

4 荷载试验测评法

4.1 一般规定

- 4.1.1 本方法适用于一般受弯构件提高其承载力的加固效果评定。
- 4.1.2 本方法为非破损现场静载试验方法，其加载方案应符合本标准附录 A 的规定。
- 4.1.3 当采用加固前后测评项目的加固增益率进行评定时，应对原构件的受力状态及参数进行详细调查、检测，并应确定其是否适于承受荷载试验。
- 4.1.4 荷载试验过程中应采取措施保证人员安全和结构安全，且不应妨碍试验的进行。

4.2 混凝土结构构件

- 4.2.1 测评混凝土受弯构件施加的试验荷载一般应为 $(1.2G_k + 1.4Q_k)$ 。
- 4.2.2 当原构件可以安全地承受荷载试验时，应依据加固前后在试验荷载作用下测得的最大挠度值 $\omega_{0,\max}$ 和 $\omega_{1,\max}$ ，按下列规定进行评定：

- 1 加固增益率（挠度减少率） β_{de} ：

$$\beta_{de} = \left| 1 - \frac{\omega_{1,\max}}{\omega_{0,\max}} \right| \times 100\% \geq \beta_s \quad (4.2.2)$$

式中： $\omega_{0,\max}$ ——加固前在试验荷载作用下测得的最大挠度值 (mm)；
 $\omega_{1,\max}$ ——加固后在试验荷载作用下测得的最大挠度值 (mm)；
 β_s ——加固增益达标率 (%)，一般取 β_s 为 20%，当加固设计要求严于现行加固设计标准时， β_s 可取为 25%。

2 该构件加固后的最大挠度测值 $\omega_{1,\max}$ 应不大于本标准第 4.2.3 条规定的挠度 (变形) 限值。

3 对符合本条第 1、2 款规定的试验结果，可评为该构件的加固有效，其工作处于安全状态。

4.2.3 当原构件难以安全地承受荷载试验，或构件加固效果评定任务为事后委托，已无法对原构件进行试验时，应按下列规定进行评定：

1 构件加固后在试验荷载 (1.2 G_k +1.4 Q_k) 作用下测得的最大挠度 $\omega_{1,\max}$ 符合下式规定：

$$\omega_{1,\max} \leq \frac{l_0^2}{\psi_0(10\ 000h)} \quad (4.2.3-1)$$

式中： l_0 ——计算跨度 (mm)；
 h ——截面高度 (mm)；
 ψ_0 ——挠度修正系数，按表 4.2.3 的规定采用。

表 4.2.3 挠度修正系数 ψ_0 的取值

结构、构件种类		修正系数 ψ_0
现浇结构	框架梁	1.00
	多跨连续梁	0.85
	双跨连续梁	0.80
装配式结构及简支结构	吊车梁	0.75
	楼屋面主梁	0.45
	楼屋面次梁	0.30

2 构件卸载 24 h 后的最大残余挠度 $\omega_{r,max}$ 符合下式规定：

$$\omega_{r,max} \leq \omega_{l,max} / 4 \quad (4.2.3-2)$$

3 对符合本条第 1、2 款规定的试验结果，可评定为该构件的加固有效，工作处于安全状态。

4.3 钢结构构件

4.3.1 测评钢结构构件施加的荷载应为现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 规定的由可变荷载控制的基本组合。当该构件由永久荷载控制时，可取 1.3 倍永久荷载标准值作为试验荷载。

4.3.2 当原构件可以安全地承受荷载试验时，宜依据该构件加固前后测得的最大挠度值 $\omega_{0,max}$ 和 $\omega_{l,max}$ ，按下列规定进行评定：

1 加固增益率（挠度减小率） β_{de} 满足下式要求时，即

$$\beta_{de} = \left| 1 - \frac{\omega_{1,max}}{\omega_{0,max}} \right| \times 100\% \geq \beta_s \quad (4.3.2)$$

式中： β_s ——加固增益达标率（%），一般取 β_s 为25%，当加固设计要求严于现行加固设计标准时， β_s 可取为30%。

2 该构件加固后的最大挠度测值 $\omega_{1,max}$ 应不大于现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017中给出的挠度（变形）限值。

3 对符合本条第1、2款规定的试验结果，可评为该构件的加固有效，其工作处于安全状态。

4.3.3 当原构件难以安全地承受荷载试验，或构件加固效果评定任务为事后委托，已无法对原构件进行试验时，宜按下列规定进行评定：

1 构件加固后在试验荷载作用下测得的最大挠度 $\omega_{1,max}$ 应符合下列规定：

1) 对吊车梁，最大挠度符合下式规定：

$$\omega_{1,max} \leq l_0 / 850 \quad (4.3.3-1)$$

2) 对楼屋面主梁，最大挠度符合下式规定：

$$\omega_{1,max} \leq l_0 / 450 \quad (4.3.3-2)$$

3) 对次梁，最大挠度符合下式规定：

$$\omega_{1,max} \leq l_0 / 320 \quad (4.3.3-3)$$

2 构件卸载24h后的最大残余挠度 $\omega_{r,max}$ 应符合下式规定：

$$\omega_{r,max} \leq \omega_{1,max} / 5 \quad (4.3.3-4)$$

3 对符合本条第1、2款规定的试验结果，可评为该构件的加固有效，其工作处于安全状态。

5 基于计算分析的测评法

5.1 一般规定

5.1.1 本方法适用于下列场合的加固效果测评：

- 1 墙、柱类受压构件加固。
- 2 不允许做荷载试验的受弯构件加固。

5.1.2 采用本方法评定结构、构件加固效果时，应在现场对原结构和加固后的结构进行详细调查、检查和检测。

5.1.3 验算分析使用的软件，其可靠性和适用性应通过技术鉴定。

5.1.4 采用基于计算分析的测评法进行加固效果评定时，加固增益率 β_{in} 应按下式进行计算：

$$\beta_{in} = \left(\frac{R_1}{R} - 1 \right) \times 100\% \quad (5.1.4-1)$$

$$R/(\gamma_0 S) = 1.0 \quad (5.1.4-2)$$

式中： R ——满足承载力极限状态下的构件的抗力；

R_1 ——加固后构件的抗力；

S ——结构构件的作用效应；

γ_0 ——结构重要性系数。

5.1.5 采用基于计算分析的测评法进行加固效果评定时，除应计算加固增益率 β_{in} 外，尚应按下式计算加固前后承载力提高率 α_{in} ：

$$\alpha_{in} = \left(\frac{R_1}{R_0} - 1 \right) \times 100\% \quad (5.1.5)$$

式中： R_0 ——加固前构件的抗力；
 R_1 ——加固后构件的抗力。

5.2 混凝土结构构件

5.2.1 采用本方法评定混凝土结构构件的加固效果前，应对原构件的可靠性鉴定资料进行核查，以确定加固设计和施工所采用的原构件参数及对原构件所做的加固是否合理、有效。

5.2.2 采用本方法对混凝土结构构件的加固效果进行测评时，应对下列项目进行有针对性的现场复验或复查：

- 1 加固材料的主要力学性能。
- 2 加固部分与原构件界面的正拉粘结强度。
- 3 加固部分混凝土密实度。
- 4 构件的实际尺寸及偏差。
- 5 构件及连接的配筋符合度。
- 6 结构的整体牢固性构造的闭合性。
- 7 根据工作需要增设的其他复检、复验项目。

5.2.3 混凝土结构构件的现场复验或复查应符合下列规定：

- 1 对混凝土强度的复验，宜采用钻芯法。当为验证性试验时，取芯数可仅取 3 个。
- 2 对钢筋强度的复验，应采用里氏硬度法与化学成分分析法综合判定。
- 3 对界面正拉粘结强度的测定，应符合本标准附录 B 的规定，并应在选择测点时避开重要受力部位。复验完毕后，应对测

点处进行修补。

4 对混凝土密实度的检测应符合本标准附录 C 的规定。

5.2.4 当按本标准第 5.2.1 条 ~ 第 5.2.3 条的规定进行核查、复查和复验且经合格评定通过后，便可将承载力的验算分析结果作为对承重构件加固效果评定的依据，但验算分析所采用的各参数均应经现场调查与检测的核查。

5.2.5 混凝土结构构件承载力验算应符合下列规定：

1 加固前后承载力提高率 α_{in} 符合现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367 对提高幅度的控制规定。

2 分析表明其连接部位和受剪部位的承载力设计要求明显高于构件本身。

3 混凝土结构构件加固效果评定应符合下列规定：

1) 当加固增益率 β_m 不小于 0，且小于 15%，并满足本条第 1 ~ 2 款的规定时，混凝土结构构件加固效果应评为有效，其工作处于安全状态。

2) 当加固增益率 β_m 不小于 15%，并满足本条第 1 ~ 2 款的规定时，混凝土结构构件加固效果应评为效果显著，其工作处于安全状态。

5.3 钢结构构件

5.3.1 采用本方法评定钢结构构件的加固效果前，应对原构件的可靠性鉴定资料以及钢材、钢部件和焊接件等的质量合格保证书进行详细核查，以确定加固设计和施工所采用的原构件参数及对原构件所做的加固是否合理、有效。

5.3.2 采用本方法对钢结构构件的加固效果进行测评时，应对

下列项目进行现场复验或复查：

- 1 加固材料的主要力学性能。
- 2 构件的实际尺寸和偏差及构件的长细比。
- 3 构件连接的焊接质量或高强螺栓连接的质量。
- 4 结构、构件表面处理及防火、防腐蚀涂层的质量。
- 5 结构的整体牢固性构造的闭合性。
- 6 当钢结构构件使用混凝土或钢筋混凝土进行加固时，其现场复验或复查项目应符合本标准第 5.2 节的规定。
- 7 根据工作需要增设的其他复检、复查项目。

5.3.3 钢结构构件的现场复验或复查应符合下列规定：

- 1 对既有的摩擦型高强螺栓连接节点，当质量合格保证书经核实确认有效，在进行加固效果评定时，可不予复验。

- 2 对坡口式全熔透的对接焊缝质量检验，应采用超声波探伤；对角焊缝质量检验，宜聘请压力焊高级焊工进行检查，但以满足现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的要求为合格。

5.3.4 当按本标准第 5.3.1 条和第 5.3.2 条的规定进行了核查、复验和复查且经合格评定通过后，便可将承载力的验算分析结果作为对承重钢结构构件加固效果评定的依据，但验算分析所采用的各参数均应经现场调查与检测的核实。

5.3.5 钢结构构件加固后承载力验算结果应符合下列规定：

- 1 加固前后承载力提高率 α_m 符合现行国家标准《钢结构加固设计标准》GB 51367 对提高幅度的控制规定。

- 2 符合现行国家标准《钢结构加固设计标准》GB 51367 对加固构造的规定。

- 3 分析表明其连接、节点域和受剪部位的承载力设计要求明显高于构件本身。

4 防火、防腐蚀涂层符合设计要求和现行国家标准《钢结构施工质量验收规范》GB 50205 的规定。

5 钢结构构件加固效果评定应符合下列规定：

1) 当加固增益率 β_m 不小于 0，且小于 15%，并满足本条第 1~4 款的规定时，钢结构构件加固效果应评为有效，其工作处于安全状态。

2) 当加固增益率 β_m 不小于 15%，并满足本条第 1~4 款的规定时，钢结构构件加固效果应评为效果显著，其工作处于安全状态。

5.4 砌体结构构件

5.4.1 采用本方法评定砌体结构构件的加固效果前，应对原构件的可靠性鉴定资料进行核查，以确定加固设计和施工所采用的原构件参数及对原构件所做的加固是否合理、有效。

5.4.2 采用本方法对砌体结构构件的加固效果进行测评时，应对下列项目进行现场复验或复查：

1 加固材料的主要力学性能。

2 加固部分构造及其与原构件间的拉结构造的有效性。

3 构件的实际尺寸和偏差及砌体的高厚比。

4 砌体结构配置的拉结件、圈梁和构造柱的合理性和闭合性。

5 当砌体结构构件采用钢筋混凝土或钢部件进行加固时，其现场复查或复验的项目尚应符合本标准第 5.2 节和第 5.3 节的规定。

6 根据工作需要增设的其他复查、复验项目。

5.4.3 当按本标准第 5.4.1 条和第 5.4.2 条的规定进行了核查、复查和复验，并经合格评定通过后，便可将承载力的验算分析结果作为对承重砌体结构构件加固效果评定的依据，但验算分析所采用的各参数均应经现场调查与检测的核实。

5.4.4 砌体结构构件加固后承载力验算结果应符合下列规定：

1 加固前后承载力提高率 α_m 符合现行国家标准《砌体结构加固设计规范》GB 50702 对提高幅度的控制规定。

2 砌体结构构造合理并闭合。

3 砌体结构构件加固效果评定应符合下列规定：

1) 当加固增益率 β_m 不小于 0，且小于 15%，并满足本条第 1~2 款的规定时，砌体结构构件加固效果应评为有效，其工作处于安全状态。

2) 当加固增益率 β_m 不小于 15%，并满足本条第 1~2 款的规定时，砌体结构构件加固效果应评为效果显著，其工作处于安全状态。

5.5 木结构构件

5.5.1 采用本方法评定木结构构件的加固效果前，应对原构件的可靠性鉴定资料以及木材树种鉴别、木构件所处的温湿度环境、木结构连接部位的潮湿状况等进行核查，以确定加固设计和施工所采用的原构件参数及对原构件所做的构造和防护处理是否合理、有效。

5.5.2 采用本方法对木结构构件的加固效果进行测评时，应对下列项目进行现场复验或复查：

1 加固材料的主要力学性能。

- 2 构件实际尺寸及偏差。
 - 3 构件连接传力构造的合理性及施工质量。
 - 4 构件的防腐、防虫处理的有效性。
 - 5 结构通风构造的合理性与有效性。
 - 6 结构的整体牢固性构造的闭合性。
- 5.5.3 当按本标准第 5.5.1 条和第 5.5.2 条的规定进行了核查、复查和复验，并经合格评定通过后，便可将承载力的验算分析结果作为对承重木结构构件加固效果进行评定的依据，但验算分析所采用的各参数均应经现场调查与检测的核实。
- 5.5.4 木构件加固后承载力验算结果应符合下列规定：
- 1 该构件防潮通风构造合理、有效。
 - 2 采取的防腐、防虫处理能满足加固设计工作年限的防护要求。
 - 3 木结构构件加固效果评定应符合下列规定：
 - 1) 当加固增益率 β_m 不小于 0，且小于 15%，并满足本条第 1~2 款的规定时，木结构构件加固效果应评为有效，其工作处于安全状态。
 - 2) 当加固增益率 β_m 不小于 15%，并满足本条第 1~2 款的规定时，木结构构件加固效果应评为效果显著，其工作处于安全状态。