

ANQUAN PINGJIA

安全评价人员继续教育参考用书

SHIYONG ZHINAN

安全评价实用指南

第一版

中国安全生产科学研究院

中国矿业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

安全评价实用指南/刘铁民主编. —徐州:中国矿业大学出版社,2007.2

ISBN 978-7-81107-585-4

I. 安… II. 刘… III. 安全生产-评价-指南 IV. X93-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 016953 号

书 名 安全评价实用指南(第一版)
编 者 中国安全生产科学研究院
责任编辑 李士峰
出版发行 中国矿业大学出版社
(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编:221008)
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail:cumtpvip@cumtp.com
排 版 中仕达排版公司
印 刷 北京市亚通印刷厂
经 销 新华书店
开 本 787×1092 1/16
印 张 29.375
字 数 708千字
版次印次 2007年3月第1版 2007年3月第1次印刷
定 价 88.00元

安全评价实用指南

(第一版)

主 编 刘铁民

副主编 陈 江

编写人员 (按姓氏笔画为序)

刁集山	马世海	王云海	王青松
白玉永	田东胜	刘 志	刘志强
任建国	沈 力	苏宏杰	杨志刚
张志华	黄吉欣	蒋军成	甄殿宏

内 容 简 介

本书是在安全评价人员资格教育的基础上编写的系列丛书之一,重点是为安全评价人员提供与安全评价有关的知识和技巧,分析、解决评价过程中遇到的问题,提供典型行业安全评价实例,突出实用性。本书共分六章,包括:国内外安全评价发展动态、部分领域安全评价技术、常用定量安全评价方法应用、安全评价过程常见问题分析、典型行业安全评价实例、安全评价过程控制等。

本书可作为安全评价人员参加继续教育培训的教材,也可作为安全生产管理人员及相关从业人员的参考用书。

目 录

第一章 国内外安全评价发展动态	1
第一节 国外安全评价的产生、发展和现状	1
第二节 国内安全评价的发展和现状	2
第三节 安全评价有关法律法规	4
第二章 部分领域安全评价技术	7
第一节 建筑物安全评价技术	7
第二节 消防安全评价技术	66
第三章 常用定量安全评价方法应用	107
第一节 道化学公司火灾、爆炸危险指数评价法	107
第二节 重大事故后果分析方法	150
第四章 安全评价过程常见问题分析	185
第一节 综合性问题分析	185
第二节 典型行业安全评价问题分析	191
第五章 典型行业安全评价实例	209
第一节 危险化学品行业安全评价实例	209
第二节 冶金行业安全评价实例	232
第三节 煤矿安全评价实例	290
第四节 非煤矿山安全评价实例	405

第六章 安全评价过程控制	427
第一节 安全评价过程控制体系的主要内容	427
第二节 安全评价过程控制体系运行模式	437
第三节 安全评价过程控制体系文件编制	440
第四节 安全评价人员职业道德规范	444
附录 A 物质系数和特性表	446
附录 B 混合物物质系数的确定	455
附录 C 基本预防和安全措施	457
参考文献	458

第一章 国内外安全评价发展动态

第一节 国外安全评价的产生、发展和现状

安全评价也称为风险评价，起源于20世纪30年代的保险业。保险公司为客户承担各种风险，必须收取一定的保险费，而收取多少费用是由所承担的风险大小决定的，因此，保险业提出了如何衡量风险程度的问题。美国保险协会提出并开发出风险评价方法，安全评价由此产生。

20世纪60年代，安全系统工程的理论和方法形成。首先是在军事工业，美国先后公布了“空军弹道导弹系统安全工程”和《系统安全大纲要点》，尤其是《系统安全大纲要点》前后修订了两次，对系统整个寿命周期内的安全要求、安全工作项目作了具体规定。因该标准对世界安全和防火领域产生了巨大影响，中国、日本和欧洲一些国家纷纷引进使用。此后，系统安全理论陆续推广到航空、航天、核工业、石油、化工等领域，并不断发展、完善，成为现代安全系统工程的一种新的理论和方法体系，在当今安全科学中占有非常重要的地位。

其次是应用在工业领域。1964年，美国道化学公司根据化工生产的特点，开发出“火灾、爆炸危险指数评价法”，用于对化工生产装置进行安全评价。该法至今已修订7次，依据以往的事故统计资料及物质的潜在能量和现行安全措施，主要针对火灾、爆炸和毒物泄漏所造成的后果进行定量分析，确定危险等级，以制定进一步的安全对策措施，使危险降低到人们可以接受的程度。1974年，英国帝国化学公司（ICI）在道化学公司评价方法的基础上，引进了毒性概念，并发展了某些补偿系数。提出了“蒙德火灾、爆炸、毒性指标评价法”。同年，美国原子能委员会提出了著名的《核电站风险报告》。1976年，日本劳动省颁布了“化工厂六阶段安全评价法”。由于道化学公司火灾、爆炸危险指数评价法（第七版）科学、合理并易于使用，成为化学工业最常用的安全评价方法。

20世纪70年代以后，世界范围内发生了许多震惊世界的火灾、爆炸和有毒物质泄漏事故。例如，1976年意大利塞维索工厂环己烷泄漏事故，造成30多人伤亡，22万人紧急疏散。1984年，墨西哥城液化石油气供应中心站发生爆炸，造成约490人死亡，4000多人受伤，900多人失踪，供应站内所有设施毁损殆尽。1984年12月，印度博帕尔农药厂甲基异氰酸酯泄漏中毒事故，造成2500多人死亡，20余万人中毒受伤，67万人受到残留毒气的影响。1993年8月，中国深圳化学危险品仓库爆炸事故，造成15人死亡，100多人受伤，直接经济损失2亿多元，等等。由于这些火灾、爆炸和有毒物质泄漏事故造成严重人员伤亡和巨大财产损失，预防重大工业事故成为各国政府和国际劳工组织（ILO）关注和研究的重点，并颁布了相关的法规与标准，其核心内容便是安全评价。1982年，欧盟颁布了《工业活动中重大事故危险法令》（EEC Directive 82/50），简称《塞韦索法令》，至今已修订过两次。1992年，美国颁布了《高度危险化学品处理过程的安全管理》标准，美国环境保护署（EPA）颁布了《预防化学泄漏事故的风险管理程序》（RMP）。

1993年，ILO在第80届国际劳工大会上通过了《预防重大工业事故公约》（第174号公约）和《预防重大工业事故建议书》（第181号建议书），该公约和建议书为建立国家重大危险源控制系统奠定了基础。1996年，澳大利亚颁布了重大危险源控制国家标准。另外，中国、印度、印度尼西亚、泰国、马来西亚和巴基斯坦等国家也制定了相关的标准和重大危险源控制系统。

随着安全评价逐步被各类企业所认知和接受，安全评价得到了快速的发展，风险评价从最初的衡量风险程度发展为降低事故风险的技术手段，成为风险管理的重要手段之一。

20世纪末，国际上兴起了职业安全健康管理体系（简称OHSMS）。一些跨国公司和大型现代化联合企业为强化自己的社会关注力和控制损失的需要，开始建立自律性的职业健康安全管理制度并逐步形成了比较完善的体系。随后英国、美国、澳大利亚/新西兰、日本工业安全卫生协会、挪威船级社纷纷制定了本国的职业安全健康管理体系。1999年，英国标准协会（BSI）、挪威船级社（DNV）等13个组织提出了区域性的职业安全健康管理体系系列标准，即OHSAS 18001：《职业健康安全管理体系规范》、OHSAS 18002：《职业健康安全管理体系—OHSAS 18001实施指南》。2001年，国际劳工组织颁布了《职业安全健康管理体系导则》（ILO—OHS 2001）。职业安全健康管理体系运行模式依据的是“戴明模型”，或称为PDCA模型，它是一种先进的风险管理模式。按照戴明模型，一个组织的活动可分为：计划（PLAN）、行动（DO）、检查（CHECK）和改进（ACT）四个相互联系的环节，而风险评价是OSHMS的核心和基础。

目前，欧美及亚洲大多数国家和地区普遍采用定量安全评价方法，并且已经应用到各生产领域。定量安全评价可以给出所有潜在安全隐患发生几率与后果严重度，评价事故对个人、现场工作人员、附近居民和整个工业区域的安全风险。与定性安全评价相比，定量安全评价方法技术含量较高，不易受评价人员经验等主观因素影响，评价结果比较客观。

另外，在国外，道化学公司火灾、爆炸危险指数评价法及帝国化学公司蒙德火灾、爆炸、毒性危险指数评价法并不作为定量的评价方法，最多称为半定量评价方法。

第二节 国内安全评价的发展和现状

我国安全评价工作可以追溯到20世纪末叶。20世纪70年代，安全系统工程引入我国，安全评价的理论和实践逐步得到了应用。1988年，原机械电子部颁布了第一部安全评价标准——《机械工厂安全评价标准》。随后，原化工部劳动保护研究所根据道化学公司火灾、爆炸危险指数评价法，提出了化工厂危险程度分级方法。冶金行业研究出工厂危险程度分级等方法，由于这些标准对各企业减少事故效果显著，所以石化、电子、航空、兵器、医药等行业分别颁布了行业安全评价标准。

我国安全领域专家开发出的第一种安全评价方法是由中国安全生产科学研究院（原劳动部劳动保护科学研究所）研究的“八五”科技攻关成果——易燃、易爆、有毒重大危险源评价方法。该方法主要结合我国化工行业的特点，针对火灾、爆炸和毒物泄漏事故，一方面依据危险物质的特定危险性和生产工艺的特定工艺过程危险性所确定的固有危险性，另一方面依据工艺、设备、容器、建筑结构方面用于防范或减轻事故后果的各种设施、危险岗位操作人员的素质、安全管理制度等确定的危险补偿措施将危险分级。该方法属于危

险指数评价法。

1996年,国家对建设项目开展安全评价工作做了规定。同年10月,原劳动部颁发了《建设项目(工程)劳动安全卫生监察规定》(原劳动部第3号令),规定在我国境内的新建、改建、扩建的基本建设项目(工程)、技术改造项目(工程)和引进的建设项目(工程)中的六种情况在工程可行性研究阶段必须进行建设项目劳动安全卫生预评价,由建设单位自主选择并委托本建设项目设计单位以外的有劳动安全卫生预评价资格的单位承担。为了开展此项工作,1998年,原劳动部又颁发了《建设项目(工程)劳动安全卫生预评价管理方法》(原劳动部第10号令)和《建设项目(工程)劳动安全卫生预评价导则》(LD/T106-1998)。1999年,原国家经贸委参照原劳动部颁布的《建设项目(工程)劳动安全卫生预评价单位资格认可与管理规则》(原劳动部第11号令)开始实施安全评价机构资质的认可工作。

以上规章主要规定了预评价的时机、预评价承担单位的资质、预评价程序、预评价大纲和报告的主要内容。

2002年,中华人民共和国第70号主席令颁布了《中华人民共和国安全生产法》,第二十五条规定:矿山建设项目和用于生产、储存危险物品的建设项目,应当分别按照国家有关规定进行安全条件论证和安全评价。2002年1月9日,中华人民共和国国务院令第344号发布了《危险化学品安全管理条例》,第十七条规定:生产、储存、使用剧毒化学品的单位,应当对本单位的生产、储存装置每年进行一次安全评价;生产、储存、使用其他危险化学品的单位,应当对本单位的生产、储存装置每两年进行一次安全评价。至此,安全评价工作步入了法制化道路。

2001年,国家安全生产监督管理局成立,为了进一步加强安全评价工作,国家安全生产监督管理局于2002年发布了《关于加强安全评价机构管理的意见》(安监管技装字[2002]45号),规定了安全评价的主要内容以及安全评价机构的管理。这是一个过渡性文件,但它是在安全生产法出台之前,我国政府部门首次明确提出了安全评价的概念并确定了管理方式的雏形,为安全评价的全面发展奠定了基础。

2003年,国家安全生产监督管理局发布了《安全评价通则》(安监管技装字[2003]37号),要求继续做好建设项目安全预评价、安全验收评价、安全现状评价及专项安全评价工作,并规定了安全评价的内容、程序等。2004年,《安全评价机构管理规定》(国家安监局、煤监局令13号),明确了安全评价机构及其从业人员的准入条件、许可程序和考核规则,加强了对安全评价机构和评价从业人员的监管。《安全评价机构管理规定》以及随后出台的一系列实施配套措施,是在总结了前些年工作的成功经验和教训,广泛借鉴其他部门相似工作的有益方法,并在全面贯彻执行国家有关法律法规的基础上,对安全评价实施了全面规范化的管理。为了进一步开展此项工作,国家安全生产监督管理局先后发布了安全预评价导则、安全验收评价导则、安全现状评价导则和专项安全评价导则。

目前,全国有近千家安全评价机构,近16000人取得了安全评价从业资格,从事安全评价相关工作的人员已超过5万人。主要覆盖煤矿、非煤矿山、烟花爆竹、危险化学品、民用爆破器材、电力、石油化工、冶金等领域。政府将对已经取得安全评价资格证书的人员实施继续教育,让他们及时掌握国内外安全评价的新技术、新方法。对评价机构加

强监管，建立行之有效的安全评价过程控制制度，规范安全评价行为。鼓励高水平的安全评价机构做大做强，做出品牌。鼓励有能力的评价机构研究开发科学、先进的安全评价方法，尤其是定量评价方法，给出各类事故后果模型、事故经济损失和事故对生态环境的影响，根据实际情况给出不同行业可接受的风险标准等。

第三节 安全评价有关法律法规

我国安全评价有关的法律法规分为四个层次，即法律、行政法规、规章以及标准。

一、法律

法律必须经全国人民代表大会及其常务委员会通过，国家主席签署并以主席令形式公布实施。与安全评价有关的法律主要包括《安全生产法》、《劳动法》、《道路交通安全法》、《海上交通安全法》、《矿山安全法》、《职业病防治法》、《煤炭法》、《矿产资源法》（修正）、《消防法》等。

二、行政法规

根据国务院令第 321 号《行政法规制定程序条例》等有关规定，行政法规由国务院组织起草，行政法规草案由国务院常务会议审议，或者由国务院审批，总理签署发布实施。行政法规的名称一般称“条例”，也可以称为“规定”、“办法”等。

与安全评价有关的行政法规主要有《安全生产许可证条例》、《危险化学品安全管理条例》、《建设工程安全生产管理条例》、《使用有毒物品作业场所劳动保护条例》和《水库大坝安全管理条例》，以上行政法规文本可查阅《安全评价》（第三版）（下册）。

另外，新近颁布了《民用爆炸物品安全管理条例》、《烟花爆竹安全管理条例》、《铁路运输安全保护条例》、《内河交通安全管理条例》、《道路交通安全法实施条例》和《矿山安全法实施条例》等。

三、规章

包括国务院部门规章和地方政府规章。根据中华人民共和国国务院令第 322 号《规章制定程序条例》规定，规章的名称一般称“规定”、“办法”，但不得称为“条例”。

与安全评价有关的国务院部门规章主要有，矿山企业的《煤矿安全生产基本条件规定》、《非煤矿山建设项目安全设施设计审查与竣工验收办法》、《小型露天采石场安全生产暂行规定》；危险化学品生产储存企业的《危险化学品生产储存建设项目安全审查办法》；针对安全评价机构和评价人员管理的《安全评价机构管理规定》等，以上部门规章已列入《安全评价》（第三版）（下册）。

近几年，煤矿安全生产事故高发，造成大量人身伤亡、财产损失和负面的国内国际影响。为了加强煤矿安全生产工作，先后出台了《煤矿企业安全生产许可证实行办法》；关于印发《煤炭生产安全费用提取和使用管理办法》、《关于规范煤矿维简费管理问题的若干规定》的通知；《财政部 国家发展和改革委员会 国家安全生产监督管理总局 国家煤矿安全监察局 关于调整煤炭生产安全费用提取标准 加强煤炭生产安全费用使用管理与

监督的通知》和《煤矿企业安全生产管理制度规定》等规定。

同时,针对其他高危行业制定了《非煤矿山企业安全生产许可证实施办法》、《关于“非煤矿山企业安全生产许可证实施办法”若干问题说明的通知》、《危险化学品生产企业安全生产许可证实施办法》、《烟花爆竹生产企业安全生产许可证实施办法》、《港口安全评价管理办法》和《建筑施工企业安全生产许可证管理规定》等。

另外,为了加强重大危险源管理,国家安全生产监督管理局颁布了《关于开展重大危险源监督管理工作的指导意见》和《关于规范重大危险源监督与管理工作的通知》。

安全评价的目的是针对重大风险制定安全措施,减少事故的发生。评价机构是实施主体。为了规范评价机构和评价人员的行为,先后出台了《安全评价机构考核管理规则》、《关于加强对安全生产中介活动监督管理的若干规定》和《安全评价人员资格登记管理规则》。

为了指导安全评价工作,先后颁布了《安全评价通则》、《安全预评价导则》、《安全验收评价导则》、《安全现状评价导则》和各类专项安全评价导则,如《烟花爆竹生产企业安全评价导则(试行)》、《危险化学品包装物、容器定点生产企业生产条件评价导则》(试行)、《烟花爆竹生产企业安全评价导则》(试行)、《水电水利建设项目(工程)安全卫生评价工作管理规定》、《建设项目职业病危害评价规范》、《陆上石油和天然气开采业安全评价导则》、《危险化学品经营单位安全评价导则》、《非煤矿山安全评价导则》、《民用爆破器材安全评价导则》、《危险化学品生产企业安全评价导则》(试行)等。

四、标准规范

目前,法规没有把安全生产标准纳入安全生产法律法规体系的范畴,但是安全生产标准是生产经营单位必须遵照执行的规范。从安全评价依据的法律法规角度,安全生产标准是进行安全评价的重要依据之一,所以本节把安全生产标准规范纳入安全评价有关法律法规体系。安全生产标准分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准。国家标准由国务院标准化行政主管部门制定,在全国范围内适用。行业标准由国务院有关行政主管部门制定,在全国某个行业范围内适用。地方标准在省、自治区、直辖市范围内适用,由省、自治区、直辖市标准化行政主管部门制定。企业标准适用于生产经营单位内部,由企业制定。目前大多使用国家标准和行业标准。

安全评价中关于危险因素的辨识,一般依照《企业职工伤亡事故分类》标准给出的类别进行识别分析。

矿山企业安全评价主要依据有《煤矿安全规程》、《金属非金属地下矿山安全规程》、《金属非金属露天矿山安全规程》,以上内容见《安全评价》(第三版)(下册)。

另外,《建筑设计防火规范》(2001版)重新进行了修订,于2006年7月12日颁布了2006版,该规范将于2006年12月1日开始实施。

职业有害因素控制措施评价主要依据《工业企业设计卫生标准》(GBZ1-2002)、《工作场所有害因素职业接触限值》(GBZ2-2002)和《有毒作业分级》等。关于职业有害因素评价在《安全验收评价导则》的安全验收评价报告主要内容和要求中有控制措施的要求。

重大危险源评价主要依据《重大危险源辨识》(GB 18218-2000),该标准给出四类

危险物质在生产场所和储存区的临界量，以及两种或两种以上物质同时存在的情况下如何计算是否属于重大危险源。

对于工业企业安全评价通常依据《工业企业总平面设计规范》、《厂矿道路设计规范》、《生产过程安全卫生要求总则》、《生产设备安全卫生设计总则》和《小型工业企业建厂劳动卫生基本技术条件》等。

另外，对于不同行业，还有《石油化工企业设计防火规范》、《烟花爆竹工厂设计安全规范》、《民用爆破器材工厂设计安全规范》以及《烟花爆竹劳动安全技术规程》等。

第二章 部分领域安全评价技术

第一节 建筑物安全评价技术

我国经济正处于高速发展时期，建筑业也得到了蓬勃发展，全国范围内开展了大规模的工程建设。但由于建造阶段可能发生的设计疏忽、施工失误，正常使用阶段可能出现的自然和人为灾害，以及老化阶段可能产生的各种损伤积累，建筑物的安全性一直是一个受到广泛关注的问题。以地震为例，据世界上 130 次伤亡巨大的地震灾害统计，95%以上的人员伤亡和经济损失主要是不安全的建筑物倒塌造成的。因此，建筑物安全的重要性十分突出。

影响建筑物安全的因素很多，其中地震、火灾、爆炸、雷电等对建筑物的危害较大。本节主要介绍建筑物抗震、防爆、防雷、检测和加固等方面内容。

一、建筑物的抗震

(一) 基本概念

1. 抗震设防目标

抗震设防是震害预防中的一项工程性预防措施，主要是指对各类建设工程必须按抗震设防要求和抗震设计、施工规范进行抗震设计、施工，以减轻建筑遭受地震灾害的破坏，减少人员伤亡和经济损失。

在《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001) (以下简称《抗震规范》) 中规定我国建筑物的抗震设防目标为：

第一水准：当遭受到多遇的、低于本地区设防烈度的地震（简称“小震”）作用时，建筑结构一般应不受损坏（处于弹性状态）或无需维修仍能使用。

第二水准：当遭受到本地区设防烈度的地震（简称“中震”）作用时，建筑结构可能有一定的损坏（局部进入塑性状态），但经一般维修或不经维修仍能继续使用。

第三水准：当遭受到高于本地区设防烈度的罕遇地震（简称“大震”）作用时，建筑结构不致倒塌或发生危及生命的严重破坏。

以上“三水准”抗震设防目标的通俗说法就是小震不坏，中震可修，大震不倒。

2. 建筑物分类

《抗震规范》从抗震防灾的角度，根据其使用功能的重要性、受地震破坏时产生的后果严重程度，将建筑物分为四类，以便在抗震设计时提出不同的设计要求。

甲类建筑：重大建筑工程和地震时可能发生严重次生灾害的建筑，如核电站等。这类建筑如遇地震破坏会导致严重后果和产生重大影响。该类建筑必须经国家规定的批准权限核定。乙类建筑：地震时使用功能不能中断和需尽快恢复的建筑，如国家重点抗震城市生命线工程，包括给水、供电、交通、电信、煤气、热力、医疗、消防等。丙类建筑：甲、乙、丁类以外的一般建筑，如大量的一般工业与民用建筑等。丁类建筑：抗震次要的

建筑，如一般仓库，人员较少的辅助性建筑等。

3. 各类建筑的抗震设防标准

衡量抗震设防要求的尺度，由抗震设防烈度和建筑使用功能的重要性确定。抗震设防烈度是根据建筑物的重要性及其所在地区的基本烈度确定的，一般采用基本烈度或与设计基本地震加速度值对应的烈度。对已编制抗震设防区划的城市，可按批准的抗震设防烈度或设计地震动参数进行抗震设防。

各类建筑物的抗震设计应符合下列设防标准：

(1) 甲类建筑地震作用应高于本地区抗震设防烈度的要求，其值应按批准的地震安全性评价结果确定。抗震措施，当抗震设防烈度为6~8度时，应符合本地区抗震设防烈度提高一度的要求；当为9度时，应符合比9度抗震设防更高的要求。

(2) 乙类建筑地震作用应符合本地区抗震设防烈度的要求。抗震措施，一般情况下，当抗震设防烈度为6~8度时，应符合本地区抗震设防烈度提高一度的要求；当为9度时，应符合比9度抗震设防更高的要求；地基基础的抗震措施，应符合有关规定。对较小的乙类建筑，当其结构改用抗震性能较好的结构类型时，应允许仍按本地区抗震设防烈度的要求采取抗震措施。

(3) 丙类建筑地震作用和抗震措施均应符合本地区抗震设防烈度的要求。

(4) 丁类建筑一般情况下地震作用应符合本地区抗震设防烈度的要求。抗震措施应允许比本地区抗震设防烈度的要求适当降低，但抗震设防烈度为6度时不应降低。

抗震设防烈度为6度时，除《抗震规范》有具体规定外，对乙、丙、丁类建筑可不进行地震作用计算。

4. 建筑场地

场地即指建筑物所在地，大体相当于厂区、居民小区和自然村或不小于1 km²时的平面面积，在此范围内岩土性状和土层覆盖厚度大致相近，并具有相似的地震反应谱特征。而场地土则是场地范围内的浅层地基土的简称。场地条件对建筑物震害影响的主要因素是场地土的刚度（即坚硬或密实程度）大小和场地覆盖层厚度。

(二) 抗震设计的基本原则

实际建筑结构及其在强震作用下的破坏过程是很复杂的，目前尚难以对此进行较为精确而可靠的计算。因此，20世纪70年代以来，各国标准强调了工程技术人员必须重视“结构抗震概念设计”，即根据地震灾害调查、科学研究和工程经验等所形成的基本原则和设计思想，进行建筑结构的总体布局并确定细部构造。这种设计理念将有助于明确结构抗震思想，提高建筑结构的抗震性能，也为有关抗震计算创造有利条件，使计算分析结果更能反映今后地震时结构的实际反应。

1. 选择对抗震有利的场地和地基

建筑物的抗震能力与场地条件有密切关系。历次地震调查表明，同类型的建筑物，由于建造场地不同，破坏程度会有很大差别。应避免在地质上有断层通过或断层交汇的地带，特别是有活动断层的地段进行建设。

其次，应针对所选定的结构形式，处理好建筑物的地基。建筑物地基处理的好坏，对建筑物的抗震性能至关重要。同一结构单元的基础不宜设置在性质截然不同的地基上，也

不宜部分采用天然地基而部分采用桩基础，以免地震时出现过大的差异沉降而损坏建筑。

对液化场地上的建筑，其地基液化对建筑物的危害很大。历史上美国的阿拉斯加的地震就是由于地基液化而使建筑物整体倾斜；我国辽宁海城、河北唐山大地震的灾害调查分析资料，都充分说明地基液化是造成震害的一个主要原因。因此，要严格按规范要求采取措施，消除地基液化。对新近填土或严重不均匀土等，也应估计地震时地基出现过大的差异或其他不利影响，并采取相应的措施予以防范。

2. 合理规划，避免地震时发生次生灾害

地震造成的次生灾害有时会比地震直接造成的损失更大。避免地震时发生严重的次生灾害，是抗震工作的一个很重要方面。在震区的建筑规划上应使房屋不要建得太密，房屋的距离以不小于1~1.5倍房屋高度为宜，以便为地震时人员疏散和营救以及为抗震修筑临时建筑留有余地。要避免房高巷小，以免地震时由于房屋倒塌而通路阻塞。公共建筑物更应考虑地震疏散问题，一般可与防火疏散同时考虑。

烟囱、水塔等高耸构筑物，应与居住房屋（包括锅炉房等）保持一定的安全距离。例如，不小于构筑物高度的 $1/3\sim 1/4$ 。易于酿成火灾、爆炸和气体中毒等次生灾害的工业建筑物远离人口稠密区。

3. 选择合理的抗震结构方案

建筑结构体系应根据建筑抗震设防类别、设防烈度、建筑高度、场地条件、地基、结构材料和施工等因素，经技术、经济和使用条件综合比较后确定，所选定的结构体系应具有明确的计算简图和合理的地震作用传递途径，具备必要的抗震承载力、良好的变形能力和消耗地震能量的能力，避免因部分结构或构件破坏而导致整个结构丧失抗震能力或对重力荷载的承载能力。对可能出现的薄弱部位，应采取提高抗震能力。

(1) 房屋平面和立面不规则的体型，在水平荷载作用下，由于体型突变，受力将变得十分的复杂，并使抗震计算产生很大的困难甚至无法进行可靠的计算。因此，建筑体型的平、立面布置宜规则、对称、质量和刚度变化均匀。矩形、方形、圆形的平面，因形状规整，地震时能整体协调一致，并可使结构处理简化，有较好的抗震效果。n形、L形和v形的平面，因形状凸出凹进，地震使转角处应力集中而易于破坏。若不能避免部分突出及刚度突变，则应在结构布置上局部加强。例如，在平面上有突出部分的房屋，应考虑到突出部分在地震力作用下由局部振动引起的内力，在沿突出部分两侧的框架梁、柱要适当加强；平面拐角处的楼板，应尽量避免开洞。

在立面上，建筑物的质量和刚度，应力求对称和均匀分布，以减少地震时可能受扭破坏。若各部分参差不齐，有局部凸出或质量悬殊、刚度突变的，则地震时容易发生局部严重损坏。地震区高层建筑的立面要求采用矩形、梯形、三角形等均匀变化的几何形状，尽量避免带有突然变化的阶梯形立面。立面上有局部突出和刚度突变的阶形建筑应考虑地震力作用下突变部分局部摆动的影响，当突出部分的体型愈细长且大于下面高度的 $1/5$ 时，边梢效应愈加明显。

(2) 房屋高度和房屋的高宽比。一般而言，房屋愈高，所受的地震力和倾覆力矩愈大，破坏的可能性也愈大。建筑物的高宽比，比起其绝对高度来说更为重要。因为建筑物的高宽比值愈大，地震作用下的侧移愈大，地震引起的倾覆作用愈严重，而对其在柱（墙）和基础中引起的压力和拉力往往也难于进行有效的处理。

(3) 无论选用何种体系的抗震结构, 都宜设置多道抗震防线。首先, 一个抗震结构体系, 应由若干个延性较好的分体系组成, 并由延性较好的结构构件连接起来协同工作, 如框架抗震墙体系是由延性框架和抗震墙两个系统组成, 双肢和多肢抗震墙体系由若干单肢墙分系统组成。其次, 抗震结构体系应有最大可能数量的内部、外部冗余度, 有意识地建立起一系列的屈服区, 以使结构能够吸收和耗散大量的地震能量, 一旦破坏也易于修复。

第一道防线的选型。砖墙、框架、抗震墙、竖向支撑、填充墙等构件, 都可以用来抗御水平地震作用。然而, 由于它们在结构中的受力条件不同, 地震后果也就不一样。一般情况下, 应优先选择负担重力荷载的竖向支撑或填充墙, 或选用轴压比不太大的抗震墙之类的构件, 作为第一道抗震防线的抗侧力构件, 而一般不宜采用轴压比很大的框架柱兼作第一道防线的抗侧力构件, 以防止因承重构件竖向承载能力的显著降低而直接导致房屋倒塌。若因条件所限, 使框架不得不用作整个结构中惟一的抗侧力体系, 则应该采用“强柱弱梁”的结构, 以增强框架的延性, 在地震力作用下, 梁先屈服, 用梁的变形去消耗地震能量, 使柱退居第二道防线的地位。

利用抗侧力体系多余杆件设计抗震结构的最主要目标是防倒塌。为了使结构在遭受较严重震害的情况下仍然保持稳定, 较好的办法就是在主体结构之间增设一些多余杆件。这些杆件与主体结构的线刚度比值应大于它们之间的屈服强度比值, 通过恰当的配筋, 使其具有较好的延性, 并在遭遇地震时能先于主体结构发生屈服, 利用它的塑性变形来消耗尽可能多的地震能量。例如, 将两片或多片单肢抗震墙用水平抗弯梁连成多肢抗震墙, 或者用水平梁将抗震墙与同一平面内的框架连成并联体, 以提高它们的抗震能力。这种通过对结构动力特性的适当控制, 利用结构多余杆件的耗能和内力重分布, 从一种结构体系过渡到仍然稳定的另一种结构体系, 是对付高烈度地震的一种经济有效的方法, 也是增加抗震防线的又一有效措施。

4. 非结构构件的处理

非结构构件包括建筑非结构构件和建筑附属机电设备及其与结构主体的连接等。建筑非结构构件, 一般是指在结构分析中不考虑承受重力荷载以及风、地震等侧力荷载的构件, 如内隔墙、楼梯踏步板、框架填充墙、建筑外围墙板等。然而, 在地震作用下, 建筑中的这些构件会或多或少地参与工作, 从而可能改变整个结构或某些构件的刚度、承载力和传力路线, 产生出乎意料的抗震效果, 或者造成未曾估计到的局部震害。因此, 有必要根据以往历次地震中的宏观震害经验, 妥善处理这些非结构构件, 以减轻震害, 提高建筑的抗震可靠度。

另外, 房屋附属物, 如女儿墙、挑檐、幕墙及装饰贴面等, 在地震作用不大的情况下就会破坏或脱落。对一般房屋, 这类装饰性的附属物应尽量不建或少建, 若必须建造时, 应采取防震。安装在建筑上的附属机械、电气设备系统的支座和连接, 应符合地震时的使用功能要求, 而且不应导致相关部件损坏。

5. 结构材料与施工方法的选择

地震对结构作用的大小, 几乎与结构的质量成正比。质量小, 地震作用就小, 震害就轻。要减轻建筑物的质量, 就要求在满足抗震强度的条件下, 尽量采用轻质材料来建造主体结构和围护结构, 以使房屋的重心尽量降低, 减小地震时房屋所承受的地震弯矩。

从抗震角度考虑, 建筑结构材料应轻质、高强、材质均匀, 使结构能够同时满足承载

力及延性两个方面的要求。按照这一原则,对由不同材料和施工方法建造的结构,其抗震性能优劣排序依次是钢结构,型钢混凝土结构、混凝土—钢混合结构、现浇钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构、装配式钢筋混凝土结构。

6. 施工质量控制

施工质量是否符合设计要求,将直接影响建筑的实际抗震能力。在设计中,一方面要对材质、强度、施工技术等提出具体要求;另一方面,也要从设计上为使施工中能保证质量和便于检查创造条件。

7. 地震反应观测系统

为监测建筑的地震反应特性以供应急决策和工程抗震科研之用,对抗震设防烈度为7、8、9度,高度分别超过160 m、120 m和80 m的高层建筑,应设置建筑结构的地震反应观测系统,设计时应留有观测仪器和线路的安装位置。

对丙类建筑所划分的抗震等级,其中一级最高、四级最低,而且抗震等级越高,则在抗震计算中采用的地震作用效应增大系数将越大,以提高重要的或关键部位构件的抗震能力。

(三) 混凝土结构的隔震技术

混凝土结构抗震技术,主要是通过增加结构的强度、刚度和延性来抵御地震的作用,但无法满足难以预见的强烈地震作用或复杂的建筑结构的需要,于是土木工程专家采用隔震技术来解决该问题。隔震技术在使用功能有特殊要求以及抗震设防烈度为8、9度的建筑上取得较好的技术、经济和社会效益。隔震技术是通过水平刚度低且具有一定阻尼的隔震器将上部结构与基础或底部结构之间实现柔性连接,使输入上部结构的地震能量和加速度大为降低,并由此大幅度地提高建筑结构对强烈地震的防御能力。

1. 结构隔震系统的基本特征和分类

结构隔震系统是指在结构物底部或其他部位设置某种隔震装置而形成的结构体系。它包括上部结构、隔震器(装置)和下部结构三部分。隔震体系具有以下基本特征:

(1) 隔震装置须具有足够的竖向承载力,能够安全地支承上部结构的所有荷载,确保建筑结构在使用状态下的绝对安全并满足使用要求。

(2) 隔震装置应具有可变的水平刚度。在强风或微小地震时,隔震器应具有足够高的水平刚度,使上部结构发生的水平位移极小而不影响使用要求。在中等强度地震下,其水平刚度将逐渐变小,使原本刚性的抗震结构体系变为柔性隔震结构体系,其固有周期大大延长而远离场地的特征周期,从而明显地降低上部结构的地震反应。

(3) 由于隔震装置具有水平弹性回复力,使隔震结构体系在地震中具有自动复位功能,由此满足震后建筑结构的使用功能要求。

(4) 隔震装置具有一定的阻尼和消能能力,以保证体系在日常使用受干扰和地震时应具有的工作性能。

根据我国及世界各国对多种地震技术的研究和应用情况,隔震技术可按不同的隔震位置和不同的隔震装置进行分类。如图2-1和图2-2所示。