 **T/CECS ×××-202×**

中国工程建设标准化协会标准

外套钢管混凝土增大截面加固混凝土柱技术规程

**Technical specification for strengthening concrete column with**

**steel tube and sandwiched concrete jacketing**

**（征求意见稿）**

**中国xx出版社**

**中国工程建设标准化协会标准**

外套钢管混凝土增大截面加固混凝土柱

技术规程

**Technical specification for strengthening concrete column with**

**steel tube and sandwiched concrete jacketing**

**T/CECS ×××-202X**

主编单位：武汉大学，福建荣建集团有限公司

批准部门：中国工程建设标准化协会

施行日期：20XX年XX月XX日

**中国xx出版社**

202X 北 京**前 言**

根据中国工程建设标准化协会《2019年第一批协会标准制订、修订计划》（建标协字[2019]12号）的要求，标准编制组经过深入调查研究，认真总结工程实践经验，参考了国内外的先进技术，并在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准共分为6章，主要技术内容包括：总则、术语和符号、材料、设计方法、施工与安全、检验与验收。

本标准由中国工程建设标准化协会建筑物鉴定与加固专业委员会归口管理，由武汉大学负责具体技术内容的解释。本标准在执行过程中，如有需要修改和补充之处，请将有关资料和建议寄送解释单位（地址：湖北省武汉市武昌区东湖南路8号，武汉大学土木建筑工程学院；邮政编码：430072；电子邮箱：whucecs@163.com），以供修订时参考。

**主编单位**：武汉大学，福建荣建集团有限公司

**参编单位**：

**主要起草人**：

**主要审查人**：

目 次

[1 总 则 1](#_Toc54897826)

[2 术语和符号 2](#_Toc54897827)

[2.1 术 语 2](#_Toc54897828)

[2.2 符 号 3](#_Toc54897829)

[3 材 料 5](#_Toc54897830)

[3.1 加固用钢材及焊接材料 5](#_Toc54897831)

[3.2 加固用混凝土 6](#_Toc54897832)

[3.3 防护材料 6](#_Toc54897833)

[4 设计方法 7](#_Toc54897834)

[4.1 一般规定 7](#_Toc54897835)

[4.2 轴心受压构件加固 8](#_Toc54897836)

[4.3 压弯构件加固 10](#_Toc54897837)

[4.4 构造规定 13](#_Toc54897838)

[5 施工与安全 16](#_Toc54897839)

[5.1 一般规定 16](#_Toc54897840)

[5.2 施 工 17](#_Toc54897841)

[5.3 安 全 19](#_Toc54897842)

[6 检验与验收 20](#_Toc54897843)

[6.1 检 验 20](#_Toc54897840)

[6.2 验 收](#_Toc54897840) 21

[本规程用词说明 23](#_Toc54897844)

[引用标准名录 24](#_Toc54897845)

[条文说明 26](#_Toc54897846)

Contents

[1 General Provisions 1](#_Toc54897826)

[2 Terms and Symbols 2](#_Toc54897827)

[2.1 Terms 2](#_Toc54897828)

[2.2 Symbols 3](#_Toc54897829)

[3 Materials 5](#_Toc54897830)

[3.1 Strengthening Steel Materials and Welding Materials 5](#_Toc54897831)

[3.2 Strengthening Concrete 6](#_Toc54897832)

[3.3 Protection Materials 6](#_Toc54897833)

[4 Strengthening Method 7](#_Toc54897834)

[4.1 General Requirements 7](#_Toc54897835)

[4.2 Strengthening of Axially Loaded Members 8](#_Toc54897836)

[4.3 Strengthening of Compression-bending Members 10](#_Toc54897837)

[4.4 Detailing Requirements 13](#_Toc54897838)

[5 Construction and Safety 16](#_Toc54897839)

[5.1 General Requirements 16](#_Toc54897840)

[5.2 Construction 17](#_Toc54897841)

[5.3 Safety 19](#_Toc54897842)

[6 Inspection and Acceptance 20](#_Toc54897843)

[6.1 Inspection 20](#_Toc54897840)

[6.2 Acceptance](#_Toc54897840) 21

[Explanation of Wording in This Specification 23](#_Toc54897844)

[List of Quoted Standards 24](#_Toc54897845)

[Explanation of Provisions 26](#_Toc54897846)

**1 总 则**

**1.0.1** 为使外套钢管混凝土增大截面加固混凝土柱技术做到安全适用、技术先进、经济合理、质量可靠，制定本规程。

**1.0.2** 本规程适用于工业与民用建筑和一般构筑物的混凝土柱加固设计、施工及验收。

**1.0.3** 采用外套钢管混凝土增大截面加固混凝土柱前，应按照现行国家标准《既有建筑鉴定与加固通用规范》GB 55021、《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144和《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292进行检测或鉴定。当与抗震加固结合进行时，尚应按现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB 50023和《构筑物抗震鉴定标准》GB 50117进行抗震能力鉴定。

**1.0.4** 外套钢管混凝土增大截面加固混凝土柱的设计、施工及验收，除应遵守本规程规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

**2 术语和符号**

**2.1 术 语**

**2.1.1** 原柱 existing column

实施加固前的原有柱。

**2.1.2** 外套钢管混凝土增大截面加固法 structural member strengthening with steel tube and sandwiched concrete jacketing

在混凝土原柱外套两块半圆形或C型钢，现场焊接成为圆形或矩形钢套管，间隙灌注流动性良好的自密实混凝土，使其与原柱形成整体性能良好的组合柱，从而大幅度提升原柱承载力、刚度及延性的一种加固方法。

**2.1.3** 含钢率 steel ratio

外套钢管增大截面加固混凝土柱截面中钢管面积除以原柱混凝土面积与后浇混凝土面积之和的值。

**2.1.4** 套箍系数 confinement coefficient

外套钢管混凝土增大截面加固混凝土柱截面中钢管面积与钢材强度设计值乘积，除以原柱混凝土面积与混凝土强度设计值乘积、后浇混凝土面积与混凝土强度设计值乘积之和的值。

**2.1.5** 后浇混凝土 post-casted concrete

实施加固时填充在外套钢管与原柱间隙的混凝土。

**2.2 符 号**

**2.2.1** 作用效应和抗力

*N* ——作用于加固柱的轴心压力设计值；

*N*u ——加固柱的轴心受压承载力；

*N*E——欧拉临界力；

*M* ——作用于加固柱的弯矩设计值；

*M*u——加固柱的受弯承载力。

**2.2.2** 材料性能和抗力

*E*s ——原柱钢筋弹性模量；

*E*a——新增钢管弹性模量；

*E*sc——加固柱组合弹性模量；

*f*y——原柱钢筋抗压强度设计值；

*f*a——新增钢管抗压强度设计值；

*f*ak——新增钢管抗压强度标准值；

*f*c1 ——原柱混凝土轴心抗压强度设计值；

*f*c2 ——后浇混凝土轴心抗压强度设计值；

*f*cw ——加固柱等效混凝土抗压强度设计值。

**2.2.3** 几何参数

*A*s ——原柱纵筋截面面积；

*A*a ——新增钢管截面面积；

*A*c1 ——原柱混凝土截面面积；

*A*c2 ——后浇混凝土截面面积；

*A* ——加固柱截面面积；

*A*0 ——加固柱净截面面积；

*b*，*h* ——矩形原柱的短边长和长边长；

*b*a，*h*a ——新增矩形钢管的短边长和长边长；

*d*——圆形原柱的直径；

*D*——新增圆钢管的外径；

*t* ——新增钢管的厚度；

*r*i ——加固柱组合截面的回转半径；

*l*0 ——加固柱的计算长度；

*λ*sc ——加固柱的组合长细比，等于加固柱的计算长度与截面回转半径之比；

*W*sc ——加固柱弯矩作用平面内组合截面抗弯模量。

**2.2.4** 计算系数

*α* ——加固柱的含钢率；

*ξ* ——加固柱的套箍系数；

*φ* ——加固柱的轴心受压稳定系数；

*γ*m ——加固柱的截面抗弯塑性发展系数；

*β*m——加固柱的等效弯矩系数。

**3 材 料**

**3.1 加固用钢材及焊接材料**

**3.1.1** 加固用钢材的品种、质量和性能应符合下列规定：

**1** 外套钢管宜采用Q235、Q345、Q390、Q420级钢材，其质量应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700、《低合金高强度结构钢》GB/T 1591、《建筑结构用钢板》GB/T 19879和《钢结构设计标准》50017的有关规定；

**2** 钢材的强度设计值应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017的规定采用；

**3** 不得使用无出厂合格证、无中文标志或未经进场检验的钢材。

**3.1.2** 抗震设计中，钢材应符合下列规定：

**1** 钢材的屈服强度实测值与抗拉强度实测值的比值不应大于0.85；

**2** 钢材应有明显的屈服台阶，且伸长率不应小于20%；

**3** 钢材应有良好的可焊性和合格的冲击韧性。

**3.1.3** 加固用钢管焊接材料的质量和性能应符合下列要求：

**1** 手工焊接采用的焊条，应符合现行国家标准《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T 5117和《热强钢焊条》GB/T 5118的规定，选择的焊条型号应与被焊钢管力学性能相适应；

**2** 焊丝和焊剂应与被焊钢管力学性能相适应，并应符合国家现行有关标准的规定；

**3** 二氧化碳气体保护焊接用的焊丝应符合现行国家标准《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝》GB/T 8110的规定。

**3.2 加固用混凝土**

**3.2.1** 加固柱用的后浇混凝土，其强度等级应比原柱至少提高一级，且不应低于C40；其性能和质量应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的规定；当采用C80以上的高强混凝土时，应有可靠的依据。

**3.2.2** 加固柱用的后浇混凝土宜选用微膨胀自密实混凝土。所用粗骨料、细骨料、拌合用水等应符合现行国家标准《自密实混凝土应用技术规程》JGJ/T 283的规定；所用膨胀剂应符合《混凝土膨胀剂应用技术规范》GB50119的规定。

**3.2.3** 当加固柱用的后浇混凝土选用纤维混凝土、超高性能混凝土、高延性混凝土等时，应在施工前进行试配，经检验其性能符合设计要求后方可使用。

**3.3 防护材料**

**3.3.1** 外套钢管表面的防腐蚀、防锈采用的涂装材料，应符合现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计标准》GB/T 50046和《钢结构工程施工规范》GB 50755的有关规定。

**3.3.2** 加固柱的防火涂装材料的品种、质量和性能应符合现行国家标准《钢结构防火涂料》GB 14907的有关规定。

**3.3.3** 当被加固柱处于其他特殊环境时，应根据具体情况选择有效的防护材料与处理方法。

**4 设计方法**

**4.1 一般规定**

**4.1.1** 外套钢管混凝土增大截面加固混凝土柱的设计使用年限，应按现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367的有关规定确定。

**4.1.2** 设计应明确结构加固后的用途和使用环境，在设计使用年限内，未经技术鉴定或设计许可，不得改变加固后结构的用途和使用环境。

**4.1.3** 采用外套钢管混凝土增大截面加固混凝土柱时，应采取措施卸除或大部分卸除作用在结构上的活荷载。

**4.1.4** 原柱混凝土和钢筋的强度标准值应按下列取值：当原设计文件有效，且不怀疑原柱有严重的性能退化时，可采用原设计的标准值；当可靠性鉴定认为应重新进行现场检测时，应采用检测结果推定的标准值；当原柱混凝土强度等级的检测受实际条件限制而无法取芯时，可采用回弹法检测，但其强度换算值应按现行《混凝土结构加固设计规范》GB 50367中的有关规定进行龄期修正，且仅可用于原柱的加固设计。

**4.1.5** 抗震设防区钢筋混凝土柱的加固，除应满足承载力要求外，尚应复核加固柱的抗震能力，相关设计、计算和构造措施应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011的规定。对加固结构，尚应分析加固柱对结构中的其他构件产生的不利影响。

**4.2 轴心受压构件加固**

**4.2.1** 外套钢管混凝土增大截面加固混凝土柱的轴心受压承载力应满足下式要求：

 （4.2.1）

式中：*N*——加固柱的轴心压力设计值（N）；

*N*u——加固柱的轴心受压承载力（N）。

**4.2.2** 外套钢管混凝土增大截面加固混凝土柱（图4.2.2）的轴心受压承载力，应按下列公式计算：

 （4.2.2-1）

 （4.2.2-2）

 （4.2.2-3）

 （4.2.2-4）

 （4.2.2-5）

 （4.2.2-6）

 （4.2.2-7）

 （4.2.2-8）

 （4.2.2-9）

式中：*N*0——加固后，组合短柱轴心受压承载力（N）；

**——加固柱的轴心受压稳定系数，也可按表4.2.2-1取值；

*ξ* ——加固柱的套箍系数；

*α*——加固柱的截面含钢率；

*f*cw——加固柱等效混凝土抗压强度设计值（MPa）；

*A*——加固柱的截面面积（mm2）；

*A*0——加固柱的净截面面积（mm2），等于加固柱的截面面积减去原柱纵筋的截面面积；

*A*s、*A*a——原柱纵筋和新增钢管的截面面积（mm2）；

*A*c1、*A*c2——原柱混凝土和后浇混凝土的截面面积（mm2）；

*f*c1、*f*c2——原柱混凝土和后浇混凝土轴心抗压强度设计值（MPa）；

*f*y、*f*a——原柱钢筋和新增钢管的抗压强度设计值（MPa）；

*B′*、*C′*——外套钢管截面形状对套箍效应的影响系数，应按表4.2.2-2取值；

*λ*sc ——加固柱的组合长细比，等于加固柱的计算长度与截面回转半径之比；

——加固柱的正则长细比。

**表4.2.2-1加固柱轴心受压稳定系数取值表**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
| 0 | 1.000 | 130 | 0.440 |
| 10 | 0.975 | 140 | 0.394 |
| 20 | 0.951 | 150 | 0.353 |
| 30 | 0.924 | 160 | 0.318 |
| 40 | 0.896 | 170 | 0.287 |
| 50 | 0.863 | 180 | 0.260 |
| 60 | 0.824 | 190 | 0.236 |
| 70 | 0.779 | 200 | 0.216 |
| 80 | 0.728 | 210 | 0.198 |
| 90 | 0.670 | 220 | 0.181 |
| 100 | 0.610 | 230 | 0.167 |
| 110 | 0.549 | 240 | 0.155 |
| 120 | 0.492 | 250 | 0.143 |

**表4.2.2-2 钢管截面形状对套箍效应的影响系数取值表**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 外套钢管截面形式 |  |  |
| 圆形 |  |  |
| 矩形 |  |  |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| (a) 圆套圆 | （b）圆套矩 |
|  |  |
| （c）矩套矩 | (d) 矩套圆 |
| **图4.2.2 外套钢管混凝土增大截面加固混凝土柱截面形式**1—原柱纵筋；2—原柱混凝土；3—外套钢管；4—后浇混凝土 |

**4.3 压弯构件加固**

**4.3.1** 当外套钢管混凝土增大截面加固压弯构件时，其承载力应符合下列规定：

**1**当时，

 （4.3.1-1）

**2**当时，

 （4.3.1-2）

 （4.3.1-3）

 （4.3.1-4）

 （4.3.1-5）

当外套钢管截面形状为圆形时，

*ζ*0=0.24*ξ* -0.89 +1 （4.3.1-6）

*η*0=0.1+0.13*ξ* -0.83 （4.3.1-7）

当外套钢管截面形状为矩形时，

*ζ*0=0.23*ξ* -0.92 +1 （4.3.1-8）

*η*0=0.1+0.10*ξ* -0.80  （4.3.1-9）

式中：*N、M*——加固柱的轴心压力设计值（N）和弯矩设计值（N·mm）；

**——加固柱的受弯承载力（N·mm），应按本规范第4.3.2条执行；

*β*m ——等效弯矩系数，按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017的规定取值；

*ζ*0*、η*0 ——加固柱*N*/*N*u-*M*/*M*u关系曲线中受拉和受压破坏界限值。

**4.3.2** 加固柱的受弯承载力(**)，应按下列公式计算：

 （4.3.2-1）

 （4.3.2-2）

**1**当外套钢管截面形状为圆形时，

 *W*sc=π*D*3/32 （4.3.2-3）

**2**当外套钢管截面形状为矩形，加固柱绕强轴弯曲时，

*W*sc=*b*a*h*a2/32 （4.3.3-4）

**3**当外套钢管截面形状为矩形，加固柱绕弱轴弯曲时，

*W*sc=*b*a2*h*a/32 （4.3.2-5）

式中：**——加固柱截面抗弯塑性发展系数；

*W*sc——加固柱弯矩作用平面内组合截面抗弯模量（mm3）；

*D* ——新增圆钢管的外径（mm）；

*b*a，*h*a ——新增矩形钢管的短边长和长边长（mm）。

**4.3.3** 当外套钢管混凝土增大截面加固压弯构件时，其弯矩作用平面内的稳定性验算应按下列公式验算：

**1**当时

 （4.3.3-1）

**2**当时

 （4.3.3-2）

 （4.3.3-3）

 （4.3.3-4）

当外套钢管截面形状为圆形时，

 （4.3.3-5）

当外套钢管截面形状为矩形时，

 （4.3.3-6）

式中：

*N*E ——欧拉临界力 (N)，；

*E*sc——加固柱组合弹性模量（N/mm2），；

*k*E ——加固柱组合弹性模量换算系数，应按表4.3.3取用。

**表4.3.3 轴压弹性模量换算系数*k*E值**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 钢材 | Q235 | Q345 | Q390 | Q420 |
| *k*E | 918.9 | 719.6 | 657.5 | 626.9 |

**4.3.4** 外套矩形钢管混凝土增大截面加固混凝土柱弯矩作用平面外的稳定性验算应按下式验算：

 （4.3.4）

**4.4 构造规定**

**4.4.1** 外套钢管与原柱间的最小净距不应小于内填混凝土骨料最大粒径的3倍且不宜小于30mm。

**4.4.2** 外套钢管的壁厚不宜小于4 mm。外套矩形钢管的宽厚比*h*a/ *t*不宜大于；外套圆形钢管的径厚比不宜大于。

**4.4.3** 套箍系数*ξ*宜控制在0.5~2.0，含钢率*α*宜控制在0.03~0.20。

**4.4.4** 在外套钢管混凝土增大截面加固柱的顶端应采用有效的锚固措施与原梁连接。当柱上端有楼板时，可采用上下拉结构造措施，利用穿过楼板的厚钢板条将下层的外套钢管与上层构件连接（图4.4.4），厚钢板条应有足够的延伸长度。在有充足论证情况下，也可根据工程经验采用其他节点处理方式。

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| (a) 加固柱柱顶节点连接构造 | (b) A-A剖面 |
| 图4.4.4加固柱柱顶节点连接构造示意图 |

1. 外套钢管；2-钢垫板；3- 穿过楼板的钢板条；4- 楼板；5- 加固柱

**4.4.5** 外套钢管混凝土增大截面加固柱的柱脚可采用焊接加劲肋方式将外套钢管与钢制环形底板连接，可采用自锁锚杆将环形底板固定在基础上（图4.4.5），锚杆的锚固长度和直径应满足现行国家标准《扩孔自锁锚固技术规程》CECS 813的规定。底板除满足强度要求外，尚应具有足够的面外刚度。

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| (a) 加固柱柱底节点连接构造 | (b) B-B剖面 |
| 图4.4.5 加固柱柱底节点连接构造示意图 |

1- 加固柱；2- 加劲肋；3- 对焊的钢制环形底板；4- 扩孔自锁锚杆；5- 基础

**5 施工与安全**

**5.1 一般规定**

**5.1.1** 施工应遵循下列工序进行：

 **1** 按照加固设计尺寸制作半圆形或C型钢管；

 **2** 按照加固设计方案，在原柱的表面放线定位并进行表面处理；

 **3** 将两块半圆形或C型钢管外套在原柱外侧，并现场焊接成外套的圆钢管或矩形钢管；

 **4** 在外套钢管与原柱的间隙内浇筑混凝土；

 **5** 对加固柱的顶端和柱脚进行节点锚固措施处理；

 **6** 对加固柱进行防腐和防火等保护措施处理。

**5.1.2** 外套钢管的制作单位应根据已批准的技术设计文件编制施工详图，且经原加固设计单位批准。当需要修改时，制作单位应向原加固设计单位申报，经同意并签署文件后方能生效。

**5.1.3** 在制作外套钢管前，应根据设计文件和施工详图的要求编制制作工艺文件。其内容至少应包括：制作所依据的标准，制作厂的质量保证体系，成品的质量保证和为保证成品达到规定的要求而制定的措施。

**5.1.4** 加固柱的柱顶和柱底节点施工应编制专项施工方案，并报相关单位批准后实施。

**5.2 施 工**

**5.2.1** 外套钢管的施工应满足下列规定：

**1** 外套钢管制作和焊接的施工应按工艺文件执行，并应符合现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB 50755和《钢结构焊接规范》GB 50661的相关规定；

**2** 外套钢管构件在吊装时应控制吊装荷载作用下的变形。吊点的设置应根据钢管构件的本身承载力和稳定性经验算后确定。必要时，应采取临时加固措施。吊装就位后，应立即进行校正，采取可靠固定措施以保证构件的稳定性；

**3** 对外套钢管进行现场焊接拼接施工时，应严格按照工艺文件规定的焊接方法、工艺参数、施焊顺序进行，并应对拼接的误差和施焊的工艺进行控制；

**4** 外套钢管段的制作容许偏差、各段之间的焊缝质量、以及接长最短拼接长度应符合现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB 50755和《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936的规定。相邻两节管段对接时，纵向焊缝应相互错开；

**5** 外套钢管表面的除锈方法和除锈等级应符合设计和现行国家标准《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》GB 8923的规定；

**6** 外套钢管表面的防火、防腐涂装施工应符合设计文件和现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB 50755、《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936、《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249的有关规定。当设计文件无涂装层厚度具体要求时，按照现行国家标准《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936规定，涂层干漆膜总厚度室外构件可为150μm，室内构件可为125μm。

**5.2.2** 后浇混凝土的施工应满足下列规定：

**1** 钢管内后浇混凝土的浇筑工作，应在钢管焊接安装完毕并验收合格后进行，并应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666的规定；

**2** 钢管内后浇混凝土浇筑施工前应根据设计要求进行自密实混凝土配合比设计和必要的浇筑工艺试验，并在此基础上制定浇筑工艺和各项技术措施；

**3** 在外套钢管与原柱间隙浇筑混凝土前，应采取措施保持管内清洁；

**4** 采用泵送顶升方法浇筑混凝土时，应对加固柱下部浇筑入口处的钢管及纵向焊缝进行强度验算；

**5** 后浇混凝土应采取减少收缩的技术措施，宜在钢管壁适当位置留有足够的排气孔，排气孔的设置数量应符合现行国家标准《组合结构通用规范》GB 55004的规定。排气孔径不应小于20mm，且开孔位置应避开焊缝；浇筑混凝土应加强排气孔观察，并应确认浆体流出和浇筑密实后再封堵排气孔；

**6** 后浇混凝土浇筑时应预留立方体试块，以用于验收时检验后浇混凝土的强度等级。

**5.3 安 全**

**5.3.1** 外套钢管混凝土增大截面加固混凝土柱的加固工作开始前应采取卸载或支撑措施，以保证施工的安全。

**5.3.2** 外套钢管混凝土增大截面加固混凝土柱顶端节点施工时，应增设临时支撑，待加固完毕后再行拆除。

**5.3.3** 对于外套钢管混凝土增大截面加固混凝土柱施工时的安全技能、劳动保护、防火等，必须符合相关规定。

**6 检验与验收**

**6.1 检验**

**6.1.1** 对钢材、后浇混凝土、焊接及防护材料等原材料的质量检验，除应符合本规程外，尚应符合现行有关国家标准。

**6.1.2**进场时，应会同监理单位对钢材、焊接及防护材料等的产品合格证、产品质量出厂检验报告和包装完整性进行检查，同时要检查制作的型钢尺寸误差。同时，应对产品的安全性能进行见证抽样复检，质量不合格者，一律不得使用。若分批进场时，每批次进场均需进行相关检查和复检。

**6.1.3** 外套钢管吊装前，定位线、标高基准点等标记应检验齐全；吊点与临时支撑点的设置应符合设计方案要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查。

**6.1.4** 外套钢管拼接焊接焊缝质量应符合设计要求和现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205的有关规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查施工记录及焊缝检测报告。

**6.1.5** 外套钢管现场拼接焊接完成后，应按设计文件和现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205、《钢管混凝土工程施工质量验收规范》GB 50628的规定对其外形尺寸和现场拼装的允许偏差进行检验。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查、尺量检查及焊缝量规报告。

**6.1.6** 外套钢管内后浇混凝土的强度等级和工作性能应符合设计要求和国家现行有关标准的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查试件强度试验报告和施工记录。

**6.1.7** 外套钢管与原柱间隙内后浇混凝土的浇筑质量，应采用锤击法或超声波法进行检查，按检查结果推定的有效粘贴面积不应小于总粘贴面积的95%；对于混凝土不密实的部位，应采用局部钻孔压浆法进行补强，然后将钻孔补焊封固。

**6.1.8** 外套钢管表面的防火、防腐涂装的质量要求和检验方法应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205的有关规定。

**6.1.9** 过程质量检查与控制。上一道工序经检查合格后，方可进行下一道工序的施工。如施工质量不能满足本规程第5章有关条款要求时，应立即采取补救措施或返工。施工过程中，应有专门人员负责质量检查并做详细记录。

**6.2 验收**

**6.2.1** 外套钢管混凝土增大截面加固柱的竣工验收程序和组织应按现行国家标准《组合结构通用规范》GB55004、《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《钢管混凝土工程施工质量验收规范》GB 50628和《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550等相关规定执行。

**6.2.2** 外套钢管混凝土增大截面加固混凝土柱的验收应具备以下基本资料：

 **1** 工程概况及原柱鉴定或评估报告；

 **2** 加固设计文件以及设计变更文件；

 **3** 施工资料，包括施工组织设计、施工记录、施工工艺及过程质量控制记录、隐蔽验收记录、材料和工程量统计、加固竣工图纸等；

 **4** 监理资料，过程控制记录；

 **5** 原材料出厂合格证、检验报告、现场质量检验报告等。

**6.2.3** 外套钢管混凝土增大截面加固混凝土柱的工程质量不合格时，应由施工单位制定补救措施，经设计单位确认后实施，并重新检验和验收。

本规程用词说明

1为便于在执行本规程条文时区别对待，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执行的写法为“应符合……

的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

**1** 《建筑结构荷载规范》GB 50009

**2** 《混凝土结构设计规范》GB 50010

**3** 《建筑抗震设计规范》GB 50011

**4** 《建筑设计防火规范》GB 50016

**5** 《钢结构设计标准》GB 50017

**6** 《建筑抗震鉴定标准》GB 50023

**7** 《工业建筑防腐蚀设计标准》GB/T 50046

**8** 《构筑物抗震鉴定标准》GB 50117

**9** 《混凝土膨胀剂应用技术规范》GB50119

**10** 《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144

**11** 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204

**12** 《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205

**13** 《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292

**14** 《混凝土结构加固设计规范》GB 50367

**15** 《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550

**16** 《钢管混凝土工程施工质量验收规范》GB 50628

**17** 《钢结构焊接规范》GB 50661

**18** 《混凝土结构工程施工规范》GB 50666

**19** 《钢结构工程施工规范》GB 50755

**20** 《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936

**21** 《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249

**22** 《钢结构加固设计规范》GB 51367

**23** 《组合结构通用规范》GB 55004

**24** 《既有建筑鉴定与加固通用规范》GB 55021

**25**《碳素结构钢》GB/T 700

**26**《低合金高强度结构钢》GB/T 1591

**27**《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T 5117

**28**《热强钢焊条》GB/T 5118

**29**《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝》GB/T 8110

**30**《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》GB 8923

**31**《钢结构防火涂料》GB 14907

**32**《熔化焊用钢丝》GB/T 14957

**33**《自密实混凝土应用技术规程》JGJ/T 283

**34**《高层建筑结构用钢板》YB 4104

**35**《矩形钢管混凝土结构技术规程》CECS 159

**36**《扩孔自锁锚固技术规程》CECS 813

**中 国 工 程 建 设 标 准 协 会 标 准**

外套钢管混凝土增大截面加固混凝土柱技术规程

T/CECS ×××-202X

条文说明

目 次

[1 总 则 28](#_Toc53756548)

[2 术语和符号 29](#_Toc53756549)

[2.2 符 号 29](#_Toc53756551)

[3 材 料 30](#_Toc53756552)

[3.1 加固用钢材及焊接材料 30](#_Toc53756553)

[3.2 加固用混凝土 31](#_Toc53756554)

[4 设计方法 32](#_Toc53756556)

[4.1 一般规定 32](#_Toc53756557)

[4.2 轴心受压构件加固 33](#_Toc53756558)

[4.3 压弯构件加固 35](#_Toc53756559)

[4.4 构造规定 37](#_Toc53756560)

[5 施工与安全 38](#_Toc53756561)

[5.1 一般规定 38](#_Toc53756562)

[5.2 施 工 38](#_Toc53756563)

[6 检验与验收 40](#_Toc53756561)

[6.1 检 验 40](#_Toc53756562)

**1 总 则**

**1.0.1**本条规定了制定本规程的目的和要求，并提出了外套钢管混凝土增大截面加固混凝土柱结构必须遵循的原则。

外套钢管混凝土增大截面加固混凝土柱技术，相比于传统增大截面加固技术，充分利用了外套钢管对核心混凝土有效约束作用，使得核心混凝土处于三向受压状态，从而大幅度提高被加固混凝土柱的承载力、刚度和延性等性能。同时，外套钢管可以作为永久模板，避免拆模和支模流程，加固过程更加方便快捷。目前，外套钢管混凝土增大截面加固混凝土柱技术在国内外迅速发展，并积累了很多理论、试验研究成果和工程经验。制定本标准规程的目的是为了使采用外套钢管混凝土增大截面加固混凝土柱技术规范化和系统化，以获得更好的社会效益和经济效益。

**1.0.2** 本条规定了本规范的适用范围。本规范适用的工程对象除房屋建筑、工业厂房的钢筋混凝土柱外，还包括道路桥梁、输变电塔等构筑物和基础设施的钢筋混凝土柱。被加固柱的截面形式包括目前主要存在的圆形和矩形截面柱，而外套钢管的形状也相应包括圆形和矩形截面两种，最终形成圆套矩、圆套圆、矩套矩和矩套圆四种主要的加固柱截面形式。

**1.0.3、1.04** 这两条主要针对本规范在实施过程中与其他相关标准配套使用的关系作出规定。

**2 术语和符号**

**2.2 符 号**

**2.2.1 ~ 2.2.4** 本规范采用的符号及其意义，尽可能与现行国家标准《钢结构加固设计标准》GB51367、《混凝土结构加固设计规范》GB50367、《钢管混凝土结构技术规范》GB50936等相一致，以便于在加固设计、计算中引用其公式，只有在遇到公式中必须给出外套钢管混凝土增大截面加固混凝土柱设计专用符号时，才另行规定。即使这样，在制定过程中仍然遵循下列原则：

**1** 对主体符号及其上、下标的选取，应符合现行国家标准《工程结构设计基本术语和通用符号》GB/T 50132的符号用字及其构成规则。

**2** 当必须采用通用符号，但又必须与新建工程使用的该符号有所区别时，可在符号的释义中加上定语。

**3 材 料**

**3.1 加固用钢材及焊接材料**

**3.1.1** 外套钢管混凝土增大截面加固混凝土柱所选用的钢材要求与普通钢管混凝土构件相同，应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017执行。

**3.1.2** 抗震设计时，对钢材的要求是根据现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011制定的。

加固用钢管及开孔封补用钢材，应保证抗拉强度、屈服强度、冲击韧性合格及硫、磷和碳含量的限制值。当用于高层结构混凝土柱加固时，还应符合冶金工业标准《高层建筑结构用钢板》YB 4104的规定。抗拉强度是实际上决定结构安全储备的关键，伸长率反映钢材能承受残余变形量的程度及塑性变形能力，钢材的屈服强度不宜过高，同时要求有明显的屈服台阶，伸长率应大于20%，以保证构件具有足够的塑性变形能力，冲击韧性是抗震结构的要求。当采用国外钢材时，亦应符合我国现行国家标准的要求。

**3.1.3** 加固柱中的外套钢管是由两块半圆形或C型钢，现场焊接成为圆形或矩形钢套管。因此，焊接质量严重影响结构的整体性能和加固效果。为此，焊接所使用的焊条、焊丝和气体保护焊所采用的氩气材料性能应符合国家现行标准《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T 5117、《热强钢焊条》GB/T 5118、《熔化焊用钢丝》GB/T 14957、《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝》GB/T 8110等的规定。

**3.2 加固用混凝土**

**3.2.1** 后浇混凝土的强度等级比原柱混凝土至少提高一级，且不低于C40，不仅是为了保证加固后新旧混凝土之间能有足够的界面粘结强度，还因为原柱和外套钢管之间的间隙比较狭小，浇筑空间有限，施工条件远不及全构件新浇的混凝土。调查和试验结果表明，在小空间模板内浇筑的混凝土均匀性较差，其现场取芯确定的混凝土强度可能要比正常浇筑的混凝土低10%以上，故有必要适当提高其强度等级；但当混凝土强度等级达到C80以上时，根据相关试验数据表明，尽管有外套钢管的有效约束，钢管混凝土结构延性表现较差。因此，当设计采用C80以上的后浇混凝土时，应有可靠依据。

**3.2.2** 后浇混凝土的填充间隙一般较小，为保证后浇混凝土的浇筑密实性，后浇混凝土应采用流动性良好、骨料粒径低于25mm的自密实混凝土。同时，应使后浇自密实混凝土具有微膨胀的性能，已抵消后浇混凝土在硬化过程中产生的收缩而引起的界面粘结问题。

**3.2.3** 随着混凝土材料制备工艺的不断发展，所配制的纤维混凝土、超高性能混凝土、高延性混凝土等材料在具备良好流动性的同时，会兼具更高的强度、韧性、抗裂性等性能。这对进一步降低加固柱截面尺寸、提高加固柱承载能力和延性等具有良好的促进作用。因此，在有详实的试验数据、专门的研究和论证情况下，可以使用这些材料作为后浇混凝土。

**4 设计方法**

**4.1 一般规定**

**4.1.1~4.1.2** 外套钢管混凝土增大截面加固柱的设计使用年限，应与加固后的使用状态及其维护制度相联系，尤其是对于外套钢管的防火、防锈等防护措施是否充分，否则是无法确定的。因此，本规范给出的是在正常使用与定期维护条件下加固柱的设计使用年限，至于其他使用条件下的设计使用年限，应由专门技术规程作出规定。

外套钢管混凝土增大截面加固柱的加固设计，系以委托方提供的结构用途、使用条件和使用环境为依据进行的。倘若加固后任意改变其用途、使用条件或使用环境，将显著影响外套钢管混凝土增大截面加固柱的安全性及耐久性。因此，改变前必须经技术鉴定或设计许可，否则可能导致严重后果。

基于以上考虑，参考现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367制定本条。

**4.1.3** 采取措施卸载主要是为了减少二次受力的影响，从而可以收到较好的加固效果。

**4.1.4** 对于相关计算时的取值问题，这里仅指出一点：其中的部分计算参数已在该结构加固前的可靠性鉴定中通过实测或验算予以确定。因此，在进行结构加固设计时，宜尽可能采用检测结果推定的标准值，这样不仅可以节约时间和费用，而且也便于分清责任。

**4.1.5** 对抗震设防区的混凝土柱进行加固时，被加固柱承载力和刚度会被显著提高，但这未必对抗震有利。因为钢筋混凝土柱的局部加强或刚度突变，可能会形成新的薄弱部位，或导致地震作用效应的增大，故必须在进行承载力加固的同时，复核加固柱的抗震性能，并分析加固柱对结构中其他构件可能产生的不利影响。

**4.2 轴心受压构件加固**

**4.2.2** 鉴于外套钢管混凝土增大截面加固混凝土柱的力学性与普通钢管混凝土柱有一定相似之处。因此，本规范中加固柱的承载力设计公式形式与现行国家标准《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936中的统一设计公式相协调：

 （1）

 （2）

但不同的是加固柱中存在钢筋，而外套钢管仅会对核心混凝土提供有效套箍约束作用，对于原钢筋混凝土柱中钢筋的承载力几乎无影响，因此本规范在公式（1）的基础上，考虑了原柱钢筋对于承载力的贡献，但未考虑加固对钢筋的影响。在实际使用时，如发现原柱钢筋锈蚀破坏较为严重，且无法直接取样量测锈蚀钢筋的强度，可不考虑其对承载力的贡献。

公式（4.2.2-7）中采用等效混凝土抗压强度*f*cw来均一化表征不同强度的新旧混凝土，并以此计算外套钢管对核心混凝土的套箍约束作用，这能够简化计算过程，并与普通钢管混凝土柱的计算公式相协调。但是这样均一化的考虑，忽略了新旧混凝土强度不同引起的加固柱截面应力梯度等问题。因此，利用国内外已有的试验研究结果对公式（4.2.2-3）中外套钢管形状对套箍效应的影响系数（**和**）进行了修正。修正后的公式能够相对准确的计算加固柱的轴压承载力，且计算值整体偏于安全。公式计算值（*N*u）和试验值（*N*e）的对比结果如图1所示，二者比值的均值为0.868，标准差为0.073。修正前后的**和**对比见表1。

修正后的公式在当新旧混凝土强度相同，且原柱钢筋截面面积取为0时，可退化为普通钢管混凝土柱的承载力计算公式（1）。

**表1 外套钢管截面形状对套箍效应的影响系数修正对比**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 对比 | 外套钢管截面形式 |  |  |
| GB 50936 | 圆形 |  |  |
| 矩形 |  |  |
| 本规范 | 圆形 |  |  |
| 矩形 |  |  |



**图1 加固柱轴心受压承载力计算值与试验值对比示意图**

**4.3 压弯构件加固**

**4.3.1~4.3.4** 通过对外套钢管增大截面加固混凝土柱进行大量的数值计算分析，得到了轴力、弯矩（*N*、*M*）共同作用下的*N*/*N*u-*M*/*M*u相关曲线，如图2所示。该曲线与普通钢管混凝土柱类似，参考现行国家标准《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936、《矩形钢管混凝土结构技术规程》CECS 159和已有相关研究结果中的计算方法，可将加固柱*N*/*N*u-*M*/*M*u相关曲线简化成一段直线与一段抛物线的组合。公式中的*M*u代表外套钢管混凝土增大截面加固柱的受弯承载力。由于加固柱中，钢筋截面面积占比很小，且可能存在锈蚀退化问题，因此在计算加固柱的*M*u时未考虑钢筋的影响，依然等效于普通钢管混凝土柱来考虑，按照公式（4.3.2-1）计算；在加固柱的*N*/*N*u-*M*/*M*u关系曲线上存在一个受压和受拉破坏界限平衡点(*ζ*0, 2*φ*3*η*0)，据此可导出压弯荷载共同作用下的承载力验算公式(4.3.3-1)~(4.3.3-2)。同样，考虑到加固柱与普通混凝土柱的不同之处，在将公式计算值与国内外已有的试验值进行对比之后，对公式中的系数（*ζ*0 和*η*0）进行修正，修正后的公式计算值与试验值对比如图3所示，二者比值的平均值为0.842，均方差为0.078，计算结果偏于安全。修正前后的*ζ*0 和*η*0对比见表2。

|  |
| --- |
|   |
| **图2 加固柱的*N*/*N*u-*M*/*M*u关系曲线** |



**图3 加固柱偏心受压承载力计算值与试验值对比示意图**

**表2 修正前后的*ζ*0 和*η*0值对比**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 对比 | 外套钢管截面形式 | ***ζ*0** | ***η*0** |
| 国家现行标准及相关研究 | 圆形 |  |  |
| 矩形 |   |  |
| 本规范 | 圆形 |  |  |
| 矩形 |   |  |

**4.4 构造规定**

**4.4.1** 对外套钢管与原柱的最小净距要求是为了保证后浇混凝土能够密实地填充在二者的间隙中，保证浇筑质量而制定的。

**4.4.2** 本条文是为了保证钢管焊接施工质量和钢管局部稳定的要求，是基于大量外套钢管混凝土增大截面加固柱和普通钢管混凝土柱试验数据和相关研究结果得出的。

**4.4.3** 外套钢管混凝土增大截面加固混凝土柱的套箍系数与含钢率及材料强度有直接关系，是决定加固柱延性、承载力及经济性的重要指标。本条给出了一般外套钢管混凝土增大截面加固混凝土柱套箍系数的合理取值范围。

**4.4.5** 锚杆的锚固长度和直径可按照现行国家标准《扩孔自锁锚固技术规程》CECS 813的第6.2条规定计算。

**5 施工与安全**

**5.1 一般规定**

**5.1.1** 外套钢管混凝土增大截面加固法主要是针对钢筋混凝土柱的加固，最终形成的加固柱力学性能与钢管混凝土组合结构相似，故其加固施工除应遵守本规程，还应遵守现行相关的国家标准和行业标准。

**5.1.2** 外套钢管增大截面加固法可广泛应用于各种圆形和矩形截面的钢筋混凝土柱加固。所以，应根据不同工程特点，结合制作厂的条件编制制作工艺。制作工艺应包括：制作所依据的标准，制作厂的质量保证体系，成品的质量保证体系和为保证成品达到规定的要求而制定的措施。工艺中还应包括：生产场地的布置，采用的加工、焊接设备和工艺设备及检测设备，现场焊接方法、工艺参数和施焊顺序等。

**5.2 施 工**

**5.2.1** 本节条文是根据现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB 50755、《钢结构焊接规范》GB 50661、《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936、《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》GB 8923和《矩形钢管混凝土结构技术规程》CECS 159的相关规定制定。

**3** 现场焊接拼接时，应对施焊工艺进行控制，以尽可能减少焊接残余应力和残余变形；

**6** 防腐涂装应完整覆盖钢管焊缝，涂层干漆膜的厚度应从焊缝的最外侧开始计算。

**5.2.2**

**1** 钢管内后浇混凝土的浇筑工作，应在钢管焊接安装完毕并验收合格后进行，这是考虑到如先行浇筑后浇混凝土会使结构调整发生困难，甚至无法调整。

**2** 外套钢管混凝土增大截面加固钢筋混凝土柱的特点之一是不大幅度增加加固横截面面积。因此，外套钢管与原柱空隙间距较小，浇筑施工空间有限。为保证后浇混凝土的浇筑密实性，后浇混凝土应采用流动性良好、骨料粒径小的自密实混凝土。同时，采用自密实混凝土可以避免振捣困难等施工问题。

**4** 泵送顶升浇筑方法是目前国内钢管混凝土工程施工中较为成熟的方法。浇筑时，由混凝土泵车将自密实混凝土连续不断地自下而上挤压入空隙内，相比于其他浇筑方法，后浇混凝土更容易在外套钢管与原柱之间填充密实。

**6 检验与验收**

**6.1 检验**

**6.1.7** 由于外套钢管内后浇混凝土的施工具有较强的复杂性和隐蔽性，不同的施工环境气候、浇筑工艺、混凝土配制与输送等，均会导致成柱过程中离析、断裂、缩颈、空洞等柱身缺陷的出现。为避免工程事故和遗留隐患，目前一般采用敲击法通过听声音来判断钢管内混凝土的密实度。对一些重要构件和部位则可采用超声波来检测。由于超声波的声速、振幅、波形等超声参数与管内混凝土的密实度、均匀性和局部缺陷密切相关，因而可应用超声波来检测管内混凝土的质量。

**6.1.8** 外套钢管表面的防火、防腐涂装应根据使用环境和工程要求确定其材料及工艺，工艺的编排应根据防护设计要求确定。