各 种 加 固 技 术 优 缺 点 比 较

加固方法优点

缺点

加大截面

可靠性好，提高承载力、刚度幅度大。

施工周期长，需要停产或者停止交通；增加结构的自重， 增加地基基础所承受的荷载； 减少使用空间；以引起地震力的增加和结构自振频率等的改变。

粘钢加固

对结构刚度的提高较为明显。

材料自重大，且对原建筑物外观改变较大，增加原构件截面尺寸， 减小净空；施工工序较繁琐，有湿作业，需要相关的机械设备，需占用较大场地和空间，成本高；维护费用高；抗腐

蚀能力差； 疲劳性能一般；破坏往往是粘结破坏， 不仅钢材的强度不能得到充分的发挥，而 且，设计人员对于承载力的估算困难；不防火；对极限承载力的提高有限； 不适用于混凝土强度低的情况； 施工受现场环境 （如天气等） 的影响很大， 对桥梁加固时一般要求中断交通。

粘碳纤维片材加固

材料自重小； CFRP 抗拉强度高； 抗腐蚀性能强； 施工方便； 对结构的极限承载力提高明显； 疲劳性能好，综合造价低，建筑物外观无改变，且适合各种涂料。

对结构刚度的提高不明显， 决定了其对已开裂结构的加固效果不明显； 材料成本较高； 防火性能差； 破坏往往是粘结破坏， 而且，与粘钢加固不同的是， 其除了会发生端部粘结破坏外， 往往发生垮中开始的粘结破坏， 估算粘结破坏承载力非常困难， 实际工程中往往是采取一些 构造措施来定性保证； 由于是外粘式的加固方法， 其对承载力的提高是有限的， 特别是加固一些配筋率比较大的构件时， 效果并不明显； 不适用于混凝土强度低的情况； 施工受现场环境（如天气等）的影响很大，对桥梁加固时一般要求中断交通。

体外预应力加固

对结构刚度和承载力的提高较为明显。

受现场及构件情况影响大； 施工非常麻烦； 锚固端安全性低， 而这又直接影响加固后结构的性能；成本高，疲劳性能值得进一步研究。

钢丝网加固

优缺点基本同钢板加固和 CFRP 加固，但其防火性能和耐久性能得到了很大提高。钢筋锚固料原理：

* 1. 钢筋锚固料原理是应用结构胶粘剂对混凝土和钢筋的粘结作用； 或应用高强膨胀材料的膨胀性能与混凝土孔壁之间的摩擦力固定钢筋与混凝土构件中， 使原结构混凝土构件与被锚固钢筋牢固结合、共同受力，以达到结构构件受力的不同使用要求。
	2. 钢筋锚固达到的效果如同混凝土予埋件或混凝土浇注前的钢筋绑扎锚固、钢筋焊接。

钢筋锚固料的适用范围：

* 1. 被锚固的原结构可以是钢筋混凝土结构，也可以是砖砌体结构；需锚固的钢筋可以根据

结构受力的不同需要选择钢筋级别 （一般为 HPB235 级钢筋或 HRB335 、HRB400 级钢筋） 和直径。

* 1. 根据构件的不同使用功能要求，可以分为抗拉压钢筋锚固、抗弯剪钢筋锚固以及抗扭钢筋锚固。
	2. 钢筋锚固广泛应用于构件增大断面、幕墙挂件、增补予埋件、增设剪力墙、增设暗柱暗

梁、钢结构与混凝土结构连接、 喷射混凝土、 结构夹层、 结构改扩建以及建筑物整体抗震加固施工中。

* 1. 钢筋锚固根据不同的使用环境和环境的特殊要求应选取不同的锚固材料和施工工艺，一般环境要求和普通受力构件可选用国产结构胶作为锚固材料。
	2. 结构构件使用环境为高温环境或防火要求较高时，锚固材料宜选用耐高温或火灾无影响的材料；
	3. 结构构件使用环境为酸碱腐蚀比较严重的车间厂房、库房等情况时，宜选用耐腐蚀性能达到使用要求的锚固材料。

外包钢技术加固混凝土构件原理：

* 1. 外包钢加固技术是通过在混凝土梁柱外部四周包裹型钢， 再用连接缀板将各部分型钢焊接相连，使整个构件通过被型钢与缀板的包裹约束来提高结构承载能力的一种加固方法。
	2. 外包钢加固技术分为湿式外包钢和干式外包钢两种： 干式外包钢是型钢与缀板包裹约束 混凝土构件后， 对混凝土构件与钢材表面不做处理或简单填塞处理， 所以只对构件起到包裹约束提高构件抗压能力的作用。 湿式外包钢是在干式外包钢的基础上， 在混凝土与钢构件接触面灌注或粘贴结构胶， 以达到外包钢构套与原混凝土结构整体共同受力的目的。 大量的实验证明： 在结构计算过程中， 干式外包钢不考虑与原构件的共同工作； 湿式外包钢只要施工质量合格， 则可以完全按外包钢构套与原结构共同工作考虑。 湿式外包钢与干式外包钢的本 质区别就是，湿式外包钢能够利用中间结构胶提供可靠的剪力与原结构共同承担荷载。
	3. 外包钢加固原理类似加大断面加固， 不同的是， 外包钢加固是利用环箍作用及钢件本身的刚度提高混凝土构件的强度、 刚度和稳定性； 加大断面是利用构件截面面积增大来达到上述效果。

外包钢加固的适用范围：

* 1. 外包钢加固技术适用于梁柱构件加固，当混凝土梁柱抗压强度和抗弯刚度需要大幅度提高时，其它加固方式无法满足或抗弯和抗压无法同时满足时采用此加固方案。
	2. 混凝土构件整体刚度需要大幅度提高时可采用此加固方案。
	3. 使用环境不允许加大断面加固，而构件又必须大幅度提高承载力时使用此加固方式。
	4. 构件因使用要求需大面积开洞或其它严重破坏原结构的情况时， 构件需进行刚度、 强度、稳定性等多方面加固时。
	5. 外包钢加固技术的特点是：构件外型尺寸无明显加大，承载力和刚度、强度明显提高； 施工周期较短；质量控制比较简单；相对加大断面法节约空间。

构件外部粘钢加固原理：

* 1. 构件外部粘钢加固法是根据结构构件受力分析计算结果和受力特征，应用建筑结构胶粘

剂将钢板粘贴于强度不满足受力要求的混凝土构件外部相应部位， 以达到构件满足承载力要求的一种补强加固方法。

* 1. 外部粘钢加固法加固原理是利用结构胶的抗剪切强度将混凝土构件承担的荷载传递给钢板，使后粘贴钢板和原钢筋混凝土构件共同承受外部荷载作用力的一种加固方法。
	2. 由以上粘钢原理可知，构件在粘贴加固以前，如果原混凝土构件已经在承受荷载的状态 下达到一定的受力状态， 那么后加粘钢部分会在与原混凝土构件共同受力时产生应力滞后现象，（如下图所示）即在后粘钢板承受荷载很小或未到受力极限状态时，原钢筋混凝土结构 已不堪外部荷载作用而破坏。所以在粘钢加固之前，必须进行原结构卸荷。
	3. 卸荷的两种方式：

a、直接卸荷：即将混凝土构件上所有活荷载转移撤掉，使构件处于自重荷载作用下，降低构件因外部荷载引起的内部应力。

b、间接卸荷：如构件所承受荷载无法直接撤掉，可采用支顶的方式等值（读表千斤顶）反荷载方向作用于构件，使构件处于内部应力较小或无内部应力状态。

适用范围

* 1. 本加固方法普遍适用于承受静力作用的一般受弯及受拉构件，对于承受动荷载的结构构件，必须使用具有承受动荷载功能的建筑结构胶粘剂。
	2. 本加固方法普遍适用于环境温度不大于 60°C 的工作环境；如环境温度低于 5°C ，施工作业时必须采取加温措施直至结构胶完全固化；如环境温度高于 60°C，粘钢采用的结构胶

必须是能满足高温要求的品种且环境温度最高值不大于结构胶的承受温度最大值。

* 1. 当被加固构件的混凝土强度小于 C15 时，其混凝土自身抗剪强度值太低，锚固粘结长碳纤维片材加固混凝土结构原理
	2. 构件外部粘贴碳纤维片材加固法是根据结构构件受力分析计算结果和受力特征，应用配

套树脂将碳纤维片材粘贴于强度不满足受力要求的混凝土构件外部相应部位， 以达到构件满足承载力要求的一种补强加固方法。

* 1. 外部粘贴碳纤维加固法的加固原理与粘贴钢板加固基本相同，是利用其配套树脂的抗剪

切强度将混凝土构件承担的荷载传递给碳纤维片材， 使后粘贴碳纤维片材和原钢筋混凝土构件共同承受外部荷载作用力的一种加固方法。

* 1. 因同属构件外部粘贴加固，碳纤维片材加固混凝土结构也存在应力滞后、应变超前和卸荷的问题。 设计施工时可根据直接卸荷和间接卸荷的适用范围来确定采取不同的卸荷方式。
	2. 外部粘贴碳纤维加固与外部粘贴钢板加固优缺点分析比较：

①碳纤维材料本身相对比强度高、 重量轻， 加固施工后基本不改变原结构的外型尺寸， 同时基本不增加原结构自重；

②碳纤维片材加固施工工艺流程简单，施工工期短、效率高。

③碳纤维材料自身弹性模量高，加固后对温度裂缝、锈胀裂缝等细微变形控制效果较好。

④碳纤维片材加固几乎不用栓锚固定和外物加压，对混凝土原结构几乎没有破坏。

⑤采用碳纤维片材加固法加固施工后， 装饰施工时无须处理界面， 只在碳纤维片材施工最后工序时洒砂粘贴即可。

⑥碳纤维片材加固双层或三层粘贴时， 因自身厚度较薄， 几乎没有因厚度增加的剪力力矩影响，所以加固效果较好。

⑦碳纤维布材因其材料自身的柔韧性、 可缠绕性， 对狭窄工作面的加固施工加固效果独特。

⑧碳纤维布材为各向异性材料， 加固设计时一般只是利用其纵向的高强来补强钢筋混凝土构件的拉弯强度，对于抗压构件和受力复杂的构件加固效果较差。

⑨碳纤维布材加固一般不能补强构件的刚度， 用板材补强造价较高， 其综合效果不如粘贴钢板或型钢加固。

碳纤维片材加固适用范围

* 1. 本加固方法普遍适用于房屋建筑和一般构筑物中承受静力作用的一般受弯及受拉构件，

对于受压构件、 刚度不足构件、 承受动荷载的结构构件均不适合使用。 对砌体结构、木结构和钢结构构件加固中也可以应用。

* 1. 采用碳纤维片材加固的混凝土结构，长期使用环境温度一般不能大于 60°C，特殊环境下采用此技术，必须采取相应的防护措施。

裂缝的修补方案：

* 1. 对于塑性裂缝和干缩裂缝， 只要确认其宽度超过 0.1mm ，裂缝深度尚未达到保护层深度， 并且裂缝已经处于静止状态， 为确保建筑物的安全性能和使用年限的耐久性， 就必须进行修补恢复。其修复方法可采用表面封闭法，操作步骤如下：

①使用钢丝刷或角磨机配金刚石角磨片打磨裂缝四周不小于 20mm 的范围，目的是清除混凝土表面炭化部分和污染物，打磨深度为 1~3mm.

②用脱脂棉丝蘸丙酮或酒精擦洗打磨过的区域，以去除混凝土粉末和灰尘。

③调配环氧石英砂浆， 要求石英砂干燥且粒径大于 0.1mm 的颗粒不超过总重的 50% ；环氧树脂和固化剂的比例按固化剂的使用要求；石英砂的掺加数量根据和易性调配。

④在裂缝周边打磨区域表面涂刷一层环氧浆液，以利于后抹材料与混凝土的结合。

⑤用专用抹压工具将调配好的环氧砂浆抹压于裂缝表面， ，待砂浆固化后即可进行装饰工作及后序施工。

* 1. 对于塑性裂缝和干缩裂缝，如果确认其宽度超过 0.1mm 或更大，裂缝深度已经达到或 超过保护层深度， 并且裂缝已经处于静止状态， 其修复方法可采用表面凿槽法， 操作步骤如下：

①使用电锤或钢钎沿裂缝走向在混凝土表面凿槽， 槽宽和槽深根据裂缝深度和有利于封缝来确定，一般槽深大于等于裂缝深度，槽宽不小于 20mm 为宜。凿槽时注意应先沿裂缝打开， 再向两侧加宽。

②使用钢丝刷或角磨机配金刚石角磨片打磨裂缝两边不小于 20mm 的范围，目的是清除混凝土表面炭化部分和污染物，打磨深度为 1~3mm 。

③用吹风机吹净沟槽内外的浮灰尘， 再用脱脂棉丝蘸丙酮或酒精擦洗沟槽的内表面和周遍打磨过的区域，以彻底去除沟槽内外的混凝土粉末和灰尘。

④调配环氧石英砂浆， 要求石英砂干燥且粒径大于 0.1mm 的颗粒不超过总重的 50% ；环氧树脂和固化剂的比例按固化剂的使用要求；石英砂的掺加数量根据和易性调配。

⑤在裂缝周边打磨区域和沟槽内部表面涂刷一层环氧浆液，以利于后抹材料与混凝土的结

合。

⑥用专用抹压工具将调配好的环氧砂浆抹压于裂缝表面， 待砂浆固化后即可进行装饰工作及后序施工。

* 1. 对于塑性裂缝和干缩裂缝的活性裂缝，可待其基本稳定后再进行处理或裂缝处理后采取补强加固措施限制其裂缝的开展。
	2. 对于温度裂缝的修复，因温度裂缝一般宽度较大，且以周期性活动裂缝居多， 可采用粘度低、 粘结性好、弹性模量较小且柔性较好的结构胶灌注，然后根据构件内力计算，对构件

进行外部粘贴纤维法加固。

* 1. 对于结构裂缝的修补，一般属于活动裂缝修补，常用的修补方式可分为以下两种，以下分别叙述：

①持续低压注射修补：在一定时间内将修补材料以持续加压 (0.2mPa~0.5mPa 的压力 )的方式注如入混凝土构件内部，要求材料具有：高流动性；不收缩性；高粘着强度及抗弯、抗压

强度， 在较长的灌注时间内， 可达到细微的深层裂缝。 一般此工法应用于各种主要结构构件

或具有安全考虑的结构构件上。

②高压注射修补： 在一定的时间内将修补材料以高压 （ 20mPa~40mPa ）的方式注入构件内。此工法常用于地下连续墙结构 ? 或一般墙体的裂缝灌注。根据使用的不同环境（温度、潮

湿等）选择不同的灌注材料。

③结构裂缝修补以后 ,还必须根据结构裂缝产生的原因进行加固 ,可用平面粘贴钢板或碳素纤维布等进行补强 ,否则灌胶封缝还会开裂 .达不到修补的目的 .

* 1. 关于锈胀裂缝的修补 ,必须剔凿掉所有锈胀后松散的混凝土 ,一般要剔凿到钢筋位置 ,使钢筋外露不大于 1/3, 用丙酮或酒精清洗干净沟槽内表面 ,在内表面涂刷 SIKA903 渗透型迁移阻绣剂 ,使钢筋表面形成钝化膜 ,阻止钢筋再次生锈 ,最后使用高强钝化砂浆封闭剔凿后的沟槽 . 为避免或尽量减少施工带来的结构损失 ,可以在封闭沟槽后用粘贴碳素纤维布的方式沿钢筋

纵向粘贴 .

外部粘钢加固法： 工艺介绍：

1、外部粘钢加固技术是将强度高的钢板粘贴于被加固的构件，使钢板和混凝土形成一个新

的整体， 从而有效提高构件的刚度和抗裂性， 该技术已广泛应用于构件的抗弯抗剪， 抗压加固。

2、外部粘钢加固使原结构自重增加极微，不需要基础等下部结构的连锁加固或补强，结构截面变化甚小，不改变原结构的形式，可以基本达到原结构的外观要求。

3、施工周期短，一般 24 小时可拆模， 72 小时可正常使用。施工时几乎不影响正常的生产或营业，特别对不能停产停业的单位，施工效果更佳，综合经济效益更高。

4、工艺简单流程如下：

表面处理 →结构胶配制 → 涂敷胶 → 粘贴 →固定、加压 → 固化→ 卸支撑检验 → 防腐处理

应用范围：

1、因混凝土等级偏低。

2、结构受力钢筋配置不足或漏配。

3、因施工原因造成结构达不到原设计的承载能力。

4、使用不当或非人力的原因造成结构承载能力的降低或变形过大，裂缝宽度超过允许值。

5、结构在使用中遇到有害介质使钢筋因腐蚀而截面减少，混凝土大量剥落影响正常使用。

6、由于使用要求改变，如加层、设备改变等致使结构超载需加固、补强或需提高原结构的承载能力，构造物超龄使用而需加固等。 单纯的课本内容，并不能满足学生的需要，通过补充，达到内容的完善

教育之通病是教用脑的人不用手，不教用手的人用脑，所以一无所能。教育革命的对策是手脑联盟，结果是手与脑的力量都可以大到不可思议。