

建筑结构抗震设计



普通高等学校
土木建筑类「十二五」应用型规划教材

Jianzhujiegou
KangzhenSheji

主编 王晓虹 骈龙江

策划编辑：徐 峰
责任编辑：张忠远
封面设计：广通文化



普通高等学校
土木建筑类“十二五”应用型规划教材

建筑设计基础	建筑工程测量
建筑制图与表达	土木工程施工
画法几何与工程制图	建筑施工组织
土木工程制图	建筑装饰工程施工工艺
建筑CAD	建筑工程计量与计价
建筑力学	工程建设定额原理与实务
理论力学	路基路面工程
材料力学	道路与桥梁工程概论
土力学	道路勘测设计
地基与基础	土木工程材料
钢结构基本原理	建筑材料与检测
砌体结构	建筑设备
混凝土结构设计	工程建设法规
钢筋混凝土基本构件	工程建设监理概论
建筑结构抗震设计	工程合同管理
土木工程概论	工程项目管理
房屋建筑学	建筑工程事故分析与处理

ISBN 978-7-5661-0724-4



9 787566 110724 >

定价：40.00元

普通高等学校土木建筑类“十二五”应用型规划教材

建筑结构抗震设计

主 编 王晓虹 骈龙江

副主编 王 静 姚学群 颜学渊 孙三民

 哈尔滨工程大学出版社

内容提要

本书以一个教学楼的抗震设计为主线,贯穿主要章节,体现了 CDIO 的工程教育理念,内容包括地震灾害与对策,抗震设防水准,建筑选址与建筑、结构方案,地震反应分析,反应谱的应用,混凝土结构抗震承载力及位移验算,混凝土结构抗震构造措施,地基与基础,砌体结构、钢结构、单层工业厂房抗震设计,隔震和耗能减震设计。书中附有完整的混凝土框架结构计算实例,包括手算和电算对比,方便大四学生毕业设计时参考。

本书可作为高等院校土木工程专业、建筑工程技术专业、与土木结合的工程力学等专业的教材(适合 30~40 学时的教学计划),也可供各类工程结构与施工的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑结构抗震设计/王晓虹,骈龙江主编. —哈尔滨:
哈尔滨工程大学出版社,2014.1

ISBN 978-7-5661-0724-4

I. ①建… II. ①王… ②骈… III. ①建筑结构-防震设计-高等学校-教材 IV. ①TU352.104

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 318073 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮 编 150001
发行电话 0451-82519328
传 真 0451-82519699
经 销 新华书店
印 刷 北京紫瑞利印刷有限公司
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 18.5
字 数 498 千字
版 次 2014 年 1 月第 1 版
印 次 2014 年 1 月第 1 次印刷
定 价 40.00 元

<http://www.hrbeupress.com>

E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

在市面上已出版的结构抗震设计类的教材中,大多数侧重于对《建筑抗震设计规范》条文的解释,甚至章节顺序也与规范大体对应。规范是给内行看的,注重正确性、全面性、条理性和准确性,阅读规范的人一般都具有一定的专业基础。而教材是写给初学者看的,应更注重基本概念、基本认识和基本方法的引导。针对许多学校专业课学时压缩的现状,试图在 30 学时的教学中保证全面性显然是不现实的。全面的蜻蜓点水,不如重点讲透基本概念和基本方法。学生有了较牢固的基础知识,可以在今后的自学和工作实践中拓宽。近几年,CDIO 的工程教育模式受到越来越多的工程教育工作者的重视。CDIO 教育理念之一是以项目为载体展开教学,这样做可以使每一部分内容的学习目的更明确,理论结合实际使概念更易理解,各部分知识之间的关系由工程实例组织到一起使思路更清晰。

基于以上考虑,本书的主要特点为:

(1) 在内容编排上,本教材以一个实际工程项目为切入点,将结构抗震设计的基本内容贯穿于其中,这种编写体系体现了 CDIO 的教学理念,实用性强,也方便学生做毕业设计时参考。至于工程中的其他类型建筑,在进行设计要点介绍的同时,适当兼顾课程内容完整性。本书章节是按照震灾与对策→确定设防水准→总体的概念设计→地震反应分析→承载力计算、变形验算与构造等的顺序编排的,在这个顺序引导下,不断提出问题,解答问题,有的放矢。

(2) 强调核心概念的理解与易混淆概念的辨析。例如,将场地类别的内容与地基基础部分脱离开,放到设计反应谱一节,以强调场地问题并非地基问题,是与上部结构的地震反应(反应谱)相联系的;再例如,将“与计算相关的抗震措施”作为节标题予以突出,以避免有些初学者将“抗震措施”与“抗震构造措施”混为一谈,也强调了“地震作用计算”与“抗震验算”是不同的概念;还有,强调“概念设计”不仅仅是建筑、结构方案等全局性的构思,也包含细部构造措施等。

(3) 本书所选取的工程实例的计算,先以传统手算思路进行讲解,帮助学生掌握结构抗震的基本概念。但考虑到工程实际中,已基本采用软件进行辅助设计,如果只讲述手算方法,则教学内容已落后于时代,所以为了体现教学内容和工程

实际的联系,本书以工程设计界最常用的 PKPM 软件为例,将软件使用过程中涉及结构抗震设计方面的知识,予以简要介绍,并给出实例的软件计算结果。通过对手算、电算结果的对比分析,进一步理清概念。

本书共分 10 章,分别介绍了地震灾害与对策,抗震设防水准,建筑选址与建筑、结构方案,地震反应分析,反应谱的应用,混凝土结构抗震承载力及位移验算,混凝土结构抗震构造措施,地基与基础,砌体结构、钢结构、单层工业厂房抗震设计,隔震和耗能减震设计。其中 1~7 章建议精讲,学时较少(如 30 学时)的可将后 3 章略讲或安排学生自学,若学时不紧张(40 学时),可全面讲授。

本书由河北工程大学王晓虹主编,全书的章节提纲由王晓虹和骅龙江共同拟定,由王晓虹统稿,第 1、2、5 章由王晓虹编写,第 3 章由福州大学颜学渊编写,第 4 章由王晓虹和昆明学院姚学群共同编写,第 6 章由河北工程大学骅龙江编写,第 7、8 章由塔里木大学孙三民编写,第 9 章由佳木斯大学建筑工程学院王静编写,第 10 章由姚学群编写。研究生原璇璇、李庆章等同学完成大例题的手算与电算以及其他一些辅助工作。

限于编者水平,书中难免有误漏之处,恳请读者批评指正。

编 者

目录

Contents

第1章 地震灾害与对策	1
1.1 地震	7
1.1.1 地震的成因	7
1.1.2 地震的分类	9
1.1.3 地震的分布与活动规律	9
1.2 震害	11
1.2.1 地震灾害	11
1.2.2 房屋建筑震害与建筑地震破坏等级	12
1.3 房屋震害对策	14
第2章 抗震设防水准	16
2.1 地震烈度	16
2.1.1 震级与烈度	16
2.1.2 未来可能发生地震的烈度	17
2.2 三水准的抗震设防目标	18
2.2.1 多遇烈度、罕遇烈度及其与基本烈度的关系	19
2.2.2 三水准的设防目标	19
2.2.3 两阶段的常规设计方法	19
2.2.4 抗震性能化设计	20
2.3 建筑抗震设防类别及其相应标准	20
2.3.1 建筑抗震设防类别	20
2.3.2 不同类别建筑的抗震设防标准	21
第3章 建筑选址与建筑、结构方案	23
3.1 选址问题	23
3.1.1 地震造成的地表破坏和地基失效	23
3.1.2 有利、一般、不利与危险地段	23

3.1.3 工程选址	24
3.2 建筑平、立面布置	28
3.2.1 建筑平面形状	28
3.2.2 建筑立面	29
3.2.3 房屋高度	30
3.2.4 房屋的高宽比	31
3.3 结构选型与结构布置	31
3.3.1 结构材料	31
3.3.2 结构体系	32
3.3.3 结构布置的一般原则	32
3.3.4 防震缝	34
第4章 地震作用计算(一)——地震反应分析	36
4.1 早期的等效静力法	37
4.2 结构动力学方法——弹性解答	38
4.2.1 结构体系的振动模型及通常的简化假定	38
4.2.2 振动微分方程及解答	39
4.3 反应谱法	45
4.3.1 反应谱的含义	45
4.3.2 反应谱的获得	46
4.4 设计反应谱	48
4.4.1 场地类别及设计地震分组	48
4.4.2 设计反应谱	52
4.5 非线性时程分析简介	55
4.5.1 结构分析计算模型	56
4.5.2 恢复力模型(材料滞回本构模型)	57
4.5.3 地震波的选用	60
4.5.4 结构非线性动力方程的求解算法	61
第5章 地震作用计算(二)——反应谱的应用	63
5.1 反应谱用于单自由度体系计算	63
5.1.1 重力荷载代表值	64
5.1.2 单自由度体系的计算步骤	64
5.2 反应谱用于多自由度体系计算——振型分解反应谱法	65
5.2.1 多自由度体系的振型分解	65
5.2.2 振型分解反应谱法的计算步骤	68
5.3 反应谱用于多质点体系的简化方法——底部剪力法	70

5.3.1 底部剪力法的适用条件	71
5.3.2 底部剪力法的计算原理	71
5.3.3 底部剪力法的计算步骤	72
5.4 扭转的影响	74
5.4.1 房屋的质心和刚心	74
5.4.2 结构的振动形式	75
5.4.3 地震效应的求解	79
5.5 反应谱用于竖向地震作用计算	81
5.5.1 高层建筑与高耸结构的竖向地震作用计算	81
5.5.2 平板网架和大跨度屋架结构的竖向地震作用计算	82
5.5.3 长悬臂和其他大跨度结构的竖向地震作用计算	82
第6章 混凝土结构抗震承载力及位移验算	84
6.1 框架结构简化内力计算	84
6.1.1 水平地震作用下的内力计算	84
6.1.2 竖向荷载下的内力近似计算	87
6.2 内力组合	88
6.2.1 荷载效应基本组合统一表达式	88
6.2.2 框架梁柱内力基本组合的具体形式	90
6.3 与计算相关的抗震措施	91
6.3.1 混凝土结构的震害	91
6.3.2 延性设计	93
6.3.3 钢筋混凝土结构的抗震等级	94
6.3.4 内力设计值的调整	95
6.4 承载力计算	97
6.4.1 抗震承载力调整系数 γ_{RE}	98
6.4.2 框架梁截面承载力计算	98
6.4.3 框架柱截面承载力计算	98
6.4.4 框架节点抗震设计	99
6.4.5 抗震墙截面设计	99
6.5 位移验算	102
6.5.1 多遇地震作用下层间弹性位移验算	103
6.5.2 罕遇地震作用下层间弹塑性位移验算	103
6.6 PKPM 软件中抗震相关问题的介绍	106
6.6.1 基本参数选取	107
6.6.2 计算结果查看及分析	110
6.6.3 例题——PKPM 计算步骤与结果	110

第7章 混凝土结构抗震构造措施	161
7.1 构件尺寸要求	161
7.1.1 框架梁及抗震墙结构的连梁	161
7.1.2 框架柱	161
7.1.3 节点应满足的条件	162
7.1.4 抗震墙	162
7.2 构件配筋构造要求	163
7.2.1 框架梁配筋构造	163
7.2.2 框架柱配筋构造	164
7.2.3 梁柱节点构造	167
7.2.4 抗震墙配筋构造	168
7.2.5 钢筋锚固要求	170
7.3 填充墙	170
7.4 其他非结构构件	171
7.4.1 规范的基本要求	171
7.4.2 非结构构件的地震作用计算方法	171
7.4.3 采用等效测力法时,水平地震作用标准值的计算公式	172
7.5 建筑抗震概念设计总结	172
7.5.1 建筑抗震概念设计的含义	172
7.5.2 多道防线	173
7.5.3 刚度、承载力和延性的匹配	173
7.5.4 关于延性的进一步讨论	173
7.5.5 变形能力和耗能能力	174
第8章 地基与基础	176
8.1 地基与上部结构的相互作用	176
8.2 地基承载力抗震验算	177
8.2.1 无须验算的场合	178
8.2.2 验算方法	178
8.3 液化土和软土地基	179
8.3.1 液化现象及危害	179
8.3.2 液化判别	180
8.3.3 液化场地的危害性分析与抗液化措施	182
8.3.4 软土地基	184
8.4 对各类房屋基础的要求	184
8.5 桩基础	185

第 9 章 砌体结构、钢结构、单层工业厂房抗震设计	187
9.1 多层砌体结构	187
9.1.1 砌体房屋的震害	188
9.1.2 结构方案与布置	192
9.1.3 多层砌体房屋的抗震计算	195
9.1.4 多层砌体结构房屋的抗震构造措施	202
9.1.5 底部框架-抗震墙房屋的抗震设计要点	207
9.2 多层及高层钢结构房屋	210
9.2.1 钢结构房屋概述	210
9.2.2 高层钢结构房屋抗震设计	212
9.2.3 多层钢结构房屋抗震设计	218
9.3 单层钢筋混凝土柱厂房	222
9.3.1 单层钢筋混凝土柱厂房概述	222
9.3.2 结构布置的一般原则	224
9.3.3 单层厂房的横向抗震计算	225
9.3.4 单层厂房的纵向抗震计算	231
9.3.5 单层钢筋混凝土柱厂房构造措施	234
第 10 章 隔震和耗能减震设计	240
10.1 隔震和耗能减震设计概述	240
10.2 隔震原理和设计方法	242
10.2.1 隔震原理	242
10.2.2 隔震技术方法与隔震装置	243
10.2.3 隔震结构设计计算	245
10.2.4 隔震结构的隔震构造措施	249
10.3 耗能减震原理和设计方法	251
10.3.1 耗能减震原理	251
10.3.2 消能器与消能部件	252
10.3.3 耗能减震结构的设计要点	256
附录	260
附录 A 中国地震烈度表(2008)	260
附录 B 我国主要城镇抗震设防烈度、设计基本地震加速度和设计地震分组	262
B.0.1 首都和直辖市	262
B.0.2 河北省	263
B.0.3 山西省	264

B.0.4	内蒙古自治区	264
B.0.5	辽宁省	265
B.0.6	吉林省	265
B.0.7	黑龙江省	265
B.0.8	江苏省	266
B.0.9	浙江省	266
B.0.10	安徽省	267
B.0.11	福建省	267
B.0.12	江西省	267
B.0.13	山东省	268
B.0.14	河南省	268
B.0.15	湖北省	269
B.0.16	湖南省	269
B.0.17	广东省	270
B.0.18	广西壮族自治区	270
B.0.19	海南省	270
B.0.20	四川省	271
B.0.21	贵州省	271
B.0.22	云南省	272
B.0.23	西藏自治区	272
B.0.24	陕西省	273
B.0.25	甘肃省	273
B.0.26	青海省	274
B.0.27	宁夏回族自治区	274
B.0.28	新疆维吾尔自治区	275
B.0.29	港澳特区和台湾省	275
附录 C	多自由度体系的振型正交性原理	276
附录 D	结构自振周期和振型的计算	277
D.1	矩阵迭代法计算周期和振型	277
D.2	能量法计算基本周期	280
D.3	等效质量法计算基本周期	281
D.4	顶点位移法计算基本周期	281
D.5	粗略估算基本周期的经验公式	282
附录 E	框架结构水平荷载作用下反弯点高度比	282
E.1	标准反弯点高度比 y_0 (倒三角形节点水平荷载)	282
E.2	反弯点高度修正值 y_1 、 y_2 、 y_3	285
参考文献		286

第1章 地震灾害与对策

本章学习引导

本章应思考的基本问题:

- 地震可能给建筑造成什么样的危害?
- 能够采取哪些有效的对策进行设防?

本章要点:

地震的基本规律, 房屋建筑的震害类型以及相应的基本对策。

所谓抗震, 就是采取各种措施尽量避免或减轻地震给人们造成的生命和财产的损失, 工程结构抗震是其中的一个组成部分。

自古以来, 人类就不断经受着地震所带来的危害。人们在灾难中不断总结经验和教训, 采取各种手段抵御地震灾害。到现阶段, 围绕抗震这个主题, 人们已经发展了“地震工程”这样一个具有许多分支的综合性学科体系, 通过工程技术提高城市综合抗震能力, 提高各类建筑的抗震水平。

地震工程涵盖地震预报、地震危险性分析、城市抗震规划、工程结构抗震、抢险救灾措施、灾后重建措施等方面, 涉及地球物理、地质学、岩土工程、结构工程、城市规划等方面的知识。工程结构抗震设防是地震工程的一个组成部分。

工程结构包括建筑结构、桥梁结构、特种结构等。下面以建筑结构的抗震设计为载体, 讲述抗震设计的一般方法和原理, 其他类型的结构抗震问题原理是相同的, 方法是相近的。

工程实例

河北南和县第二中学科技楼

总建筑面积 $11\,277\text{m}^2$, 基底建筑面积 $1\,810\text{m}^2$ 。

建筑层数: 地上主体 6 层, 无地下室。

建筑高度: 24.8m 。

房间功能分布: 一层由阅览室、多媒体教室、办公室、门厅等组成; 二~五层主要为教室, 六层主要为办公室。建筑一层平面、二层平面、屋顶平面示意图见图 1-1、图 1-2、图 1-3。正立面见图 1-4、侧立面、剖面与透视图 1-5。

设计标高及层高: 室内外地坪高差 0.6m ; 首层层高 4.2m , 二~六层 3.8m , 局部凸出设备层 3.6m , 局部八层 2.9m 。

设计使用年限: 50 年。

耐火等级: 二级。

结构类型: 上部结构拟采用钢筋混凝土框架结构, 基础拟采用条形基础。

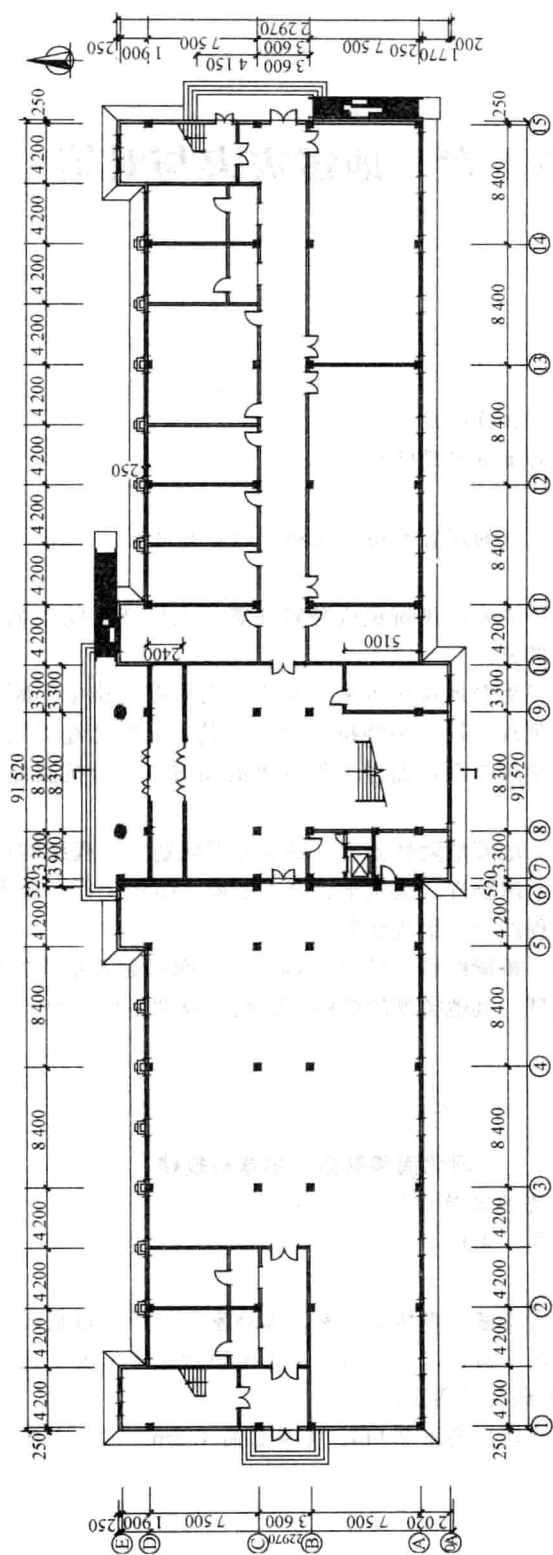


图1-1 一层平面图

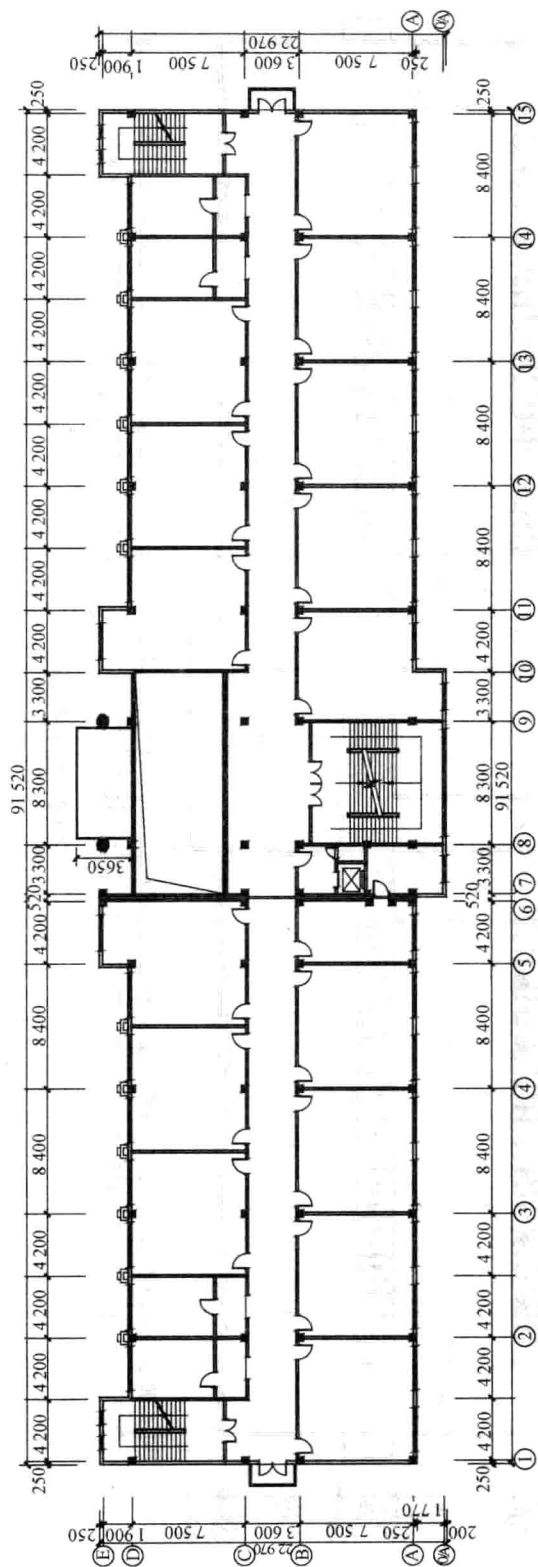


图1-2 二层平面图

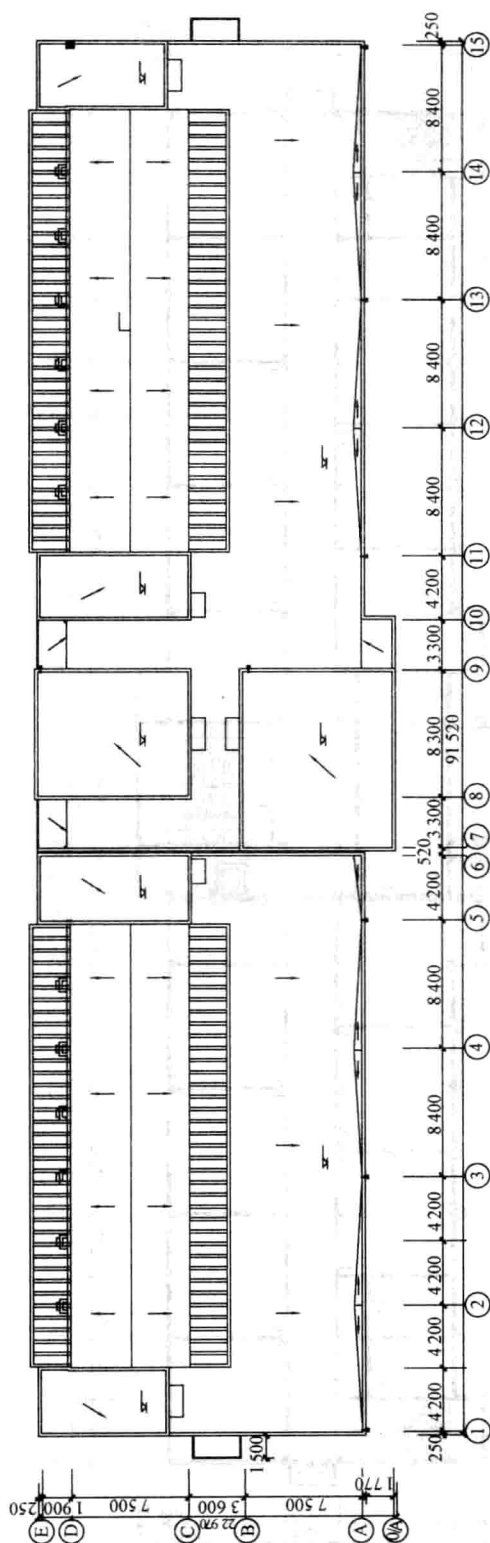


图1-3 屋顶平面图

