

高等学校工程应用型土建类系列教材

# 高层建筑施工

杨国立 主编

高等教育出版社

高等

系列教材



# 高层建筑施工

GAOCENG JIANZHU SHIGONG

杨国立 主编

高等教育出版社·北京

## 内容提要

本书是高等学校工程应用型土建类系列教材之一,内容共11章,包括:高层建筑施工概述、高层建筑施工测量、高层建筑深基坑支护、高层建筑深基坑地下水控制、高层建筑深基坑土方开挖、高层建筑“逆作法”施工、高层建筑大体积混凝土施工、高层建筑起重及运输机械、高层建筑脚手架工程、高层建筑现浇混凝土结构施工、高层建筑钢-混凝土组合结构施工等。

本书理论联系实际,以应用为主,力求符合新规范、新标准和有关技术法规,着眼于当前高层建筑施工中的施工工艺,阐明先进技术和科学管理对发展生产、保证质量、加速工程建设、提高综合经济效益的重要意义,力求做到深入浅出、通俗易懂。

本书配有同步施工视频或施工动画,以使教材更加情景化、动态化、形象化。

本书可作为普通高校土建专业及相关专业教材,也可作为成人教育土建类及相关专业的教材,亦可供从事建筑工程等技术工作的人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

高层建筑施工/杨国立主编.--北京:高等教育出版社,2016.2

高等学校工程应用型土建类系列教材

ISBN 978-7-04-044654-8

I. ①高… II. ①杨… III. ①高层建筑-工程施工-高等学校-教材 IV. ①TU974

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第014106号

策划编辑 葛心  
插图绘制 杜晓丹

责任编辑 葛心  
责任校对 张小镝

封面设计 杨立新  
责任印制 耿轩

版式设计 王艳红

出版发行 高等教育出版社  
社址 北京市西城区德外大街4号  
邮政编码 100120  
印刷 北京宏信印刷厂

开本 787mm×960mm 1/16  
印张 18.75  
字数 340千字  
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598  
网址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>  
网上订购 <http://www.hepmall.com.cn>  
<http://www.hepmall.com>  
<http://www.hepmall.cn>  
版次 2016年2月第1版  
印次 2016年2月第1次印刷  
定价 33.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换  
版权所有 侵权必究  
物料号 44654-00

## ◎ 与本书配套的数字课程资源使用说明

与本书配套的数字课程资源发布在高等教育出版社易课程网站，请登录网站后开始课程学习。

### 一、网站登录

1. 访问 <http://abook.hep.com.cn/1251361>，单击“注册”。在注册页面输入用户名、密码及常用的邮箱进行注册。已注册的用户直接输入用户名和密码登录即可进入“我的课程”界面。

2. 课程充值：登录后单击右上方“充值”图标，正确输入教材封底标签上的明码和密码，单击“确定”按钮完成课程充值。

3. 在“我的课程”列表中选择已充值的数字课程，单击“进入课程”即可开始课程学习。

### 二、配套资源

本书配套有教学课件、施工视频、施工动画、自测题等数字化资源，可登录网站学习。其中视频和动画资源的内容基本覆盖了知识点的讲述和案例的实际操作讲解，能够让学习者随时随地使用移动通信设备观看，提高认识，加深理解。

账号自登录之日起一年内有效，过期作废。

使用本账号如有任何问题，请发邮件至：[ecourse@pub.hep.cn](mailto:ecourse@pub.hep.cn)

## ◎ 前 言

为响应教育部培养“卓越工程师”的号召，许多应用型本科院校土木类专业调整了教学计划，加强了施工教学环节，分两个层次开设施工课程，第一阶段开设“土木工程施工”，第二阶段开设“高层建筑施工”。本书作为第二阶段开设课程的配套教材，编写定位在满足普通高等学校土木工程、工程管理等专业应用型本科教学的要求上，力求综合运用有关学科的基本理论和知识，以解决高层建筑施工遇到的实践问题。

本书理论联系实际，以应用为主，力求符合新规范、新标准和有关技术法规，讲述当前高层建筑施工中流行的新技术、新工艺，努力做到深入浅出、通俗易懂。

台州学院杨国立任主编并负责全书视频及动画收集，同济大学应惠清教授审阅了书稿。编写分工如下：华中科技大学余群舟编写了第1章；南阳理工学院王付州编写了第2章；台州学院杨国立编写了第3、7、8、10、11章；许昌学院汪留松编写了第4章；山西工程技术学院阎玮斌编写了第5章；江西科技师范大学黄滢编写了第6章；南通大学季菊英编写了第9章。

编写具有以下特色：

1. 章节体系安排新颖，增添必要章节，以充分结合高层最新施工技术的发展。在内容上作了精心的选择和编排，以强化高层施工工艺理论与实例、实践的结合。增加了其他同类教材中几乎很少讲述的部分章节，例如高层建筑施工测量、加筋水泥土桩锚施工、高层建筑钢-混凝土组合结构施工等。这样能更系统地介绍高层建筑施工技术，让学生能够更及时地了解最前沿的高层建筑施工技术。

2. 本教材同步配备了施工三维动画、施工视频、授课课件，以使教材更加情景化、动态化、形象化，提高学生实践感性认识。

本书参考并引用了一些公开出版和发行的文献，谨向这些文献作者致以衷心的感谢！部分视频资源引自优酷网，在此特别声明。由于编写时间较为

紧张，限于编者水平有限，书中的疏漏错误之处在所难免，敬请广大读者批评指正，以便日后修订和改进。

编者

2015年6月

# 目 录

第一章 高层建筑施工概述	001
1.1 高层建筑的发展	001
1.1.1 高层建筑的定义	001
1.1.2 高层建筑的发展	002
1.1.3 高层建筑的优缺点	007
1.2 高层建筑施工技术的发展	009
1.2.1 高层建筑基础与结构体系	009
1.2.2 基础工程施工技术的发展	010
1.2.3 主体结构施工技术的发展	011
第二章 高层建筑施工测量	014
2.1 高层建筑施工测量的特点及基本要求	014
2.2 高层建筑施工测量方法	014
第三章 高层建筑深基坑支护	019
3.1 深基坑支护概述	019
3.2 土钉墙施工	024
3.2.1 概述	024
3.2.2 土钉墙支护的应用范围与适用条件	025
3.2.3 土钉墙的构造	026
3.2.4 土钉墙施工	028
3.2.5 土钉墙的质量检测	033
3.2.6 案例：钢管锚钉在基坑支护中的应用	034
3.3 水泥土墙施工	036
3.3.1 概述	036
3.3.2 水泥土墙构造	036
3.3.3 水泥土墙施工	038

3.4	板式支护体系围护墙施工 .....	042
3.4.1	钢板桩施工 .....	042
3.4.2	灌注桩排桩施工 .....	048
3.4.3	双排桩结构施工 .....	050
3.4.4	型钢水泥土搅拌墙施工 .....	051
3.4.5	地下连续墙施工 .....	053
3.5	板式支护体系支撑与土层锚杆施工 .....	082
3.5.1	内支撑结构施工 .....	082
3.5.2	土层锚杆施工 .....	086
3.6	加筋水泥土桩锚施工 .....	096
3.6.1	概述 .....	096
3.6.2	加筋水泥土桩锚支护构造 .....	097
3.6.3	加筋水泥土桩锚施工 .....	101
3.7	深基坑监测 .....	106
3.7.1	监测项目与测点布置 .....	106
3.7.2	检测及预警 .....	110
3.8	深基坑工程综合施工技术案例 .....	112
<b>第四章</b>	<b>高层建筑深基坑地下水控制 .....</b>	<b>120</b>
4.1	深基坑地下水层及降水方法 .....	120
4.2	喷射井点降水 .....	122
4.3	管井井点降水 .....	124
4.4	深井井点降水 .....	124
4.5	截水和回灌技术 .....	127
<b>第五章</b>	<b>高层建筑深基坑土方开挖 .....</b>	<b>132</b>
5.1	概述 .....	132
5.2	深基坑土方开挖 .....	132
5.3	案例:深基坑岛式与盆式土方开挖方法相结合的实际应用 .....	138
<b>第六章</b>	<b>高层建筑“逆作法”施工 .....</b>	<b>144</b>
6.1	概述 .....	144
6.2	“逆作法”施工 .....	148



第七章	高层建筑大体积混凝土施工	156
7.1	大体积混凝土的温度裂缝	156
7.1.1	裂缝的种类	156
7.1.2	裂缝产生的原因	157
7.1.3	控制裂缝开展的基本方法	158
7.2	大体积混凝土的温度应力与裂缝控制	160
7.2.1	大体积混凝土温度应力与裂缝分析	160
7.2.2	大体积混凝土内外约束裂缝控制施工计算	161
7.2.3	混凝土表面温度裂缝控制计算	170
7.2.4	混凝土保温(隔热)养护裂缝控制所需材料厚度计算	172
7.2.5	大体积混凝土结构伸缩缝间距计算	173
7.3	大体积混凝土温度裂缝的控制措施	178
7.3.1	混凝土原材料的选用	178
7.3.2	外部环境的影响	181
7.3.3	改善边界约束和构造设计	182
7.3.4	加强温控施工监测	185
7.4	大体积混凝土施工	186
7.4.1	基本要求	186
7.4.2	大体积混凝土结构施工	188
7.5	案例:大体积混凝土基础施工与温度控制技术	194
第八章	高层建筑起重及运输机械	198
8.1	起重运输体系的选择	198
8.2	塔式起重机	199
8.2.1	概述	199
8.2.2	附着式塔式起重机	199
8.2.3	内爬式塔式起重机	203
8.3	外用施工电梯	205
8.3.1	施工电梯的分类	206
8.3.2	施工电梯的选用	206
8.4	混凝土运输机械	207
8.4.1	混凝土搅拌运输车	207
8.4.2	混凝土泵	208
8.4.3	混凝土泵车	210

8.4.4 布料杆 .....	211
8.5 起重机械安全措施 .....	212
8.5.1 起重机械安全管理 .....	212
8.5.2 起重机械安全技术 .....	215
<b>第九章 高层建筑脚手架工程</b> .....	<b>216</b>
9.1 钢管脚手架 .....	216
9.2 附着升降式脚手架 .....	218
9.2.1 附着升降式脚手架的类型 .....	218
9.2.2 附着升降式脚手架的安全装置 .....	220
<b>第十章 高层建筑现浇混凝土结构施工</b> .....	<b>223</b>
10.1 钢筋工程 .....	223
10.1.1 钢筋电渣压力焊 .....	223
10.1.2 钢筋的机械连接 .....	225
10.2 模板工程 .....	235
10.2.1 早拆模板体系 .....	235
10.2.2 大模板施工 .....	238
10.2.3 滑模施工 .....	244
10.2.4 滑框倒模施工 .....	252
10.2.5 爬升模板施工 .....	254
10.3 混凝土工程 .....	262
10.3.1 高强混凝土 .....	262
10.3.2 高层建筑泵送混凝土施工 .....	265
<b>第十一章 高层建筑钢-混凝土组合结构施工</b> .....	<b>273</b>
11.1 概述 .....	273
11.2 钢-混凝土组合结构基本构件施工 .....	275
11.3 高层建筑钢-混凝土组合结构施工难点 .....	285
<b>参考文献</b> .....	<b>287</b>

# 第一章 高层建筑施工概述

近代工业化、城镇化的发展，往往造成城市用地紧张，地价上涨，城市范围逐步扩大仍感局促，这是高层建筑发展的原因之一。而科学技术的发展，高强轻质材料的出现以及机械化、电气化在建筑中的实现等，为高层建筑的发展提供了技术条件和物质基础。



课件 1. ppt

## 1.1 高层建筑的发展

### 1.1.1 高层建筑的定义

#### 1. 联合国教科文组织高层建筑划分标准

在世界各国，高层建筑及超高层建筑都没有固定的划分标准，联合国教科文组织所属的世界高层建筑委员会 1972 年建议按高层建筑的层数和高度分为四类：

第一类：9~16 层（最高到 50 m）；

第二类：17~25 层（最高到 75 m）；

第三类：26~40 层（最高到 100 m）；

第四类：40 层以上（100 m 以上，即超高层建筑）。

#### 2. 我国高层建筑划分标准

《民用建筑设计通则》（GB 50352—2005）第 3.1.2 条，民用建筑按地上层数或高度分类划分应符合下列规定：

① 住宅建筑按层数划分为：1~3 层为低层；4~6 层为多层；7~9 层为中高层；10 层以上为高层。

② 除住宅建筑之外的民用建筑高度不大于 24 m 者为单层和多层建筑，大于 24 m 者为高层建筑（不包括建筑高度大于 24 m 的单层公共建筑）；

③ 建筑高度大于 100 m 的民用建筑为超高层建筑。

《高层建筑混凝土结构技术规程》（JGJ 3—2010）第 1.0.2 条中规定：

本规程适用于 10 层及 10 层以上或房屋高度超过 28 m 住宅建筑以及房屋高度大于 24 m 的其他高层民用建筑混凝土结构。

### 1.1.2 高层建筑的发展

我国古代高层建筑技术已有辉煌的历史，主要表现在塔式建筑上。公元523年建于河南登封县的嵩岳寺塔（图1.1），10层，高41m，为砖砌单筒体结构。公元704年西安大雁塔（图1.2），7层，高64m。公元1055年建于河北定县的料敌塔（图1.3），11层，高67m。这些筒体结构，刚度很大，有利于抵抗水平风载和地震水平力，结构体系合理，体现了我国古代能工巧匠高超的建筑技术水平。

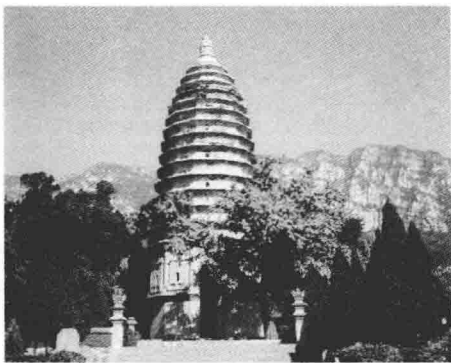


图 1.1 嵩岳寺塔



图 1.2 大雁塔

陕西应县木塔（图1.4），建于公元1056年，塔高67.3m，八角形，底层直径30.27m。该塔共9层，是我国保存至今的唯一木塔，也是现存最高的木结构之一。它虽经多次大地震仍完整无损，足以证明我国历史上木结构的辉煌成就。



图 1.3 料敌塔



图 1.4 应县木塔

在西方古代七大建筑奇迹中，有两座是高层建筑。公元前 338 年在巴比伦城所建的巴贝尔塔（图 1.5），塔高约 90 m，供王室观赏。公元前 280 年建于亚历山大港口的灯塔（图 1.6），高约 150 m，塔身用石砌，曾耸立在港口一千多年，引导船只避免触礁。可见高层建筑在世界上有悠久的历史。

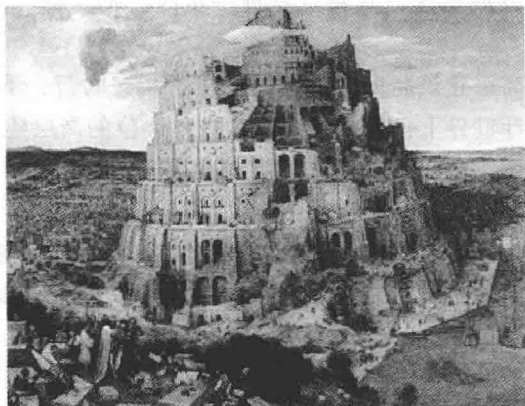


图 1.5 巴贝尔塔

在近代高层建筑史上，西方一般把芝加哥誉为“高层建筑的故乡”，大直径人工挖孔桩作为高层建筑的基础也源于芝加哥。1986 年 1 月在美国芝加哥召开了第三届国际高层建筑会议，纪念世界第一幢近代高层建筑诞生 100 周年（即 1885 年芝加哥的家庭保险公司 Home Insurance 大楼，高 55 m，10 层，是用铸铁柱和钢梁组成的框架结构。此大楼是由工程师詹尼设计，1931 年被拆除）。这座在当时因为太高而争议不断的大楼却开创了一个世界建筑史上的新时期——现代高层建筑的发展时期。

我国近代高层建筑起源于 20 世纪 20 年代的上海，1934 年建成的上海国际饭店高 82 m，22 层，作为国内最高建筑历时 34 年，直到 1968 年建成的广州宾馆高 87 m、27 层，才首次超过上海国际饭店高度。我国第一栋超过 100 m 高度的超高层建筑是 1976 年建成于



图 1.6 亚历山大灯塔

广州的白云宾馆，高 112 m，33 层。20 世纪 80 年代以来，我国超高层建筑有了较快发展，较有代表性的如南京金陵饭店（高 111 m、37 层）、广州白天鹅宾馆（高 100 m、33 层）、北京国际大厦（101 m、29 层）、上海联谊大厦（107 m、30 层）、深圳国际贸易中心大厦（160 m、50 层）、广州花园酒店（112 m、31 层）等。进入 90 年代以来，我国的高层、超高层建筑技术发展迅速，其特点是进一步向“高、深、大、复杂”方向发展。

当前世界上高层建筑高度的世界纪录在不断被刷新，下面是 2014 年 11 月以前不完全统计世界上已建或在建高度在前十位的高层建筑：

哈利法塔（图 1.7a）：该塔位于阿拉伯联合酋长国迪拜境内，始建于 2004 年，于 2010 年竣工，该塔总高度 828 m。

“迪拜大楼”内装有世界上速度最快的 56 部电梯，速度最高达每秒 17.4 m（约每小时 63 km），另外还有双层的观光升降机，每次最多可载 42 人。集中了多个“世界之最”，被描述为“海湾地区明珠”。该摩天大楼最吸引人的地方位于第 124 层的观景台。

麦加钟楼（图 1.7b）：亦称为“麦加皇家钟楼饭店”，位于沙特阿拉伯王国的伊斯兰教圣城——麦加。建筑整体于 2004 年开工，2012 年竣工开放。

麦加钟楼的饭店群共包括 7 座塔，麦加钟楼主体包括 662 m 的混凝土建筑和 155 m 高的“克雷森特”金属尖顶，顶端是个新月标志。建筑整体高度达到 817 m，仅比迪拜的哈利法塔低 11 m。这座世界第二高建筑麦加钟楼最大的亮点在于由德国公司设计制造的巨大时钟，这个高 43 m、宽 45 m 四面立体的时钟成为了世界上最大的时钟。这座时钟夜里在 17 km 以外都可看见，白天可在 11~12 km 外看到。

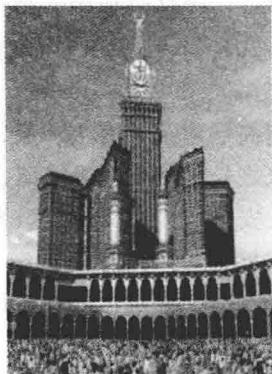
深圳平安国际金融中心（图 1.7c）：“平安国际金融中心”位于深圳市中心区 1 号地块，即福华路和益田路交汇处西南角。本工程始建于 2009 年，预计 2016 年底竣工。

“平安国际金融中心”塔楼 118 层，高 660 m；裙楼 11 层，高 55 m；地下室 5 层，29.8 m，基坑最深为 33.3 m，是国内目前最深的大型基坑。工程塔楼结构采用“巨型框架—核心筒—外伸臂”体系，裙楼采用“钢框架—剪力墙”体系。

“上海中心”大厦（图 1.7d）：“上海中心”大厦位于浦东新区陆家嘴金融贸易区，在 2008 年 11 月 29 日主楼桩基开工，2015 年竣工。



(a) 哈利法塔



(b) 麦加钟楼



(c) 深圳平安国际金融中心



(d) “上海中心”大厦(右边)



(e) 武汉绿地中心

图 1.7 十大高层建筑图片之一

该楼总高度 632 m，人可到达的主体建筑结构高度为 580 m，总建筑面积达 57.6 万平方米。“上海中心”呈螺旋造型，象征着中国和谐的文化精神，体现中国和世界的连接；内部则由九个圆柱形建筑彼此叠加构成；大厦内、外立面间形成的“空中中庭”将为人们提供聚会场所。

“上海中心”的塔冠，位于主楼第 118 层至 137 层，546~632 m 高度之间，总垂直高度 86 m。这顶戴在整座大楼头上的“皇冠”，不仅因 632 m 的制高点傲立申城，更因集钢结构、幕墙、灯光秀、风力发电、通信、耗能支撑、设备等多种功能为一体而独具特色。该楼建成后将与金茂大厦

(420.5 m)、环球金融中心(492 m)等组成超高层建筑群,形成上海小陆家嘴中心区的新天际线。

武汉绿地中心(图 1.7e):武汉绿地中心位于武昌滨江商务区核心区,与汉口百年外滩隔江相望。2010年12月8日开建,高606 m,预计2017年完工。

根据初步规划,这座超高层建筑共有124层,其中地下5层,地上119层。武汉绿地中心集采众家之长,外观呈流线型,顶部尖而光滑,犹如一枚待发的导弹,在规划设计、安全防火、交通组织等方面均为世界超高层建筑技术集大成者。

中国117大厦(图 1.8a):中国117大厦位于天津高新区,2008年9月开工,预计2016年竣工。本工程地下3层,地上117层,总设计高度在570 m以上,工程以甲级写字楼为主,是集六星级豪华酒店、观景台、特式酒吧、精品商业、屋面空中花园及其他设施为一体的大型超高层建筑,建成后将是高新区乃至天津市极具代表性的标志性建筑。

千年塔世界商业中心(图 1.8b):千年塔世界商业中心位于韩国的港口城市釜山。本工程2007年开工,2013年竣工。其高度为560 m(1 837英尺)。该建筑的特点是三座锥形塔从一个坚固的基础层升起,从建筑物上不同的角度都能看到美丽的山海景色。

世界贸易中心一号楼(图 1.8c):原称为自由塔,是兴建中的美国纽约新世界贸易中心的摩天大楼,将坐落于“911”袭击事件中倒塌的原世界贸易中心的旧址。该建筑于2004年7月开工,于2013年11月12日竣工。

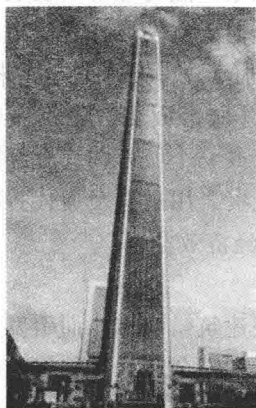
该建筑高度541.3 m,1 776英尺,正好与美国建国的年份1776年相吻合。这暗示了美国要在世贸原址上重塑自由信仰的决心。它从底层往上逐渐削尖,呈消瘦的四方锥体状。它的旋转上升的结构和尖顶的设计,象征着“自由女神”像一手高举火炬的造型。

台北101大厦(图 1.8d):被称为“台北新地标”的101大楼于1998年1月动工,于2004年12月完工。

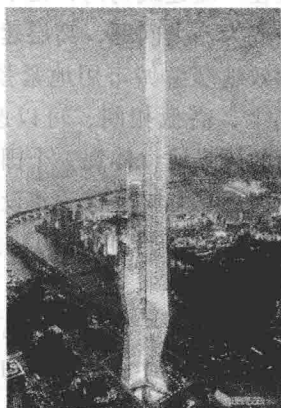
此楼高508 m,地上101层,地下3层,有世界最大且最重的“风阻尼器”,还有两台世界最高速的电梯,从一楼到89楼,只要39 s的时间。

上海环球金融中心(图 1.8e):上海环球金融中心地上101层,地下3层,建筑主体高度达到492.5 m。本楼1997年年初首次开工;后遭1997年亚洲金融危机停工,于2003年2月工程复工,2008年8月29日竣工。





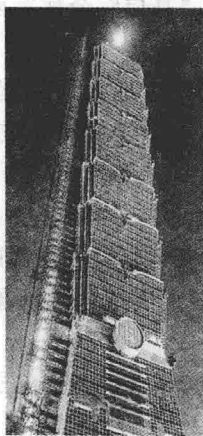
(a) 中国117大厦



(b) 千年塔世界商业中心



(c) 世界贸易中心一号楼



(d) 台北101大厦



(e) 上海环球金融中心(右边)

图 1.8 十大高层建筑图片之二

上海环球金融中心是一幢以办公为主，集商贸、宾馆、观光、会议等设施于一体的综合型大厦，位于中国上海陆家嘴，比邻金茂大厦和“上海中心”大厦。

### 1.1.3 高层建筑的优缺点

#### 1. 高层建筑的优点

高层建筑占地面积小，土地利用率高，扩大市区空地，利于城市绿化，改善卫生环境。同时，由于城市用地紧凑，可以使道路、管线等设施集中，节省市政投资费用，在设备完善的情况下，垂直交通要比水平交通方便些，