组合结构通用规范

（征求意见稿）

目次

1 总则 1
2 基本规定 2
3 材料 4
3.1 钢材 4
3.2 混凝土 5
3.3 木材 5
3.4 复合材料 5
4 组合构件设计 7
4.1 一般规定 7
4.2 钢-混凝土组合梁 7
4.3 钢-混凝土组合楼板 9
4.4 钢管混凝土构件 9
4.5 型钢混凝土组合构件 10
4.6 钢-混凝土组合剪力墙 11
4.7 钢-混凝土组合桥面系 12
4.8 木材组合构件 12
4.9 复合材料组合构件 13
5 结构体系设计 15
5.1 一般规定 15
5.2 建筑组合结构体系 15
5.3 桥梁组合结构体系 18
6 施工及验收 21
6.1 施工 21
6.2 验收 21
7 维护与拆除 23
7.1 维护 23
7.2 拆除 23
附：起草说明 25

1　总则

1.0.1 为在组合结构工程建设中保障人身健康和生命财产安全、国家安全、生态环境安全，满足经济社会管理基本需要，依据有关法律、法规，制定本规范。

1.0.2 建筑、市政、公路工程中组合结构的设计、施工、验收、维护与拆除等必须遵守本规范。

1.0.3 本规范是组合结构设计、施工、验收维护与拆除过程中技术和管理的基本要求。当工程中采用的设计方法、材料、构件、技术措施、施工质量控制与验收检验内容（方法）等与本规范的规定不一致，但经合规性评估符合本规范第 2 章的规定时，应允许使用。

1.0.4 建筑、市政、公路工程中组合结构的设计、施工、验收、维护与拆除，除应遵守本规范外，尚应遵守国家现行有关规范的规定。

2　基本规定

2.0.1 组合结构设计时，结构安全等级划分及结构重要性系数（γ_0）应符合现行国家规范《工程结构设计通用规范》的规定。主体结构及其组合构件的安全等级不应低于二级。

2.0.2 组合结构设计使用年限应符合现行国家规范《工程结构设计通用规范》的规定。当组合结构构件、部件设计使用年限低于整体结构的设计使用年限时，应在设计文件中明确标明，且应采用易于替换的连接构造。

2.0.3 在设计使用年限内，组合结构应满足下列功能要求：

1 能承受在正常施工和使用期间可能出现的、设计荷载范围内的各种作用；

2 保持正常的使用性能；

3 满足正常使用，在正常维护下应具有满足设计使用年限的耐久性能；

4 当发生火灾时，在规定的耐火时限内应保持足够的承载力和整体稳固性；

5 当发生爆炸、撞击、人为错误等偶然事件时，结构应能保持必需的整体稳固性，不应出现与起因不相称的破坏后果。

2.0.4 在设计使用年限内，应采取措施保障组合结构及组合构件安全使用，且应符合下列规定：

1 未经技术鉴定或设计许可，不应改变结构设计规定的功能和使用条件；

2 对可能影响主体结构安全性和耐久性的事项，应建立定期检测、维护制度；

3 按设计规定必须更换的构件、节点、支座、锚具、部件等应及时进行更换；

4 构件表面的防护层，应按规定等进行维护或更换；

5 结构及构件、节点、支座及混凝土表面等出现可见的变形和耐久性缺陷时，应及时进行修复处理；

6 遇地震、火灾等灾害时，灾后应对结构进行鉴定评估，并应按评估意见进行加固处理后方可继续使用。

2.0.5 组合结构确定可变作用代表值时，设计基准期应符合现行国家规范《工程结构设计通用规范》的规定。当设计基准期与设计使用年限不一致时，应采用荷载调整系数对可变荷载进行调整。

2.0.6 组合结构在建造和使用过程中应符合下列要求：

1 组合结构中钢结构施工详图应依据设计技术文件完成，且应经设计单位审核确认；

2 施工组织应分析钢结构工程、混凝土工程、木结构工程、复合材料结构施工的交叉作业、堆场布置、作业环境等因素，应编制组合结构交叉作业专项方案；

3 施工单位应进行施工方法对主体结构内力及变形影响的分析，并应对施工阶段结构的强度、稳定性和刚度进行验算，其验算结果应经设计单位审核确认；

4 组合结构工程施工单位和监理单位、检测单位、监督机构等应统一计量标准。

5 暴露在公共场景的组合结构连接节点应设置防连接件、附属件等坠落的防护措施。

6 对于环境温度变化和木材含水率变化引起的木、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，应采取对应的控制措施。

3　材料

3.1 钢材

3.1.1 组合结构中结构钢材的相关要求应符合现行国家规范《钢结构通用规范》的规定，且应符合下列要求：

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 按照发生塑性变形设计的构件或部位的钢材，其屈强比不应大于 0.85，伸长率不应小于 20%。

6 在罕遇地震作用下期望充分发生塑性变形的构件或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 采用分项系数设计方法时，结构钢材的强度设计值应根据钢材强度的标准值和材料分项系数确定，结构钢材材料分项系数应符合现行国家规范《工程结构设计通用规范》的规定。

当采用其它钢种钢材时，应有实际工程经验或试验研究结果作为基础，且建筑结构用钢材不应小于 1.20，桥梁结构用钢材不应小于 1.30。

3.1.3 组合结构中钢筋的相关要求应符合现行国家规范《混凝土结构通用规范》的规定，且应符合下列要求：

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 对按一、二、三级抗震等级设计的型钢混凝土框架和斜撑构件，其纵向受力钢筋抗拉强度实测值与屈服强度实测值的比值不应小于 1.25，最大拉力下的总伸长率不应小于 9%，屈服强度实测值与其标准值之比不应大于 1.3。

3.1.4 采用分项系数设计方法时，组合结构中混凝土用钢筋的强度设计值应根据钢筋强度的标准值和材料分项系数确定，钢筋材料分项系数应符合现行国家规范《工程结构设计通用规范》的规定。

当采用其它钢种牌号钢筋时，应有实际工程经验或试验研究结果作为基础，

且建筑结构用钢筋不应小于 1.15，桥梁结构用钢筋不应小于 1.20。

3.2 混凝土

3.2.1 组合结构中混凝土的相关要求应符合现行国家规范《混凝土结构通用规范》的规定，且应符合下列要求：

1 混凝土应具有其强度等级的合格保证；

2 组合结构用混凝土强度等级不应低于 C20；

3 组合桥梁构件和预应力构件用混凝土强度等级不应低于 C30；

3.2.2 采用分项系数设计方法时，组合结构中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。建筑结构用混凝土材料分项系数不应低于 1.40，桥梁结构用混凝土材料分项系数不应低于 1.45。

3.3 木材

3.3.1 组合结构中木材、粘接材料及配套材料的相关要求和设计指标应符合现行国家规范《木结构通用规范》的规定，且应符合下列要求：

1 制作木构件时，木材应具有含水率合格保证；

2 组合结构中木结构用胶的胶合强度应同时不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使用年限相适应，并应符合环境保护的要求，胶应具有胶结能力的合格保证。

3.3.2 组合结构中木材强度设计值应根据其强度的标准值和材料分项系数确定，且应符合下列要求：

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、设计使用年限、构件尺寸、荷载类型等进行修正。

3.4 复合材料

3.4.1 组合结构中使用的纤维增强复合材料应符合下列要求：

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玻璃纤维或耐碱玻璃纤维；

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 Tg 不应低于 60℃，且应高于结构环境最高平均温度 10℃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；

6 应采用与树脂系统化学性能相容的浸润剂。

3.4.2 采用分项系数设计方法时，组合结构中纤维增强复合材料的抗拉强度设计值应根据其标准值和材料分项系数确定，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低于 1.25。

3.4.3 纤维增强复合材料的抗拉强度设计值应根据使用环境条件进行修正，修正系数应符合表 3.4.3 的规定。

表 3.4.3　抗拉强度设计值使用环境修正系数

环境条件	纤维增强复合材料种类		
	碳纤维（CFRP）	芳纶（AFRP）	玻璃纤维（GFRP）
室内环境	1.00	0.83	0.80
一般室外环境	0.91	0.77	0.72
海洋环境、侵蚀性环境	0.83	0.67	0.63（强碱环境中取 0.50)

4　组合构件设计

4.1 一般规定

4.1.1 组合构件设计应包括下列内容：

1 结构选型、构件布置及传力路径的结构方案设计；

2 材料选用及各类组合构件截面选择；

3 作用及作用效应分析；

4 构件承载能力极限状态验算；

5 构件正常使用极限状态验算；

7 制作、运输、安装、混凝土耐久性、钢材防腐和防火等要求；

8 抗震设计和耐火验算与防火设计；

9 满足特殊要求结构的专门性能设计。

4.1.2 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计算；

2 直接承受动力重复荷载的构件应进行疲劳验算；

3 有抗震设防要求时，应进行抗震承载力计算。

4.1.3 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，应进行受力裂缝宽度验算；

4 对组合板应进行结构振动响应验算。

4.1.4 组合构件设计时，应按照钢与混凝土组合作用形成之前的工况，对钢构件的强度、稳定性和刚度等进行验算。

4.1.5 采用不同材料部件组成的组合构件，应保证不同材料部件间有足够的联结，保证各部件共同工作。

4.1.6 组合结构及其组合构件的作用及作用组合，应按工程实际情况确定，并应符合现行国家规范《工程结构通用规范》的规定。

4.2 钢-混凝土组合梁

4.2.1 钢-混凝土组合梁设计验算应符合下列规定：

1 直接承受动力重复荷载时，应进行疲劳计算，其承载能力应按弹性方法计算；

2 进行截面承载能力计算时，应计算混凝土翼板的剪力滞后效应以及抗剪连接程度的影响。

4.2.2 钢-混凝土组合梁截面抗弯承载力验算应符合下列要求：

1 按塑性方法计算时，其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超过 40%；

2 按弹性方法计算时，应计算滑移效应的影响。

4.2.3 采用塑性设计法验算钢-混凝土组合梁的强度时，受负弯矩或较大集中力作用的截面应计算弯矩和剪力的相互影响。

4.2.4 钢-混凝土组合梁应进行混凝土翼板的纵向抗剪验算。

4.2.5 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。建筑结构钢-混凝土组合梁的最大挠度应分别按荷载效应的标准组合、准永久组合和长期作用的影响进行计算，其计算值不应超过表 4.2.5 规定的挠度限值。

表 4.2.5 建筑结构钢-混凝土组合梁挠度限值（mm）

类型	挠度限制值	
	永久荷载和可变荷载组合	可变荷载标准值
主梁	$l_0/300$	$l_0/400$
其它梁	$l_0/250$	$l_0/300$

注：1 表中 l_0 为梁的计算跨度，悬臂梁的 l_0 应按实际悬臂长度的 2 倍取用；

2 有起拱时，对应永久荷载的挠度限制值应减去起拱值。

4.2.6 正常使用极限状态下，钢-混凝土组合梁负弯矩区段的混凝土板应验算长期作用的最大裂缝宽度。

4.2.7 钢-混凝土组合梁应分别对其施工及使用阶段按承载力极限状态和正常使用极限状态进行设计，并应计算施工方法及工序的影响。在混凝土浇筑和硬结前的施工过程中，应根据临时支撑的情况对钢梁进行强度、稳定性和变形验算。

4.2.8 钢-混凝土组合梁中的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。

4.3 钢-混凝土组合楼板

4.3.1 钢-混凝土组合楼板施工阶段的挠度应按施工荷载计算。使用阶段的挠度应按荷载效应的准永久组合并考虑荷载长期作用的影响进行计算，其计算值不应超过表 4.3.1 规定的限值。

表 4.3.1 钢-混凝土组合楼板挠度限值

跨度	挠度限值	
	施工阶段	使用阶段
l_0<7m	l_0/180 且不大于 20mm	l_0/200
7m≤l_0≤9m		l_0/250
l_0>9m		l_0/300

注：1 l_0 为组合楼板的计算跨度，悬臂板的 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。

4.3.2 考虑组合作用的钢-混凝土组合楼板，应进行纵向剪切粘结承载力验算。

4.3.3 钢-混凝土组合楼板总厚度不应小于 90mm，压型钢板肋顶部以上混凝土厚度不应小于 50mm，考虑受力作用的压型钢板基板净厚度不应小于 0.7mm。

4.3.4 组合楼板中的压型钢板在钢梁上的支承长度不应小于 40mm。

4.4 钢管混凝土构件

4.4.1 钢管混凝土构件应符合下列规定：

1 钢管截面对接应采用不低于二级的全熔透焊缝；

2 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；

3 应按空钢管验算施工工况强度、稳定和刚度。

4.4.2 钢管混凝土叠合柱应符合下列规定：

1 钢管壁厚不应小于 4mm，钢管的外直径 D 与壁厚 t 之比不应大于 150；

2 采用先安装钢管结构后浇筑管内混凝土施工方法时，应按施工阶段的荷载验算空钢管结构的强度和稳定性；

3 在浇筑混凝土时，由施工阶段荷载引起的钢管初始最大压应力值不应超过空钢管临界应力值的 35%。

4.4.3 钢管内混凝土应采取确保密实度和减小收缩的技术措施。

4.4.4 钢管约束混凝土柱的钢管应在柱上下两端断开，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下室顶面时需留缝，缝高度不应小于

10mm。钢管约束钢筋混凝土柱的纵筋净距不应小于 50 mm。

4.4.5 中空夹层钢管混凝土构造应符合下列规定：

1 外钢管的外直径不应小于 300 mm，钢管的壁厚不应小于 4 mm，混凝土最大骨料尺寸不应大于内、外钢管之间的净间距的 1/3；

2 内钢管的径厚比限值应满足对于空钢管轴心受压构件的相应规定取值，且内钢管壁厚不应小于 4mm；

3 中空夹层钢管混凝土的空心率不应超过 75%。

4.4.6 钢管混凝土柱应在每个楼层设置直径不小于 20mm 的排气孔，当楼层高度超过 6m 时，应在两个楼层中间增设排气孔。

4.5 型钢混凝土组合构件

4.5.1 型钢混凝土梁、柱应验算正截面承载力、斜截面承载力和受剪截面，并应验算型钢混凝土梁柱节点受剪承载力和受剪截面。

4.5.2 对于配置实腹式型钢的托墙转换梁、托柱转换梁、悬臂梁和大跨框架梁等主要承受竖向重力荷载的型钢混凝土组合梁，型钢上翼缘应设置栓钉。

4.5.3 型钢混凝土梁的最大挠度，应按荷载效应的准永久组合并考虑荷载长期作用的影响进行计算，其计算值不应超过表 4.5.3 规定的限值。

表 4.5.3 型钢混凝土梁挠度限值

跨度	挠度限值
l_0<7m	l_0/200
7m≤l_0≤9m	l_0/250
l_0>9m	l_0/300

注：1 表中 l_0 为梁的计算跨度，悬臂梁的 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。

4.5.4 型钢混凝土框架梁端应设置箍筋加密区，加密区长度、加密区箍筋最大间距和箍筋最小直径应符合表 4.5.4 的规定。

表 4.5.4 型钢混凝土梁箍筋加密区的构造要求

抗震等级	箍筋加密区长度	加密区箍筋最大间距（mm）	箍筋最小直径（mm）
一级	$2h_0$	100	12
二级	$1.5h_0$	100	10

三级	$1.5h_0$	150	10
四级	$1.5h_0$	150	8

注：1 h_0 为梁高；

2 当梁跨度小于梁截面高度 4 倍时，梁全跨应按箍筋加密区配置；

4.5.5 型钢混凝土框架柱应设置箍筋加密区，加密区的箍筋最大间距和箍筋最小直径应符合表 4.5.5 的规定。

表 4.5.5 型钢混凝土柱端箍筋加密区的构造要求

抗震等级	加密区箍筋最大间距（mm）	箍筋最小直径（mm）
一级	100	12
二级	100	10
三、四级	150（柱根 100）	8

注：底层柱的柱根指地下室的顶面或无地下室情况的基础底面。

4.5.6 型钢混凝土框架柱和转换柱型钢的混凝土保护层最小厚度不应小于 200mm。型钢混凝土框架梁和转换梁型钢的混凝土保护层最小厚度不应小于 100mm，且梁内型钢翼缘离梁截面两侧边距离之和不应小于梁截面宽度的 1/3。

4.6 钢-混凝土组合剪力墙

4.6.1 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，连接构造的间距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。

4.6.2 重力荷载代表值作用下，型钢、内嵌钢板、内藏钢斜撑混凝土组合剪力墙和钢板-混凝土组合剪力墙墙肢的轴压比不应超过表 4.6.2 的限值。

表 4.6.2　　组合剪力墙轴压比限值

抗震等级	特一级、一级（9 度）	一级（6、7、8 度）	二、三级
轴压比限值	0.4	0.5	0.6

注：1 墙肢轴压比是指重力荷载代表值作用下墙肢承受的轴压力设计值与混凝土和钢材（包括暗柱中型钢及钢板）抗压承载力之和的比值；

2 混凝土抗压承载力=墙肢的混凝土截面面积×混凝土轴心抗压强度设计值；

3 钢材的抗压承载力=剪力墙两端暗柱中全部型钢截面面积×型钢抗压强度设计值+剪力墙内配置的钢板截面面积×钢板抗压强度设计值。

4.6.3 钢-混凝土组合剪力墙配筋构造应符合下列规定：

1 抗震等级为特一、一、二级时，型钢混凝土组合剪力墙暗柱含钢率不应小于 4%；其他情况不应小于 2%；

2 剪力墙混凝土保护层厚度应符合钢筋和型钢耐久性要求，且型钢的保护层厚度不应小于 150mm；

3 钢与混凝土应设置栓钉等连接件，连接件数量应按计算确定，当采用栓钉时，直径不应小于 16mm，栓钉间距不应大于 300mm。

4.6.4 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综合技术措施。

4.7 钢-混凝土组合桥面系

4.7.1 钢-混凝土组合桥面系设计应满足下列规定：

1 桥面系应保证从施工到运营阶段两个工况均具有足够的强度、刚度、稳定性和疲劳性能；

2 桥面系的构造与连接应采用便于现场装配和运营过程中检查与维护的措施；

3 在钢与混凝土界面设置的连接件应保证桥面系在纵向弯曲和车辆偏载作用下钢梁和混凝土桥面板之间不发生竖向分离。

4.7.2 采用基于换算截面法的弹性方法设计计算组合桥面系时，应计算混凝土板的剪力滞后效应、开裂效应、收缩徐变效应、预应力效应、温度效应等以及施工工序等对组合桥面系受力行为的影响。

4.7.3 钢与混凝土之间的连接件设计应符合下列规定：

1 栓钉连接件应计算群钉效应所造成的承载性能降低；

2 设置连接件的钢板厚度不应小于栓钉直径的 0.5 倍。

4.8 木材组合构件

4.8.1 木与混凝土界面连接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，应验算强度与刚度；

2 对于采用齿槽连接的木-混凝土组合梁，应分别复核连接部位木/竹部分和

混凝土部分的承载力；

3 木与混凝土之间的正拉力设计值应取木/竹与混凝土之间剪力设计值的10%。

4 正常使用极限状态下，木/竹-混凝土组合梁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的最大裂缝宽度。

4.8.2 木-混凝土组合梁在正常使用状态下计算挠度不应大于跨度的 1/250。

4.8.3 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承担由组合作用产生的内力；

2 对于木-钢组合构件，应分别复核连接部位木/竹部分和钢材部分的承载力；

3 木构件有效截面受压时应达到木竹材顺纹抗压强度设计值；

4 钢材应按弹塑性材料计算；

5 在正常使用状态下受弯构件计算挠度不应大于跨度的 1/250；

6 受压构件长细比不应大于 150；

7 界面连接应保证延性破坏形式。

4.9 复合材料组合构件

4.9.1 复合材料组合结构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，并应具有能达到承载力极限状态的变形能力。

4.9.2 复合材料管、复合型材等复合材料构件应根据受力状态进行纤维方向和铺层的设计。

4.9.3 长期荷载组合作用下，复合材料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超过 0.7；

2 芳纶复合材料不应超过 0.3；

3 玻璃纤维复合材料不应超过 0.3。

4.9.4 复合材料组合构件设计与构造应符合下列要求：

1 复合型材有效受力截面中任一壁厚不应小于 3mm；

2 复合材料圆管的径厚比不应大于 200；

3 复合材料管和混凝土之间应采取抗滑移措施。

4.9.5 复合材料-混凝土组合梁板的设计验算应符合下列规定：

1 组合梁板复合材料构件与混凝土翼板的连接界面应按完全抗剪连接进行设计；

2 组合梁板的挠度应按弹性方法计算，并应验算混凝土收缩和徐变以及复合材料徐变的影响；

3 组合梁板抗弯承载力应按混凝土受压破坏的极限状态计算，应避免复合材料构件受拉断裂、剪切断裂和界面剪力连接破坏等脆性破坏，还应计算温差及温度产生的变形差对组合梁板的不利影响。

4.9.6 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 混凝土压应变不应超过 0.002；

2 对于内部配置钢筋的复合材料管混凝土组合构件，其纵向钢筋应小于其屈服强度标准值；

3 对于复合材料管-混凝土-钢管组合构件，其内部钢管应小于其屈服强度标准值。

4.9.7 复合材料桥板的承载力、变形和疲劳性能应符合表 4.9.7 的规定：

表 4.9.7 复合材料桥板承载力、变形和疲劳性能

序号	项目	规定
1	弯曲极限承载力	不应小于 3 倍的弯曲标准检验荷载
2	剪压极限承载力	不应小于 4 倍的剪压标准检验荷载
3	变形要求	在 1 倍弯曲标准检验荷载下，竖向最大挠度不应超过 1/600 跨度
4	持荷挠度	在 1.5 倍弯曲标准检验荷载下，持荷 72 小时后挠度增加量不应超过初始挠度的 5%
5	疲劳性能	200 万次疲劳加载后，在 1 倍弯曲标准检验荷载下的挠度增加量不应超过初始挠度的 15%

5　结构体系设计

5.1 一般规定

5.1.1 组合结构体系设计应包括下列内容：

1 结构选型、构件布置及传力路径的结构方案设计；

2 材料选用及各类组合构件截面选择；

3 结构上的作用及作用效应分析；

4 结构的倾覆、滑移、漂浮、防连续倒塌验算；

5 结构振动响应验算；

6 构件连接构造设计；

7 抗震设计与抗火设计；

8 满足特殊要求结构的专门性能设计。

5.1.2 对于不同材料性能差异的影响，组合结构体系设计应符合下列规定：

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 当使用混凝土时，应计算混凝土开裂以及收缩徐变等因素的影响；

3 应计算两种不同材料接触面的滑移效应，应设置连接件保证共同组合作用；

4 应计算不同材料施工方法和施工顺序对结构的影响；

5.1.3 组合结构与钢结构、混凝土结构、砌体结构、木结构等之间应设置过渡层、过渡柱、过渡梁等加强构造。

5.1.4 组合结构体系应符合下列规定：

1 应具有明确的计算简图和合理的荷载传递途径；

2 应具有满足设计工作年限要求的承载能力、刚度、变形能力和消耗地震能量的能力；

3 应具有合适的冗余度，应减小由局部破坏导致整个结构丧失承载重力荷载、风荷载及地震作用能力的风险。

5.1.5 组合结构进行抗震设计时，地震作用及作用组合应符合现行国家规范《建筑与市政工程抗震通用规范》的规定。

5.2 建筑组合结构体系

5.2.1 建筑组合结构体系分析计算应符合下列规定：

1 计算模型应模拟不同材料、构件或体系组合在一起协同受力的特征。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；

2 分析计算模型的几何尺寸、计算参数、荷载作用、边界条件、材料性能应符合实际结构工作状况；

3 结构分析应充分考虑不同材料、构件或体系组合在一起协同受力时与单一材料、构件或体系时力学平衡方程、变形协调关系和材料本构模型的不同；

4 结构分析所采用的计算软件应经考核和验证，应对分析结果进行判断和校核，在确认其合理有效后方可应用于工程设计。

5.2.2 结构性能化设计时应对选定的性能目标进行技术、经济可行性综合分析和论证。

5.2.3 组合结构在多遇地震作用下的抗震变形验算时，其楼层内最大的弹性层间位移应按下式计算。

$$\Delta u_e \le [\theta_e]h \qquad (5.2.3)$$

式中：Δu_e —— 多遇地震作用标准值所产生的楼层最大弹性层间位移角；

$[\theta_e]$ —— 弹性层间位移角限值，对于高度不超过 150m 和不小于 250m 的常见体系分别按表 5.2.3-1 和表 5.2.3-2 取值，高度在 150m 和 250m 之间的结构，按表 5.2.3-1 和表 5.2.3-2 的限值线性插入取值；

h —— 计算楼层层高。

表 5.2.3-1 组合结构体系弹性层间位移角限值（高度不超过 150m）

结构类型	钢柱/钢管混凝土柱	型钢混凝土柱
框架（支撑）	1/250	1/550
框架-（型钢）混凝土剪力墙/筒体	1/750	1/800
框架-内嵌钢板组合剪力墙/筒体	1/500	1/550
框架-外包钢板组合剪力墙/筒体	1/250	1/550
框架-钢板剪力墙/筒体	1/250	1/550
钢-混凝土板柱-剪力墙/筒体	1/600	1/650
钢-混凝土筒中筒	1/750	1/800

表 5.2.3-2 组合结构体系弹性层间位移角限值（高度不小于 250m）

结构类型	钢柱/钢管混凝土柱	型钢混凝土柱
框架（支撑）	1/250	1/500
框架-（型钢）混凝土剪力墙/筒体	1/450	1/500
框架-内嵌钢板组合剪力墙/筒体	1/350	1/500
框架-外包钢板组合剪力墙/筒体	1/250	1/500
框架-钢板剪力墙/筒体	1/250	1/500
钢-混凝土筒中筒	1/400	1/500

5.2.4 组合结构薄弱层（部位）层间弹塑性位移应按下式计算：

$$\Delta u_{\mathrm{p}} \leq [\theta_{\mathrm{p}}]h \qquad (5.2.4)$$

式中：Δu_{p} —— 弹塑性层间位移角；

$[\theta_{\mathrm{p}}]$ —— 弹塑性层间位移角限值，对于常见体系应按表 5.2.4 采用；

h —— 薄弱层楼层层高。

表 5.2.4 弹塑性层间位移角限值

结构类型	层间位移角限值
框架（支撑）	1/50
框架-（型钢）混凝土剪力墙/筒体	1/100
框架-内嵌钢板组合剪力墙/筒体	1/60
框架-外包钢板组合剪力墙/筒体	1/50
框架-钢板剪力墙/筒体	1/50
钢-混凝土板柱-剪力墙/筒体	1/80
钢-混凝土筒中筒	1/100

5.2.5 组合结构构件的混凝土裂缝宽度应按荷载准永久组合和长期作用影响的效应计算，裂缝控制等级应为三级，最大裂缝宽度应符合表 5.2.5 的要求。

表 5.2.5 组合结构中混凝土最大裂缝宽度限值

环境类别	环境条件	裂缝宽度限值

一	室内干燥环境；无侵蚀性静水浸没环境。 （年平均相对湿度小于 60%地区）	≤0.3mm （≤0.4mm）
二 a	室内潮湿环境；非严寒和非寒冷地区的露天环境；非严寒和非寒冷地区与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境；严寒和寒冷地区的冰冻线以下与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境。	≤0.2mm
二 b	干湿交替环境；水位频繁变动环境；严寒和寒冷地区的露天环境；严寒和寒冷地区冰冻线以上与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境。	≤0.2mm
三 a	严寒和寒冷地区冬季水位变动区环境；受除冰盐影响环境；海风环境。	≤0.2mm
三 b	盐渍土环境；受除冰盐作用环境；海岸环境。	≤0.2mm

5.2.6 房屋高度不小于 150m 的高层建筑组合结构体系应满足风振舒适度要求。在十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 5.2.6 的规定。

表 5.2.6 结构顶点风振加速度限值

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

5.3 桥梁组合结构体系

5.3.1 桥梁结构应进行整体抗倾覆验算，上部结构和下部结构之间应设置防止发生落梁、倾覆等可靠的连接构造措施。

5.3.2 桥梁结构的变形应符合下列规定：

1 由汽车荷载（不计冲击力）所引起组合结构桥梁的竖向挠度不应大于表 **5.3.2** 规定的限值；

2 组合结构桥梁应合理设置预拱度。

表 5.3.2　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	钢管混凝土拱桥	
						主拱	桥面梁（板）
限值	$\frac{l}{500}$	$\frac{l}{500}$	$\frac{l_1}{300}$	$\frac{l}{400}$	$\frac{l}{250}$	$\frac{l}{1000}$	$\frac{l}{800}$

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。

5.3.3 桥梁结构除应根据结构的设计使用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 根据不同结构环境条件，应设置钢筋防锈、钢构件防腐的防护措施；

2 对于容易受到腐蚀、机械磨损、疲劳影响和寿命达不到桥梁设计寿命的部件应是可更换的，且应提供在使用期内对部件检修和维修的通道；

3 对于不能够检测的部件，应进行疲劳验算，且应设定与桥梁设计寿命相对应的容许腐蚀厚度值。

5.3.4 钢管混凝土拱-组合桥面体系设计应符合下列规定：

1 应进行体系整体稳定与动力特性分析，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。

5.3.5 桥梁及桥面板的混凝土最大裂缝宽度应满足表 5.3.5 的要求，在负弯矩区应采取有效的抗裂措施减小混凝土桥面板的最大拉应力。

表 5.3.5　组合桥梁及桥面板混凝土裂缝宽度要求

环境类别	环境条件	钢筋混凝土桥面板	采用精轧螺纹钢筋的预应力混凝土桥面板	采用钢丝或钢绞线的预应力混凝土桥面板
Ⅰ类	温暖或寒冷地区的大气环境，与无侵蚀性水或土接触的环境	≤0.20mm	≤0.20mm	≤0.10mm
Ⅱ类	严寒地区的大气环境，使用除冰盐环境、滨海环境	≤0.20mm	≤0.20mm	≤0.10mm
Ⅲ类	海水环境	≤0.15mm	≤0.15mm	不得采用带裂

				缝的构件
Ⅳ类	受侵蚀性物质影响的环境	≤0.15mm	≤0.15mm	不得采用带裂缝的构件

6　施工及验收

6.1 施工

6.1.1 当组合结构施工方法或顺序对主体结构的内力和变形产生较大影响或设计文件有特殊要求时，应验算施工工况，应验算施工阶段结构强度、刚度和稳定性，验算结果应得到原设计单位确认。

6.1.2 钢-混凝土组合结构施工时，应符合下列规定：

1 钢构件安装和混凝土浇筑交叉施工方案应经过验算；

2 钢–混凝土的结合部不出现混凝土脱空、不密实的现象；

3 钢构件和混凝土连接处应有防水、排水构造措施；

4 钢管混凝土构件中钢管对接应采用不低于二级的全熔透焊缝；

5 钢管内混凝土浇筑时应采取充分振捣的技术措施；

6 型钢混凝土构件应采取防止高温下混凝土爆裂的措施。

6.1.3 钢构件应验算在混凝土浇筑前、浇筑过程中的变形；连接件周边的钢筋安装过程中，严禁损伤钢构件、连接件和焊钉。

6.1.4 钢管混凝土拱肋在钢管上开孔和焊接临时结构时，应经过设计确认，且应设置结构补强措施。当割除施工临时钢件时，严禁损伤钢管拱肋。

6.1.5 钢-混凝土组合结构施工时，当钢筋与钢构件采用直接焊接时，应进行两种不同钢种的焊接工艺评定。

6.1.6 木材组合构件在加工、安装过程应采取防水、防潮和防腐措施。

6.1.7 采用碳纤维施工时应采取避免对周围带电设备造成损伤的防护措施，施工完成后应及时清理现场残留的碳纤维废料。

6.1.8 组合结构中有关钢结构、混凝土结构、木结构施工的要求应分别符合现行国家规范《钢结构通用规范》、《混凝土结构通用规范》、《木结构通用规范》的有关规定。

6.2 验收

6.2.1 组合结构及组合构件工程质量验收应符合现行国家规范《建筑与市政工程质量控制通用规范》的有关规定。组合构件生产过程和质量管理流程应按结构类型控制。对隐蔽工程的检验和涉及结构安全的试件取样与检测应符合相关要求。

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小于 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，应检查钢构件施工质量；

2 混凝土浇筑前，应检查连接件、焊钉和钢筋的施工质量；

3 混凝土浇筑后，应检查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，应检查钢筋锚固长度；

2 采用开孔法连接时，应检查钢构件上孔洞质量和钢筋锚固长度；

3 采用连接套筒及连接件法时，应检查套筒或连接件与钢构件的焊接质量，钢筋与套筒及连接件的连接质量；

4 当钢筋与钢构件采用直接焊接时，应检查焊接工艺评定和检测实体焊接质量。

6.2.6 钢筋套筒、连接板与型钢连接接头抗拉承载力不应小于被连接钢筋的实际拉断力或 1.1 倍钢筋抗拉强度标准值对应的拉断力。

6.2.7 复合材料拉索的静载极限荷载不应小于索体公称破断力的 95%，且最大力下拉索的伸长率不应大于 1.5%，加载过程中锚具应无损坏。

7　维护与拆除

7.1 维护

7.1.1 地震、台风、火灾等重大自然灾害后应对组合结构的安全性和耐久性进行应急检查，应对破损的结构和构件进行检测评价，并应根据破损程度按评价结果进行维修加固。

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恰当处理。

1 达到设计工作年限拟继续使用时；

2 使用用途、坏境、条件改变时；

3 进行结构改造、改建或扩建、大修时；

4 存在较严重的质量缺陷或出现较严重的腐蚀、变质、损伤、变形影响安全和使用时；

5 出现危及使用安全迹象时；

6 日常检查评估确定应检测时。

7.1.3 组合结构桥梁的钢结构应采取下列防腐措施：

1 除锈后应采取涂装或喷镀等防腐措施；

2 受侵蚀介质作用的结构以及在使用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 构造设计应便于养护、检查，应减少积留湿气和灰尘的死角或凹槽。闭口截面构件应沿全长和端部焊接封闭。

7.1.4 组合结构应根据结构安全性等级、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。组合结构桥梁每年的定期巡检和点检不应少于 1 次。

7.1.5 组合结构连接节点应定期巡检，暴露在公共场景的高强度螺栓连接节点应每年不少于 1 次的点检。

7.2 拆除

7.2.1组合结构的拆除应具备合法的批准文件、拆除设计文件、拆除方案和安全应急方案等。对危险性较大和公共场所拆除工程应制定安全专项方案，超过一定规

模时应按规定进行专家论证。

7.2.2 组合结构的拆除应采取减少噪声、灰尘、水、污染、振动和冲击等对环境影响的措施，应采用安全绿色拆除技术。

7.2.3 拆除结构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确定剩余结构的稳定性及风险。

7.2.4 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 拆除施工不得采取立体交叉作业的方案；

5 在封闭空间拆除施工时，应有通风和对外沟通的技术措施；

6 拆除施工时发现不明物体、气体、文物等应立即停止施工，并保护现场。

7.2.5 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。

7.2.6 拆除施工中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。

7.2.7 拆除的构件、物品、垃圾等应分类收集和处理，废钢、木材、复合材料等应回收和循环利用。

附：起草说明

一、起草过程

根据国务院《深化标准化工作改革方案》（国发[2015]13号）要求，2016年住房城乡建设部印发了《关于深化工程建设标准化工作改革的意见》（建标[2016]166号），并在此基础上，全面启动了构建强制性标准体系、研编工程规范工作。2017年住房城乡建设部正式下达了《组合结构通用规范》的制定。

规范起草组于 2018 年 4 月形成研编规范征求意见稿。2018 年 5 月由住房城乡建设部组织，发送 38 本相关规范的编制组单位和专家进行了函审征求意见。规范起草组对反馈意见进行了汇总、协调、处理，对征求意见稿进行了修改和完善。2018 年 6 月，向住房城乡建设部提交研编验收稿。2018 年 9 月研编工作通过验收，根据验收意见进行修改，形成了本征求意见稿。

二、起草单位

（一）起草单位

中冶建筑研究总院有限公司、清华大学、重庆大学、中国建筑科学研究院、哈尔滨工业大学、中国建筑股份有限公司、中铁大桥勘测设计院有限公司、中国建筑标准设计研究院有限公司、南京工业大学、四川省建筑科学研究院、同济大学、东南大学、西安建筑科技大学、中南大学、中国建筑设计院有限公司、武汉大学、中冶京诚工程技术有限公司、华东建筑设计研究总院、香港理工大学、中交公路规划设计院、北京建筑设计研究院、大连理工大学（以上排名不分先后）。

（二）起草人员

聂建国、岳清瑞、周绪红、肖绪文、秦顺全、王翠坤、张素梅、曾　滨、侯兆新、樊健生、狄　谨、王玉银、李　荣、李国强、石永久、韩林海、陶慕轩、冯　鹏、肖从真、陈才华、王宇航、范　峰、田　伟、高宗余、郁银泉、邢万里、刘伟庆、淡　浩、王景全、白国良、杨　勇、余志武、范　重、卢亦焱、王立军、汪大绥、钟国辉、赵君黎、白力更、郑　云、龚　超、刘晓刚、张泽宇、庄　慧（以上排名不分先后）。

三、术语和符号

（一）术语

1. 组合结构

由不同组合结构构件所组成的结构。

2. 组合结构构件

由不同材料组合成的能够整体工作的结构构件。

3. 剪力滞后效应

正应力的横向分布不均匀的现象。

4. 桥面系

直接承受车辆、人群等荷载并将其传递至桥梁下部结构或缆索体系等的桥面构造系统。

（二）符号

1. γ_0 —— 结构重要性系数；

2. l_0 —— 梁、板的计算跨度；

3. Tg —— 树脂的玻璃化转变温度；

3. h_0 —— 梁高；

4. Δu_e —— 多遇地震作用标准值所产生的楼层最大弹性层间位移角；

5. $[\theta_e]$ —— 弹性层间位移角限值；

6. h —— 楼层层高；

7. Δu_p —— 弹塑性层间位移角；

8. $[\theta_p]$—— 弹塑性层间位移角限值；

9. a_{lim} —— 风振加速度限值；

10. l ——桥梁计算跨径；

11. l_1——桥梁悬臂长度。

四、条文说明

为便于政府有关管理部门和建设、设计、施工、科研等单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定，规范起草组按照条、款顺序编制了本规范的条文说明。但本条文说明不具备与规范正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规范规定的参考。

1.0.1 本条源于《中华人民共和国标准化法》第十条的规定，结合与钢结构相关的技术标准的总则，增加了技术规范的强制性技术要求，是制定本规范的目的。根据使用材料的不同，结构工程师习惯于把结构体系分为砌体结构、木结构、钢

结构、混凝土结构和组合结构等。

狭义上的组合结构通常指钢材与混凝土组合，称为钢-混凝土组合结构（composite steel and concrete structures），它是将钢材与混凝土通过某种方式组合在一起共同工作的一种结构形式，两种结构材料组合后的整体工作性能要明显优于二者性能的简单叠加。而近年来随着新型高性能土木工程材料的不断涌现、结构体系的不断创新，广义的组合结构已不局限于钢材与混凝土组合，各类不同材料、结构构件、结构体系之间灵活运用组合概念，使各种材料、构件或体系扬长避短，可以获得一系列性能优越的组合构件或组合结构体系，这些都可以统称为组合结构，例如：不同材料之间组合可形成“木-混凝土组合梁”、“复合材料-混凝土组合柱”、“钢-超高性能混凝土组合梁”等；不同结构构件之间组合可形成“混凝土柱-组合梁组合节点”、“组合梁-混凝土梁纵向混合梁”等；不同结构体系之间组合可形成“组合框架-混凝土核心筒组合结构体系”、“组合筒体-组合框架体系”、“巨型组合框架体系”等。

1.0.2 本条规定了本规范的适用范围。本规范中的组合结构主要是指建筑、市政和公路工程的组合结构，其中建筑工程包括各类工业与民用建筑、构筑物等；市政工程中主要是指城市桥梁，包括过街天桥等；公路工程中主要是指公路桥梁，包括跨公路天桥等，由于铁路桥梁已成完整体系，且与市政、公路桥梁差别较大，故未包含在本规范中。其他行业中的组合结构技术要求和管理要求可参考使用。

1.0.3 本条规定了不超出本规范时的合规性做法。当工程中采用的设计方法、材料、构件、技术措施、施工质量控制与验收检验内容（方法）等与本规范的规定不一致，但经合规性评估符合本规范第 2 章的规定时，应允许使用。

1.0.4 本条是规范的通用写法。

规定了本规范与其他技术规范的关系。本规范与工程建设领域的其他技术规范形成了一个完整的技术规范体系，本规范是针对组合结构专用的技术要求和管理要求，通用的技术要求和管理要求应执行其他通用规范。本规范有关包括但不仅限于下列通用规范：《工程结构设计统一技术规范》、《建筑与市政工程抗震技术规范》、《钢结构通用规范》、《混凝土结构通用规范》、《木结构技术规范》、《建筑设计防火规范》、《工程勘察技术规范》、《既有建筑维护与改造技术规范》、《既有建筑鉴定与加固技术规范》、《建筑与市政工程施工质量控制技术规范》、《建筑

安全防范技术规范》、《城乡道路交通工程项目规范》等。

2.0.1 本条源于现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》 GB50153-2008 强制性条文 3.2.1 条。安全等级分三级，分别对应重要结构、一般结构和次要结构。结构的重要性，主要是根据破坏后果和结构的使用频率进行判断。欧洲标准 EN1990 附录 B 则根据“结构破坏后果”和“结构可靠性水准要求”两个角度规定了结构分类，和中国规范的分类要求基本相同。国际标准 ISO 22111 第 7 条将结构分为四类，前三类与中国相同，增加的第四类是特例，其安全度水准需要根据项目实际情况设定。

本条对破坏后果“很严重、严重、不严重”进行了细化，主要是从人的生命安全和健康、经济损失、社会影响及环境影响等四个方面进行描述。比如在经济损失方面，相关法规中对“特大”、“重大”等都有量化的规定，可供参考。

2.0.2 本条源于现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB50153-2008 强制性条文第 3.3.1 条“工程结构设计时，应规定结构的设计使用年限”。 结构设计使用年限是衡量结构和结构构件可靠性的时间基准，必须明确规定结构的设计使用年限，讨论结构设计的安全性和可靠性才有意义。

在组合结构专业领域，本规范涉及建筑结构、桥梁结构以及易于替换的结构和构件等，本条将以上各类结构形式和构件对设计使用年限的规定汇总在一起，依据来自各专业技术标准。

在桥梁中的小桥、中桥、大桥、特大桥的界定参考下表：

桥梁分类	多孔跨径总长 L（m）	单孔跨径 Lo（m）
特大桥	L≥1000	Lo≥150
大桥	100≤L＜1000	40≤Lo＜150
中桥	30≤L＜100	20≤Lo＜40
小桥	L＜30	Lo＜20

并非结构的所有构件都满足相同的设计使用年限要求，比如防水层等需要定期更换的组成部分以及由特殊要求的构件，可以根据实际情况确定设计使用年限，但在设计文件中应当明确标明。

2.0.3 本条源于现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB50153-2008 强制性条文第 3.1.2 条。

第 1 款、第 2 款、第 3 款规定了结构设计中必须满足的三项要求，对应了结构的安全性（具有足够的强度）、适用性（具有足够的刚度）和耐久性（具有足够的耐久性）。

第 4 款涉及结构的抗火能力，火灾是直接威胁到公众生命财产安全的重要风险因素。发生火灾时，结构特性与一般的使用条件下有很大差异。因此在结构设计时，除了应当满足本条第 1、2、3 款的三项基本要求之外，还必须考虑在突发火灾的情况下，结构能够在规定时间内提供足够承载力和整体稳固性，为现场人员疏散、消防人员施救创造条件，并避免因为结构失效导致火灾在更大范围的蔓延。

第 5 款规定了结构体系应当具有完整性和鲁棒性，避免因为局部构件的失效导致结构整体失效。在某些偶然事件发生时，通常会造成结构局部构件失效，但如果结构设计不当，则可能因为局部的失效导致结构整体破坏，造成重大损失。因此结构体系传力路径的合理性、完整性和整体稳固性是结构设计时必须考虑的重要因素。

2.0.4 本条针对钢结构专业特点，提出了在钢结构全寿命周期中使用方应该关注的重要技术措施，包括正常使用维护、构件及其防护涂层的维护与更换、灾后检测鉴定与加固改造等方面。本条是用来监督业主方对钢结构使用管理措施是否到位的要求。

2.0.5 本条源自《建筑结构荷载规范》GB50009-2012 的强制性条文 3.1.3 条，在房屋建筑钢结构基础上，增加桥梁钢结构。

以房屋建筑钢结构为例，在确定各类可变荷载的标准值时，会涉及出现荷载最大值的时域问题，本规范统一采用一般结构的设计使用年限 50 年作为规定荷载最大值的时域，在此也称之为设计基准期。设计人员在按本规范的原则和方法确定其它可变荷载时，也应采用 50 年设计基准期，以便与本规范规定的分项系数、组合值系数等参数相匹配。

2.0.6 本条是针对组合结构专业特点，提出了组合结构在建造过程中设计、施工、监理、检测、监督等相关各方应该关注的重要技术措施。

第 1 款强调组合结构中钢结构施工详图（shop-drawings）应由设计单位书面确认，保证施工详图不偏离原设计。

第 2 款、第 3 款强调组合结构工程特别是钢结构、混凝土结构、木结构、复合材料结构等施工难度大的工程，一方面应进行专项专家论证，具体管理规定参照各地区的相关要求；另一方面应进行施工验算或者施工设计，且验算结果应经设计单位审核确认。

第 4 款是针对组合结构中钢结构质量精度敏感的特点，施工单位和监理单位、检测单位、监督机构等应统一计量标准，且定期统一标定。

第 5 款是针对钢结构连接节点中高强度螺栓发生延迟断裂后，坠落伤人事故时有发生，特别是在公共场景情况下属于比较严重公共安全事故。

第 6 款：木材与钢、混凝土、复合材料的热膨胀系数相差较大，同时木竹材具有湿涨干缩性，所以在环境温度或木竹材含水率发生变化时，会造成两者连接界面的不协调变形，在设计、施工安装与使用过程中必须考虑相关不利影响。

本条源自《装配式木结构建筑技术标准》GB/T 51233-2016 第 7.3.2 条。

3.1.1 近年来，结构钢材品种增加，质量提高，已形成了不同性能的钢种牌号系列，并可按不同质量等级供用户选用。工程经验表明，正确合理的选用钢材的牌号与质量等级，对保证工程结构的质量与承载功能至关重要。对钢材化学成分、力学性能等指标保证限值的规定，一直是设计规范选材规定中被列为强条的重要内容，这些性能指标均为对钢材性能量化判定的重要基本依据。如屈服强度与设计强度、伸长率与塑性、屈强比与延性、冲击功与韧性、碳当量与焊接性能、冷弯与加工性等均是互为依据的关系。设计选材时应严格按结构使用条件和本条规定提出各项性能保证要求，以保证结构良好的承载性能。

第 1 款：钢结构承重构件所用的钢材应具有屈服强度、伸长率、抗拉强度和硫、磷含量的合格保证。

第 2 款：对焊接结构尚应具有碳或碳当量的合格保证。焊接承重结构以及重要的非焊接承重结构所用的钢材，应具有冷弯试验的合格保证。

第 3 款：对承受直接动力荷载作用并需计算疲劳的结构，其钢材应在保证良好综合性能基础上，严格保证冲击功的合格指标。此外，工程质量事故的经验与研究表明，当板件厚度较大并在低温环境下受拉时，其低温脆断倾向性明显增加，因而，对其质量等级也做出了较严格的规定。

钢材质量等级是对钢材质量细化控制，并与国际上钢材标准有关规定接轨而

作出的规定。按硫、磷等化学元素含量的不同与不同环境温度下冲击功保证值的不同，共分为 A、B、C、D、E 等 5 个质量等级，故也是一个材质综合评定的指标。因 A 级钢在保证力学性能合格的条件下，交货时可不保证化学成分的限值指标，故承重结构一般不应选用 A 级钢。

第 4 款：在 T 形、十字形和角形焊接的连接节点中，当其板件厚度不小于 40mm 且沿板厚方向有较强撕裂拉力作用时（含较高约束拉应力作用），该部位板件钢材应具有厚度方向抗撕裂性能（Z 向性能）的合格保证，其沿板厚方向断面收缩率不小于按现行国家标准《厚度方向性能钢板》GB/T 5313 规定的 Z15 级允许限值。

工程经验与国内外研究均表明，在焊接结构的焊接节点中，当较厚板件沿板厚方向受有较大的撕裂拉应力（含较高的约束拉应力）时，可能引起的钢板的层间（Z 向）裂缝，严重影响结构的安全使用。其主要原因是焊接构造或工艺缺陷造成板内过大的 Z 向焊接约束应力，再是钢板钢材含硫量较高，易形成硫化锰的层间夹杂物缺陷，使钢材分层。这种裂缝常会在焊接区冷却过程中即开始产生。近年来在我国一些高层钢结构工程中的梁柱节点区均产生过这种钢板层裂的质量事故，有的工程还因此造成了重大经济损失。为避免此类问题的发生，应注意采用合理的焊接构造与工艺，避免过大的焊接约束应力，同时应提高钢材的抗撕裂性能（Z 向性能）。

按现行国家标准《厚度方向性能钢板》GB/T 5313 的规定，Z 向性能指标分为 Z15、Z25、Z35 三个等级，相当于要求钢材厚度方向的断面收缩率分别不小于 15%、25%与 35%，也相当于钢材含硫量应保证分别不大于 0.01%、0.007%、0.005%，即应控制超低的含硫量（一般结构钢材含硫量不大于 0.035%）。

第 5 款：按塑性设计的结构与进行弯矩调幅计算的构件，以及按 7 度及 7 度以上抗震设防高层钢结构的框架梁、柱、抗侧力支撑等主要抗侧力构件，其所用钢材的屈强比不应大于 0.85；并应具有明显的屈服台阶，且断后伸长率不应小于 20%。

塑性设计是利用钢材的塑性性能，以结构在荷载作用下陆续出现塑性铰直至形成机构作为其承载力的极限状态，故要求结构钢材有良好的塑性性能，以达到结构进入塑性工作状态后可靠的实现内力重分配。

此外，抗震设防的高层钢结构，其框架梁、柱、抗侧力支撑等抗侧力构件，在罕遇地震作用时，亦会进入非弹性工作状态，也要求结构钢材在有较高强度的同时，还应具有适应更大应变与塑性变形的延性和韧性性能，从而实现地震作用能量与结构变形能量的转换，有效地减小地震作用，达到结构大震不倒的设防目标。故其所用钢材的塑性与延性指标保证限值，亦应严格遵守本款规定。这一规定也已作为一个基本准则列入了美国、加拿大、日本等国的相关技术标准中。

对抗震设防的高层钢结构的主要抗侧力构件，因承受地震强烈交变作用会引起构件高应变低周疲劳，并在大变形时可能进入非弹性工作状态，对钢材延性、塑性与韧性都有较严格的要求，故质量等级不宜低于 C 级。

3.1.2 根据现行国家标准《建筑结构可靠度设计统一标准》GB 50068 和《工程结构可靠度设计统一标准》GB 50153，各类结构按极限状态和可靠度设计准则，结构的荷载作用 S 与承载抗力 R 均引入相应的荷载作用分项系数 γS 与结构材料分项系数 γR。现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 和《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 经过对大批钢材实物强度的统计和可靠度指标校准分析等专题研究，确定了对各类钢材的抗力分项系数取值。其中钢材的强度标准值应具有不小于 95%的保证率。

现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 中的材料分项系数 γR 是按钢材屈服强度数据统计分析取值的，而此统计分析工作只能在该种钢材有大量应用数据积累，并方便进行统计分析的条件下才可进行，这大大限制了新钢种由于无法及时确认其抗力分项系数，而不能被设计规范认可应用。为解决这一问题，对于满足本规范 3.1.1 条要求的其他钢种牌号的钢材，提出了需要有可靠的工程经验或必要的试验研究结果作为基础的要求，其中必要的试验研究结果是指以少量试验分析认定 γR 的方法，该试验的试件数量不应少于 30 个，通过试验统计分析结果可以得到该钢种的抗力分项系数。

可靠的工程经验主要是指已经有些钢种得到了应用，例如铸钢件系铸造成型，由于未经压轧工艺对质量的进一步改善，虽经正火交货，但整体材质的均匀性、晶粒度等仍略差于轧制钢材，其抗力分项系数取值也偏大。铸钢的材料分项系数 γR＝1.282 是按现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 对钢铸件的强度设计值的规定而提出的。冷弯型钢（板厚≤6mm）的材料分项系数 γR＝1.150 是按现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构设计规范》GB 50018 对冷弯型钢的强度设计值

的规定而提出的。

3.1.3 本条规定了组合结构中采用的常规钢筋的要求。

第 1 款：普通钢筋一般指热轧钢筋，除应具有屈服强度外，由于结构抗倒塌设计的需求，还应具有抗拉强度，即钢筋拉断前相应于最大拉力下的强度。

第 2 款：组合结构用钢筋由于要和钢构件连接，因此对延性（最大拉力下总伸长率）和可焊性有要求。具体来说：（1）构件的纵向受力普通钢筋可采用 HRB400、HRB500、HRBF400、HRBF500、HRB335、RRB400、HPB300 热轧钢筋；(2) 梁、柱和斜撑构件的纵向受力普通钢筋宜采用 HRB400、HRB500、HRBF400、HRBF500 热轧钢筋；（3）箍筋宜采用 HRB400、HRBF400、HRB335、HPB300、HRB500、HRBF500 钢筋。

第 3 款：对按一、二、三级抗震等级设计的型钢混凝土框架和斜撑构件，其纵向受力钢筋抗拉强度实测值与屈服强度实测值的比值不应小于 1.25，目的是使结构出现较大塑性变形或塑性铰后，钢筋能够提供足够的转动能力和耗能能力；最大拉力下的总伸长率不应小于 9%是保证结构构件具有足够的延性能力；屈服强度实测值与其标准值之比不应大于 1.3，是基于设计中“强柱弱梁”、“强剪弱弯”的设计理念都是以强度设计值为基础进行内力调整。

3.1.4 现行国家标准经过对大批钢筋实物强度的统计和可靠度指标校准分析等专题研究，确定了对各类钢筋的抗力分项系数取值。其中钢筋的强度标准值应具有不小于 95%的保证率。

对于满足本规范 3.1.3 条要求的其他钢种牌号的钢筋，本条提出了需要有可靠的工程经验或必要的试验研究结果作为基础的要求，其中必要的试验研究结果是指以少量试验分析认定 γR 的方法，该试验的试件数量不应少于 30 个，通过试验统计分析结果可以得到该钢筋的材料分项系数。

可靠的工程经验主要是指已经有些钢种得到了应用，例如建筑结构用钢绞线材料分项系数为 1.410，桥梁用预应力钢绞线材料分项系数为 1.470。

3.2.1 本条规定了组合结构中采用的混凝土的基本要求。引用《混凝土结构通用规范》的相关条文。

1、组合结构中混凝土种类和力学性能应符合下列规定：

（1）常规品（普通）混凝土强度等级应按立方体抗压强度标准值划分为 C30、

C35、C40、C45、C50、C55。

（2） 特制品混凝土强度等级划分应符合下列规定：

1）高强混凝土强度等级应按立方体抗压强度标准值划分为 C60、C65、C70、C75、C80、C85、C90、C95、C100。

2）自密实混凝土、合成纤维混凝土强度等级划分为 C30、C35、C40、C45、C50、C55。

3）钢纤维混凝土强度等级应按立方体抗压强度标准值划分为 CF35、CF40、CF45、CF50、CF55、CF60、CF65、CF70、CF75、CF80。

4）轻骨料混凝土强度等级应按立方体抗压强度标准值划分为 LC25、LC30、LC35、LC40、LC45、LC50、LC55、LC60；LC25 轻骨料混凝土密度等级不应大于 1400，其它强度等级轻骨料混凝土密度等级应控制在 1400～1900 范围内。

2、考虑到与钢构件、木构件、复合构件等组合作用，混凝土的强度等级需要进行匹配，提出了本条的基本要求。

3.2.2 现行国家标准经过对大批混凝土实物强度的统计和可靠度指标校准分析等专题研究，确定了对混凝土的抗力分项系数取值。其中混凝土的强度标准值由立方体试件抗压强度标准值经计算确定，应具有不小于 95%的保证率。

对于满足本规范 3.2.1 条要求的其他类型的混凝土，在具有可靠的工程经验或必要的试验研究结果基础上，其中必要的试验研究结果是指以少量试验分析认定 γR 的方法，该试验的试件数量不应少于 30 个，通过试验统计分析结果可以得到该混凝土的抗力分项系数。

3.3.1 第 1 款：木材干缩会造成构件的松弛变形和裂缝，因此，在制作时对木材的含水率应控制，现行《木结构通用规范》对木材含水率的规定如下表：

木材种类		含水率
板材、规格材和工厂加工的方木		≤19%
方木、原木受拉构件的连接板		≤18%
连接件和结构复合材		≤15%
胶合木层板		8%-15%
井干式木结构构件	原木制作	≤25%
	方木制作	≤20%

	胶合原木制作	≤18%

第 2 款：木结构用胶的胶合强度应同时不低于木材顺纹抗剪强度和横纹抗拉强度，意味着胶连接的破坏是沿着木材部分发生，保证了胶连接的可靠性。

第 3 款：胶缝的耐久性取决于他的抗老化能力和抗生物侵蚀能力，对于使用的胶应经过胶结能力的检验，合格后方可使用。对于新的胶种需要有可靠的工程经验或必要的试验研究结果作为基础，方可使用。

3.3.2 木材强度设计值应根据其强度的标准值和材料分项系数确定，其中标准值应具有不小于 95%的保证率。但是由于木材的种类繁多，影响材料分项系数的因素多，现行规范是对不同树种的木材划分强度等级，并参照长期工程实践经验，进行合理的归类，故实际给出的木材强度设计值是经过调整后的，与直接计算的数值有差别。木材的材料分项系数比较分散，约在 3-6 之间。

本条只是规定木材强度设计值的确定原则，符合本规范 3.3.1 条要求的木材，可以按照本条的原则确定强度设计值。

3.4.1 纤维增强复合材料（FRP）是近年来成功应用于土木工程中的一种新型高性能工程结构材料，它具备了轻质高强、可设计、成型方便、耐化学侵蚀、施工便捷和质量易于保证等优点。目前，复材已经成为了混凝土、钢材等传统结构材料的重要补充。常用的复材由碳纤维、玻璃纤维、玄武岩纤维或芳纶与树脂基体复合形成，力学性能（强度比重比和刚度比重比）和化学性能（耐腐蚀性能）优越，在结构中合理地应用 FRP 已成为土木工程结构发展的一个重要方向。复材制品形式与种类多样，在组合结构中应用的主要类型包括：纤维布、复材板、复材筋、复材网格、复材型材和复材管等。

复材中包含有两种主要材料组分：纤维与基体。这两种材料组分的性能、比例及其组合形式是影响复材制品各项性能的重要因素。

一般结构中使用的玻璃纤维布、玻璃纤维筋和玻璃纤维管，仅限于高强型（S）、含碱量小于 0.8％的无碱（E）或耐碱（AR）玻璃纤维，不使用中碱及高碱玻璃纤维。因为在一般情况下混凝土的碱性比较强，从产品耐久性角度考虑，必须采用高强型（S）、无碱（E）或耐碱（AR）玻璃纤维。从而保证玻璃纤维增强复合材料的长期力学性能。其中高强型玻璃纤维，也称为 S 玻璃纤维，碱金属氧化物含量＜0.3%。无碱玻璃纤维，也称 E 玻璃纤维，碱金属氧化物含量＜0.8%。耐

碱玻璃纤维，也称为 AR 玻璃纤维，含有 16％的 ZrO，所以耐碱性大为提高。

复材的耐化学腐蚀特性，如耐酸、耐碱、耐盐等，主要取决于基体树脂的选用。因此，为提高复材的耐腐蚀特性，应根据其服役的化学环境，选用对其具有高耐腐蚀特性的树脂。在使用环境温度较高的场所，要求粘贴树脂的玻璃化转变温度不应低于 60℃。当处于腐蚀环境、放射环境等条件时，要求采用的粘贴树脂和复材具有相应的抵抗环境因素作用的能力。浸渍树脂与纤维布之间的层间剪切强度是两者之间浸润性能的基本反映，也是反映浸渍树脂与纤维布是否匹配的主要指标。

第 1 款：主要限制强度低、耐久性差的玻璃纤维，从而满足工程建设行政管理和监管要求。纤维增强材料与所用树脂的界面特性对制成品复合材料的所有性能有着显著的影响。这种匹配性主要体现在纤维表面所用浸润剂以及进一步加工成纤维织物制品所引入粘结剂等加工助剂的化学组分是否能与所选用树脂有非常好的结合，并不能影响树脂的固化。

本款源自《纤维增强复合材料建设工程应用技术规范》GB50608-2010 第 2.1.1 条、第 3.2.2 条（强制性条文）。

第 2、3、4、5 款：乙烯基酯树脂、环氧树脂是国内拉挤型材使用最为广泛的树脂，应用成熟，性能稳定。酚醛树脂以其优异的电绝缘性能和阻燃性能在电力、交通等特殊要求领域有大量应用。聚氨酯树脂具有优异的机械性能和耐候性能，作为新兴拉挤型材基体树脂也有很大的应用前景。采用高性能的不饱和聚酯树脂能够满足工程结构的需要，在选用时应确保其性能，不应采用邻苯型不饱和聚酯树脂。

对于在使用环境温度较高的场所，防止高温环境下复合材料结构的承载力显著降低。当处于腐蚀环境、放射环境等条件时，要求复合材料具有相应的抵抗环境因素作用的能力。复合材料的耐化学（如酸、碱、盐）腐蚀特性主要取决于基体树脂的选用。因此，为提高复合材料的耐腐蚀特性，应根据其服役的化学环境，选用对其具有高耐腐蚀特性的树脂。

本款源自《纤维增强复合材料建设工程应用技术规范》GB50608-2010 第 3.1.2 条、第 3.3.5 条及《结构用纤维增强复合材料拉挤型材》GB/T31539-2015 第 5.2 条。

第 6 款：浸润剂与树脂系统化学性能相匹配，主要是指两者的相容性。

3.4.2 现行国家标准《纤维增强复合材料建设工程应用技术规范》GB50608-2010 经过对大批纤维增强复合材料实物强度的统计和可靠度指标校准分析等专题研究，确定了对复合材料的抗力分项系数取值。其中复合材料的强度标准值应具有不小于 95%的保证率。

对于满足本规范 3.4.1 条要求的其他类型的复合材料，在具有可靠的工程经验或必要的试验研究结果作为基础上，其中必要的试验研究结果是指以少量试验分析认定 γR 的方法，该试验的试件数量不应少于 30 个，通过试验统计分析结果可以得到该复合材料的抗力分项系数。

可靠的工程经验主要是指已经有些复合材料得到了应用，例如纤维布（碳纤维、玻璃纤维、芳纶和玄武岩纤维）材料分项系数为 1.400。

3.4.3 由于复合材料由纤维、基体树脂以及浸润剂等多种材料复合而成，其长期性能受环境作用影响，因此，根据本规范第 3.4.2 确定的复合材料强度设计值需要按照本条规定的使用环境修正系数进行折减。

4.1.1 本条源自《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010 第 3.1.1 条，但体现了组合构件的特点，如第 2 和第 6 点，对组合结构构件设计非常重要。

4.1.2 本条规定了组合构件设计的承载能力极限状态，对组合构件设计非常重要。

本条源自《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010 第 3.3.1 条、《钢结构设计规范》GB50017-2003 第 3.1.2 条，并根据组合结构特点做适当调整。

4.1.3 本条规定了组合构件设计的正常使用极限状态。

本条源自《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010 第 3.4.1 条、《钢结构设计规范》GB50017-2003 第 3.1.2 条，并根据组合结构特点做适当调整，对组合构件设计非常重要。

4.1.4 本条是对承载能力和正常使用极限状态的补充，充分体现了组合构件的特点，是组合构件设计中必须考虑的一个关键环节。本条为新增条文。

4.1.5 本条对不同材料部件组成的组合构件的连结性进行规定，是组合构件设计中必须考虑的一个关键环节。本条为新增条文。

4.2.1 本条规定了组合梁设计的基本计算原则，规定直接承受动力荷载时应采用弹性计算方法并进行疲劳计算。此外，规定组合梁截面承载力计算时应考虑的两

个关键因素：一是应考虑剪力滞后效应选取等效截面计算；二是根据剪力连接程度按照完全剪力连接和部分剪力连接区分计算承载力。

本条源自《钢结构设计规范》GB50017-2003 第 11.1.1、11.1.2、11.2.2 条和《组合结构设计规范》JGJ138-2016 第 12.1.1、12.2.2 条，并进行了高度凝练和总结。

4.2.2 本条规定了组合梁抗弯承载力计算的基本原则，组合梁具有较好的内力重分布性能，根据欧洲规范 4 建议，当采用非开裂截面进行整体结构分析时，调幅系数最高可取 40%。

本条源自欧洲规范 4 BS EN 1994-1 第 5.4.4-(5)和《组合结构设计规范》JGJ138-2016 第 12.2.2 条。

4.2.3 本条规定了组合梁抗剪承载力计算的基本原则。

本条源自《钢结构设计规范》GB50017-2003 第 11.2.4 条和《组合结构设计规范》JGJ138-2016 第 12.2.6 条。

4.2.4 本条强调了组合梁纵向抗剪验算的重要性，是组合梁设计中的特殊环节。

本条源自《组合结构设计规范》JGJ138-2016 第 12.2.10、12.2.11 条。

4.2.5 本条规定了建筑结构组合梁变形验算的计算方法及要求。

本条源自《钢结构设计规范》GB50017-2003 第 11.4.1 条和《组合结构设计规范》JGJ138-2016 第 12.3.1 条，并进行凝练总结。挠度限值参考《钢结构设计规范》GB50017-2003 附录 A，主要针对建筑结构组合梁。

4.2.6 本条规定了组合梁负弯矩区裂缝验算要求。

4.2.7 本条规定了组合梁相关验算应考虑施工工序的影响，强调了钢梁截面的施工阶段验算。

本条源自《钢结构设计规范》GB50017-2003 第 11.1.4 条。

4.2.8 本条强调了连接件的抗掀起作用，是对连接件抗剪作用的重要补充。

4.3.1 组合楼板施工完成后，活荷载移除，会留下永久挠度，应对其值进行限制。施工阶段挠度验算时应按荷载标准组合计算，使用阶段按荷载效应的准永久组合，并考虑荷载长期作用影响。

本条源自《组合结构设计规范》JGJ 138-2016 第 4.3.10、13.5.4 条。

4.3.2 考虑组合作用的组合楼板必须保证压型钢板和混凝土楼板共同工作。

4.3.3 本条从构造上规定了组合楼板的最小厚度、肋顶以上混凝土最小厚度限值以及压型钢板基板净厚度的最小厚度，限值的规定是保证混凝土与压型钢板共同工作，数值与国际上相关标准基本一致。组合楼板刚度计算的有效截面，包括压型钢板肋顶以上的混凝土、压型钢板槽内的混凝土以及压型钢板组成的有效截面。其厚度应在考虑承载力极限状态和正常使用极限状态以及耐火性能等的前提下，按经济合理的原则确定。

本条参考《组合结构设计规范》JGJ 138-2016 第 13.1.1 和 13.1.3 条。

4.3.4 本条对组合楼板在钢梁上的支承长度提出了最低规定。

本条参考《组合结构设计规范》JGJ 138-2016 第 13.4.4 条并适当放松要求。

4.4.1 由于核心混凝土对外钢管的支撑作用，钢管混凝土构件外钢管的相比于空钢管构件更加不易发生局部屈曲，因此其外钢管宽厚比或径厚比限值相比于相应空钢管构件更大，但是，在施工过程中，钢管在未浇筑核心混凝土之前，作为空钢管结构也会承受一定的施工荷载，此时也需考虑可能发生的局部屈曲。钢管混凝土构件在施工阶段，其外钢管作为浇筑核心混凝土的模板，在混凝土强度形成前，无法达到钢管混凝土构件的设计承载力，因此需按照空钢管对施工阶段进行设计校核。

本条源自《钢管混凝土结构技术规范》GB/T 50936-2014 第 4.1.6 条、《矩形钢管混凝土结构技术规程》CECS 159-2004 第 4.4.3 条、

《钢管混凝土结构技术规范》GB/T 50936-2014 第 9.5.2 条。

4.4.2 钢管混凝土叠合柱要尽可能发挥核心钢管混凝土与外包钢筋混凝土之间的组合作用，核心钢管混凝土承担大部分轴力，为了保证核心钢管混凝土的承载力，钢管混凝土的钢管直径和钢管厚度应高于限值。外包混凝土需要足够的浇筑空间以保证浇筑质量，则钢管直径宜小于相应限值。钢管混凝土叠合柱在施工阶段，钢管既作为浇筑核心混凝土的模板，同时也作为施工阶段的临时支撑，在混凝土强度形成前，无法达到钢管混凝土构件的设计承载力，因此应按照空钢管进行强度和稳定性校核。

本条源自《钢管混凝土叠合柱结构技术规程》CECS 188-2005 第 6.2.12 条。

4.4.3 钢管混凝土（叠合）构件最为核心的外钢管和核心混凝土间的组合作用要求钢管和核心混凝土紧密贴合，共同工作，而核心混凝土的收缩若不加以控制，

可能引起核心混凝土与外钢管间存在空隙，无法发挥组合作用，因此钢管内混凝土应采取减小收缩的技术措施。

本条源自《钢管混凝土结构技术规范》GB/T 50936-2014 第 4.1.11 条和《钢管混凝土叠合柱结构技术规程》CECS 188-2005 第 9.3.1、第 9.3.2 条。

4.4.4 本条针对钢管约束混凝土柱的钢管端部留缝高度最小值进行了规定，使得受力时钢管主要承担环向应力，保证钢管对混凝土的约束效应。针对钢管约束钢筋混凝土柱的纵筋净距最小值进行了规定，确保钢管内混凝土的密实度。

本条源自行业标准《钢管约束混凝土结构技术规程》(报批稿)第 4.3.1 条和第 4.3.4 条。

4.4.5 最小管径、最小壁厚和内外钢管净间距的规定是为了保证混凝土浇筑质量、钢管焊接质量以及构件受力性能而确定的。研究结果表明，中空夹层钢管混凝土管壁的稳定性，由于存在夹层混凝土而有所提高，外钢管的外直径或外边长与壁厚之比不得大于无混凝土时相应限值的 1.5 倍。空心率是反映中空夹层钢管混凝土截面特征的一个重要参数。基于研究成果，且考虑到施工质量以及构件的受力性能提出此限值。中空夹层钢管混凝土的理论分析和试验研究的结果都表明，在空心率满足限定条件下，中空夹层钢管混凝土构件的力学性能和实心钢管混凝土构件非常接近。由于内、外钢管对夹层混凝土的约束作用，使混凝土材料本身性质得到改善，即强度得以提高，塑性和韧性性能大为改善。同时，混凝土的存在还可以延缓或阻止外钢管发生内凹或内钢管发生外凸的局部屈曲。

本条源自《输电线路中空夹层钢管混凝土杆塔技术规范》 T/CEC 201602073 第 5.1.5 条，第 5.1.6 条，第 5.1.7 条和《钢管混凝土结构技术规范》GB/T 50936-2014 第 4.4.3 条。

4.4.6 当温度超过 100℃时，核心混凝土中的自由水和分解水会发生蒸发现象。为了保证钢管和混凝土之间在受火时共同工作，以及结构的安全性，应设置排气孔。该条文对钢管混凝土柱的抗火设计非常重要。

本条源自《建筑钢结构防火技术规范》GB51249-2017 中 8.1.9 条。

4.5.1 本条提出应对下列承载力进行验算：（1）型钢混凝土梁正截面受弯承载力、斜截面受剪承载力；（2）型钢混凝土柱正截面受压、受拉承载力、斜截面受剪承载力；（3）型钢混凝土梁柱节点受剪承载力。同时提出需要对型钢混凝土梁、柱

及其节点受剪截面进行验算。承载力验算时应考虑型钢的作用。本条型钢混凝土梁包含框架梁和转换梁，型钢混凝土柱包含框架柱和转换柱。

本条源自《组合结构设计规范》JGJ 138-2016 第 5.2.1、5.2.4、5.2.5、6.2.1、6.2.2、6.2.5、6.2.6、6.2.7、6.6.4、6.6.5 条。

4.5.2 转换梁、悬臂梁和大跨度梁，其荷载大、受力复杂，为增加负弯矩区混凝土和型钢上翼缘的粘结剪应力，在型钢上翼缘设置栓钉。

本条源自《组合结构设计规范》JGJ 138-2016 第 5.5.14 条。

4.5.3 本条对型钢混凝土梁的最大挠度限值做出规定，并指出应按荷载效应的准永久组合，并考虑荷载长期作用影响。

该条源自《组合结构设计规范》JGJ 138-2016 第 4.3.10、5.3.1 条。

4.5.4 考虑地震作用的框架梁端应设置箍筋加密区，是从构造上增强对两端混凝土约束，且保证梁端塑性铰区“强剪弱弯”的规定。关于型钢混凝土框架梁和转换梁的箍筋肢距，为了便于施工，在符合箍筋面积配筋率和构造要求的情况下，可比钢筋混凝土梁适当放松。

本条源自《组合结构设计规范》JGJ 138-2016 第 5.5.4、5.5.5、5.5.6 条。

4.5.5 对于型钢混凝土框架柱，为保证柱端塑性铰区有足够的箍筋约束混凝土，使框架柱有一定的变形能力，为此在柱上、下端以及受力较大部位，必须从构造上设置箍筋加密区，对箍筋间距和直径进行规定。

本条参考《组合结构设计规范》JGJ 138-2016 第 6.4.1、6.4.5 条。

4.6.1 本条规定了外包钢板混凝土组合剪力墙的重要设计原则，包括连接件设置和间距等构造要求。参考 JGJT 380-2015 《钢板剪力墙技术规程》7.1.1、7.1.4、7.1.5、7.2.5 条。

4.6.2 本条规定了型钢混凝土剪力墙、带钢斜撑混凝土剪力墙以及内嵌钢板混凝土组合剪力墙的轴压比限值。源自《组合结构设计规范》GB/T 138-2016 第 9.1.16、10.1.7 和 11.1.6 条。

4.6.3 本条规定了型钢混凝土组合剪力墙的最小含钢率和配筋率，源自《组合结构设计规范》GB/T 138-2016 第 9.2.4、9.2.5 条。

4.6.4 本条为新增加的条款，针对工程中出现的混凝土墙体开裂问题制定。

4.7.1 结构应做到经济合理，结合我国的制造工艺和技术装备，考虑结构形式及

结构细节便于制造。要实现结构形式的经济合理，充分发挥材料优势、提高材料利用效率是关键，对于钢结构桥梁中局部疲劳应力、受压应力较大的部位，当采用钢材综合性能不理想时，应积极采用其他更适合的高性能材料予以代替。应结合拟定的架设方案、起吊设备、城市道路运输条件和使用条件，考虑构件长度及重量，在运输、架设、使用的过程中防止构件产生过大的变形。结构细节，特别是重要的连接部位，应尽可能做到构造简单，施工方便，便于养护人员日常检查、维护和检测设备的进入。为确保钢与混凝土共同工作，应设置连接件。连接件具有抗掀起和纵向抗剪的作用。本条依据《城市桥梁设计规范》CJJ11—2011 第3.0.16 条，与《公路钢结构桥梁设计规范》JTG D64 第 1.0.6 条协调。参考《AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS》—2012 6.5—Limit States、6.5.1—General，《公路钢混组合桥梁设计与施工规范》JTG/T D64-01-2015 第 5.1.2 条。

4.7.2 将混凝土板有效宽度范围内的混凝土板面积除以弹性模量比等效替换成钢材面积，此时将组合梁视为同一材料，计算组合梁的截面特性值。组合梁中如存在负弯矩区，计算截面抗弯刚度时应考虑混凝土开裂的影响。此外，还应考虑混凝土板的剪力滞后效应、收缩徐变效应，预应力效应，温度效应，施工工序等的影响。

本条参考《公路钢混组合桥梁设计与施工规范》JTG/T D64-01-2015 第 5.3.1 条。

4.7.3 本条规定了组合桥梁钢与混凝土之间的连接件设计要求，源自《公路钢混组合桥梁设计与施工规范》JTG/T D64-01-2015 第 9.1.9 和 9.2.1 条。

4.8.1 本条源自国外标准《Design of concrete structures - Part 1: General rules and rules for buildings》EN 1995-2-2004 第 8.2 条。专门针对在组合构件中设有永久模板等情形时的强度与刚度所做出的规定。本条主要针对在木/竹与混凝土界面部位存在非结构层（如模板）的情形，其强度与刚度的确定原则。在实际工程中，此类组合梁也很常见，为保证结构安全，必须做出相应规定。

4.8.2 本条针对木/竹-混凝土组合梁的挠度限值做出了相应规定。本条源自国家现行标准《组合结构设计规范》JGJ 138-2016 第 4.3.10 条。

4.8.3 本条源自国外标准《Design of composite steel and concrete structures - Part 1.1 General rules and rules for buildings》EN 1994-1-1-2004 第 6.6.1.1 (2)条、第 6.2.1.2

条；采纳了国家现行标准《组合结构设计规范》JGJ 138-2016 第 4.3.10 条。受弯承载力计算原理基本上与钢筋混凝土结构相同。规定了木/竹-钢组合梁的承载力设计计算方法和基本假定，关乎设计原理、设计方法等规定，也是不可或缺的重要内容之一。

4.9.1 复合材料组合结构通常承载能力高，具有较大的弹性变形能力，设计中既有可能出现承载能力极限状态控制，也可能出现正常使用极限状态控制，还会出现变形过大而丧失功能的极限状态，在设计中应采用承载力和变形双控的设计方法。与传统的钢筋混凝土及钢结构不同，复合材料结构弹性变形能力强但塑性变形小，传统的基于塑性变形的延性设计不完全适用，应考察结构的总变形能力。

本条源自《纤维增强复合材料工程应用技术规范》GB50608 修订报批稿。

4.9.2 复合材料为各向异性材料，复合材料构件成型具有很强的可设计性，应根据具体的受力状态对纤维取向及铺层进行专门设计以充分利用复合材料的性能。

本条源自国家现行标准《纤维增强复合材料建设工程应用技术规范》GB50608-2010 第 3.1.10 条。

4.9.3 复合材料构件的有效应力比为构件的设计应力与设计强度的比值，因复合材料构件在长期荷载作用下会产生徐变，当拉应力水平较高时会出现徐变断裂。

本条源自国家现行标准《纤维增强复合材料建设工程应用技术规范》GB50608-2010 第 8.1.9 条。

4.9.4 从施工、耐久性等多方面考虑，过小的壁厚不能保证型材受力的可靠性。为避免复合材料管局部屈曲，对其径厚比加以限制。保证复合材料管与混凝土之间无相对滑移是复合材料管组合构件中各组成部分共同工作的关键。试验发现仅加膨胀剂并不能完全保证各组成部分间不发生相对滑移，为安全起见要求采取抗滑移措施如设置剪切连接键。

本条源自国家现行标准《纤维增强复合材料建设工程应用技术规范》GB50608-2010 第 7.1.1 条、第 7.4.1 条，及《结构用纤维增强复合材料拉挤型材》GB/T31539-2015 第 6.2.1 条。

4.9.5 完全抗剪连接是指最大弯矩截面到零弯矩截面间的所有抗剪连接件的抗剪能力都大于或等于极限状态下平衡条件确定的各连接件所受的剪力。清华大学进行了复合材料波形板、干法粘接复合材料小工字梁、螺栓剪力钉等剪力连接的试

验研究，国内外其它单位也进行过粘接横向的树脂混凝土条、复合材料销钉等形式的剪力连接的研究，结果表明，各种本条规定的连接方式均能提供可靠的剪力连接，同时容易保证施工质量。

由于复合材料为线弹性材料，在荷载标准组合作用下产生的截面弯矩不会使混凝土翼板进入明显的塑性，界面的剪力连接件也处于弹性。但如果混凝土翼板出现开裂，应考虑其影响，忽略受拉区混凝土的刚度贡献。

混凝土受压破坏具有一定的延性，并且能使材料强度得到充分发挥，而复合材料受拉断裂、剪切断裂和界面剪力连接破坏等破坏形式具有明显的脆性，应在结构设计中予以避免，如果不能避免，应适当进行承载力折减以保证结构具有足够的承载力安全储备。

本条源自国家现行标准《纤维增强复合材料建设工程应用技术规范》GB50608-2010 第 8.1.4 条、第 8.1.6 条和第 8.1.7 条。

4.9.6 本条源自国家现行标准《纤维增强复合材料建设工程应用技术规范》GB50608-2010 第 7.1.9 条。

4.9.7 本条源自《纤维增强复合材料桥板》GB/T29552-2013 第 6.5 条。

5.1.1 本条规定了组合结构体系设计应包括的内容，区别于 4.1.1 节对于构件设计内容的规定。本条综合了《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010 第 3.1.1 条，3.3.1 条、第 3.4.1 条和《钢结构设计规范》GB50017-2003 第 3.1.2 条，并根据组合结构特点做适当调整，充分体现了组合结构体系的特点，如第 2 点，对组合结构设计非常重要。

5.1.2 本条规定了组合结构体系设计时针对不同材料性能差异应当考虑的重要因素，是组合结构体系设计的关键特色所在。

5.1.3 本条规定了组合结构与其他结构共同应用时应注意的问题，源自《组合结构设计规范》JGJ138-2016 第 4.1.3 条。

5.1.4 本条规定了在进行组合结构体系设计时必须考虑的原则。参考《建筑抗震设计规范》GB50011-2010 第 3.5.2 条（强制性条文）。

5.2.1 本条源自《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010 第 5.1.3、5.1.4、5.1.6 条，并根据建筑组合结构特点补充了第 1 点，调整了第 3 点，规定了在进行建筑组合结构体系计算时应满足的基本原则和软件要求，充分体现组合结构计算的特别之

处。

5.2.2 本条规定了在进行建筑组合结构体系抗震性能化设计时必须进行可行性论证。

本条源自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010 第 3.10.1 条。

5.2.3 本条针对各种类型的组合结构体系，专门规定了建筑组合结构体系抗震设计时应采用的弹性层间位移角限值，是组合结构体系小震设计的关键控制指标。

表 5.2.3 中的板柱结构是指采用钢扁梁组合楼板体系，这种结构体系一般用在 150 米以下的建筑。筒中筒结构是指采用钢或者钢-混凝土组合核心筒体系，这种体系一般会用到较高的建筑。

本条参考《建筑抗震设计规范》GB50011-2010 第 5.5.1 条和《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3-2010 第 3.7.3 条。

5.2.4 本条针对各种类型的组合结构体系，专门规定了建筑组合结构体系抗震设计时应采用的弹塑性层间位移角限值，是组合结构体系大震验算的关键指标。

本条参考《建筑抗震设计规范》GB50011-2010 第 5.5.5 条和《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3-2010 第 3.7.5 条。

5.2.5 本条规定了建筑组合结构体系正常使用极限状态验算时应采用的受拉边缘应力和正截面裂缝宽度限值，包括钢-混凝土组合梁的混凝土板和型钢混凝土构件。

本条源自《组合结构设计规范》JGJ138-2016 第 4.3.11 条和《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010 第 7.1.1 条。

5.2.6 规定了建筑组合结构体系正常使用极限状态验算时应采用的顶点风振加速度限值。

本条源自《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ99-2015 第 3.5.5 条。

5.3.1 大量的桥梁震害和事故表明，桥梁的整体牢固性设计（包括整体抗倾覆、防落梁设计等）至关重要。针对此问题，本规范应强调构造措施的重要性，桥梁在全生命周期内遇到的荷载是非常复杂的，计算难以完全覆盖（譬如超载、超大地震等），而一些简单有效的构造措施往往可以起到重要的二道防线作用，避免灾难的发生。本条依据《工程结构可靠性设计统一标准》 GB50153 第 3.1.3 条、《公路桥梁通用设计规范》JTG D60-2015 第 4.1.9 条、《公路钢结构桥梁设计规

范》JTG D64-2015 第 4.2.2 条、《钢—混凝土组合桥梁设计规范》GB50917 第 4.5 条。参考《AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS》—2012 5.5.4.3—Stability、5.6.2—Effects of Imposed Deformation。

5.3.2 桥梁结构的竖向挠度直接反应其整体刚度，本条规定了组合结构桥梁的竖向挠度限值。本条依据《公路钢结构桥梁设计规范》JTG D64-2015 第 4.2.3 条。

5.3.3 本条规定了组合结构桥梁耐久性设计原则，源自《公路钢混组合桥梁设计与施工规范》JTG/T D64-01-2015 第 10.1.1 条。

在考虑了结构的环境影响和使用期内一定的维护条件后，结构在使用寿命内的性能退化不应影响结构的正常使用。

对混凝土结构耐久性设计提出的规定包括：(1) 通过控制混凝土保护层的密度、质量和厚度，以及限制混凝土开裂来实现钢筋防锈；(2) 规定了六类结构环境条件，为无锈蚀和侵蚀的环境、混凝土碳化引起钢筋锈蚀的环境、氯离子侵蚀引起钢筋锈蚀的环境、海水中氯离子侵蚀引起钢筋锈蚀的环境、冻融侵蚀环境和化学物侵蚀环境；(3) 规定了保护层厚度依据不同环境条件的计算方法。

对钢桥耐久性设计提出的规定包括：(1) 应依据防腐设计采取钢材的防护措施；(2) 对于容易受到腐蚀、机械磨损和疲劳影响的部件，应设计成便于检测、维修和替换的形式，同时应提供在使用期内对部件检修和维修的通道；(3) 对于不能够检测的部件，应该进行疲劳验算，同时应设定合理的容许腐蚀厚度值；(4) 对于寿命达不到桥梁设计寿命的部件应是可更换的。

5.3.4 本条规定钢管混凝土拱-组合桥面体系的分析设计原则，源自《公路钢管混凝土拱桥设计规范》JTG/T D65-06-2015 第 4.1.1 条。

5.3.5 本条规定了组合桥梁混凝土桥面板的最大裂缝宽度限值。根据《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG D62-2004 第 1.0.7 条规定：I 类环境为温暖或寒冷地区的大气环境、与无侵蚀性的水或土接触的环境；II 类环境为严寒地区的大气环境、使用除冰盐环境、滨海环境；III 类环境为海水环境；IV 类环境为受侵蚀性物质影响得环境。

本条源自《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG D62-2004 第 6.4.2 条。

6.1.1 施工阶段是结构的形成过程，也是影响安全和结构性能因素最复杂的阶段。

本条规定了需要对主体结构进行施工阶段分析的条件，对结构安装成形过程进行施工阶段分析，对施工阶段临时设施、结构构件和连接节点进行强度、刚度和稳定性验算，以保证结构安全或满足规定功能要求。

本条源自《钢-混凝土组合结构施工规范》GB50901-2013 第 3.4.3 条、《钢管混凝土工程施工质量验收规范》GB50628-2010 条文 3.0.8 条。

6.1.2 第 1 款：组合结构施工的特点就是两种不同材料构件的交叉施工，在没有形成组合作用之前，应分别进行强度、刚度和稳定性验算。

第 2 款：钢−混凝土的结合部出现混凝土脱空、不密实的现象会严重影响组合作用，构成安全隐患。本款源自《公路钢混组合桥梁设计与施工规范》JTG T D64-01-2015 第 13.1.3 条。修编时进行专项研究，增加脱空、不密实的技术指标。

第 3 款：钢构件和混凝土连接处如果长期存水，对钢材构成腐蚀隐患，寒冷地区有冰冻膨胀的风险，因此在结合处要有防水、排水构造措施。本款源自《公路钢混组合桥梁设计与施工规范》JTG T D64-01-2015 第 12.1.5 条。

第 4 款：钢管混凝土构件中钢管是核心受力部分，钢管对接焊缝的要求源自《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205 的规定。

第 5 款：钢管混凝土构件最为核心的外钢管和核心混凝土间的组合作用要求钢管和核心混凝土紧密贴合，共同工作，而核心混凝土的收缩若不加以控制，可能引起核心混凝土与外钢管间存在空隙，无法发挥组合作用，因此钢管内混凝土应采取减小收缩的技术措施。本款源自《钢管混凝土结构技术规范》GB/T 50936-2014 第 4.1.11 条和《钢管混凝土叠合柱结构技术规程》CECS 188-2005 第 9.3.1、第 9.3.2 条。修编时进行专项研究，增加振捣密实的技术指标。

第 6 款：高温下高强混凝土表面会出现爆裂现象，会降低结构的承载力，须采取适当措施减弱混凝土的爆裂，这对型钢混凝土柱的抗火设计非常重要。本款源自《建筑混凝土结构耐火设计技术规程》DBJ/T15-81-2011 中 8.2.1 条。修编时进行专项研究，增加耐高温的技术指标。

6.1.3 组合结构中钢构件是考虑与混凝土组合后来验算的，但在混凝土浇筑前、浇筑过程中钢构件变形太大，超过弹性变形范围，就会影响到组合结构的承载性能；组合结构中钢筋经常要穿过钢构件或者与钢构件焊接，如果损伤到钢构件、连接件和焊钉，会对组合作用打折扣。

本条源自《公路钢混组合桥梁设计与施工规范》JTG T D64-01-2015 第 11.1.4 条。

6.1.4 钢管混凝土拱肋中的钢管开孔和焊接、割除临时结构，都会影响桥梁的疲劳性能和承载能力，因此，必要的补强措施和保护措施是必要的。

本条源自《钢管混凝土拱桥技术规范》GB 50923-2013 第 8.2.11 条。

6.1.5 钢-混凝土组合构件中钢筋与钢构件、抗剪件的连接是施工质量控制的重要环节，由于钢筋与型钢的材质存在差异，特别是纵向受力钢筋一般都是热轧带肋钢筋，焊接是不推荐的连接方式，如果不得已采用焊接，应按照规定进行两种不同钢种的焊接工艺评定，需进行现场采样。

常用的连接方式见下表：

连接方法	方法要点
绕开法	节点处的钢筋通过弯曲调整，绕开钢构件进行锚固的方法
穿孔法	在钢构件上开孔，钢筋穿过孔洞进行锚固的方法
钢筋连接套筒及连接件	在构件上焊接套筒、连接钢板，然后钢筋与套筒丝接、或者与连接钢板焊接的方法

6.1.6 由于材料的性质，规定如为木/竹和钢组合构件，在加工、安装和使用过程应采取防水、防潮和防腐措施。

6.1.7 由于碳纤维具有导电性，切割裁剪时飞扬起来的碳纤维丝可能会引发电器设备的短路，应对施工现场的电器设备采取可靠的防护措施。

本条源自《纤维增强复合材料建设工程应用技术规范》GB 50608 -2010 第 4.6.9 条（强制性条文）的规定。

6.2.1 组合结构类型复杂，必须按照结构类型严格进行过程控制，使产品符合技术标准要求。同时需要重点关注隐蔽工程的验收和设计结构安全的试件的取样和检测。《建设工程质量管理条例》第三十一条：施工人员对涉及结构安全的试块、试件以及有关材料，应当在建设单位或者工程监理单位监督下现场取样，并送具有相应资质等级的质量检测单位进行检测。施工过程中的隐蔽工程必须在检验合格后，才可进行下一步的工作。《建设工程质量管理条例》第三十条施工单位必须建立、健全施工质量的检验制度，严格工序管理，作好隐蔽工程的质量检查和记录。

6.2.2 本条规定了设计要求的一、二级焊缝的检测及判定，这是组合结构的重点，重复了规范《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205-2002 的要求。其内部缺陷分级及探伤应符合现行国家标准《钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果分级》GB11345、《金属熔化焊焊接接头射线照相》GB/T3323 的有关规定。

本条源自国家现行工程规范《钢管混凝土工程施工质量验收规范》GB50628-2010 第 3.0.7 条（强制性条文）。

6.2.3 根据钢-混凝土组合构件施工中存在着隐蔽工序的特点，按照过程控制的要求，上一道工序验收合格后才能进行下一道工序施工，本条第 1、2、3 款就是按照工序顺序排列的。

本条源自《建筑工程施工质量验收统一标准》GB50300-2013 的要求。

6.2.4 本条对钢管混凝土的质量提出要求，管内混凝土与管外混凝土要求不同，要考虑钢管与混凝土的共同作用，对混凝土的强度、工艺性、收缩性均有要求。通常混凝土的强度等级不应低于 C30，并随着钢管钢材级别的提高而提高强度级别。

本条源自国家现行工程规范《钢管混凝土工程施工质量验收规范》GB50628-2010 第 4.7.1 条（强制性条文）。

6.2.5 钢-混凝土组合构件中钢筋与钢构件、抗剪件的连接是施工质量控制的重要环节，同时又是隐蔽工程，因此本条第 1-3 款对常用的钢筋与钢构件的连接方法分别提出了具体的质量检查验收的要点。

由于钢筋与型钢的材质存在差异，特别是纵向受力钢筋一般都是热轧带肋钢筋，如果不得已采用焊接，应按照规定进行两种不同钢种的焊接工艺评定，本条第 4 款针对这种情况提出了检测验收要求。

6.2.6 钢筋连接套筒是组合结构将钢筋与型钢连接成整体的一种构件。连接套筒施工方便，有效解决了组合结构中钢筋与型钢相交位置的连接问题，因而其质量对于工程质量和结构受力非常重要，应严格控制。组合结构构件通常用于抗震结构中，因此连接套筒质量应满足现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ107 中 1 级接头的要求，按照相关规定进行型式、工艺检验和力学性能检验。

本条源自国家现行工程规范《钢-混凝土组合结构施工规范》GB50901-2013 第 10.2.1 条（强制性条文）。

6.2.7 本条源自国家标准《建筑工程用索》JG/T 330-2011 第 6.3.1 条中对于结构用索的静载性能要求。

7.1.1 本条明确了在重大自然灾害后对组合结构房屋的安全性和耐久性进行检查和维修的要求，是保证组合结构房屋长期安全使用的重要环节。

本条源自《装配式钢结构建筑技术规范》GB/T 51232-2016 第 9.1.7 条及《建筑钢结构防腐蚀技术规程》JGJ/T 251-2011 第 7.0.2 条条文说明。

7.1.2 在改变使用用途和使用环境（导致结构使用荷载变化等）、进行改造或扩建（如结构开洞等）、达到设计使用年限后继续使用（结构材料性能变化）、存在较为严重的质量缺陷或损伤（如木材或复合材料发生材性变质和损伤、桥梁构件和连接的疲劳破坏等）、出现危及使用安全迹象时（如改变或损坏钢与混凝土结合部、连接件以及桥梁支座、锚具等相关构造措施）等情况下，均会改变原设计条件，影响结构的使用安全和可靠性，应进行检测和鉴定。

本条源自《民用建筑可靠性鉴定标准》GB/T 50292 第 3.1.1 条及《工业建筑可靠性鉴定标准》GB50144 第 3.1.1 条。

7.1.3 桥梁的使用环境比建筑要复杂和恶劣，对组合结构中钢结构来说，防腐是影响结构安全和桥梁耐久性的重要技术措施。本条针对三种情况提出相应的要求，其中第 1 款是基本要求；第 2 款除采取长效防锈措施，比如混凝土包覆等，在设计时应设定合理的容许腐蚀厚度值，对于寿命达不到桥梁设计寿命的部件应是可更换的；第 3 款除应采取构造措施外，还应提供在使用期内对部件、节点、构造检修、维修和清理灰尘、杂物的通道。

本条源自《公路钢结构桥梁设计规范》JTG D64-2015 第 15.0.5 条。

7.1.4 桥梁的使用环境可分为无锈蚀和侵蚀的环境、混凝土碳化引起钢筋锈蚀的环境、氯离子侵蚀引起钢筋锈蚀的环境、海水中氯离子侵蚀引起钢筋锈蚀的环境、冻融侵蚀环境和化学物侵蚀环境等类别。

对于容易受到腐蚀、机械磨损和疲劳影响的部件，应设计成便于检测、维修和替换的形式，同时应提供在使用期内对部件检修和维修的通道。

7.2.1 本条是拆除的基本要求，除符合相关法规的要求外，应遵循绿色拆除的原则。

7.2.2 原设计图纸和资料是拆除工程设计、施工的必要依据，包括拟拆除物、施

工现场及毗邻区域内供水、排水、供电、供气、供热、通信、广播电视等管线图纸及资料，气象和水文观测资料，毗邻建筑物、构筑物和地下工程的有关资料。

拆除工程应包括规划、设计和施工等环节，必须遵守国家的节能环保战略要求，通过科学部署和合理的施工，最大限度地节约资源，实现材料的可回收利用，减少对环境的负面影响。

本条绿色拆除技术是指拆除施工过程中，在保证安全生产等基本要求的前提下，通过科学的部署和合理的施工方法，最大限度地节约资源、并减少对环境负面影响的施工活动，实现节能、节地、节水、节材和环境保护。包括但不仅限于以下内容：

（1）控制扬尘可采用对作业面喷水压尘，对已拆除物料覆盖、对场地洒水等措施；降低噪声应选用低噪声设备、采用隔声材料对作业面进行遮挡等措施。

（2）电气焊作业应采取遮挡措施是为避免电弧光外泄。

（3）运输车辆驶出现场的要求。现场车辆冲洗设施包括定型车辆自动冲洗机、车辆简易自动冲洗设施、高压水枪等。

（4）裸露的场地采取相应的防止扬尘措施。常用的方法是对裸露场地进行覆盖、硬化或绿化等。

本条源自《建筑拆除工程安全技术规范》JGJ147 第 7.0.1 条。

7.2.3 拆除工程的设计应包括拆除结构分析验算，除了按短暂工况进行结构分析外，还应包括拆除的每一个阶段工况，对剩余结构的稳定性进行验算分析。

结构拆除是一个动态的稳定过程，因此，拆除结构分析验算也随施工现场的进展而随时进行，拆除结构验算应由注册结构工程师负责。

7.2.4 本条规定了拆除工程施工应遵循的基本原则。

施工前，建设单位和施工单位应依据图纸和资料进行全面复核，掌握实际状况。

进入有限空间拆除施工，必须制定应急处置措施，配备有毒有害气体检测仪器，遵循“先通风、再检测、后作业”的原则。严格执行国家安全生产监督管理总局令(第 69 号) 《有限空间安全作业五条规定》及相关规定。

“不明物体”是指无法确定其危险性、文物价值的物体，必须经过有关部门鉴定后，按照国家和政府有关法规妥善处理。

7.2.5 本条规定的监测是指在施工过程中，由专人随时监测被拆除物状态，消除隐患，保证施工安全。

构件、物料处于安全稳定状态包含放置拆除物料的场所应有足够的承载力和存放的稳定。

7.2.6 结构拆除是一个动态的稳定过程，盲目拆除很容易造成剩余结构的失稳，尤其是大跨度结构、预应力结构的稳定性对边界和荷载变化较为敏感，拆除过程中对剩余结构和构件的稳定状态进行监测，发现安全隐患时必须停止作业。

局部拆除工程中无论是保留部分还是拟拆除部分，影响安全的，均应先加固后拆除。