

前 言

为适应国际技术法规与技术标准通行规则，2016 年以来，住房和城乡建设部陆续印发《深化工程建设标准化工作改革的意见》等文件，提出政府制定强制性标准、社会团体制定自愿采用性标准的长远目标，明确了逐步用全文强制性工程建设规范取代现行标准中分散的强制性条文的改革任务，逐步形成由法律、行政法规、部门规章中的技术性规定与全文强制性工程建设规范构成的“技术法规”体系。

关于规范种类。强制性工程建设规范体系覆盖工程建设领域各类建设工程项目，分为工程项目类规范（简称项目规范）和通用技术类规范（简称通用规范）两种类型。项目规范以工程建设项目整体为对象，以项目的规模、布局、功能、性能和关键技术措施等五大要素为主要内容。通用规范以实现工程建设项目功能性能要求的各专业通用技术为对象，以勘察、设计、施工、维修、养护等通用技术要求为主要内容。在全文强制性工程建设规范体系中，项目规范为主干，通用规范是对各类项目共性的、通用的专业性关键技术措施的规定。

关于五大要素指标。强制性工程建设规范中各项要素是保障城乡基础设施建设体系化和效率提升的基本规定，是支撑城乡建设高质量发展的基本要求。项目的规模要求主要规定了建设工程项目应具备完整的生产或服务能力，应与经济社会发展水平相适应。项目的布局要求主要规定了产业布局、建设工程项目选址、总体设计、总平面布置以及与规模相协调的统筹性技术要求，应考虑供给能力合理分布，提高相关设施建设的整体水平。项目的功能要求主要规定项目构成和用途，明确项目的基本组成单元，是项目发挥预期作用的保障。项目的性能要求主要规定建设工程

项目建设水平或技术水平的高低程度，体现建设工程项目的适用性，明确项目质量、安全、节能、环保、宜居环境和可持续发展等方面应达到的基本水平。关键技术措施是实现建设项目功能、性能要求的基本技术规定，是落实城乡建设安全、绿色、韧性、智慧、宜居、公平、有效率等发展目标的基本保障。

关于规范实施。强制性工程建设规范具有强制约束力，是保障人民生命财产安全、人身健康、工程安全、生态环境安全、公众权益和公众利益，以及促进能源资源节约利用、满足经济社会管理等方面的控制性底线要求，工程建设项目的勘察、设计、施工、验收、维修、养护、拆除等建设活动全过程中必须严格执行，其中，对于既有建筑改造项目（指不改变现有使用功能），当条件不具备、执行现行规范确有困难时，应不低于原建造时的标准。与强制性工程建设规范配套的推荐性工程建设标准是经过实践检验的、保障达到强制性规范要求的成熟技术措施，一般情况下也应当执行。在满足强制性工程建设规范规定的项目功能、性能要求和关键技术措施的前提下，可合理选用相关团体标准、企业标准，使项目功能、性能更加优化或达到更高水平。推荐性工程建设标准、团体标准、企业标准要与强制性工程建设规范协调配套，各项技术要求不得低于强制性工程建设规范的相关技术水平。

强制性工程建设规范实施后，现行相关工程建设国家标准、行业标准中的强制性条文同时废止。现行工程建设地方标准中的强制性条文应及时修订，且不得低于强制性工程建设规范的规定。现行工程建设标准（包括强制性标准和推荐性标准）中有关规定与强制性工程建设规范的规定不一致的，以强制性工程建设规范的规定为准。

目 次

1	总则	1
2	基本规定	2
3	材料	4
3.1	钢材与钢筋	4
3.2	混凝土	5
3.3	木材	5
3.4	纤维增强复合材料	6
4	结构体系设计	8
4.1	一般规定	8
4.2	建筑结构体系	8
4.3	桥梁结构体系	10
5	组合构件设计	12
5.1	一般规定	12
5.2	钢-混凝土组合梁	12
5.3	钢-混凝土组合楼板	13
5.4	钢管混凝土构件	13
5.5	型钢混凝土构件	14
5.6	钢-混凝土组合剪力墙	14
5.7	钢-混凝土组合桥面系	14
5.8	木材组合构件	15
5.9	复合材料组合构件	15
6	施工及验收	17
6.1	施工	17
6.2	验收	17
7	维护与拆除	19
7.1	维护	19
7.2	拆除	20

1 总 则

1.0.1 为保障组合结构工程质量安全，促进组合结构的推广应用，保护生态环境，保证人民群众生命财产安全和人身健康，提高组合结构工程绿色发展水平，制定本规范。

1.0.2 组合结构工程必须执行本规范。

1.0.3 工程建设所采用的技术方法和措施是否符合本规范要求，由相关责任主体判定。其中，创新性的技术方法和措施，应进行论证并符合本规范中有关性能的要求。

2 基本规定

2.0.1 组合结构及构件的安全等级不应低于二级。当组合结构与构件的安全等级不一致时，应在设计文件中明确标明。

2.0.2 组合结构设计工作年限应符合下列规定：

- 1 建（构）筑物结构不应小于 50 年；
- 2 桥梁结构不应小于 30 年；
- 3 当组合构件、部件设计工作年限低于结构的设计工作年限时，应在设计文件中明确标明，且应采用可更换的连接构造。

2.0.3 在设计工作年限内，组合结构的性能应符合下列规定：

- 1 能够承受在正常使用期间可能出现的结构作用；
- 2 在正常施工期间或在结构的组合作用没有形成期间，能够承受可能出现的荷载作用；
- 3 能够满足组合结构和构件的设计使用要求；
- 4 当发生爆炸、撞击、罕遇地震等偶然作用时，结构应保持整体稳固性；
- 5 当发生火灾时，结构应在规定的时间内保持足够的承载力和整体稳固性。

2.0.4 在设计工作年限内，应采取措施保障组合结构及构件的安全使用，且应符合下列规定：

- 1 未经技术鉴定或设计许可，不得变更设计规定的功能和使用条件；
- 2 对影响主体结构安全性和耐久性的事项，应定期进行检查、检测及维护；
- 3 应按设计规定及时更换构件、节点、支座、锚具、部件等；
- 4 应按设计规定维护或更换构件表面的防腐、防火等防

护层；

5 组合结构及构件、节点、支座等出现可见的变形及混凝土表面等出现耐久性缺陷时，应及时进行修复加固；

6 直接遭遇地震、火灾、洪灾等灾害时，应在灾后对结构进行鉴定评估，并按评估意见进行处理后方可继续使用。

2.0.5 当组合结构确定可变作用代表值时，设计基准期应符合工程结构通用规范的规定。

2.0.6 组合结构在建造、使用、拆除过程中应保障工程安全和人身健康，做到节约能源资源及保护环境，并应符合下列规定：

1 钢-混凝土组合构件设计时，应分别按照混凝土浇筑前、浇筑后的组合作用未形成前的工况，对钢构件进行强度、刚度和稳定验算；

2 组合结构施工应采用绿色施工技术，减少施工垃圾；在不同类型结构、不同类型构件之间交叉施工工序中应采取成品保护措施；

3 暴露在公共场景的组合结构连接节点应设置防止螺栓、连接件、附属件等坠落的措施；

4 对于环境温度变化和木材含水率变化引起的木与钢、混凝土、复合材料之间的伸缩差异及其造成的对安全性和耐久性的不利影响，应有对应的控制措施；

5 组合结构在设计工作年限内应保证正常使用并及时维护，减少结构损伤、性能退化与耐久性劣化；

6 组合结构拆除时，拆除的构件、部件、垃圾等应分类收集和处理，钢材、木材、复合材料、混凝土等应做回收和再生利用处理。

3 材 料

3.1 钢材与钢筋

3.1.1 组合结构用钢材应符合下列规定：

1 钢材应具有抗拉强度、屈服强度、伸长率和碳、硫、磷含量的合格保证；

2 主体结构用钢材应具有碳当量和冷弯性能的合格保证；

3 需要验算疲劳的焊接结构用钢材应具有冲击韧性合格保证；

4 设计要求厚度方向抗层状撕裂性能的钢材应具有断面收缩率合格保证；

5 在罕遇地震作用下发生塑性变形的构件或节点部位的钢材，其屈服强度实测值与其标准值之比不应大于 1.35。

3.1.2 组合结构用钢筋应符合下列规定：

1 钢筋应具有抗拉强度、屈服强度的合格保证；

2 纵向受力钢筋及其箍筋应具有延性和可焊性的合格保证。

3.1.3 采用以概率理论为基础的极限状态设计方法时，钢材与钢筋的强度设计值应根据其强度的标准值和材料分项系数确定；材料分项系数的确定应符合下列规定：

1 具备可靠度分析条件的钢材与钢筋，应以其材料强度试验统计结果作为统计分析的基础，根据目标可靠度指标综合分析确定；

2 尚不具备可靠度分析条件或应用新钢种的钢材与钢筋，应基于实际工程经验或试验结果确定，并应符合表 3.1.3 的规定。

表 3.1.3 钢材与钢筋材料分项系数

项目	材料分项系数
建筑结构用钢材与普通钢筋	≥ 1.10
桥梁结构用钢材	≥ 1.30
桥梁结构用普通钢筋	≥ 1.20
桥梁结构用预应力筋	≥ 1.47

3.2 混 凝 土

3.2.1 组合结构用混凝土应符合下列规定：

- 1 混凝土应具有强度等级及性能的合格保证；
- 2 组合结构用混凝土的强度等级不应低于 C30。

3.2.2 采用以概率理论为基础的极限状态设计方法时，混凝土的强度设计值应根据其强度的标准值和材料分项系数确定；材料分项系数的确定应符合下列规定：

1 具备可靠度分析条件的混凝土，应以其材料强度试验统计结果作为统计分析的基础，根据目标可靠度指标综合分析确定；

2 尚不具备可靠度分析条件或应用新型混凝土材料时，应基于实际工程经验或试验结果确定，且建筑结构用混凝土的材料分项系数不应小于 1.40，桥梁结构用混凝土的材料分项系数不应小于 1.45。

3.3 木 材

3.3.1 组合结构中木材、粘结材料及配套材料应符合下列规定：

1 组合结构用木材应具有含水率合格保证及防腐、防虫蛀合格保证；

2 木结构用胶的胶合强度不应低于木材顺纹抗剪强度和横纹抗拉强度；

3 胶连接的耐水性和耐久性应与结构的用途和工作年限相适应，并应符合环境保护的要求，胶材料应具有胶结能力的合格保证。

3.3.2 组合结构中木材的强度设计值应根据其强度的标准值和材料分项系数确定，并应符合下列规定：

- 1 纯木应根据树种及其强度等级、材质等级等分类确定；
- 2 胶合木应根据对称异等组合、非对称异等组合、同等组合、顺纹、横纹等分类确定；
- 3 木材强度设计值应根据使用条件、设计工作年限、构件尺寸、荷载类型等进行修正。

3.4 纤维增强复合材料

3.4.1 组合结构用纤维增强复合材料应符合下列规定：

- 1 纤维应采用碳纤维、玻璃纤维、芳纶和玄武岩纤维等高性能纤维；玻璃纤维复合材料应选用无碱或耐碱玻璃纤维；
- 2 基体树脂应采用环氧树脂、乙烯基酯树脂、聚氨酯树脂、酚醛树脂和不饱和聚酯树脂等；
- 3 基体树脂的玻璃化转变温度 (T_g) 应保证在 60°C 以上，且应高于结构环境最高平均温度 10°C 以上；
- 4 在腐蚀环境下，应选用耐腐蚀性树脂材料；
- 5 有防火要求时应采用阻燃树脂材料。

3.4.2 采用以概率理论为基础的极限状态设计方法时，纤维增强复合材料的强度设计值应根据其强度的标准值和材料分项系数确定；材料分项系数和抗拉强度设计值的确定应符合下列规定：

- 1 具备可靠度分析条件的复合材料，应以其材料强度试验统计结果作为统计分析的基础，根据目标可靠度指标综合分析确定；
- 2 尚不具备可靠度分析条件或应用新型复合材料时，应基于实际工程经验或试验结果确定，且纤维增强复合材料（碳纤

维、玻璃纤维、芳纶和玄武岩纤维)的材料分项系数不应小于 1.25;

3 纤维增强复合材料的抗拉强度设计值应根据其使用环境条件及复合材料种类进行修正。

4 结构体系设计

4.1 一般规定

4.1.1 组合结构体系设计应考虑不同材料性能差异产生的影响，并应符合下列规定：

1 除正常作用效应外，尚应计算由于钢材、混凝土、木材以及复合材料不同的线膨胀系数、弹性模量等引起的效应；

2 应分析混凝土开裂以及收缩徐变等因素的影响；

3 应考虑两种不同材料界面产生的滑移效应，并采取构造措施保证组合作用。

4.1.2 组合结构及构件设计时，应优先选用构造简单、施工方便、符合工业化建造需求的结构、构件与节点形式。

4.2 建筑结构体系

4.2.1 建筑组合结构体系分析计算模型应模拟不同材料、构件或体系进行组合时协同受力的特征。对于采用组合楼盖体系的结构，应将混凝土楼板和钢梁视为共同受力的组合梁板体系，其中组合框架主梁应同时考虑竖向荷载、水平地震作用和水平风荷载等作用下楼板与钢梁之间的组合效应。

4.2.2 钢-混凝土组合结构应进行多遇地震下的弹性变形验算和罕遇地震下的弹塑性变形验算，并应符合表 4.2.2 的规定。

表 4.2.2 钢-混凝土组合结构层间位移角限值

结构类型			弹性层间位移角限值	弹塑性层间位移角限值
柱	梁	主要抗侧力构件		
钢柱或钢管混凝土柱	钢梁或组合梁	钢支撑或钢板剪力墙或外包钢板组合剪力墙(筒体)或无	按照钢结构的规定取值	按照钢结构的规定取值

续表 4.2.2

结构类型			弹性层间位移角限值	弹塑性层间位移角限值
柱	梁	主要抗侧力构件		
型钢混凝土柱	钢梁或组合梁或型钢混凝土梁	钢支撑或钢板剪力墙或外包钢板组合剪力墙(筒体)或无	按照钢结构限值的 50% 取值	按照钢结构的规定取值
钢柱或钢管混凝土柱或型钢混凝土柱	钢梁或组合梁或型钢混凝土梁	钢筋混凝土或型钢混凝土剪力墙(筒体)	按照混凝土结构的规定取值	按照混凝土结构的规定取值
其他钢-混凝土组合结构体系			层间位移角限值应介于钢结构和混凝土结构的限值之间, 取值应在具有可靠依据的基础上, 综合考虑结构变形能力和安全需求来确定	

4.2.3 组合构件的混凝土裂缝宽度应分别按荷载标准组合和准永久组合, 并考虑长期作用的影响进行计算。室内干燥环境下最大受力裂缝宽度不应大于 0.3mm, 其他情况最大裂缝宽度不应大于 0.2mm。

4.2.4 对于高度大于 150m 的组合结构高层建筑应满足风振舒适度要求。在 10 年一遇的风荷载标准值作用下, 结构顶点的顺风向和横风向振动最大加速度限值应符合表 4.2.4 的规定。

表 4.2.4 结构顶点风振加速度限值

使用功能	加速度限值 a_{lim} (m/s^2)
住宅、公寓	0.20
办公、旅馆	0.28
其他	0.30

4.2.5 正常使用极限状态设计时, 对振动舒适度有要求的钢-混凝土组合楼盖结构, 应进行竖向动力响应验算, 动力响应限值应采用基于人体振感舒适度的控制指标。

4.2.6 钢-混凝土组合梁、组合楼板使用阶段的挠度应分别按荷载标准组合和准永久组合并考虑长期作用的影响进行计算，其计算值不应大于表 4.2.6 规定的限值。型钢混凝土梁使用阶段的挠度计算值不应大于钢筋混凝土梁的挠度限值。

表 4.2.6 钢-混凝土组合梁、组合楼板使用阶段挠度限值

跨度	挠度限值
$l_0 < 7\text{m}$	$l_0/200$
$7\text{m} \leq l_0 \leq 9\text{m}$	$l_0/250$
$l_0 > 9\text{m}$	$l_0/300$

- 注：1 表中 l_0 为梁或板的计算跨度，悬臂梁、板的 l_0 应按实际悬臂长度的 2 倍取用；
 2 构件有起拱时，应将计算所得挠度值减去起拱值。

4.3 桥梁结构体系

4.3.1 桥梁结构应进行整体抗倾覆验算，主梁、盖梁、墩柱之间应设置防止发生落梁、倾覆等的可靠连接构造措施。

4.3.2 桥梁结构的变形应符合下列规定：

- 1 由汽车荷载和人群荷载组合所引起的桥梁结构竖向挠度不应大于表 4.3.2 规定的限值；
- 2 组合结构桥梁应合理设置预拱度。

表 4.3.2 桥梁结构竖向挠度限值

桥梁结构形式	简支或连续桁架组合梁	简支或连续钢板/箱组合梁	组合梁的悬臂端部	斜拉桥主梁	悬索桥加劲梁	中承式或下承式钢管混凝土拱桥	
						主拱	主梁
限值	$\frac{l}{550}$	$\frac{l}{500}$	$\frac{l_1}{300}$	$\frac{l}{400}$	$\frac{l}{250}$	$\frac{l}{1000}$	$\frac{l}{800}$

- 注：1 表中 l 为计算跨径， l_1 为悬臂长度；
 2 当荷载作用于一个跨径内有可能引起该跨径正负挠度时，计算挠度应为正负挠度绝对值之和。

4.3.3 桥梁结构除应根据结构的设计工作年限及其对应的极限状态、环境类别及其作用等级等进行耐久性设计外，尚应符合下列规定：

1 根据不同环境条件，应设置钢筋防锈、钢构件防腐的防护措施；

2 容易受到腐蚀、机械磨损、疲劳影响和寿命达不到桥梁设计工作年限的部件，设计时应保证其可替换性，且应预留在使用期内进行检修和维修的通道；

3 对于无法检测的部件，应进行腐蚀后承载力验算，且应设定与桥梁设计工作年限相对应的容许腐蚀厚度值。

4.3.4 钢管混凝土拱桥的设计应符合下列规定：

1 当进行整体稳定与动力特性分析时，应建立全桥空间模型；

2 当跨径大于 300m 时，计算拱肋稳定安全系数应计入材料、几何非线性的影响。

4.3.5 组合桥梁及桥面板的混凝土及其裂缝宽度应符合下列规定：

1 在负弯矩区应采取有效的抗裂措施减小混凝土桥面板的拉应力。

2 在海洋海水环境或受侵蚀性物质影响的环境下，裂缝宽度不应大于 0.15mm。采用钢丝或钢绞线的预应力混凝土桥面板不得采用带裂缝的构件。

3 其他环境下，裂缝宽度不应大于 0.20mm。采用钢丝或钢绞线的预应力混凝土桥面板，其裂缝宽度不应大于 0.10mm。

5 组合构件设计

5.1 一般规定

5.1.1 组合结构构件应进行承载能力极限状态验算和正常使用极限状态验算，并应保障组合结构在设计工作年限内的结构性能。

5.1.2 组合构件的承载能力极限状态验算应包括下列内容：

- 1 构件和连接的承载力验算；
- 2 直接承受动力重复荷载的构件应进行疲劳验算；
- 3 当有抗震设计要求时，应进行抗震承载力验算。

5.1.3 组合构件的正常使用极限状态验算应包括下列内容：

- 1 对需要控制变形的构件，应进行变形验算；
- 2 对不允许出现裂缝的构件，应进行混凝土拉应力验算；
- 3 对允许出现裂缝的构件，应进行裂缝宽度验算；
- 4 对需要控制振动响应的组合楼板，应进行结构振动响应验算。

5.2 钢-混凝土组合梁

5.2.1 钢-混凝土组合梁设计验算应符合下列规定：

- 1 当进行疲劳验算时，承载力应按弹性方法计算；
- 2 当进行截面承载力验算时，应考虑混凝土翼板的剪力滞后效应以及抗剪连接的影响；
- 3 当按照部分抗剪连接设计时，组合梁任一剪跨区内抗剪连接件数目不应少于按完全抗剪连接设计所需数目的 50%；
- 4 连接件应具有防止钢梁和混凝土板之间竖向分离的抗掀起作用；
- 5 混凝土翼板应进行纵向抗剪验算；

6 当采用塑性方法验算钢-混凝土组合梁的强度时,受负弯矩或集中力作用的截面应计算弯矩和剪力的相互影响。

5.2.2 钢-混凝土组合梁截面抗弯承载力验算应符合下列规定:

1 按塑性方法计算时,无面外约束的钢梁板件应满足宽厚比限值,在竖向荷载作用下的梁端负弯矩调幅系数不应大于40%;

2 按弹性方法计算时,应合理考虑钢与混凝土界面滑移效应的影响。

5.2.3 钢-混凝土组合梁的挠度应按弹性方法进行计算,并计算正弯矩区滑移效应和负弯矩区混凝土开裂对弯曲刚度的折减。

5.2.4 钢-混凝土组合梁负弯矩区段的混凝土板,应采取局部释放组合作用的抗拔不抗剪连接等措施缓解混凝土开裂。在正常使用极限状态下,应按荷载准永久组合验算长期作用下的最大裂缝宽度。

5.3 钢-混凝土组合楼板

5.3.1 钢-混凝土组合楼板,应进行纵向剪切粘结承载力验算。

5.3.2 钢-混凝土组合楼板总厚度不应小于90mm,压型钢板基板厚度不应小于0.7mm。

5.3.3 钢-混凝土组合楼板中的压型钢板在钢梁上的支承长度不应小于40mm。

5.4 钢管混凝土构件

5.4.1 钢管混凝土构件应符合下列规定:

1 圆钢管径厚比和矩形钢管宽厚比应满足钢管壁局部稳定的要求;

2 钢管施工工况下强度、稳定和刚度应按空钢管验算;

3 钢管内混凝土应采取确保密实度和减小收缩的技术措施。

5.4.2 钢管约束混凝土柱的钢管应在楼层上下两端断开,断开处的钢管留缝高度不应小于10mm。钢管直接伸至基础顶面或地

地下室顶面时应留缝，缝高度不应小于 10mm。

5.4.3 钢管混凝土柱应在每个楼层设置排气孔，当楼层高度超过 6m 时，应在两个楼层中间增设排气孔。

5.5 型钢混凝土构件

5.5.1 型钢混凝土框架柱端和梁端应设置箍筋加密区，抗震等级一级时加密区长度不应小于 $2h_0$ ，其他情况加密区长度不应小于 $1.5h_0$ （ h_0 为柱截面高度或梁高）。

5.5.2 有防火要求时，型钢混凝土构件应采取防止火灾高温下混凝土爆裂的措施。

5.6 钢-混凝土组合剪力墙

5.6.1 外包钢板组合剪力墙的墙体外包钢板和内填混凝土之间，应设置可靠的连接构造，连接件承载力除应满足钢板与混凝土之间剪力传递要求外，连接件的间距尚应保证钢板局部屈曲不削弱剪力墙的极限承载力。当采用栓钉或对拉螺栓的连接构造时，应验算单个栓钉或对拉螺栓的抗拉承载力。

5.6.2 钢-混凝土组合剪力墙应符合下列规定：

- 1 剪力墙混凝土保护层厚度应符合钢筋和型钢耐久性要求；
- 2 钢与混凝土之间应设置栓钉等连接件，连接件数量应按计算确定。

5.6.3 型钢、内嵌钢板和内埋钢支撑混凝土组合剪力墙的施工过程中应采取避免墙体混凝土出现裂缝的技术措施。

5.7 钢-混凝土组合桥面系

5.7.1 钢-混凝土组合桥面系的设计应符合下列规定：

- 1 桥面系应保证从施工到运营两个阶段均具有足够的强度、刚度、稳定性、抗疲劳性能和耐久性；
- 2 桥面系应采用便于现场装配和检查维护的构造与连接；
- 3 连接件的设置应保证钢梁与混凝土桥面板的组合作用。

5.7.2 钢-混凝土组合桥面系应考虑外部作用（预应力和温度）、混凝土板的特性（收缩徐变、开裂、剪力滞后）、施工工序等因素的影响，采用基于换算截面法的弹性方法进行分析计算。

5.8 木材组合构件

5.8.1 木-钢组合构件的设计验算应符合下列规定：

- 1 木与钢之间的界面连接应能承受由组合作用产生的内力；
- 2 应分别复核连接部位木材部分和钢材部分的承载力；
- 3 木构件有效截面受压时应取用木材顺纹抗压强度设计值；
- 4 钢材应按弹塑性材料计算；
- 5 受压构件长细比不应大于 150。

5.8.2 木与混凝土组合构件设计应符合下列规定：

1 对于销栓类剪力连接件形式，在木与混凝土界面部位的模板等非结构层，应验算其强度与刚度；

2 对于采用榫槽连接的木-混凝土组合梁，应分别验算连接部位木材和混凝土的承载力。

3 木-混凝土组合梁在正常使用状态下的挠度应按弹性方法进行计算，负弯矩区段的混凝土板应验算长期作用下的最大裂缝宽度，计算挠度应小于或等于跨度的 $1/250$ 。

5.9 复合材料组合构件

5.9.1 复合材料组合构件应根据承载能力极限状态和正常使用极限状态的要求进行设计和验算，并应具有达到承载力极限状态的变形能力。

5.9.2 复合材料组合构件的设计与构造应符合下列规定：

- 1 应根据受力状态进行纤维方向和铺层的设计；
- 2 复合型材有效受力截面中任一壁厚不应小于 3mm；
- 3 复合材料圆管的径厚比不应大于 200；
- 4 复合材料管和混凝土之间应采取抗滑移措施。

5.9.3 长期荷载作用下，复合材料组合构件中的等效应力与其

材料强度标准值之比应符合下列规定：

- 1 碳纤维复合材料不应大于 0.7；
- 2 芳纶复合材料不应大于 0.3；
- 3 玻璃纤维复合材料不应大于 0.3。

5.9.4 复合材料管受压组合构件正常使用极限状态的设计验算应符合下列规定：

- 1 混凝土压应变不应大于 0.002；
- 2 内部配置钢筋复合材料管混凝土组合构件的纵向钢筋应力应小于其屈服强度标准值；
- 3 复合材料管-混凝土-钢管组合构件的内部钢管应力应小于其屈服强度标准值。

6 施工及验收

6.1 施 工

6.1.1 钢-混凝土组合结构施工应分析不同材料施工方法和施工顺序对结构的影响。

6.1.2 钢-混凝土的结合部不应出现影响结构安全的混凝土脱空、不密实。

6.1.3 钢构件和混凝土连接处应采取防水、排水构造措施；对钢构件及组合构件防腐、防火涂装应采取成品保护措施。

6.1.4 钢筋安装铺设过程中，严禁损伤钢构件、连接件和栓钉。

6.1.5 钢管混凝土拱肋在钢管上开孔和焊接临时结构时，应经过设计许可，且应采取结构补强措施。当割除施工用临时钢件时，严禁损伤钢管拱肋。

6.1.6 钢-混凝土组合结构中钢筋与钢构件直接焊接时，应进行不同钢种的焊接工艺评定。

6.1.7 木材组合构件在加工、安装过程中应采取防水、防潮和防腐措施。

6.1.8 碳纤维结构施工时应采取防护措施，避免对周围带电设备造成损伤，施工完成后应及时清理现场残留的碳纤维余料。

6.1.9 施工阶段钢-混凝土组合楼板的挠度应按施工荷载计算，其计算值和实测值不应大于板跨度的 $1/180$ ，且不应大于 20mm。

6.2 验 收

6.2.1 钢-混凝土组合结构验收应同时覆盖钢构件、钢筋和混凝土等各部分，针对隐蔽工序应采用分段验收的方式。

6.2.2 主体结构及其钢构件中设计要求全焊透的一、二级焊缝

内部缺陷检验应采用无损探伤方法，一级焊缝应采用 100% 的内部缺陷检验，二级焊缝检验比例不应低于 20%。

6.2.3 钢-混凝土组合构件施工中，隐蔽工序验收应符合下列规定：

- 1 钢筋、模板安装前，应检验钢构件施工质量；
- 2 混凝土浇筑前，应检验连接件、栓钉和钢筋的施工质量；
- 3 混凝土浇筑后，应检验组合构件的施工质量。

6.2.4 钢管混凝土应进行浇灌混凝土的施工工艺评定，主体结构管内混凝土的浇灌质量应全数检测。

6.2.5 钢-混凝土组合构件中钢筋与钢构件的连接质量验收应符合下列规定：

- 1 采用绕开法连接时，应检验钢筋锚固长度；
- 2 采用开孔法连接时，应检验钢构件上孔洞质量和钢筋锚固长度；
- 3 采用套筒或连接件时，应检验钢筋与套筒或连接件的连接质量；
- 4 钢筋与钢构件直接焊接时，应检验焊接质量。

7 维护与拆除

7.1 维 护

7.1.1 组合结构的使用者应根据结构安全等级、结构类型、设计工作年限及使用环境，建立全寿命周期内的结构使用、维护管理制度，并应符合下列规定：

1 对于组合结构桥梁，每年应至少进行 1 次安全性和耐久性巡检；

2 暴露在公共场景的组合结构高强度螺栓连接节点，每年应至少进行 1 次螺栓安全状态专项检查。

7.1.2 组合结构在使用中发生下列情形之一，应进行检测与鉴定，并根据检测鉴定结果进行处理：

1 达到设计工作年限拟继续使用；

2 使用用途、环境、条件改变；

3 进行结构改造、改建或扩建；

4 存在较严重的质量缺陷或出现较严重的腐蚀、变质、损伤、变形等影响安全和使用，出现危及使用安全的情况；

5 地震、台风、火灾、洪灾等重大自然灾害发生后，结构及构件受损但仍需继续使用；

6 日常检查评估确定应进行检测鉴定。

7.1.3 组合结构中钢结构及钢构件应采取下列防腐、防火保护措施：

1 钢构件表面防腐涂层、防火涂层应有检查、养护、维修的技术措施；

2 受侵蚀介质作用的结构以及在工作年限内不能重新涂装的结构部位应采取封闭包覆的防护措施；

3 结构构造设计应减少积留湿气和灰尘的死角或凹槽；

- 4 外包混凝土时，应有防止混凝土开裂、渗透的技术措施。

7.2 拆 除

7.2.1 组合结构的拆除应经过分析验算，并采用安全绿色拆除技术，确保结构拆除过程中的安全性，减少对周边环境的影响。应采用构件单元化拆除方案，拆除现场不应进行组合构件的解体。

7.2.2 组合结构拆除的分析验算应符合下列规定：

1 拆除应按短暂工况进行结构分析，安全性要求应与施工阶段相同；

2 拆除的每一个阶段均应分析剩余结构的稳定性及安全风险，并调整 and 确定下一个阶段的拆除方案。

7.2.3 组合结构的拆除施工应符合下列规定：

1 拆除结构的周边建（构）筑物及地下设施应进行保护、防护；

2 对危险物质、有害物质应有排放和处置方案，且应制定应急措施；

3 对再利用的材料和可重复使用材料应制定维护、保护方法和回收方案；

4 不得采取立体交叉作业方案；

5 在封闭空间施工时，应有通风和对外沟通的技术措施；

6 发现不明物体、气体、文物等应立即停止施工，并保护现场；

7 应采取保证剩余结构稳定的措施，局部拆除影响结构安全时，应先加固后拆除。

7.2.4 钢构件和型钢混凝土构件的拆除应根据结构类型划分拆除单元和混凝土破碎单元，拆除过程中应监测拟拆除结构和构件的稳定状态，发现安全隐患时必须停止作业。