



CECS 25:90

中国工程建设标准化协会标准

混凝土结构加固 技术规范

TECHNICAL SPECIFICATION FOR
STRENGTHENING CONCRETE
STRUCTURES

CHINA ASSOCIATION FOR ENGINEERING
CONSTRUCTION STANDARDIZATION

中国工程建设标准化协会标准

混凝土结构加固技术规范

CECS 25:90

主 编 单 位:四川省建筑科学研究院

副主编单位:中国建筑科学研究院结构所

批 准 单 位:中国工程建设标准化协会

批 准 日 期:1990 年 9 月 25 日

1991 北 京

前 言

混凝土结构是我国工业与民用建筑中用的比较多的一种结构,对混凝土结构的加固处理从 50 年代即已开始,特别是近年来,由于各种原因,需要对某些工程的混凝土结构进行加固,以保证其使用安全,延长使用年限或者改变使用用途。各设计、施工、科研单位在进行加固中积累了许多宝贵的经验。本规范是在总结这些经验的基础上,并参考国外有关资料编制的,经多次征求有关单位和专家的意见,最后由全国建筑物鉴定与加固标准技术委员会审查定稿。

现批准《混凝土结构加固技术规范》,编号为 **CECS25:90**,并推荐给各工程建设设计、施工单位使用。在使用过程中,请将意见及有关资料寄交四川省建筑科学研究院(成都梁家巷,邮政编码 610081)。

中国工程建设标准化协会

1990 年 9 月 25 日

目 录

主要符号	(1)
第一章 总 则	(1)
第二章 材 料	(2)
第一节 钢 材	(2)
第二节 水泥、混凝土	(2)
第三节 连接材料	(3)
第三章 加固基本原则	(5)
第一节 一般规定	(5)
第二节 加固工作程序	(6)
第三节 加固方法及其选择	(7)
第四章 加大截面加固法	(11)
第一节 计算方法	(11)
第二节 构造规定	(13)
第三节 施工要求	(15)
第五章 外包钢加固法	(16)
第一节 计算方法	(16)
第二节 构造规定	(19)
第三节 施工要求	(21)
第六章 预应力加固法	(23)
第一节 计算方法	(23)
第二节 构造规定	(30)
第三节 施工要求	(36)
第七章 改变结构传力途径加固法	(39)
第一节 计算方法	(39)
第二节 构造规定	(40)

节	施工要求.....	(44)
第八章	施工安全与工程验收	(45)
第一节	施工安全.....	(45)
第二节	工程验收.....	(46)
附录一	构件外部粘钢加固法	(48)
附录二	裂缝修补方法	(55)
附录三	本规范用词说明	(61)
附加说明	(62)

主要符号

作用和作用效应、抗力

N ——构件的轴向力设计值；

N_0 ——原柱的轴心受压承载力；

N_1 ——加固撑杆承受的轴心受压承载力；

ΔN ——作用增大后加固梁的拉杆产生的作用效应增量；

ΔM ——构件加固后跨中截面处受弯承载力需有的增量；

V ——加固梁斜截面受剪承载力设计值；干式外包钢加固柱顶受剪承载力设计值；

V_0 ——原构件斜截面受剪承载力设计值；

V_h ——作用于柱顶的剪力设计值；

V_{h1} ——钢构架顶所承受的剪力设计值；

R ——弹性支点反力值。

计 算 指 标

EI ——外包型钢加固后梁、柱截面整体刚度；

I_{∞} ——原构件截面惯性矩；

I_a ——加固型钢对组合换算截面形心轴的惯性矩；

E_{∞} ——原构件混凝土的弹性模量；

E_a ——加固用型钢的弹性模量；

E_s ——拉杆钢筋的弹性模量；

f_{ay}, f'_{ay} ——加固钢板抗拉、抗压强度设计值；

f_{∞} ——原构件混凝土轴心抗压强度设计值；
 f_c ——构件加固用混凝土轴心抗压强度设计值；
 f_{cmo} ——原柱的混凝土弯曲抗压强度设计值；
 f'_{y_0} ——原构件钢筋抗压强度设计值；
 f'_y ——构件加固用钢筋抗压强度设计值；
 f_{ah} ——缀板或螺杆抗拉强度设计值；
 f_{py} ——预应力拉杆钢材的抗拉强度设计值；
 f'_{py} ——预应力撑杆钢材的抗压强度设计值；
 σ_p ——拉杆的预加应力值；
 σ'_p ——撑杆的预加压应力值；
 σ'_{py} ——预应力撑杆的压应力；
 σ_{so} ——原柱受拉纵筋的应力。

几 何 参 数

A_a ——加固的外包钢截面面积；
 A_{∞} ——原有混凝土构件截面面积；
 A_c ——构件加固的混凝土截面面积；
 $A_{\text{so}}、A'_{\text{so}}$ ——原构件受拉、受压钢筋截面面积；
 A'_i ——构件加固受压区的钢筋截面面积；
 A_p ——预应力拉杆总截面面积；
 A'_p ——预应力撑杆总截面面积；
 A'_{p1} ——加固柱一侧预应力撑杆肢截面面积；
 A_{ah} ——高度为柱宽的柱顶范围内计算方向的缀板或螺杆截面面积总和；
 a ——受拉与受压外包钢截面形心间的距离；压缩量；
 b ——截面短边边长；
 b_0 ——原构件截面宽度；
 h_0 ——原构件截面高度；

h_{o1} ——被加固梁上缘到水平拉杆截面形心的垂直距离；

h_{o2} ——下撑式拉杆中部水平段的截面形心到被加固梁上缘的垂直距离；

e ——轴向力作用点至原柱受拉纵筋合力点间的距离；

e_0 ——轴向力作用点至截面形心的距离；

ΔH ——拉杆(或撑杆)中部的横向张拉量；

L ——撑杆的全长；拉杆的全长；

L_1 ——张拉后的斜段在张拉前的长度；

t ——钢板的厚度；

S ——扁钢箍间距；

X_0 ——原柱的混凝土受压区高度；

X ——混凝土受压区高度。

计算系数及其他

φ ——钢筋混凝土柱的稳定系数；

φ_1 ——用横向张拉法时，压杆肢的稳定系数；

a ——加固部分纵筋与混凝土的强度利用系数；

β_1 ——水平拉杆的协同工作系数；

β_2 ——下撑式拉杆的协同工作系数；

β_3 ——撑杆与原柱的协同工作系数；

β_4 、 β_5 ——经验系数；

1、2——经验系数。

第一章 总 则

第 1.0.1 条 为使混凝土结构的加固做到技术可靠、经济合理、施工简便和确保质量的要求,特制订本规范。

第 1.0.2 条 本规范适用于因设计或施工不当、材料质量不符合要求、使用功能改变、遭受灾害以及耐久性等原因而需对钢筋混凝土、预应力混凝土及素混凝土结构进行加固的设计、施工及验收。对于混凝土基础、地下结构及特种结构的加固,因化学腐蚀引起的结构损坏的加固,以及地震区结构的抗震加固,尚应符合相应的加固技术规范的规定。

第 1.0.3 条 混凝土结构加固前,应按照《工业厂房可靠性鉴定标准》和《民用建筑可靠性鉴定标准》进行可靠性鉴定。

第 1.0.4 条 混凝土结构的加固设计、施工及验收,除本规范有规定者外,尚应符合下列现行国家标准的规定:

- 一、《建筑结构荷载规范》。
- 二、《混凝土结构设计规范》。
- 三、《钢结构设计规范》。
- 四、《建筑地基基础设计规范》。
- 五、《混凝土工程施工及验收规范》。
- 六、《钢结构工程施工及验收规范》。

第二章 材 料

第一节 钢 材

第 2.1.1 条 混凝土结构加固所用的钢筋宜选用Ⅰ级、Ⅱ级钢筋，必要时可选用Ⅲ级、Ⅳ级或其他高强度钢材。

第 2.1.2 条 混凝土结构加固所用的型钢、钢板、扁钢和钢管宜选用 3 号钢或 16 锰钢。

第 2.1.3 条 钢筋、碳素钢丝、钢绞线、型钢和钢板等的材料质量应分别符合现行国家标准《普通碳素结构钢技术条件》和《低合金结构钢技术条件》的规定。

第 2.1.4 条 钢筋、碳素钢丝、钢绞线的强度设计值应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》的规定取用。

第 2.1.5 条 型钢、钢板、扁钢和钢管的强度设计值应按现行国家标准《钢结构设计规范》的规定取用。

第二节 水泥、混凝土

(I) 水 泥

第 2.2.1 条 混凝土结构加固所用的水泥宜优先选用硅酸盐水泥与普通硅酸盐水泥，或选用矿渣硅酸盐水泥、火山灰硅酸盐水泥，必要时可选用快硬硅酸盐水泥。

水泥的标号不应低于 325 号。

第 2.2.2 条 水泥的质量应分别符合现行国家标准《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》、《矿渣硅酸盐水泥、火山灰硅酸盐水泥》和《快硬硅酸盐水泥》的规定。

第 2.2.3 条 加固工程中，严禁使用过期水泥和受潮水泥。

(II)混 凝 土

第 2.2.4 条 混凝土结构加固所用的混凝土强度等级,设计时宜比原结构、构件的设计混凝土强度提高一级,且不应低于 C20。

第 2.2.5 条 混凝土的强度设计值应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》的规定取用。

当原结构、构件系采用混凝土标号设计时,验算中,混凝土的强度设计值可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》中附录一的规定取用。

当采用现场实测方法评定原结构、构件的混凝土强度等级时,验算中,混凝土的强度设计值可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》的规定取用。

第 2.2.6 条 当加固选用树脂混凝土、微膨胀混凝土、喷射混凝土时或加固的混凝土须采用早强、防冻或其他掺合剂时,宜在施工前进行试配并检验其强度,必要时尚应检验其干缩、腐蚀等性能。

上述混凝土强度等级的确定,可按照现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》的规定执行。

第 2.2.7 条 加固用混凝土中不应掺入粉煤灰等混合材料。

第 2.2.8 条 混凝土用砂应符合建设部颁标准《普通混凝土用砂质量标准及检验方法》的规定。

第 2.2.9 条 混凝土用石应符合建设部颁标准《普通混凝土用碎石或卵石质量标准及检验方法》的规定。

第三节 连 接 材 料

第 2.3.1 条 湿式外包钢加固法中,当采用化学浆液灌浆连接时,其浆液组成在工程应用前应进行试配,选择可灌性好、收缩性小、粘结强度高、固化时间可调整、耐久性较好,且材料是无毒或低毒的浆液。

浆液固化后,其与混凝土的粘结强度应高于被粘结构的混凝土抗拉强度和抗剪强度。

第 2.3.2 条 环氧树脂浆液的原材料质量应符合国家有关技术标准的规定。

第 2.3.3 条 混凝土结构加固中,当采用钢制胀锚螺栓连接新混凝土与原混凝土或外包角钢与原混凝土,以保证两者协同工作时,钢制胀锚螺栓的质量应符合有关技术标准的规定。锚栓的强度设计值可根据钢种按照现行国家标准《钢结构设计规范》的规定取用。

第 2.3.4 条 混凝土结构加固中,当采用焊缝连接时,焊接采用的焊条质量应符合现行国家标准《碳钢焊条》或《低合金钢焊条》的规定。

焊条的型号应与被焊钢材的强度相适应。

焊缝连接的强度设计值应按现行国家标准《钢结构设计规范》的规定取用。

第 2.3.5 条 混凝土结构加固中,当采用螺栓连接时,螺栓可采用 3 号钢制作,其质量应符合现行国家标准《普通碳素结构钢技术条件》的规定。

螺栓连接的强度设计值应按现行国家标准《钢结构设计规范》的规定取用。

第三章 加固基本原则

第一节 一般规定

第 3.1.1 条 混凝土结构经可靠性鉴定需要加固时,则必须进行加固。加固设计的内容及范围,应根据可靠性鉴定结论和委托方提出的要求确定,可以包括整体房屋,亦可以是指定的区段或特定的构件。

第 3.1.2 条 加固后的房屋建筑安全等级应根据结构破坏后果的严重程度及使用单位的具体要求由设计者按实际情况确定。

第 3.1.3 条 混凝土结构加固设计应与施工方法紧密结合,并应采取有效措施,保证新浇混凝土与原结构连接可靠、协同工作。

第 3.1.4 条 对加固混凝土结构上的作用应进行实地调查,其取值应符合以下规定:

一、根据使用的实际情况,按现行国家标准《建筑结构荷载规范》规定取值;

二、现行国家标准《建筑结构荷载规范》未作规定的永久荷载,可根据实际情况进行抽样实测确定,抽样数不得少于 5 个,以其平均值的 1.1 倍作为该荷载的荷载标准值;

三、对工艺荷载、吊车荷载等应根据使用单位提供的数据取值。

第 3.1.5 条 加固结构可按下列原则进行承载力验算:

一、结构的计算简图应根据结构上的作用或实际受力状况确定;

二、结构的计算截面积,应采用实际有效截面积,并考虑结构在加固时的实际受力程度及加固部分的应变滞后特点,以及加固

部分与原结构协同工作的程度；

三、进行结构承载力验算时，应考虑实际荷载偏心、结构变形、温度作用等造成的附加内力；

四、加固后使结构重量增大时，尚应对被加固的相关结构及建筑物基础进行验算。

第 3.1.6 条 对于高温、腐蚀、冻融、振动、地基不均匀沉降等原因造成的结构损坏，应在加固设计中提出相应的处理对策后再进行加固。

第 3.1.7 条 结构的加固应综合考虑其经济效果。尽量不损伤原结构，并保留具有利用价值的结构构件，避免不必要的拆除或更换。

第 3.1.8 条 在加固施工过程中，若发现原结构或相关工程隐蔽部位的构造有严重缺陷时，应立即停止施工，会同加固设计者采取有效措施进行处理后方能继续施工。

第 3.1.9 条 对于可能出现倾斜、开裂或倒塌等不安全因素的房屋建筑，在加固施工前，应采取临时措施以防止发生安全事故。

第二节 加固工作程序

第 3.2.1 条 加固工作程序应按图 3.2.1 所示进行。

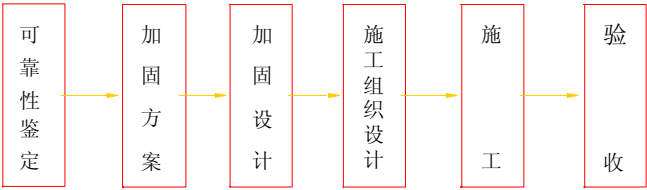


图 3.2.1 加固工作程序

第 3.2.2 条 针对结构可靠性鉴定等级，提出最佳的加固方案。

第 3.2.3 条 根据加固方案进行加固设计,应考虑适当的施工方法及合理的构造措施;按照结构上的实际作用,进行承载力、正常使用功能等方面的验算。

第 3.2.4 条 按照加固设计进行施工组织设计,施工时应采取确保质量和安全的有效措施,并应遵照本规范及有关现行规范进行施工和验收。

第三节 加固方法及其选择

第 3.3.1 条 混凝土结构加固方法可采用:加大截面加固法、外包钢加固法、预应力加固法、改变结构传力途径加固法、外部粘钢加固法等。当有成熟的经验时,其他加固方法亦可采用。

第 3.3.2 条 加固方法的选择:

一、加大截面加固法,即采取增大混凝土结构或构筑物的截面积,以提高其承载力和满足正常使用的一种加固方法。可广泛用于混凝土结构的梁、板、柱等构件和一般构筑物的加固。

二、外包钢加固法,即在混凝土构件四周包以型钢的加固方法(分干式、湿式两种形式)。适用于使用上不允许增大混凝土截面尺寸,而又需要大幅度地提高承载力的混凝土结构的加固。当采用化学灌浆外包钢加固时,型钢表面温度不应高于 60°C ;当环境具有腐蚀性介质时,应有可靠的防护措施。

三、预应力加固法,即采用外加预应力的钢拉杆(分水平拉杆、下撑式拉杆和组合式拉杆三种)或撑杆,对结构进行加固的方法。适用于要求提高承载力、刚度和抗裂性及加固后占用空间小的混凝土承重结构。此法不宜用于处在温度高于 60°C 环境下的混凝土结构,否则应进行防护处理;也不适用于混凝土收缩徐变大的混凝土结构。

四、改变结构传力途径加固法。主要可分为两种:

1. 增设支点法:该法是以减小结构的计算跨度和变形,提高其承载力的加固方法。按支承结构的受力性能分为刚性支点和弹

性支点两种。刚性支点法是通过支承构件的轴心受压将荷载直接传给基础或其他承重结构的一种加固方法(图 3.3.2—1)。弹性支点法是以支承结构的受弯或桁架作用来间接传递荷载的一种加固方法(图 3.3.2—2)。上述方法适用于房屋净空不受限制的大跨度结构的加固。

2. 托梁拔柱法:该法是在不拆或少拆上部结构的情况下拆除、更换、接长柱子的一种加固方法。按其施工方法的不同可分为有支撑托梁拔栋(图 3.3.2—8)、无支撑托梁拔柱(图 3.3.2—4)及双托梁反牛腿托梁拔柱(图 3.3.2—5)等方案,适用

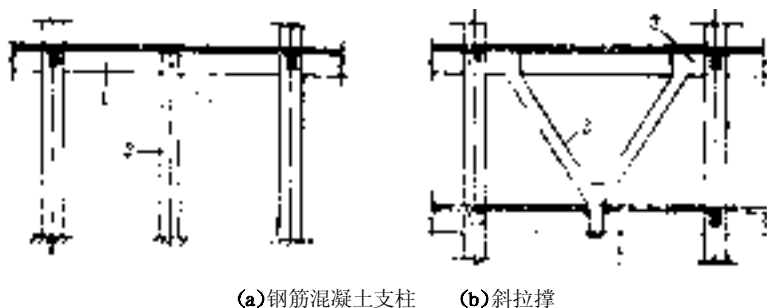


图 3.3.2—1 刚性支点法

1—被加固结构;2—支柱、支撑结构;3—支点处的包套

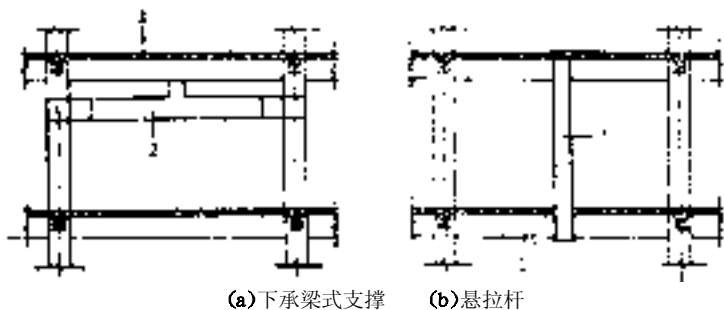


图 3.3.2—2 弹性支点法

1—被加固构件;2—支撑结构构件

于要求厂房使用功能改变、增大空间的老厂改造的结构加固；其中双托梁反牛腿托梁拔柱，则适用于保留上柱的型钢结构的加固。

五、外部粘钢加固法，即在混凝土构件外部粘贴钢板，以提高其承载力和满足正常使用的一种加固方法。适用于承受静力作用的一般受弯、受拉构件；且环境温度不大于 60°C ，相对湿度不大于 70%，以及无化学腐蚀影响，否则应采取防护措施。

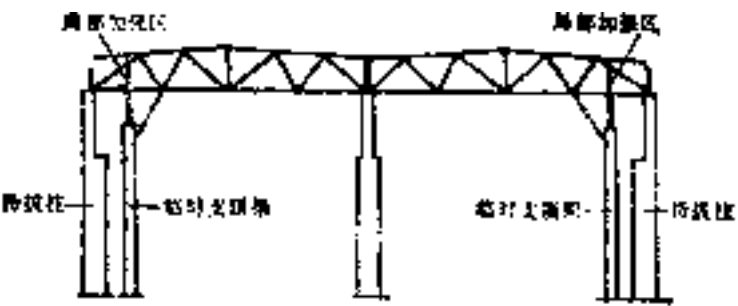


图 3.3.2—3 有支撑托梁拔柱

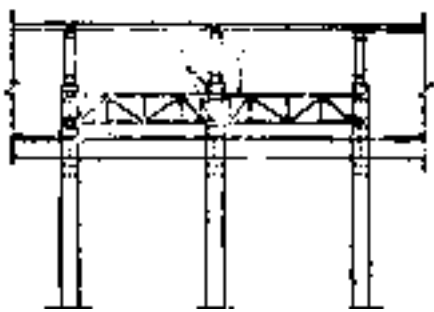
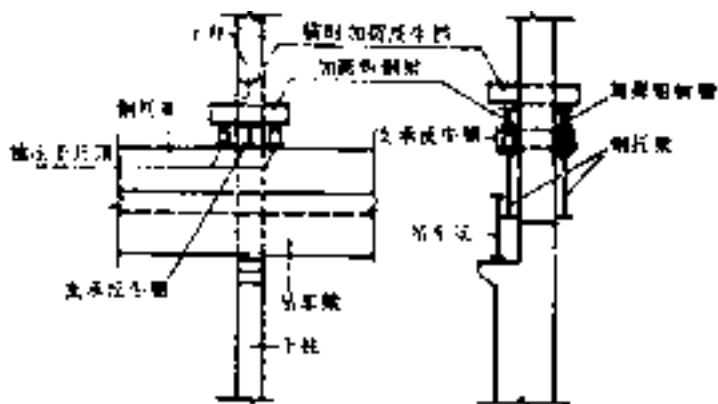


图 3.3.2—4 无支撑法托梁拔柱

1——欲拔小柱的打出孔洞；2——穿入孔洞的弦杆再组装托梁

六、关于其他加固方法，如增设支撑体系和剪力墙等，以增加

结构的整体刚度,改变构件的刚度比值,调整原结构内力,改善结构和构件的受力状况,多用于增强单层厂房和多层框架结构的空
间刚度,以提高其抗水平力的能力,可按现行有关规范的规定进行
设计。



第四章 加大截面加固法

第一节 计 算 方 法

第 4.1.1 条 采用加大截面加固钢筋混凝土结构或构件时,其承载力计算应按照现行国家标准《混凝土结构设计规范》的基本规定,并考虑新混凝土与原结构协同工作进行计算。

(I) 轴心受压构件

第 4.1.2 条 当用加大截面加固钢筋混凝土轴心受压构件(图 4.12)时,其正截面承载力应按下列公式计算:

$$N < [\varphi(f_{\infty}A_{\infty} + f'_{y_0}A'_{s_0} + \alpha(f_c A_c + f'_y A'_s))] \quad (4.1.2)$$

式中 N ——构件加固后的轴向力设计值;
 φ ——构件的稳定系数,以加固后截面为准,按现行国家标准《混凝土结构设计规范》规定采用;
 f_{∞} ——原构件混凝土的轴心抗压强度设计值;
 A_{∞} ——原构件的截面面积;
 f'_{y_0} ——原构件纵向钢筋抗压强度设计值;
 A'_{s_0} ——原构件纵向钢筋截面面积;
 A_c ——构件加固用混凝土的截面面积;
 f_c ——构件加固用混凝土的抗压强度设计值;
 f'_y ——构件加固用纵向钢筋的抗压强度设计值;
 A'_s ——构件加固用纵向钢筋截面面积;
 α ——加固部分混凝土与原构件协同工作时,加固用混凝土和纵向钢筋的强度利用系数,近似取 $\alpha = 0.8$ 。当有充分试验根据时,可适当调整。

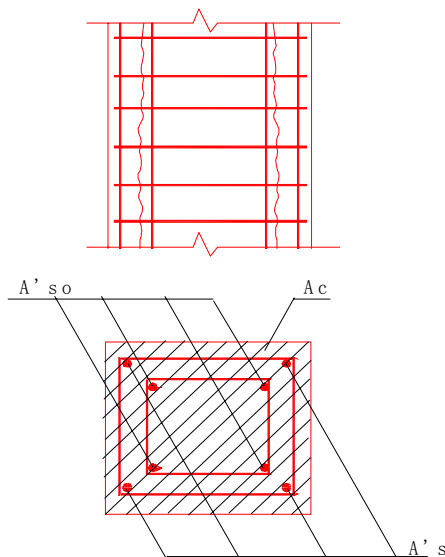


图 4.1.2 条 加大截面加固钢筋混凝土轴心受压构件截面图

(Ⅱ) 偏心受压构件

第 4.1.3 条 当用加大截面加固钢筋混凝土偏心受压构件时,应按整体截面以现行国家标准《混凝土结构设计规范》中有关公式进行其正截面承载力计算。其中,新增混凝土和纵向钢筋的强度设计值应按下列规定予以折减:

受压区新增混凝土和纵向钢筋的抗压强度设计值乘以 **0.9** 的系数;

受拉区新增纵向钢筋的抗拉强度设计值乘以 **0.9** 的系数。

(Ⅲ) 受弯构件

第 4.1.4 条 梁板受弯构件的加大截面加固,应根据现场结构的实际情况,分别采用受压区或受拉区两种不同的加固形式。

第 4.1.5 条 采用受压区加固的受弯构件,其承载力、抗裂度、钢筋应力、裂缝宽度及变形计算和验算可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》中关于叠合构件的规定进行。

第 4.1.6 条 采用受拉区加固的受弯构件,计算其跨中承载

力时,新增纵向钢筋的抗拉强度设计值应乘以 0.9 的折减系数。

第二节 构造规定

第 4.2.1 条 新浇混凝土的最小厚度,加固板时不应小于 40mm,加固梁柱时不应小于 60mm,用喷射混凝土施工时不应小于 50mm。

第 4.2.2 条 石子宜用坚硬耐久的卵石或碎石,其最大粒径不宜大于 20mm。

第 4.2.3 条 加固板的受力钢筋直径宜用 6~8mm;加固梁柱的纵向受力钢筋宜用带肋钢筋,钢筋最小直径对于梁不宜小于 12mm,对于柱不宜小于 14mm;最大直径不宜大于 25mm;封闭式箍筋直径不宜小于 8mm,U 型箍筋直径宜与原有箍筋直径相同。

第 4.2.4 条 加固的受力钢筋与原构件的受力钢筋间的净距不应小于 20mm,并应采用短筋焊接连接;箍筋应采用封闭式箍筋或 U 型箍筋,并按照现行国家标准《混凝土结构设计规范》对箍筋的构造要求设置。

一、当加固的受力钢筋与原构件的受力钢筋采用短筋焊接时,短筋的直径不应小于 20mm,长度不小于 $5d$ (d 为新增纵筋和原有纵筋直径的小值),各短筋的中距不大于 500mm (图 4.2.4a)。

二、当用混凝土围套进行加固时,应设置封闭式箍筋(图 4.2.4b)。

三、当用单侧或双侧加固时,应设置 U 型箍筋(图 4.2.4c)。

U 型箍筋应焊在原有箍筋上,单面焊缝长度为 $10d$,双面焊缝为 $5d$ (d 为 U 型箍筋直径)。

U 型箍筋可焊在增设的锚钉上,也可直接伸入锚孔内锚固,锚钉直径 d 不应小于 10mm,锚钉距构件边沿不小于 $3d$,且不小于 40mm,锚钉锚固深度不小于 $10d$,并采用环氧树脂浆或环氧树

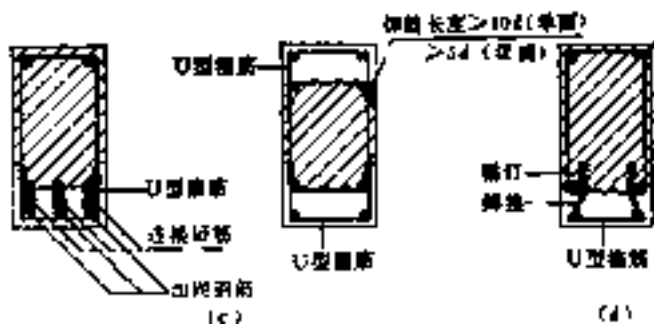
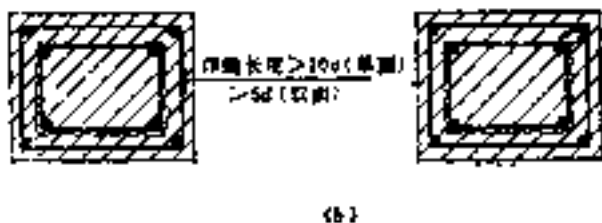
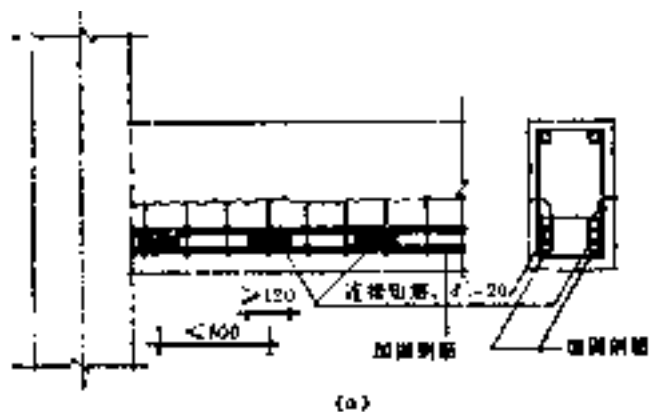


图 4.2.4 加固纵向受力钢筋与原构件的连接

(a)连接短筋的设置;(b)封闭箍筋的构造;

(c)原箍筋上焊接 U 型箍;(d)锚钉上焊接 u 型箍

脂砂浆将锚钉锚固于原有梁柱钻孔内，钻孔直径应大于锚钉直径4mm。

第 4.2.5 条 梁的纵向加固受力钢筋的两端应可靠锚固，柱的纵向加固受力钢筋的下端应伸入基础并满足锚固要求，上端应穿过楼板与上柱脚连接或在屋面板处封顶锚固。

第三节 施 工 要 求

第 4.3.1 条 加固混凝土结构的施工过程，应遵循下列工序和原则：

一、应对原构件混凝土存在的缺陷清理至密实部位，并将表面凿毛或打成沟槽，沟槽深度不宜小于6mm，间距不宜大于箍筋间距或200mm，被包的混凝土棱角应打掉，同时应除去浮碴、尘土。

二、原有混凝土表面应冲洗干净，浇注混凝土前，原混凝土表面应以水泥浆等界面剂进行处理。

第 4.3.2 条 对原有和新设受力钢筋应进行除锈处理；在受力钢筋上施焊前应采取卸荷或支顶措施，并应逐根分区分段分层进行焊接。

第 4.3.3 条 模板搭设、钢筋安置以及新混凝土的浇注和养护，应符合现行国家标准《混凝土工程施工及验收规范》的要求。

第五章 外包钢加固法

第一节 计 算 方 法

第 5.1.1 条 钢筋混凝土梁柱外包型钢加固,当以乳胶水泥粘贴或以环氧树脂化学灌浆等方法粘结时,称为湿式外包钢加固(图 5.1.1),其截面刚度 EI 可近似按下式计算:

$$EI = E_{\infty} I_{\infty} + 0.5 E_a A_a \alpha^2 \quad (5.1.1)$$

式中 E_{∞} ——原有构件混凝土弹性模量;

I_{∞} ——原有构件截面惯性矩;

E_a ——加固型钢弹性模量;

A_a ——加固构件一侧外包型钢截面面积;

α ——受拉与受压两侧型钢截面形心间的距离。

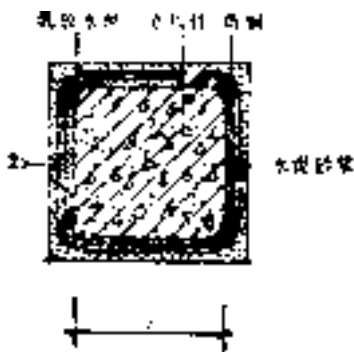


图 5.1.1 湿式外包钢加固

第 5.1.2 条 钢筋混凝土梁柱采用湿式外包钢加固时,其正

截面受压、受弯承载力可按照现行国家标准《混凝土结构设计规范》的规定进行计算,除抗震设计外,其外包角钢应乘以强度降低系数 0.9。

第 5.1.3 条 钢筋混凝土梁柱采用湿式外包钢加固时,其斜截面受剪承载力可按照现行国家标准《混凝土结构设计规范》的规定进行计算,其外包扁钢箍或钢筋箍应乘以强度降低系数 0.7。

第 5.1.4 条 钢筋混凝土柱采用外包型钢加固,当型钢与原柱间无任何连结,或虽填塞有水泥砂浆仍不能确保结合面剪力有效传递时,称为干式外包钢加固(见图 5.1.4)。干式外包钢构架与原柱所受外力按其各自的刚度比例进行分配,钢构架的受弯刚度可近似取 $0.5E_a A_a \alpha^2$ (α 为计算方向两侧型钢截面形心间的距离)。钢构架各杆件的承载力应按现行国家标准《钢结构设计规范》的规定进行计算。干式外包钢加固柱的总承载力为钢构架承载力与原混凝土柱承载力之和。干式外包钢加固排架柱,柱顶在压力作用下的受剪承载力可按下式计算:

$$V \leqslant 0.12(0.5 - e_0/h)f_{\infty}A_{\infty} + 0.4A_{ah}f_{ah} - 0.25N \quad (5.1.4)$$

式中 f_{∞} ——原构件的混凝土轴心抗压强度设计值;
 A_{∞} ——原构件的截面面积;
 A_{ah} ——高度为柱宽的柱顶范围内计算方向的箍板截面面积的总和;
 f_{ah} ——箍板抗拉强度设计值;
 N ——作用于柱顶的轴向压力设计值;
 V ——柱顶剪力设计值。

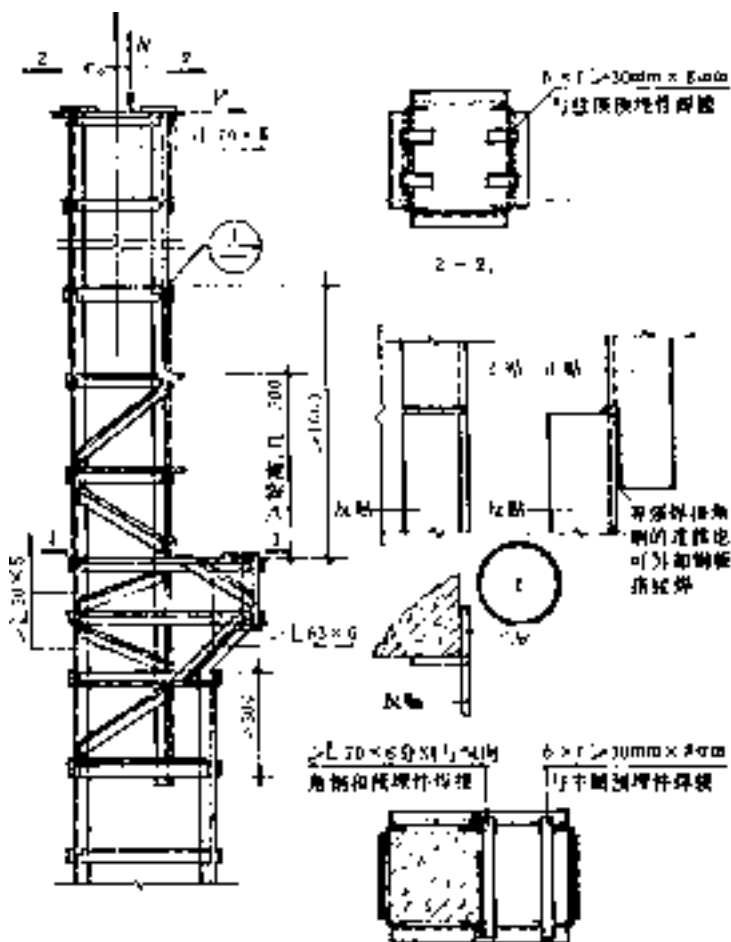


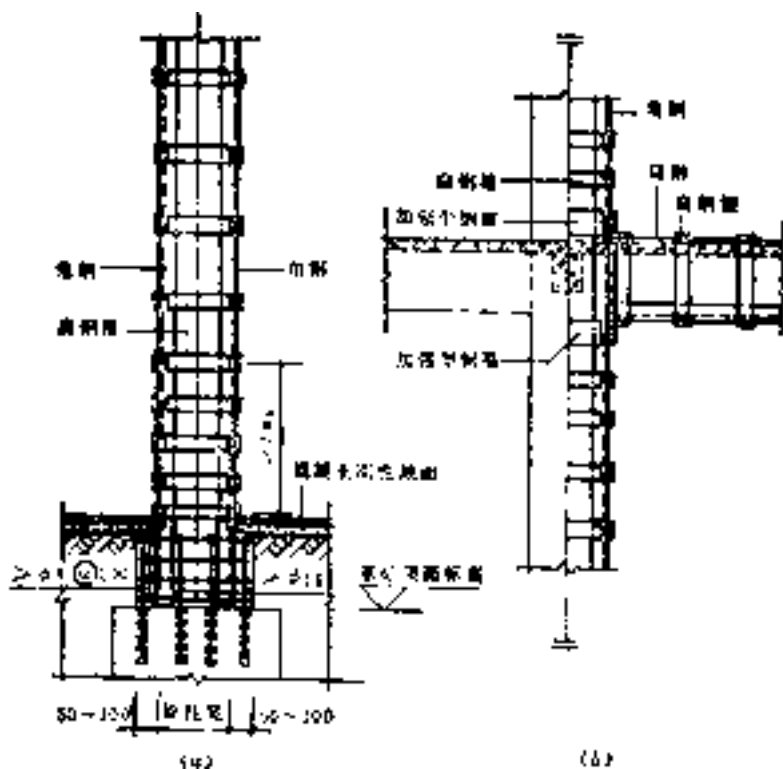
图 5.1.4 干式外包钢加固排架柱

- 注:① 缀板内填塞高标号砂浆;
 ② 纵向角钢可反贴到柱顶;
 ③ 中柱纵向角钢反贴。

第二节 构造规定

第 5.2.1 条 外包钢加固时,角钢厚度不应小于 3mm,也不宜大于 8mm;角钢边长,对于梁,不宜小于 50mm,柱不宜小于 75mm,对于桁架,不宜小于 50mm。沿梁、柱轴线应用扁钢箍或钢筋箍与角钢焊接。扁钢箍截面不应小于 $25\text{mm} \times 3\text{mm}$,其间距不宜大于 $20r$ (r 为单根角钢截面的最小回转半径),也不宜大于 500mm。钢筋箍直径不应小于 10mm,间距不宜大于 300mm。在节点区,其间距应适当减小。

第 5.2.2 条 外包型钢两端应有可靠的连接和锚固。对于外



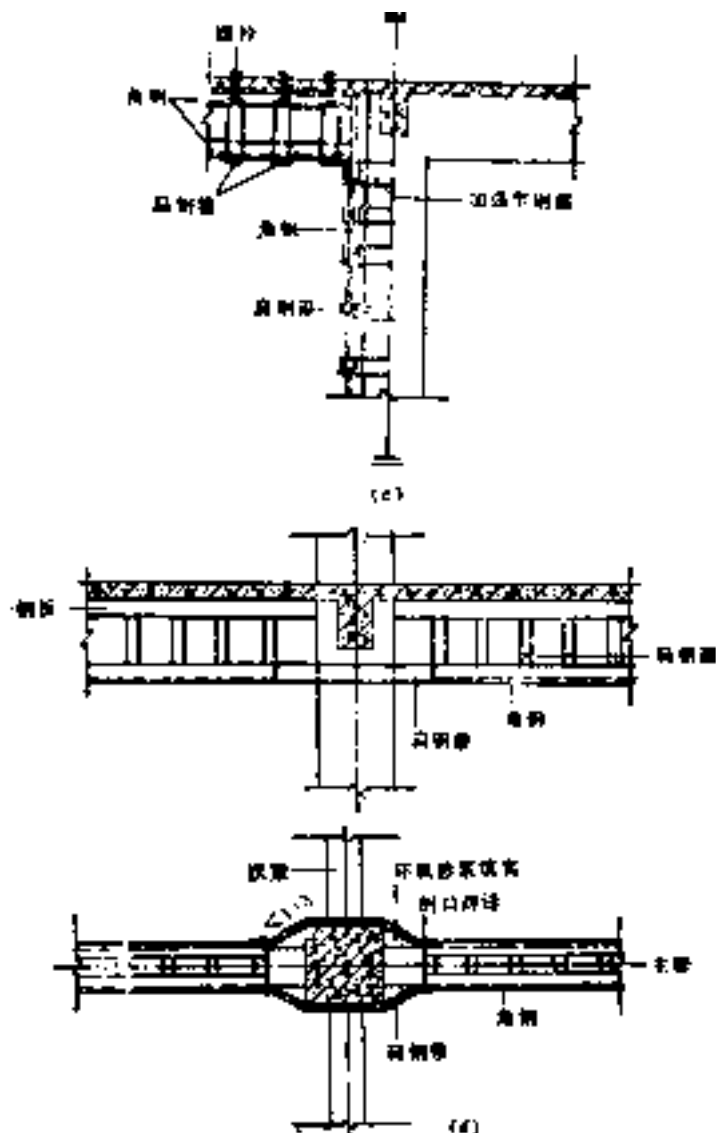


图 5.2.2 外包钢框架连接构造

(a)柱基节点;(b)楼层节点;(c)柱顶节点(d)梁受力扁钢带绕过柱外包连接。

包钢柱,角钢下端应视柱根弯矩大小伸到基础顶面(图 5.2.2a)或锚固于基础,中间穿过各层楼板(图 5.2.2b),上端伸至加固层的上层上端板底面或屋顶板底面(图 5.2.2c);对于外包框架梁或连系梁,梁角钢应与柱角钢相互焊接,或用扁钢带绕柱外包焊接(图 5.2.2d);对于桁架,角钢应伸过该杆件两端的节点,或设置节点板将角钢焊在节点板上。

第 5.2.3 条 当采用环氧树脂化学灌浆外包钢加固时,扁钢箍应紧贴混凝土表面,并与角钢平焊连接。当采用乳胶水泥浆粘贴外包钢加固时,扁钢箍可焊于角钢外面。乳胶的含量不应少于 5%,水泥一般采用 425 号硅酸盐水泥。

第 5.2.4 条 采用外包钢加固混凝土构件时,型钢表面宜抹厚 25mm 的 1:3 水泥砂浆保护层,亦可采用其他饰面防腐材料加以保护。

第 5.2.5 条 当采用型钢干式外包钢加固排架柱(图 5.1.4)时,应将加固型钢与原柱头顶部埋设件(承压钢板)相互焊接。对于二阶柱,上下柱交接、牛腿处,应予以加强。

第三节 施 工 要 求

第 5.3.1 条 当采用环氧树脂化学灌浆湿式外包钢加固时,应先将混凝土表面打磨平整,四角磨出小圆角,并用钢丝刷刷毛,用压缩空气吹净后,刷环氧树脂浆一薄层;然后将已除锈并用二甲苯擦净的型钢骨架贴附于梁、柱表面,用卡具卡紧、焊牢,用环氧胶泥将型钢周围封闭,留出排气孔,并在有利灌浆处粘贴灌浆嘴(一般在较低处设置),间距为 2~3m。待灌浆嘴粘牢后,通气试压,即以 0.2~0.4MPa 的压力将环氧树脂浆从灌浆嘴压入;当排气孔出现浆液后,停止加压,以环氧胶泥堵孔,再以较低压力维持 10min 以上方可停止灌浆。灌浆后不应再对型钢进行锤击、移动、焊接。

第 5.3.2 条 当采用乳胶水泥粘贴湿式外包钢加固时,应先

在处理好的柱角抹上乳胶水泥，厚约 5mm，立即将角钢粘贴上，并用夹具在两个方向将柱四角角钢夹紧，夹具间距不宜大于 500mm，然后将扁钢箍或钢筋箍与角钢焊接。必须分段交错施焊，整个焊接，应在胶浆初凝前完成。

第 5.3.3 条 采用干式型钢外包钢加固时，构件表面必须打磨平整，无杂物和尘土，角钢和构件之间宜用 1 : 2 水泥砂浆填实。施焊钢板（缀板）时，应用夹具夹紧角钢。用螺栓套箍时，拧紧螺帽后，宜将螺母与垫板焊接。

第六章 预应力加固法

第一节 计算方法

第 6.1.1 条 当用预应力水平拉杆加固钢筋混凝土梁时，宜按下述步骤进行设计计算。

一、预应力水平拉杆的截面面积 A_p ，可用下式进行估算：

$$\Delta M = A_p f_{py} h_{01} \quad (6.1.1-1)$$

式中 ΔM ——加固梁的跨中截面处受弯承载力需有的增量；

A_p ——预应力水平拉杆的总截面面积；

f_{py} ——预应力钢拉杆抗拉强度设计值；

h_{01} ——由被加固梁上缘到水平拉杆截面形心的垂直距离；

γ_1 ——经验系数，可取 0.85。

二、计算由于张拉预应力水平拉杆达到一定应力后，外荷载有所增大，在由水平拉杆和被加固梁组成的超静定结构体系中，水平拉杆产生的作用效应增量 ΔN ，可按结构力学的方法进行分析；几种荷载的综合效应等于各种荷载分别作用时的效应之和。

三、确定对水平拉杆施加的预应力值 σ_p ，并应满足下式要求：

$$\sigma_p + \Delta N / A_p < \beta_1 f_{py} \quad (6.1.1-2)$$

式中 σ_p ——水平拉杆施加的预应力值；

A_p ——实际选用的预应力水平拉杆总截面面积；

ΔN ——按二款算出的拉杆内的作用效应增量；

β_1 ——水平拉杆的协同工作系数，取 0.85。

四、按现行国家标准《混凝土结构设计规范》验算被加固梁在跨中和支座截面的偏心受压承载力，以及在支座附近的斜截面

受剪承载力。计算中将水平拉杆的作用效应作为外力，并在全部荷载作用下作偏心受压分析。若验算结果不能满足规范规定时，可加大拉杆截面或改用其他加固方案。

五、按采用的施加预应力方法，计算施工中需要的控制量。

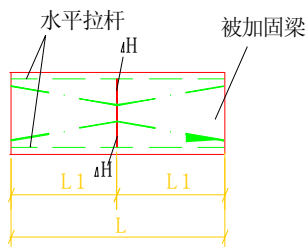
1. 采用两根预应力水平拉杆横向拉紧时，横向张拉量 ΔH （图 6.1.1），可按下式近似计算：

$$\Delta H = L_1 \sqrt{2\sigma_p / E_s} \quad (6.1.1-3)$$

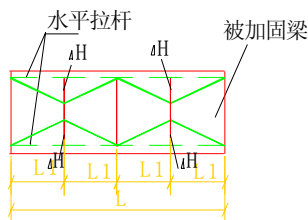
式中 ΔH ——横向张拉量；

L_1 ——张拉后的斜段在张拉前的长度；

E_s ——拉杆钢筋的弹性模量。



(a)



(b)

(a) 一点张拉 (b) 两点张拉

图 6.1.1 水平拉杆横向张拉量计算图

2. 采用千斤顶张拉水平拉杆时, 可用张拉力 $A'_p \sigma_p$ 或预加应力 σ_p 进行控制。

3. 采用电热法预加应力时, 宜按下式计算确定拉杆伸长量 ΔL 。

$$\Delta L = L\sigma_p/E_s + \Delta L_c + \Sigma a \quad (6.1.1-4)$$

式中 L ——水平拉杆的全长;

ΔL_c ——被加固梁偏心受压的缩短量;

Σa ——电热张拉后各缝隙压缩量之和。

第 6.1.2 条 当用预应力下撑式拉杆加固钢筋混凝土梁时, 宜按下述步骤进行设计计算。

一、预应力下撑式拉杆的截面面积 A_p , 可用下式进行估算:

$$\Delta M = A_p f_{py} z h_{02} \quad (6.1.2-1)$$

式中 A_p ——预应力下撑式拉杆的总截面面积;

f_{py} ——下撑式钢拉杆抗拉强度设计值;

h_{02} ——由下撑式拉杆中部水平段的截面形心到被加固梁上缘的垂直距离;

z ——经验系数, 可取 0.80。

二、计算由于张拉预应力下撑式拉杆达到一定应力 σ_p 后, 外荷载有所增大, 引起下撑式拉杆中部水平段中的作用效应增量 ΔN , 可按结构力学的方法进行分析; 几种荷载的综合效应等于各种荷载分别作用时的效应之和。

三、确定下撑式拉杆施加的预加应力值 σ_p , 并应满足下式要求:

$$\sigma_p + \Delta N/A_p < \beta_2 f_{py} \quad (6.1.2-2)$$

式中 β_2 ——下撑式拉杆的协同工作系数, 取 0.8。

四、按现行国家标准《混凝土结构设计规范》验算被加固梁在跨中和支座截面的偏心受压承载力, 以及由支座至拉杆弯折处的斜截面受剪承载力, 验算中将下撑式拉杆中的作用效应作为外力, 若验算结果不能满足规范规定时, 可加大拉杆截面或改用其

他加固方案。

五、按采用的施加预应力方法，确定施工中控制张拉时所需的控制量。

当采用两根预应力下撑式拉杆进行横向张拉时，可按下式计算横向张拉量 ΔH ：

$$\Delta H = L_2 / 2 \cdot \sqrt{2\sigma_p / E_s} \quad (6.1.2-3)$$

式中 ΔH ——中部拉杆的横向张拉量；

L_2 ——中部水平段的长度。

第 6.1.3 条 预应力组合式拉杆由水平拉杆与下撑式拉杆组合，其计算方法可参照第 6.1.1 条和第 6.1.2 条的内容进行。

第 6.1.4 条 当用预应力拉杆加固钢筋混凝土屋架时，宜按下述步骤进行设计计算：

一、计算在荷载组合作用下原屋架各杆件中的作用效应；

二、根据各杆件的作用效应、裂缝状况和屋架变形等确定预应力拉杆的加固布置方案；

三、选定预应力拉杆的截面面积 A_p 和施加的预应力值 σ_p ，并将 $\sigma_p A_p$ 视为外力作用，计算其在屋架各杆件中引起的作用效应；

四、按现行国家标准《混凝土结构设计规范》的规定验算屋架各杆件在最不利荷载组合（一、三款计算的作用效应叠加）作用下的杆件截面承载力、裂缝宽度或抗裂度以及屋架的整体变形，若验算结果不能满足规范规定时，可调整预应力拉杆的截面积或预加应力值，再重新验算；

五、预加应力的施工方法、锚夹具选用和施加预应力值的控制方法等，均可按照现行国家有关规范的规定执行，但应验算锚夹具锚固处的混凝土局部受压承载力。

第 6.1.5 条 当用预应力撑杆加固轴心变压的钢筋混凝土柱时，宜按下述步骤进行设计计算：

一、轴力计算：

1. 确定加固后需承受的最大轴心受压承载力 N ;
2. 按现行国家标准《混凝土结构设计规范》计算原钢筋混凝土柱的轴心受压承载力 N_0 ;

$$N_0 = \varphi (A_{\infty} f_{\infty} + A'_{so} f'_{yo}) \quad (6.1.5-1)$$

式中 N_0 ——原柱的轴心受压承载力;

φ ——原柱的稳定系数;

A_{∞} ——原柱的截面面积;

f_{∞} ——原柱的混凝土抗压强度设计值;

A'_{so} ——原柱的受压纵筋总面积;

f'_{yo} ——原柱的纵筋抗压强度设计值。

3. 计算需由撑杆承受的轴心受压承载力 N_1 ;

$$N_1 = N - N_0 \quad (6.1.5-2)$$

二、截面计算:

预应力撑杆的总截面面积可按下式计算:

$$N_1 \leq A'_p \beta_3 \varphi f'_{py} \quad (6.1.5-3)$$

式中 A'_p ——预应力撑杆的总截面面积;

β_3 ——撑杆与原柱的协同工作系数, 取 0.9;

f'_{py} ——撑杆钢材的抗压强度设计值。

预应力撑杆应采用双侧设压杆肢, 每一个压杆肢由两根角钢或一根槽钢构成。

三、承载力验算:

用预应力撑杆加固钢筋混凝土柱后, 其轴心受压承载力 N 可按下式验算:

$$N = \varphi (A_{\infty} f_{\infty} + A'_{so} f'_{yo} + \beta_3 A'_p f'_{py}) \quad (6.1.5-4)$$

若验算结果不满足规范规定时, 可加大撑杆截面面积, 再重新验算。

四、缀板计算:

缀板可按现行《钢结构设计规范》进行计算, 撑杆压肢或单根角钢在施工时不应失稳。

五、确定预加压应力值：

确定施工时的预加压应力值 σ'_p ，可按下式近似计算：

$$\sigma'_p \leq \varphi \beta_4 f'_{py} \quad (6.1.5-5)$$

式中 σ'_p ——施工时的预加压应力值；

φ ——用横向张拉法时，压杆肢的稳定系数，其计算长度取压杆肢全长之半，用顶升法时，取撑杆全长按格构压杆计算其稳定系数；

β_4 ——经验系数，取 0.75。

六、按采用的施加预应力方法，计算施工中的控制量：

1. 当用千斤顶、楔子等进行竖向顶升安装撑杆时，顶升量 ΔL 可按下式计算：

$$\Delta L = L \sigma'_p / (\beta_5 E_a) + \alpha \quad (6.1.5-6)$$

式中 E_a ——撑杆钢材的弹性模量；

L ——撑杆的全长；

α ——撑杆端顶板与混凝土间的压缩量，取 2~4mm；

β_5 ——经验系数，取 0.90。

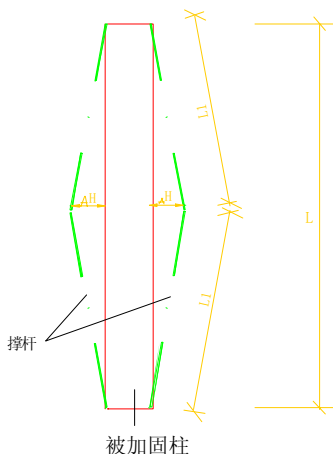


图 6.1.5 预应力撑杆横向张拉量计算图

2. 当用横向张拉法 (图 6. 1. 5) 安装撑杆时, 横向张拉量 ΔH 按下式近似计算:

$$\Delta H = L/2 \cdot \sqrt{2\sigma_p / (\beta_5 E_a)} + a \quad (6. 1. 5-7)$$

实际弯折撑杆肢时宜将长度中点处的横向弯折量, 根据撑杆的总高度取为 $\Delta H + 3 \sim 5 \text{mm}$, 施工中只收紧 ΔH , 以确保撑杆处于预压状态。

第 6. 1. 6 条 当用单侧预应力撑杆加固弯矩不变号的偏心受压钢筋混凝土柱时, 宜按下述步骤进行设计计算:

一、偏心受压荷载计算:

1. 确定此柱加固后需承受的最不利偏心受压荷载——轴向力 N 和弯矩 M ;

2. 先试用两根较小的角钢或一根槽钢作撑杆肢, 其有效受压承载力取 $0.9f'_{py}A'_{p1}$;

3. 根据静力平衡条件, 原柱加固后需承受的偏心受压荷载为:

$$N_{01} = N - 0.9f'_{py}A'_{p1}$$

$$M_{01} = M - 0.9f'_{py}A'_{p1} \cdot a/2$$

二、偏心受压柱加固后承载力验算:

1. 按现行国家标准《混凝土结构设计规范》对原柱截面偏心受压承载力进行验算:

$$N_{01} \leq f_{cm} b_0 X_0 + f'_{yo} A'_{so} - \sigma_{so} A_{so} \quad (6. 1. 6-1)$$

$$N_{01} e \leq f_{cm} b_0 X_0 (h_0 - X_0/2) + f'_{yo} A'_{so} (h_0 - a'_{so}) \quad (6. 1. 6-2)$$

式中

$$e = e_0 + h/2 - a_{so}$$

$$e_0 = M_{01} / N_{01}$$

f_{cm} ——原柱的混凝土弯曲抗压强度设计值;

b_0 ——原柱的宽度;

X_0 ——原柱的混凝土受压区高度;

A'_{so} 和 A_{so} ——原柱受压和受拉纵筋的截面面积;

σ_{so} ——原柱受拉纵筋的应力；

e ——轴向力作用点至原柱受拉纵筋的合力点之间的距离；

a'_{so} ——受压纵筋合力点至受压区边缘的距离。

2. 当原柱偏心受压承载力不满足上述要求时，可加大撑杆截面面积，再重新验算。

三、缀板计算：

缀板的设计应符合现行国家标准《钢结构设计规范》的有关规定。撑杆肢或角钢在施工时不得失稳。

四、确定施工时的预加应力值：

施工时，撑杆的预加压应力值 σ'_p 宜取为 $50 \sim 80 \text{ N/mm}^2$ 。

五、计算横向张拉量：

横向张拉量 ΔH 的计算和要求参照第 6.1.5 条六款进行。

第 6.1.7 条 当用双侧预应力撑杆加固弯矩需变号的偏心受压钢筋混凝土柱时，可接受压荷载较大一侧用单侧撑杆加固的步骤进行计算，角钢截面面积应满足柱加固后需承受的最不利偏心受压荷载，柱的另一侧用同规格的角钢组成压杆肢，使撑杆的两侧截面对称。

缀板设计，预加压应力值 σ_p 的确定和施工时的横向张拉量 ΔH 或竖向顶升量 ΔL 的计算可参照第 6.1.5 条和第 6.1.6 条进行。

第二节 构造规定

第 6.2.1 条 采用预应力拉杆进行加固时，可用机张法，电热法或横向张拉法施工。用机张法或电热法时的有关构造要求，除本规范有规定者外，尚应符合混凝土结构设计、施工及验收规范中的有关规定；用横向张拉法施工时的构造，则应遵守下列有关构造规定：

一、当用预应力水平拉杆或下撑式拉杆加固梁，加固的张拉力较小（一般在 150 kN 以下）时，可选用两根直径为 $12 \sim 30 \text{ mm}$ 的 I 级钢筋；若加固的预应力较大，也可采用 II 级钢筋，被加固

梁截面高度大于 600mm 时则可采用型钢拉杆。

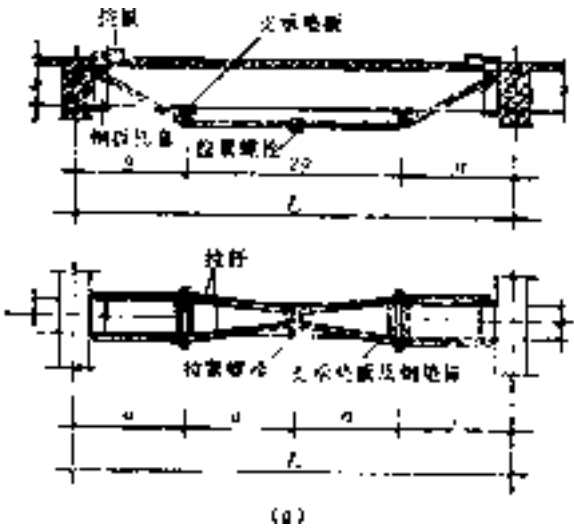
当用预应力拉杆加固屋架时，可用Ⅱ级、Ⅲ级、精轧螺纹钢筋、碳素钢丝、钢绞线等高强度钢材。

二、预应力水平拉杆或预应力下撑式拉杆中部的水平段距离被加固梁或加固屋架的下缘的净空一般不应大于 100mm，以 30～80mm 为宜。

三、预应力下撑式拉杆的布置见图 6.2.1 (a)，其斜段宜紧贴在被加固梁的梁肋两旁。下撑式拉杆弯折处的构造如图 6.2.1 (b) 所示，在被加固梁下应设厚度不小于 10mm 的钢垫板，其宽度宜与被加固梁宽相等，而沿梁跨度方向的长度应不小于板厚的 4 倍，钢垫板下设直径不小于 20mm 的钢垫棒，其长度不得小于被加固梁宽加 2 倍拉杆直径再加 40mm，钢垫板宜用胶固定位置，钢垫棒可用点焊固定位置。

四、预应力拉杆端部的锚固构造：

1. 被加固构件端部有传力预埋件可利用时，可将预应力拉杆与传力预埋件焊接，通过焊缝传力。



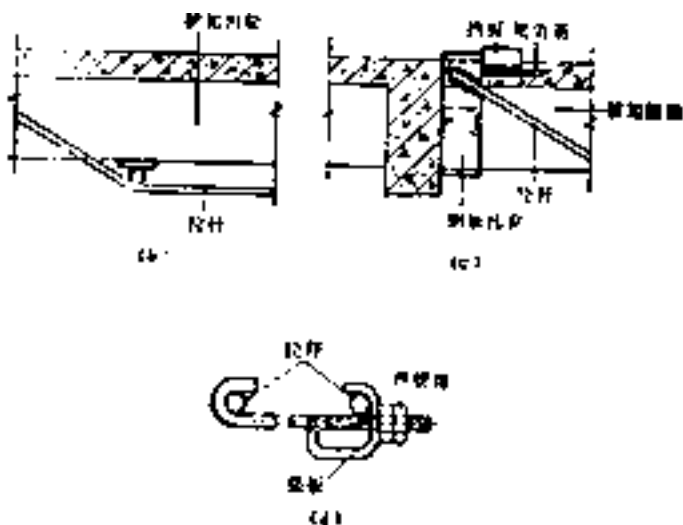


图 6.2.1 预应力下撑式拉杆加固构造图

2. 如无传力预埋件时，宜焊制专门的钢托套，套在混凝土构件上与拉杆焊连。钢托套可用型钢焊成，也可用钢板加焊加劲肋，如图 6.2.1 (c) 所示。钢托套与混凝土构件间的空隙，应用细石混凝土或砂浆填塞密实。钢托套对构件混凝土的局部受压承载力应经验算合格。

不论用何种构造，必须注意保证其传力可靠，且不得发生任何移动。

五、横向张拉通过拧紧螺栓的螺帽流行。拉紧螺栓的直径不得小于 16mm，其螺帽的高度则不得小于螺杆直径的一倍半。拉紧螺栓及其附件的构造，加图 6.2.1 (d) 所示。

第 6.2.2 条 采用预应力撑杆进行加固时，应遵守下列构造规定：

一、预应力撑杆用角钢的截面不应小于 $50\text{mm} \times 50\text{mm} \times$

5mm，压杆肢的两根角钢用缀板连接，形成槽形的截面。也可用单根槽钢作压杆肢。缀板的厚度不得小于 6mm，其宽度不得小于 80mm，其长度要考虑角钢与被加固柱之间的空隙大小而确定。相邻缀板间的距离应保证单个角钢的长细比不大于 40。

二、压杆肢末端的传力构造如图 6.2.2—1 所示。压杆肢的两根角钢与顶板（平行于缀板而较厚）间通过焊缝传力，顶板与承压角钢之间则通过抵承传力。承压角钢宜嵌入被加固柱的柱身混凝土或柱头混凝土内 25mm 左右。传力顶板宜用厚度不小于 16mm 的钢板，其与角钢肢焊连的板面及与承压角钢抵承的面均应刨平。承压角钢截面不得小于 $100\text{mm} \times 75\text{mm} \times 12\text{mm}$ 。为使撑杆压力能较均匀地传递，可在承压角钢之上或其外侧再加钢垫板。

三、当预应力撑杆采用螺栓横向拉紧的施工方法时，双侧加固的撑杆的两个压杆肢中部向外折弯，在弯折处拉紧螺栓头建立预应力（图 6.2.2—2）。单侧加固的撑杆只有一个压杆肢，仍在中点处折弯，并采用螺栓进行横向张拉（图 6.2.2—3）。

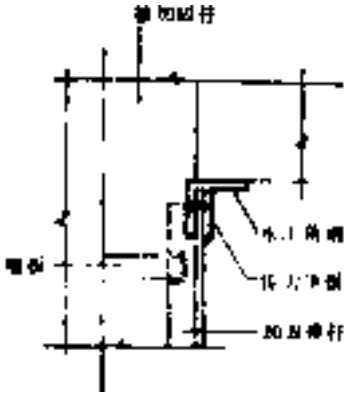


图 6.2.2—1 撑杆端传力构造图

四、弯折压杆肢之前，需在角钢的侧立肢上切出三角形缺口。角钢截面因此受到削弱，应在角钢正平肢上补焊钢板予以加

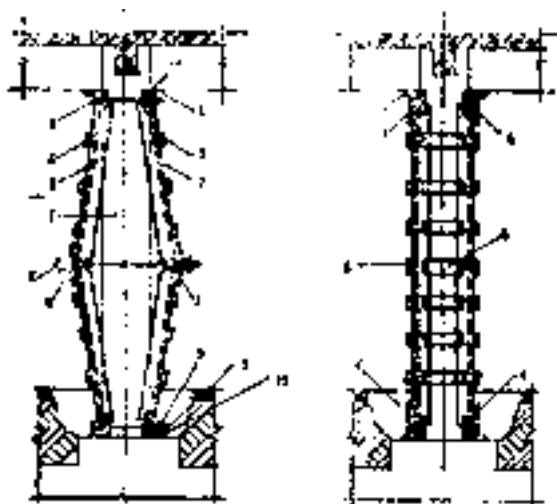


图 6.2.2—2 钢筋混凝土柱双侧预应力加固撑杆结构

- 1——被加固构件；2——加固撑杆角钢；3——传力角钢；4——传力顶板；
 5——撑杆连接板；6——安装撑杆后焊在两撑杆间的连接板；7——拉紧螺栓；
 8——拉紧螺栓垫板；9——安装用拉紧螺栓；10——凿掉混凝土表层，用水泥砂浆找平

强，如图 6.2.2—4 所示。

五、拉紧螺栓的直径不应小于 16mm，其螺帽高度不应小于螺杆直径的 1.5 倍。

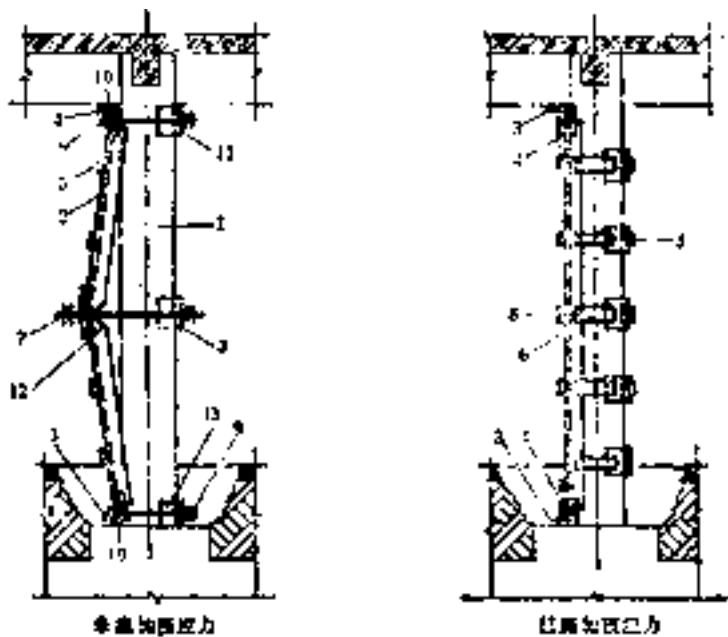


图 6.2.2—3 钢筋混凝土柱单侧预应力加固撑杆结构

1——被加固构件； 2——角钢加固撑杆； 3——传力角钢； 4——传力板； 5——连接板； 6——安装撑杆后，由侧边焊上的连接板； 7——拉紧螺栓； 8——拉紧螺栓垫板； 9——安装用拉紧螺栓； 10——凿掉混凝土表层后铺上水泥砂浆； 11——固定箍的角钢； 12——角钢已切掉侧面翼缘的地方； 13——安装螺栓的垫板

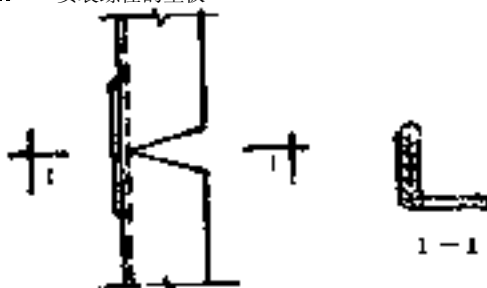


图 6.2.2—4 角钢缺口处加强图

第三节 施 工 要 求

第6.3.1条 采用预应力拉杆加固时，其预加应力的施工方法宜根据工程条件和需加预应力的大小选定。预应力较大时宜用机张法或用电热法。预应力较小（在150kN以下），且工厂要求不停产时，则宜用横向张拉法。

第6.3.2条 采用预应力拉杆进行加固，当采用机张法或电热法施工时，则应遵守现行有关的施工与验收规范的规定；当采用横向张拉法时，应遵守下列施工规定：

一、钢托套、锚具等部件应在施工现场附近焊制存放；拉杆应在施工现场尽量调直，然后进行装配与横向张拉。

二、预应力拉杆端部的传力结构质量很重要，应要求有施工记录、检查记录，即检查锚具附近细石混凝土的填灌、钢托套与原构件间空隙的填塞，拉杆端部与预埋件或钢托套的连接焊缝等，并详细记录施工日期、负责施工和负责质量检查人员、质量检查结果、试验数据等等。预加应力的施工应在质量检查合格后进行。

三、横向张拉量控制，可先适当拉紧螺栓，再逐渐放松，至拉杆仍基本上平直而并未松弛弯垂时停止放松；记录这时的有关读数，作为控制横向张拉量 ΔH 的起点。

四、横向张拉分一点张拉或两点张拉。两点张拉应用两个拉紧螺栓同步旋紧，在中间设有撑棍使该处拉杆间距不变，如图6.3.2所示。

用两点张拉时，需使撑棍左右布置对称，应用同样的扳手同步旋紧螺栓，且两只扳手的转数应彼此相等。

五、当横向张拉量达到要求后，宜用点焊将拉紧螺栓上的螺帽固定，切除栓杆伸出螺帽以外部分，然后涂防锈漆或设防火保护层。

六、防火保护层的一般作法是：用直径1.5~2mm的软钢丝

缠绕加固后的拉杆及附件，或用钢丝网包裹构件，然后抹水泥砂浆保护层，其厚度不宜小于 **30mm**。若环境条件有较强腐蚀作用，可在水泥砂浆保护层外再涂防侵蚀的特种油漆或涂料。

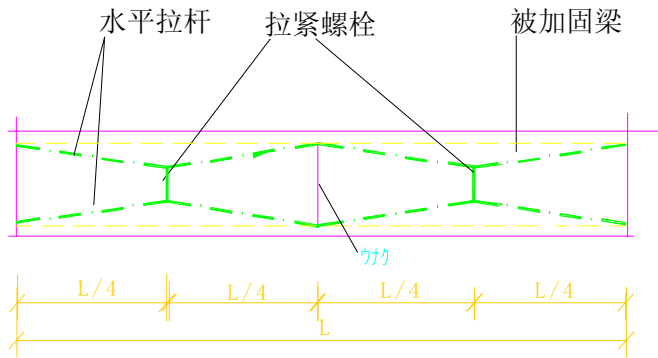


图 6.3.2 同步对称张拉图

第 6.3.3 条 预应力撑杆加固，宜用横向张拉法，施工时应遵守下列规定：

一、宜在施工现场附近，先用缀板焊连两个角钢，形成压杆肢。然后在压杆肢中点处，将角钢的侧立肢切割出三角形缺口，弯折成所设计的形状；再将补强钢板弯好，焊在弯折后角钢的正平肢上。

二、撑杆末端处角钢（及其垫板）与构件混凝土间的嵌入深度、传力焊缝的施焊工艺数据、焊工及检查人员、质量检查结果等均应有记录，检查合格后，将撑杆两端用螺栓临时固定，然后进行填灌。传力处细石混凝土或砂浆填灌的施工日期、负责施工及负责检查人员、有关配合比及试块试验数据，施加预应力时混凝土的龄期等均要有检查记录。施工质量经检查合格后，方可进行横向张拉。

三、预应力撑杆的横向张拉量应按计算结果认真进行控制。横向张拉法同第 6.3.2 条四款。

四、横向张拉完后，应用连接板焊连双侧加固的两个压杆肢，

单侧加固时用连接板焊连在被加固柱另一侧的短角钢上，以固定压杆肢的位置。焊接连接板时应防止预压应力因施焊时受热而损失；可采取上下连接板轮流施焊或同一连接板分段施焊等措施来防止预应力损失，焊好连接板后，撑杆与被加固柱之间的缝隙，应用砂浆或细石混凝土填塞密实。

五、加固的压杆肢、连接板、缀板和拉紧螺栓等均应涂防护漆或按设计做防火保护层。

第七章 改变结构传力途径加固法

第一节 计 算 方 法

第 7.1.1 条 增设支点加固法的支柱（或支撑）所受的外力应根据被加固梁、板是否预加支承力，分别按两种情况计算。对于有预加力时，支承预加力可视作外力计算，预加力的大小以支点处梁（板）上表面不出现裂缝和不增设附加钢筋为宜，对于无预加力时，梁（板）所能传给支点的力，一般只是其后所增加的荷载。

第 7.1.2 条 对于用刚性支点加固梁（板）时，结构计算应按下列步骤进行：

一、计算并绘制加固前原梁的内力图；

二、初步确定预加力，并绘制在支点预加力作用下梁的内力图；

三、绘制加固后梁在新增荷载及加固时卸除的荷载作用下的内力图；

四、将上述内力图迭加，绘出梁各截面内力包络图；

五、计算梁各截面实际承载力；

六、调节预加力值，使梁各截面最大内力值小于截面实际承载力；

七、根据支点的最大支点反力，设计支撑结构。

第 7.1.3 条 对于弹性支点加固梁时，应先计算出所需支点弹性反力的大小，然后根据此力确定支承结构所需的刚度，具体步骤如下：

一、计算并绘制原梁的内力图；

二、绘制原梁在新增长荷载下的内力图；

三、确定原梁所需要的卸荷值，并由此求出相应的弹性支点反力值 R ；

四、根据所需弹性支点反力 R 及支承结构类型，计算支承结构所需要的刚度；

五、根据所需要的刚度确定支承结构截面尺寸。

第 7.1.4 条 托梁拔柱法应根据结构的实际受力情况，按照下列程序进行计算：

一、计算拔柱前原结构内力；

二、将被拔柱所受竖向力全部转由托架承受，并以此进行托架设计；将被拔柱所受的水平力全部转由侧向支撑承受，并以此设计侧向支撑；

三、按托梁拔柱后新的荷载传递途径计算结构内力；

四、根据托梁拔柱后计算所得内力，对有关柱子及地基基础进行加固设计；

五、根据具体施工方案和实际受力情况，对结构在施工阶段的强度和稳定进行验算。

第二节 构造规定

第 7.2.1 条 增设支点加固法所增设的支柱、支撑与被支撑的钢筋混凝土梁间应有可靠连接。支柱、支撑上端与梁间可采用下列构造：

一、湿式连接：

对于钢筋混凝土支柱、支撑，可采用钢筋混凝土套箍湿式连接（图 7.2.1a、b），被连接部位梁混凝土保护层应全部凿掉，露出箍筋；起连接作用的 Π 型钢筋套箍和 Γ 型连接筋，应卡住整个梁截面并与支柱受力筋焊接； Γ 型连接筋本身亦应成对焊接。套箍或连接筋直径应由计算确定，一般不应小于 2 根直径为 10mm 的钢筋。节点后浇混凝土的强度等级，不应低于 C25。

二、干式连接：

对于型钢支柱、支撑，可采用型钢套箍干式连接（图 7.2.1 c、d）。

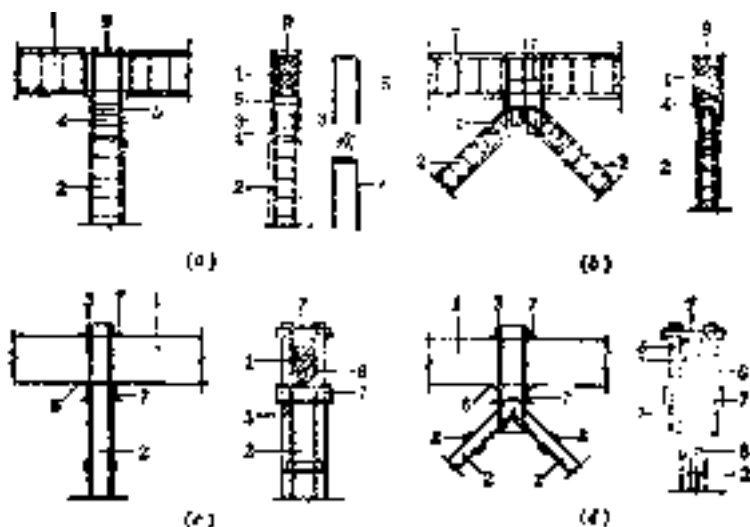


图 7.2.1 支柱、支撑上端与梁的连接构造

(a) 混凝土支柱；(b) 混凝土斜撑；

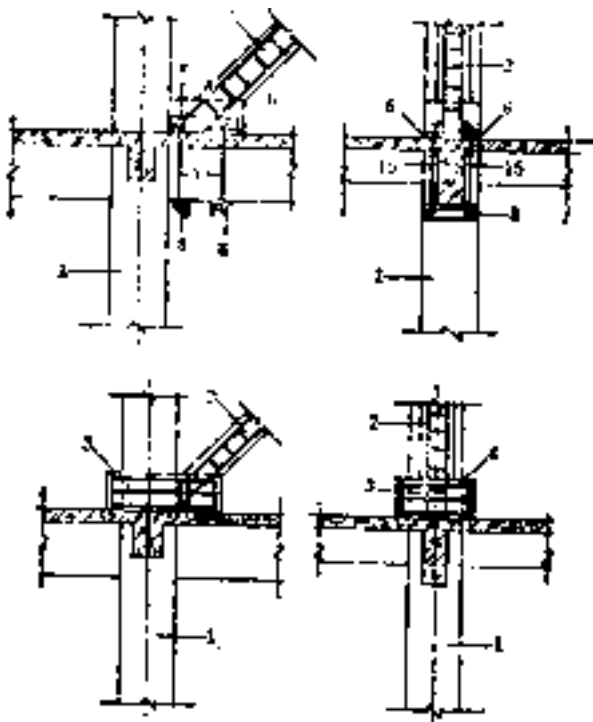
(c) 钢支柱；(d) 斜钢支撑

1——被加固梁； 2——增设的支柱（或支撑）； 3——焊接； 4——浇注混凝土； 5——套箍； 6——水泥砂浆座浆； 7——型钢套箍； 8——连接钢板； 9——凿去保护层，配置钢筋后重新浇注混凝土

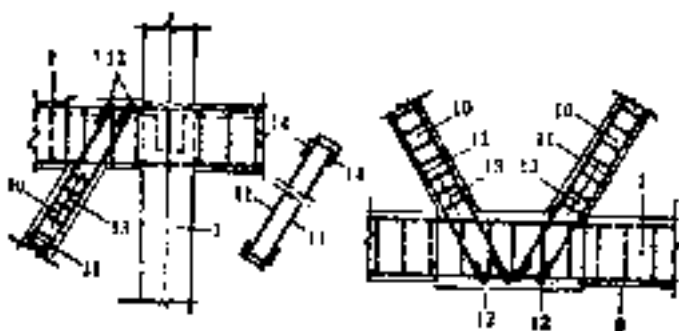
第 7.2.2 条 增设支点加固法所增设的支柱、支撑下端的连接，当为直接支撑于基础时，可按一般地基基础构造进行处理；当斜支撑底脚以梁、柱为支承时，可采用以下构造：

一、对于钢筋混凝土支撑，可采用湿式钢筋混凝土包套连接〔图 7.2.2 (A)〕，其中受拉支撑，受拉主筋应绕过上、下梁（柱），并采用焊接；

二、对于钢支撑，可采用型钢套箍干式连接〔图 7.2.2 (B)〕。

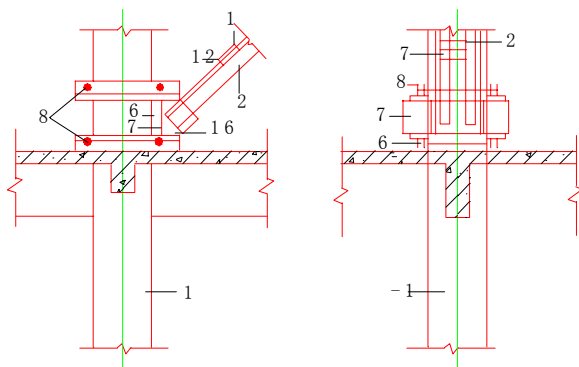


(a) 受压支撑

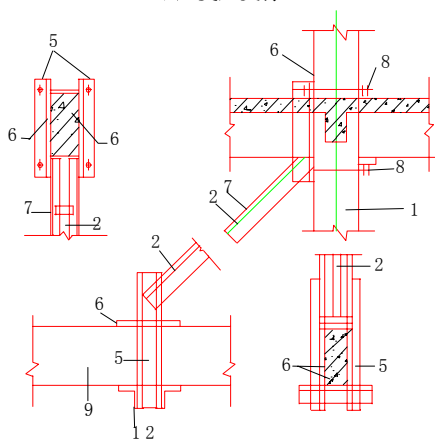


(b) 受拉支撑

(A) 湿式钢筋混凝土包套连接



(a) 受压支撑



(b) 受拉支撑

(B) 干式型钢套箍连接

图 7.2.2 支撑底脚与梁柱的连接构造

- 1——原结构； 2——增设的支撑； 3——钢筋混凝土套箍；
 4——钢筋箍； 5——型钢箍； 6——水泥砂浆座浆；
 7——连接钢板； 8——螺栓、型钢套箍； 9——被加固梁；
 10——拉撑； 11——拉筋； 12——焊接； 13——箍筋；
 14——加长弯钩； 15——锚固螺栓； 16——节点板

第三节 施 工 要 求

第 7.3.1 条 采用预加力增设支点加固时,除直接卸除梁、板荷载外,预加力应采用测力计控制。若仅采用打入钢楔以变形控制,应先进行试验,在确知支撑力 N 与变位 Δ 关系后,方可应用。

第 7.3.2 条 增设支点若采用湿式连接,在节点处梁及支柱与后浇混凝土的接触面,应进行凿毛,清除浮渣,洒水湿润,一般以微膨胀混凝土浇注为宜。若采用型钢套箍干式连接,型钢套箍与梁接触面间应用水泥砂浆座浆,待型钢套箍与支柱焊牢后,再用较干硬砂浆将全部接触缝隙塞紧填实;对于楔块顶升法,顶升完毕后,应将所有楔块焊连,再用环氧砂浆封闭。

第 7.3.3 条 托梁拔柱前应根据结构特点和现场条件,编制包括下列内容的施工组织设计:

一、屋盖系统检查和加固处理。对原有屋盖系统的屋面板及其搁置点、屋架及其端部、屋盖支撑系统等均应进行全面检查,凡不符合规定者应先进行加固处理。

二、设置临时支柱。根据现场情况,可在待拔柱旁设置安装井架或利用原柱牛腿设置临时支承短柱,也可利用原有吊车设置顶升井架。若采用无支撑托梁拔柱,则需在待拔小柱上打出穿入托架弦杆的孔洞;若采用保留上柱的双托梁方案,则应在安放托架的相应部位设置反牛腿。

三、根据设计,加工制作新增托架或托梁。

四、加固旁柱及地基基础,增设支承托架牛腿。

五、顶升屋架,支承固定于临时支柱。

六、切断上部短柱一段,安装托架。

七、顶升屋架,转换安放固定于托架。对于双托梁方案或无支撑方案,则应通过反牛腿或临时反牛腿顶升上柱将屋盖荷载完全转移至托架后固定,作好屋架与托架的连接施工。

八、拆除待拔柱和临时支柱。

第八章 施工安全与工程验收

第一节 施 工 安 全

第 8.1.1 条 结构加固工作开始前，特别是对所有受力状态下进行焊接加固的结构，应采取卸荷或支顶措施，以保证施工安全。

第 8.1.2 条 托梁拔柱施工过程中应采取下列安全措施。

一、检查或加设支撑应确保顶升时屋架的平面稳定。

二、顶升屋盖结构时，全部千斤顶应同步工作。

三、顶起屋架后，拆柱安托架过程中，应设置防止千斤顶回落的安全装置（图 8.1.2）。

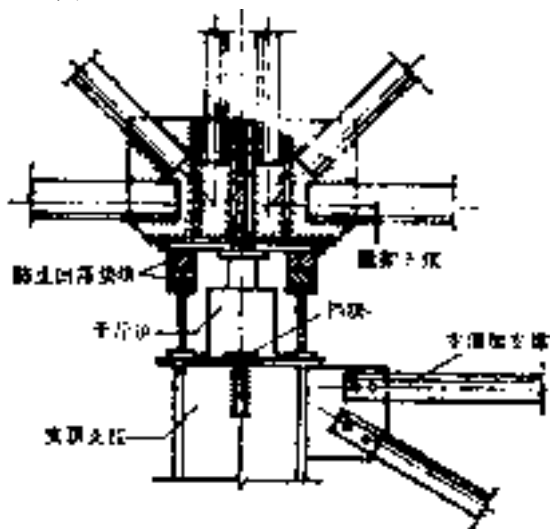


图 8.1.2 防止回落装置图

四、应采取措施保证顶升后临时支柱的侧向稳定。

第 8.1.3 条 采用化学灌浆施工时，应采取以下安全措施：

一、配制化学浆液的易燃原料，应密封储存，远离火源。

二、在配制及使用场地，必须通风良好，操作人员应穿工作服、戴防护口罩、乳胶手套和眼镜，并严禁在现场进食。

三、工作场地应严禁吸烟、明火取暖，并必须配备消防设施。

第 8.1.4 条 对于钢筋混凝土及钢结构工程施工时的安全技术、劳动保护、防火等，必须符合有关规定。

第二节 工 程 验 收

第 8.2.1 条 工程验收除应满足《混凝土工程施工及验收规范》和《钢结构施工及验收规范》及其他有关规范的要求外，尚应符合本规范的规定。

第 8.2.2 条 对原材料、半成品的质量标准和试验方法，凡本规范有规定者，应按照执行；无规定者，应按有关现行的国家标准、部颁标准执行。

第 8.2.3 条 现场使用的混凝土、砂浆强度及钢材性能，应按工程项目取样进行检验，试验报告资料应齐全，并应符合设计要求。

第 8.2.4 条 采用钢筋混凝土加固结构时，混凝土应振捣密实，应无蜂窝、孔洞、裂缝等现象；若对加固混凝土质量有怀疑时，可采用回弹法、超声回弹综合法、钻芯法等进行质量检验。

第 8.2.5 条 采用钢材焊接加固结构时，焊缝应无漏焊、气泡、裂缝、咬肉等缺陷；连接可靠，结合紧密、保证共同工作。

第 8.2.6 条 对预应力法加固结构的钢拉杆，其预应力值应符合设计要求。预加应力值应采用有效的仪表进行量测检验，张拉量可用实测方法检查。

第 8.2.7 条 采用托梁拔柱法时，相邻柱的偏移、基础沉降、

屋架倾斜等不得超过有关现行规范的规定。

第 8.2.8 条 经质量检验或试验，加固工程的质量满足本规范及有关现行规范的规定时，方能认可验收。

附录一 构件外部粘钢加固法

一、适用范围：

1. 本加固法适用于承受静力作用的一般受弯及受拉构件。

2. 本加固法以环境温度不超过 60°C ，相对湿度不大于 70%，及无化学腐蚀的使用条件为限，否则应采取有效防护措施。

3. 本技术所用粘结剂，目前暂以国产 JGN I 型、II 型等建筑结构胶为准，对于其他胶种，当有充分试验依据且性能满足使用要求时亦可采用。

4. 当构件混凝土强度等级低于 C15 时，不宜采用本法进行加固。

二、材料规定：

1. 加固所用粘结剂，必须是粘结强度高、耐久性好、具有一定弹性。目前所用的 JGN 建筑结构胶，其各项强度指标可按附表 1.1 采用。

JGN 结构胶的粘结强度

附表 1.1

被粘基层材料种类	破坏特征	抗剪强度 (MPa)			轴心抗拉强度 (MPa)		
		试验值 (f_v)	标准值 (f_{vk})	设计值 (f_v)	试验值 (f_t)	标准值 (f_{tk})	设计值 (f_t)
钢——钢	胶层破坏	≥ 18	9	3.6	≥ 33	16.5	6.6
钢——混凝土	混凝土破坏	$\geq f_v$	f_{vk}	f_{ev}	$\geq f_t$	f_{tk}	f_{et}
混凝土——混凝土	混凝土破坏	$\geq f_v$	f_{vk}	f_{ev}	$\geq f_t$	f_{tk}	f_{et}

混凝土抗剪强度 (MPa)

附表 1.2

混凝土强度等级 强 度 名 称	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60
试验值 (f_{cv})	2.25	2.70	3.15	3.55	3.90	4.30	4.65	5.00	5.30	5.60
标准值 f_{cvk}	1.70	2.10	2.50	2.85	3.20	3.50	3.80	3.90	4.00	4.10
设计值 f_{ev}	1.25	1.75	1.80	2.10	2.35	2.60	2.80	2.90	2.95	3.10

2. 混凝土的抗剪强度试验值 f_{cv}^o 、标准值 f_{cvk} 及设计值 f_{ev} ，按附表 1.2 采用；混凝土的轴心抗拉强度标准值 f_{ctk} 及设计值 f_{ct} 按现行国家标准《混凝土结构设计规范》规定采用。

3. 加固用钢板，一般以 3 号钢或 16 锰钢为宜。钢板、连接螺栓及焊缝的强度设计值，应按现行国家标准《钢结构设计规范》规定采用。

三、设计规定和计算方法：

1. 受弯构件正截面受拉区加固，可采取在受拉区表面粘结钢板方法，如附图 1.1。此时，截面受弯承载力计算，可按照现行国家标准《混凝土结构设计规范》规定进行，其受压区高度可按下列式确定：

$$f_{yo}A_{so} + f_{ay}A_a - f'_{yo}A'_{so} = f_{cmo}b_oX \quad (\text{附 } 1.1)$$

式中 f_{yo} ——原构件纵向钢筋抗拉强度设计值；

A_{so} ——原构件纵向受拉钢筋截面面积；

f_{ay} ——加固钢板抗拉强度设计值；

A_a ——加固钢板截面面积；

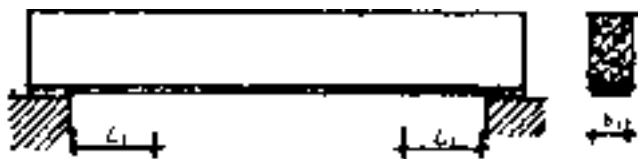
f'_{yo} ——原构件纵向受压钢筋抗压强度设计值；

A'_{so} ——原构件纵向受压钢筋截面面积；

f_{cmo} ——原构件混凝土弯曲抗压强度设计值；

X ——混凝土受压区高度；

b_0 ——原构件的宽度。



附图 1.1 正截面受拉区粘钢加固示意

2. 受拉钢板在其加固点外的锚固粘结长度 L_1 ，按下式确定：

$$L_1 \geq 2f_{ay}t_a/f_{cv} \quad (\text{附 } 1.2)$$

式中 t_a ——受拉加固钢板厚度；

f_{cv} ——被粘混凝土抗剪强度设计值。

3. 若钢板粘结长度无法满足第 2 条规定，可在钢板的端部锚固区粘结 U 型箍板（附图 1.2），此时，锚固区的长度应满足下列规定：

当 $f_{vb1} \leq 2f_{cv}L_u$ 时：

$$f_{ay}A_a \leq 0.5f_{cv}b_1L_1 + 0.7nf_{vb1}b_u \quad (\text{附 } 1.3-1)$$

当 $f_{vb1} > 2f_{cv}L_u$ 时：

$$f_{ay}A_a \leq (0.5b_1L_1 + nb_uL_u) f_{cv} \quad (\text{附 } 1.3-2)$$

式中 n ——每端箍板数量；

b_u ——箍板宽度；



附图 1.2 梁端增设 U 型箍板锚固

L_u ——箍板单肢的梁侧混凝土的粘结长度；

f_v ——钢与钢粘接抗剪强度设计值，按附表 1.1 取用。

4. 当构件斜截面受剪承载力不足时，可按附图 1.3 所示方法粘接并联 U 型箍板进行加固。此时斜截面受剪承载力按下式计算：

$$V \leq V_0 + 2f_{ay}A_{a1}L_u/S \quad (\text{附 1.4—1})$$

同时，必须满足以下条件：

$$L_u/S \geq 1.5 \quad (\text{附 1.4—2})$$

式中 V ——斜截面剪力设计值；

V_0 ——原构件斜截面受剪承载力设计值；

A_{a1} ——单肢箍板截面面积；

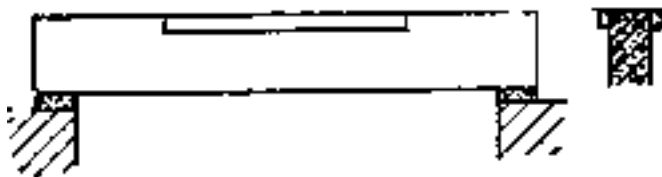
S ——箍板轴线间距。



附图 1.3 受剪箍板锚固

5. 受弯构件正截面受压区加固，可在受压区梁两侧粘结钢板（附图 1.4）。此时，梁截面承载力计算，可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》规定进行，其受压区高度按下式确定：

$$f_{y0}A_{s0} - f'_{y0}A'_{s0} - f'_{ay}A'_a = f_{cm0}b_0X \quad (\text{附 1.5})$$

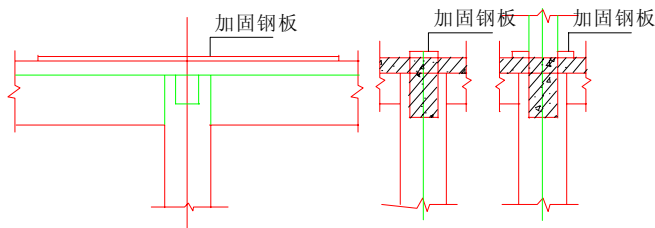


附图 1.4 受压区粘钢加固示意

式中 f'_{ay} ——加固钢板抗压强度设计值；

A'_a ——加固钢板截面面积。

6. 连续梁支座处负弯矩受拉区的加固，应根据该区段有无障碍物，分别采用不同的粘钢方法，如附图 1.5 所示，其截面承载力可参照上述各条规定进行计算。



附图 1.5 连续梁支座区上表面粘钢加固示意

四、构造规定：

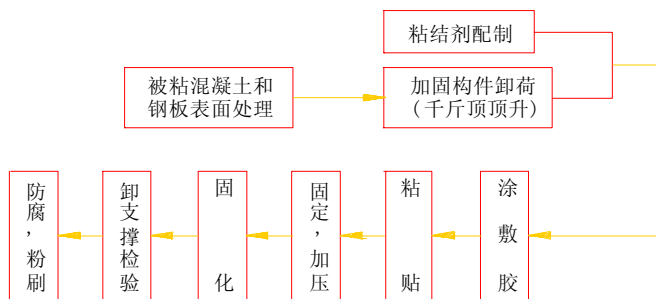
1. 粘钢加固基层的混凝土强度等级不应低于 **C15**。
2. 粘结钢板厚度以 **2~6mm** 为宜。
3. 对于受压区粘钢加固，当采用梁侧粘钢时，钢板宽度不宜大于梁高的 **1/3**。
4. 粘接钢板在加固点外的锚固长度：对于受拉区，不得小于 **200t** (t 为钢板厚度)，亦不得小于 **600mm**；对于受压区，不得小于 **160t**，亦不得小于 **480mm**，对于大跨结构或可能经受反复荷载的结构，锚固区尚宜增设 **U** 型箍板或螺栓附加锚固措施。

5. 钢板表面须用 **M15** 水泥砂浆抹面，其厚度：对于梁不应小于 **20mm**，对于板不应小于 **15mm**。

五、施工要求及安全措施：

1. 粘钢加固施工应按附图 1.6 所示工艺流程进行；
2. 混凝土构件表面，应按下列方法进行处理：

(1) 对原混凝土构件的粘合面，可用硬毛刷沾高效洗涤剂，刷除表面油污污物后用冷水冲洗，再对粘合面进行打磨，除



附图 1.6 粘钢加固工艺流程图

去 2~3mm 厚表层，直至完全露出新面，并用无油压缩空气吹除粉粒。如混凝土表面不是很脏很旧，则可直接对粘合面进行打磨，去掉 1~2mm 厚表层，用压缩空气除去粉尘或清水冲洗干净，待完全干燥后用脱脂棉沾丙酮擦拭表面即可。

(2) 对于新混凝土粘合面，先用钢丝刷将表面松散浮渣刷去，再用硬毛刷沾洗涤剂洗刷表面，或用有压冷水冲洗，待完全干后即可涂粘结剂。

(3) 对于龄期在 3 个月以内，或温度较大的混凝土构件，尚须进行人工干燥处理。

3. 钢板粘接面，须进行除锈和粗糙处理。如钢板未生锈或轻微锈蚀，可用喷砂、砂布或平砂轮打磨，直至出现金属光泽。打磨粗糙度越大越好，打磨纹路应与钢板受力方向垂直。其后，用脱脂棉沾丙酮擦拭干净。如钢板锈蚀严重，须先用适度盐酸浸泡 20min，使锈层脱落，再用石灰水冲洗，中和酸离子，最后用平砂轮打磨出纹道。

4. 粘贴钢板前，应对被加固构件进行卸荷。如采用千斤顶顶升方式卸荷，对于承受均布荷载的梁，应采用多点（至少两点）均匀顶升，对于有次梁作用的主梁，每根次梁下要设一台千斤顶。顶升吨位以顶面不出现裂缝为准。

5. JGN 粘结剂为甲、乙两组份，使用前应进行现场质量检验，合格后方能使用，按产品使用说明书规定配制。注意搅拌时应避

免雨水进入容器，按同一方向进行搅拌，容器内不得有油污。

6. 粘结剂配制好后，用抹刀同时涂抹在已处理好的混凝土表面和钢板面上，厚度 $1\sim 3\text{mm}$ ，中间厚边缘薄，然后将钢板贴于预定位置。如果是立面粘贴，为防止流淌，可加一层脱蜡玻璃丝布。粘好钢板后，用手锤沿粘贴面轻轻敲击钢板，如无空洞声，表示已粘贴密实，否则应剥下钢板，补胶，重新粘贴。

7. 钢板粘贴好后立即用夹具夹紧，或用支撑固定，并适当加压，以使胶液刚从钢板边缝挤出为度。

8. JGN 型粘结剂在常温下固化，保持在 20°C 以上，24 小时即可拆除夹具或支撑，3d 可受力使用。若低于 15°C ，应采取人工加温，一般用红外线灯加热。

9. 加固后，钢板表面应粉刷水泥砂浆保护。如钢板表面积较大，为利于砂浆粘结，可粘一层铅丝网或点粘一层豆石。

10. 粘结剂施工必须遵守以下安全规定：

(1) 配制粘结剂用的原料应密封贮存，远离火源，避免阳光直接照射。

(2) 配制和使用场所，必须保持通风良好。

(3) 操作人员应穿工作服，戴防护口罩和手套。

(4) 工作场所应配备各种必要的灭火器以备救护。

六、工程质量及验收：

1. 撤除临时固定设备后，应用小锤轻轻敲击粘结钢板，从音响判断粘接效果或用超声波法探测粘结密实度。如锚固区粘结面积少于 90% ，非锚固区粘结面积少于 70% ，则此粘结件无效，应剥下重新粘结。

2. 对于重大工程，为真实检验其加固效果，尚需抽样进行荷载试验，一般仅作标准使用荷载试验，即将卸去的荷载重新全部加上，其结构的变形和裂缝开展应满足设计使用要求。

附录二 裂缝修补方法

一、适用范围：

1. 本方法适用于修补混凝土结构所出现的裂缝，恢复其整体性和使用功能。

2. 对于结构承载力不足引起的裂缝除采用本方法处理外，还应采取相应的加固措施，确保结构安全可靠。

二、材料规定：

1. 混凝土结构裂缝修补用的化学灌浆材料应符合下列要求：

(1) 浆液的粘度小，可灌性好。

(2) 浆液固化后的收缩性小，抗渗性好。

(3) 浆液固化后的抗压、抗拉强度高，有较高的粘结强度。

(4) 浆液固化时间可以调节，灌浆工艺简便。

(5) 浆液应为无毒或低毒材料。

2. 化学灌浆材料主要有环氧树脂和甲基丙烯酸酯类材料，在工程中应用时浆液应进行试配，其可灌性和固化时间应满足设计、施工要求。浆液配方可参照附表 2.1、附表 2.2 进行。有充分试验依据的性能可靠的其他配方也可采用。

3. 环氧树脂灌浆材料和甲基丙烯酸酯类灌浆材料的组成原材料质量均应符合有关规定要求。

4. 水泥浆、水泥砂浆的配方应先进行试配，并检验其抗压、抗拉、抗弯强度。

三、设计规定：

1. 对于静止裂缝，即其开展已基本稳定的裂缝和可能防止

环氧树脂浆液配方

附表 2.1

材 料 名 称	规 格	配 合 比 (重 量 比)				
		1	2	3	4	5
环氧树脂	61.1#或634#	100	100	100	100	100
糠 醛	工 业	—	20~25		50	50
丙 酮	工 业	—	20~25		60	60
邻苯二甲酸二丁酯	工 业	—	—	10	—	—
甲 苯	工 业	30~40	—	50	—	—
苯 酚	工 业	—	—	—	—	10
乙 二 胺	工 业	8~10	15~20	8~10	20	20
使 用 功 能		一天后 固化,流 动性稍 差	二天后 为弹性 体,流动 性较好	一天后 固化,流 动性较 好	六天后 为弹性 体,流动 性很好	七天后 为弹性 体,流动 性很好

甲基丙烯酸酯类浆液配方

附表 2.2

材 料 名 称	代 号	配 合 比 (重 量 比)		
		1	2	3
甲基丙烯酸甲酯	<i>MMA</i>	100	100	100
醋 酸 乙 烯	—	18	—	0~15
丙 烯 酸	—	—	10	0~10
过氧化二苯甲酰	<i>BPO</i>	1.5	1.0	1~1.5
对 甲 苯 亚 磺 酸	<i>TSA</i>	1.0	1.0~2.0	0.5~1.0
二 甲 基 苯 胺	<i>DMA</i>	1.0	0.5~1.0	0.5~1.5

进一步扩展的裂缝，其修补可按以下方法采用：

(1) 裂缝宽度小于 0.3mm 时，为了满足使用要求，当裂缝浅而细且条数很多时，宜用环氧树脂浆液或水泥浆液进行表面封闭；

当裂缝细而深时，宜用甲基丙烯酸酯类浆液或低粘度环氧树脂浆液灌注。

(2) 裂缝宽度大于或等于 0.3mm 时，宜用环氧树脂浆液灌注。

(3) 当裂缝宽度大于 1.0mm 时，可用微膨胀水泥浆液修补。修补前，应在裂缝表面涂刷一层水泥浆界面剂。

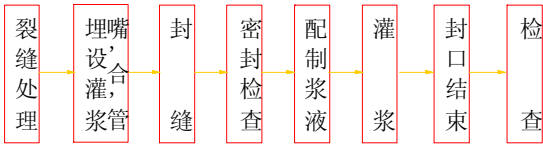
(4) 对于大面积缺损、蜂窝、孔洞等，宜采用 1 : 2 水泥砂浆或不低于 C20 级的细石混凝土进行修补。为保证新混凝土与原结构的可靠结合，可将缺陷周围先凿毛，清理干净，并涂刷一层水泥浆界面剂。

2. 对于活动裂缝，即处于继续开展而未稳定的裂缝，应在分析并控制裂缝开展使其稳定后，方可按上述方法进行修补。如裂缝开展不能控制，则应采取相应的措施，限制结构的变形，裂缝宜用柔性材料进行封闭处理。

四、施工要求：

1. 灌浆法施工。应将裂缝构成一个密闭性空腔，有控制的预留进出口，借助专用灌浆泵将浆液压入缝隙并使之填满。

2. 灌浆施工工艺流程按附图 2.1 所示进行。



附图 2.1 灌浆工艺流程图

3. 灌浆前应对裂缝进行处理，其处理方法可分为：

(1) 表面处理法。对于混凝土构件上较细（小于 0.3mm）的裂缝，可用钢丝刷等工具。清除裂缝表面的灰尘、白灰、浮渣及松散层等污物；然后再用毛刷蘸甲苯、酒精等有机溶液，把沿裂缝两侧 20~30mm 处擦洗干净并保持干燥。

(2) 凿槽法。对于混凝土构件上较宽（大于 0.3mm）的裂缝，

应沿裂缝用钢钎或风镐凿成“V”形槽，槽宽与槽深可根据裂缝深度和有利于封缝来确定。凿槽时先沿裂缝打开，再向两侧加宽，凿完后用钢丝刷及压缩空气将混凝土碎屑粉尘清除干净。

(3) 钻孔法。对于大体积混凝土或大型结构上的深裂缝，可在裂缝上进行钻孔；对于走向不规则的裂缝，除骑缝钻孔外，需加钻斜孔，扩大灌浆通路。钻孔直径一般风钻为 56mm，机钻孔应选最小孔径。裂缝宽度大于 0.5mm，孔距可为 2~3m，裂缝宽度小于 0.5mm，适当缩小距离。钻孔后应清除孔内的碎屑粉尘，孔径大于 10mm 时，可用粒径小于孔径的干净卵石填入孔内以减少耗浆量。

4. 埋设灌浆嘴（盒、管）：

(1) 采用表面灌浆处理的裂缝，可用灌浆盒或灌浆嘴；凿“V”形槽的裂缝宜用灌浆嘴；钻孔内宜用灌浆管。

(2) 在裂缝交叉处、较宽处、端部、以及裂缝贯穿处，钻孔内均应埋设灌浆嘴（管或盒）。其间距当缝宽小于 1mm 时为 350~500mm；当缝宽大于 1mm 时，为 500~1000mm。在一条裂缝上必须有进浆嘴、排气嘴、出浆嘴。

环氧胶泥配方

附表 2.3

材 料 名 称	规 格	配 合 比（重 量 比）	
		1	2
环 氧 树 脂	6101#或 634#	100	100
邻苯二甲酸二丁酯	工 业	30	10
甲 苯	工 业	—	10
二乙烯三胺或（乙二胺）	工 业	13~15 (8~10)	13~15 (8~10)
水 泥		350~400 (250~300)	350~400 (250~350)

注：括号内水泥用量为封缝用。

(3) 埋设时,先在灌浆嘴(盒、管)的底盘上抹一层厚约 1mm 的环氧胶泥(见附表 2.3)将灌浆嘴的进浆孔骑缝粘贴在预定的位置上。钻孔灌浆管可先在孔内埋设铁管。

5. 封缝应根据不同裂缝情况及灌浆要求确定。其封缝方法可分为:

(1) 环氧树脂胶泥封缝。对于不凿槽的裂缝可用环氧树脂胶泥封闭。先在裂缝两侧(宽 20~30mm)涂一层环氧树脂基液,后抹一层厚 1mm 左右、宽 20~30mm 的环氧树脂胶泥。抹胶泥时应防止产生小孔和气泡,要刮平整,保证封闭可靠。

(2) 粘贴玻璃丝布封缝。先在裂缝两侧(宽 80~100mm),涂一层环氧树脂基液,后将已除去润滑剂的玻璃丝布沿缝从一端开始粘贴密实,不得有鼓泡和皱纹。玻璃丝布可粘贴 1~3 层。

(3) 水泥砂浆封缝。对凿“V”形槽的裂缝,可用水泥砂浆封缝。可先在“V”形槽面上,用毛刷涂刷一层(厚 1~2mm)环氧树脂浆液,涂刷要平整均匀,防止出现气孔和波纹,再抹水泥砂浆封闭。

6. 裂缝封闭后应进行压气试漏,检查密闭效果。试漏需待封缝胶泥或砂浆有一定强度时进行。试漏前沿裂缝涂一层肥皂水,从灌浆嘴通入压缩空气,凡漏气处,应予修补密封至不漏为止。

7. 浆液配制应按照不同浆材的配方及配制方法进行。浆液一次配备数量,需以浆液的凝固时间及进浆速度来确定。

8. 灌浆是施工关键工序之一,应确保灌浆质量:

(1) 灌浆机具、器具及管子在灌浆前应进行检查,运行正常时方可使用。接通管路,打开所有灌浆嘴上的阀门,用压缩空气将孔道及裂缝吹干净。

(2) 根据裂缝区域大小,可采用单孔灌浆或分区群孔灌浆。在一条裂缝上灌浆可由一端到另一端。

(3) 灌浆时应待下一个排气嘴出浆时立即关闭转芯阀,如此

顺序进行。化学浆液的灌浆压力常用 **0.2MPa**；水泥浆液的灌浆压力为 **0.4MPa~0.8MPa**。压力应逐渐升高，防止骤然加压。达到规定压力后，应保持压力稳定，以满足灌浆要求。

(4) 灌浆停止的标志为吸浆率小于 **0.1L/min**，再继续压注几分钟即可停止灌浆，关掉进浆嘴上的转芯阀门。

(5) 灌浆结束后，应立即拆除管道，并洗干净。化学灌浆还应用丙酮冲洗管道和设备。

9. 待缝内浆液达到初凝而不外流时，可拆下灌浆嘴（盒），再用环氧树脂胶泥或渗入水泥的灌浆液把灌浆嘴处抹平封口。

清洗灌浆嘴（盒）上的浆液，化学浆液可用火烧掉，清洗干净的灌浆嘴（盒）可以重复使用。

10. 灌浆结束后，应检查补强效果和质量，发现缺陷应及时补救，确保工程质量。

11. 化学灌浆施工必须遵守以下安全规定：

(1) 化学灌浆材料多属易燃品，应密封储存，远离火源。

(2) 在配制及使用现场，必须通风良好，操作人员应穿工作服，戴防护口罩、乳胶手套和眼镜，并严禁在现场进食。

(3) 工作场地严禁烟火，并必须配备消防设施。

五、工程质量及验收：

1. 灌浆施工前，应按本附录设计规定检查施工准备是否符合要求。

2. 灌浆及粘结材料的质量均应符合本规范和有关标准的要求。

3. 用压缩空气或压力水检查灌浆是否密实。

附录三 本规范用词说明

一、执行本规范条文时，对要求严格程度的用词说明如下，以便在执行中区别对待：

1. 表示很严格，非这样作不可的用词：

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作的用词：

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作的用词：

正面词采用“宜”或“可”；反面词采用“不宜”。

二、条文中必须按指定的标准、规范或其他有关规定执行的，其写法为“应按……执行”或“应符合……要求（或规定）”。非必须按照所指出的标准、规范或其他规定执行的，其写法为“可按照……”。

附加说明

本规范主编单位、参加单位和 主要起草人名单

主编单位：

四川省建筑科学研究院

副主编单位：

中国建筑科学研究院结构所

参加单位：

西南交通大学

主要起草人：

黄静山 张孝培 万墨林 黄棠 孔力 罗苓隆
何林

审查单位：

全国建筑物鉴定与加固标准技术委员会