

地下建筑学

童林旭 著

(国家自然科学基金资助项目)

山东科学技术出版社

地下建筑学

童林旭 著

(国家自然科学基金资助项目)

山东科学技术出版社

责任编辑：汤承昭
技术设计：韩立生
终 审：李道生

鲁新登字05号

地 下 建 筑 学
童林旭 著

山东科学技术出版社出版
(济南市玉函路 邮政编码250002)
山东省新华书店发行
山东新华印刷厂潍坊厂印刷

787×1092毫米16开本 31.75印张 16插图 698千字
1994年2月第1版 1994年2月第1次印刷
印数：1—1000

ISBN 7—5331—1326—8

TU·63 定价 49.85 元

Underground Architecture

By

Tung Lin-hsu

Shandong Science & Technology Press

山东省泰山科技专著出版基金会

名誉会长	赵志浩	宋木文	陆懋曾	伍杰
	卢鸣谷	董凤基	宋法棠	
会长	陈光林	石洪印		
副会长	宋桂植	何宗贵	吕可英	车吉心
	孙肇琨	王为珍	(常务副会长)	
秘书长	王为珍(兼)			
副秘书长	尹兆长			
理事	(以姓氏笔画为序)			
	王为珍	王凤起	尹兆长	刘韶明
	李道生	李德泉	张传礼	陈刚
	蒋玉凤			
评审委员会	(以姓氏笔画为序)			
	卢良恕	吴阶平	杨乐	何祚庥
	罗沛霖	高景德	唐敖庆	蔡景峰
	戴念慈			

我们的希望

进行现代化建设必须依靠科学技术。作为科学技术载体的专著，正肩负着这一伟大的历史使命。科技专著面向社会，广泛传播科学技术知识，培养专业人才，推动科学技术进步，对促进我国现代化建设具有重大意义。它所产生的巨大社会效益和潜在的经济效益是难以估量的。

基于这种使命感，自1988年起，山东科学技术出版社设“泰山科技专著出版基金”，成立科技专著评审委员会，在国内广泛征求科技专著，每年补贴出版一批经评选的科技著作。这一创举已在社会上引起了很大反响。

1992年，在山东省委、省政府的支持下，在原“泰山科技专著出版基金”的基础上，由山东省出版总社、山东省科学技术委员会和山东科学技术出版社共同成立了“山东省泰山科技专著出版基金会”，并得到企业界的热情赞助，为资助学术专著的出版提供了更加可靠的保证。

但是，设基金补助科技专著出版毕竟是一件新生事物，也是出版事业的一项改革。它不仅需要在实践中不断总结经验，逐步予以完善；同时，也更需社会上有关方面的大力扶植，以及学术界和广大读者的热情支持。

我们希望，通过这一工作，高水平的科技专著能够及早问世，充分显示它们的价值，发挥科学技术作为生产力的作用，不断推动社会主义现代化建设的发展，愿基金会支持出版的著作如泰山一样，耸立于当代学术之林。

泰山科技专著评审委员会

山东省泰山科技专著出版基金会
赞助单位

山东省财政厅

山东省出版总社

山东省科学技术委员会

山东科学技术出版社

山东泰山酿酒饮料集团总公司

董事长兼总经理张传礼

山东金泰集团股份有限公司

董事长兼总裁刘黎明

序

人类在古代社会就会以各种不同方式利用地下空间。西方城市地下空间的广为利用，应追溯到工业革命以后。科学技术的发展与生产力的提高，城市人口麋集，大城市兴起，建筑物充塞，市内空间拥挤，为解决城市交通及基础设施的需要，地下铁道、地下构筑物等逐渐应运而生。自1845年伦敦地铁的开始兴建，发展到今天，不仅有地下铁道、地下商业街及各种场所，像加拿大蒙特利尔、多伦多等市，由于冬季严寒，在市中心若干平方千米内，地铁、地下商业街、地下步行道，以及一些公共建筑蔚然成网，与地上大型公共建筑物出入口，包括公共汽车站停车场等相对应，俨然为名符其实之“地下城”，成为“冬季城市”的特色，在一些北欧国家亦近类似。

在西方建筑学界，对地下建筑的空间利用，及相关各种技术问题的探索，已逐步形成一个专门的学术领域，有称之为“地下建筑学”“underground architecture”，有人更创“Geotecture”之类的新词，实际上可视为建筑学向地下空间领域的展拓。

在我国并非没有利用地下空间的传统。“下沉式窑洞”就是向地下索取居住空间人所共知的例子，我国西北3000~4000万人居住在这类建筑之中，足见适用甚广。历史上如唐洛阳之地下粮仓、安徽亳县传说中的曹操地下运兵道，这也可算中国古代城市地下空间利用的较为著名的例子，只是过去研究者不多。中国基于政治经济发展的停滞，近代城市之兴起较晚，落后于西方一百多年，直至近几十年来城市才有急剧发展，但由于经济体制和不完备的建筑经济核算制度，除了结合民防，城市一般基础设施建设由于资金无着，一直落后于实际需要，除少数特大城市外，更无力从事耗资巨大的地下空间的开拓。影响所至，还造成对建筑设计思想的束缚，例如1977年在天安门广场上兴建毛主席纪念堂，设计组几无任何将整个纪念堂建造在广场地下之议（事后我听说某领导同志当时曾有此主张，可惜并未传达到设计者耳中）。设想如果在北京天安门广场的地下，设计有若干大小序列、多种功能之大厅，自广场上由庄严之石级而下，并有地铁站相通，不仅可建设宏伟的

纪念堂，还可作其他种种安排，至少不失为一美妙之设想。自贝聿明巴黎卢浮宫之改建设计问世后，我更感到当时在设计创作思想上的局限性，失去把握地下空间创造之良机。而时至今日，在一些城市重要地区中心建筑群的设计中，对此仍然运用不多，这一方面既受经济发展的束缚，也有思想与技术水平的不足。

现在我国经济体制正在向社会主义市场经济转变，它对城市发展的影响一时难以预计，但下列之点为势所必然：

第一，城市人口将进一步聚集，大城市特大城市将继续形成，一些特大城市继续向“大城市地区”扩展。

第二，由于区域性基础设施的发展（如快速街道的修建），第三产业的兴起，特大城市中流动人口的数量必然会增加。

第三，特大城市的中心地带更为密集，小汽车数量虽一再增加，无法解决城市中心地区的交通问题，如不妥善处理，还可能使交通进一步恶化。为了提高效益与效率，充分利用地下空间的迫切性将与日俱增。

第四，在社会主义市场经济体制下，建设资金的渠道增多，地下空间利用、实施的可能性亦随之增长，而不是像过去，当听说地下铁道每千米造价1亿元（闻现已增至2亿），视为畏途，不敢问津。

此外，我国人口多，大城市多，耕地在减少，土地问题逐渐为人所认识，特别在土地有偿使用，发展房地产业以后，土地作为资源更日益为人所重视。城市要发展，要节约用地，地下空间是城市的后备资源，它的深度发展，潜力很大；但另一方面，一般人并不爱惜地下空间，当今建设并未对地下空间深作研究，工程管道无计划铺设，地下空间利用的无计划和混乱情况随处存在。城市是经济、社会和文化的中心，建设和运转现代化城市要投入巨大的资金，同时城市（特别是特大城市）也是集约化创造和积累财富的中心。因此，必须重新认识地下空间这一重要领域，并将其在当前及未来建设中列入重要位置。我国一个时期以来，大兴土地批租之风，这也使有识之士，焦虑地看到“地下空间法”的制定，已是迫不及待。总之，要对城市土地空间的问题作深入的研究，必须发展地下建筑学以广泛的运用于实践。

童林旭教授1952年毕业于清华大学建筑系，1955～1959年赴苏联莫斯科建筑学院进修获得副博士学位，自1970年以来，一直从事地下建筑的研究，并参与一些工程建设实践，积二十余年之努力，写成此书，可称为我国这一研究领域拓荒之作，它的出版，正赶上实际的迫切需要，览读之余，至为欣

慰。深信如何使建筑学向广度与深度发展，“广义建筑学”的建立，不仅非常必要，且在学者们之实际努力下，正迅速推进之中。

吴良镛

于清华园竹影榴花之庐

序作者吴良镛先生，现任清华大学教授，建筑与城市研究所所长，中国科学院学部委员，中国城市科学学会副理事长，中国建筑学会副理事长，国际人类聚居学会副会长；曾任国际建筑师协会副主席。

前 言

在现代科学技术的推动下，人类正以前所未有的速度实现自身的巨大发展和进步；与此同时，也受到因人口迅速增长和滥用自然资源而造成的各种全球性难题的困扰，其中一个就是生存空间的危机。在探索缓解这一危机的过程中，开发利用地下空间被证明是一个较为现实的有效途径，因而地下空间被视为人类迄今所拥有的少数尚未被充分开发的自然资源之一。合理开发与综合利用地下空间资源，不但可缓解当前存在的各种城市矛盾，满足某些社会和经济发展的特殊需要，而且为进一步的城市化和城市的现代化，以至建设未来城市，都开辟了广阔的前景。地下建筑学正是在这样一个总的背景下，为适应社会发展的新需要，从传统建筑学中发展起来的分支学科，也可以认为是传统建筑学向广义化拓展过程中的产物。

本书是著者二十余年来在地下建筑领域中从事教学、科研和生产工作的全面总结，是国内外在这一领域中所取得进展的最新概括，也是著者对有关问题的观点、看法和建议的综合表述；希望本书的出版能为地下建筑学的发展打下一定基础，为缓解我国的生存空间危机和造福子孙后代做出微薄的贡献。

本书的写作是著者在“我国城市地下空间的开发利用”课题研究成果的基础上完成的，该项研究得到国家自然科学基金的资助。同时，著者在地下建筑领域长期工作中，还得到国家建设部、总参工程兵部、北京市哲学社会科学规划领导小组办公室等单位的赞助，也得到过国内外许多部门和专家的合作与支持，著者谨向这些单位和个人致以衷心的感谢。本书插图大部分由杨澄同志绘制，少部分由王洪、祝文君、宋乐等同志完成，在此一并表示感谢。

承蒙我国著名建筑学家和城市学家、国内外知名学者吴良镛教授为本书作序，这是对著者工作的肯定，也是对地下空间利用事业的发展，以及对建筑学向广义拓展所做努力的支持，谨向吴先生致以最深切的敬意和感谢。

有关地下建筑学方面的专著，在国内外尚不多见，著者希望以本书作为一个起点，使地下建筑学在今后得到应有的发展，同时诚恳欢迎读者对本书提出批评和建议。

童林旭

FOREWORD

By the propelling action of the modern science and technology, humanity is undergoing a tremendous development and progress at an unprecedented speed. At the same time, however, mankind is puzzled by varied global problems resulted from the rapid population growth and misuse of natural resources. One of the problems is the crisis of space for subsistence. In the process of seeking ways to mitigate this crisis, development and utilization of the underground space has been proved to be a more practical and efficient course. Therefore, the underground space has been looked upon as one of the few natural resources which have not yet been fully exploited. Rational development and comprehensive utilization of the underground space not only can alleviate diverse contradictions in urban construction and meet some special demands of the social and economical development, but also open up vast vistas for further urbanization and city modernization as well as for building cities of the future. Against such a general background, the underground architecture, as a branch of the traditional architecture, is growing fast to meet the new demands of the social development. It can also be considered as a product of the traditional architecture in its process of expansion and generalization.

This book is an overall summing-up of teaching, researching and engineering work of the author who has worked in the field of underground architecture for twenty years. It is the epitome of the latest achievements in this sphere at home and abroad. This book is also a comprehensive expression of the author's opinions, views, and proposals related to many essential questions of the underground architecture. It is expected that this book would display a foundation for further development in the field of underground architecture, and it also records the author's wish for mitigating the crisis of space for subsistence in his country and thus improving the well-being of the future generations.

This book consists of three parts. The first part deals with issues of development and utilization of the underground space. Issues discussed in the first six chapters are: development and utilization of the underground space in urban business district and residential districts; planning of the urban underground

目 录

绪论	1
一、地下空间及地下建筑的涵义	1
二、地下空间利用的历史沿革	1
三、人类的生存空间危机	4
四、地下空间资源的潜力	5
五、地下建筑学的任务与内容	6
第一章 城市地下空间的开发利用	9
第一节 城市的发展与发展的制约因素	9
第二节 城市发展的立体化趋势	15
第三节 城市地下空间资源与开发规划	20
第四节 城市地下空间资源的开发价值	33
第五节 城市地下空间利用前景	38
第二章 城市中心区地下空间的开发利用	49
第一节 城市中心区的立体化再开发	49
第二节 城市广场的立体化再开发	59
第三节 城市主要街道的立体化再开发	79
第三章 城市居住区地下空间的开发利用	86
第一节 居住区的发展与面临的问题	86
第二节 居住区地下空间利用的内容与效益	94
第四章 城市地下交通系统	109
第一节 城市交通与动态交通问题	109
第二节 地下快速轨道交通系统	118
第三节 地下道路系统	134
第四节 地下停车设施系统	140
第五章 城市地下公用设施系统	150
第一节 城市公用设施与城市发展的关系	150
第二节 地下公用设施系统的大型化	157
第三节 地下公用设施系统的综合化	165
第六章 城市地下防灾系统	174
第一节 城市灾害和城市防灾问题	174
第二节 城市的综合防灾	179
第三节 城市综合防灾的规划问题	183
第七章 地下居住建筑	195

第一节 人类在地下环境中居住的历史与现状	195
第二节 中国的窑洞民居	204
第三节 美国的覆土住宅	218
第八章 地下公共建筑	230
第一节 地下公共建筑的类型与发展	230
第二节 单体地下公共建筑	240
第三节 地下综合体	259
第九章 地下交通建筑	276
第一节 地下铁道车站	276
第二节 地下停车设施	297
第十章 地下工业建筑	319
第一节 工程地质和工程结构对地下厂房总体布置的影响	319
第二节 与岩石特点有关的厂房布置问题	332
第三节 地下厂房典型布置方案	343
第十一章 地下贮库	349
第一节 地下贮库发展概况	349
第二节 地下食物库	355
第三节 地下液体燃料库	365
第四节 热能的地下贮存	373
第五节 地下贮库的发展方向	378
第十二章 地下建筑环境	385
第一节 空气环境	385
第二节 光环境与声环境	397
第三节 地下建筑的心理环境	400
第十三章 地下建筑防灾	408
第一节 火灾的防护	408
第二节 不同类型地下建筑内部火灾的防护	414
第三节 其他灾害的防护	425
第十四章 地下建筑防护	429
第一节 现代战争的特点与民防的战略地位	429
第二节 几种武器效应及防护措施	430
第三节 地下民防工程的综合防护	438
第四节 地下建筑防护的平战转换	460
第十五章 地下建筑防水	466
第一节 地下水及其防治原则	466
第二节 土层中的地下建筑防水	475
第三节 岩层中的地下建筑防水	480
国外地下建筑图选	

UNDERGROUND ARCHITECTURE

CONTENTS

INTRODUCTION	1
A. Meaning of the Terms "Subsurface Space" and "Underground Building"	1
B. Historical Evolution of the Underground Space Use	1
C. Crisis of Space for Subsistence of Humanity	4
D. Potentiality of Subsurface Space Resources	5
E. Substance and Mission of the Underground Architecture	6
CHAPTER 1 DEVELOPMENT AND UTILIZATION OF THE URBAN UNDERGROUND SPACE.....	9
Section 1 Growth of the City and Restrictive Factors in Its Development.....	9
Section 2 Tendency of Three-Dimensional Development of the City	15
Section 3 Urban Underground Space Resources and Planning of Exploitation	20
Section 4 Value of Development of the Urban Underground Space Resources	33
Section 5 Prospects of the Urban Underground Space Use.....	38
CHAPTER 2 DEVELOPMENT AND UTILIZATION OF UNDERGROUND SPACE IN URBAN CENTRAL AREA.....	49
Section 1 Three-Dimensional Redevelopment of the Urban Central Area	49
Section 2 Three-Dimensional Redevelopment of the Urban Squares.....	59
Section 3 Three-Dimensional Redevelopment of the Downtown Main Streets.....	79
CHAPTER 3 DEVELOPMENT AND UTILIZATION OF UNDERGROUND SPACE IN URBAN RESIDENTIAL DISTRICTS	86
Section 1 Development and Problems of the Urban Residential District.....	86
Section 2 Contents and Benefits of Underground Space Use in Urban Residential Districts	94
CHAPTER 4 URBAN UNDERGROUND TRANSPORT SYSTEMS	109
Section 1 Urban Transport and Traffic Problems.....	109
Section 2 Underground Rapid Railway Transit System	118

Section 3 Underground Road Systems	134
Section 4 Underground Parking Systems.....	140
CHAPTER 5 UNDERGROUND SYSTEMS OF URBAN PUBLIC UTILITIES.....	150
Section 1 Relationship between Urban Public Utilities and Urban Development.....	150
Section 2 Developing Urban Public Utility Systems on a Large-Scale	157
Section 3 Comprehensive Layout of the Urban Public Utility Systems.....	165
CHAPTER 6 URBAN UNDERGROUND DISASTER PREVENTION SYSTEMS	174
Section 1 Urban Disasters and the Issues of Urban Disaster Prevention	174
Section 2 Comprehensive Prevention of Urban Disasters	179
Section 3 Planning Issues of Comprehensive Prevention of Urban Disasters	183
CHAPTER 7 UNDERGROUND RESIDENTIAL BUILDINGS.....	195
Section 1 Case History and Present Situation of Mankind Inhabited in Undergroud Environment	195
Section 2 Cave-Dwellings of China	204
Section 3 Earth-Sheltered Houses of the United States of America	218
CHAPTER 8 UNDERGROUND COMMERCIAL AND INSTITUTIONAL BUILDINGS.....	230
Section 1 Types and Development of Underground Commercial and Institutional Buildings.....	230
Section 2 Underground Individual Commercial and Institutional Buildings	240
Section 3 Underground Complex	259
CHAPTER 9 UNDERGROUND TRANSPORT BUILDINGS	276
Section 1 Subway Stations.....	276
Section 2 Underground Parking Facilities	297
CHAPTER 10 UNDERGROUND INDUSTRIAL BUILDINGS	319
Section 1 Influence of Engineering Geology and Engineering Structure on General Layout of the Industrial Buildings	319
Section 2 Issues of Workshop Arrangement Related to Rock Features	332
Section 3 Typical Patterns of Underground Workshop Arrangement	343
CHAPTER 11 UNDERGROUND STORAGES	349
Section 1 Survey of Development of the Underground Storage	349
Section 2 Underground Food Storages	355
Section 3 Underground Storages for Liquid Fuels	365
Section 4 Underground Storage of Thermal Energy	373

Section 5 Orientation of Development of the Underground Storages.....	378
CHAPTER 12 INDOOR ENVIRONMENT OF UNDERGROUND BUILDINGS.....	385
Section 1 Air Environment	385
Section 2 Light Environment and Sound Environment.....	397
Section 3 Psychological Environment of Underground Buildings	400
CHAPTER 13 DISASTER PREVENTION OF UNDERGROUND BUILDINGS.....	408
Section 1 Fire Protection	408
Section 2 Fire Protection inside the Underground Building of Different Types.....	414
Section 3 Protection of Other Disasters.....	425
CHAPTER 14 PROTECTION OF UNDERGROUND BUILDINGS	429
Section 1 Features of the Modern Wars and Strategic Position of the Civil Defence	429
Section 2 Effects of Several Kinds of Weapon and Measures of Protection.....	430
Section 3 Comprehensive Protection of Underground Civil Defence Facilities	438
Section 4 Transformation of Protective Functions of a Underground Building from Peace Time to War Time	460
CHAPTER 15 WATERPROOFING OF UNDERGROUND BUILDINGS	466
Section 1 Ground Water and Principles of Its Prevention and Cure	466
Section 2 Waterproofing of Underground Buildings Built in Soil	475
Section 3 Waterproofing of Underground Buildings Built in Rock	480
SELECTED PICTURES OF OVERSEAS UNDERGROUND BUILDINGS	