

**CECS‒XXX‒2024**

中国工程建设标准化协会标准

既有工程结构稳定性加固技术规程

Technical standard for stability strengthening of existing engineering structures

（征求意见稿）

**2024 北京**

中国工程建设标准化协会标准

既有工程结构稳定性加固技术规程

Technical standard for stability strengthening of existing engineering structures

**T/CECS xxx-20xx**

主编单位： 中国建筑科学研究院有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：20xx年x月x日

**2024 北 京**

**前 言**

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2020年第二批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字[2020] 23号）的要求，编制组经系统调研，开展系统的理论研究与试验研究，认真总结工程实践经验，参考国内外相关标准和规范，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分7章，主要内容包括：总则、术语和符号、基本规定、稳定性加固分析、稳定性加固方法、灾后结构临时稳定性加固、加固施工及验收。

本规程由中国工程建设标准化协会抗震专业委员会归口管理，由中国建筑科学研究院有限公司解释。在执行本规程过程中，如有意见和建议，请寄送解释单位（地址：北京市朝阳区北三环东路30号C座1305室；邮编：100013）。

主编单位：中国建筑科学研究院有限公司

参编单位：

主要起草人：

主要审查人：

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..........................................................................................................................（5）

3.1 一般规定..................................................................................................................（5）

3.2 设计原则..................................................................................................................（5）

3.3 加固方法及配合使用技术……..............................................................................（6）

3.4 加固构件承载力设计……......................................................................................（7）

4 稳定性加固分析.............................................................................................................（9）

4.1 一般规定..................................................................................................................（9）

4.2 非线性有限元分析法..............................................................................................（9）

5 稳定性加固方法...........................................................................................................（12）

5.1 预应力索撑及套管集成加固法............................................................................（12）

5.2 钢筋混凝土柱套管加固法....................................................................................（13）

5.3 壁柱加固法............................................................................................................（20）

6 灾后结构临时稳定性加固.........................................................................................（23）

6.1 面向救援需求的临时稳定性加固........................................................................（23）

6.2 面向紧急安置需求的临时稳定性加固................................................................（24）

7 加固施工及验收...........................................................................................................（27）

7.1 施工........................................................................................................................（27）

7.2 验收........................................................................................................................（29）

用词说明...............................................................................................................................（32）

引用标准名录......................................................................................................................（33）

附：条文说明......................................................................................................................（35）

Contents

1 General provisions...................................................................................................... （1）

2 Terms and symbols........................................................................................................... （2）

2.1 Terms......................................................................................................................... （2）

2.2 Symbols..................................................................................................................... （2）

3 Basic requirements........................................................................................................... （5）

3.1 General requirements................................................................................................ （5）

3.2 Design principle........................................................................................................ （5）

3.3 Strengthening method and techniques...................................................................... （6）

3.4 Design of bearing capacity for reinforced components............................................ （7）

4 Stability strengthening analysis..................................................................................... （9）

4.1 General requirements............................................................................................... （9）

4.2 Nonlinear finite element analysis method................................................................ （9）

5 Stability strengthening method................................................................................... （12）

5.1 Prestress cable brace and outer sleeve integrated strengthening method............... （12）

5.2 Reinforced concrete column casing strengthening method.................................... （13）

5.3 Pilaster strengthening method................................................................................. （20）

6 Temporary stability strengthening for post-disaster structures............................. （23）

6.1 Temporary stability strengthening for rescue needs................................................ （23）

6.2 Temporary strengthening for emergency resettlement needs.................................. （24）

7 Strengthening construction and acceptance.............................................................. （27）

7.1 Construction............................................................................................................ （27）

7.2 Acceptance.............................................................................................................. （29）

Explanation of wording.................................................................................................... （32）

List of quoted standards................................................................................................... （33）

Addition: Explanation of provisions.............................................................................. （35）

# 1 总 则

**1.0.1** 为了在既有建筑结构构件稳定性加固的设计、施工和验收中贯彻执行国家的技术经济政策，做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量、保护环境，制定本规程。

**1.0.2** 本规程适用于既有建筑结构因勘察、设计、施工或使用不当；增加荷载、纠倾、移位、改建、古建筑保护；遭受邻近新建建筑、深基坑开挖、新建地下工程或自然灾害的影响等需对既有建筑结构构件进行稳定性加固的工程。

**1.0.3** 既有建筑结构构件稳定性加固设计、施工和验收除应执行本规程外，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** 稳定性加固

正常和偶然工况下，通过提高既有建筑结构构件稳定承载能力，避免其在作用下丧失稳定性的加固。

**2.1.2** 预应力索撑及套管集成加固法

将预应力索、撑及套管装置集成组件安装在待加固空间结构内部，形成共同受力体系的稳定性加固方法。

**2.1.3** 钢筋混凝土柱套管加固法

在钢筋混凝土柱外套两片半弧形或 [ 形钢，现场焊接成套管，套管与钢筋混凝土柱之间采用流动性良好的混凝土或灌浆料填充，使套管与钢筋混凝土柱形成组合受力的稳定性加固方法。

**2.1.4** 壁柱加固法

在砌体墙垛（柱）侧面增设钢筋混凝土柱，形成组合构件的稳定性加固方法。

## 2.2 符 号

**2.2.1** 作用效应

——第层第柱的侧向刚度；

——构件加固前的弯矩；

——加固柱的受弯承载力；

——加固柱的轴心压力设计值；

——构件加固前的轴心力；

——加固柱的轴心受压承载力；

——加固柱的欧拉临界力；

——第层第柱承担的地震剪力设计值；

——第层的层间地震剪力设计值；

——第层所有抗震墙现有受剪承载力之和；

**2.2.2** 计算指标

——弹性模量；

——混凝土材料的弹性模量；

——套管的弹性模量；

——加固柱的组合弹性模量；

、——钢筋混凝土柱的混凝土、后浇灌浆料的轴心抗压强度设计值；

——钢筋的屈服强度代表值；

——套管的抗压强度设计值；

——不考虑钢筋混凝土柱纵向受力钢筋影响的加固柱抗压强度设计值；

——加固柱的混凝土等效抗压强度设计值；

——混凝土单轴抗压强度代表值；

——混凝土单轴抗拉强度代表值；

——钢筋混凝土柱纵向受力钢筋的抗压强度设计值；

—— 套管的抗压强度标准值；

—— 加固柱的正则长细比；

—— 加固柱的长细比；

——混凝土峰值压应变；

——混凝土峰值拉应变；

——钢筋屈服应变；

——钢筋应变；

——钢筋应力。

**2.2.3** 几何参数

——加固柱的套箍指标；

——加固柱的套箍系数；

——加固柱的轴心受压稳定系数；

——附加挠度影响系数；

、——套管截面形状对套箍效应的影响系数；

——套管的截面面积；

——钢筋混凝土柱的纵向受力钢筋的截面面积；

、——钢筋混凝土柱的混凝土、后浇灌浆料的截面面积；

——套管圆形截面的外径；

——加固柱的弯曲截面模量；

、—— 套管矩形截面的短边长度、长边长度；

、——混凝土受压、拉损伤演化参数；

——为单元特征长度；

——为材料波速。

**2.2.4** 计算系数及其他

、——加固柱受拉、受压破坏的界限系数；

——加固柱的等效弯矩系数；

——加固柱的组合弹性模量换算系数；

——加固柱在弯矩作用下的截面塑性发展系数。

# 3 基 本 规 定

## 3.1 一 般 规 定

**3.1.1** 既有建筑结构构件经鉴定确认需要稳定性加固，或有提高结构构件稳定性的需求时，可根据鉴定结论并结合委托方提出的要求，按本规程的稳定性加固方法进行构件的加固设计、施工和验收。

**3.1.2** 既有建筑结构稳定性加固后的安全等级，应根据结构破坏后果的严重性、结构的重要性和加固设计工作年限，由委托方与设计方按实际情况共同商定。

**3.1.3** 既有建筑结构稳定性加固的设计工作年限，应按现行国家相关标准的规定确定。

**3.1.4** 本规程第4章规定的计算分析方法仅适用于按本规程第5章进行的既有建筑结构稳定性加固；本规程第6章灾后结构的临时稳定性加固，可仅进行概念设计和构造处理。

**3.1.5** 既有建筑结构稳定性加固的施工，应采取有效措施，保证新增构件及部件与既有建筑结构连接可靠，新增截面与既有截面结合牢固，形成整体共同工作；并避免对未加固部分，以及相关的结构、构件和地基基础造成不利的影响。

**3.1.6** 既有建筑结构构件稳定性加固工程的施工及质量验收除应符合本规程外，尚应符合现行国家有关标准的规定。

## 3.2 设 计 原 则

**3.2.1** 既有建筑结构的作用，应经调查或检测核实；当此项工作已在可靠性鉴定中完成时，宜加以引用；并应根据现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367、《钢结构加固设计标准》GB 51367、《砌体结构加固设计规范》GB 50702等的规定确定作用的标准值或代表值。

**3.2.2** 作用效应组合和组合值系数以及作用的分项系数，应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009和《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068确定。

**3.2.3** 稳定性加固用混凝土、钢筋和钢材等的性能和质量，除应符合本规程的有关规定外，尚应按现行国家标准《工程结构加固材料安全性鉴定技术规范》GB 50728的规定执行。

**3.2.4** 原结构和新增结构材料性能和尺寸取值，应按现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367，《钢结构加固设计标准》GB 51367和《砌体结构加固设计规范》GB 50702的有关规定确定。当原结构材料性能有明显退化时，应考虑腐蚀、碳化等耐久性影响对材料性能进行适当折减；当材料受抽样检测的条件限制时，宜考虑材性不确定性引起的折减。

**3.2.5** 既有建筑结构的内力和位移计算采用一阶弹性分析和仅考虑效应的二阶弹性分析时，应按本规程有关规定进行构件、连接和节点设计。

**3.2.6** 对于形式和受力复杂的既有钢结构，当采用一阶弹性分析方法进行分析与设计时，应按结构弹性稳定理论确定构件的计算长度系数。当采用仅考虑效应的二阶弹性分析方法计算轴心受压构件稳定承载力时，计算长度系数*μ*可取1.0或其他认可的值。

**3.2.7** 结构、构件承载力验算时，应计入实际荷载偏心、结构变形、温度作用等造成的附加内力；并应考虑加固后的实际受力程度、新增部分的应变滞后和新旧部分协同工作程度等对构件承载力的影响。

**3.2.8** 本规程的各种稳定性加固方法可用于既有建筑结构的抗震加固，其地震作用效应、截面的抗震验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、《建筑抗震鉴定标准》GB 50023和行业标准《建筑抗震加固技术规程》JGJ 116的有关规定。

**3.2.9** 抗震设防区既有建筑结构构件稳定性加固，除应满足承载力要求外，尚应复核其抗震能力；不应存在因局部加强或刚度突变而形成的新薄弱部位。

**3.2.10** 加固后改变传力路线或使结构质量增大时，应对相关结构、构件及建筑物地基基础进行验算。

## 3.3 加固方法及配合使用技术

**3.3.1** 当既有空间钢结构构件稳定性不符合鉴定要求时，可采用预应力索撑及套管集成加固法加固。

**3.3.2** 既有多高层钢筋混凝土结构构件稳定性不符合鉴定要求时，可采用钢筋混凝土柱套管加固法加固。

**3.3.3** 既有砌体结构构件稳定性不符合鉴定要求时，可采用壁柱加固法加固。

## 3.4 加固构件承载力设计

**3.4.1 对**持久设计状况、短暂设计状况和地震设计状况，当用内力的形式表示时，稳定性加固后既有建筑结构构件应采用下列承载能力极限状态设计表达式：

  （3.4.1）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中： |  | —— | 结构重要性系数，对安全等级为一级的结构构件不应小于1.1，对安全等级为二级的结构构件不应小于1.0； |
|  |  | —— | 作用组合的效应设计值，应符合本规程3.2.1条、3.2.2条和3.2.8条的规定; |
|  |  | —— | 既有建筑结构构件稳定性加固后承载力设计值; |
|  |  | —— | 稳定性加固承载力调整系数，静力设计取1.0，抗震设计应采用代替，除另有规定外，应按本规程3.4.2条采用。 |

**3.4.2** 抗震稳定性加固设计时，承载力调整系数应根据原有构件按表3.4.2采用，对于后续使用年限少于50年的现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB 50023中规定的A类建筑，钢筋混凝土构件应按表3.4.2抗震加固的承载力调整系数的0.85倍采用。当仅考虑竖向地震作用组合时，各类结构构件的承载力抗震调整系数均应取为1.0。

表3.4.2 抗震加固的承载力调整系数

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 材料 | 结构构件 | 受力状态 |  |
| 钢 | 柱，梁，支撑，节点板件，螺栓，焊缝柱，支撑 | 强度稳定 | 0.750.80 |
| 砌体 | 两端均有构造柱、芯柱的抗震墙其他抗震墙 | 受剪受剪 | 0.91.0 |
| 混凝土 | 轴压比小于0.15的柱轴压比不小于0.15的柱 | 偏压偏压 | 0.750.80 |

# 4 稳定性加固分析

## 4.1 一 般 规 定

**4.1.1** 当仅进行局部构件加固，不改变结构形式和使用功能时，结构分析按原有结构设计规范的有关规定进行。

**4.1.2** 当加固构件对结构内力分布产生较大影响时，可根据结构的材料性能、受力特征等情况按本规程规定采用线性或非线性分析方法计算承载能力极限状态和正常使用极限状态的作用效应，并应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010、《钢结构设计标准》GB 50017和《建筑抗震设计规范》GB/T 50011的有关规定。

**4.1.3** 既有建筑结构进行弹性计算时，当重力二阶效应影响较大时，应考虑其对水平力作用下结构内力和位移的不利影响，可采用下列简化分析方法：

**1** 既有钢结构可按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017的二阶P-Δ弹性分析方法计算，并应计入结构整体初始几何缺陷的影响；

**2** 既有混凝土结构可按现行国家标准《混凝土结构设计标准》的简化二阶P-Δ方法计算。

**4.1.4** 对超静定结构尚应考虑因构件截面改变、构件刚度改变致使体系内力重分布的影响，并应采用合理的计算分析方法。

**4.1.5** 当非线性状态对计算结果影响较大时，宜采用本规程4.2节的非线性有限元分析方法。

## 4.2 非线性有限元分析法

**4.2.1** 稳定性加固结构分析时，计算模型的结构布置、材料特性、单元类型、几何尺寸、节点构造、边界条件和荷载作用等均应与实际情况相符；并应根据加固目标预设加固部分。

**4.2.2** 混凝土材料单轴本构模型可采用弹塑性损伤模型。钢筋混凝土柱套管中的混凝土部分，宜采用约束混凝土本构模型。

**4.2.3** 钢筋、钢材本构模型可采用双折线弹塑性模型。预应力筋应采用符合实际非线性性能的弹塑性模型，并考虑预应力张拉的影响。

**4.2.4** 为保证计算精度，混凝土部件宜采用八节点线性六面体单元，钢筋宜采用两节点线性位移杆单元。

**4.2.5** 加固部分与原构件的连接等部位宜进行精细非线性分析，且宜采用三维单元模型。当施工安装阶段与使用阶段支承情况不一致时，应根据实际情况设定不同阶段的支承条件。

**4.2.6** 梁、柱和支撑等杆系构件可采用纤维截面模型、塑性区非线性弹簧模型或塑性铰模型，并应符合下列规定：

**1** 采用纤维截面模型时，应沿构件长度方向进行单元细分，细分数量不少于4个；

**2** 采用塑性铰模型时，塑性铰参数应有充分依据或经试验验证；

**3** 当杆系构件的非线性发展不集中在杆件端部时，不应采用塑性区非线性弹簧模型或塑性铰模型；

**4** 当构件可能产生剪切破坏时，应计入剪切非线性影响或采用二维、三维单元模型。

**4.2.7** 剪力墙构件宜采用非线性壳单元，简单受力模式下也可采用多连杆纤维模型，网格尺寸和平面外计算分层数量应能反映剪力墙可能得损伤破坏状态。

**4.2.8** 受力复杂、变形较大的转换层或加强层楼板，或存在明显薄弱部位的楼板宜采用非线性壳单元；一般楼层的楼板可采用弹性壳单元。单元网格尺寸不宜大于1 m，规则楼板可适当放大网格尺寸。

**4.2.9** 空间网格结构的非线性分析，宜采用结构整体模型，并应正确模拟上、下部结构之间的连接关系。结构整体非线性分析模型中应体现构件偏心的实际情况。

**4.2.10** 非线性有限元分析中关于接触问题的规定如下：

**1** 接触界面可以根据离散方式分为点-点、点-面、面-面接触，宜采用点-面接触方式；

**2** 对于常用的显式动力学分析时，对可能发生碰撞接触的接触对宜采用运动接触方法和罚接触方法。

**4.2.11** 相互作用及分析步设定宜符合下列规定：

**1** 部件之间的约束方式设定宜将梁和柱中的纵筋及箍筋分别进行合并。混凝土与钢筋宜采用内置区域的约束方式；

**2** 接触相互作用的设定宜采用表面与表面的相互作用方式，宜选择网格比较大或刚度较大的面为主表面。如图4.2.11所示：



**图 4.2.11** **接触对示意图**

**3** 求解方法的选择宜采用显式算法进行求解。

**4.2.12** 既有建筑结构稳定性加固非线性分析法宜使用显式算法计算，显示算法的基本方程可采用下式：

 (4.2.12-1)

 (4.2.12-2)

 (4.2.12-3)

式中：——t时刻节点位移；

——t时刻节点速度；

——t时刻节点加速度。

# 5 稳定性加固方法

## 5.1 预应力索撑及套管集成加固法

**5.1.1** 预应力索撑及套管集成加固法适用于桁架及网架等既有空间钢结构构件稳定性加固。

**5.1.2** 套管与原钢构件所承担的外力，当采用焊接连接时，应按各自截面刚度比例进行分配。

**5.1.3** 套管表面应进行防锈、防腐蚀和防火处理。

**5.1.4** 采用预应力索撑及套管集成加固法加固既有空间钢结构构件时，可采用接触式连接进行加固。

**5.1.5** 设计支承结构时，宜采用有预加力的方案。预加力的大小，应以支点处被支顶构件表面不出现过大的附加变形为度。

**5.1.6** 制作支承结构的材料应根据被加固结构所处的环境及使用要求确定。当在高湿度或高温环境中使用钢构件及其连接时，应采用有效的防锈、隔热措施。

**5.1.7** 采用预应力索撑及套管集成加固法加固既有建筑结构时，其结构计算应按下列步骤进行：

**1** 计算并绘制既有空间钢结构的内力图；

**2** 初步确定预加力（卸荷值），并绘制在支承点预加力作用下既有空间钢结构的内力图；

**3** 绘制加固后既有空间钢结构在新增荷载作用下的内力图；

**4** 将上述内力图叠加，绘出既有空间钢结构各截面内力包络图；

**5** 计算既有空间钢结构各截面实际承载力；

**6** 调整预加力值，使梁各截面最大内力值小于截面实际承载力；

**7** 根据最大的支点反力，设计支承结构及其基础。

**5.1.8** 采用预应力索撑及套管集成加固法加固连接时，宜采用抱箍连接，抱箍耳板与耳板连接可采用焊接或高强螺栓拧紧（图5.1.8）。



**(a)抱箍连接平面图 (b)1-1剖面图 (c)2-2剖面图**

**图 5.1.8 预应力索撑及套管集成加固法典型节点连接图**

## 5.2 钢筋混凝土柱套管加固法

**5.2.1** 套管宜采用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》GB 50017的有关规定。

**5.2.2** 在抗震设计中，采用钢筋混凝土柱套管加固法加固既有建筑时，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。

**5.2.3** 采用钢筋混凝土柱套管加固法加固既有建筑时，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，焊丝和焊剂应与被焊钢管力学性能相适；

**2** 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。

**5.2.4** 采用钢筋混凝土柱套管加固法加固既有建筑时，加固柱用的后浇灌浆料，其强度等级应比钢筋混凝土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《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB 50448的规定：当采用C80以上的高强灌浆料时，应有可靠的依据。

**5.2.5** 套管表面的防腐蚀、防锈采用的涂装材料以及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的有关规定。

**5.2.6** 套管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。

**5.2.7** 采用钢筋混凝土柱套管加固法加固时，宜采取措施卸除或大部分卸除作用在既有建筑结构上的活荷载。并且保证套管与任何支撑物之间留出50 mm的间隔，以保证套管不承受压力。

**5.2.8** 钢筋混凝土柱中的混凝土和钢筋的强度标准值应按下列取值：

**1** 当原设计文件有效，且不怀疑钢筋混凝土柱有严重的性能退化时，可采用原设计的标准值；

**2** 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；

**3** 当钢筋混凝土柱中的混凝土强度等级的检测受实际条件限制而无法取芯时，宜采用回弹法检测，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，且仅可用于钢筋混凝土柱的加固设计。

**5.2.9** 抗震设防区钢筋混凝土柱的加固，应符合下列规定：

**1** 加固柱除应满足承载力要求外，尚应满足抗震要求；

**2** 应分析加固柱对既有结构中的其他构件产生的不利影响；

**3** 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和《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002的有关规定。

**5.2.10** 套管加固柱的轴心受压承载力应满足下式要求：

  (5.2.10-1)

 (5.2.10-2)

 (5.2.10-3)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中： |  | —— | 加固柱的轴心压力设计值； |
|  |  | —— | 加固柱的轴心受压稳定系数； |
|  |  | —— | 加固柱的轴心受压承载力； |
|  |  | —— | 加固柱的正则长细比； |
|  |  | —— | 加固柱的长细比，等于加固柱的计算长度与截面回转半径之比； |
|  |  | —— | 套管的抗压强度标准值(MPa)。 |

**5.2.11** 套管加固柱的轴心受压承载力应按下列公式计算：

**1** 当时

 (5.2.11-1)

**2** 当时

 (5.2.11-2)

  (5.2.11-3)

  (5.2.11-4)

  (5.2.11-5)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中： |  | —— | 加固柱的套箍指标； |
|  |  | —— | 加固柱的套箍系数； |
|  |  | —— | 与混凝土强度等级相关的系数，应按表5.2.11取值； |
|  |  | —— | 加固钢管的等效均匀约束系数：当为圆形钢管时，取1.0；当为方形钢管时，取0.59； |
|  |  | —— | 套管的截面面积； |
|  |  | —— | 钢筋混凝土柱纵向受力钢筋的截面面积； |
|  |  | —— | 套管的抗压强度设计值； |
|  |  | —— | 加固柱的混凝土等效抗压强度设计值； |
|  |  | —— | 钢筋混凝土柱纵向受力钢筋的抗压强度设计值； |
|  | 、 | —— | 钢筋混凝土柱的混凝土、后浇灌浆料的截面面积； |
|  | 、 | —— | 钢筋混凝土柱的混凝土、后浇灌浆料的轴心抗压强度设计值。 |

**表 5.2.11 系数**$α$

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 混凝土强度等级 | ≤C50 | C55~C80 |
| $$α$$ | 2.00 | 1.80 |

**5.2.12** 套管加固压弯柱的承载力计算应满足下列公式要求：

**1** 当时：

  (5.2.12-1)

**2** 当时：

 (5.2.12-2)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中： |  | —— | 加固柱的等效弯矩系数，按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017的有关规定取值； |
|  |  | —— | 加固柱的弯矩设计值； |
|  |  | —— | 加固柱的受弯承载力，按本规范第5.2.14条的规定执行； |
|  | 、 | —— | 加固柱-关系曲线中受拉、受压破坏的界限系数，按本规程第5.2.13条的规定执行。 |

**5.2.13** 套管加固柱-关系曲线中受拉和受压破坏界限系数的计算，应符合下列规定：

**1** 当套管截面形状为圆形时，应按下列公式计算：

  (5.2.13-1)

  (5.2.13-2)

**2** 当套管截面形状为矩形时，应按下列公式计算：

  (5.2.13-3)

  (5.2.13-4)

**5.2.14**  套管加固柱的受弯承载力应按下列公式计算：

  (5.2.14-1)

  (5.2.14-2)

  (5.2.14-3)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中： |  | —— | 加固柱在弯矩作用下的截面塑性发展系数； |
|  |  | —— | 不考虑钢筋混凝土柱纵向受力钢筋影响的加固柱抗压强度设计值(MPa)； |
|  |  | —— | 加固柱的弯曲截面模量，按本规程第5.2.15条的规定计算； |
|  | 、 | —— | 套管截面形状对套箍效应的影响系数，应按表5.2.14取值。 |

**表5.2.14 套管截面形状对套箍效应的影响系数**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 套管截面形状 |  |  |
| 圆形 | 0.133*f*a/213+0.918 | -0.240/*f*cw+0.104 |
| 矩形 | -0.087*f*a/213+0.675 | -0.276/*f*cw+0.424 |

**5.2.15**  套管加固柱的弯曲截面模量应按下列公式计算：

**1** 当套管截面形状为圆形时：

  (5.2.15-1)

**2** 当套管截面形状为矩形，加固柱绕强轴弯曲时：

  (5.2.15-2)

**3** 当套管截面形状为矩形，加固柱绕弱轴弯曲时：

  (5.2.15-3)

式中： —— 套管圆形截面的外径；

 、—— 套管矩形截面的短边长度、长边长度。

**5.2.16** 套管加固压弯柱弯矩作用平面内的稳定性验算应满足下列公式的要求：

**1** 当时：

  (5.2.16-1)

**2** 当时：

 (5.2.16-2)

  (5.2.16-3)

  (5.2.16-4)

  (5.2.16-5)

式中： —— 附加挠度影响系数，当套管截面形状为圆形时取0.4，当套管截面形状为圆形时取0.25；

 —— 加固柱的欧拉临界力；

 —— 加固柱的组合弹性模量；

 —— 加固柱的组合弹性模量换算系数；

 —— 套管的弹性模量。

**5.2.17** 套管加固压弯柱弯矩作用平面外的稳定性验算应满足下式要求：

  (5.2.17-1)

**5.2.18** 对于圆套圆、矩套矩截面，套管与原钢筋混凝土柱间的最小净距不宜小于20mm。

**5.2.19** 套管的壁厚不宜小于4 mm且不应大于20 mm；外套矩形钢管的宽厚比不应大于，外套圆形钢管的径厚比不应大于。

**5.2.20** 套管加固柱的套箍系数宜为0.5~2.0。

**5.2.21**  套管加固柱顶端与原梁连接应采取有效的锚固措施。当柱上端有梁板时，根据梁交错情况可对套管进行切割，使得套管延伸到板底，并应采用穿过楼板的钢筋或钢板条将下层的套管与上层构件连接，钢筋、钢板条应有足够的延伸长度，钢筋、钢板条的总横截面积不应小于套管的横截面积（图5.2.21）。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) 矩形套管平面图** **(b) 椭圆套管平面图**



**(c) 剖面图**

1-套管；2-后浇灌浆料；3-原钢筋混凝土柱；4-穿过楼板的钢筋或钢板条；

5-原楼板；6-原主梁；7-原次梁；8-焊缝

**图 5.2.21 套管加固柱的柱顶节点连接构造示意**

**5.2.22** 套管加固柱的柱脚可采用焊接加劲肋方式连接套管与钢制环形底板，环形底板可通过自锁锚杆固定在基础上（图5.2.22），锚杆的锚固深度和直径应符合现行协会标准《扩孔自锁锚固技术规程》T/CECS 813的有关规定。底板除满足强度要求外，尚应具有足够的面外刚度。



**(a****) 柱底节点连接构造 (b) 椭圆形截面加固柱**



**(c) 矩形截面加固柱 (d) 圆形截面加固柱**

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；6-后浇灌浆料；7-原钢筋混凝土柱

**图 5.2.22 套管加固柱的柱底节点连接构造示意**

## 5.3 壁柱加固法

**5.3.1** 增设钢筋混凝土壁柱加固内框架房屋的砖柱（墙）时，应符合下列要求：

**1**  壁柱应从底层设起，沿砖柱（墙垛）全高贯通，在楼、屋盖处应与圈梁或楼、屋盖拉结；壁柱应设基础，埋深与外墙基础不同时，不得浅于冻结深度；

**2**  壁柱的截面面积不应小于36000 mm2，内壁柱的截面宽度应大于相连内框架梁的宽度；

**3**  壁柱的纵向钢筋不应少于412；箍筋间距不应大于200 mm，在楼、屋盖标高上下各500 mm范围内，箍筋间距不应大于100 mm；内外壁柱间沿柱高度每隔600 mm，应拉通一道箍筋。

**5.3.2** 增设钢筋混凝土壁柱加固内框架房屋砖柱（墙）的设计，尚应符合下列规定：

**1**  壁柱的混凝土强度等级不应低于C20；纵向钢筋宜采用HRB400、HRB335级热轧钢筋，箍筋可采用HPB235、HRB335级热轧钢筋；

**2** 壁柱的构造尚应符合下列要求：

1) 壁柱的截面宽度不宜大于700 mm，截面高度不宜小于70 mm；内壁柱的截面，每侧比相连的梁宽处的尺寸应大于70 mm；

2) 内壁柱应有不少于50%纵向钢筋穿过楼板，其余的纵向钢筋可采用插筋相连，插筋上下端的锚固长度不应小于插筋直径的40倍；

3) 外壁柱与砖柱（墙垛）的连接，可按本规程的有关规定采用。

**3**  采用壁柱加固法加固后形成的组合砖柱（墙垛），其抗震验算应符合下列要求：

1) 横墙间距符合鉴定要求时，加固后组合砖柱承担的地震剪力可取楼层地震剪力按各抗侧力构件的有效侧向刚度分配的值；有效侧向刚度的取值，对原有框架柱和加固后的组合砖柱不折减，对A类内框架，钢筋混凝土抗震墙可取实际值的40%，对砖抗震墙可取实际值的30%；对B类内框架，钢筋混凝土抗震墙可取实际值的30%，对砖抗震墙可取实际值的20%。

2) 横墙间距超过规定值时，加固后的组合砖柱承担的地震剪力可按下式计算：  (5.3.2-1)

 (5.3.2-2)

式中：——第层第柱承担的地震剪力设计值；

——第层第柱的侧向刚度；

——第层的层间地震剪力设计值，应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011的规定确定；

——第层所有抗震墙现有受剪承载力之和；对A、B类内框架，可按现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB 50023的有关规定确定；

——楼、屋盖平面内变形影响的地震剪力增大系数：当≤1.0时，取 =1.0；

——抗震横墙间距；

——房屋宽度。

3) 加固后的组合砖柱（墙垛）可采用梁柱铰接的计算简图，并可按钢筋混凝土壁柱与砖柱（墙垛）共同工作的组合构件验算其抗震承载力。验算时，钢筋和混凝土的强度宜乘以折减系数0.85，加固后有关的体系影响系数和局部尺寸的影响系数可取1.0。

# 6 灾后结构临时稳定性加固

## 6.1 面向救援需求的临时稳定性加固

**6.1.1** 自然灾害后，应根据救援抢险阶段的目标和要求，对受灾建筑结构受损状况及场地环境进行应急检查和评估，并制定面向救援需求的临时稳定性加固应急方案。

**6.1.2** 面向救援需求的临时稳定性加固应以保障救援抢险安全为原则仅对承重结构进行加固，且应做好次生灾害应急预案。

**6.1.3** 面向救援需求的灾后建筑构件可采用下列临时稳定性加固措施进行构件支护：

**1** 呈较宽裂缝、或局域破损的楼板、梁构件，呈较宽裂缝、局域压溃或受压失稳的柱、墙构件，宜采用临时性支顶支护措施；

**2** 呈倾斜状，或底部存在压溃的墙体或柱，宜采用临时性支撑支护措施；

**3** 临时性支顶、支撑加固采用的材料宜以钢、木构件为主，不应使用砌体或素混凝土构件；

**4** 临时性支顶、支撑支护加固设置的数量和位置应根据对受灾建筑结构安全性的判定和救援需求确定。

**6.1.4** 面向救援需求的灾后建筑构件可采用下列临时稳定性加固措施进行构件补强：

**1** 使用高强度加固胶带或绑带对开裂或破损构件局域或整体加固；

**2**  使用快速硬化的填充材料（如快干混凝土或聚合物复合材料），填补构件开裂或破损部分。

**6.1.5**  当受灾建筑结构构件变形、构件间挤压时，应根据救援需求进行构件拆除或支护措施。

**6.1.6** 当受灾建筑结构构件间连接存在脱离或拉开时，可通过加固螺栓或其他防止移动或分离的装置将不稳定部分连接在一起。

**6.1.7**  临时稳定性加固措施与原结构的连接和固定构造宜便于拆卸且不影响后期恢复性加固。

**6.1.8** 在临时稳定性加固的救援通道入口和关键位置宜设置明显的标识，指示临时稳定性加固的区域和使用注意事项，确保人员能够安全、迅速通过。

## 6.2 面向紧急安置需求的临时稳定性加固

**6.2.1** 自然灾害后，应对受灾建筑结构受损状况进行应急检查和评估，并形成系统鉴定结论。应急检查和评估的程序及内容应符合现行标准的有关规定。

**6.2.2**  用于紧急安置的既有建筑结构的灾后情况应符合下列规定：

**1** 建筑场地周边应无安全危害因素；

**2** 地基基础应无明显不均匀沉降，基础应无平移、转动和变形；

**3** 结构构件宜无损伤，或个别构件轻微损伤，但不应影响主体结构安全；

**4** 非结构构件宜无损伤，或部分非承重墙体出现轻微裂缝、部分抹灰层剥落、部分吊顶等装饰局部散落，但不应影响人员生命安全。

**6.2.3**  面向紧急安置需求的临时稳定性加固应根据建筑灾后系统鉴定的结论进行，临时稳定性加固的范围应包括结构和非结构构件，并以5-8年的短期使用为目标。

**6.2.4** 极轻微损坏的既有建筑原则上不进行应急处理，可立即入住或重新启用。

**6.2.5**  当结构构件受损严重时，宜进行局部或整体构件替换，其他情况时，可采用本规程的临时稳定性加固方法。新增构件与原构件间应可靠连接，新增抗震墙、柱等竖向构件宜设置基础。

**6.2.6** 开裂钢构件板材的临时稳定性加固，可采用堵焊或加盖固定盖板的方法，且应在裂缝的两端钻止裂孔。

**6.2.7**  局部屈曲钢构件板材的临时稳定性加固，可采用加劲板或加强板，采用加强板加固前，应对屈曲部位进行矫正。

**6.2.8** 弯曲变形的钢构件宜采用冷加工法矫正，采用热加工法修复时，应采取措施保证修复时的承载力。

**6.2.9**  受压或受弯钢构件的受压翼缘受损和变形严重时，可采用增设钢筋混凝土套的方法。

**6.2.10** 钢结构梁柱节点区仅焊缝连接裂缝时，可采取补焊修复；当腹板板材屈曲时，可采取切割替换法修复；当腹板板材断裂时，可采取腹板加焊补板方法修复加固。

**6.2.11**  开裂钢筋混凝土梁、柱构件的临时稳定性加固，应符合下列规定：

**1** 框架梁、框架柱端部存在贯通裂缝时，应采用穿节点的钢构套或钢筋混凝土套方法；

**2** 框架梁、框架柱端部存在斜裂缝时，宜采用设置环形封闭箍的钢构套或钢筋混凝土套方法；短柱宜采用钢板套方法；

**3** 开裂连梁宜采用钢筋混凝土套方法。

**6.2.12** 开裂钢筋混凝土梁柱节点核心区的临时稳定性加固，宜采用扩大核心区或钢构套方法。

**6.2.13** 开裂钢筋混凝土抗震墙的临时稳定性加固，应采用钢筋混凝土板墙方法。

**6.2.14** 受损砌体填充墙的临时稳定性加固，应符合下列规定：

**1** 墙体裂缝较少且宽度较小时，可注浆修复；

**2** 墙体裂缝较多或宽度较大时，可注浆修复后，采取钢筋网水泥砂浆面层加固；

**3** 填充墙与梁柱脱开时，可在梁柱、墙间增设拉结构件等；

**4** 墙体局部酥裂或崩落时，应局部拆除重新砌筑并用钢筋网水泥砂浆面层加固。

**6.2.15** 开裂砖柱的临时稳定性加固，宜采用钢绞线-聚合物砂浆面层、现浇钢筋混凝土套或钢构套方法。

**6.2.16** 外墙转角开裂墙体的临时稳定性加固，应符合下列规定：

**1** 外墙转角处有明显裂缝歪闪时，可根据歪闪情况采用拉杆单面拉结或双面拉结修复；

 **2** 外墙转角处仅有明显裂缝时，可采用钢筋混凝土外包角方法加固。

**6.2.17** 纵横墙连接处震后脱开、出现裂缝时，可采用钢拉杆角钢或钢拉杆钢筋混凝土构造柱方法加固。

**6.2.18** 外墙转角开裂且纵横墙连接处脱开时，除应设置钢拉杆外，尚应沿建筑外墙设置圈梁构造柱或钢筋混凝土板墙方法进行加固。

**6.2.19** 平面外倾斜或墙身凹凸的墙体修复和加固方法，应符合下列规定：

**1**  墙体开裂外倾，预制板缝拉开，房屋整体性较差时，可采用加设圈梁的方法加固；

**2** 墙体凹凸变形严重，砂浆或块材的耐久性差，并有其他缺陷时，宜局部或整体拆除重砌。

**6.2.20** 损伤的非结构构件，未与主体结构拉结的隔墙、隔断以及未咬槎砌筑的隔墙宜拆除处理，当需要保留时，应修复和加固。

# 7 加固施工及验收

## 7.1 施 工

**I** 预应力索撑及套管集成加固法

**7.1.1** 预应力索撑及套管集成加固法施工过程中应采取下列措施：

**1** 检查和加设支撑应确保顶升时屋架的稳定；

**2** 顶升屋盖等结构时，全部千斤顶应同步工作；

**3** 顶起屋架后，拆柱安装托架过程中，应设置防止千斤顶回落的安全装置；

**4** 应采取措施保证顶升后临时支柱的侧向稳定。

**7.1.2**  预应力索撑及套管集成加固法对既有建筑结构加固时，使用张拉设备和仪器应事先进行计量标定，施加预应力应采用专门设备，其负荷标定值应大于施加拉力值的2倍，施加预应力的偏差不应超过设计值的5%。

**7.1.3**  预应力索撑及套管集成加固法对既有结构加固时，预应力施加的张拉顺序应符合设计规定。当设计无规定时，应根据结构特点、施工条件，由施工方制定张拉方案，并应经设计方或业主审核同意。

**7.1.4**  预应力索撑及套管集成加固法对既有结构加固时，对直线索宜采用一端张拉法对折线索宜采用两端张拉法。采用多个千斤顶同时张拉时，应同步加载。

**7.1.5** 预应力索撑及套管集成加固法对既有结构加固施工前，应制定施工过程监测与控制方案。监测手段应能反应各施工步骤中关键结构参数的数值及其变化状况。

**II** 钢筋混凝土柱套管加固法

**7.1.6** 钢筋混凝土柱套管加固法加固施工应遵循下列工序进行：

**1**  按照加固设计尺寸制作两片半弧形或 [ 型钢管；

**2**  按照加固设计方案，在原钢筋混凝土柱的表面放线定位并进行表面处理；

**3** 将两块半弧形或 [ 型钢管外套在原钢筋混凝土柱外侧，并现场焊接成外套的圆钢管或矩形钢管；

**4**  对加固柱的顶端和柱脚进行节点锚固措施处理；

**5**  在套管与原钢筋混凝土柱间浇筑灌浆料；

**6**  对套管表面进行防腐和防火处理。

**7.1.7** 套管的施工应满足下列规定：

**1** 套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** 套管表面的除锈、防火、防腐涂装施工应符合设计文件和现行国家标准《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》GB 8923、《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。

**7.1.8** 后浇灌浆料的施工应满足下列规定：

**1**  钢管内后浇灌浆料的浇筑工作，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**  钢管内后浇灌浆料浇筑施工前应根据设计要求进行灌浆料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**  在套管与原钢筋混凝土柱间隙浇筑灌浆料前，应采取措施保持管内清洁；

**4**  采用泵送顶升方法浇筑灌浆料时，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**  后浇灌浆料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20 mm，且开孔位置应避开焊缝：浇筑灌浆料应加强排气孔观察，并应确认浆体流出和浇筑密实后再封堵排气孔；

**6**  后浇灌浆料浇筑时应预留立方体试块，以用于验收时检验后浇灌浆料的强度等级。

**7.1.9**  当原钢筋混凝土柱构件为方形且采用圆形或组合圆套管加固时，应将原构件截面的棱角打磨成圆角。

**III** 壁柱加固法

**7.1.10** 在原墙体需增设扶壁柱的部位，应沿高，每隔300 mm凿去一皮砖块，形成水平槽口。砌筑扶壁柱时，槽口处的原墙体与新增扶壁柱之间，应上下错缝，内外搭砌。砖砌体接槎时，必须将接槎处的表面清理干净，浇水湿润，用干捻砂浆将灰缝填实。

**Ⅳ** 临时加固法

**7.1.11** 灾后结构临时稳定性加固时，应封锁现场，严禁无关人员进入。

**7.1.12** 在布置临时性支顶、支撑构件时，应削去或拆除难以扶持和濒临破坏的突出部位。

**7.1.13** 灾损钢结构修复和加固施工时，应符合下列规定：

**1** 施工顺序应保证结构的稳定，必要时应增设临时支撑点；

**2** 修复及补强施工时，必须先修复，然后才进行补强；

**3** 负荷状态下采用焊接施工时，应考虑焊接温度对构件承载力的影响；

**4** 加固前，应清除原有结构表面的灰尘，刮除油漆、锈迹；加固完毕后，应重新涂刷防锈防火面层。

**7.1.14** 灾损混凝土构件加固的施工过程，应遵循下列工序和原则：

**1** 先用压力注浆法修复构件的裂缝；

**2** 卸除或大部分卸除作用在构件上的活荷载；

**3** 原构件表面凿毛或打成沟槽，沟槽深度不宜小于6 mm，间距不宜大于箍筋间距或200 mm，被包的混凝土棱角应磨掉；

**4** 对原有和新增受力钢筋应进行除锈处理；应在卸荷的情况下，施焊受力钢筋，并应逐根分区段分层进行焊接；

**5** 浇筑混凝土前，原混凝土表面以新鲜水泥浆或其他界面剂进行处理；

**6** 浇筑混凝土模板设置、钢筋安置以及新混凝土的浇筑和养护，应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204的要求。

**7.1.15**  灾损砌体构件加固的施工过程，应符合现行国家标准《建筑抗震加固技术规程》JGJ 116的有关规定。

## 7.2 验 收

**7.2.1** 既有建筑结构构件稳定性加固工程的竣工验收，应在全部加固施工完毕后进行。当设有卸荷装置时，应在卸荷装置拆除以后再进行。

**7.2.2** 施工安装用原材料、半成品及配件应按照国家现行相关标准的规定进行进场验收。原材料、半成品及配件的质量标准和检验、实验方法，除应符合本规程外，尚应按现行国家有关标准执行。

**7.2.3** 既有建筑结构加固工程验收，应提供下列备查和归档文件：

**1** 委托任务书及加固过程有关协议文件；

**2** 可靠性鉴定报告及有关文件；

**3** 既有建筑结构施工图、加固设计及修改设计等有关文件；

**4** 加固所用材料、连接材料（焊接材料及紧固件）油漆等材料的质量证明书或试验报告；

**5** 焊缝外观质量检查及无损探伤报告；

**6** 设计要求的其他相关资料；

**7** 既有建筑结构加固工程的竣工验收报告。

**7.2.4** 既有建筑结构稳定性加固工程中，支承托架柱的偏移、基础沉降、屋架倾斜等不得超过现行国家有关标准的规定。

**7.2.5** 经质量检验或试验，既有建筑结构稳定性加固的质量满足本规程及现行有关规范的规定时，方能认可验收。

**7.2.6** 检验批中，凡涉及结构安全的加固材料、施工工艺、施工过程留置的试件、结构重要部位的加固施工质量等项目，均须进行现场见证取样检测或结构构件实体见证检验。任何未经见证的此类项目，其检测或检验报告，不得作为施工质量验收依据。

**7.2.7** 检验批合格质量标准应符合下列规定：

**1** 主控项目的质量经抽样检验合格；

**2** 一般项目的质量经抽样检验合格；当采用计数检验时，除本规程另有专门规定外，其抽检的合格点率应不低于80%，且不得有严重缺陷；

**3** 具有完整的施工操作依据、质量检查记录及质量证明文件。

**7.2.8** 分项工程的质量验收，应在其所含检验批均验收合格的基础上，按本规程规定的检验项目，对各检验批中每项质量验收记录及其合格证明文件进行检查。

**7.2.9** 分项工程合格质量标准应符合下列规定：

**1** 分项工程所含的各检验批，其质量均符合本规程的合格质量规定；

**2** 分项工程所含的各检验批，其质量验收记录和有关证明文件完整。

**7.2.10** 面向紧急安置需求的临时稳定性加固工程完工后，应组织专家对加固的效果进行评定。若评定结果能将应急评估所定的等级提高，并作出在次生灾害活动期间允许观察使用的结论，则可有限制地重新启用。

**7.2.11** 采用预应力索撑及套管集成加固法加固的既有建筑结构竣工验收程序和组织应符合现行国家标准《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550和《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205的有关规定。

**7.2.12** 采用钢筋混凝土柱套管加固法加固的既有建筑结构竣工验收程序和组织应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550、《钢管混凝土工程施工质量验收规范》GB 50628和《组合结构通用规范》GB 55004的有关规定。

**7.2.13**  采用壁柱加固法加固的既有建筑结构竣工验收程序和组织应符合现行国家标准《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550和《砌体结构工程施工质量验收规范》GB 50203。

# 用 词 说 明

**1** 为便于在执行本标准中相关内容时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

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用词：

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，首先应这样做的用词：

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用词，采用“可”。

**2** 本规程中指定应按其他有关标准、规范执行时的写法为“应符合……要求或规定”或“应按……执行”。

# 引用标准名录

本规程引用下列标准。其中，注日期的，仅该日期对应的版本适用本规程；不注日期的，其最新版本适用于本规程。

《钢结构设计标准》GB 50017

《混凝土结构加固设计规范》GB 50367

《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550

《钢结构加固设计标准》GB 51367

《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB 50448

《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204

《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205

《砌体结构工程施工质量验收规范》GB 50203

《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144

《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292

《砌体结构加固设计规范》GB 50702

《混凝土结构工程施工规范》GB 50666

《钢结构工程施工规范》GB 50755

《钢管混凝土工程施工质量验收规范》GB 50628

《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068

《建筑抗震设计规范》GB 50011

《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936

《钢结构焊接规范》GB 50661

《涂覆涂料前钢材表面处理表面清洁度的目视评定》GB/T 8923.1~GB/T 8923.4

《钢的化学分析用试样取样法及成品化学成分允许偏差》GB 222

《钢铁及合金化学分析方法》GB/T 223.63

《金属材料拉伸试验方法》GB/T 228.1

《金属材料弯曲试验方法》GB/T 232

《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300

《金属夏比（V型缺口）冲击试验方法》GB 2106

《钢及钢产品力学性能试验取样位置及试样制备》GB/T 2975

《建筑地震破坏等级划分标准》GB/T 24335

《金属低温夏比冲击试验方法》GB 4159

《金属拉伸试验试样》GB 6397

《钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级》GB 3323

《焊接接头机械性能试验取样方法》GB 2649

《空间网格结构技术规程》JGJ 7

《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123

《建筑抗震加固技术规程》JGJ 116

《建筑震后应急评估和修复技术规程》JGJ 415

《外套钢混凝土加固混凝土柱技术规程》T/CECS 1217

《火灾后工程结构鉴定标准》T/CECS 252

《矩形钢管混凝土结构技术规程》CECS 159

中国工程建设标准化协会标准

既有工程结构稳定性加固技术规程

**T/CECS xxx-20xx**

条 文 说 明

**制 定 说 明**

本规程制定过程中，编制组进行了广泛和深入的调查研究，总结了我国工程建设领域的既有建筑结构构件稳定性加固设计与实践经验，同时参了国外先进技术法规、技术标准，通过试验研究，取得了既有建筑结构构件稳定性加固方法的重要技术参数。

为便于广大技术和管理人员在使用本规程时能正确理解和执行条款规定，《既有工程结构稳定性加固技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条款规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项等进行了说明。本条文说明不具备与标准正文及附录同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1 总则...................................................................................................................................（38）

2 术语和符号.......................................................................................................................（39）

2.1 术语..........................................................................................................................（39）

3 基本规定..........................................................................................................................（40）

3.1 一般规定..................................................................................................................（40）

3.2 设计原则..................................................................................................................（40）

4 稳定性加固分析.............................................................................................................（42）

4.1 一般规定..................................................................................................................（42）

4.2 非线性有限元分析法..............................................................................................（42）

5 稳定性加固方法.............................................................................................................（48）

5.1 预应力索撑及套管集成加固法.............................................................................（48）

5.2 钢筋混凝土柱套管加固法.....................................................................................（48）

5.3 壁柱加固法.............................................................................................................（49）

6 灾后结构临时稳定性加固...........................................................................................（51）

6.1 面向救援需求的临时稳定性加固.........................................................................（51）

6.2 面向紧急安置需求的临时稳定性加固.................................................................（51）

7 加固施工及验收.............................................................................................................（52）

7.1 施工.........................................................................................................................（52）

7.2 验收.........................................................................................................................（53）

# 1 总 则

**1.0.1** 根据我国情况，既有建筑结构构件因各种原因需要进行稳定性加固，从建造年代来看，除少数古建筑和新中国成立前建造的建筑外，绝大多数是新中国成立以来建造的建筑，其中又以新中国成立初期至20世纪70年代末建造的建筑为主，改革开放以来建造的大量建筑中也有一小部分需要进行稳定性加固。就建筑类型而言，有工业建筑和构筑物，也有公用建筑和大量住宅建筑。因而，需要进行稳定性加固的既有建筑范围很广、数量很多、工程量很大、投资很高。因此，既有建筑结构构件稳定性加固的设计和施工必须认真贯彻国家的各项技术经济政策，做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量、保护环境。

**1.0.2** 本条规定了规程的适用范围。增加荷载包括稳定性加固改造增加的荷载以及直接增层增加的荷载；自然灾害包括地震、风灾、水灾、泥石流、海啸等。

# 2 术语和符号

## 2.1 术 语

**2.1.3**  此方法可大幅度提高原钢筋混凝土柱构件承载力、刚度及延性，适用于需特别加强的关键既有建筑构件。

# 3 基 本 规 定

## 3.1 一 般 规 定

**3.1.1** 既有建筑结构是否需要加固，应经结构可靠性鉴定确认。我国已发布的现行国家标准《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，该标准是通过实测、验算并辅以专家评估作出的可靠性鉴定的标准，因而较为客观、稳健，可以作为既有建筑结构加固设计的基本依据。另外，在抗震鉴定中，重点关注结构的规则性和结构体系等，可以查明结构体系中存在的薄弱部位或构件。本规程的加固方法适用于经可靠性鉴定或抗震鉴定的安全性加固和抗震加固。

**3.1.2**  稳定性加固的安全等级参照加固的安全等级而定，两者保持一致。

**3.1.3** 对于各类既有建筑结构加固后的设计使用年限，现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367，《钢结构加固设计标准》GB 51367和《砌体结构加固设计规范》GB 50702作出了相应的规定，本规程予以参考。

**3.1.4** GB 50068中规定，对于结构整体稳定性的设计，安全等级为三级的结构，可只进行概念设计和构造处理。

**3.1.5**  本条参考现行加固设计标准，强调了施工过程控制的重点事项。

**3.1.6**  对于稳定性加固工程的施工，尚应符合现行《混凝土结构工程施工规范》GB 50666、《钢结构工程施工规范》GB 50755标准的有关规定；稳定性加固工程的质量验收尚应符合现行《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550-2010、《混凝土结构施工质量验收规范》GB 50204、《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205、《钢管混凝土工程施工质量验收规范》GB 50628标准的有关规定。

## 3.2 设计原则

**3.2.1** 现行《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068对既有结构构件承受荷载的确定作出了相关规定。

**3.2.6**  本条对一阶和二阶弹性分析设计方法的适用条件和设计过程进行了说明。二阶弹性分析设计方法考虑了既有建筑结构在荷载作用下产生的变形、结构初始几何、节点刚度对结构和构件内力产生的影响。在计算分析过程中，可以直接建立带有初始几何缺陷的结构，也可以把初始几何缺陷的影响用等效水平荷载来代替，施加等效水平荷载时应考虑荷载的最不利组合。采用仅考虑效应的二阶弹性分析与设计方法只考虑了结构层面上的二阶效应的影响，并未涉及构件的和对内力的影响，因此这部分的影响应通过稳定系数来进行考虑，此时的构件计算长度系数应取1.0或其他认可的值。当结构无侧移影响时，如近似一端固接、一端铰接的柱子，其计算长度系数小于1.0。采用本方法进行设计时，不能采用荷载效应的组合，而应采用荷载组合进行非线性求解。本方法作为一种全过程的非线性分析方法，不允许进行荷载效应的迭加。

**3.2.8** 本规程的加固方法用于既有建筑结构抗震加固时，应在设计、计算和构造上执行现行有关标准规定。本规程给出的各加固方法计算公式，当用于抗震验算时，仅需将计算的构件承载力除以抗震承载力调整系数即可。该系数一般由现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011给出。

**3.2.9** 对抗震设防区的结构进行部分加固后，因局部加强或刚度突变，结构易形成新薄弱部位，对抗震性能不利。

**3.2.10** 本条对既有建筑结构稳定性加固验算作了详细而明确的规定。这里仅指出一点，即其中大部分计算参数已在该结构加固前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，宜尽可能加以引用，这样不仅节约时间和费用，而且在被加固结构日后万一出现问题时，也便于分清责任。

# 4 稳定性加固分析

## 4.1 一 般 规 定

**4.1.1** 当加固结构形式和使用功能不改变时，仍可按原结构的计算模型，以原结构分析方法进行加固后结构分析。

**4.1.2** 目前国内加固设计标准均采用线弹性方法计算内力和变形，但对于整体结构分析和稳定设计，结构的二阶效应造成的不利影响不能忽略，此时应采用二阶线弹性或二阶非线性分析法。

**4.1.5**  对于不规则多高层结构，复杂体系大跨度结构等在地震作用或其他偶然作用下的损伤破坏过程模拟、稳定性分析和抗倒塌分析，推荐采用非线性分析方法，在分析模型中考虑材料的弹塑性发展、内力重分布以及初始残余应力等。

## 4.2 非线性有限元分析法

**4.2.2** 弹塑性损伤模型假定混凝土材料因压缩破碎和因拉伸开裂两种破坏形式，从微观上体现在混凝土发生屈服后，材料的表现形式不同。当混凝土处于拉伸状态达到屈服后，材料表现为软化；当混凝土处于压缩状态屈服后，材料表现为先硬化后软化。从宏观上来讲，两种破坏形式所对应的屈服强度不同。其主要原因是混凝土在压缩以及拉伸的过程中刚度退化的形式不同，非线性有限元分析中采用不同的损伤因子来描述两种不同破坏形式的刚度退化，如图4.2.2.1、图4.2.2.2所示。

图 4.2.2.1 单轴拉伸行为曲线 图 4.2.2.2 单轴压缩行为曲线

混凝土在单轴压缩作用下的应力—应变关系可以用以下公式进行描述：

 (1)

   (2)

   (3)

  (4)

式中：——混凝土材料的弹性模量；

——曲线下降段的参数值；

——混凝土单轴抗压强度代表值；

——混凝土峰值压应变；

——混凝土受压损伤演化参数。

混凝土单轴拉伸应力—应变关系可用以下公式描述：

  (5)

  (6)

  (7)

  (8)

式中： ——曲线下降段参数；

——混凝土单轴抗拉强度代表值；

 ——混凝土峰值拉应变；

——混凝土受拉损伤演化参数。

混凝土弹塑性损伤模型参数定义如表4.2.2所示。

表 4.2.2 弹塑性损伤模型参数表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 膨胀角（°） | 偏心率 |  | K | 粘性系数 |
| 30 | 0.1 | 1.16 | 0.6667 | 0.0005 |

**4.2.3**  采用双折线弹弹塑性模型时，达到屈服强度后，材料进入强化阶段，如图4.2.3所示。强化阶段斜率为。钢筋密度取7850 kg/m3，泊松比取0.3。钢筋的应力—应变关系表达公式为：

  (9)

式中：——钢筋的弹性模量；

 ——钢筋应力；

——钢筋应变；

 ——钢筋的屈服强度代表值；

 ——钢筋屈服应变。



图 4.2.3 钢筋应力-应变曲线

**4.2.4**  减缩积分方案使用较少的积分点来近似刚度矩阵和形成力向量。在实践中，减缩积分通常采用一个积分点或者少量的积分点。这种方法的优势在于降低计算成本，减少数值误差，并且在一些情况下可以提高数值稳定性。

**4.2.10**  非线性有限元分析中关于接触问题的具体规定如下：

**1**  点-面接触离散方式通过限制从节点对主单元面的侵入来施加接触力。如图4.2.10所示，点-面接触模型存在三种接触状态：潜在接触、正常接触和侵入接触。侵入接触只有采用罚函数法才会发生；



**图 4.2.10 接触状态示意图**

**2** 相对于运动学接触方法，罚接触方法可以模拟一些运动学接触方法所不能模拟的接触行为。当节点的自由度除了参与接触行为外，还涉及绑定约束、嵌入元素约束等，显式分析采用罚接触方法计算接触力的思想和公式形式基本一致，在每一时间增量对从节点是否穿透主表面进行检查。当发生穿透时，则会根据穿透深度和接触刚度计算接触力，其计算公式的形式为：

 (10)

式中：——接触力；

——接触刚度；

——穿透量。

**4.2.11** 相互作用及分析步设定宜符合下列规定：

**1** 为了模拟实际工程中钢筋混凝土结构的整体性，通常有限元模型中梁、柱以及板构件采用绑定的约束作用方式。由于钢筋数量较为庞大，梁和柱中的纵筋及箍筋分别进行合并。混凝土与钢筋采用内置区域的约束方式，使钢筋骨架整体嵌入混凝土内部区域，以达到共同受力的效果；

**2** 通常接触方式采用接触对算法进行定义，采用表面与表面的相互作用方式，可以解决通用算法不适用的一些问题；

**3** 对于一些存在大规模非线性问题的模型计算，采用隐式算法会消耗更多的时间，同时可能会存在不收敛的问题。根据式(11)可知，单元特征长度越大，稳定时间步长越大；材料密度越大，稳定时间步长越大；材料的弹性模量越大，稳定时间步长越小。在对结构划分网格时，往往会出现个别单元的稳定时间步长很小，从而影响整个模型的计算时间，因此在使用显式模块求解时可以对个别单元或者结构整体定义质量缩放，从而大大提高模型的计算效率。

  (11)

式中：——时间步长，

——为单元特征长度，

——为材料波速，

计算公式为：

  (12)

式中：——弹性模量；

——材料密度。

**4.2.12** 采用非线性有限元隐式算法进行既有建筑结构计算时宜采用下列基本方程：

 (13)

 (14)

 (15)

将(14)和(15)代入(13)中，得：

 (16)

式中：

采用非线性有限元显式算法进行既有建筑结构计算时宜采用下列基本方程：

 (17)

 (18)

 (19)

将(18)和(19)代入(17)中，得：

 (20)

式中：



由(18)、(19)式得：

 (21)

显式算法的M与C矩阵是对角阵，如给定某些有限元节点以初始扰动，在经过一个时间步长后，和它相关的节点进入运动，即U中这些节点对应的分量成为非零量，此特点正好和波的传播特点相一致。另一方面，研究波传播的过程需要微小的时间步长，这也正是显式算法的特点。而隐式算法更加适合于计算低频占主导的动力问题，从计算精度考虑，允许采用较大的时间步长以节省计算时间，同时较大的时间步长还可以过滤掉高阶不精确特征值对系统响应的影响。隐式方法要转置刚度矩阵，增量迭代，通过一系列线性逼近来求解。正因为隐式算法要对刚度矩阵求逆，所以计算时要求整体刚度矩阵不能奇异，对于一些接触高度非线性问题，有时无法保证收敛。

# 5 稳定性加固方法

## 5.1 预应力索撑及套管集成加固法

**5.1.1** 预应力索撑及套管集成加固法是一种新型的加固法，适用于桁架、网架等既有空间钢结构稳定性加固。此外，还经常用于抢险工程。它具有简便、可靠和易拆卸的优点，是既有空间钢结构结构稳定性加固有效的手段。

**5.1.4** 预应力索撑及套管集成加固法的基本原理是在既有空间钢结构体系内部引入预应力钢索，通过施加张力使钢索产生预应力，进而在结构中形成预压应力，同时采用套管提高构件稳定性，最终改善结构的力学性能。

**5.1.5**  这是因为有预加力的方案，其预加力与外荷载的方向相反，可以抵消既有空间钢结构部分内力，能较大地发挥支承结构的作用。但具体设计时应以不致使既有空间钢结构出现过大的附加变形为度。

## 5.2 钢筋混凝土柱套管加固法

**5.2.1** 钢筋混凝土柱套管加固法所选用的钢材要求与普通钢管混凝土所用钢材相同，需按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017的有关规定执行。

**5.2.2** 抗震设计时，采用钢筋混凝土柱套管加固法加固既有建筑时，对钢材性能的要求是根据现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011的有关规定制定的。加固用套管及开孔封补用钢材，需要具有良好的抗拉强度、屈服强度、冲击韧性。抗拉强度决定了结构安全储备，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，伸长率不应小于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，亦需符合我国国家现行标准的规定。

**5.2.3** 本条是为了保证套管的焊接质量对所使用的焊条和焊丝等材料作出的相关规定。对于外套圆钢管，通常通过卷板机将平钢板卷制成两片半弧形钢片，在现场通过人工焊接形成；对于外套方钢管，通常通过自动或半自动焊接机将钢板焊接成两片 [ 形钢片，或通过卷板机将钢板卷制成两片 [ 形钢片，在现场通过人工焊接形成。

**5.2.4** 后浇灌浆料的强度等级比原钢筋混凝土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材料之间能有足够的界面粘结强度，还因为原钢筋混凝土柱和套管之间的间隙比较狭小。调查和试验结果表明，在小空间模板内浇筑的灌浆料均匀性较差，现场取芯确定的灌浆料强度可能要比正常浇筑的灌浆料强度低10%以上，故有必要适当提高强度等级。针对套管混凝土加固用后浇灌浆料，目前尚无专门标准，因此，后浇灌浆料性能和质量的规定参考了现行国家标准《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB 50448中对混凝土性能和质量的规定。当混凝土强度等级达到C80以上时，根据相关试验数据表明，尽管有套管的约束，但钢管混凝土结构的延性还是较差。因此，当设计采用C80以上的后浇灌浆料时，应有可靠的试验结果作依据。

**5.2.7**  采取卸载措施主要是为了保证施工的安全和减少二次受力的影响，从而可以达到较好的加固效果。

**5.2.8**  对于原钢筋混凝土柱中混凝土、钢筋强度标准值的取值，建筑物使用时间短，或使用一段时间但未出现明显的损伤，可直接采用原文件设计的标准值；对于需要检测鉴定的建筑物，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。

**5.2.9**  采用钢筋混凝土柱套管加固法加固混凝土柱时，被加固柱承载力和刚度得到显著提高，但在抗震设防区，未必对抗震都有利。因为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，复核抗震性能，并分析加固柱对既有结构中其他构件可能产生的不利影响。

## 5.3 壁柱加固法

**5.3.1、5.3.2**  这两条给出了增设混凝土壁柱的构造和计算要求。壁柱加固主要适用于纵向抗震能力不足，或者横墙间距过大需考虑楼盖平面内变形导致砌体柱（墙垛）承载力不足的加固方法。使用时注意：

**1** 壁柱与多层砖房的构造柱有所不同，其截面应严格控制，其构造应能使壁柱与砖柱（墙）形成组合构件，按组合构件进行验算；壁柱可单面或双面设置，与砖柱四周的钢筋混凝土套也有所不同；

**2**  可采用外壁柱、内壁柱或内外侧同时设置，当需要保持外立面原貌时，应采用内壁柱。壁柱需与砖柱（墙）形成组合构件，按组合构件计算刚度并进行验算；

**3** 抗震加固时，对多道抗震设防的要求稍低，故加固后砖柱（墙垛）承担的地震作用少于《建筑抗震设计规范》GB 50011的要求，墙体有效侧向刚度的取值比规范大些；此外，根据试验结果，提出了横墙间距超过规定值时，加固后砖柱（墙）受力的计算方法；

**4**  作为简化，砖柱（墙垛）用壁柱加固后按组合构件计算其抗震承载力，考虑增设的部分受力滞后，新增的混凝土和钢筋的强度需乘以0.85的折减系数。为使壁柱的加固有效，强调了以下几点：

1) 壁柱应从底层设起，沿砖柱（墙）全高贯通；

2) 壁柱应满足最小截面和最小纵筋、箍筋设置要求；

3) 壁柱应在楼、屋盖处与既有建筑结构拉结，并应有基础。

# 6 灾后结构临时稳定性加固

## 6.1 面向救援需求的临时稳定性加固

**6.1.1**  有救援需求的受灾建筑一般受灾较为严重，多存在垮塌现象。

**6.1.3**  对受损的墙体和墙面结构的支护需考虑墙体倾斜的两面性，防止墙体在次生灾害的作用下发生另一侧倒塌。

**6.1.6**  宜通过采取的一系列快速有效的临时稳定性加固措施，确保救援抢险安全，使用并保障人员的安全和疏散。临时稳定性加固的目的和作用如下：

**1**  保障在被破坏的建筑物内开展救援工作时的安全；

**2**  防止已遭破坏的、不稳定的建筑物进一步倒塌，避免危及救援人员的安全；

**3** 救援支撑是一个临时的措施，为暴露在结构坍塌危险中的救援人员提供一定程度的安全保障。

## 6.2 面向紧急安置需求的临时稳定性加固

**6.2.1**  地震灾害后应急评估的程序和内容应符合现行《建筑震后应急评估和修复技术规程》JGJ 415和《地震灾后建筑鉴定与加固技术指南》等的有关规定；火灾灾害后应急评估的程序和内容应符合《火灾后工程结构鉴定标准》T/CECS 252的初步鉴定内容。关于地震破坏的分级，根据《建筑地震破坏等级划分标准》GB/T 24335进行评定，《建筑震后应急评估和修复技术规程》JGJ 415给出了各种结构类型的各类构件破坏的判定规则。其余灾害后破坏分级和应急评估的程序及内容按照相应的标准进行实施。

**6.2.4**  轻微受损建筑即使个别部位有一些轻微的结构性修补，也不要求在现阶段进行；但对位于严重受损区的同等级建筑物，则应在重新入住前，对建筑物中可能受次生灾害影响的重要部位及疏散通道采取临时性的安全防护措施，经检验合格后，可重新入住、使用。

**6.2.10** 梁柱节点区涉及连接焊缝开裂、板材的屈曲及断裂等，应综合考虑不同破坏形式对应的修复和加固方法。

# 7 加固施工及验收

## 7.1 施 工

**I** 预应力索撑及套管集成加固法

**7.1.1** 在用预应力索撑及套管集成加固法对施工时，屋盖可能倾斜，柱子产生回弹，甚至结构有倒塌的危险，因此，必须采取可靠措施，保证屋盖顶升平稳。顶升过程中全部千斤顶必须保持同步工作，屋架顶起后用安全装置防止千斤顶回落；并应保证临时支撑、支柱的侧向稳定。

**7.1.3** 采用预应力索撑及套管集成加固法对既有空间钢结构加固，当设计无规定时，施工方可根据结构特点、施工条件，按照对称张拉的原则制定张拉方案；但应经设计方或业主技术代表审核同意，以保证施工过程安全。

**7.1.5** 加固施工过程中，施工过程监测与控制至关重要。因此，应事先制定施工过程监测方案，确定应监测的应力、位移以及应监测的位置，并在实际施工时，通过实时监测数据与理论计算值的比较，判定当前施工的结构状态是否安全，是否满足质量要求，是否达到合理控制的目的。

**II** 钢筋混凝土柱套管加固法

**7.1.6** 钢筋混凝土柱套管加固法主要是针对混凝土柱的加固，最终形成的加固柱力学性能与钢管混凝土组合结构相似，故其加固施工除需符合本规程的有关规定外，还需符合现行有关标准的规定。

**7.1.7**  本条是根据现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661、《钢结构工程施工规范》GB 50755、《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936、《涂覆涂料前钢材表面处理表面清洁度的目视评定》GB/T 8923.1~GB/T 8923.4和现行协会标准《矩形钢管混凝土结构技术规程》CECS 159的有关规定制定的。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；防腐涂装应完整覆盖套管焊缝，涂层干漆膜的厚度应从焊缝的最外侧开始计算。

**7.1.8**  由于套管与原钢筋混凝土柱间空间较小，浇筑施工空间有限为保证后浇灌浆料浇筑的密实性，后浇灌浆料需采用流动性良好的灌浆料。对于圆套矩、矩套圆截面，套管与原钢筋混凝土柱间的最小间距不满足20mm要求时，可分腔浇筑。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，由混凝土泵车将灌浆料连续不断地自下而上挤压入空隙内，相比于其他浇筑方法，后浇灌浆料更容易在套管与原钢筋混凝土柱之间填充密实。在泵送顶升压力过大，或浇筑高度过大，无法一次性完成顶升浇筑时，可采用分段分层顶升浇筑的方法。此时，应对加固柱各段浇筑入口处的套管及纵向焊缝分别进行强度验算。每段灌浆料浇筑的间歇时间不应超过灌浆料的终凝时间。

## 7.2 验 收

**7.2.1**  本条指出既有建筑结构构件稳定性加固工程竣工验收应在全部工程完成，及在拆除卸荷装置并经施工单位的质量检查部门检验合格之后进行。

**7.2.2**  对于钢结构原材料、半成品质量标准和检验、试验方法，尚应遵守以下国家有关标准的规定：《钢结构工程施工及验收规范》GB 50205；《钢的化学分析用试样取样法及成品化学成分允许偏差》GB 222；《钢铁及合金化学分析方法》GB/T 223.63；《金属材料拉伸试验方法》GB/T 228.1；《金属材料弯曲试验方法》GB/T 232；《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300；《金属夏比（V型缺口）冲击试验方法》GB 2106；《钢及钢产品力学性能试验取样位置及试样制备》GB/T 2975；《金属低温夏比冲击试验方法》GB 4159；《金属拉伸试验试样》GB 6397；《钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级》GB 3323；《焊接接头机械性能试验取样方法》GB 2649等。

**7.2.3** 对加固合格的结构及构件，施工单位应出具质量证书，并提供鉴定报告、协议书、施工图、质量检查和试验报告等必要文件，以便存档和将来查询。

**7.2.4**  既有建筑结构稳定性加固工程中，基础沉降及屋架倾斜等，均应满足《钢筋混凝土工程施工及验收规范》GB 50204、《钢结构工程施工及验收规范》GB 50205以及其他有关规范的要求。

**7.2.5**  本条指出既有建筑结构稳定性加固经质量检验或试验，满足本规程的规定时，方能认可验收。对于重要承重结构，如钢柱、屋架、大跨度梁和建筑结构安全等级较高的结构或构件，加固后，必要时可按加固设计的要求，抽样进行其质量检验和荷载试验，检验加固效果。

**7.2.6**  本条主要是针对既有建筑结构加固工程施工现场技术管理的混乱情况作出的规定：

**1** 明确必须进行现场见证检测和结构构件实体见证检验的范围；

**2** 明确未经见证抽样的此类项目，其检测或检验报告无效，以防止今后继续使用由施工单位委托取得的检验报告作为验收的依据。

**7.2.7**  本条给出了检验批质量验收合格的条件：主控项目和一般项目检验均应合格，且资料完整。但对采用计数检验的一般项目，作出了适当放宽的规定，即对合格点率的要求不是100%，而是80%，只有个别项目为90%。这与现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204及《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205的取值是一致的。若设计认为其所关注的某个项目需要以更高的合格率来保证，则应在施工图中加以注明。

**7.2.8、7.2.9** 这两条规定是根据现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300关于建筑工程质量验收原则制定的。因此，可参阅该标准有关条文的说明。