消防概论

盛婕

二0二0年十一月

第四章 建筑物的耐火等级

小安说

消防概论

目　录

01 建筑材料的燃烧性能

02 建筑构件的燃烧与耐火性能

03 建筑的耐火等级

04 建筑结构在火灾情况下的倒塌与破坏

小安说

消防概论

知识目标：

1、建筑材料的燃烧性能
2、建筑构件的燃烧与耐火性能
3、建筑的耐火等级
4、建筑结构在火灾情况下的倒塌与破坏

能力目标

1、掌握建筑材料、建筑构件的燃烧性与耐火性
2、掌握建筑的耐火等级以及建筑结构在火灾中的破坏性分析

素质目标

1、理解初步识别建筑材料
2、建筑构件的耐火性
3、懂得建筑结构在火灾中的破坏性识别与分析。

小安说

消防概论

第一节　建筑材料的燃烧性能

建筑材料的燃烧性能

——决定起火难易程度及火灾扩大蔓延速度的基本因素之一，建筑构件的燃烧性能与耐火性能则共同决定了建筑物的耐火等级。

小安说

消防概论

第一节　建筑材料的燃烧性能

一、建筑材料的分类

二、建筑材料的燃烧性能

小安说

消防概论

第一节　建筑材料的燃烧性能

一、建筑材料的分类

建筑工程中使用的各种材料 → 钢材、木材、水泥、砖、瓦、砂石等 → 建筑房屋、修建道路、桥梁

原材料、半成品、成品

单一材料、复合材料 → 材料体系

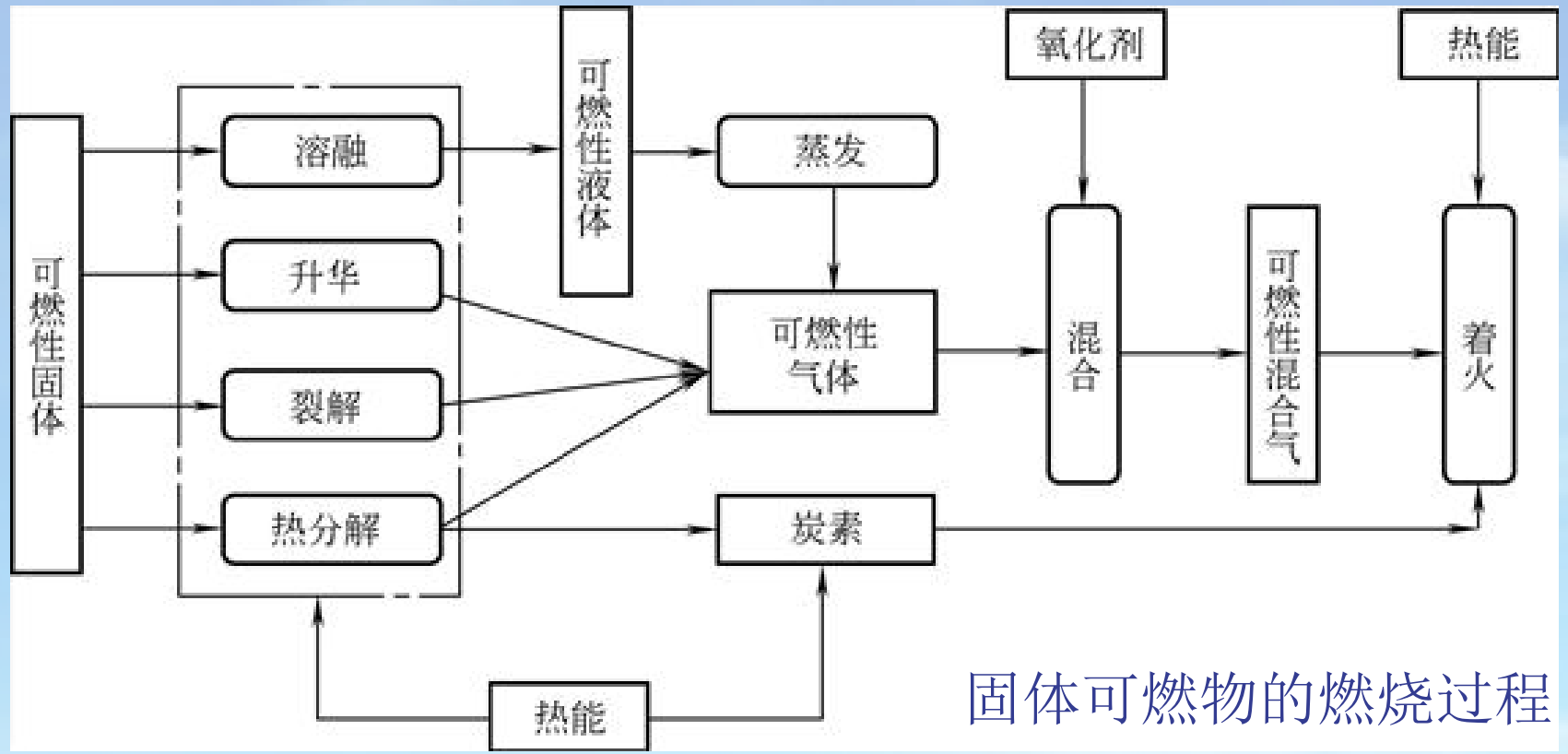
P51

小安说

消防概论

第一节　建筑材料的燃烧性能

一、建筑材料的分类



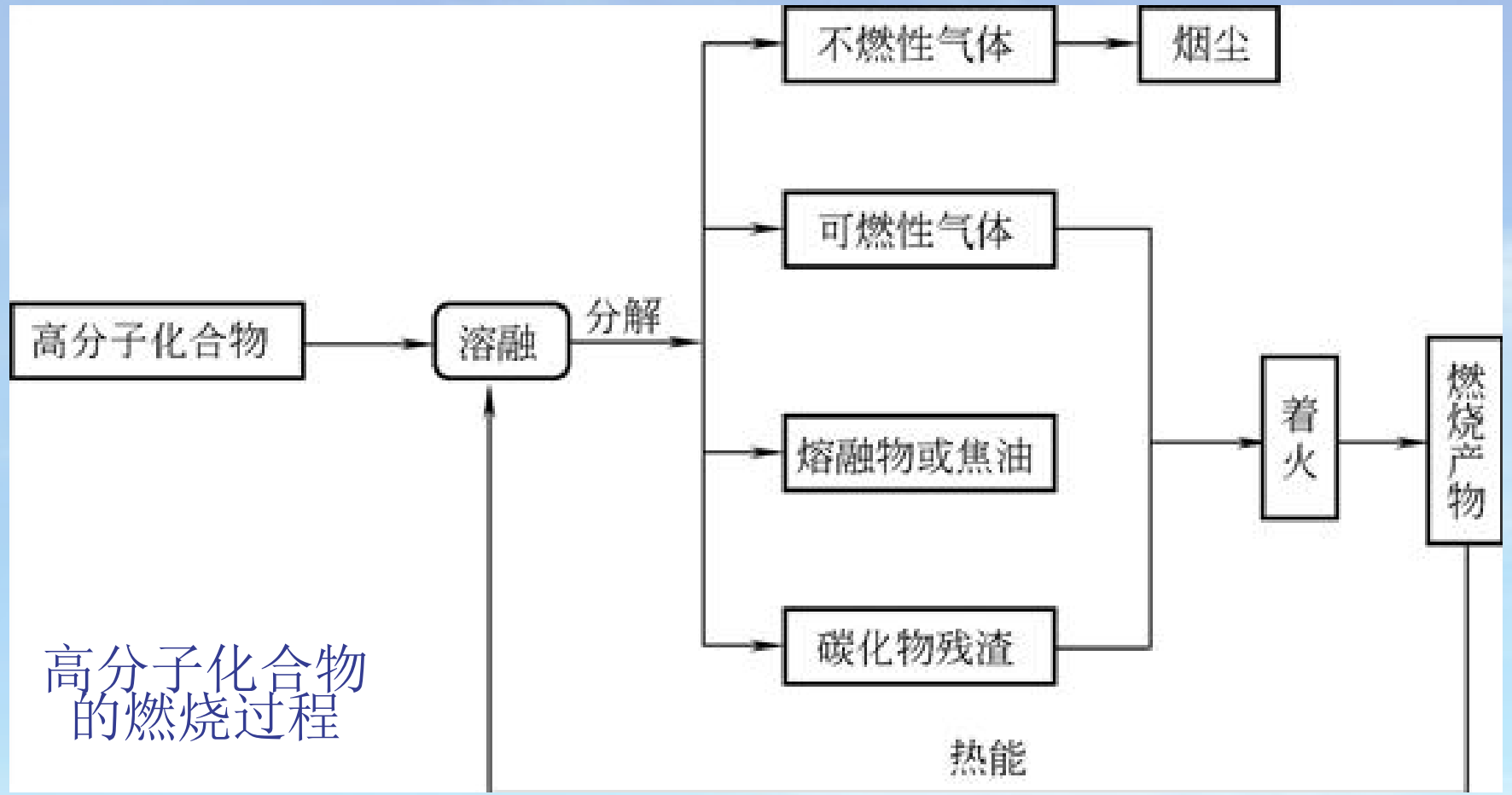
固体可燃物的燃烧过程

小安说

消防概论

第一节　建筑材料的燃烧性能

一、建筑材料的分类



高分子化合物的燃烧过程

小安说

消防概论

第一节　建筑材料的燃烧性能

二、建筑材料的燃烧性能

常用材料等级划分

材料类别	级别	材料举例
各部位材料	A	花岗石、大理石、水磨石、水泥制品、混凝土制品、石膏板、石灰制品、黏土制品、玻璃、瓷砖、马赛克、钢铁、铝、铜合金等
顶棚材料	B_1	纸面石膏板、纤维石膏板、水泥刨花板、矿棉装饰吸声板、玻璃棉装饰吸声板、珍珠岩装饰吸声板、难燃胶合板、难燃中密度纤维板、岩棉装饰板、难燃木材、铝箔复合材料、难燃酚醛胶合板、铝箔玻璃钢复合材料等
墙面材料	B_1	纸面石膏板、纤维石膏板、水泥刨花板、矿棉板、玻璃棉板、珍珠岩版、难燃胶合板、难燃中密度板、防火塑料装饰板、难燃双面刨花板、多彩涂料、难燃墙纸、难燃墙布、难燃仿花岗岩装饰板、氯氧镁水泥装配式墙板、难燃玻璃钢平板、PVC 塑料护墙板、轻质高强复合墙板、阻燃模压木质复合板材、彩色阻燃人造板、难燃玻璃钢等
	B_2	各类天然木材、木制人造板、竹材、纸制装饰板、装饰微薄木贴面板、印刷木纹人造板、塑料贴面装饰板、聚酯装饰板、复塑装饰板、塑纤板、胶合板、塑料壁纸、无纺贴墙布、墙布、复合壁纸、天然材料壁纸、人造革等
地面材料	B_1	硬 PVC 塑料地板、水泥刨花板、水泥木丝板、氯丁橡胶地板等
	B_2	半硬质 PVC 塑料地板、PVC 卷材地板、木地板氯纶地毯等
装饰织物	B_1	经阻燃处理的各类难燃织物等
	B_2	纯毛装饰布、纯麻装饰布、经阻燃处理的其他织物等
其他装饰材料	B_1	聚氯乙烯塑料、酚醛塑料、聚碳酸酯塑料、聚四氯乙烯塑料、三氯氰胺、脲醛塑料、硅树脂塑料装饰型材、经阻燃处理的各类织物等
	B_2	经阻燃处理的聚乙烯、聚丙烯、聚氨酯、聚苯乙烯、玻璃钢、化纤织物、木制品等

小安说

消防概论

第二节 建筑构件的燃烧与耐火性能

一、建筑构件的燃烧性能
二、建筑构件的耐火极限
三、常见建筑构件的燃烧与耐火性能

小安说

第二节 建筑构件的燃烧与耐火性能

一、建筑构件的燃烧性能

当材料、产品和构件燃烧或遇火时，所发生的一切物理和（或）化学变化，称为该材料的燃烧性能。

分三类。

小安说

消防概论

第二节 建筑构件的燃烧与耐火性能

一、建筑构件的燃烧性能

我国建筑材料及制品的燃烧性能分级是按照GB8624-2012《建筑材料及制品燃烧性能分级》执行的。

燃烧性能等级	名　　称	燃烧性能等级	名　　称
A	不燃材料（制品）	B_2	可燃材料（制品）
B_1	难燃材料（制品）	B_3	易燃材料（制品）

小安说

第二节 建筑构件的燃烧与耐火性能

二、建筑构件的耐火极限

1、耐火极限定义

建筑构件的耐火极限是指在标准耐火试验条件下，建筑构件、配件或结构从受到火的作用时起，至失去承载力、完整性或隔热性时止所用时间，用小时表示。

小安说

第二节
建筑构件的燃烧与耐火性能

二、建筑构件的耐火极限

2、影响构件耐火极限的因素

（1）材料的燃烧性能

构件材料的燃烧性能、有效荷载量值、钢材品种、实际材料强度、截面形状与尺寸、配筋方式、配筋率、表面保护、受力状态及支承条件和计算长度。

（2）构件的截面尺寸：截面尺寸越大，耐火极限就高。

（3）保护层的厚度

小安说

第二节 建筑构件的燃烧与耐火性能

二、建筑构件的耐火极限

3、耐火极限的判定

耐火极限的判定分为分隔构件、承重构件以及具有承重、分隔双重功能的承重分隔构件。

判断构件达到耐火极限的条件：

失去完整性

失去隔热性

失去承载能力和抗变形能力

小安说

第二节
建筑构件的燃烧与耐火性能

二、建筑构件的耐火极限

4、提高建筑构件燃烧性能和耐火极限的方法

（1）适当增大构件的截面尺寸

（2）对钢筋混凝土构件增加保护层厚度

（3）在构件表面做耐火保护层

（4）在构件表面涂覆防火涂料

（5）进行合理的耐火构造设计

（6）钢梁、钢屋架下做耐火吊顶

（7）其他方法

教材扩展

小安说

第二节 建筑构件的燃烧与耐火性能

三、常见建筑构件的燃烧与耐火性能

（一）木材

防火保护方法：

1、浸渍

2、添加阻燃剂

3、涂覆

小安说

第二节 建筑构件的燃烧与耐火性能

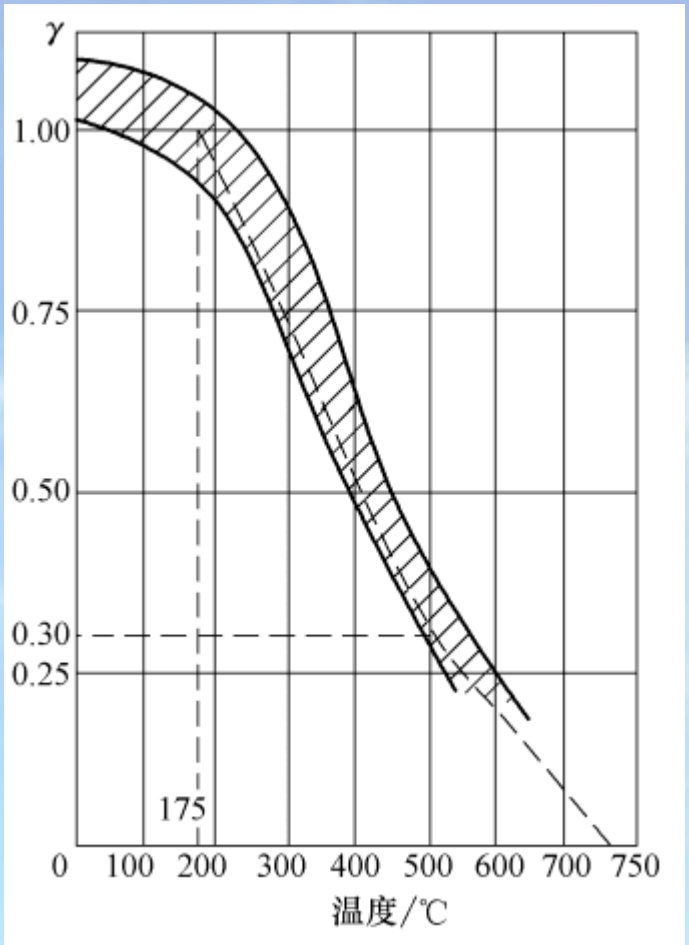
三、常见建筑构件的燃烧与耐火性能

（二）钢材

1、强度

- 钢材强度随温度变化的试验曲线如右图

（γ为高温与常温下强度之比）



小安说

第二节 建筑构件的燃烧与耐火性能

三、常见建筑构件的燃烧与耐火性能

2、弹性模量

- 热弹性模量与普通弹性模量的比值方程

$$\begin{cases} \dfrac{E_s^T}{E_s} = 1.0 + \dfrac{T}{2000\ln\left(\dfrac{T}{1100}\right)} & 0 < T \leqslant 600 \\ \dfrac{E_s^T}{E_s} = \dfrac{960 - 0.69T}{T - 53.5} & 600 < T < 1000 \end{cases}$$

小安说

第二节 建筑构件的燃烧与耐火性能

三、常见建筑构件的燃烧与耐火性能

3、热膨胀系数

- 钢材的热膨胀系数可采用常数：$\alpha_s = 1.4 \times 10^{-5}\, m/（m \cdot ℃）$

小安说

第二节 建筑构件的燃烧与耐火性能

三、常见建筑构件的燃烧与耐火性能

（三）混凝土

1、表观特征

温度/℃	颜　　色	裂　　缝	缺　　损	疏　　松
100	同常温	无	无	不
300	微泛白	细而少	基本无	不
500	灰白	细而多	掉皮少，尚无缺角	不明显
700	暗红	明显可见且多	掉皮缺角有但少	较明显
900	红	宽且多	掉皮缺角较为严重	非常严重，冷却后用手即可碾碎

小安说

第二节 建筑构件的燃烧与耐火性能

三、常见建筑构件的燃烧与耐火性能

（三）混凝土

2、强度

（1）抗压强度

温度/℃	高温受压强度与常温强度的比值(f_{cu}^{T}/f_{cu})	温度/℃	高温受压强度与常温强度的比值(f_{cu}^{T}/f_{cu})
100	0.88～0.94	600	0.60
200～300	0.95～1.08	700	0.40
400	0.95	800	0.20
500	0.75～0.85	1000	0

小安说

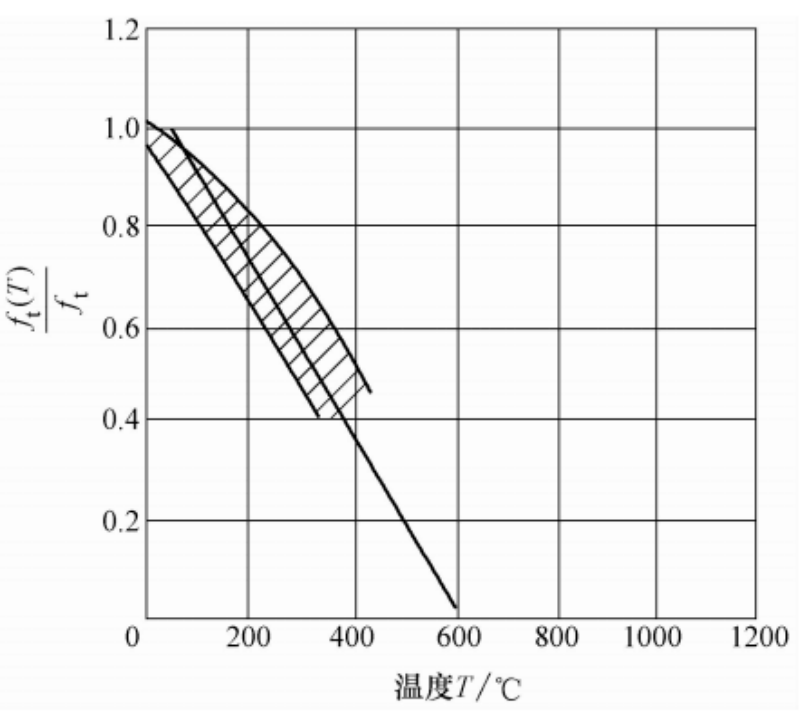
第二节 建筑构件的燃烧与耐火性能

三、常见建筑构件的燃烧与耐火性能

（三）混凝土

（2）抗拉强度

混凝土抗拉强度随温度变化的实测曲线



小安说

第二节 建筑构件的燃烧与耐火性能

三、常见建筑构件的燃烧与耐火性能

（三）混凝土

4、混凝土爆裂

爆裂是钢筋混凝土构件和预应力混凝土构件在火灾中的常见现象。在火灾初期，混凝土构件受热表面层发生的块状爆炸性脱落现象称为爆裂。

5、钢筋混凝土的高温性能

当钢筋混凝土受到高温作用时，钢筋与混凝土的粘结力要随着温度的升高而降低，与钢筋表面粗糙程度有很大关系。

小安说

第二节 建筑构件的燃烧与耐火性能

三、常见建筑构件的燃烧与耐火性能

（四）玻璃

1、普通平板玻璃

2、防火玻璃

（1）单片防火玻璃： 1）夹丝玻璃 2）耐热玻璃 3）微晶玻璃

（2）复合防火玻璃： 1）多层粘合型防火玻璃 2）灌浆型防火玻璃

防火玻璃耐火等级可分为五个等级：0.5h、 1.0h 、1.5h 、2.0h、 3.0h

小安说

消防概论

第三节　　建筑的耐火等级

一、单、多层民用建筑的耐火等级

二、高层民用建筑的耐火等级

三、工业建筑的耐火等级

小安说

消防概论

第三节　　建筑的耐火等级

建筑物的耐火等级是衡量建筑物耐火程度的标准。

由建筑构件的燃烧性能和最低耐火极限决定。

小安说

消防概论

第三节　　建筑的耐火等级

3.1耐火等级的定义——是衡量建筑物耐火程度的分级标度。

由组成建筑物的构件的燃烧性能和耐火极限的最低者所决定。

小安说

第三节　建筑的耐火等级

3.2耐火等级的划分目的及作用

划分建筑物耐火等级的目的在于根据建筑物不同用途提出不同的耐火等级要求，做到既有利于安全，又节约基本建筑造价。

小安说

第三节　建筑的耐火等级

3.2耐火等级的划分目的及作用

建筑物具有较高的耐火等级，可以起到以下作用：

（1）在建筑物发生火灾时，确保其能在一定的时间内不破坏、不传播火灾，延缓和阻止火势的蔓延。

（2）为人们安全疏散提供必要的疏散时间 。

（3）为消防人员扑救火灾创造有利条件。

（4）为建筑物火灾后重新修复使用提供有利条件。

小安说

第三节　建筑的耐火等级

3.3建筑物耐火等级的划分标准和依据

1、划分标准

按照我国建筑设计、建筑结构及施工实际情况，并考虑到今后建筑发展趋势，同时参考国外划分耐火等级的经验，将普通建筑的耐火等级划分为四级。

小安说

第三节　建筑的耐火等级

3.3建筑物耐火等级的划分标准和依据

2、划分依据

建筑物耐火等级的划分以楼板的耐火极限为基准。

各耐火等级建筑物中楼板的耐火极限确定以后，其他建筑构件的耐火极限再根据构件在建筑结构安全中的地位,来确定合适的耐火极限。

楼板耐火极限的确定是以我国火灾情况和建筑特点为依据的。

小安说

第三节　建筑的耐火等级

3.4　建筑耐火等级的选定

选定建筑耐火等级主要考虑以下因素：

（1）建筑物的重要性

（2）建筑物的高度

（3）建筑物的使用性质和火灾危险性

小安说

消防概论

第三节　　建筑的耐火等级

一、单、多层民用建筑的耐火等级

二、高层民用建筑的耐火等级

三、工业建筑的耐火等级

小安说

第三节　建筑的耐火等级

一、单、多层民用建筑的耐火等级

单、多层民用建筑的耐火等级分为一级、二级、三级和四级，其中一级耐火等级的耐火性能最高。

确定建筑物耐火等级，应考虑建筑物的层数、面积、长度及使用性质等。

P57

小安说

第三节　建筑的耐火等级

二、高层民用建筑的耐火等级

(1)一类高层建筑的耐火等级应为一级，

二类高层建筑的耐火等级不应低于二级。

(2)裙房的耐火等级不应低于二级，

高层建筑地下室的耐火等级应为一级。

小安说

消防概论

二、高层民用建筑的耐火等级

名称	类别	
	一类	二类
居住建筑	高级住宅 19层及以上的普通住宅	10~18层的普通住宅
公共建筑	医院 高级旅馆 建筑高度超过50m或每层建筑面积超过1000m² 的商业楼、展览楼、电信楼、财贸金融楼 建筑高度超过50m或每层建筑面积超过1500m² 的商住楼 中央级和省级(含计划单列市)广播电视楼 网局级和省级电力调度楼 省级邮政楼、防灾指挥调度楼 藏书超过100万册的图书馆、书库 重要的办公楼、科研楼、档案楼 建筑高度超过50m的教学楼和普通的旅馆、办公楼、科研楼、档案楼等	除一类建筑以外的商业楼、展览楼、综合楼、电信楼、财贸金融楼、商住楼、图书馆、书库 省级以下的邮政楼、防灾指挥调度楼、广播电视楼、电力调度楼 建筑高度不超过50m的教学楼和普通的旅馆、办公楼、科研楼

小安说

第三节　建筑的耐火等级

三、工业建筑的耐火等级

厂房（仓库）耐火等级：　耐火等级分为一、二、三、四级。

汽车库、修车库的耐火等级应分为三级。

小安说

第三节
建筑的耐火等级

教材扩展

提高构件耐火极限的措施

1)处理好构件接缝构造，防止发生穿透性裂缝。
2)使用热导率低的材料，或增大构件厚度以提高构件隔热性。
3)使用非燃性材料。
4)构件表面抹灰或喷涂防火涂料。
5)加大构件截面，尤其是厚度。
6)配置Q345(16Mn)、 Q390(15MnV)钢，把粗钢筋配于截面中部或构件内层，细钢筋配于角部或构件外层；梁采用相对较细、根数较多的钢筋。
7)柱子和连续梁可提高混凝土强度等级，其余承重构件可提高材料强度等级。
8)改变构件支撑条件，增加多余约束，做成超静定形式。

小安说

消防概论

Q345(16Mn)

Q345是一种钢材。是一种低合金钢，广泛应用于桥梁、车辆、船舶、建筑、压力容器、特种设备等，其中"Q"意为屈服强度，345表示这种钢材屈服强度为345MPa。

参考标准:GB/T1591-2018 《低合金高强度结构钢》

Q345A，Q345B，Q345C，Q345D，Q345E——等级的区分，冲击温度不同

Q345A级，是不做冲击;Q345B级，是20度常温冲击;Q345C级，是0度冲击;Q345D级，是-20度冲击;Q345E级，是-40度冲击。在不同的冲击温度，冲击的数值也有所不同。在板材里，属低合金系列。在低合金的材质里，此种材质为最普通的。

Q345过去的一种叫法为:16Mn。

Q345的外部执行标准为:GB709，内部执行标准为:GB/T1591-2008。

由于执行标准的原因，此种钢板允许负公差交货。

教材扩展

小安说

消防概论

Q345(16Mn)

Q345是低合金结构钢，与旧标准1591-88牌号对照12MnV、16Mn 16Mn RE、18Nb、14MnNb。

Q345——综合力学性能良好，低温性能亦可，塑性和焊接性良好，用做中低压容器、油罐、车辆、起重机、矿山机械、电站、桥梁等承受动荷的结构、机械零件、建筑结构、一般金属结构件，热轧或正火状态使用，可用于-40℃以上寒冷地区的各种结构(摘自《机械设计手册》)。

小安说

消防概论

第四节 建筑结构在火灾情况下的倒塌与破坏

一、火灾中建筑构件倒塌的机理

二、火灾作用下几种常见结构建筑倒塌的一般规律

三、火灾中建筑倒塌的预测

小安说

第四节 建筑结构在火灾情况下的倒塌与破坏

一、火灾中建筑构件倒塌的机理

火灾中建筑结构的破坏形式有三种：变形增大、局部垮塌和结构整体坍塌。

（一）建筑材料破坏的基本形式

1、屈服

2、断裂

P61

小安说

第四节 建筑结构在火灾情况下的倒塌与破坏

一、火灾中建筑构件倒塌的机理

火灾中建筑结构的破坏形式有三种：变形增大、局部垮塌和结构整体坍塌。

（二）结构构件的破坏机理

1、强度破坏

2、稳定性破坏

小安说

第四节 建筑结构在火灾情况下的倒塌与破坏

一、火灾中建筑构件倒塌的机理

火灾中建筑结构的破坏形式有三种：变形增大、局部垮塌和结构整体坍塌。

（三）建筑结构的倒塌机理

小安说

消防概论

第四节 建筑结构在火灾情况下的倒塌与破坏

二、火灾作用下几种常见结构建筑倒塌的一般规律

5、预应力钢筋混凝土楼板耐火构造

5.1提高预应力钢筋混凝土楼板耐火极限的方法：

1、增加预应力楼板保护层的厚度

2、使用混凝土结构防火涂料

5.2隔墙的耐火构造

5.3吊顶的耐火构造

1、不燃性吊顶

（1）轻钢搁栅钉石膏板吊顶

（2）轻钢搁栅钉石棉型硅酸钙板吊顶

（3）轻钢搁栅复合板吊顶

2、经防火处理的难燃吊顶

教材扩展

小安说

第四节 建筑结构在火灾情况下的倒塌与破坏

二、火灾作用下几种常见结构建筑倒塌的一般规律

6、钢结构耐火保护施工方法

6.1绝热式：

1、喷涂法

2、包封法：（1）现浇法　（2）粘贴法

3、屏蔽法

6.2耗能式

1、水冷却法：

（1）外部喷淋冷却方式（2）内部循环冷却方式

2、钢管混凝土法

教材扩展

小安说

消防概论

第四节 建筑结构在火灾情况下的倒塌与破坏

一、火灾中建筑构件倒塌的机理

二、火灾作用下几种常见结构建筑倒塌的一般规律

三、火灾中建筑倒塌的预测

小安说

消防概论

本章小结

从建筑学的角度来讲，火灾是造成建筑物或建筑物构件燃烧以致结构倒塌破坏、人员伤亡的灾害。人类的生产、生活与建筑物密不可分，所以，研究建筑材料的燃烧与耐火性能以及建筑结构的倒塌破坏规律，进而采取有效的防火对策，是减少火灾损失和人员伤亡的重要措施。

小安说

本章作业

1、请阐述火灾作用下几种常见结构建筑倒塌的一般规律。

2、请设定一份火灾中建筑倒塌的预防方案。

小安说

消防概论

谢 谢 大 家

小安说