

雷电防护系列教材  
南京信息工程大学电子工程系  
防雷工程技术中心组编

# 建筑防雷工程 与设计

(第二版)

梅卫群 江燕如 编著



气象出版社  
China Meteorological Press

雷 电 防 护 系 列 教 材  
南京信息工程大学电子工程系  
防 雷 工 程 技 术 中 心 组 编

# 建筑防雷工程与设计

(第二版)

梅卫群 江燕如 编著



气象出版社

## 内 容 简 介

本书讲述了雷电、防雷标准、接地、防雷器件等理论知识及实用技术,涵盖了从防雷理论到建筑物防雷设计、施工的主要内容。因考虑到各类读者群的需要,在本教材的第一章对建筑与建筑构造作了概述;第三章、第八章中综述了防雷标准与防雷设计规范;附录部分还提供了大量有关的技术参数和指标,便于随时查阅参考。为便于读者阅读理解,本书配制了大量的图解,图文并茂地呈现给读者,使传达的信息更为明晰。

本书可以作为高等院校雷电防护及相关专业的教材,也可作为气象台站、通讯、建筑等各部门从事雷电研究、雷电防护工作人员的参考用书。

## 图书在版编目(CIP)数据

建筑防雷工程与设计/梅卫群,江燕如编著. —北京:气象出版社,2004.3  
ISBN 7-5029-3738-2

I. 建... II. ①梅...②江... III. 建筑物-防雷 IV. TU895

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 017607 号

Jianzhu Fanglei Gongcheng yu Sheji

## 建筑防雷工程与设计(第二版)

梅卫群 江燕如 编著

责任编辑:吴晓鹏 终 审:周诗健

封面设计:世纪白马 责任技编:王丽梅 责任校对:王丽梅

---

出版发行: 气象出版社

出版社地址:北京市海淀区中关村南大街 46 号

出版社电话:68407112

电子邮箱:cmp01@263.net

出版社网址: [http:// cmp.cma.gov.cn](http://cmp.cma.gov.cn)

邮政编码:100081

传真号码:62176428

经 销:新华书店总店北京发行所  
印 刷:北京昌平环球印刷厂

开 本:787mm×960mm 1/16  
印 张:35  
字 数:704 千字  
定 价:50.00 元

版 次:2004 年 3 月第 1 版  
2006 年 1 月第 2 版  
印 次:2006 年 1 月第 1 次印刷

---

版权所有 侵权必究

## 出版说明

雷电是发生在大气中的一种自然灾害,雷电防护是人类改造自然、征服自然的一门学科。由于雷电出现的随机性和危险性,人们对它的理解和防护还很不够,因此雷电给生命和财产带来巨大的损失。特别是计算机信息网络和通信系统迅速发展,雷电对人类的危害也随之快速扩大,因此迫切需要提高对雷电灾害形成机理的认识和加强对雷电灾害的科学防护。

事业的发展靠人才。我国的防雷事业,需要一支技术精湛的专业队伍。这支队伍的在职人员需要继续教育,新生力量需要高校补充。

我院是一所以大气科学、信息科学、环境科学为特色的理、工、文、管兼有的国内知名大学,为适应我国防雷减灾事业发展对专业人才的需求,20世纪末,以我院师资为基础,组建了电子信息工程专业雷电防护专业方向,2000年招收了第一届本科学生,并结合部门要求在成人教育的“大气科学专业”设置了防雷大专班,本、专科函授班,进行在职人员短期和中期培训。

为尽快建设雷电防护专业,迅速发展防雷专业教育,在中国气象局雷电防护办公室的指导下,我院电子工程系和防雷工程技术中心组织编写了雷电防护系列教材,供雷电防护本、专科专业教育使用,并可作为从事防雷减灾工程技术人员的学习和应用参考书。本书是该系列教材之一。

本教材受到中国气象局科技发展司和南京菲尼克斯电气有限公司的资助,深表谢意!

南京信息工程大学  
电子工程系、防雷工程技术中心  
2003年10月8日

## 再版前言

这本《建筑防雷工程与设计》首版年余,其间受到读者们的关注、批评和指导,在许多技术问题的交流和讨论中收益良多,十分感谢。值此再版之机,对原版中的错误作了修正,并结合防雷行业的发展进程和雷电防护科学与技术专业教学实际需要适当增删了部分内容,使其更为充实,谨献给诸位同仁。

遗憾的是,由于时间和篇幅的关系,原版未曾对建筑物综合设计部分展开详述,此次仍未能作很好的完善,准备在适当的时候予以增补和修订。本书编著者诚恳希望使用本教材的师生以及其他读者能继续提出批评指正,以利于本书的改正和改进。

编著者

2005年10月9日

## 前 言

雷电灾害是最严重的自然灾害之一。全球每年因雷击造成人员伤亡、财产损失不计其数;雷电导致的火灾、爆炸、建筑物损毁等事故频繁发生;从卫星、通信、导航、计算机网络直到每个家庭的家用电器都遭到雷电灾害的严重威胁。我国每年因雷击造成的人员伤亡估计为 3000~4000 人,财产损失估计在 50 亿~100 亿元左右。

随着我国现代化建设速度的加快,城市中新建高大建筑物导致雷电活动的影响不断加剧;建筑物内各种网络、通信、自动控制、楼宇智能系统等抗干扰能力较弱的现代电子设备使用越来越普及,易燃易爆场所、电力供电设备的迅速增加等客观因素使雷电灾害造成的损失也呈现出愈来愈严重的趋势。总体来看,当前防雷减灾工作存在的突出问题主要表现在以下几个方面:

面对雷电灾害日趋严重,雷电防护日益重要的严峻形势,人们对雷电灾害的防范意识仍然十分薄弱,存在侥幸心理和麻痹思想,国家的技术规范甚至是强制性的技术规范不能有效地贯彻执行。

防雷工程不按规范建设,不少建筑物甚至标志性建筑物防雷措施不完善,私人住宅大多没有防雷装置,使得建筑物防雷能力先天不足,导致严重雷击事故的发生;忽视了危害性越来越大的雷电电磁脉冲的防护,大量通信、计算机网络系统等弱电设备未能严格按照国家技术规范要求进行防雷便投入业务使用,导致雷害事故频繁发生。雷击后采取补救措施不仅耗费了大量的人力、物力,而且很容易造成社会治安问题。

施工队伍素质参差不齐,严重影响施工质量;未设计先开工的情况普遍存在,造成无法补救的隐患;即使安装了防雷装置,也没有定期检测或者防雷装置经检测发现隐患提出整改建议后,出现拒不整改等问题。

防雷工程和产品市场还未完全步入有序状态,防雷产品达不到质量要求,滥用防雷器材、淘汰的防雷器材、假冒伪劣或无证生产的防雷器材等情况依然存在,这样不仅不能起到防雷作用,反而造成严重的雷击事故。

防雷基础理论和应用理论的研究工作刚刚起步,雷电监测、预报预警系统等基础设施建设、防雷减灾的业务现代化建设相对滞后。

上述情况表明,目前不能更好地遏止雷电灾害发生的重要原因,很大程度上是人的因素,即决策者、管理者、建设者的素质问题,同时也存在理论研究、技术转化的问题。因此,建立一支训练有素、业务精通的高素质防雷减灾

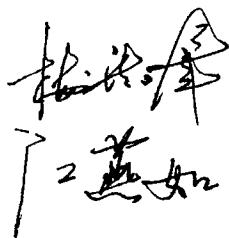
队伍以保证防雷减灾工作的质量、成效,是一件刻不容缓、迫在眉睫的事情。

建筑防雷工程是防雷减灾工作的一个重要的组成部分。建筑防雷工程又是一个系统工程,必须综合考虑建筑物的重要性、使用性质、雷电灾害评估、外部防雷措施和内部防雷措施,这些措施包括防雷装置的功能、保护范围、分流影响、均衡电位、防雷分区、屏蔽作用、合理布线、装设电涌保护器以及接地装置等等,建筑防雷工程必须整体考虑内外防雷措施、设计、施工的规范性和可行性。

本书讲述了雷电、防雷标准、接地、防雷器件等理论知识及实用技术,涵盖了从防雷理论到建筑物防雷设计、施工的主要内容。因考虑到各类读者群的需要,在本教材的第一章对建筑与建筑构造作了概述。附录部分还提供了大量有关的技术参数和指标,便于随时查阅参考。为便于读者阅读理解,我们为本书配制了大量的图解,图文并茂地呈现给读者,使传达的信息更为明晰。总之,我们希望书中的图文将同时对于防雷专业方向的学生与职业防雷工程人员,以及任何对环境的安全防护有兴趣的人,都成为有用的参考。

由于在防雷基础理论、应用理论研究与技术开发方面的不足,加之编者的理论水平和实践经验的限制,书中缺点错误在所难免,恳请读者给予批评指正。

本书曾用作南京气象学院电子工程系防雷培训班和成人教育学院防雷专科班讲义,其间不断修改补充。在本书编写过程中,南京气象学院肖稳安先生提供了大量资料,南京气象学院电子工程系和防雷工程技术中心的领导和专家给予很大的信任、支持、指导和帮助,并得到中国气象局雷电防护办公室杨维林先生、北京交通大学张小青教授及北京市气象局关象石先生等的关心和鼓励,在此谨致谢意!

The image shows two handwritten signatures in black ink. The top signature is '梅卫群' (Mei Weiqun) and the bottom signature is '江燕如' (Jiang Yanru). Both are written in a cursive, stylized script.

(梅卫群 江燕如)

2003年11月24日于南京

## 目 录

出版说明

再版前言

前 言

|                                |       |
|--------------------------------|-------|
| <b>第一章 建筑与建筑构造</b> .....       | ( 1 ) |
| § 1.1 建筑概论 .....               | ( 1 ) |
| § 1.2 民用建筑 .....               | (14)  |
| § 1.3 工业建筑 .....               | (33)  |
| § 1.4 高层建筑 .....               | (45)  |
| § 1.5 智能建筑 .....               | (59)  |
| 本章思考与练习 .....                  | (83)  |
| <b>第二章 雷电的危害与建筑物防雷分类</b> ..... | (86)  |
| § 2.1 雷电的形成 .....              | (86)  |
| § 2.2 雷电的危害 .....              | (110) |
| § 2.3 雷电流 .....                | (124) |
| § 2.4 建筑物的防雷分类 .....           | (135) |
| § 2.5 建筑物电子信息系统的防雷分级 .....     | (146) |
| 本章思考与练习 .....                  | (151) |
| <b>第三章 建筑物外部雷电防护</b> .....     | (156) |
| § 3.1 建筑物雷电防护标准 .....          | (156) |
| § 3.2 建筑物雷电防护技术 .....          | (158) |
| § 3.3 建筑物防直击雷措施 .....          | (167) |
| § 3.4 建筑物防雷电侧击措施 .....         | (203) |
| § 3.5 建筑物防雷电反击措施 .....         | (206) |
| 本章思考与练习 .....                  | (213) |
| <b>第四章 接闪器保护范围</b> .....       | (216) |
| § 4.1 滚球法计算 .....              | (216) |
| § 4.2 避雷针保护范围计算 .....          | (220) |
| § 4.3 避雷线的保护范围计算 .....         | (238) |
| § 4.4 采用滚球法计算保护范围设计示例 .....    | (246) |
| 本章思考与练习 .....                  | (254) |

|                                                       |       |
|-------------------------------------------------------|-------|
| <b>第五章 接地与接地电阻</b> .....                              | (256) |
| § 5.1 低压配电设备接地与漏电保护 .....                             | (256) |
| § 5.2 接地装置 .....                                      | (282) |
| § 5.3 土壤的电阻率 .....                                    | (287) |
| § 5.4 接地体的接地电阻 .....                                  | (291) |
| § 5.5 接地体的冲击接地电阻 .....                                | (300) |
| § 5.6 高土壤电阻率地区的降低接地电阻的措施 .....                        | (304) |
| § 5.7 降阻剂与接地电极 .....                                  | (308) |
| 本章思考与练习.....                                          | (315) |
| <b>第六章 建筑物内部雷电防护</b> .....                            | (320) |
| § 6.1 建筑物内部防雷电感应 .....                                | (321) |
| § 6.2 建筑物内部防雷电波侵入 .....                               | (327) |
| § 6.3 建筑物内部防雷电电磁脉冲 .....                              | (336) |
| 本章思考与练习.....                                          | (365) |
| <b>第七章 防雷器件与线路保护</b> .....                            | (369) |
| § 7.1 防雷器件 .....                                      | (371) |
| § 7.2 电涌保护器(SPD)的使用 .....                             | (389) |
| § 7.3 供配电系统的防雷 .....                                  | (419) |
| 本章思考与练习.....                                          | (439) |
| <b>第八章 建筑外部防雷设计</b> .....                             | (442) |
| § 8.1 建筑物防雷设计规范 .....                                 | (444) |
| § 8.2 民用建筑物外部防雷装置设计 .....                             | (448) |
| § 8.3 特殊结构建筑的外部防雷 .....                               | (469) |
| § 8.4 建筑防雷课程设计指导 .....                                | (498) |
| 本章思考与练习.....                                          | (504) |
| <b>附录一 全国主要城市雷暴日数</b> .....                           | (507) |
| <b>附录二 分流系数</b> .....                                 | (511) |
| <b>附录三 环路中感应电压、电流和能量的计算</b> .....                     | (513) |
| <b>附录四 国际单位制(SI)、静电单位制(CGSE)和电磁单位制(CGSM)之间的关系</b> ... | (519) |
| <b>附录五 名词解释及术语</b> .....                              | (520) |
| <b>附录六 符 号</b> .....                                  | (532) |
| <b>附录七 上海市标准《建筑工程设计文件编制深度的规定》</b> .....               | (533) |
| <b>附录八 图 例</b> .....                                  | (547) |
| <b>参考文献</b> .....                                     | (549) |

# 第一章 建筑与建筑构造

## § 1.1 建筑概论

建造房屋是人类最早的生产活动之一。

《易系辞》曰“上古穴居而野处”。

大自然造化之功奇伟壮丽,雕凿出无数晶莹璀璨、奇异深幽的洞穴,展示神秘的地下世界时,也为人类在长期生存期间提供了最原始的家。在生产水平低下的状况下,天然洞穴显然首先成为最适宜居住的“家”。穴居是当时的主要居住方式,它满足了原始人对生存的最低要求。

进入氏族社会以后,随着生产水平的提高,房屋建筑也开始出现。但是在环境适宜的地区,穴居依然是当地氏族部落主要的居住方式,只不过人工洞穴取代了天然洞穴,且形式日渐多样,更加适合人类的活动。随着原始人营建经验的不断积累和技术的提高,穴居从竖穴居室逐步发展到半穴居室,最后又被地面建筑所代替。

与北方流行的穴居方式不同,南方湿热多雨的气候特点和多山密林的自然地理条件自然孕育出云贵、百越等南方民族“构木为巢”的居住模式。此时原始人尚未对这种“木构”建造有明确的意识,只不过是随着钻木取火、劈石头制造器具等无意识条件反射而诞生的一种社会行为,严格地讲,这算不得建筑。《礼记》载“昔者先王未有宫室,冬则居营窟,夏则居橧巢”,可见“巢者与穴居”也非因地域而截然分开。

人类的发展有如文化的传承,农耕社会的到来,引导人们走出洞穴、丛林。人们可以用劳动创造生活,把握自己的命运,同时也就开始了人工营造屋室的新阶段,并建立了以自己为中心的新秩序,真正意义上的“建筑”诞生了。

在母系氏族社会晚期的新石器时代,在仰韶、半坡、姜寨、河姆渡等考古发掘中均有居住遗址的发现。北方仰韶文化遗址多半为半地穴式,但后期的建筑已进展到地面建筑,并已有了分隔成几个房间的房屋。其总体布局有序,颇能反映出母系氏族社会的聚落特色。南方较潮湿地区,“巢居”已演进为初期的干阑式建筑。如长江下游河姆渡遗址中就发现了许多干阑建筑构件,甚至有较为精细的卯、启口等。

浙江余姚河姆渡的干阑木构誉为华夏建筑文化之源。它距今约六、七千年,是我国已知的最早采用榫卯技术构筑木结构房屋的一个实例。已发掘部分是长约23m、进深约8m的木构架建筑遗址,推测是一座长条形的、体量相当大的干阑式建筑。木构件遗物

中有柱、梁、枋、板等,许多构件上都带有榫卯,有的构件还有多处榫卯。可以说,河姆渡的干阑木构已初具木构架建筑的雏形,体现了木构建筑之初的技术水平,具有重要的参考价值与代表意义。这种古代原始住宅形式一直延续至今,广泛分布于西南广大少数民族地区(图 1.1),尤以云南西双版纳傣族民居最为典型。其结构特点是:先架空立柱设梁铺板,建造一个坚固的底架,然后在其上建房,即所谓“悬虚构屋”。干阑式木结构与楼阁建筑形式的出现有渊源关系。



图 1.1 干阑式木结构建筑

半坡母系氏族部落聚落遗址位于西安城东六公里,呈南北略长、东西较窄的不规则圆形。整个聚落由三个不同的分区所组成,即居住区、氏族公墓区及陶窑区。居住用房和大部分经济性房屋,集中分布在聚落的中心,构成整个布局的重心——居住区。围绕居住区有一条深、宽各为 5~6m 的壕沟,以之为聚落的防护设施。沟外为氏族公墓区及陶窑区。

居住区内居住建筑有平面圆形和方形两种。就建筑风格及构造方式而言,又可分为半穴居式和地面木架建筑式。

半坡遗址是一个氏族部落的聚落所在。居住区是以氏族集结的小区为基础、“大房子”作为中心来组织的,这座大房子是氏族部落的公共建筑,氏族部落首领及一些老幼都住在这儿,部落的会议、宗教活动等也在此举行。“大房子”与所处的广场,便成了整个居住区规划结构的核心。再结合对墓葬区、陶窑区布局分析,可以看出半坡氏族聚落无论其总体,还是分区,其布局都是有一定章法的,这种章法正是原始社会人们按照当时社会生产与社会意识的要求经营聚落生活的规划概念的反映。其建筑形式也体现着原始人由穴居生活走向地面生活的发展过程。

随着生产力的发展,人们对建筑物的要求也日益多样化和复杂化。有了商品交换,出现了店铺、钱庄乃至现代化的商场、百货公司、交易所、银行、贸易中心。交通的发展,出现了从驿站、码头直到现代化的港口、车站、地下铁道、机场。科学文化发展,又出现了从书院、家塾直到现代化的学校、博物馆、艺术中心和科学研究建筑。阶级的分化,出现

了供统治阶级住的宫殿、府园、庄园、别墅,供统治者灵魂“住”的陵墓以及神“住”的庙宇。生产发展了,出现了作坊、工场以至现代化的大工厂。

随着社会的发展,房屋早已超出了一般居住范围,建筑类型日益丰富;建筑技术不断提高,建筑的形象发生着巨大的变化。

总体说来,从古到今,建筑的目的是取得一种人为的环境,供人们从事各种活动。建筑不但提供人们一个有遮掩的内部空间,同时也带来了一个不同于原来的外部空间,建筑物能和周围的树木、道路、围墙组成院落,也能和其他房屋一起形成街道、村镇。建筑包含建筑物和构筑物。建筑物是供人们在其中生产、生活或其他活动的房屋或场所。如住宅、学校、影剧院等。构筑物是人们不在其中生产、生活的建筑。如水塔、烟囱、堤坝等。

一个建筑物可以包含有各种不同的内部空间,但它同时又被包含于周围的外部空间之中,建筑正是这样以它所形成的各种内部的、外部的空间,为人们的生活创造了工作、学习、休息等多种多样的环境。几千年的实践已证明,建筑和社会的生产方式、生活方式有着密切的联系,和社会的科学技术水平、文化艺术特征有着密切的联系,如同一面镜子一样反映出人类社会生活的物质水平和精神面貌,反映出它所存在的那个时代的特征。建筑又是一种多技术组合的工程,是为着某种使用上的目的,而需要通过物质材料和工程技术去实现的,它是人类社会的一项物质产品。

可是建筑又有不同于其他工程的特点,建筑的目的在于为人的各种活动提供良好的环境,一个人一生的绝大部分时间都是在与建筑有关的各种空间(包括室内室外的)中度过的。

建筑满足人们的物质需要,又满足人们的精神需要;它既是一种物质产品,又是一种艺术创作。建筑正是以它的形体和它所构成的空间给人以精神上的感受,满足人们一定的审美要求,这就是建筑艺术的作用。建筑艺术指建筑美观问题以及它更深刻的内涵,如反映建筑时代的精神面貌,表达一定历史时期的经济技术水平,又是民族文化传统的组成部分。

因此,建筑体型和立面设计的要求反映在以下几个方面:

- ①要反映建筑功能和类型特征;
- ②要体现材料、结构与施工技术特点;
- ③符合规划设计要求并与环境相结合;
- ④掌握建筑标准和相应的经济指标;
- ⑤符合建筑造型和立面构图规律。

### 1.1.1 建筑与人类的社会发展进程

建筑业发展初期,人们从利用天然材料到烧制砖瓦,建造木结构、石结构、砖石结构等建筑,随着科学技术迅速发展,建筑材料、施工技术、施工设备不断更新和完善,同时

人们对建筑物的要求也日益多样化和复杂化,混凝土体系和钢结构体系也日益成熟,出现许多新颖、独特的建筑类型。它们在使用功能、建筑规模、结构形式、平面组合及体型、建筑技术与艺术等方面都得到很大的发展,形成了不同用途、不同时代、不同地区、不同民族的建筑风格。

建筑和社会的生产方式、思想意识以及地区的自然条件有关,社会生产方式的变化使建筑不断发展,下面以几个有代表性的建筑物为例:

### 埃及·吉萨(Giza)金字塔群

古埃及奴隶主的陵墓,正方形底座,全部用规则的石灰岩块砌成。建造这样巨大的建筑在以部族为单位的原始社会是不可想象的,只有在奴隶社会,才有可能提供那样大量而集中的劳动力。数十万奴隶使用简陋的工具,被迫分批进行集中劳动,历时 30 年修建了人类历史上第一批巨大的纪念性建筑。耸立在荒漠中的金字塔,以其庞大无比的简单几何形象作为奴隶主绝对权力的象征,深刻地反映了奴隶社会的生产关系。

公元前 3100 年左右,尼罗河下游冲积三角洲平原的吉萨(Giza)建造了三座大金字塔,是古埃及金字塔最成熟的代表。它们都是精确的正方锥体,形式极其单纯,塔很高大,而脚下的祭祀厅堂和其他附属建筑物相对很小,塔的形体不受障碍地充分表现了出来。

所有厅堂和围墙等附属建筑物不再模仿木柱和芦苇的建筑形象,采用了完全适合石材特点的简洁的几何形,方正平直,交接简捷,同金字塔本身的风格完全统一。纪念性建筑物的典型风格形成了,艺术形式与材料、技术之间的矛盾也同时克服了。石建筑终于抛弃了对木建筑的模仿而有了自己的形式和风格。

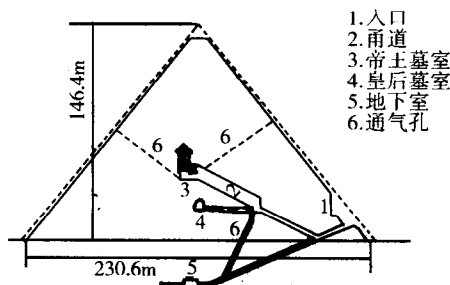


图 1.2 金字塔剖面

### 法国·巴黎圣母院(Notre Dame, Paris)

欧洲中世纪封建社会的宗教建筑。它使用了石、金属、彩色玻璃等多种材料,采用了一种叫骨架券和飞券结构的建造技术,这说明封建社会比奴隶社会的生产力又得到了发展,能够为建筑提供较多的材料和技术。而建筑内外的许多繁琐装饰,又多少反映了那个社会的工匠手工业劳动特点。

天堂是基督徒最向往的去处,高耸的尖塔、密集的垂直线条、阳光与彩色玻璃窗所造成的飘渺虚幻的室内气氛,正好体现了这种超世脱俗的愿望。中世纪的教堂曾经是当时居民的生活中中心,是城镇的标志和象征。

巴黎圣母院(Notre Dame, Paris),1163年始建,13世纪中叶完成西面的钟楼,此后屡经改建的著名的哥特式教堂建筑。教堂宽约47m,深约125m,内部可容万人。它使用了尖券、骨架拱和飞扶壁,是哥特式教堂的成熟作品,但从它的六分拱顶和粗壮圆柱来看,仍带有早期哥特式的特点。其正面构图完整,雕饰精美,中心13m直径的玫瑰窗尤为著名,这个立面是以后许多教堂的范本。



图 1.3 巴黎圣母院图

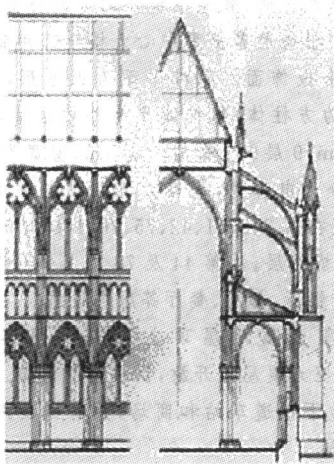


图 1.4 哥特式建筑剖面

## 中国·北京故宫

一进进院落、一座座厅堂,都围绕着一明确的中轴线进行布局。它华丽壮观、壁垒森严,又等次分明。作为封建社会的最高统治中心,它生动地反映出社会的阶级关系,同时又说明了社会生产力对建筑的限制。落后的技术造就了豪华的殿堂,建筑绝大部分采用了天然材料,沿用数千年之久的木结构构架形式没有多大改变。

## 美国·纽约世界贸易中心(World Trade Center, New York)

近代资本主义社会的超高层建筑,由两座并立的塔式摩天楼和四幢七层建筑组成,建于1967~1973年。两座塔式大厦均为110层,另加地下室6层,地面以上建筑高度为411m(1350英尺)。

内部除垂直交通、管道系统外均为办公面积与公共服务设施。纽约世界贸易中心大楼全部用钢结构,外表用铝合金板饰面。高塔平面为正方形,边长为63.5m,外观为方柱体,结构体系为外柱承重,9层以下外柱距为3m,9层以上外柱距为1m,窗宽为0.5m。大厦核心部分为电梯井,每座大厦共设电梯108部。设备层分别设在第7、8、41、42、75、76、108、109层。第110层为屋面桁架层。在第44及78层上分别设有“高空门厅”,并有银行、邮局、餐厅等服务设施。

其中一座大厦的屋顶上装有电视塔,塔高100.6m。另一座大厦屋顶开放,供人登高游览。在地下室部分设有地下铁道车站和商场,并有四层汽车库,可停车2000辆。

该建筑表现了现代资本主义社会高度发展的技术力量,商业贸易建筑在城市中的急剧发展,各种托拉斯企业的摩天大楼“争高斗妍”,表现出现代化国际都会的城市特色。该双塔建筑已在2001年9月11日的恐怖袭击事件中被摧毁。



图 1.5 纽约世界贸易中心

### 1.1.2 建筑物的分类、分级及防护

#### 1.1.2.1 建筑物的分类

按使用性质:生产性建筑——工业建筑、农业建筑;工业建筑指工业生产性建筑,如生产厂房、辅助生产厂房等;农业建筑指农副业生产建筑,如粮仓、畜禽饲养场等。非生产性建筑——民用建筑,民用建筑根据建筑物的使用功能,又可为居住建筑和公共建筑两大类。居住建筑有住宅、公寓、宿舍等。公共建筑有学校、图书馆、食堂、医院、商店等。

按承重结构材料:砖木结构——砖(石)砌墙体、木楼板、木楼盖的建筑。砖混结构——砖墙、钢筋混凝土楼板、钢(木)屋架或钢筋混凝土屋面板建造的建筑。钢筋混凝土结构——建筑物的主要承重构件全部采用钢筋混凝土,如装配式大板、大模板、滑模等工业化方法建造的建筑,钢筋混凝土的高层、大跨、大空间的建筑。钢—钢筋混凝土结构——如钢筋混凝土梁、柱、钢屋架组成的骨架结构厂房。钢结构——如全部用钢柱、钢屋架建造的厂房。其它结构——如生土建筑、塑料建筑、充气建筑等。

按层数:住宅建筑——1~3层为低层建筑;4~6层为多层;7~9层为中高层;10~30层为高层。公共建筑及综合性建筑——建筑总高在24m以下为非高层建筑;总高大于24m为高层建筑(不包括高度超过24m的单层主体建筑);总高超过100m的住宅或公共建筑均为超高层建筑。工业建筑——单层厂房、多层厂房和混合层厂房。按防雷分为一、二、三类。

#### 1.1.2.2 建筑物的分级

以主体结构确定的建筑物,按耐用年限可分四级:一级,耐用年限超过100年的重要建筑和高层建筑;二级,耐用年限为50~100年的一般性建筑;三级,耐用年限为25~50年的次要建筑;四级,耐用年限少于15年的临时建筑。

#### 1.1.2.3 建筑物的防护

建筑防护是为了防止建筑物在使用过程中受到各种人为因素和自然因素的影响或破坏所采取的安全措施。如建筑防火、建筑防热、建筑防寒、建筑抗震、建筑防水、建筑防潮、建筑电磁屏蔽、建筑防辐射线、建筑防爆、建筑泄爆、建筑防尘、建筑防雷、建筑防腐蚀等。

(1)建筑防火:防止或减少建筑物火灾的发生及其危害的措施。包括火灾前的预防和火灾时的措施两方面,前者主要为确定建筑物合适的耐火等级和耐火构造,控制可燃物数量及分隔易起火部位等;后者主要为保持防火间距,划分防火分区,设置疏散设施及排烟、报警、灭火设备等。建筑物应根据其耐火等级选定构件材料及构造方式,并按照

防火规范的各项要求进行防火设计。设计时须保证主体结构的耐火稳定性,还应使隔墙、吊顶及装修等具有必要的耐火能力。建筑物之间应保持一定的防火间距,建筑内部则需划分防火分区。公共建筑的安全出口一般不能少于两个,影剧院、体育馆等人员密集场所,还应设置更多的出口。建筑物中应有良好的通风、排烟设施,同时还应根据需要设置报警和灭火设备。有爆炸危险性的厂房及库房,还应有防爆泄压的措施。

现行《建筑设计防火规范》(GBJ16-87)把建筑物的耐火等级划分成四级。一级的耐火性能最好,四级最差。性质重要的或规模宏大的或具有代表性的建筑,通常按一、二级耐火等级进行设计;大量性的或一般的建筑按二、三级耐火等级设计;次要的或临时建筑按四级耐火等级设计。

(2)建筑防热:抵挡夏季室外热作用,防止室内过热所采取的建筑设计综合措施。其主要内容有:在城市规划中,正确地选择建筑物的布局形式和建筑物朝向;在建筑设计中,选用适宜的有效的围护结构隔热方案;采用合理的窗户遮阳方式;争取良好的自然通风;注意建筑环境的绿化等以创造舒适的室内生活、工作环境。

(3)建筑防寒:建筑保温俗称建筑防寒。通过建筑手段减少室内热量损失的综合技术措施。建筑保温对保证冬季室内热环境质量、节约采暖能源有重要作用。一般应从综合措施和外围护结构保温两方面入手。①综合措施:在总体规划中合理布置房屋位置、朝向,使其在冬季能获得充分的日照而又不受冷风袭击;在单体设计时,应在满足功能要求的前提下采用体型系数小的方案;②外围护结构保温:凡有保温要求的房屋外围护结构应有合乎规定的热阻。采暖的民用建筑的外墙和屋顶等的总热阻应根据技术经济分析确定,但不得小于最小总热阻。窗户是建筑保温的关键部位,应提高窗的气密性,改进窗的材料及构造。地面除应有一定热阻以控制热损失以外,为减少人脚的接触热损失,应选用吸热系数小的构造,用热渗透系数小的材料做面层。消除热桥的保温措施,也是重要的环节。

(4)建筑抗震:又称建筑防震。为避免或减轻地震对建筑物的危害所采取的措施。受地震影响地区的地面和各类建筑物受地震影响的程度为地震烈度,中国把地震烈度分为12度。在1~5度时,一般的建筑物不受损失或损失很小。而在10~12度时,对建筑物的破坏很大,应按有关专门规定设计。因此,建筑抗震措施一般指应用于6~9度地区。抗震构造措施主要有:①建筑体型、平面、立面布置宜规则、对称,建筑质量分布和刚度变化要均匀。②按抗震设计规范设置防震缝、抗震圈梁、构造柱、芯柱及抗震支撑系统等。③选择适宜的楼层类型,加强楼层和楼梯间的整体性。④加强各构件间的联结,如纵横墙之间;承重墙与非承重墙之间;板与板之间;板与梁之间;板、梁与墙之间等。⑤处理好非结构构件(如围护墙、隔墙、装修等)与主体结构的连接。⑥注意单层空旷房屋(如影剧院、俱乐部、礼堂等)和土、木、石结构房屋的特点,有针对性地采取有效的抗震措施。