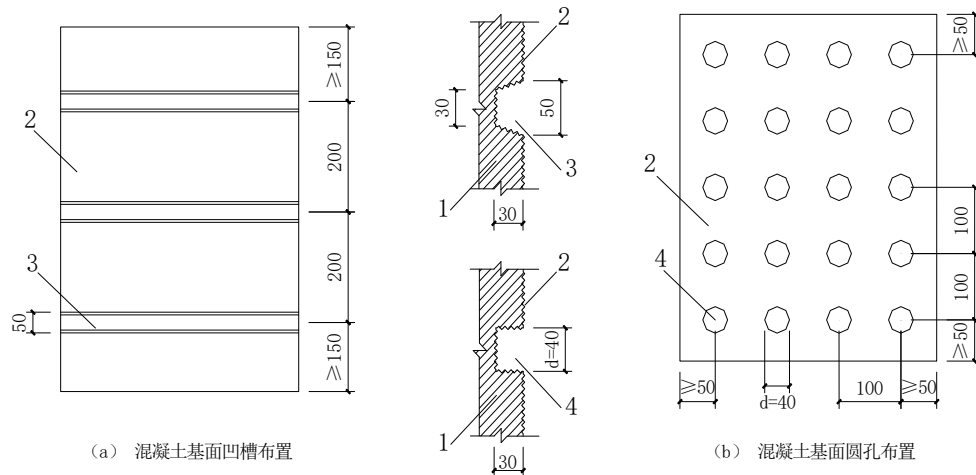


图6.6.2 混凝土连接基面的深化处理

1—既有结构混凝土; 2—混凝土基面; 3—凹槽; 4—圆孔

**6.6.3** 钢-混凝土连接界面应按以下要求进行界面处理:

- 1 对钢材基面进行除锈处理,要求全表面露出新鲜光亮的基面;
- 2 清除干净钢材基面上的粉尘、污物,保持基面干燥、洁净;
- 3 将混凝土基面打磨平整。对于不平整的基面,应首先采用抗压强度高于混凝土强度、具有良好粘结性能的修补材料修平基面,然后再打磨平整混凝土基面;
- 4 清除干净混凝土基面上的粉尘、污物,保持基面干燥、洁净;
- 5 在钢材基面和混凝土基面上分别均匀涂布结构胶,结构胶涂布厚度宜为 2~3mm;
- 6 在钢材就位后对钢材适当施压,使钢材基面和混凝土基面通过结构胶紧密贴合。

**6.6.4** 在新旧结构之间的连接界面,应根据承载力要求布置相应的界面抗剪钢筋或锚栓。界面抗剪钢筋和锚栓的布置应符合下列规定:

1 对于新加混凝土构件与既有支承结构之间、采用增大截面法加固的混凝土构件与既有支承结构之间的新旧混凝土连接界面,应在连接界面内设置垂直于连接界面的界面抗剪钢筋(图 6.6.4a)。当连接界面仅受剪力作用时,应在连接界面上均匀布置界面抗剪钢筋;当连接界面同时受弯矩和剪力作用时,应在连接界面的受拉区内布置界面抗剪钢筋。

2 对于包柱式梁与既有柱之间的新旧混凝土连接界面,采用单向包柱式梁时,应在柱两侧梁内受拉区设置沿梁纵向的界面抗剪钢筋,在柱另两侧梁内均匀设置水平横向的界面抗剪钢筋;采用双向包柱式梁时,应在柱侧梁内受拉区设置沿梁纵向的界面抗剪钢筋(图 6.4.3、图 6.4.4)。必要时界面抗剪钢筋可贯穿柱身布置。

在单向包柱式梁与既有柱的连接中,水平横向的界面抗剪钢筋应对称布置于柱两侧的有

效宽度范围内，并应沿梁高方向均匀分布。有效宽度  $a$  取梁腹部边线与柱边线之间的距离  $a_x$ 。

3 包柱式柱帽内界面抗剪钢筋的布置应符合下列要求：

- 1) 当既有柱为矩形截面柱时，最外侧的界面抗剪钢筋应在柱帽内环绕柱身水平环向封闭布置，其它界面抗剪钢筋应伸至柱帽边弯折锚固；
- 2) 当既有柱为圆形截面柱时，界面抗剪钢筋应在柱帽内环绕柱身水平环向封闭布置；
- 3) 界面抗剪钢筋宜采用焊接接头或机械连接接头；
- 4) 界面抗剪钢筋宜在柱帽截面内均匀布置，也可在截面上、下端相对集中对称布置（图 6.5.3、图 6.5.4）。

4 对于新加钢梁、钢牛腿等钢结构构件与既有支承结构之间的连接，宜在连接界面内均匀布置垂直于连接界面的连接锚栓（图 6.6.4b）。

5 对于新加混凝土墙柱与既有结构之间的新旧混凝土连接界面，应在连接界面上均匀布置界面抗剪钢筋。墙柱的纵向钢筋和分布钢筋宜直接植入既有结构作为界面抗剪钢筋使用。

新加混凝土墙柱的纵向钢筋和分布钢筋也可通过植入连接钢筋或锚栓来驳接，并在靠近界面处的新加墙内设置螺旋箍筋（图 6.6.4c）、在靠近界面处的新加柱内设置钢筋网片（6.6.4d）。当新加混凝土墙柱与既有结构植筋驳接时，螺旋箍筋的直径不应小于 10mm，螺距不应大于 80mm；钢筋网片的钢筋直径不应小于 10mm，钢筋间距不应大于 100mm，网片间距不应大于 80mm。钢筋网片在混凝土柱内的布置高度宜取新加柱的矩形截面平均边长或圆形截面直径。

6 对于新加混凝土梁与既有支承结构之间的新旧混凝土连接界面，当连接界面处的剪力较大、受剪承载力不足时，应通过加腋、增大截面法加固支承结构、增设混凝土柱帽等方式来提供支承、加强界面连接（图 6.6.4e、6.6.4f）。

7 在连接界面上植入钢筋或锚栓直接连接新加构件有困难或新加构件需设置为铰支时，可在既有结构上设置混凝土牛腿或钢牛腿，转由牛腿为新加构件提供支承（图 6.6.4g、6.6.4h）。

8 对于新加钢结构构件与既有支承结构之间的连接，当采用锚栓连接时，宜按摩擦型高强螺栓设计；当采用植筋连接时，钢筋与连接板之间宜采用塞焊焊接。

9 当新加混凝土悬臂构件、采用增大截面法加固的混凝土悬臂构件与既有支承结构连接且剪跨比大于 1.0 时，位于受拉区的界面抗剪钢筋不应仅仅依靠化学锚固的方法锚固于既有支承结构，而应通过机械锚固或其它更有效的方法提供锚固。

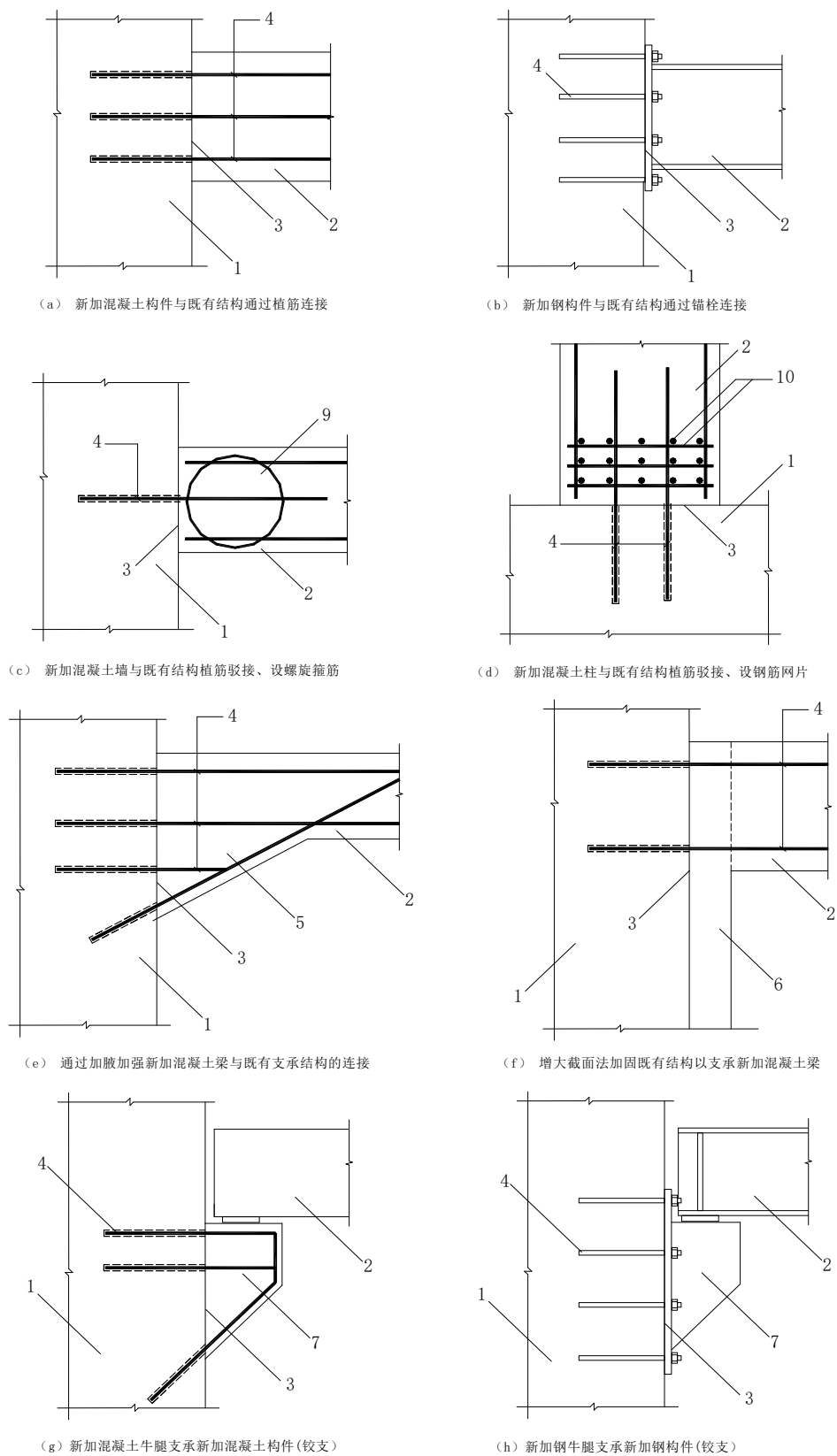


图6.6.4 新加结构构件与既有混凝土结构的连接方法

1—既有混凝土结构； 2—新加构件； 3—新旧混凝土连接界面； 4—界面连接钢筋或锚栓  
5—混凝土加腋； 6—增大截面； 7—新加牛腿； 8—新设柱帽； 9—螺旋箍筋； 10—钢筋网片

注：1、图中连接方法均为示意图例。

2、图a、e、f 也可用于加大截面法加固构件与既有结构的连接。

6.6.5 界面抗剪钢筋应在界面两侧锚固，并符合下列规定：

1 当界面抗剪钢筋预埋锚固于混凝土构件内时，界面抗剪钢筋的锚固应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 对受拉钢筋锚固长度的有关规定；

2 当界面抗剪钢筋植筋锚固于既有支承结构时，应按现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367 和现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ145 的有关规定验算植筋锚固的承载力、计算植入深度，并满足相关的构造要求。当植筋锚固长度不满足要求时，可根据现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ145 按化学锚栓的有关规定进行设计。

6.6.6 在包柱式梁与既有柱的连接中，包柱式梁的截面宽度应大于柱的截面宽度，梁的中心线与柱的截面形心宜对齐。梁腹部边线与柱边线之间的距离应满足下列条件（图 6.4.3、图 6.4.4）：

1 对于矩形截面柱： $a_x$ 、 $a_y$  应不小于 200mm，且  $a_x$ 、 $a_y$  应分别不小于  $b_y/3$  和  $b_x/3$ ， $b_y$ 、 $b_x$  分别为矩形截面柱垂直于  $y$  向和  $x$  向的边长。

2 对于圆形截面柱： $a_x$ 、 $a_y$  应不小于 200mm 且不小于  $d_c/3$ ， $d_c$  为圆形截面柱的直径。

6.6.7 在包柱式梁与既有圆形截面柱的连接中，应在柱周边线与梁内纵、横向钢筋之间的四个素混凝土区域内设置斜向的水平附加钢筋，附加钢筋的直径不应小于 14mm，水平间距不应大于 75mm，竖向间距不应大于 100mm，附加钢筋的端部应伸至梁边（图 6.4.3、图 6.4.4）。

6.6.8 在单向包柱式梁中，应在柱两侧边的梁内分别配置箍筋，箍筋直径不应小于梁内箍筋直径，且不应小于 8mm，间距不应大于 100mm，箍筋的肢数不应小于 2，肢距不宜大于 200mm（图 6.4.3）。

6.6.9 在包柱式柱帽与既有柱的连接中，柱帽的水平面形心应与柱的截面形心对齐。柱帽外边线与柱边线之间的距离  $a$  应满足下列条件（图 6.5.3、图 6.5.4）：

1 对于矩形截面柱： $a$  应不小于 200mm，且不宜小于  $b_x/3$  和  $b_y/3$  的较大值， $b_x$ 、 $b_y$  分别为矩形截面柱垂直于  $x$  向和  $y$  向的边长。

2 对于圆形柱帽： $a \geq 200\text{mm}$ ，且不宜小于  $d_c/3$ ， $d_c$  为圆形截面柱的直径。

6.6.10 在柱帽内应均匀布置横向箍筋（图 6.5.3、图 6.5.4），箍筋的直径不应小于 8mm，水平间距不应大于 100mm，箍筋的肢数不应小于 2，肢距不宜大于 200mm。

6.6.11 界面抗剪钢筋的直径不宜大于 25mm、不应小于 10mm，竖向间距和水平间距均不应大于 200mm，并应符合表 6.6.11 规定的最小配筋百分率要求。

表 6.6.11 界面抗剪钢筋的最小配筋百分率  $\rho_{\min}(\%)$

界面受力类型			钢筋种类	最小配筋百分率
新加构件、加固构件与既有支承结构的连接	新加梁、柱、牛腿 加固梁、柱、牛腿	仅受剪力作用	界面抗剪钢筋	0.50 和 $110 f_t / f_y$ 中的较大值
		同时受弯矩和剪力作用	界面抗剪钢筋	0.30 和 $70 f_t / f_y$ 中的较大值
	新加板、加固板		界面抗剪钢筋	0.30 和 $70 f_t / f_y$ 中的较大值
	新加墙、加固墙		界面抗剪钢筋	0.35
包柱式梁与既有柱	单向包柱式梁		沿 $x$ 向的界面	0.30 和 $70 f_t / f_y$ 中的较大值

的连接		抗剪钢筋	较大值
		沿 y 向的界面抗剪钢筋	0.30
	双向包柱式梁	每一向的界面抗剪钢筋	0.30 和 $70 f_t / f_y$ 中的较大值
包柱式柱帽与既有柱的连接		环柱界面抗剪钢筋	0.50 和 $110 f_t / f_y$ 中的较大值

注：1 对于新加构件、加固构件与既有支承结构的连接，界面抗剪钢筋的配筋率应按下式计算： $\rho = A_s / A_c$ ，其中  $A_s$  为界面抗剪钢筋的截面面积， $A_c$  为连接界面的面积；

2 对于包柱式梁与既有柱的连接，x、y 两个方向的界面抗剪钢筋的配筋率应按下式分别计算： $\rho = A_s / (bh)$ ，其中  $A_s$  为计算截面上的界面抗剪钢筋截面面积， $b$  为对应计算截面的矩形柱截面边长或圆形柱直径， $h$  为相应计算截面处的界面高度；

3 对于包柱式柱帽与既有柱的连接，界面抗剪钢筋的配筋率应按下式计算： $\rho = 2A_s / (bh)$ ，其中  $A_s$  为柱帽内环向封闭布置的界面抗剪钢筋截面面积；对于矩形柱帽， $b$  为矩形柱的截面边长较大值；对于圆形柱帽， $b$  为圆形柱的截面直径； $h$  为柱帽高度；

4 表中  $f_t$  取新浇混凝土的轴心抗拉强度设计值， $f_y$  取界面抗剪钢筋的抗拉强度设计值。

**6.6.12** 在混凝土连接界面内，应均匀布置界面分布钢筋，并符合下列规定：

- 1 界面分布钢筋的直径不应小于 10mm，间距不应小于 200mm；
- 2 当界面分布钢筋预埋锚固于混凝土构件内时，锚固长度应不小于 20d（d 为钢筋直径）；
- 3 当界面分布钢筋植筋锚固于既有支承结构时，植入深度应不小于 12d（d 为钢筋直径）。

**6.6.13** 在处理混凝土基面时，如果发现既有混凝土存在质量缺陷，应视缺陷类型及程度相应修补混凝土缺陷或采取其它加固措施，必要时应改用更加可靠的连接方式。



## 7 变形监测与质量检验

### 7.1 变形监测

7.1.1 在既有混凝土结构的改造施工过程中，应根据需要进行变形监测。变形监测应符合现行国家标准《建筑工程测量规范》GB50026 的有关规定。

7.1.2 变形监测应根据结构受力、改造类型、场地条件等实际情况确定监测项目、监测点布置、监测频率和监测报警值。

1 对于涉及地基基础加固的改造，应重点监测改造范围内和临近改造范围的墙柱沉降变形、建筑物垂直度和建筑物裂缝。

2 对于结构托换改造，应重点监测托换柱及被托换柱的竖向变形、托换梁挠度变形和上部结构裂缝。在拆除被托换柱的施工阶段，应配合拆除作业连续监测变形。

3 对于整体升高改造，应重点监测改造范围内的墙柱顶升位移、墙柱沉降变形、被顶升结构的侧向位移、建筑物垂直度和建筑物裂缝。在顶升施工阶段，应在每级顶升完成后全面观测墙柱顶升位移和被顶升结构的侧向位移。

4 对于外立面结构保护性改造，应重点监测墙柱沉降变形、建筑物垂直度、外立面保留结构的侧向变形和裂缝。

5 对于加层改造，应重点监测改造范围内和临近改造范围的墙柱沉降变形、建筑物垂直度和建筑物裂缝。

6 对于扩建改造，应重点监测新建基础及其相邻既有基础的沉降变形、建筑物垂直度和建筑物裂缝。

7.1.3 变形监测的基准点应设置于在改造施工过程中稳固、不可移动的部位，并做好基准点和观测点的保护措施。

7.1.4 如果发现变形监测的数据异常、变形超限或结构开裂破损等情况时，应立即复测、检查数据，并向建设单位及设计单位及时反馈监测信息。

7.1.5 改造施工单位应按改造施工需要及设计文件提出的变形监测要求、根据国家现行标准《建筑工程测量规范》GB50026 的有关规定编审、实施变形监测方案。

### 7.2 质量检验

7.2.1 对于既有混凝土结构的改造，应对施工材料和工程质量按国家现行有关标准进行质量检验。未经检验合格的材料不得用于改造工程，未经质量验收合格的项目不应交付使用。

7.2.2 对于植筋和锚栓，应在施工前进行破坏性锚固承载力现场检验和评定，以作为检查锚固质量、确认锚固设计参数取值的依据。如果该破坏性检验不合格，应研究可能的材料和施工原因，根据需要调整材料和施工工艺，必要时调整设计参数。锚固承载力试验应与实际改造施工同等基材混凝土条件、相同锚固材料、相同锚固参数、相同施工工艺。对于按受力计算配置的植筋和锚栓，每一规格的试件数量应不少于三根，并应按现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 的规定进行锚固承载力试验、评定锚固承载力试验结果，锚固承载力应满足设计要求。

**7.2.3** 对于整体升高改造，应在分离被顶升结构前，对所有顶升平台的承载力进行原位验证性检验。承载力检验时，顶升平台的受力条件应与实际顶升操作时相同，并按现行国家标准《混凝土结构试验方法标准》GB/T 50152 的相关规定进行承载力检验。最大检验荷载值取 1.45 倍顶升荷载设计值。当出现下列承载力标志中任一个标志时，应停止加载并取其前一级的检验荷载值作为承载力检验实测值：

- 1 顶升平台的最大裂缝宽度达到 0.15mm；
- 2 顶升平台的钢筋接头断裂，或锚固失效；
- 3 顶升平台与混凝土柱之间界面的最大滑移量达到 1.2mm。

当顶升平台的承载力检验荷载实测值不小于 1.45 倍顶升荷载设计值时，可评定顶升平台满足承载力要求。

**7.2.4** 对于基础加固中的加固桩，应考虑既有基础或既有桩承台对加固桩质量检验的制约作用，根据基础现状、加固桩类型和现场试验条件确定桩身质量和单桩承载力的检验方法和检验数量。

**7.2.5** 当检验发现植筋或锚栓承载力、加固桩桩身质量、单桩承载力不满足设计要求时，应根据具体情况分析检验结果，必要时扩大检验数量，或调整设计参数、修正承载力设计值。

## 附录 A 微型嵌岩钢管灌注桩的设计

**A.0.1** 微型嵌岩钢管灌注桩的桩身由钢管和注浆混凝土组成，桩端应置于完整或较完整的稳定基岩。桩径即成孔直径，宜为 150mm~250mm。注浆混凝土由粗骨料和水泥浆固结体组成。钢管外径宜比成孔直径小 20mm~35mm。桩身构造如图 A.0.1 所示。

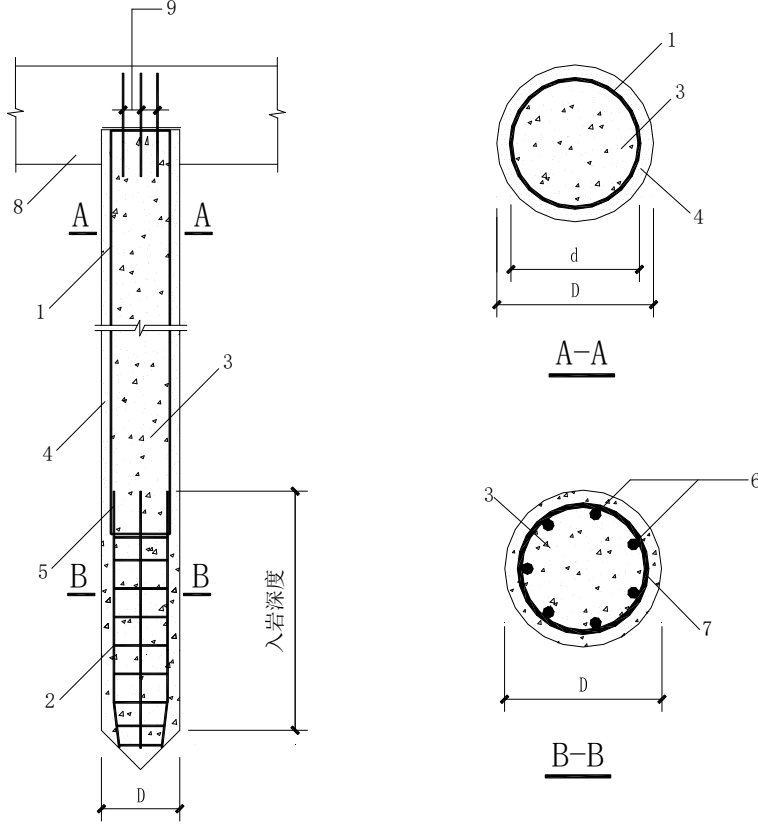


图 A.0.1 微型嵌岩钢管灌注桩构造

1-钢管 2-钢筋笼 3-注浆混凝土 4-水泥浆固结体 5-钢筋笼与钢管焊接  
6-钢筋笼纵筋 7-钢筋笼箍筋 8-桩承台 9-桩顶纵筋

**A.0.2** 单桩竖向承载力宜通过单桩载荷试验确定。当无试验资料时，单桩竖向承载力可按下式计算，计算时只考虑嵌岩段的桩周侧阻力和桩端端阻力，不计土层的桩周侧阻力：

$$R_a = R_{ra} + R_{pa} \quad (\text{A.0.2-1})$$

$$R_{ra} = u_p C_2 f_{rs} h_r \quad (\text{A.0.2-2})$$

$$R_{pa} = C_1 f_{rp} A_p \quad (\text{A.0.2-3})$$

式中： $R_a$ ——单桩竖向承载力特征值；

$R_{ra}$ ——嵌岩段的桩周总侧阻力特征值；

$R_{pa}$ ——嵌岩段的桩端总端阻力特征值；

$u_p$ ——桩嵌岩段截面周长；  
 $h_r$ ——桩的嵌岩深度；  
 $A_p$ ——嵌岩段桩身截面面积；  
 $f_{rs}$ 、 $f_{rp}$ ——桩侧岩层和桩端岩层的岩样天然湿度抗压强度；  
 $C_1$ 、 $C_2$ ——系数，根据持力层基岩完整程度和桩底沉渣清除程度等因素确定，按下列规定取值： $C_1=0.3\sim 0.5$ ；当嵌岩段桩身为钢筋笼时，取  $C_2=0.03\sim 0.05$ ；当嵌岩段桩身为钢管时，宜取  $C_2=0$ 。

**A.0.3** 桩身截面受压承载力验算应按下列式验算：

$$N \leq 0.7f_y A_s \quad (\text{A.0.3})$$

式中： $N$ ——相应于荷载效应基本组合时的单桩竖向力设计值；

$A_s$ ——钢管钢材的截面面积，可不扣减管壁开设出浆孔的面积；

$f_y$ ——钢管钢材的抗压强度设计值。

**A.0.4** 在嵌岩段内，宜采用与桩身钢管截面等强度的钢筋笼代替钢管。当桩端置于微风化硬岩时，可将桩身钢管直接伸至桩底。

**A.0.5** 桩端嵌入岩层的深度不宜小于 5 倍桩径，桩长不宜大于 200 倍钢管外径，在软弱土层内的桩段长度不宜大于 150 倍钢管外径。

**A.0.6** 桩与桩之间的最小中心距应符合下列规定：

1 微型嵌岩钢管灌注桩之间的最小中心距应根据桩径和桩长确定，宜取  $(2.0D\sim 2.5D)+350\text{mm}$ ，其中  $D$  为桩径，当桩身较长时取较大值。

2 微型嵌岩钢管灌注桩与既有工程桩之间的最小中心距，当既有工程桩为端承型桩时宜取新旧桩之 2.3 倍平均桩径，当既有工程桩为摩擦型桩时宜取新旧桩之 2.8 倍平均桩径。

**A.0.7** 钢管壁厚应不小于 4mm，管壁应开设两列出浆孔，孔径宜为 10~15mm，沿管壁纵向均匀布置，孔距宜为 600~800mm。两列出浆孔应错位布置。

**A.0.8** 桩身的上下节钢管之间应采用等强度焊接接头，使用的焊条、焊丝和焊剂应符合国家现行有关标准的规定。上下节钢管之间应内衬钢管对焊焊接，接桩构造如图 A.0.8 所示。

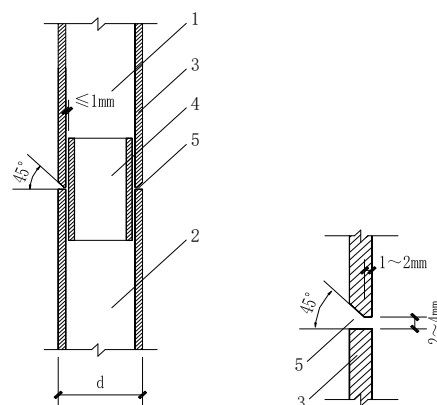


图 A.0.8 接桩构造

1- 上节桩 2- 下节桩 3- 桩身钢管 4- 内衬钢管 5- 对焊连接

**A.0.9** 桩身的钢管外壁应考虑防腐，钢管内壁可不考虑防腐。钢管外壁应按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定进行防腐处理或在管壁厚度设计时预留腐蚀余量。

**A.0.10** 嵌岩段钢筋笼的纵筋直径不应小于 16mm、净距不宜小于 25mm。钢筋笼箍筋直径应不小于 6mm、间距应不大于 100mm。钢筋笼纵筋应与钢管在钢管内侧双面焊接，焊接长度不小于 6 倍纵筋直径。钢筋笼纵筋宜在桩端 300mm 长度范围内逐渐向内收缩 10~20mm。

**A.0.11** 桩身混凝土应采用先孔底压力灌注水泥浆、待桩孔内注满水泥浆后下放粗骨料的注浆混凝土，混凝土强度等级应不低于 C20。

**A.0.12** 桩身钢管嵌入承台的长度，当成孔嵌入既有承台时不应小于 100mm；当嵌入新浇筑承台时不应小于 50mm，并在桩顶加焊纵向钢筋，钢筋数量不应少于 4Φ16，锚入承台的钢筋长度不宜小于 35 倍钢筋直径。

**A.0.13** 采用微型嵌岩钢管灌注桩加固基础或新加基础、且对桩的沉降变形无特殊要求时，可不进行沉降验算。

**A.0.14** 微型嵌岩钢管灌注桩的施工应满足下列要求：

1 采用泥浆护壁成孔、水下灌注水泥浆的施工工艺，注浆混凝土应在安装钢管完毕后连续施工、一次成型；

2 在安装桩身钢管前，应进行第一次循环清孔、清除沉渣，随即安装钢管并确保下放钢管至孔底；

3 安装好桩身钢管后，应进行第二次循环清空、清除沉渣，随即从孔底开始注浆，直至水泥浆到达孔口、置换出孔内全部泥浆；

4 从钢管孔口缓慢下放粗骨料，同时利用注浆管插实或采用其它有效方法使粗骨料在钢管内充填密实；

5 水泥浆应具备良好的可灌性，并采取措施减少水泥浆固结时的沉缩变形。应按注浆混凝土的强度要求和水泥浆的可灌性要求通过试配确定粗骨料的参数和水泥浆的配合比。水泥浆的水灰比不宜大于 0.45，粗骨料宜采用粒径 20~30mm 的碎石。

6 微型嵌岩钢管灌注桩的现场施工应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 中有关泥浆护壁成孔灌注桩和钢桩的相关规定，桩身质量、入岩深度和单桩承载力的检验应符合国家现行有关规范的规定。

## 本规范用词说明

- 1 为便于在执行本规范条文时区别对待，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，在条件许可时首先应这样做的：  
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 条文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）”。

## 引用标准名录

- 1 《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068
- 2 《建筑结构荷载规范》GB 50009
- 3 《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223
- 4 《建筑抗震设计规范》GB 50011
- 5 《混凝土结构设计规范》GB 50010
- 6 《钢结构设计标准》GB 50017
- 7 《建筑地基基础设计规范》GB 50007
- 8 《混凝土结构加固设计规范》GB 50367
- 9 《混凝土结构耐久性修复与防护技术规程》JGJ/T 259
- 10 《纤维增强复合材料建设工程应用技术规范》GB 50608
- 11 《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292
- 12 《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144
- 13 《建筑抗震鉴定标准》GB 50023
- 14 《混凝土结构试验方法标准》GB/T 50152
- 15 《建筑工程测量规范》GB 50026
- 16 《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3
- 17 《建筑桩基技术规范》JGJ 94
- 18 《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123
- 19 《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145
- 20 《高层建筑混凝土结构技术规程》DBJ 15
- 21 《建筑地基基础设计规范》DBJ 15-31
- 22 《建筑工程混凝土结构抗震性能设计规程》DBJ/T 15-151

广东省标准

既有建筑混凝土结构改造设计规范

DBJ/T 15-XX-20XX

条文说明



## 目 次

1	总则.....	58
2	术语和符号.....	60
2.1	术语.....	60
2.2	符号.....	60
3	改造设计基本规定.....	61
3.1	一般规定.....	61
3.2	设计基础资料.....	62
3.3	后续使用年限.....	63
3.4	荷载.....	64
3.5	结构参数与结构分析.....	65
3.6	结构承载力计算.....	65
3.7	变形与裂缝控制.....	66
3.8	抗震设计.....	68
3.9	耐久性设计.....	69
3.10	改造过程中的防倒塌设计.....	69
3.11	材料.....	71
4	既有混凝土结构的可靠性评估与加固设计.....	72
4.1	改造前既有混凝土结构的可靠性鉴定.....	72
4.2	改造后既有混凝土结构的安全性评估.....	74
4.3	既有混凝土结构及地基基础的加固设计.....	75
5	改造方法及其设计规定.....	78
5.1	一般规定.....	78
5.2	楼层结构改造.....	78
5.3	结构托换改造.....	79
5.4	整体升高改造.....	80
5.5	保护性改造.....	81
5.6	加层改造.....	82
5.7	扩建改造.....	82
6	新旧结构连接设计.....	83
6.1	一般规定.....	83
6.2	新加构件与既有支承结构的连接.....	84
6.3	加固构件与既有支承结构的连接.....	88
6.4	包柱式梁与既有柱的连接.....	88
6.5	包柱式柱帽与既有柱的连接.....	90
6.6	构造规定.....	92
7	变形监测与质量检验.....	95
7.1	变形监测.....	95
7.2	质量检验.....	95
附录 A	微型嵌岩钢管灌注桩的设计 .....	96

# 1 总 则

1.0.1 经过多个历史时期的建设和沉淀，我省已建成并留存体量庞大的钢筋混凝土建筑，对这些既有建筑的混凝土结构进行改造将成为可持续性发展的重要组成部分。在现行技术标准体系中，对于新建建筑混凝土结构的设计和既有建筑混凝土构件的加固设计都已具备相应的设计标准作为设计依据，但缺乏针对既有混凝土结构的改造特点、专门用于规范既有混凝土结构改造设计的技术标准。为规范我省在既有混凝土结构改造领域的结构设计工作、对我省日渐增多的既有混凝土结构改造工程提供技术支持，在总结国内外现有研究成果的基础上，补充完成了新旧混凝土界面受剪承载力等研究工作，结合我省既有混凝土结构的改造设计经验，针对既有混凝土结构改造工程的特殊性，制定本规范。

本规范作为既有混凝土结构改造设计的地方标准，编制时结合广东省的环境条件、地质条件、结构特点、研究成果、改造技术和改造经验，针对既有混凝土结构的改造设计特点，着重在结构设计原则、结构计算参数、既有混凝土结构的可靠性评估、新旧结构连接设计等方面做出规定，从而实现与《混凝土结构设计规范》GB 50010、《混凝土结构加固设计规范》GB 50367 等现行国家设计标准及《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292 、《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144 等现行国家鉴定标准的呼应及衔接。

本规范作为既有混凝土结构改造设计的标准，主要是为在改造过程中采用可靠技术、保障在改造施工阶段的结构安全及工程质量、保障在改造后使用阶段的结构安全及正常使用、做到经济合理、维护公共利益，对必须达到的最低指标和要求作出的统一规定。既有混凝土结构的改造是一个烦杂的系统工程，影响改造质量、结构安全和工程造价的因素众多，在设计时应确保达到规范最低标准的基础上，综合考虑各种因素、结合改造施工工艺，进行具体改造工程的设计。对于特殊的改造技术、更高的改造要求，则应在必要的研究和论证后进行设计，应采取可靠的改造技术和合理的构造措施，确保改造施工阶段和改造后使用阶段的结构安全。

1.0.2 本条给出本规范的适用范围。既有混凝土结构的改造有一个共同的特征：为了实现建筑物新的使用功能或提高结构的安全性，需要对既有混凝土结构的结构布置或结构构件作出改变。符合这一特征的既有工业与民用建筑的混凝土结构改造均在本规范的适用范围内。

对于既有混凝土结构，改造情形是多种多样的，在省内比较常见的改造情形主要包括：

1 改变建筑物的使用功能，包括改变建筑分隔、增加楼面使用荷载等，例如工业厂房改造为展厅、商场、酒店、办公楼等；办公用房改造为酒店、商场、书库、教学楼、医疗用房等；商场改造为电影城、展厅、餐厅等；在楼面增加设施、布置设备等。

2 改造建筑物的内部空间，包括室内天井改造、承重结构托换改造等。

3 在建筑物内加建电梯、楼梯等垂直运输通道，其中电梯包括垂直电梯、手扶电梯和坡道梯；

4 建筑物整体升高改造，包括整层层高的升高改造和局部范围层高的升高改造；

5 建筑物重新装修或进行立面改造，并需要改变结构布置或增加结构上的荷载。

6 建筑物加层和外部扩建，其中建筑物加层包括室内加层和屋面加层，外部扩建指在建筑物外围延伸加建新的结构，其中也包括室外加建电梯和楼梯。

7 对具有历史文化价值的建筑进行的保护性改造。

8 为了提高既有混凝土结构的承载力和抗震能力而进行的结构改造和结构加固。

9 需要改变结构布置或增加结构上荷载的其它改造情形。

结构改造可以是对整个建筑物的，也可以是对建筑物局部范围的，并且同一个改造项目可能同时包括多种改造情形在内。

本规范适用于改造前已存在的混凝土结构，其中既包括已竣工并投入使用的混凝土结构，也包括已建成尚未投入使用的混凝土结构。

对于轻骨料混凝土结构和特种混凝土结构，广东省内使用这种结构的既有建筑物很少，目前这方面的改造案例更少，缺乏充分的结构改造研究成果和类似工程经验，尚不具备列入适用范围的条件。

**1.0.3** 既有混凝土结构改造是在已存在的建筑结构上通过拆除局部结构、新加结构构件、加固结构构件、结构托换、整体升高等方法来实现建筑结构的脱胎换骨，重新形成一个新旧结构并存、并赋予了新生命的结构，完全不同于在空地上新建结构，这就决定了改造设计的影响因素多样性和设计工作复杂性。改造设计需要设计人员通过现场查勘和查阅原设计文件、可靠性鉴定报告、施工质保资料等设计基础资料来详细熟悉结构现状、了解改造条件，评定既有混凝土结构的可靠性，在综合考虑各种因素后制定方案、精心设计。

**1.0.4** 本规范作为既有混凝土结构改造设计标准，与国家和广东省现行有关技术标准衔接而不重复。因此，在进行既有混凝土结构的改造设计时，除应遵守本规范的规定外，还应和《混凝土结构设计规范》GB 50010 及《混凝土结构加固设计规范》GB 50367 等现行国家设计标准、《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292 及《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144 等现行国家鉴定标准和广东省现行有关标准配套使用。

## 2 术语和符号

术语和符号是根据现行国家标准《工程结构设计基本术语和通用符号》GBJ 132、《建筑设计术语和符号标准》GB/T 50083 的规定并结合本规范的具体情况给出的。

在国家和广东省的现行技术标准中已有表述的术语和符号不在本规范列出,作为常识性的术语也不在本规范列出。

## 3 基本规定

### 3.1 一般规定

**3.1.1** 既有混凝土结构改造后，使用功能可能发生变化，后续使用年限也可能不同于原来的设计使用年限，这些改变会影响改造后结构的荷载与地震作用、结构的内力和承载力，本条作出相应的规定以应对这些变化。

**3.1.2** 改造后的结构由新、旧结构组成，新旧结构之间形成连接界面。连接界面不同于单一材料的整体浇筑截面，而是新、旧材料的一个交接面，是一个相对比较薄弱的部位，结构破坏有可能首先发生在这个连接界面。在改造设计时，新旧结构构件和连接界面均满足承载力要求是结构安全的必要条件。

在结构改造时，既有结构构件的混凝土收缩变形已大部分完成，新浇混凝土的收缩变形将逐渐形成，两者之间的变形不同步可能导致新浇混凝土在约束条件下产生拉应力甚至开裂，对新旧结构、新旧材料的共同工作非常不利。此外，在结构改造时，既有结构构件、既有基础已受力，新加结构构件、新加基础尚未受力，两者受力有先后，应力和变形都是不同步的，这就有可能导致新旧结构不能同时充分地发挥承载能力，甚至发生各个击破的极端情况。因此，在结构改造设计中，需要根据具体情况采取相应的措施以减少材料变形、控制结构变形和基础不均匀沉降，避免改造后的结构产生过大的变形和裂缝。

**3.1.3** 既有混凝土结构改造的设计内容不同于新建混凝土结构，增加了既有混凝土结构可靠性评估、加固设计和新旧结构连接设计的内容。对于具体的改造项目，改造需求和改造方法多种多样，结构现状不尽相同，每个项目都可能有其特殊性，需要按具体情况来调整设计内容。

**3.1.4** 既有混凝土结构的改造可能是对整个结构的，也可能是对局部结构的。作为局部结构的改造设计，应做到不降低既有结构的安全度，并保证改造后结构具备必要的安全性。

既有混凝土结构建成于不同的历史时期，依据的是不同年代的技术标准，而我国各个年代的设计标准所遵从的可靠度指标也在不断提升。从 1985 年 1 月 1 日开始试行《建筑设计统一标准》GBJ68-84，我国的设计标准开始采用以概率理论为基础的结构极限状态设计原则，与之前的设计标准相比，技术水平和结构可靠度都大幅度提高，为之后的混凝土结构设计提供了承载力和抗震性能的基本保证。我国三十余年来的工程实践和建筑物震害调查结果也证实，按 1985 年以后版本设计标准设计、严格按图施工建造的混凝土结构，总体上具备必要的承载力和较好的抗震能力。基于尊重历史、面对现实、保证必要安全性的观点，为了既避免结构安全隐患，也不至于增加改造成本，本条以原设计所依据的设计标准年份作为判别既有混凝土结构安全性的一个重要因素。对于更早期建成的既有混凝土结构，安全性相对较低，进行局部结构的改造设计时需要同时处理好整体结构的安全问题。

**3.1.5** 改造后建筑物的建筑规模和使用功能可能发生了变化，改造后的建筑结构安全等级和地基基础设计等级不能简单沿用原建筑物设计采用的等级，而应按改造后的建筑物具体情况来确定。

对于沉降变形已稳定、基础荷载不会增加、地基不受显著扰动的既有地基基础，改造后不会产生新的沉降变形，也不会对上部结构产生不利影响，所以在改造设计时没有必要提高

地基基础设计等级。

**3.1.6** 采用比较规则的结构平面布置和竖向结构布置，是既有混凝土结构改造的一个原则性要求，这样可改善荷载作用下的受力条件、有利于提高结构抗震性能，尽量避免因局部刚度突变或扭转效应而形成薄弱部位。

**3.1.7** 防止在改造过程中发生结构性破坏或倒塌，是改造设计的一个重要内容。

对于在改造过程中可能危及结构安全性的改造情形，如承重结构托换改造、外立面结构保护性改造、整体升高改造等等，在改造过程的不同阶段有着不同的受力条件和受力状态，需要通过对改造过程的专项设计，考虑改造过程中结构上的作用和作用效应，确定合理的改造顺序，设置必要的支撑系统，提出涉及结构安全的施工技术措施，以确保改造过程中的结构安全。

拆除部分承重结构可能对既有结构造成损伤：第一，拆除部分承重结构后相邻结构将发生内力重分布，可能造成开裂以致破坏；第二，拆除部分承重结构后可能造成某些构件的支承条件发生变化，从而造成结构失稳、倒塌的可能；第三，混凝土结构拆除物的堆放增加了楼面荷载，可能造成楼面结构的超载使用；第四，拆除施工的撞击和震动可能引起既有结构的混凝土开裂。在改造设计时应考虑这些因素，并在设计时提出相应的结构安全防护措施，以切实保护既有结构在改造过程中的安全。

**3.1.8** 有些建筑物不具备基本的改造条件、改造过程的安全风险太高。从改造过程的结构安全考虑，本条提出不适合改造、不应进行改造设计的几种情形。

**3.1.9** 由于胶粘剂、植筋胶及其它聚合物材料在国内工程中的使用年限还不是很长，加固设计和加固施工都存在一定的局限性，再加上化学合成材料老化性能的不确定性和加固效果影响因素的多样性，加固构件有可能存在一些难以准确预计的安全隐患。为了防范这些隐患，有必要在完成改造后的使用期限内对在改造过程中采用化学合成材料的结构构件和连接部位进行检查，重点检查其开裂及变形情况。第一次检查时间的要求与现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367 保持一致。

**3.1.10** 改造设计是以改造后结构的使用功能、使用环境为依据进行的，结构的用途和使用环境的改变会直接影响结构的安全性和耐久性。

## **3.2 设计基础资料**

**3.2.1** 设计基础资料是改造设计的重要依据，其完整性和准确性对设计过程、设计成果、结构安全有直接关系。不同的改造情形，对设计基础资料的要求有所不同，设计人员应在了解改造需求后及时向业主说明改造设计所需的基础资料，并在开始设计前收集完整。

根据国家现行鉴定标准，可靠性鉴定包括安全性鉴定和使用性鉴定。安全性鉴定是按承载能力、连接构造、裂缝变形等项目评定结构的安全性等级，并按抗震构造措施评定结构的抗震能力；使用性鉴定是按裂缝变形、钢筋锈蚀、混凝土碳化深度等项目对结构的使用性等级进行评定，其中包括了耐久性内容。可靠性鉴定报告包括安全性鉴定和使用性鉴定两方面的内容；安全性鉴定报告可视为可靠性鉴定报告的一种特例，只包括安全性鉴定内容。在改造设计时需要提供哪一种鉴定报告应视具体情况而定。

**3.2.2** 改造设计涉及地基基础一般有两种情况，一是既有基础需要加固，二是扩建结构需要新加基础。对于前一种情况，由于加固基础的类型、桩型可能不同于既有基础，例如采用

桩基加固浅基础、采用持力层更深的端承型桩加固摩擦型桩基础等等，往往需要通过补充勘察了解更深层的地层结构、更多的岩土层物理力学性能指标；对于第二种情况，由于基础范围增大，需要根据新加基础的需要扩大勘察范围、选择勘察深度，进行补充勘察。

当既有建筑位于或临近山坡、挡土墙、河流及岩溶、土洞发育场地时，不良场地条件对既有建筑可能存在潜在威胁或直接危害，尤其是在改造过程中需要开挖土方、开挖基坑时更是如此，在改造时应引起高度重视。

**3.2.3** 本条对可靠性鉴定报告应包括的基本内容作出明确规定。在以往的鉴定报告中，往往只是按现行可靠性鉴定标准的要求进行可靠性或安全性评定，而没有与抗震鉴定标准配套使用，经常出现可靠性鉴定、安全性鉴定不考虑地震作用、不评定结构抗震性能的情况，鉴定结论未反映既有混凝土结构在地震作用下的安全性和抗震性能，鉴定报告难以满足改造设计的需要。

由于目前的鉴定人员技术水平高低不一，导致鉴定报告的质量参差不齐。为了满足改造设计需要，在鉴定报告中，应提供所有构件的承载力、构造及轴压比的评定结果。在评定混凝土构件的承载力时，还应区分承载力不满足要求和配筋构造不满足要求两种不同情形，为改造设计提供依据。

**3.2.4** 可靠性鉴定报告有一定的有效期。如果时间太长的话，结构的钢筋锈蚀、开裂受损、材料老化等问题可能日趋严重，甚至可能出现鉴定报告没有反映的结构损伤。为了使设计人员了解真实的结构现状、采用与现场实际相符的结构数据，改造设计时采用的鉴定报告应该在有效期内。

**3.2.5** 既有混凝土结构的改造设计，不是在空旷场地上新加结构，而是对既有结构进行改造和加固，并且既有结构有可能存在各种缺陷和损伤，设计人员只有通过现场查勘对结构现状具备基本的感性认识和总体的结构概念，才能很好地查阅和使用设计基础资料，真正了解结构现状，做好改造设计。

既有混凝土结构的改造设计应重视场地的不良环境条件，评估不良环境条件对改造后建筑物的不利影响。由于改造施工需要进出建筑材料、机具设备，有时还需要在既有混凝土结构外围安设大型吊装设备，而这些都可能受到场地条件的限制，所以了解清楚现场施工条件对确定一个合理可行的改造设计方案至关重要。

### **3.3 后续使用年限**

**3.3.1** 改造后结构的后续使用年限，需要综合考虑既有混凝土结构的原设计使用年限、已使用年限、已存在的耐久性损伤、拟使用材料的老化性能、业主的改造需求和改造成本等等因素，需要在多方面考量和平衡后确定。

**3.3.2** 为方便建筑物的正常使用，作为一个完整建筑物的组成结构，新加结构和既有混凝土结构通常情况下应采用相同的后续使用年限。但在某些特殊条件下，如新旧结构相对独立、并且业主希望为日后再次改造提供便利，应该允许新加结构和既有混凝土结构采用不同的后续使用年限。

**3.3.3** 对于大量建成年代不太久远的既有混凝土结构，取原设计使用年限扣除已使用年限作为后续使用年限时，在大部分情况下能够满足耐久性要求，无需作大量的耐久性加固，改造成本比较合理，同时也能满足业主的使用要求。对于年代久远的既有混凝土结构，考虑到

改造需要一定的资金成本，使用年限太短也就失去了改造的意义，所以本条给出了后续使用年限不宜低于 30 年的规定。

**3.3.4** 本条主要适用于刚建成不久、且环境条件较好的既有混凝土结构。

**3.3.5** 对于前期曾经采用合成树脂材料或其它聚合物材料加固的既有混凝土结构，加固年份和化学材料老化性能决定了加固构件剩余使用年限的多少，前期加固时采用的设计使用年限与原设计使用年限也不一定一致，在确定改造后的后续使用年限时需要顾及加固材料老化这方面的因素。

### 3.4 荷 载

**3.4.1** 本条规定计算荷载的基本要求。在改造设计时，无论改造范围大小，作用于结构上的荷载均应按现行国家设计标准和本规范的规定计算。局部改造且不影响其它结构时，允许其它无关结构不纳入设计范围，但在计算改造范围内的结构及其相关结构的内力时，荷载都应按现行标准计算，并通过荷载调整系数考虑使用年限因素。这与现行可靠性设计标准的原则是一致的。

**3.4.2** 本条给出自重荷载的取值规定。在计算时，自重荷载项目包括结构构件、围护构件、装修构造、面层及装饰、固定设备、长期储物等等。

**3.4.3** 在既有混凝土结构内新加垂直电梯、手扶电梯、坡道梯、空调设备、工业设备等固定设备，是常见的一类改造内容，设计时不应该依据经验估算、或按同类产品套用设备荷载，应在业主选定设备厂家及其规格、型号后按照设备安装图及其说明书确定设备荷载。工业设备的运营荷载不同于设备自重，诸如离心机之类的设备在运营时还产生振动，需要在荷载取值时慎重处理。

**3.4.4** 根据现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 确定不同重现期对应风压的有关规定，以现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 给出的基本风压值为基础，推算广东省内各地区在重现期为 30 年、40 年时的基本风压值  $w_0(30)$ 、 $w_0(40)$ ，与重现期为 50 年的基本风压值  $w_0(50)$  相比较，比较结果如下：

当重现期为 30 年时， $w_0(30)$  与  $w_0(50)$  之比值：平均值为 0.878，最大值为 0.910，其中只有上川岛的比值为 0.91，略大于 0.90；

当重现期为 40 年时， $w_0(40)$  与  $w_0(50)$  之比值：平均值为 0.946，最大值为 0.960，其中只有上川岛的比值为 0.96，略大于 0.95。

表 3.4.4 中风荷载的荷载调整系数在后续使用年限为 30 年、40 年时分别取 0.90 和 0.95，与上述结果是比较吻合的，并且稍偏于安全。

表 3.4.4 中的楼（屋）面活荷载调整系数是根据现行国家标准《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068 的规定、参考现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》50367 的取值原则确定的。

考虑后续使用年限的荷载调整系数，只适用于可变荷载，不适用于永久荷载。在广东省内，通常情况下不考虑积雪荷载。

**3.4.5** 对于既有混凝土结构，有的已建成很多年，周围的环境条件可能已发生较大变化，导致地下水位也发生了显著变化，原设计采用的地下水位已不一定适用于改造设计。在进行抗浮验算时，还应注意改造带来的结构自重变化。



**3.4.6** 本条给出改造施工阶段的荷载取值规定。在改造工程中，大型吊装设备的使用受到一定程度的限制，施工荷载和设备安装荷载的问题比较突出，既要便于搬运和安装大型设备，也要防止楼面结构超载使用，应在改造设计时考虑这部分荷载。考虑到改造施工阶段时间较短，可适当降低风荷载取值标准，一般情况下也不考虑地震作用。

**3.4.7** 在整体升高改造的顶升施工阶段，升高是分级顶升完成的，每一级顶升时顶升速度都是从零开始加速，有一个瞬时的加速过程，对支承结构和顶升装置都存在一定的动力加速作用，使柱的轴力加大；同时，柱间的顶升位移差值会引起柱间内力的重分布，柱位布置越密、结构层数越多，相同的位移差值引起的内力重分布越显著。因此，需要按具体情况确定荷载调整系数予以调整。省内的工程经验表明，通常情况下荷载调整系数取 1.1~1.2 是比较合适的，不应小于 1.1。

### 3.5 结构参数与结构分析

**3.5.1** 本条规定改造设计时既有结构的结构布置、构件尺寸、钢筋配置及材料力学性能指标的取值依据。

**3.5.2** 对于改造过程中需要拆除重要承重构件、显著增大既有结构内力或结构存在失稳可能性等危及施工期间结构安全的情形，与正常使用阶段的结构受力条件相比，改造施工阶段的结构受力条件有所不同、很可能更为不利，需要对改造施工阶段的不同受力状态分别进行结构分析，并确定其最不利组合，这是保证改造施工阶段结构安全的必要条件。

**3.5.3** 改造后的结构包括既有结构和新加结构，其中的既有结构采用各种方法进行了加固，计算模型与实际结构的受力状况可能存在差异，需要根据具体情况对内力计算结果进行适当的调整。

**3.5.4** 既有混凝土结构的变形和基础沉降在改造前已发生，而新加结构的变形将在改造过程和改造后才会发生，并且新加结构的变形受既有结构的制约，同时也在既有结构中产生附加内力。在进行改造设计时，应针对各种各样的受力和变形的不同步、不协调问题，采用合适的计算方法分析结构的受力和变形、采取适当的结构措施促成新旧结构的协同变形、共同工作。

### 3.6 结构承载力计算

**3.6.1** 本条列出了结构承载力计算应包含的内容。改造设计时，承载力计算与新建建筑的混凝土结构承载力计算有所不同：

第一，需要对既有结构进行承载力验算，在承载力验算的基础上进行加固设计；

第二，需要对新旧结构连接界面进行承载力计算。当采用钢牛腿、化学螺栓等连接部件时，应对连接部件进行承载力计算。

第三，在整体升高、结构托换、外立面结构保护性改造等特殊的改造工程中，施工过程中有可能遭受台风、暴雨等引起的突发荷载，也可能发生顶升操作和结构侧向刚度不足引起的意外偏位，需要进行必要的防连续倒塌设计，保证混凝土结构具备必要的整体稳固性。

广东省内的各个地区均属于抗震设防区，根据现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 的规定，除抗震设防烈度为 6 度的地区外，均需要进行截面抗震验算；位于 6 度地区、建于 IV 类场地上较高的高层建筑应进行多遇地震作用下的截面抗震验算。

**3.6.2** 本条为验算结构承载力的基本表达式，适用于改造设计时的结构构件及连接界面的承载力计算。对于既有结构构件，应在评定既有结构承载力的基础上，对承载力不满足评定要求的结构构件进行加固，使其承载力满足国家现行加固设计规范的规定。

在基本表达式中，引入了结构抗力调整系数  $\gamma_E$ ，用于考虑既有构件的历史因素和现实条件，在评估既有构件的安全性时适当放宽对承载力验算的要求，作为判别既有结构构件是否需要加固的依据。这一计算原则及调整系数的取值与现行国家鉴定标准《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292 和《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144 采用的鉴定原则是一致的，具体取值见本规范第 4.2.4 条，与在编的国家全文强条标准《既有建筑鉴定与加固通用规范》（征求意见稿）保持一致。主要构件和一般构件的划分在现行国家鉴定标准《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292 中已有规定，两者的区别在于：构件自身的失效是否会导致其它承重构件的失效，并危及承重结构系统的安全工作。在改造设计时，一般可将剪力墙、框架柱、框架梁、框支梁、连梁、大跨度梁等视为主要构件，将楼面次梁、楼面板等视为次要构件。

在整体升高改造中的顶升平台、支承立柱等顶升装置，在结构托换改造中的托换梁、托换柱等等，在改造过程中承受较大荷载、对改造的安全实施至关重要，需要按具体情况取适当的结构重要性系数予以调整。

其它结构重要性系数和结构构件的抗力模型不确定性系数系引用现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。

**3.6.3** 对既有混凝土结构进行改造设计时，新加构件、加固构件与既有结构之间的连接界面需要进行承载力验算，包括改造过程中的临时性新加结构与既有结构的连接界面，其中主要是连接界面的受剪承载力验算。

**3.6.4** 对于上述内容以外的有关承载力计算规定，本规范不作重复表述，应遵守国家现行有关设计标准的规定。

### 3.7 变形与裂缝控制

**3.7.1** 地基基础在改造过程中产生的附加沉降变形主要和工程地质条件、新加基础方案、基础加固方案及施工工艺密切相关，需要结合当地的工程经验来评估。对于不需要新加基础或加固基础的改造，则既有地基基础在改造施工过程中不受地基扰动的影响，只发生因荷载增加产生的沉降变形。对于需要新加基础或加固基础的改造，在评估改造过程中可能产生的附加沉降变形时，需要考虑地基基础的施工对建筑物地基的扰动，包括基础基坑开挖及水土流失对地基基础的不利影响。基坑内长期抽水在粉细砂层、砂质粘性土、淤泥及淤泥质土等土层中极易造成水土流失、进而发生地基沉降，在改造设计时需要引起充分重视。

**3.7.2** 改造施工过程是一个比较短的变形过程，结构在短期内承受基础沉降差的能力相对于长期变形来说较低，需要根据不同的结构类型加以限制，以最大程度地避免上部结构的开裂。总结省内多年来的改造工程经验，本条提出了在改造施工过程中相邻基础的附加沉降差允许值。由于既有混凝土结构新旧程度不同、既有结构质量也有差异，上部结构在改造过程中耐附加沉降差的能力也有所不同，设计时可根据具体情况对基础沉降差采用更加严格的限值要求。

**3.7.3** 根据现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007、行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定，结合既有混凝土结构改造的具体情况，规定应进行沉降变形计算的范围。

**3.7.4** 参照现行行业标准《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123 的规定，考虑既有混凝土结构改造施工过程中的附加沉降变形量，给出了地基基础最终沉降变形量的计算公式。

广东省内地质条件复杂，很多地方属于软土地基，在既有混凝土结构的改造过程中，土方开挖、水位变化、桩基施工都可能造成地基扰动，使既有基础产生附加沉降变形。这部分变形难以准确计算，但可根据工程具体条件、结合类似工程经验进行评估。

地基基础在改造过程中及完成改造后使用期间在荷载作用下产生的沉降变形，对于新加基础，是在荷载作用下产生的总变形量；对于加固后基础，是增加荷载后产生的变形量和既有基础尚未完成的变形量之和。

**3.7.5** 按现有计算方法所得出的基础沉降量与基础的实测沉降量往往并不相符，而有一定差异。目前很难通过精确的计算方法来确定各种因素造成的这种差异量，因此各种关于地基变形计算的规范公式中均通过“沉降计算经验系数  $\psi$ ”来修正沉降量理论计算值与实际观测值的差异。如果既有混凝土结构具有完整的沉降观测数据时，那么根据该建筑物的最终稳定的观测沉降量反算得出沉降计算经验系数  $\psi$  将更加符合该建筑物地基的地质条件，便于相对准确地计算改造后的地基基础沉降变形。

**3.7.6** 地基基础的变形允许值与现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的规定保持一致。对于改造前已发生较大沉降变形的建筑物，采取相应的措施可消除对结构安全和正常使用功能的影响，这些措施包括整体纠倾、结构加固、裂缝修补、楼面找平等。

**3.7.7** 在改造施工过程中继续发生沉降变形，将使上部结构发生内力重分布或整体倾斜，不利于结构安全，应尽量避免。

**3.7.8** 建筑物发生不均匀沉降、整体倾斜时，一方面可能导致建筑物的倾倒，另一方面也在上部结构中产生附加内力，同时也影响建筑物的正常使用，需要在改造设计时引起重视。在改造设计前，必须查清楚建筑物的整体倾斜情况，必要时进行整体纠倾，避免在改造后才发现建筑物严重倾斜甚至成为危险房屋，确保建筑物在改造后的结构安全和正常使用功能。

在表 3.7.8 中规定改造前的整体倾斜限值，是为了避免在正常完成改造后建筑物整体倾斜程度超过现行行业标准《危险房屋鉴定标准》JGJ 125 规定的危险房屋限值。改造前整体倾斜限值的取值，是根据现行行业标准《危险房屋鉴定标准》JGJ 125 的危险房屋鉴定限值，兼顾了安全性、经济性和外观可接受程度几方面的因素，并考虑低层建筑、多层建筑、高层建筑之间的限值衔接，避免限值出现明显不合理的跳跃和矛盾，如表 1 所示。在实际工程中，是否进行整体纠倾还需要考虑用户搬迁、工程费用等等问题，应和业主协商确定。

表 1 不同建筑物高度对应的整体倾斜限值

建筑物高度 H (m)		GB 5000 设计限值	JGJ 125 鉴定限值	本规范限值	
				纠倾前	纠倾后
		$\Delta_1$ (mm)	$\Delta_2$ (mm)	$\Delta_3$ (mm)	$\Delta_4$ (mm)
低层 建筑	3		90	75	13
	6	24	180	90	16
	9	36	180	105	19
多层 建筑	12	48	240	120	22
	15	60	300	135	25
	18	72	360	150	28
	21	84	420	165	31
	24	96	480	180	34
高层 建筑	27	81	189	181	38
	30	90	210	190	39
	45	135	315	235	44
	60	180	420	280	48
	75	188	375	325	53
	90	225	450	370	57
	100	250	500	400	60

完成纠倾后的整体倾斜限值，是根据现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的设计限值，结合广东省的整体纠倾技术水平和改造工程经验提出来的。

在计算建筑物的整体倾斜实测值时，可按建筑物纵横两个方向分别取各测点倾斜率的平均值乘以建筑物高度进行计算。考虑到建筑物有可能发生扭转变形，每个方向的倾斜测点不应少于两个，倾斜测点的布置应具有代表性，倾斜观测应符合现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定。

**3.7.9~3.7.10** 对改造后混凝土结构的构件挠度、裂缝宽度和高层建筑混凝土结构的水平位移作出规定。

**3.7.11** 既有结构中已出现的裂缝，有可能是在荷载作用下产生的结构裂缝，也可能是地基变形、收缩变形或温度变形产生的变形裂缝，裂缝所处方位不同、宽度不同对结构安全性和耐久性的影响也不同，需要认真评估，并视其性状和严重程度进行相应的修补和加固处理。结构变形的情况同样需要适当处理。

### 3.8 抗震设计

**3.8.1** 改造后建筑物的使用功能和建筑规模可能发生变化，建筑物的抗震设防类别和抗震设防标准应重新确定。

**3.8.2** 本条给出承载力抗震调整系数的取值规定，与现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011、《建筑抗震鉴定标准》GB 50023 和现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 的有关规定保持一致，补充了连接界面的受剪承载力抗震调整系数。考虑到连接界面的受剪破坏属于带一定延性的脆性破坏，为了具有适宜的安全性水准，参照同是脆性破坏形态的斜截面承载力，取连接界面的受剪承载力抗震调整系数为 0.85。

3.8.3 与新加结构构件的抗震设计不同,既有结构构件的抗震设计需要在抗震能力评定(抗震鉴定和抗震构造措施评估)的基础上进行,针对抗震能力评定中发现的不满足抗震要求的问题进行相应的抗震加固设计。

3.9 耐久性设计

3.9.1~3.9.3 对耐久性设计提出基本要求。对于已存在耐久性损伤的构件,应在改造时进行适当的耐久性修复,避免耐久性损伤在改造后进一步恶化。

3.9.4 植筋胶、胶粘剂、复材、钢材等材料受外界环境的影响比较大,其中对于钢材的锈蚀规律及其防护措施研究比较透彻,现行国家标准中都已作了相关的规定。对于基础加固时常用的钢管桩或其它型钢桩,可在选用桩身截面尺寸时考虑后续使用年限内的钢材锈蚀对截面造成的削减厚度。

3.9.5 复材的力学性能受各种环境因素(如碱性环境、湿度、极端温度、冻融及紫外线照射等)影响较大,美国(440.2R)、意大利(CNR-DT 200)和澳大利亚(HB 305)等国家的相关规范均给出了考虑不同环境影响下的复材设计强度的环境削减因子 $\mu_a$ 。不同环境对复材设计强度的削减程度可参考表2所示的环境削减因子 $\mu_a$ 考虑,进而采取有效的防护措施减轻环境对材料性能的影响,且应保证在后续使用年限内防护措施的有效性。

表2 不同环境下各类复材的环境削减因子 $\mu_a$ 取值

环境条件	复材种类	环境削减因子 $\mu_a$
室内环境	碳纤维	0.95
	玻璃纤维	0.75
	芳纶纤维	0.85
室外环境 (桥梁、码头、未封闭停车场等)	碳纤维	0.85
	玻璃纤维	0.65
	芳纶纤维	0.75
腐蚀性环境 (化工厂、污水处理厂等)	碳纤维	0.85
	玻璃纤维	0.50
	芳纶纤维	0.70

3.9.6 本条给出防护设计应遵循的国家标准。

3.9.7 对合成树脂材料和其它聚合物材料的老化性能的要求与后续使用年限相关。

3.10 改造过程中的防倒塌设计

3.10.1 在一些需要拆除承重结构、托换承重结构、或需要整体升高结构的改造工程中,由于在改造过程中需要拆除、削弱、移动部分既有结构或构件,有可能使既有结构的受力条件发生重大变化、结构自身处于不稳定、不安全的状态,所以必须在改造设计时对既有结构采取必要的防护措施、防止结构倒塌。

**3.10.2** 由于历史的原因,有的既有混凝土结构布置混乱,有的甚至是混凝土结构与砖砌结构交错布置,传力途径不明确,整体性较差,改造过程中容易发生倒塌事故。

**3.10.3** 既有结构中存在的质量缺陷包括构件偏位、混凝土蜂窝、配筋不足、材料质量低劣等,受损情形包括结构开裂、钢筋锈蚀、构件变形等。严重的质量缺陷和受损,将显著削弱结构构件的实际承载力和安全性,需要在改造过程中采取相应的结构防护措施。在实际工程中,应特别重视、谨慎处理混凝土强度过低或已产生竖向裂缝的竖向承重构件。

**3.10.4** 在既有混凝土结构的改造工程中,改造施工对既有结构造成的损伤可能削减构件的截面承载力、危及结构的安全。植筋钻孔、基面凿毛会在一定程度上削减构件的截面尺寸,拆除施工可能对结构造成重复的冲击震动,应采取合适的植筋布置、施工设备和施工工艺,减少对结构的损伤。在以往的改造设计中还出现这样一种情况,双向大量密集布置水平植筋贯穿既有柱截面,一方面钻孔施工极为困难,另一面对柱截面的损伤极大,容易引发安全事故,应该尽量避免。

**3.10.5** 对于基础沉降变形尚未稳定、已发生整体倾斜或结构因基础不均沉降已开裂的建筑物,一方面,结构的安全性因倾斜或开裂而降低,另一方面,地基基础在改造过程中可能继续沉降,对结构安全极为不利,应在实施改造前评估结构的安全性、采取相应的防护措施、消除安全隐患。值得指出的是,地基基础的加固施工可能扰动地基,使地基基础产生附加沉降,从而进一步加剧建筑物的整体倾斜或结构开裂,在防倒塌设计时应该考虑这一因素。

**3.10.6** 以外立面结构保护性改造为例,拆除内部结构将改变外立面保留结构的侧向约束条件,外立面保留结构抵抗水平荷载的能力随之大大降低,如果不及时加以支撑防护的话,外立面结构极易开裂、失稳、甚至倒塌。但如果在建筑物内部设置大量的支撑装置,会在作业空间方面给改造施工带来很大困难,需要在设计临时支撑时兼顾施工空间的需求。

**3.10.7** 在整体升高改造过程中,顶升装置中的支承立柱、顶升平台、千斤顶等组成部件及其连接都直接影响结构的整体安全,顶升位移的不同步也会造成结构的内力重分布,上部结构在顶升过程中逐渐累积的侧向偏位更成为结构倒塌的最大隐患,这些都应在改造设计时予以重视、提出明确的要求。避免在台风、暴雨期间实施顶升,是为了避免上部结构作用过大的水平风荷载,同时也为了避免台风、暴雨给顶升作业和作业人员带来不便和困扰。

**3.10.8** 对于结构托换改造,设计时应明确拆除被托换结构的前提条件,避免在条件未具备时就盲目拆除被托换结构。截面分区、逐步拆除被托换构件的目的,主要是为了给变形监测、根据变形情况采取应急措施提供时间和条件。

**3.10.9** 对外立面结构保护性改造的防倒塌设计提出要求。外立面结构可能是混凝土承重墙或框架结构,在改造后外立面结构可能仅承受自重、内部楼层另行建造竖向承重体系,也可能需要同时承受内部楼层的竖向荷载,情况比较复杂,外立面结构在改造过程中的侧向稳定性问题尤其突出。

**3.10.10** 既有混凝土结构改造有其特殊性、复杂性和不确定性,改造过程中的安全尤为重要,本条对既有混凝土结构改造提出应急预案的要求。

**3.10.11** 现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中有关防连续倒塌的规定,本规范不再重复规定,应在改造设计中执行。

### 3.11 材 料

**3.11.1** 无论是新加结构还是加固结构,所用材料在国家现行有关标准中都有比较明确的规定,在改造设计中应遵照执行。本节主要是针对既有混凝土结构改造的特点作一些补充规定。

**3.11.2** 在加固既有结构时,既有结构的收缩变形和受力变形都已基本完成,而后加部分的结构材料尚未发生收缩变形、处于零应力状态,新旧结构材料的变形和受力是不同步的。加固材料的收缩变形大小对于加固后新旧结构材料(新旧截面)能否共同工作关系很大,收缩变形越小越能实现共同工作。

**3.11.3** 提高混凝土强度需要增加混凝土内的水泥含量,但增加水泥含量又会加剧混凝土硬化时的收缩变形,在设计时应同时考虑材料强度和收缩变形两方面因素,合理选取混凝土强度等级。混凝土强度等级低于 C25 时,混凝土的和易性不太好、容易离析。从我省以往的改造工程实践看,C30~C40 是比较合适、也是比较常用的混凝土强度等级。确实需要采用高于 C40 的混凝土时,应在混凝土配合比、混凝土养护等方面采取有效措施来减少混凝土收缩变形,尤其是要控制坍落度不能太大。

**3.11.4** 国内近年来有关新旧混凝土连接界面粘结抗剪的试验研究成果表明,涂刷水泥净浆作为界面剂的界面粘结抗剪强度比无界面剂的界面粘结抗剪强度提高 60%左右;而涂刷市面上出售的添加有机合成材料的界面剂时,界面粘结抗剪强度比无界面剂的界面粘结抗剪强度反而显著降低,以涂刷环氧树脂类界面剂为例,界面粘结抗剪强度比无界面剂的界面粘结抗剪强度平均降低 32.5%。这一研究成果与美国《钢筋混凝土房屋建筑规范》ACI318M-05 的要求是一致的。基于现有的试验研究成果和大量的工程应用经验,本条规定,应采用水泥净浆作为界面剂处理新旧混凝土连接界面。

**3.11.5** 本条强调化学锚栓和机械锚栓的螺杆材质要求和配套使用要求,以避免为了节省成本而盲目使用低质廉价产品、随意更换组成成分。

**3.11.6** 植筋的基本要求是在孔壁和钢筋之间充满植筋胶、保证两者之间的粘结力,管装式植筋胶和机械注入式植筋胶易于注胶作业、有利于保证注胶饱满和植筋质量。选用植筋胶时还应考虑植筋方位选择植筋胶的下垂流度指标,避免植筋胶外淌。

**3.11.7** 焊接产生的高温极易传导至胶粘剂,进而损伤胶粘剂,严重时甚至会导致胶粘剂失效。

## 4 既有混凝土结构的可靠性评估与加固设计

### 4.1 改造前既有混凝土结构的可靠性鉴定

4.1.1 对于既有混凝土结构的改造设计，需要通过改造前的可靠性鉴定为设计提供必要的结构数据和客观的鉴定结论。现行国家标准《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292、《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144、《建筑抗震鉴定标准》GB 50023 和广东省标准《既有建筑物结构安全性检测鉴定技术标准》DBJ/T 15-86 对既有混凝土结构的可靠性鉴定作了详细规定，为既有混凝土结构的可靠性鉴定提供了依据，本节主要从既有混凝土结构改造设计的角度出发，根据可靠性鉴定的现状和多年的改造工程经验作了补充性规定。

如果建筑物的使用功能发生变化，楼面的使用荷载就可能改变，甚至采用的鉴定标准也可能不同，如果还按原来的使用功能进行鉴定，鉴定结论对后续的改造设计就失去了意义。因此，本条规定应按改造前的结构现状、改造后的使用功能进行可靠性鉴定。

4.1.2 对既有混凝土结构进行可靠性鉴定，是进行改造设计的必不可少的前提条件，但应根据具体情况来确定鉴定内容。

1 根据国家现行可靠性鉴定标准的规定，可靠性鉴定包括安全性鉴定和使用性鉴定两方面的内容，其中使用性鉴定包括耐久性鉴定。当改造设计需要解决既有混凝土结构的使用性（包括耐久性）问题时，应在进行安全性鉴定的同时进行使用性鉴定，否则可只作安全性鉴定。

广东省地处沿海，空气湿度普遍较高，部分地区长期受海风环境影响，改造设计时应更加重视结构耐久性问题。在部分沿海地区的某些建筑中，还曾经采用了未经充分淡化处理的海沙，严重影响混凝土结构的耐久性，耐久性问题更加突出，应针对海沙含氯问题进行重点检测和耐久性鉴定。

2 对于建成不久的既有混凝土结构，当同时满足本款所列条件时，说明图纸资料与结构实体在结构布置、钢筋配置、构造措施、材料力学性能等方面是一致的，且结构本身没有遭受灾害性的损伤，改造设计时可按现有图纸资料取得设计所需的结构数据，没有必要全面进行检测和鉴定工作，应该允许简化可靠性鉴定，以免造成不必要的资金和时间浪费。在判定原设计当时所依据标准是否在有效期内时，主要应考虑设计标准的整体可靠性水平，即应从荷载、混凝土结构、地基基础、抗震、高层混凝土结构等主要设计规范来作整体判断。需要指出的是，国家标准《建筑结构可靠性（度）设计统一标准》GB 50068 是建筑结构设计的基本要求，发布日期总是先于此修订的各种结构专业设计规范，所以在判定标准有效期时不宜以原设计所依据的《建筑结构可靠性（度）设计统一标准》是否有效为依据。

3 对于只涉及局部结构的改造，当同时满足本规范第 3.1.4 条所列条件时，既有混凝土结构具备必要的安全性，且改造对整体结构安全性的不利影响可忽略不计，改造设计范围可取改造范围内的结构及其相关结构，可靠性鉴定的工作内容应与改造设计范围相对应。

4.1.3 本条对既有混凝土结构的可靠性鉴定作出原则性的规定：

1 明确抗震设防类别、环境类别和后续使用年限的确定依据。根据现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB 50023 的规定，鉴定采用的后续使用年限分为 30 年（A 类建筑）、40 年（B 类建筑）、50 年（C 类建筑）三类，都是 10 年的整倍数，这与改造设计采用的后续



使用年限不一定相同，为使可靠性鉴定报告适用于改造设计，对后续使用年限作出相应的规定。

2 明确可靠性鉴定应遵循的国家鉴定标准。需要指出的是，在可靠性鉴定中，安全性鉴定应包括安全性等级评定和抗震能力鉴定两个部分的内容；使用性鉴定应包括裂缝、变形和耐久性等鉴定内容。

3 在国家现行有关鉴定标准中，验算结构承载力、评定结构安全性等级时不要求计入地震作用，结构承载力验算结果和安全性等级评定结论并不能反映结构在遭遇地震时的安全性，鉴定结论容易引起误解、造成安全隐患，也难以作为改造设计的依据。目前国内已在这一问题上达成共识，正在编制的国家全文强条标准《既有建筑鉴定与加固通用规范》（征求意见稿）也已明确规定安全性鉴定应该在荷载计算的同时计入地震作用。广东省各地区都是抗震设防区，抗震设防尤其重要，本条规定有利于客观地鉴定结构安全性、有利于保证改造后的结构抗震能力，同时便于以后与国家全文强条标准《既有建筑鉴定与加固通用规范》的衔接。

4.1.4 对于不同的改造需求、不同的结构现状，改造设计对安全性鉴定时的资料调查及现场检测的内容要求不尽相同，现有资料和现场检测数据应能够相互印证、相互补充，以满足改造设计的要求。在开展可靠性鉴定工作前，业主应征求设计单位对可靠性鉴定方面的要求，特别是需要现场检测的具体内容，鉴定单位也应尊重设计单位的要求，避免盲目检测、防止出现检测内容漏项。

4.1.5 检测范围及样本数量既要满足检测标准的要求，又要考虑对既有结构的损伤以及对正常使用的影响。为了减少结构损伤、保证数据的可信程度，现场检测需注意以下几点：

1 应尽量采用无损检测方法，采用有损检测方法时应在满足数据使用要求的前提下尽量减少样本数量，以减少对既有结构的损伤。

2 采用钻芯法检测材料强度时，应尽量在受力较小部位取样，并及时修复抽芯取样等检测工作引起的结构损伤。

3 目前的钢筋探测仪检测误差较大，特别是检测钢筋直径时误差可达 1mm 以上，取整后给出的直径检测值误差更大，难以满足承载力验算的允许误差要求。钻孔、剔凿后直接测量的数据误差较小、更加可信。因此，在检测钢筋分布、钢筋直径和混凝土保护层厚度时，宜采用钢筋探测仪检测和剔凿实测相结合的检测方法，使检测误差满足工程设计的要求。

4.1.6 根据原图纸资料的完整性和准确性的不同，对结构布置、构件尺寸和材料力学性能指标提出相应的检测要求。这一条主要是为了减少不必要的现场检测工作。鉴定单位可从是否具备完整、规范的质保资料、建筑物建成使用的年份、以及现场查勘比对等方面情况来分析判断原图纸资料的完整性和准确性。

4.1.7 在评定楼面结构的安全性时，在某些情况下采用按结构截面参数验算承载力的方法存在现实的困难。如涉及历史建筑保护问题、涉及正在使用难以取样的结构等等，往往难以全面检测材料强度、查清构件配筋、查明连接构造及其质量，这样就不能通过承载力验算来评定结构的安全性。现场的原位静载检验能够同时检验楼面结构承载力和刚度，是一种最能综合反映楼面结构安全性的方法，在现场具备试验条件的情况下，可作为验算楼面结构承载力的一种有效替代方法。原位静载检验时的荷载布置及数值应根据改造后的楼面使用荷载确

定，试验过程中应确保结构不发生破坏，静载检验的具体要求在现行国家标准《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784 有相关规定。值得注意的是，静载检验只能施加竖向荷载，对于在风荷载、地震荷载这些水平荷载作用下产生内力的楼面构件，楼面构件的内力应采用组合内力设计值，在确定试验荷载时应按组合内力设计值反算所需的等效竖向荷载。

**4.1.8** 本条提出对可靠性鉴定报告的要求。当不需要进行使用性鉴定时，可只出具安全性鉴定报告。

## **4.2 改造后既有混凝土结构的安全性评估**

**4.2.1** 在改造后，使用功能、结构布置和结构受力条件可能发生变化，从而使既有混凝土结构中的部分结构构件的内力和性能发生变化，需要对既有混凝土结构重新验算承载力、按抗震构造措施评估抗震能力。按构造、不适于承载的位移及变形、裂缝及其它损伤三个项目对承载力的评定结论，与改造及内力变化都没有直接关系，在改造设计时可直接采纳可靠性鉴定报告中的评定结论，无需重新评估。

**4.2.2** 可靠性鉴定报告是对原设计图纸的验证、补充和完善，在改造设计时应加以合理应用。当可靠性鉴定报告与原设计图纸的数据不一致时，应以可靠性鉴定报告提供的现场检测数据为准。

**4.2.3** 对于改造前后结构内力未发生变化的结构构件，可靠性鉴定报告提供的承载力验算结论依然有效，无需重新评估。

**4.2.4** 承载力验算公式引入了抗力调整系数。抗力调整系数的数值与正在编制的国家全文强条标准《既有建筑鉴定与加固通用规范》（征求意见稿）保持一致，其中一般构件的抗力调整系数略低于现行国家鉴定标准，取值是比较合理的，也便于以后与国家全文强条标准的衔接。主要构件和一般构件应按现行国家鉴定标准中的定义划分。

**4.2.5** 钢筋混凝土梁板结构属于受弯构件，在正常情况下开裂弯矩远小于极限弯矩，并且具有较好的延性，所以如果能够满足本条所列条件，是能够满足安全性要求的，不必作加固处理。大量工程实践也表明：由于周围支承结构的嵌固、约束作用和混凝土结构的内部协同工作，实际结构中即使在显著超载的情况下也极少出现普通梁板结构由于承载力不足而发生开裂的现象，说明钢筋混凝土梁板结构实际上具有较高的安全性。

**4.2.6** 由于改造设计是遵循国家现行设计标准的，既有结构的抗震能力在改造后不会降低。因此，当改造前结构的抗震构造措施已符合抗震鉴定标准时，抗震构造措施无需加固；当改造前结构的抗震构造措施不符合抗震鉴定标准时，需要按改造后的结构重新评估抗震构造措施。改造后的结构组成比较复杂，已经不适合采用现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB 50023 的方法及要求要求进行抗震构造措施的鉴定。

抗震构造措施是为了保证结构在中震和大震作用下的承载力和延性，实现“中震可修，大震不倒”的抗震性能目标。对于既有混凝土结构，当满足小震作用下的承载力要求但抗震构造措施不满足抗震鉴定标准时，可进一步采用现行广东省标准《建筑工程混凝土结构抗震性能设计规程》DBJ/T 15-151 的规定复核中震和大震作用下构件承载力和延性是否满足“中震可修，大震不倒”的抗震性能目标。

### 4.3 既有混凝土结构及地基基础的加固设计

4.3.1 本条明确在既有混凝土结构的改造设计中,应包括既有混凝土结构的加固设计和相关地基基础的加固设计。

4.3.2 本条说明加固设计应遵守的技术标准。

4.3.3 对已受损和存在质量缺陷的结构构件提出修复和加固处理的要求。

4.3.4 结构构件的裂缝按性状分为两类,应区别对待:因变形而发生的裂缝和因荷载作用而发生的裂缝,前者可简称为变形裂缝,后者可简称为荷载裂缝。处理变形裂缝的主要目的是控制变形和修复裂缝,处理荷载裂缝的主要目的是在修复裂缝的同时提高构件承载力。

本条给出结构构件适于继续承载的裂缝宽度的限值,作为评判要不要作加固处理的荷载裂缝的宽度限值。表中的裂缝性状根据构件破坏形态和延性分类,环境类别按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定划分,裂缝宽度限值引用现行国家标准《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292 的规定限值。

4.3.5 改造项目的使用环境、结构现状、对加固后承载力提高幅度的要求都是不同的,而每一种加固方法都有其特点和适用范围,需综合考虑各种因素选择合适的加固方法。

4.3.6 采用外包型钢、粘贴钢板、粘贴复材的加固方法时,加固材料的截面配置比较充分,而加固材料的锚固设计往往被设计人员忽略,这可能导致重大的安全隐患,应该在设计时予以避免。

4.3.7 采用增大截面法加固混凝土构件时,经常遇到构件的某一边不具备加固条件的情形,只能按实际条件进行加固设计。采用增大截面法加固混凝土柱时,四面围箍的加固效果最好,受条件限制不能四面围箍加固时,需要做好箍筋的锚固设计,确保新旧混凝土能够协同工作。由于加固构件的混凝土浇筑条件较差,有时甚至很难采用震动棒等振捣设备,普通混凝土浇筑密实的难度较大。自密实混凝土具备较好的流动性,在自身重力作用下,能够填充模板、获得较好的密实性和均质性,在改造工程中应用越来越多,但也要注意采用合适的配合比、采取必要的辅助震动措施,防止混凝土收缩开裂。灌浆料受外加剂的影响较大、性能不是太稳定,很难真正做到无收缩变形,容易发生混凝土开裂、影响加固效果,设计时应慎重使用。

4.3.8 作为一种特殊的加固方法,置换混凝土一般用于处理混凝土墙、柱中存在的严重的混凝土质量缺陷。置换混凝土的过程是一个荷载从混凝土构件到支撑、再从支撑回到混凝土构件的传递过程,支撑的设计对施工过程的安全至关重要。支撑承受的荷载与置换混凝土的置换顺序有关系,应结合置换混凝土的施工工艺来确定。

4.3.9 对新老混凝土连接界面作界面处理、在新旧混凝土连接界面布置界面连接钢筋,目的是为了加强连接界面的连接强度、确保新老混凝土共同工作。连接钢筋植入既有构件内的深度的确定,主要是考虑两个方面因素:一方面,根据大量的植筋抗拔试验研究,植入 12 倍钢筋直径时,通常情况下钢筋都能达到设计强度,植入 12 倍钢筋直径能够满足作为构造钢筋的作用;另一方面,钢筋植入深度太大时对很多构件的截面尺寸来说布置和施工都比较困难。

4.3.10 凿毛混凝土基面时,对混凝土构件截面尺寸有一定程度的削减,进而影响构件的截面承载力,对截面尺寸较小的受压构件影响尤其大,应该引起设计人员注意。

4.3.11 地基基础的加固方案大体可分为三类:

- 1 加固地基以提高地基承载力,一般适用于天然地基或复合地基上的基础加固;

2 加大基底面积以提高基础承载力，一般适用于天然地基或复合地基上的基础加固；

3 采用加固桩以提高基础承载力，适用于桩基础和其它各种基础的加固。

加固地基的方法很多，加固桩的种类也很多，不同类型加固方案的施工可行性、加固工程造价及加固效果都和工程地质条件、基础现状、施工条件密切相关，需要慎重选择。同时，加固施工对地基会产生不同程度的扰动，可能导致地基基础的附加沉降，应考虑场地内软弱土层的分布状况、加固施工工艺、地下水位、基础基坑开挖、周围相邻建筑物的基础状况等因素，选择合适的加固方案，减少地基基础的附加沉降。

**4.3.12** 在由于地基基础沉降过大造成上部结构开裂或整体倾斜的一些案例中，没有充分考虑桩侧负摩阻力是设计方面存在的一个重要原因。由于新填土的自重固结沉降、软弱土层在水位降低或荷载作用下的压缩沉降，在使用阶段中性点以上的桩周土对桩周只会产生向下的负摩阻力、而不会产生向上的正摩阻力，即构成对桩的下拉荷载，在验算加固桩的承载力时只能作为附加荷载考虑。对于加固桩而言，对沉降变形的控制要求较严，在考虑负摩阻力时可视同端承型桩。

对于静压钢管桩和静压混凝土桩，在压桩施工时中性点以上土层会产生正摩阻力、从而增加压桩时的阻力，这部分正摩阻力将在压桩完成后随着桩周土沉降变形的加大逐渐减少至零，最后转变成为反向的负摩阻力。也就是说，施工采用的最大压桩力中包含了一个压桩时必须克服、之后会慢慢消失的阻力，应在确定单桩承载力时予以扣减。

对中性点以上桩身进行引孔施工、且引孔孔径大于桩身截面尺寸时，可减少在压桩施工阶段产生的摩阻力；对中性点以上桩身作减摩处理后，可减少在使用阶段产生的负摩阻力。这两种做法在省内改造工程中都有应用，具体设计时应根据地质条件、成桩工艺、减摩措施评估减少摩阻力的效果。

**4.3.13** 加固桩在基础、承台和地下室底板等既有结构内成孔穿过时，封桩混凝土和既有结构混凝土之间在孔壁形成连接界面。这种情况下一般采用直径小于 250mm 的加固桩，通过机械钻芯成孔，孔壁比较平滑、难以作专门的基面凿毛处理，不利于桩竖向荷载的传递。考虑到桩孔较小、作用于桩上的荷载较小，既有结构内的配筋足以作为界面抗剪钢筋使用，设计时只需按连接界面的面积验算连接界面的受剪承载力。

根据对 17 个基面凿毛试件（试件为正方形孔）的试验结果，剪力试验破坏值与  $V = 0.16f_c A_c$  设计计算值之比平均值为 2.60，标准差为 0.363，变异系数为 0.139，能够满足结构可靠性的要求；对于未经基面凿毛处理的界面抗剪承载力有所降低的问题，美国《钢筋混凝土房屋建筑规范》ACI318M-05 规定采用折减系数 0.6。本条以试验结果为基本依据，参考美国规范 ACI318M-05 的规定，考虑试件孔壁与实际孔壁的差异，结合实际工程经验确定计算公式，相当于取折减系数为 0.5，具有较高的安全性。

当桩孔连接界面的受剪承载力不满足要求时，可在基础、底板及承台内开设上小下大的楔形孔，或者在在基础、底板及承台上面设置钢筋混凝土桩帽予以加强。

**4.3.14** 在既有结构内成孔施工，不可避免地会削弱既有结构，同时加固基础后既有结构的内力也可能发生变化，应评估成孔后既有结构的承载力，避免在既有结构中盲目开孔。

**4.3.15** 在压桩施工时，最大压桩力远大于单桩承载力特征值，并且对竖向承重构件往往是一个偏心荷载，可能产生较大的偏心力矩，需要上部荷重来平衡压桩反力、靠上部结构来承

担因此产生的内力，在设计时应考虑反压荷载是否足够、上部结构承载力是否满足要求，以避免上部结构开裂受损、无法正常压桩施工。

**4.3.16** 树根桩在本质上就是直径很小的钻孔灌注桩，也称微型钻孔灌注桩。根据国内多年的试验成果和工程经验，按钻孔灌注桩公式估算树根桩的单桩竖向承载力、验算桩身截面承载力是合适的，这与现行行业标准《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123 的原则是一致的。

**4.3.17** 微型嵌岩钢管灌注桩是指通过机械成孔、由钢管和注浆混凝土组成桩身、桩径为150mm~250mm的一种加固桩。微型嵌岩钢管灌注桩的成桩工艺主要包括机械成孔、循环清渣、制安钢管、压力注浆、下放骨料等工序。微型嵌岩钢管灌注桩有以下几个特点：

1、桩身由钢管和注浆混凝土组成，桩身承载力较高。钢管对混凝土具有围箍约束作用，桩身构造有利于竖向承载，并且钢管外壁形成一层水泥浆固结体，对减缓钢管锈蚀有一定作用。

2、单桩承载力主要由嵌岩段提供，单桩承载力较高，且承载力易于保证。

3、桩的竖向变形接近端承桩，桩顶沉降变形较小，用于改造工程对控制建筑物的沉降变形比较有利。

4、桩径小、易于成孔，能够适应各种复杂的地质条件（基岩埋深太深时除外）。同时，小桩径有利于穿越既有基础、承台和地下室底板。

5、由于桩径小，成桩施工对地基扰动相对较小，地基基础的附加沉降较小。

微型嵌岩钢管灌注桩最早一次在省内工程应用是在上世纪九十年代、广州市黄埔区文冲船厂的一个4000吨卸煤机迁移轨道基础加固工程，后来越来越广泛地应用于基础加固工程中。在开始几年，嵌岩段采用在管壁开多个矩形孔的钢管，通过孔口使注浆混凝土与基岩结合在一起。但多个矩形孔口大大削弱了钢管的截面积，对钢管的受压非常不利，所以后来把嵌岩段改为等强度的钢筋笼，既保证了嵌岩段桩身的受压承载力，也进一步改善了注浆混凝土与基岩的结合。二十多年来，微型嵌岩钢管灌注桩已广泛应用于地铁建筑物托换、高速公路桥梁基础加固、工业建筑改造加固、民用建筑改造加固等多种类型项目中，并且取得了很好的加固效果、积累了宝贵的工程经验和试验数据。

微型嵌岩钢管灌注桩在既有混凝土的改造工程中应用广泛，但目前尚缺乏这方面的设计技术标准，给设计工作带来困扰。本规范在总结现有研究成果和工程经验的基础上，以附录的方式提供了微型嵌岩钢管灌注桩的设计方法，以求规范微型嵌岩钢管灌注桩的设计、保证微型嵌岩钢管灌注桩的承载力。

**4.3.18** 现行国家标准没有提供新旧混凝土连接界面的承载力计算规定和构造措施要求，基础加固时应按本规范的规定进行设计。

## 5 改造方法及其设计规定

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 针对不同的改造需求,面对不同的实际条件,包括结构现状、地质条件、场地条件、周围环境条件、改造工期等等,在改造时应考虑改造需求及施工条件来评估实施改造的可行性。

**5.1.2** 对于既有混凝土结构,按改造技术的不同划分为几种常见的改造方法,以涵盖绝大部分的改造项目。为了便于表述,本条所述的楼层结构改造泛指各种常规、常见的楼面(屋面)梁板结构改造、加固,以区别于其它几种带有特殊性的改造类型。扩建改造专指新加结构与既有结构有关联的扩建,其中包括在住宅建筑外侧加建楼梯或电梯。

既有混凝土结构的整体平移和整体纠偏都是把既有混凝土结构当成一个刚体进行移动或转动,通常情况下不会改变既有结构的布置和荷载,已有相关的技术标准规范其设计行为,所以本规范未将其纳入既有混凝土结构的改造范围,其设计应遵守现行行业标准《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123 和《建(构)筑物移位工程技术规范》JGJ/T 239 的相关规定。

### 5.2 楼层结构改造

**5.2.1** 楼层结构改造的特点是只涉及楼(屋)面结构的布置和荷载,对竖向承重结构只是作相应的加固。楼层结构改造的情形包括改变隔墙布置、增加楼面使用荷载、增加屋面绿植荷载、增加屋面设备荷载、增减楼面构件、封闭天井洞口、内部增设或拆除楼梯、垂直电梯、手扶电梯及坡道梯等等。

**5.2.2** 楼层结构改造时,通常采用直接加固楼面结构的方法,但在楼面结构布置比较规整的情况下,有时采用在既有楼面板下新加楼面梁、从而改变楼面结构传力途径的方法更加经济合理。实际工程中比较常用的加梁方式有两种,一种是在对角布置的柱(或墙)间加设主梁,新加主梁形成十字交叉梁,与既有主梁共同分担楼面荷载,同时减少次梁的跨度,从而减少既有主次梁的内力和加固工程量。另一种是在主梁之间加设次梁,减少板的跨度,与既有次梁共同分担楼面荷载,从而减少既有次梁及板的内力和加固工程量。采用新加梁这种方法加固时,要发挥新加梁的作用有赖于新加梁的刚度,同时也有赖于新加主梁与竖向承重构件的可靠连接。

新加混凝土梁与楼面板的界面连接构造决定了新加梁与楼面板能否按平截面假定共同工作,本条区分不同的界面连接构造对新加梁的承载力计算作出规定。

当新加梁、加固梁的梁端内力太大、仅仅依靠梁与既有结构的界面难以满足承载力要求时,在梁端加设包柱式柱帽、加大既有柱截面或加设扶壁柱,可很好地改善梁端的支承条件,从而大幅度降低作用在梁端新旧混凝土界面的剪力。

增设抗震墙、安装隔震减震装置等方法对于提高结构的综合抗震能力、改善结构的整体抗震性能具有良好的作用。安装隔震减震装置时,需进行整体隔震减震分析和设计,并考虑对建筑使用空间、机电管道、消防设施等的影响。

**5.2.3** 截断主梁可能导致相关次梁失去支承、相关墙柱内力发生显著变化,对主体结构产生较大的不利影响。

**5.2.4** 在混凝土墙上开设洞口时,可能严重削弱墙体的刚度和承载力,并直接影响整体结构的侧向刚度和抗震能力,应在加固后对整体结构进行验算,对洞口侧面的构造措施进行评估。

**5.2.5** 本条对楼层结构改造中的新旧结构连接界面提出承载力验算要求和加强连接的方法。

法。

**5.2.6** 在既有支承结构上新加悬臂梁、受拉构件或加固悬臂梁、受拉构件时，受拉纵筋的锚固非常重要，特别是外伸跨度较大的悬臂梁时，梁端的弯矩和剪力都比较大，梁端承载力不足可能导致严重的后果。植筋质量的影响因素很多、可控性较差，包括基材混凝土强度、植入深度、清孔干净程度、植筋胶质量、植筋胶充盈程度等等，可靠性相对较低，如果设计时单纯通过植筋直接外伸可能导致安全隐患。工程实践表明，采用焊接或螺栓锚固纵筋、设置连续外伸梁、纵筋环柱锚固等方法能较好地解决这一问题。

**5.2.7** 在主梁侧面新加次梁、或者作用于既有次梁上的荷载增大时，在作为支承的主梁高范围内作用了一个集中荷载，为防止主梁下部混凝土的撕裂，需要进行集中力作用处的受剪承载力验算，并进行相应的加固设计。这一点在改造设计时容易被疏忽而留下安全隐患。

**5.2.8** 在设计图纸中，应明确说明对拆除方案的技术要求、保护周边结构免受损伤的技术措施，避免施工人员野蛮施工、损伤结构，同时做好临时支撑的设计，避免结构构件发生破坏或倒塌。

### 5.3 结构托换改造

**5.3.1** 结构托换改造是既有混凝土结构的一种常见改造方法，改造施工期间的安全风险相对较高，主要用于扩大建筑物的内部空间。

由托换基础、托换柱和托换梁组成的托换结构是结构简单、受力明确的常用托换结构形式，在工程实践中已得到比较广泛的应用。在实际改造工程中，当托换跨度较大、且既有结构具备足够高的空间时，可考虑采用托换桁架代替托换梁，这样可发挥桁架结构受弯刚度大、结构承载力高的优点。

**5.3.2** 托换结构内包裹了既有构件在内，不同于整浇的混凝土框架结构，需要考虑新旧混凝土连接界面的受力和新旧混凝土结构的共同工作。设计托换结构时应特别注意包柱式托换梁的两个特点：一是托换荷载通过梁柱之间的新旧混凝土连接界面传递，需要验算连接界面的受剪承载力；二是托换梁的纵向受力钢筋布置受阻于被托换柱，不能在托换梁截面内正常分布，需要在被托换柱的两侧对称布置。

相对于单向包柱式托换梁，双向包柱式托换梁能够分散托换荷载，有效地降低托换梁的内力和截面尺寸，便于控制托换梁的挠度变形、提高托换结构的安全性。

**5.3.3** 确定托换梁的截面宽度时，需要满足两个方面的基本要求：一是托换梁应足以包裹被托换柱的整个截面、并形成环箍作用；二是有足够位置布置托换梁的纵向受力钢筋。

**5.3.4** 预应力混凝土托换梁与一般的预应力混凝土梁有所不同，托换梁与被托换柱联结在一起、共同变形，在预应力张拉时，托换梁产生反拱变形趋势、被托换柱将会反向作用一个集中力，集中力的大小与实际发生的反拱变形正相关。被托换柱作用的集中力将大大减少托换梁的实际反拱变形。反拱变形的限值规定是考虑上部混凝土结构的耐受变形的能力、避免上部结构在预应力张拉过程中发生开裂现象。

**5.3.5** 本条对托换柱的设置作出规定。

**5.3.6** 为了减少上部结构的不均匀沉降变形，需要采用沉降变形小、地基扰动小的托换基础。

**5.3.7** 对被托换柱的混凝土强度等级作出下限值的规定，是为了避免因被托换柱强度过低、不确定因素增加而使连接界面发生意外的破坏。

**5.3.8** 结构托换改造设计时，应充分考虑托换结构的变形对既有结构内力重分布的影响，严格控制托换结构的竖向变形。

对既有结构及托换结构在改造过程中及改造完成后产生的变形限值中,考虑到结构改造是一个较短时间内完成的过程,上部结构耐受短时间变形的能力要低于耐受长时间变形的能力,结合省内多项托换改造项目的工程经验,相邻托换柱之间沉降差限值的取值比现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 规定的普通基础沉降差限值更加严格。本条所指在托换改造过程中产生的柱间沉降差,既包括因地基扰动产生的附加沉降差,也包括托换过程中内力重分布(基础荷载重分布)引起的沉降差。同时,托换梁的挠度值实际上也是被托换柱和托换柱之间的一种沉降差,不能单单考虑梁自身的裂缝及变形,而应从柱间沉降差对上部结构的影响来考虑托换梁的挠度限值。

**5.3.9** 本条规定是为了避免施工人员在未具备条件时盲目拆除被托换柱而发生意外。

**5.3.10** 考虑到托换结构本身构造的复杂性,并且影响托换梁和被托换柱之间连接界面承载力的因素可控性较差,为慎重起见,本条要求分区、逐步拆除混凝土、最后才逐根截断纵筋,实时关注结构变形情况,为及时处理结构异常情况、有效避免突发性事件创造条件。

**5.3.11** 结构托换改造是局部的结构变化,但涉及主体结构,可能对相关结构产生显著影响,需要进行整体结构分析并进行必要的加固设计。

## **5.4 整体升高改造**

**5.4.1** 根据改造需要,需要顶升升高的楼层可在任意楼层。但在改造实践中,由于底层的商业价值比较高、顶层的顶升升高比较容易实施,需要顶升升高的楼层一般都在顶层或底层。

**5.4.2** 在整体升高改造的施工过程中,截断顶升柱位和分离梁柱都会造成结构的内力重分布,上部结构的荷载通过顶升装置传递到下层柱或基础也会使结构内力发生显著变化,需要按不同工况对改造阶段进行结构分析和承载力验算,并进行相应的加固设计。在结构升高后,柱的长细比增大,风荷载和地震作用都有所增加,结构内力发生较大变化,应按改造后的结构对使用阶段进行结构分析和承载力验算,并进行相应的加固设计。

**5.4.3** 将拟升高的上部结构与其它相邻结构分离,是上部结构整体升高的一个必要条件。

**5.4.4** 选择周边结构的分离方式时,应综合考虑周边区域的施工条件、顶升荷载的大小、顶升装置的安装条件和结构分离造成结构内力重分布的程度。

**5.4.5** 对于一个具体的整体升高改造项目,各个施工阶段的具体内容会有所不同,影响结构安全的因素或侧重点也不一样,为保证施工期间的结构安全,改造设计时应应对改造过程中的结构和顶升装置进行相应的设计,包括必要的结构加固设计。

**5.4.6** 哪些结构加固工作需要在分离结构前完成,应在设计图纸中明确说明,以避免在改造施工时发生错漏。

**5.4.7** 顶升平台、顶升设备和限位装置等顶升装置涉及改造施工过程中的结构内力和结构安全,属于结构设计的范围。

**5.4.8~5.4.9** 顶升平台有不同的类型,在设计时既要考虑顶升平台自身的承载力,还要考虑顶升平台与既有结构的连接。

**5.4.10** 考虑到在顶升过程中机械设备的失效可能性和调整顶升设备行程的需要,规定顶升设备应配置两套能独立承受顶升荷载的设备系统。不带自锁装置的液压千斤顶,造成漏油卸载的可能性较大,不能用作需要长时间持荷的顶紧机具。考虑到混凝土柱之间顶升位移的差异将在柱间引起较大的内力重分布,本条规定液压顶升设备的额定载荷取值比顶升荷载值



大，此处的顶升荷载值是按被顶升构件的内力设计值计算得到的。从省内大量的顶升工程实践来看，按本条规定取值进行设计是安全的、合适的。

**5.4.11** 在正常设计和施工的情况下，当顶升高度不超过 1000mm 时，水平偏位都比较小，不至于显著影响后续顶升施工或危及结构安全，但当顶升高度超过 1000mm 后，水平偏位的速度明显加快，需要设置限位装置、防止偏位过大。限位装置的水平力最低限值，能够满足大部分情况下的偏位纠正需要，也能抵抗施工期间通常风荷载的作用，为顶升施工安全提供基本的保证。

**5.4.12~5.4.17** 总结多年来的改造经验，对于顶升装置的安装及垂直度允许误差、同步顶升及顶升量允许误差、侧向稳定及侧向偏位限值、顶升操作技术要求作出规定。

**5.4.18** 在顶升至预定高度后，应尽快完成连接、形成一个完整的结构，结束安全性、稳定性相对较低的结构状态。连接混凝土构件时，纵筋缺乏错开接头的条件，作为补偿，要求适当加长焊接接头的焊接长度。这一要求与目前改造工程中的普遍做法是一致的。

**5.4.19** 本条对拆除顶升装置提出要求，避免因过早拆除顶升装置而危及结构安全。

## 5.5 保护性改造

**5.5.1** 随着对历史建筑物保护意识的提高、保护法规的完善，对具有历史价值的建筑物进行保护性改造的需求也越来越多。对建筑物进行保护性改造时，不同的建筑物保护的范围和程度是不同的。多数情况下需要保护外立面的历史风貌、建筑特征，外立面结构（包括外围护墙）一般不允许拆除重建，而内部结构则允许在一定范围内拆除重建，以满足改造后的使用功能要求。在某些极端情况下，甚至只保留外立面、允许拆除重建全部的内部结构。在保护性改造的三种情形中，外立面结构保护性改造是改造过程最复杂、技术难度最大、对既有结构安全性影响最大的一种改造，在改造设计时需要特别慎重。

**5.5.2** 保护既有结构是保护性改造设计的一个重点，并且这种保护应贯穿整个改造过程的各个阶段。在设计改造方案时，既要考虑改造后结构的安全，又要考虑改造过程中各种工况下对既有结构的防护，以避免对需要保留的既有结构造成损伤。

**5.5.3** 在外立面结构的保护性改造中，拆除内部结构和加建内部结构在施工空间及顺序上是一对矛盾，应在设计时选择合适的改造程序、进行精心设计，使改造设计能够顺利实施。

对于不同的改造程序，对既有楼层结构的标高和结构防护措施的要求是不同的。采用先建后拆的改造程序时，需要既有楼层结构的标高及结构布置能够满足新加楼层结构施工的空间条件；采用先拆后建的改造程序时，要求采取足够的防护措施确保施工期间外立面结构的承载力和侧向稳定性；采用边拆边建的改造程序时，对既有楼层结构的标高和结构防护措施同样有相应的要求。

**5.5.4~5.5.7** 临时支撑是外立面结构保护性改造中最重要的一项设计内容，关系到结构的安全性及稳定性、设计的施工可行性，所以支撑设计应包括在改造设计范围内，而不是由施工单位自行设置。除了楼层结构施工外，新建基础和加固基础所需的室内作业空间也是临时支撑设计应该考虑的一个因素。

临时支撑与外立面结构的连接，应尽可能减少对局部结构的损伤，并具备传递荷载、提供支撑的能力。

## 5.6 加层改造

5.6.1~5.6.3 加层改造包括室内加层和屋面加层，实际工程中比较多的是室内加层，新加楼层将使既有结构的受力条件发生改变，需要进行相应的改造设计。

5.6.4~5.6.5 对既有结构内部的加层设计提出要求。

5.6.6~5.6.7 对既有结构屋面的加层设计提出要求。在屋面加层时，最重要的是解决加层墙柱与既有结构的连接锚固问题。

5.6.8 新加墙柱在既有楼面结构处与既有楼面结构连结成整体时，有利于减少新加墙柱的长细比、改善改造后结构的整体性。

## 5.7 扩建改造

5.7.1 扩建改造可采用不同的改造方案，相应的设计内容将有所不同，设计时应根据具体情况选择确定。

5.7.2 当新旧结构连接在一起时，新加结构与既有结构之间的连接设计，既要考虑新旧结构之间竖向沉降变形的差异，还应考虑收缩变形、温度变形以及在水平荷载作用下产生的水平变形，需要通过合理的连接构造解决新旧结构连接处的变形协调问题。

5.7.3 本条强调新旧基础的变形协调问题。

5.7.4 在既有住宅建筑外侧加装电梯，对既有结构影响相对比较小，但对改善居民生活条件意义重大，是一种目前常见的扩建改造情形。作出本条规定的意图是，在不降低既有结构安全性，且保证改造后结构具备必要安全性的条件下，通过设定可靠性鉴定内容和改造设计范围，尽量避免对既有结构进行全面的鉴定和加固，使加装电梯的改造便于实施。

## 6 新旧结构连接设计

### 6.1 一般规定

6.1.1 本条对新旧结构之间的连接界面提出设计内容的要求。改造设计时需要设计计算的连接界面存在各种类型，常见的连接界面有：

- 1 新加混凝土构件与既有支承结构之间的混凝土连接界面；
- 2 采用增大截面法加固的混凝土构件与既有支承结构之间的混凝土连接界面；
- 3 新加钢构件与既有支承结构之间的钢-混凝土连接界面；
- 4 包柱式梁与既有柱之间的混凝土连接界面；
- 5 包柱式柱帽与既有柱之间的混凝土连接界面。

6.1.2 对新加构件、加固构件、包柱式混凝土柱帽和包柱式混凝土梁的承载力计算和构造措施提出要求。

6.1.3 在实际工程中，既有支承结构的混凝土强度可能很低，但在连接界面附近，过低的混凝土强度可能导致钢筋侧面的混凝土压溃破坏，使新旧混凝土界面的抗剪承载力难以保证，并且基材强度过低也会导致植筋或锚栓的锚固强度大幅降低而发生锚固破坏，使连接界面的抗剪承载力难以发挥作用。为此，本条对既有支承结构作出最低混凝土强度等级的规定。如果既有支承结构的混凝土强度等级不满足要求，则应另行采取保证连接安全的有效措施。

6.1.4~6.1.5 新旧混凝土连接界面的正截面承载力与连接界面处的混凝土受压强度有关。在做好基面处理的条件下，连接界面处的混凝土受压强度基本不会因混凝土不同时浇筑而降低，取界面两侧混凝土的轴心抗压强度设计值的较低值、按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《混凝土结构加固设计规范》GB 50367 的有关规定进行正截面承载力验算是合理、安全的。

6.1.6 对于新加钢构件与既有支承结构之间的钢-混凝土连接界面，现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 和现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 对连接钢件和连接锚栓的承载力验算和构造要求已有明确规定，本条不再重复规定具体内容。

6.1.7 根据改造工程中新旧混凝土连接界面的受力条件，在调研国内外规范和现有试验研究成果的基础上，编制组对新加构件及加固构件与既有支承结构之间的连接界面受剪承载力进行了进一步的试验研究。试件模拟实际结构情况，在既有混凝土柱侧面新加混凝土梁或加固混凝土梁，在试件设计时考虑了界面混凝土强度、受拉纵筋、受压纵筋、剪跨比、加固梁类型、荷载布置共六个试件参数，取得了 37 个试件的试验数据。试验结果表明，新旧混凝土连接界面的受力机理符合界面的剪切摩擦模型：假设界面形成滑移裂缝，剪力作用促使界面两侧混凝土产生相对滑移的趋势，而滑移使两侧混凝土产生分离趋势、纵筋受拉直至屈服，钢筋拉力反过来约束混凝土的分离趋势、混凝土在界面上产生压应力，两侧混凝土在剪力作用下形成静摩擦、提供摩擦力，从而阻止界面继续滑移。在界面凿毛的条件下，界面两侧混凝土具有咬合摩擦力，连接界面两侧的混凝土之间因毛糙凹凸产生的咬合摩擦力和因受压作用产生的静摩擦力同时发挥作用。抗剪钢筋屈服或界面混凝土摩擦破坏，都会导致界面剪切破坏，在对连接界面进行受剪承载力验算时始终遵从这一原则。

国内 31 个包柱式混凝土试件的试验结果表明（数据来源于华南理工大学等），对于包

柱式柱帽与既有柱、包柱式梁与既有柱之间的连接界面,虽然界面抗剪钢筋布置于柱的外侧、不在连接界面范围内穿过,但包柱式柱帽和包柱式梁对既有柱起四面围箍作用,同样符合上面所述的剪切摩擦模型。

试验结果还表明,与单纯的剪切界面不同,新旧结构之间的连接界面除符合剪切摩擦模型的受力机理外,还可能受到其它多种因素的附加影响。这些因素主要包括:弯矩的作用使界面上的正应力分布发生改变,压应力分布不均匀,甚至出现拉应力区,对界面抗剪不利,弯矩的影响可用剪跨比来表达;界面内的混凝土整浇部分截面有利于界面抗剪,整浇界面的不对称布置则会削弱该有利作用。

在既有混凝土结构的改造工程中,有可能遇到本规范尚未涉及的新旧结构连接界面,为保证这些连接界面的安全可靠,本条对其受剪承载力的计算提出原则性要求,避免设计疏漏或盲目设计。

**6.1.8** 根据国内外的试验研究成果和国内工程应用经验,本条对界面连接钢筋(包括界面抗剪钢筋和分布钢筋)和其它受力钢筋的相互关系和利用作出规定。

1 对于新加构件、加固构件与既有支承结构之间的连接界面,当弯矩作用于承受剪力的连接界面时,弯曲受拉钢筋之合力和弯曲受压混凝土之合力互相平衡,而界面混凝土受压作用将为界面抗剪提供静摩擦力,其作用与等量的界面抗剪钢筋是相同的,所以按受弯构件配置的受拉钢筋可同时作为界面抗剪钢筋使用,不必重复配置。这一观点及规定与美国《钢筋混凝土房屋建筑规范》ACI318M-05的要求是一致的。

按受弯构件配置的受压钢筋不会在界面产生压应力,不能通过静摩擦力提供界面的抗剪承载力,所以不能同时作为界面抗剪钢筋使用。但受压钢筋能够在界面提供销栓作用,有利于界面抗剪,仅作为界面分布钢筋使用、不计入界面抗剪承载力的规定避免了重复布置界面分布钢筋,同时也是偏安全的做法。

当轴向拉力或压力作用于承受剪力的连接界面时,受拉钢筋和受压钢筋的合力用于平衡轴向力,不会在界面产生压应力、提供界面的抗剪承载力,所以不能同时作为界面抗剪钢筋使用。但受拉钢筋和受压钢筋都能够在界面提供销栓作用,有利于界面抗剪,可作为界面分布钢筋使用、但不计入界面抗剪承载力。

2 对于包柱式梁与既有柱之间的连接界面,受弯纵向钢筋对连接界面的作用与本条第1款所述相似,不同之处在于梁的纵筋并不真正穿过连接界面,不能同时作为界面分布钢筋使用。

3 对于包柱式柱帽与既有柱之间的连接界面,按柱帽受力配置的环向纵向钢筋对既有柱形成环箍约束作用,在连接界面上形成压应力,而界面混凝土的受压作用将为界面抗剪提供静摩擦力,为界面抗剪承载力作出贡献,所以可同时作为界面抗剪钢筋使用,不必重复配置。

**6.1.9** 随着社会的发展,结构改造技术也在不断地进步,在依据充分、保证安全的前提下,本条规定为采用新旧结构的其它连接方式和构造措施留下应用空间。

## **6.2 新加构件与既有支承结构的连接**

**6.2.1** 本条说明本节规定的适用范围。新加混凝土构件与既有支承结构之间的连接,主要包括新加混凝土牛腿、新加混凝土梁、新加混凝土墙、新加混凝土柱等新加构件与既有混凝土支承结构之间的新旧混凝土界面连接。

当连接界面承受恒定的轴向压力作用时,轴向压力在连接界面上产生的压应力增加了界面上的静摩擦作用,其作用大小相当于配置了等效的界面抗剪钢筋、提高了界面的抗剪承载力。设计时,只有在这个轴向压力恒定不变、永久作用的条件下,才可计算界面上轴向压力对界面抗剪承载力的贡献,并且总的界面抗剪承载力仍不能超过受界面面积控制的限值条件。考虑到改造工程中的连接界面极少遇到轴向力作用的情况,目前还缺乏足够的计算依据,所以在连接界面的承载力计算中,暂不考虑轴向压力的有利作用。

**6.2.2~6.2.4** 在既有混凝土结构的改造设计中,新加混凝土构件、采用加大截面法加固混凝土构件都会在新旧混凝土结构之间形成一个比整浇混凝土截面薄弱的连接界面,从而需要对新旧混凝土结构之间的连接界面进行设计,并且连接设计对改造后的结构安全至关重要。新旧混凝土结构之间的连接界面在受弯、受压、受拉方面与整浇混凝土没有本质上的不同,但在受剪方面与整浇混凝土完全不同。新旧混凝土结构之间的连接界面往往同时承受弯矩和剪力的作用,需要考虑弯矩对连接界面受剪承载力的影响。编制组在广泛调研、综合分析现有国内外试验研究成果及规范设计方法的基础上,分两批完成了共 37 个新旧混凝土连接界面受剪承载力试件的试验工作,深入研究了连接界面的剪切工作性能和受剪承载力影响因素,进而建立了连接界面受剪承载力极限值和设计值的计算公式。

对于新加构件及加固构件与既有支承构件之间的新旧混凝土连接界面,对比分析试验研究成果,可发现各种参数与连接界面抗剪承载力的相关关系:

1 界面抗剪承载力和抗剪钢筋  $A_s f_y$  (受拉区钢筋) 正相关,基本成线性关系,和受压区钢筋无明显相关关系。

2 界面抗剪承载力和剪跨比显著负相关,反映出弯矩对界面抗剪承载力的不利影响。这种负相关并不成线性关系,随着剪跨比的增大,界面抗剪承载力对剪跨比的敏感程度有所减弱。同时,当剪跨比小于等于 0.5 时,界面抗剪承载力和剪跨比的相关性也不显著。

3 界面抗剪承载力和连接界面的类型显著相关。加固构件中的整浇截面比新旧混凝土连接界面的抗剪承载力明显要高。在加固梁和既有柱的连接界面中,原有的梁柱整浇截面有利于提高整个界面的抗剪承载力。相对于左右对称的梁底加固和三侧加固梁,左右不对称的单侧加固梁中的整浇截面对整个界面的抗剪承载力贡献较小。

4 在界面抗剪钢筋受拉后保持界面受压的条件下,界面两侧的混凝土强度(以较低值衡量)及界面面积的乘积  $f_c A_c$  的大小直接影响界面咬合作用的大小。如果界面混凝土的这种咬合发生破坏,以咬合为前提条件的摩擦剪切也会减弱以至消失,导致界面发生破坏。当界面抗剪钢筋  $A_s f_y$  较大时,整个界面的  $f_c A_c$  限制了抗剪钢筋作用的发挥、控制了界面受剪承载力的上限。界面抗剪钢筋为原整浇混凝土截面内和新浇混凝土截面内抗剪钢筋的截面面积之和。

5 对于界面抗剪而言,均布荷载比集中荷载较为有利。

6 如果界面首先发生受弯破坏或钢筋锚固破坏,显然就会影响界面抗剪承载力的发挥。也就是说,连接界面设计时要充分发挥界面抗剪承载力,就必须保证界面不发生受弯破坏或钢筋锚固破坏。

根据界面抗剪的剪切摩擦模型,综合对比各种参数对界面抗剪承载力的影响,采用影响最显著的五个参数,包括界面  $f_c A_c$ 、抗剪钢筋  $A_s f_y$ 、剪跨比  $\lambda$ 、考虑界面面积中整浇截面面

积的比例系数  $\alpha_A$  和考虑整浇截面作用的受剪承载力影响系数  $\mu$ ，对界面抗剪承载力进行回归统计，得到连接界面的受剪承载力极限值  $V_u$  回归计算公式为：

$$V_u = \frac{2.16 (1 + \mu \alpha_A)}{\lambda + 1} A_{sv} f_y$$

其中对于加固构件与既有支承构件之间的连接界面：

$$A_{sv} f_y = A_{sv1} f_{y1} + A_{sv2} f_{y2}$$

受剪界面限制条件为：

$$V_u \leq 0.26 (1 + \mu \alpha_A) f_c A_c$$

式中各项材料强度及几何尺寸均取试验实测值。

为了保证回归统计结果的真实性和准确性，试验时发生钢筋锚固破坏、受弯破坏的试件均不参与统计，仅对发生界面剪切破坏的27个试件进行回归统计，试验值与计算值之比的平均值为 1.00，标准差为0.145，变异系数为0.145，说明回归公式计算值与试验结果吻合较好，并且计算公式把新加构件与既有支承构件之间、加固构件与既有支承构件之间的连接界面很好地衔接了起来。

在界面受剪承载力极限值回归公式的基础上，参考国内外相关规范的规定，结合我省二十多年来的工程经验，综合考虑设计公式的可靠性、经济性和设计应用的便利性，编制组提出连接界面受剪承载力设计值  $V$  的统一计算公式：

$$V = \frac{1.3 (1 + \mu \alpha_A)}{\lambda + 1} A_{sv} f_y$$

受剪界面限制条件：

$$V \leq 0.16 (1 + \mu \alpha_A) f_c A_c$$

计算时对混凝土轴心抗压强度设计值和钢筋抗拉强度设计值规定了取值上限，即  $f_c \leq 27.5 \text{ N/mm}^2$ ， $f_y \leq 360 \text{ N/mm}^2$ ，这主要是因为缺乏采用高强度混凝土、高强度钢筋的试验数据，同时也与国内外规范的相关规定保持一致。

设计公式同时涵盖了新加构件与既有支承构件之间、加固构件与既有支承构件之间的连接界面受剪承载力计算。按设计公式对全部27个试件的受剪承载力进行回归统计，试验值与计算值之比为1.60~2.59，平均值为2.09，标准差为0.273，变异系数为0.130，说明试验值与计算值吻合良好，且计算公式具备较高的安全性。

国内同济大学、哈尔滨工业大学、天津大学等单位对新加构件与既有支承结构的连接界面也曾进行了试验研究，其中大部分试件由于先发生了受弯破坏而并未发生连接界面的滑移破坏，即界面的受剪承载力极限值是大于试验值的。作为参考，对于其中界面作凿毛处理的18个试件按上述设计公式进行了计算比对，这些试件的试验值与计算值之比普遍为1.42~3.84（只有一个试件为1.28），平均值高达2.51，说明对这些试件来说按上述设计公式计算也是具备足够安全性的。

目前国内外还没有适用于考虑弯矩作用、考虑加固构件的界面受剪承载力设计方法可用

于全面、有价值的对比,但本规范设计公式在计算模型和表达方式上与美国《钢筋混凝土房屋建筑规范》ACI318M-05的设计公式有些类似,对新加梁试件中接近纯剪( $\lambda \leq 0.5$ )的试件具有较好的可比性。在对比时,本规范设计公式简化为:

$$V = 0.87A_{sv}f_y \leq 0.16f_c A_c$$

美国规范设计公式简化为(计入受压钢筋的销栓作用,并考虑剪切时的强度折减系数 $\phi = 0.75$ ):

$$V = 0.75(A_{sv}f_y + 0.6A_s'f_y') \leq 0.15f_c A_c$$

与11个小剪跨比( $\lambda \leq 0.5$ )新加梁试件的试验值比较,按美国规范公式计算时,试验值与计算值之比为1.29~2.70,平均值为2.04,标准差为0.436,变异系数为0.214;按本规范公式计算时,试验值与计算值之比为1.69~2.53,平均值为2.08,标准差为0.256,变异系数为0.123。两个公式相比较,计算值与试验值之比的平均值接近,但按本规范公式的计算值与试验值相关性较好,与试验结果更吻合,更加可靠。

此外,根据编制组的试验结果,界面开裂荷载试验值与抗剪承载力设计值之比为0.28~1.41,大部分都小于1.0,说明界面通常带裂缝工作。在设计荷载作用下,试验观测到的界面裂缝很细小,裂缝宽度一般在0.2mm以内,个别达0.3mm,这反映了新旧混凝土连接界面带裂缝工作的这一个特点,对于正常室内环境下的结构来说这个裂缝宽度在可接受范围之内。

依据上述设计公式和相关研究成果,第6.2.2条~第6.2.4条对新加混凝土构件与既有支承结构之间的连接界面作出受剪承载力计算规定,其中第6.2.2条对连接界面作出界面限制条件,即根据界面的 $f_c A_c$ 限制界面受剪承载力的上限;第6.2.3条对仅受剪力作用的连接界面给出受剪承载力计算公式;第6.2.4条对同时受弯矩和剪力作用的连接界面给出受剪承载力计算公式。

按设计公式(6.2.2)~(6.2.4)对新加混凝土构件与既有支承结构之间的连接界面进行进一步的受剪承载力回归统计,试件界面受剪承载力的试验值与计算值之比为1.60~2.53,平均值为2.01,标准差为0.251,变异系数为0.125,试验值与计算值吻合良好,按设计公式进行设计具有较高的安全性。

对界面抗剪钢筋的数量合理性也进行了分析。对于纯剪的连接界面和剪跨比 $\lambda \leq 0.5$ 的连接界面,界面抗剪计算所需钢筋通常都大于受弯计算所需钢筋;对于剪跨比 $1.0 \leq \lambda \leq 2.0$ 的常见连接界面,界面抗剪计算所需钢筋约为受弯计算所需钢筋的0.7~1.3倍;当剪跨比 $\geq 2.2$ 时,抗弯钢筋数量已接近界面抗剪的配筋要求。说明按界面抗剪承载力计算的配筋数量在数值可接受、施工也可行的合理范围内。

在设计公式中,混凝土强度影响系数 $\beta_c$ 参照现行《混凝土结构设计规范》GB50010中斜截面承载力计算时的规定取值,考虑到连接界面的不确定因素较多,其中包括既有结构的混凝土强度很难准确取值,本规范中 $\beta_c$ 的取值略为严格。

**6.2.5** 连接界面的剪跨比越大,新加构件或加固构件中按受弯计算配置的纵向钢筋通常就会越多,也就是能作为界面抗剪钢筋使用的受弯钢筋就越多。

根据设计公式(6.2.2)~(6.2.4)和现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010中关于受弯承载力计算的设计公式及最小配筋率的要求推算,并与试验中不同剪跨比试件的

实际破坏模式相印证,当剪跨比 $>3.0$ 时,抗弯钢筋数量就能够同时满足界面抗剪的配筋要求,即只要界面受弯承载力满足要求,则界面抗剪承载力也能满足要求,没有必要另行验算连接界面的受剪承载力。

### 6.3 加固构件与既有支承结构的连接

**6.3.1** 本条说明本节规定的适用范围。采用增大截面法加固混凝土构件时,在加固构件与既有支承结构之间形成一个由原整浇混凝土截面和新浇混凝土截面共同组成的连接界面。被加固的构件可以是混凝土牛腿、混凝土梁、混凝土墙、混凝土柱等。

**6.3.2~6.3.4** 对加固构件与既有支承结构之间的连接界面作出受剪承载力计算规定,其中第6.3.2条对连接界面作出界面限制条件,即根据界面的 $f_c A_c$ 限制界面受剪承载力的上限;第6.3.3条对仅受剪力作用的连接界面给出受剪承载力计算公式;第6.3.4条对同时受弯矩和剪力作用的连接界面给出受剪承载力计算公式。加固构件与既有支承结构之间连接界面的受剪承载力计算公式,是在新加构件与既有支承结构之间连接界面的受剪承载力计算公式的基础上根据试验结果延伸建立起来的,两者采用了统一的回归统计公式和设计计算公式。第6.2.2~6.2.4的条文说明已对设计公式(6.3.2)、(6.3.3)及(6.3.4)的来源与依据一并作出说明。

在加固构件与既有支承结构之间的连接界面中,由于在改造工程中可能出现单面或多面加固的各种情形,需要考虑新浇混凝土截面关于原整浇混凝土截面的对称程度和原整浇混凝土截面面积大小这两个因素对界面受剪承载力的影响。在设计公式中,前者采用考虑整浇混凝土截面作用的受剪承载力影响系数 $\mu$ 来表达,后者采用原整浇混凝土截面面积与加固后总界面面积的比值 $\alpha_A$ 来表达。需要说明的是,所谓新浇混凝土截面关于原整浇混凝土截面的对称,是指关于原整浇混凝土截面的与剪力作用线平行的形心主轴的对称,对于梁来说,就是指左右对称。对于周边等厚度加大截面进行加固的圆形截面,原整浇混凝土截面与新浇混凝土截面是对称的,受剪承载力影响系数 $\mu$ 取0.6。

按设计公式(6.3.2)~(6.3.4)对加固构件与既有支承结构之间的连接界面进行进一步的受剪承载力回归统计,试件界面受剪承载力的试验值与计算值之比为1.87~2.59,平均值为2.24,标准差为0.277,变异系数为0.123,试验值与计算值吻合良好,按设计公式进行设计具有较高的安全性。

**6.3.5** 当剪跨比 $>3.0$ 时,抗弯钢筋数量能够同时满足界面抗剪的配筋要求,即只要界面抗弯承载力满足要求,则界面抗剪承载力也能满足要求,没有必要另行验算连接界面的抗剪承载力。具体说明与第6.2.5条相同。

在国内外研究成果的基础上,参考美国《钢筋混凝土房屋建筑规范》ACI318M-05关于整浇混凝土截面直剪的承载力计算规定,结合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010关于整浇混凝土斜截面的承载力计算规定,偏于安全提出了本规范公式(6.3.5)。

### 6.4 包柱式梁与既有柱的连接

**6.4.1** 本条说明本节规定的适用范围。包柱式梁通常用于混凝土框架结构的托换改造,矩形截面柱和圆形截面柱的单向包柱式梁或正交双向包柱式梁是改造工程中最常见的托换梁形式。在广州地铁建设中,从地铁一号线即开始采用包柱式梁作为托换梁对地铁上盖建筑物



进行托换，取得了很好的工程效果。

**6.4.2** 对于包柱式梁与既有柱之间的新旧混凝土连接界面，应按柱周的连接界面计算受剪承载力，这是结构托换改造设计的一个最重要环节。根据受力条件，也为了方便计算，对于矩形截面柱的连接界面，按柱截面边长划分为四个计算截面。对于圆形截面柱的连接界面，按四分之一周长均等划分为四个计算截面。

**6.4.3~6.4.4** 包柱式构件与既有柱的连接界面（包柱式梁与既有柱的连接、包柱式柱帽与既有柱的连接，均属于这种形式的连接），可看成新旧混凝土结构连接的一种特殊情形，新旧混凝土连接界面的受力机理同样符合界面的剪切摩擦模型，其不同之处在于界面的形状和界面抗剪钢筋的布置方位。包柱式构件的连接界面位于既有柱的周边、由柱四侧的界面形成一个闭合界面。对于单向包柱式梁，有两个相对的界面垂直于梁轴线，界面抗剪钢筋在柱的两侧梁内纵向布置，而不是直接穿过界面内，主要由托换梁的纵筋承担。另有两个相对的界面平行于梁轴线，类似于纯剪界面，界面抗剪钢筋在柱的两侧梁内水平横向布置，也不是直接穿过界面内。

在新加构件与既有支承结构之间连接界面的受剪承载力计算公式的基础上，根据包柱式构件的连接界面分布情况和抗剪钢筋布置情况，提出包柱式构件的界面受剪承载力计算公式，并与国内的试验研究数据（数据来源：华南理工大学等）进行比对和回归统计。

试验结果已证实连接界面的摩擦滑移破坏是有一定延性的，柱周各个方向的界面都能够充分发挥受剪承载力，因此，在界面的受剪承载力公式中，按 x 向、y 向的计算截面分别计算界面的受剪承载力，然后再予以叠加。

鉴于试验研究是按单向包柱式梁和包柱式柱帽（相当于剪跨比很小的包柱式梁）的受力条件设计的，所以界面的受剪承载力计算公式也是按单向包柱式梁来建立的。对界面受剪承载力极限值进行回归统计，得到连接界面的受剪承载力极限值的回归计算公式为：

$$V_u \leq 2(V_{ux} + V_{uy})$$

$$V_{ux} = \frac{2.5}{\lambda + 1} A_{svx} f_{yx} \leq 0.3 f_c b_x h$$

$$V_{uy} = 1.67 A_{svy} f_{yy} \leq 0.3 f_c b_y h$$

按极限值计算公式统计全部23个试件的受剪承载力试验值与计算值之比，平均值为  $\mu = 1.04$ ，标准差  $\sigma = 0.130$ ，变异系数  $\delta = 0.125$ ，说明回归公式计算值与试验结果吻合良好。

在界面受剪承载力极限值回归公式的基础上，提出连接界面受剪承载力设计值的计算公式：

$$V \leq 2(V_{Rx} + V_{Ry})$$

$$V_{Rx} = \frac{1.3}{\lambda + 1} A_{svx} f_{yx} \leq 0.16 f_c b_x h$$

$$V_{Ry} = 0.87 A_{svy} f_{yy} \leq 0.16 f_c b_y h$$

按设计值计算公式统计全部23个试件的受剪承载力试验值与计算值之比，平均值为 2.65，标准差为 0.315，变异系数为 0.119，说明设计公式与试验结果具有良好的相关性，具

备足够的可靠性和较高的安全储备。受剪承载力试验值与计算值之比值较高,主要是由于所有的界面抗剪钢筋都不是植筋锚固的,不存在因植筋胶变形而发生的钢筋拔出变形,钢筋对界面的约束作用更好。同时,包柱式构件对既有柱存在四周围箍作用,这一围箍作用提高了界面上的压应力,有利于提高界面的摩擦力。

在23个试件中,界面开裂荷载试验值与抗剪承载力设计值之比为1.28~2.74,全部都大于1.0,说明在设计荷载作用下,界面不开裂。

在国内完成的其它包柱式连接界面试验中,天津大学完成的试验内有10个试件采用凿毛界面、发生界面剪切滑移破坏,并且数据资料比较齐全,可供界面受剪承载力的对比验证。采用上述设计值计算公式进行统计,受剪承载力的试验值与计算值之比为1.61~3.95,平均值为2.35,说明受剪承载力的试验值与计算值之比值较高,设计计算公式也是适用的。

此外,与矩形截面柱比较,包柱式梁包裹的是圆形截面柱时,界面受力条件没有本质上的不同,而任一计算截面上的连接界面压应力合力与界面抗剪钢筋合力是相等的,但圆形截面柱的柱周连接界面上的法向压应力分布不均匀且总和较小。根据矩形截面柱的受剪承载力计算公式,按圆形连接界面的几何关系及界面上应力的分布状况可推算出圆形截面柱的界面受剪承载力计算公式。

依据上述设计公式和包柱式梁的布置方式,结合工程设计经验,第6.4.3条对单向包柱式梁与既有柱的连接界面作出受剪承载力计算规定;第6.4.4条对正交双向包柱式梁与既有柱的连接界面作出受剪承载力计算规定。

## 6.5 包柱式柱帽与既有柱的连接

**6.5.1** 本条说明本节规定的适用范围。在矩形截面柱的柱周新加矩形混凝土柱帽、在圆形截面柱的柱周新加圆形混凝土柱帽,是改造工程中比较常见的包柱式柱帽形式。在既有混凝土结构的改造工程中,包柱式柱帽通常用于混凝土框架结构的整体升高改造、混凝土柱的柱身置换、加强新加梁及加固梁与既有支承柱的连接,新加基础承台与既有混凝土柱的连接设计也可采用柱帽的界面承载力计算方法。本节规定也可用于异形柱与柱帽之间的连接设计,但应在异形柱凹面和新加柱帽之间配置足够的构造钢筋,避免形成素混凝土区域而发生开裂破坏。在剪力墙外侧新加水平环形布置的构件时,由于边长较长,通过外侧钢筋已不能很好地为连接界面提供压力,不再适合按柱帽进行连接设计,而应根据本规范第6.2节的规定按新加构件与既有支承构件之间的连接进行设计。

**6.5.2** 对于矩形柱帽,矩形柱的截面边长可能不相同,对应柱侧的界面面积也不相同,而对应不同界面的界面抗剪钢筋的总量是相同的。这就造成界面面积较大的柱侧界面受剪承载力更可能受限于界面抗剪钢筋的数量,界面面积较小的柱侧界面受剪承载力更可能受限于界面面积的大小,不同柱侧的界面受剪承载力需要分别计算。而对于圆形柱帽,界面抗剪钢筋与界面面积的比例关系是不变的,可取整个连接界面进行受剪承载力计算。

**6.5.3~6.5.4** 包柱式构件与既有柱的界面承载力计算公式已在第6.4.3~6.4.4条的条文说明中说明来源与依据。包柱式柱帽在省内的工程应用主要从上世纪九十年代的包柱式顶升平台开始,之后在改造和加固工程中的应用已比较广泛。根据国内的试验研究结果和省内多年的工程应用经验,包柱式柱帽与既有柱之间的混凝土连接界面,在界面形状、抗剪钢筋布置、受力条件、受力机理等各个方面与包柱式梁的连接界面是相同的,不同之处主要在于包

柱式柱帽有以下几个特点：

- 1 连接界面接近纯剪，不受剪跨比的影响；
- 2 柱帽内的界面抗剪钢筋环向封闭，具有更好的环箍作用；

3 在实际改造工程中，柱帽上可能有位置不确定、大小有变化的竖向荷载作用，如顶升荷载、支承反力、梁端作用力等，柱帽内的受力会变得比较复杂，进而影响界面上的剪应力分布，对界面的受剪承载力有一定程度的影响。根据试验结果，连接界面的剪切滑移破坏是具有一定延性的，界面能够较好地共同工作、充分发挥抗剪作用，所以这种剪应力分布的不利影响对界面承载力的最终影响是比较有限的。

根据包柱式构件的界面受剪承载力试验研究结果，结合省内的工程设计经验，综合考虑以上因素，在计算包柱式柱帽的界面受剪承载力时作了偏安全的折减，折减系数取 0.85。据此提出包柱式柱帽的界面受剪承载力设计公式，并与国内受力条件相似、具有可比性的 18 个包柱式构件的界面承载力试件的试验结果进行对比，试验值与设计计算值的比值为 1.90~4.65，平均值为 2.93，说明设计计算公式具有较高的安全性。同时，按照连接界面和界面抗剪钢筋的布置特点，在受剪承载力计算公式的形式上作了相应的调整，使之更加简单明了，便于设计使用。

包柱式柱帽包裹的是矩形截面柱或圆形截面柱，两者的界面受力条件没有本质上的不同，只是由于圆形柱帽的柱周连接界面是一个环形界面，而任一方向上的连接界面压应力合力与界面抗剪钢筋合力是相等的。根据矩形截面柱的受剪承载力计算公式，按圆形柱连接界面的几何关系及界面上应力的分布状况可推算出圆形截面柱的界面受剪承载力计算公式。柱帽连接界面上的压应力和界面抗剪钢筋的合力如图1所示。

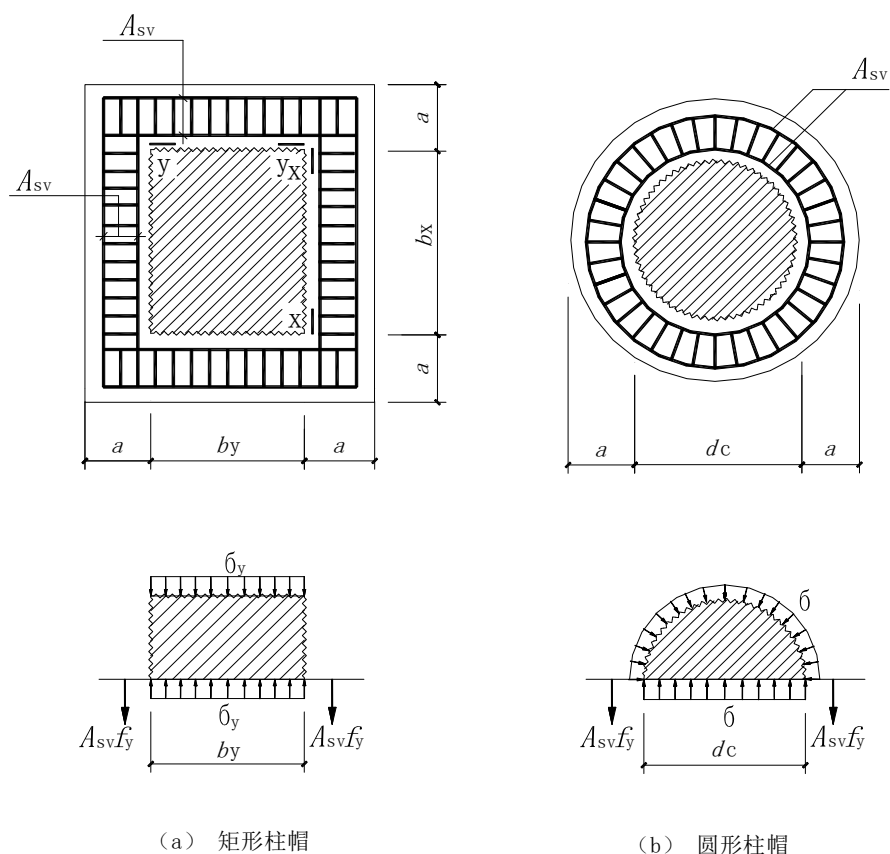


图1 柱帽连接界面上的压应力合力与界面抗剪钢筋合力

矩形柱帽整个界面上的法向压应力合力为:  $N = 8A_{sv}f_y$

圆形柱帽整个界面上的法向压应力合力为:  $N = 2\pi A_{sv}f_y$

整个界面上的法向压应力合力与界面按抗剪钢筋计算时的抗剪承载力成正比, 根据矩形截面柱的受剪承载力计算公式, 按连接界面上的压应力合力可推算出圆形截面柱的界面受剪承载力计算公式。

第6.5.3条对矩形柱帽与既有矩形截面柱的连接界面作出受剪承载力的计算规定; 第6.5.4条对圆形柱帽与既有圆形截面柱的连接界面作出受剪承载力的计算规定。

## 6.6 构造规定

**6.6.1** 新旧混凝土连接界面有各种各样的处理方式, 但抗剪效果比较好、便于施工、目前普遍被工程界接受的处理方式是全表面凿毛处理, 国内外的相关规范也大都采用这种处理方式。凿毛处理方式主要涉及两个重要内容, 一是混凝土基面的凿毛深度, 二是涂刷在混凝土基面上的界面剂。

关于凿毛深度, 也即凿毛后形成的粗糙面凹凸深度, 比较适合凿毛深度为不小于 6mm, 考虑到对构件混凝土截面的削弱, 一般不应大于 10mm。美国《钢筋混凝土房屋建筑规范》ACI318M-05 对新老混凝土抗剪界面规定的凹凸深度是 6mm, 现行国家标准《混凝土结构设计

规范》GB 50010 对混凝土叠合构件基面的凹凸深度是不小于 6mm。根据试件凿毛深度和改造工程经验,考虑到实际的现场管理水平,为确保混凝土界面达到计算的抗剪承载力,本条作出凿毛深度应不小于 8mm 的规定。

关于界面剂,国内已做了大量的对比试验。研究表明,采用水泥纯浆比采用市场上供应的化学合成的界面剂具有更高、更稳定的界面受剪承载力。

结合我省的大量工程经验和习惯,本条对新老混凝土连接界面的处理作出规定。

**6.6.2** 在混凝土基面上设置适当数量的凹槽或孔洞,有利于提高界面抗剪承载力,但提高了施工难度和工程量,只有在对连接界面抗剪性能要求较高时才考虑采用。设置凹槽或孔洞需要避开构件内的钢筋,并且对构件的混凝土截面削弱较大,在设计时应评估截面削弱对构件承载力的影响。

**6.6.3** 钢-混凝土连接界面用于钢构件或钢板与既有混凝土支承构件的连接。由于混凝土基面不一定平整,需要打磨、修平基面、使钢材和混凝土基面紧密贴合才能充分发挥螺栓的承载力。

**6.6.4** 本条对在新旧结构之间连接界面的抗剪钢筋布置提出要求。本规范将界面连接钢筋分为按承载力计算配置的界面抗剪钢筋和按构造要求配置的界面分布钢筋,两者无需重复布置。

对于单向包柱式梁与既有柱之间的新老混凝土连接界面,可利用梁内横向布置的箍筋兼作界面抗剪钢筋,但应按界面抗剪钢筋的锚固要求进行锚固。当界面抗剪钢筋贯穿柱身布置时,应考虑植筋钻孔的施工可行性和对混凝土柱截面的削弱。

界面抗剪钢筋在柱帽内水平环向封闭布置的作用在于,钢筋在任一位置都具有可靠的锚固,可根据界面受剪需要充分发挥作用。但对于矩形截面柱,由于柱帽宽度较小,较难满足弯折前水平锚固段的长度要求,钢筋的抗拉强度不一定能充分发挥,这一点需要在计算和布置钢筋时予以考虑。由于在改造工程中的柱帽平面尺寸往往较小,而柱帽内钢筋较多,有的柱帽内还有梁的纵筋伸入,实际施工时如采用搭接接头施工会很困难,并且很难满足搭接长度要求。

新加混凝土墙柱的纵向钢筋和分布钢筋允许通过植入连接钢筋或锚栓来驳接,主要是考虑施工的便利性。设置螺旋箍筋和钢筋网片的目的是加强驳接部位的整体强度,防止驳接部位的混凝土开裂,有利于钢筋之间力的传递,具体做法参考了日本在抗震加固工程中的经验。

考虑到改造工程中钻孔定位难以准确,连接板内的螺栓孔空隙较大且差异较多,为使各个锚栓的受力比较均衡,避免连接板因螺栓孔空隙而产生位移,对锚栓连接作出按摩擦型高强螺栓设计的规定。对于钢筋与连接板之间的连接,采用塞焊具有较好的传力条件,但设计时应考虑焊接高温对植筋胶的损伤,并采取相应的措施。

悬臂构件属于静定结构,根部的钢筋锚固尤其重要。仅仅采用植筋、化学锚栓等依靠化学锚固的方法提供锚固时,由于影响锚固质量的环节多、因素多,锚固质量较难控制,结构安全性较差,应予以避免。

**6.6.5** 本条对界面连接钢筋的锚固作出规定。界面抗剪钢筋需要充分受拉、对界面产生足够的压应力才能对界面抗剪起作用,因此必须在连接界面的两侧均必须有充分的受拉锚固,无论是混凝土内预埋锚固还是植筋锚固。对于原整浇截面内的钢筋,如果在连接界面处的锚固长度不能满足要求,就应在界面受剪承载力计算时对、钢筋强度作相应折减。

**6.6.6~6.6.8** 根据包柱式梁的受力条件和试验情况,结合工程设计经验,对包柱式梁的截面构造、梁内构造钢筋的布置作出规定。

**6.6.9~6.6.10** 根据包柱式柱帽的受力条件和试验情况,结合工程设计经验,对包柱式柱帽的截面构造、柱帽内横向箍筋的布置作出规定。

**6.6.11** 在现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 关于最小截面配筋有关规定的基礎上,考虑连接界面的工作性能和受力特点,对界面抗剪钢筋的最小配筋百分率、最大直径、最小直径及最大间距作出规定。其中界面抗剪钢筋的最大直径限值是为了避免钢筋侧面混凝土局部受压过大、在界面附近造成局部混凝土压溃。对于原整浇截面内的钢筋,当直径大于 25mm 时,宜按直径 25mm 计算用作界面抗剪钢筋的截面面积。

**6.6.12** 为便于设计,对于界面分布钢筋只规定最小直径和最大间距,这一限值对应的配筋率为 0.2%,不再规定最小配筋率。根据试验研究和现场检测结果,在植入  $12d$  ( $d$  为钢筋直径) 时,植筋抗拔时钢筋一般都能达到设计强度,因此,对于界面分布钢筋,考虑到受力作用较小,为便于施工,植入深度允许适当减少。

**6.6.13** 在改造工程中,局部混凝土可能存在蜂窝、麻面、露筋等质量缺陷,严重影响界面的连接质量,改造时应检查实际情况妥善处理。

## 7 变形监测与质量检验

### 7.1 变 形 监 测

7.1.1 既有混凝土结构的改造对上部结构和地基基础的影响是各不相同的，如果改造过程既没有使上部结构的受力发生太大变化，也没有显著改变地基基础的荷载，与基础沉降、结构变形关系不大，则不一定需要在改造施工过程中进行变形监测；否则就需要在改造施工过程中进行变形监测，应在设计文件中说明对变形检测的要求。

7.1.2 对于整体升高改造、结构托换改造和外立面结构保护性改造等类型的改造，改造过程的安全性、与结构变形、基础沉降密切相关，应根据具体情况合理确定监测项目、观测点布置、监测频次和报警值等监测要求。

7.1.3 变形监测基准点的正确设置是保证变形监测数据正确性的前提条件。

7.1.4 及时反馈异常变形数据、变形超限或结构开裂破损等情况，有利于设计人员根据监测结果和现场情况及时分析结构受力状况、评估结构安全性，进而提出妥善的处理意见。

7.1.5 为落实设计文件提出的变形监测要求，对变形监测方案的编审和实施作出规定。

### 7.2 质 量 检 验

7.2.1 国家现行有关标准对混凝土结构、地基基础工程、加固工程的质量检验都有相应的规定，应在既有混凝土结构的改造工程中执行这些规定。

7.2.2 植筋和锚栓的破坏性锚固承载力试验，能够为确认设计参数提供依据，同时也能检验基材混凝土和锚固材料的质量、检验施工工艺的合理性，对保证改造工程的质量具有重要意义，本条对此作出明确的规定。关于植筋和锚固的其它检验内容在现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》 JGJ 145 中已有详细规定，不再重复表述。

7.2.3 整体升高改造是对既有混凝土结构进行的一种技术要求较高、结构安全风险较大的改造类型。在整体升高过程中，顶升平台的承载安全是保证结构安全的重要条件。顶升平台的承载力与既有柱的混凝土强度、新旧混凝土连接界面的处理质量、顶升平台的配筋及混凝土强度等因素密切相关，存在一定的不确定性，应进行原位验证性检验，以确保顶升过程中的结构安全。根据现行国家标准《混凝土结构试验方法标准》 GB/T 50152 的相关规定，结合试验研究成果和整体升高改造的工程经验，本条对顶升平台的承载力标志和承载力评定标准作出具体规定。加载系数按承载力标志为叠合面剪切的条件取值，顶升平台的最大裂缝宽度按受弯正裂缝和受剪斜裂缝取值，顶升平台与混凝土柱之间界面的最大滑移量按试验结果的较小值确定。

7.2.4 在改造工程中，加固桩有时是和既有基础或承台连接成整体的，可能给加固桩的质量检验带来不便，应根据具体情况适当确定桩身质量和单桩承载力的检验方法和检验数量。

7.2.5 当检验发现工程质量不满足设计要求时，设计应作出必要的调整，以寻求最合适的解决方法。

## 附录 A 微型嵌岩钢管灌注桩的设计

**A.0.1** 微型嵌岩钢管灌注桩于 1994 年在广东省内首次应用,并完成了第一批微型嵌岩钢管灌注桩的单桩承载力试验。之后逐步改进嵌岩段设计,得到越来越广泛的应用,取得了丰富的工程设计经验,证实微型嵌岩钢管灌注桩具备桩身直径小、单桩承载力较高、沉降变形较小的优势。微型嵌岩钢管灌注桩具有桩身承载力高、土层内桩周侧阻力低的特征,将桩端置于完整或较完整的稳定基岩才能充分发挥其优势。

**A.0.2** 考虑到微型嵌岩钢管灌注桩的承载特点,计算单桩竖向承载力时不计土层的桩周侧阻力。微型嵌岩钢管灌注桩在入岩段的构造及承载机理与嵌岩的灌注桩相同,但微型嵌岩钢管灌注桩直径小、嵌岩深径比大,导致清孔难度较大,对嵌岩段总极限阻力有一定影响。根据现行广东省标准《建筑地基基础设计规范》DBJ15-31 中有关嵌岩桩的承载力计算规定,结合微型嵌岩钢管灌注桩的特点和试验结果,适当调低计算系数后作出微型嵌岩钢管灌注桩的承载力计算规定。当嵌岩段桩身采用钢管时,由于钢管外壁光滑,且钢管外壁与岩层孔壁之间又夹一层易收缩破碎的水泥浆,难以保证桩周侧阻力,在无充分依据的条件下,为确保桩的承载力,单桩竖向承载力计算不宜计入嵌岩段桩身的桩周侧阻力。

**A.0.3** 注浆混凝土在固结时产生的收缩变形有可能导致桩身混凝土水平开裂,在桩身截面承载力计算时,偏安全不计注浆混凝土的承载力,而是作为安全储备。由于室内施工条件的限制,钢管的焊接接头比较多,接头位置的焊接质量和垂直度偏差对长细比较大的桩身来说也是不利的,在本规范公式(A.0.3)中桩身截面承载力的取值考虑了这一因素。

**A.0.4** 在嵌岩段内,采用钢筋笼代替钢管,可使混凝土充满桩孔,不再有光滑的钢管壁和易破碎的纯水泥浆,从而提高桩身与岩层孔壁之间的桩周侧阻力。当桩端置于微风化硬岩时,岩层提供的承载力主要依靠桩端的端阻力,为方便施工,可将桩身钢管直接伸至桩底。

**A.0.5** 由于桩孔是泥浆护壁成孔的,而非挤土成孔,并且钢管壁比较光滑,钢管壁与孔壁之间还有一层水泥浆固结体,导致桩周侧阻力较小,桩的竖向承载力主要依靠入岩段提供。同时,为了增加桩身的侧向稳定性,需要入岩段为桩身提供一个嵌固作用。这就需要桩身有一定的入岩深度。工程经验和试桩结果还说明,在桩周土的侧向约束作用下,微型嵌岩钢管灌注桩具有较好的侧向稳定性,桩身的长细比视土层条件可比其它桩型适当放大。

**A.0.6** 桩之间的最小中心距的规定主要考虑了桩与桩之间的岩土应力叠加、施工土层扰动、桩身垂直度偏差和加固桩布置方便等几方面因素。

**A.0.7** 管壁开设出浆孔的目的是为了在压力灌注水泥浆时,让水泥浆溢出管壁,与从桩端自下往上流动的水泥浆共同置换管壁外侧的护壁泥浆,从而充填饱满管壁与孔壁之间的空隙,最后在钢管外侧形成一层水泥浆固结体。

**A.0.8** 本条对桩身接头作出规定。

**A.0.9** 钢管外壁应考虑防腐,通常情况下采用在管壁厚度设计时预留腐蚀余量的做法。当桩身需要暴露于腐蚀性地下水或位于水位变化、干湿交替的位置时应采取专门的防腐措施。

**A.0.10** 根据嵌岩段钢筋笼的受力要求和施工经验,提出钢筋笼的构造要求。



**A. 0. 11** 由于水泥浆液的容重比护壁泥浆的容重大,从孔底注浆可从下而上置换出孔内的全部泥浆,在下放粗骨料后水泥浆固结形成饱满的注浆混凝土(无砂混凝土)。在实际工程中,可按相同配合比、同等工艺条件预留混凝土试块检测注浆混凝土的强度。

**A. 0. 12** 为了使上部荷载能够可靠地传递至桩身,对桩顶与承台的连接构造作出规定。当桩顶作为固定端使用时,桩顶的连接应按桩顶位置的桩身弯矩计算确定。

**A. 0. 13** 微型嵌岩钢管灌注桩直接嵌固于岩层,在保证施工质量的前提下,桩顶的沉降变形较小,能够满足一般改造工程的变形要求。

**A. 0. 14** 微型嵌岩钢管灌注桩有其特定的施工工艺和技术要求,只有严格按施工工艺施工、切实满足技术要求,才能发挥微型嵌岩钢管灌注桩的优点和作用。