

城市地质学

天津市地质矿产局译

目 录

前言	1
致谢	2
第一章 城市的发展	3
第二章 地质和古代城市	10
第三章 规划和地质的关系	29
第四章 城市的水文地质学	91
第五章 城市地基	127
第六章 城市的地下工程	178
第七章 城市的建筑材料	224
第八章 地质灾害与城市的关系	278
第九章 每个城市应该做些什么	345
译后记	386
参考文献	387

前言

大家都熟知的“工程与地质”一书的作者在土木工程地质学方面作出了重要贡献，他提出了说明地质学对城市规划的重要性及其迫切的任务。有两个令人信服的理由表明罗伯特—莱格特的这本新书是非常重要的而又及时的：

首先，在最近几十年内城市及城镇有了巨大的发展。这种现象对世界上的所有国家都有影响，它所引起的问题是超越国家边界的。这些问题是如此的严重，以致于必须在国际上共同分担，因为如果要想找到有效的解决方法，必须集中各国专家的共同努力。

其次，城市和新住宅区的发展在许多情况下是非常仓促的，因此没来得及考虑自然环境，特别是地质条件。人们常常忘记，土地的地质史对规划其未来用途常常是非常重要的指南。本书的作者指出，在城市规划方面最新的手册和综合性的出版物中都忽视了地质因素。而城市地质学应该是出发点，因为没有用于城市发展的土地的地下因素的确切的知识，就无法对其进行合理的规划。当今更是如此，因为目前所能提供的用于建筑的土地通常是最不适宜的土地。忽视地质构造可能会导致严重的经济损失。

本书揭示了周围环境的地质条件的知识，对城市的合理规划及土地的最佳利用的适用范围。这个问题一般性调查和课题的选择表明当知识与经验相结合时可以产生什么样的结果。本书文字清楚、易懂，不仅那些具有一些地质知识的土木工程技术人员，而且那些在这门科学上没有受过教育的但在城市规划方面起着重要作用的建筑师们及那些对地貌感兴趣的人们都是容易理解的。

多年来，我自己的工作范围和兴趣就是城市地质工作。我欢迎罗伯特正在写这本书的消息。因此，我个人密切注视着工作的进展情况，并且应当为该作者提供一些有关我国城市地质情况的意见。

捷克斯洛伐克有其复杂的地质构造和历史悠久的城市，在这里，我不仅看到了这些城市在规划之前，不进行适当的地质调查可出现的情况，而且也可以看到进行调查时可产生的巨大益处。今天捷克斯洛伐克提出了许多充分研究城市地质的好处的实例，许多年来一直注视着本国的工程地质的各个方面。

本学科的重要性已被在国际地质代表大会的一次会议上举行了工程地质方面的第一次会议的事实证明了。这次会议讨论了“国土规划的工程地质问题”。1968年在布拉格也举行了国际工程地质协会会议。为这次会议准备的并且目前已出版的论文（它们都包括在本书后的参考文献中）都出自10个不同国家的作者们之手。这清楚地说明了对这一课题的广泛的国际兴趣。在本书中提供的遍及全世界的实例都证实了影响城市规划的地质问题的确被所有的国家所共享。

值得庆幸的是，我已答应了我的朋友罗伯特的邀请，为这篇关于城市工程地质和环境规划的重要性和它在这方面能进行巨大服务的权威性评论写了前言。

捷克斯洛伐克，布拉格

1972年2月

国际工程地质协会
会长

基多·扎鲁巴

致 谢

下面我将对世界各国的许多朋友们表示谢意。例如，在收集有关说明地质影响城市发展的各种形式的材料和辅助照片及图表时，我得到了很大的帮助。对本书中所有插图涉及到的一些人及在本书的最后参考文献中所列举的许多人都表示了感谢。虽然有很多同样给予了很大的帮助的人的名字没有提及到，但每一次我都设法直接表示感谢。但是，我还是愿意对那些给我帮助的人们做一总的感谢，作为我本人对他们的最衷心的感谢。

因为同意提供版权资料，我非常感谢英国环境部的部长（当地政府和开发部门），联合国住宅，建筑和规划中心的负责人及几篇较短的参考引文的出版者。我希望能把一些技术性很强的出版物上的引证作为所引用的出版物的价值的说明。然而，如果我在这些资料中，在事先没有得到任何许可的情况下，已经犯了错误，我坚信我是可以听从劝告的，是能够改正的。正象我所希望的那样，建设性地利用引证来说明我的错误。

我在城市和地区开发上应用地质信息的长期兴趣和关心于我在加拿大研究协会建筑研究院工作期间自然而然地和有益地得到了增加。为我从前的同事们耐心理解和积极的讨论而向他们表示我的感激之情。与此同时，我也非常感谢J·梅塞斯，J·法恩斯沃恩和麦格劳希尔书店公司的J·W·布雷德利对此书的关心及在管理书的出版上的熟练帮助。

最后，我衷心地感谢给我友谊的捷克斯洛伐克的工程地质专家们，特别是因为写这一前言而给了我荣誉的基多·扎鲁巴教授。这个不大的国家在工程地质和城市地质问题上占的地位远比之应占的大得多，然而，反映在本学科的捷克斯洛伐克的出版物中对待这些问题的卓越办法是大家熟悉的，在本书中的某些地方得到了扎鲁巴教授和他的妻子的帮助，为此也深表谢意。

罗伯特·R·莱格特

第一章 城市的发展

本书的目的是想说明在城市的规划和发展方面地质学是何等的重要。目前全世界都认为代替了早期土地的无组织无控制的利用的城镇和乡村的规划是一种不可缺少的公共服务。所有这些规划都涉及到对土地的合理使用问题,以便使城市和地区性的实际发展能最好地满足人们的需要。只有确切地知道土地的性质和地下的情况,才能达到在建筑、铺路、停车场等方面对土地的合理利用。由于地质科学在一切方面都与地壳有关,因此,对地质资料的使用及为获得有关当地地下情况的最新资料的地质方法的利用是所有城市的实际规划的一个重要部分。

本章通过对提供在当今世界上城市的急速发展的一个简短的概括来树立这种概念。对规划人员和设计人员来说,这个情况是相似的。他们知道,在他们的自身范围之外去了解这种全面的状况是受到多么大的限制。首先,最重要的是,学生们应当了解世界人口的急速增长的挑战。在第二章中有一个几乎未被认识的地质特点在许多世纪以来影响城市发展的情况的简单历史述评。正象今天所进行的规划艺术的一般性的介绍一样,当然也需要介绍一些地质条件影响整个工作的情况。这就直接地导致了本书的主要部分。在第四章至第七章中更详细地论述了城市发展的主要方面的地质含义。

在这几章的每一章中都列举了地质学对所考虑的城市发展的那个方面的影响的实例。在一些城市中,当地的地质情况的知识的利用取得了良好的效果;在另外一些城市中,地质条件被忽视了,这种忽视带来的令人苦恼的后果是很明显的。由地质条件给城市带来的灾害在下一章,即本书最长的一章——第八章中进行讨论。最后,以前几章所提供的情况为背景写了第九章,在这章中提出一些建议,谈到了城市应该做些什么,以保证把城市周围和城市下面的地质条件利用于公众利益。幸运的是,有可能说明某些城市在这方面已做了些什么工作。

在最后一章中,作者毫不犹豫地摆脱了在前八章中的事实求是的风格,大胆地介绍了他自己对如下问题的观点:如果在本世纪余下的时间内对人口的挑战进行规划的话,每个城市应当做——事实上,是必须做些什么事才好,为了人类的生存,必须要有好的城市,舒适的环境供人们享受,地质学可以对此给予帮助,本书试图证明,这一帮助是何等重要。

1.2 世界人口的增长

在1800年,世界上10万人口以上的城市不超过50多个。而今天,这种规模的城市中心远远超过1000个,并且有100多个城市人口超过百万。这种城市人口的明显增加与世界上总人口的增加是相符的,并且和由于人们从乡村不断迁移到城市而引起的市区人口的额外增加相符合。这两种趋势没有一种能被停止下来。在设想到二十世纪末期的时候,猜想这种趋势的潜在状况是惊人的。因此,在提供给读者之前,必须用有力的事实加以论证。

从人类历史的初期到公元的开始,世界已经生长过的总人口大约是2.5亿。当然,那时还不知道进行人口统计,但这是所能做的最准确的估计。然而,相当准确的是,在1750年,

世界上总人口大约是七亿，大约增加到了许多世纪以来的三倍。到1900年人口又增加了一倍以上。总共为16亿。到1965年人口增加一倍所需时间少于1750年以来加倍的一半。总数又翻了一翻，新的总数为33亿。这些新的估计的总数是可能做到的是最精确的。任何误差都不影响数字的全面意义。只要看一下插图，就可以清楚地理解。在图1.1中方便地标绘出了同样的数字。他们指出的结论是明显的。如果不发生某些大的灾难——但愿这种情况永远不会发生——二十世纪末年以前世界人口有可能会比1956年翻一翻。

有些人认为，整个世界不能使这些人口生存下去，因为所有的土地都已最大限度地用于农业了。他们认为，世界总人口超过50亿以后将造成粮食的不足。另一些人不重视这种设想，并且他们认为这个世界可以承受的人口远远超过70亿，即，2000年预计可达到

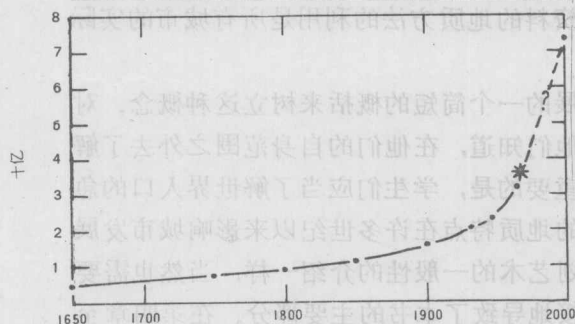


图1.1 世界人口的增长(根据英国百科全书，最近几年的数字根据联合国出版物)。

的人口。对此还会有争论，而对目前世界上人口的实际纯增加数没有任何争议。从1970年得到的最新数字来看，地球上生活着的总人数自1950年以来已增加10亿以上，这是所有的读者都熟知的时期的事。如果这一数字对人们的理解来说太庞大了的话，也可以用另一种方式来表达，在1970年的一年内，人口的实际增加（即，出生率减死亡率）大约是每分钟138人。

尽管人们普遍认为人口统计数字是很精确的，但有些观察家们认为这些数字还是有错误的，很可能有错误。即使有的话，那么这种错误几乎肯定是比实际情况偏低的。看一看可称为世界人口统计专家的联合国的人口统计人员们所作的估计的数字，他们根据当时最好的资料对1980年世界总人口的估算是：

估计1951年是 2,976至3,636

1954年是 3,295至3,990

1958年是 3,856至4,280

单位：百万人

以这个世界不遭受重大灾害为条件，考虑到误差和未知因素，到本世纪末以前，世界上实际人口毫无疑问地将增加一倍。将会有局部变化，在气候较温暖的地带可能增加的更多些，但是，在北美预计增加的人数不足一倍，这将是总的模式。结果是在相同的时间内，考虑到人口数量的增加，整个世界必须至少要使其农作物产量增加一倍。由于世界生活标准的不断提高，并且因为更注意控制污染，在2000年以前，各种必须的新建筑物的数量肯定要比现有的建筑物的数量要多。在城市中的新建筑物所占的比例是相当大的。因此，对新建的或者是原有的城市扩展的土地，在后30年内土地的利用面积要多于目前用于城市发展所占用面积的两倍，并且，考虑到现在就要研究的第三种因素。这个数字可能要大得多。

1.3 人口向城市的迁移

自从工业革命开始的现代历史时期以来，人口分布的最惊人的因素之一就是乡村向城镇的不断迁移。有些人认为这种现象是最近的情况，是由于农业机械化的提高，而迫使

农业劳动力的减少而引起的。然而，所有的可利用的统计资料表明，根本不是这么回事。的确，任何一个读过古代史的人都知道，“灿烂的城市之光”对某些人总是有着巨大的吸引力，因此，人们从乡村迁向城镇的趋势是由来已久的，然而，这种倾向自19世纪初以来就变得很明显了，到下个世纪的初期，考虑到在前一节所作的重要限制，在世界上各个国家人口将会达到这样一个比例，即世界上半以上的人口将是城市居民。

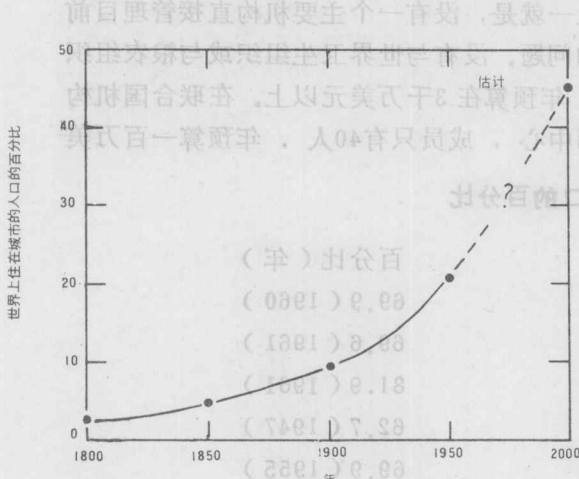


图1.2 世界上城市人口的增长(根据参考文献1.7数字)。

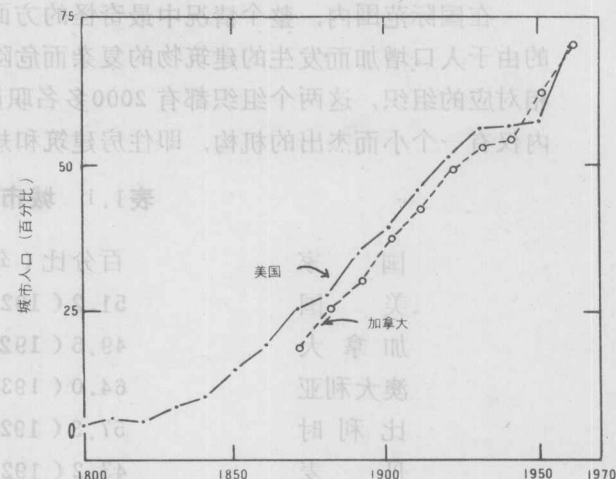


图1.3 北美城市人口的增长(美国数字根据美国人口普查局的数字，加拿大数字根据自治领统计局的数字)。

在图1.2中表明的这种情况，这是根据1966年所掌握的最精确的数字作的图。

这种人口分布变化的意义不可能马上看得出来，但是，如果想一想世界上那些找不到大城市的发展中国家的成千上万个乡村的人口的话，这种变化的深远意义就非常清楚了。这种总的人口分布的情况可由60年代期间的这一事实来说明，即，座落在热带地区的而不是通常认为是座落在气候温和地带的一百万人以上的城市的数目从四个增加到十四个，而这是在十年内啊！

看一看北美的情况，又会发现这一问题的另一方面。图1.3表明在加拿大和美国从乡村向城市迁移现象并不是最近的事情，而是近百年来一直在进行的。对于那些认为该大陆有肥沃的土地，舒适的种植园和小的城镇的人来说，目前的这种情况几乎是不可思议的。而这些就是现有人口普查数字，并且这还不算完。由美国人口普查局所提供的更新的数字表明，在美国地区，有100个最大的城市，（顺便说一句，生活在这些大城市的人口占美国人口总数的57%）在1960和1968年之间人口的增长率是13.2%，而所有的其它地区增长率仅仅是9.3%，其中包括较小的城市，而全国平均数为11.4%。非常清楚，目前在北美这种趋势不仅仅是从乡村往城市里移动，而非常肯定是向更大的城市里的迁移。

在解释这种趋势和寻找解决控制城市人口不断增加的问题的方法方面，涉及到许多社会学问题。在北美的经济制度内没有停止或甚至减慢人口增长的真正办法。曾试图把工业转移到小的城市里，但其成效是很小的。有人主张建立新的城镇，即使这种想法成功的话，那么主要问题将会继续出现。但愿所涉及到的这些问题能表明它们永远不会被忘记就好了。然而，从现在的情况来看，这种趋向确定是在本世纪末世界上城市的数目和规模增加

的主要因素。表1.1给出了按地区的情况的一般数字。对熟悉这些城市和国家的人们来说，设想其总的趋向有时是比较容易的。举出的这些数字是比较典型的，可以把这些数字扩大到包括世界上所有主要国家。但总的模式——生活在城市的总人口在国家总人口中的比例的巨大增长是不会改变的。

在国际范围内，整个情况中最奇怪的方面之一就是，没有一个主要机构直接管理目前的由于人口增加而发生的建筑物的复杂而危险的问题。没有与世界卫生组织或与粮农组织相对应的组织，这两个组织都有 2000 多名职员，年预算在 3 千万美元以上。在联合国机构内仅有一个小而杰出的机构，即住房建筑和规划中心，成员只有 40 人，年预算一百万美

表1.1 城市人口的百分比

国 家	百分比（年）	百分比（年）
美 国	51.2（1921）	69.9（1960）
加 拿 大	49.5（1921）	69.6（1961）
澳大利亚	64.0（1933）	81.9（1961）
比 利 时	57.3（1920）	62.7（1947）
丹 麦	43.2（1921）	69.9（1955）
法 国	46.4（1921）	55.9（1954）
西 德	70.5（1939）	76.8（1961）
日 本	18.1（1920）	63.5（1960）
荷 兰	45.6（1920）	60.4（1960）
挪 威	29.6（1920）	32.1（1961）
瑞 典	29.5（1920）	51.9（1962）
瑞 士	27.6（1920）	41.9（1960）
英 国	79.3（1921）	80.0（1961）
苏 联	17.9（1926）	47.9（1959）

● 根据1966年伦敦世界大学图书馆，“世界城市”彼得厅的表3。他们的出版物和报告都提出了与城市的发展有关的建议。

在一份非常有价值的联合国报告中，举出了说明苏联如何规划城市的一些情况。报告陈述道：

在不发达国家内有比苏联更多的专门规划的城市，而在苏联，在最近四十年内城市人口从2,630万增加到1,2480万了，到1980年应达到1.9亿，其中70%应达到城市化水平。苏联在1917年至1965年之间建立了900个新的城镇，有400个建在新地区。其中多数建在乌拉尔以东，以便开发新的矿物资源和农业资源。其次的目的是要控制老的大城市，莫斯科和列宁格勒人口的增长证明其有效率是比较小的，因为，自1930年决定控制人口进一步增长以来，莫斯科和列宁格勒两城市的规模增加了两倍。本文得出的结论是，在苏联，除了最大城市外，“城市人口的增长已经成为工业化扩张的反映，而不是其先驱。”

1.4 城市的发展

古代城市的历史,其发展和衰落都是古代文化的兴起和没落的反映。人们认为巴比伦和孟菲斯(在尼罗河上)这两大城市在某个时期内各有人口8万。雅典在其顶盛时期人口约达30万。可能是整个古代历史上人口最多的一个城市。罗马的人口到公元100年是100万,是世界上非常大的人口中心。900年以后,君士坦丁(现名伊斯坦布尔)可能是欧洲的第一流城市,拥有近50万人;而在中国,在同一时期内,西安这个城市拥有100万居民。历史的潮流转移到西方国家,巴黎占了优势,到十四世纪中期,人口上升到30万,而伦敦还是一个拥有约10万人的中心。欧洲的其它城市在规模和影响方面都在不断地增加,但到1800年世界上仅有一个拥有100万居民以上的城市,这就是伦敦城。

从那以后,随着工业革命不断地改变着国民经济的面貌,城市人口在不断地增加,这一现象首先发生在英国,不久就蔓延到了欧洲。最后这种趋向就传到了其它国家。在20世纪初期北美城市人口占了首位,1918年以后苏联也跟了上来。到1850年,被叫做现代城市的增长离现在是这样近,仅有巴黎赶上了伦敦,拥有100万以上的人口。甚至进入本世纪时,还仅有12个这种规模的城市——西欧的伦敦、巴黎、柏林和维也纳;东欧的列宁格勒和伊斯坦布尔;北美的纽约、芝加哥、费城;远东的东京、北平、大阪。

这种状况在后来四十年内发生了明显的变化。在第二次世界大战爆发时,位于每个大陆上的人口在100万以上的城市有42个,澳大利亚的悉尼和墨尔本两城市正朝着世界重要城市的地位发展。再过20年到1960年,这个数字增加了46个,总共有88个人口在100万以上的城市,而不是一个世纪前的2个城市。当这本书去付印时,世界上几乎已有100多个这样的主要中心,某些城市目前拥有1000万人。

在不到100万人口的城市中心也有类似的情况。由于不同的国家在进行市区调查时所采用的标准不一样,所以不容易弄到统计材料。然而,在表1.2中举出的这些数字,能极好地反映一般的情况,自1955年以来的这些年里,人口的分布可能没有明显的变化。正象在前一节所说的那样,目前这种趋向大概是向着较大城市发展,在北美肯定是这样。因此,本图表很可能比从现在精确统计数中所获得的分布更有利。

表1.2 城市人口的分布情况

1955年的世界数字

城市或城镇规模	数 目	人 口(百万)
多于 5,000	27,600	717
多于 20,000	5,500	507
多于 100,000	875	314
多于 500,000	153	158
多于1,000,000	49	101

• 根据E·琼斯的“城镇和城市”中的表,1966年伦敦,牛津大学出版社。

表的缺点是这些数字是静态的,而整个这一章的大意是说明从现在起直到可预见的未来,世界上城市发展的动态情况。图1.1和1.2就是非常明显的证据。为了再一次说明一般情况与特殊情况的关系,图1.4对几个典型城市扩展的速度进行了说明,这一速度在今后几年之内几乎肯定会增加。只要观察一下在某一时间,在某个现代化城市进行建筑

工作的数量,就能很好地了解这一惊人的发展速度。如果这一增长与上面提到的世界人口的增长和人们从乡村迁移到城市的那种非常肯定的趋势连系起来的话,那么世界上城市的危机的未来可能会清楚地看到。显然,在今后的30年内世界上的人口将会增加一倍,所以,城市和城镇规模在同时期内肯定要增加一倍以上。

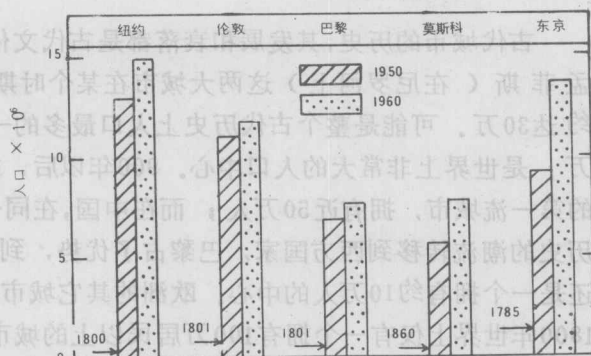


图1.4 一些主要城市人口的增长(根据彼得厅提供的数字, 见1966年世界大学图书馆的“世界城市”)。

鉴于生活方式的大幅度变化,城市的实际规模就不能根据其人口的多少来进行精确的判断。例如,在英国苏格兰的爱丁堡,一部分最优美的城市的人口密度为每公顷35人,而在印度的德里和加尔各答等城市中每公顷几乎有1550人。这种现象一定要改变,因为无论在哪里有如此之多的人,那里就有为改善使人口如此稠密的栖身之处的挑战。这就意味着不可避免地要进一步增长城市发展所利用的土地的面积,这种土地就是本书中的主要课题。

由于很难获得乡村和城镇的全部情况,所以对土地面积的巨大规模很少了解。只有统计数字才能提供这种看法。下面的这些数字反映了1959年美国大陆的情况(即除去阿拉斯加和夏威夷两个新的州),陆地总面积为770,000,000公顷,总共用于市区发展的面积是10,900,000公顷,用于市外飞机场,公路和铁路的面积是10,100,000公顷,因此,已被人类开发的总面积为21,000,000公顷,这些土地在很大程度上被铺路和进行了建筑,因此,天然表面消失了。这一数字就占美国陆地总面积的2.75%左右。这一数字可能是在这一章节中所列举的最可观的数字了;当把这一数字介绍给有知识的北美人士时,他们十分怀疑。但所引用的这些数字来自于美国人口调查局办公室,因此,不得不把它们当作权威数字来对待。

如果看一下大不列颠的相同的情况的话,那么上面给出的数字就比较可信了。早在1922年出版的一本书中,甚至在那时就估计到为了人类的利用而被开发的英国土地即占其陆地总面积的大约10%。50年后,这一百分比可能高达14%或15%。类似的数字也可以从其它国家提供,但是,由于他们对这一数字如此吃惊,所以,最好是让该书的读者获得其自己国家内想要的数字,以便可以使他自己相信他们自己所获得的结果的准确性。

回到所引用的美国的这些数字上来,在本世纪余下的年月里,仅仅用于城市和有关地区的土地就要增加一倍,一个简单的计算将会证明官方估计的准确性,到2000年必须把3600万公顷,或者14万平方英里土地从天然利用中划出来,用于人类的建筑和服务设施,如铺路等项目中。仅在美国就是3600万公顷!通俗点说,在这个大国内,“每年要有1,000,000英亩的面积用于铺路”,通常认为这是那些对自然保护感兴趣的人们的轻率的夸张而已。而这肯定是保守的说法。

1.5 人口的挑战

作者意识到他把这一短章放在本书开头所冒的危险。熟悉“人口爆炸”和其主要后果的人们可能会说：“噢，不！不……”他们对这种类型的介绍已厌烦了。另一方面，那些对目前出现的人口增长的前景感到非常吃惊的人会说：“这不是真实的……作者是在为他本人编造一个故事。”

根本不存在编造故事的问题，因为这种情况是任何人都见得到的。所引用的这些数字是可由那些好奇的读者们根据独立且公认的原始资料进行核对的。可能会有小的变更，可能会有非常小的误差，某些假设可能有问题，但对在这里简要提出的总体情况的精确性不能有任何怀疑。首先，为以下章节提供了必不可少的背景材料，尤其是，它将说明作者为什么愿意分享他的“关心”，他的关心是用什么办法控制世界城市的不可避免的扩展。尤其是，希望这些扼要的数字将对青年读者证明在今后的几年内所面临的挑战。当从20世纪进入21世纪时，现在的学生们将成为达到他们能力顶峰的专业人才。他们那时将生活在人口是现在的两倍的世界上，生活在城市的人口还多于现在人口的两倍。

因此，最后，无疑的事实是，用于城市发展的土地面积，到2000年时，比本书去付印时，将多两倍以上。仅用于发展美国城市的新土地的数量——3600万公顷（14万平方英里）——将相当于英格兰，威尔士，苏格兰和捷克斯洛伐克四个国家面积的总和。如果想很好地进行规划，安全而经济地进行施工的话，那么就必须知道每一个国家用于城市发展的那些土地的地质特征。这本书只不过是介绍介绍挑战而已。

这一章主要讨论人口增长对城市发展的影响。人口增长是城市发展的主要动力。人口增长导致城市面积扩大，城市人口增加，城市资源紧张，城市环境恶化。人口增长还导致城市社会结构变化，城市文化多样性增加，城市经济活力增强。人口增长是城市发展的挑战，也是城市发展的机遇。我们必须正视人口增长带来的挑战，采取有效措施，实现城市的可持续发展。

人口增长对城市发展的影响是多方面的。首先，人口增长导致城市面积扩大，城市人口增加，城市资源紧张，城市环境恶化。其次，人口增长导致城市社会结构变化，城市文化多样性增加，城市经济活力增强。最后，人口增长是城市发展的挑战，也是城市发展的机遇。我们必须正视人口增长带来的挑战，采取有效措施，实现城市的可持续发展。

人口增长对城市发展的影响

人口增长对城市发展的影响是多方面的。首先，人口增长导致城市面积扩大，城市人口增加，城市资源紧张，城市环境恶化。其次，人口增长导致城市社会结构变化，城市文化多样性增加，城市经济活力增强。最后，人口增长是城市发展的挑战，也是城市发展的机遇。我们必须正视人口增长带来的挑战，采取有效措施，实现城市的可持续发展。

第二章 地质与古代城市

假如一位建筑者为另一个人盖了一所房子，但盖得很不坚固，后来房子倒塌了，造成了房主的死亡，那么，这位建筑者应被判处死刑……，假如房子的倒塌毁坏了主人的财产，这个人应赔偿所毁坏的财产，对由于他没有盖坚固而倒塌的房子，他应该用自己的钱重建之。

巴比伦的汉谟拉比

(公元前2067—2025)

当人们意识到汉谟拉比的条例可能是有史以来用文字所记载的材料中的第一套建筑条例时，就可不去注意这种四千年以前的对待不坚固的建筑地基的方法的不成熟态度了，可以把这一条例看成是一份很有意义的文件，它还表明很久以前人们对良好建筑业务的了解是惊人的。当本卷结束时，你会大致地了解到，这一用于消失在沙漠下面的某一大城市的建筑上的条例，给出了对古代城市的良好地基的必要性的早期看法，在今天也是对的。面对未来的挑战，粗略地回头看看可能是有用的，埃德蒙·伯克曾说过：“人们不会对他们的后代寄予多大期望，如果后代从来不回头看他们的祖先。”这一点对那些从事研究人类对土地的利用的人们来说也是适用的。

人们可以经常看到，古代城市是从由于某种很容易被识别出的理由而形成的小居民点发展起来的，河上的近便渡口为某些永久居民点提供了一种极为理想的地点，河口或海岸港口的情况也是这样的，这些地方的自然条件提供了较好的藏身之地。优质水源往往是有些必须要经受围攻的军营的确切位置的确定因素。在这种情况下，更常见的是选择一些有天然安全感的地方，比如，在悬崖的顶部进行建筑，或是在到山区去的关口进行建筑。甚至连合适的建筑材料的供应对早期的居民点也有些影响。早期矿山的开发自然也需要与之相关的住宅，所有这些自然要素——矿山，优质建筑石料，进山的关口，悬崖，优质水源，天然码头，河口及溪流的渡口，都是当地地质条件的产物。实际上，所有的古代居民点及最古老的城市，都是在原始地质考虑的帮助下选择在某个地方的。虽然地质一词直到十八世纪末才普遍使用，但是，没有名称的原始科学分支也能使早先的人们正确判断天然地形，次定其早期居民点的位置。

“旧大陆”有大量的说明这一简单论点的例子，现在，“新大陆”与“旧大陆”之间的旅行幸而已变成平常事了，特别是对在和平交往方面出众的年轻人和学生们来说更是如此。在列举大不列颠的一些例子之前，人们可以就近大略地看看欧洲的三个地方。沿海城市对这样的评论，不管它多简要，做出了自己的特殊贡献。“新大陆”有自己的例子，有了这些例子，做为这一卷的主要部分的短序的这一“快速旅行”就可以在最合适的时候结束。

2.2 欧洲的三个例子

马耳他是一个很好的出发点，马耳他是马耳他群岛的主要岛屿，它位于地中海的中部，距西西里岛南端九十七公里。由于第二次世界大战期间其居民所进行的英勇防卫战而闻名于世的马耳他，爱到了英国国王授予乔治十字勋章的嘉奖，罗斯福总统给这一岛国发出特别通报以表彰这些卓越的成就，虽然轰炸持续了三年多，但马耳他人从未让步，而是

坚持其战略服务,包括其海军基地的运行。几乎没有人问过那些居民在那样的条件下是怎样得以生存的,他们在整个岛上都能找到的当地石灰岩的洞穴中住宿,然而,这只是漫长的地质历史的一部分,

马耳他目前的人口是33万,但在几个世纪以前,它的居民只有数千人。在中世纪,当它被选为圣·约翰骑士团的骑士们的永久居住地时,它就赢得了荣誉。这个骑士团因其急救时的出色救护工作而至今闻名于世。公元1113年这个骑士团做为军事兄弟会而组成,兄弟会是在基督十字军中产生的许多组织之一。1291年,骑士们被迫撤离现在在以色列北部仍可看到的亚克堡垒。1291年至1310年这段时间里,他们暂时居住在塞浦路斯岛,但在以后的几年里,他们打败了撒克逊人后,占据了迷人的罗得岛。反过来,在1528年他们又被土耳其人赶得被迫离家出走,后来又找到了一个新的居住地。在一位有才干的骑士团的首领的指导下,一个由八名委员组成的小组对一些可以居住的地方进行了研究,最后,在把一份最早的关于“工程地质”的报告交给骑士团的首领之后,选中了马耳他。

1524年给骑士团的首领维特保做的报告中委员们陈述道:马耳他岛只不过是一块叫做石灰华的松软砂岩的礁石,大约40公里长,20公里宽;礁石的表面被厚度不大于四分之三英尺的石质土覆盖着;很不适于种植玉米及其它粮食;它可以出产大量的无花果,甜瓜及各种水果;……除了在岛的中部地区有几处泉水外,其它地方没有活水,甚至连井也没有;蓄水池为居民们提供用水;树木如此稀有以致于被卖成了钱……



图2-1. 马耳他. 大港及圣·安吉洛要塞(丁昆廷·休斯教授拍摄的有版权保护的图片)。

尽管这一报告有些令人失望,但是在对一些调查过的地方的全部情况评论之后决定,他们在保卫的黎波里的条件下接受西班牙国王查理五世的恩赐—马耳他以及邻近的戈佐小岛。于是他们在1530年10月到达马耳他,从此,这一岛国二百五十年的稳定发展就开始了。

1565年这里的骑士们又遭到了土耳其人的袭击，但是他们在中世纪一次最著名的围攻战中坚持抵抗，这一围攻战最终随着骑士们的胜利而被解除，正是这一事件提醒他们在大港周围建起了防御的工事，设计并建设了瓦莱塔这一新城市——现在的首都，它代替了老首都墨第纳，后者是骑士们到达那里时的唯一的真正居民点。在意大利和西班牙的三位军事工程建筑师的帮助下制定出了一个完好的城镇计划，而且这一新城镇于1566年3月28日建成了。到这时候骑士们懂得了怎样用当地优质石料进行建筑，他们是在马耳他建筑工人——泥瓦工——建筑师帮助下才知道这一点的。“太惊人啦”，著有关于马耳他国家的有趣的书的丁·昆廷·休斯教授说道：“这么小一个岛国，在长期从属外国政府的情况下，也能够产生完全是马耳他式的建筑学，并能够毫无例外地使用他自己的建筑师。”狄斯累利描写的是马耳他这一部分建筑：“其宏伟的建筑如果不胜过，起码也配得上任何其它欧洲首都。”用于建筑房屋的主要石料是中新世的抱球虫石灰岩，它出露在岛上的大部分地区。早在罗马时代这些石灰岩就用于房屋建筑。早期的描述是道达特·戴·道洛米做的，他是一位骑士，是一位在早些时候很有名气的科学家，白云岩就是按照他的名字命名的。石灰岩产出在两个主要层位，下面一层是优质建筑石料，“玫瑰色，带红色，表面光滑，”上层的珊瑚状石灰岩不适于建筑，只适于建筑简陋的墙。岛上还有绿石和蓝粘土的露头。下层的珊瑚状石灰岩种类很多，但大部分都具有大理岩的特征，比海底软泥硬，很适于打地基用，因为后一种石料易受水浸的影响（当在凿开后马上使用时）。岛上还有采石场，但大部分的马耳他建筑是用挖掘基础时掘出的石料建成的，海底软泥构成了马耳他地表的三分之一。为建排水沟所挖出的石料也用于房屋建筑。骑士们曾经有这样一个规定，要求在瓦莱塔的全部房屋建筑要用从芒戴拉戈挖掘出的石料，在那里的石头地上，他们挖掘出一个停小船的码头。

海底软泥石料必须要避开罕见的雨，所以总要用石灰水涂上一层保护层。工作起来很顺利；用热油处理过的石板为地板提供了坚固的保护层。马耳他岛的雕刻术与其建筑物有着极大的区别，新石块雕刻后都曝露在露天，这样会形成一个坚硬的“外壳”，如果不被损坏，它将无限期地保护着刻迹的锋利。如果放在某一位置的石头在一、两年内不进行雕刻，那么必须要把它挪动挪动，然后再在此处放上新石头。几乎再没有像马耳他这样的城市，建筑基础首先做为采石场，然后做为蓄水池，几乎再没有像马耳他这样的地方，设计和建筑如此明显地受着当地地质条件的影响。

渡海到意大利，再往北走。威尼斯是一个很明显的停留点。从公元七世纪，这个世界闻名的城市就已座落在亚得里亚海的北端。附近陆地上的部分居民移到这群小岛上，人们称这群小岛为“barene”，它坐落在一个大泻湖的中心，以此做为安全措施。泻湖沿着海岸有56公里长，10公里宽，其面积是545,000公顷。三条当地河流被改道，在三个潮汐入口建起一道海防墙，城市就逐步地以打在“泻湖污泥”桩上的建筑发展起来了，河的粉砂的积聚造成了barene。只是在上一世纪，威尼斯才与邻近陆地连接起来，最初用铁路桥连接，1935年时就用高速公路桥连接起来。其孤立的位置做为中世纪商业动力大大地促进了其卓越地位的建立；其作为有名望的艺术中心的地位人人知晓。但是，洪水的问题烦扰该市已达几世纪，虽然只是到最近几十年才到了惊人的程度。大气压力的变化，大雨，高潮，风，以及亚得里亚海海水的大规模移动（被称为“湖震”）的组合不时地造成异乎寻常的高潮时期。最厉害的高潮时期是1966年那次，正是从这一年人们才开始对这一壮丽城市的前

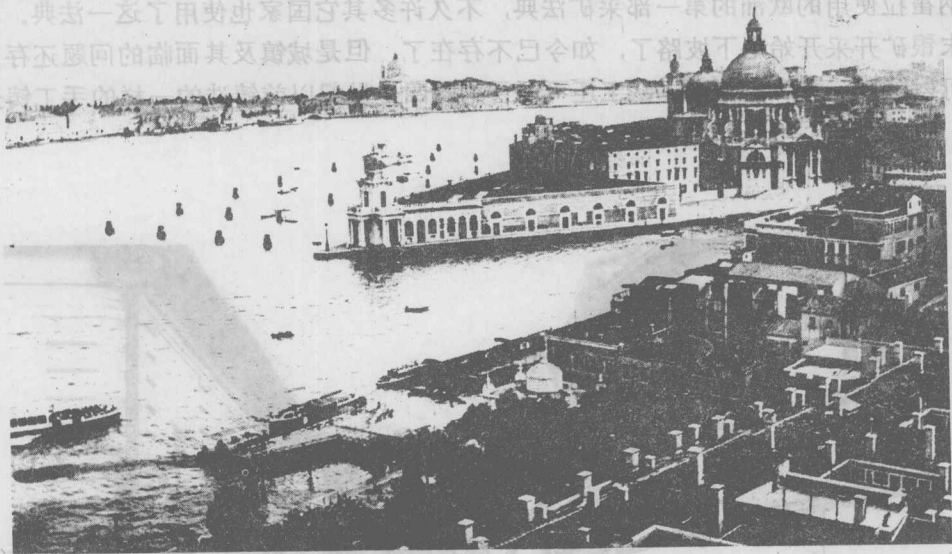


图 2.2. 威尼斯。说明环绕泻湖的全图。

途进行最重要的研究，全世界都知道这一研究。

1966年以前的100年之内58个高潮的记录表明，48个发生在后35年，而30个发生在后10年。另外还有两个因素被认为越来越重要—海水水位的逐渐上升以及泻湖湖底的逐渐下沉。这两个更持久性特点，与刚刚列举的自然力的偶然组合相结合，会帮助解释威尼斯洪水次数增加的现象。实际上，人们对海水水位（在威尼斯观察到的一世纪内总上升量是15厘米）普遍上升毫无办法，但是泻湖下面的湖底的下沉好象是由于人类的活动造成的，所以人类一定要控制住这些活动。下沉的速度也在增长，年下沉量从1909年至1925年时期的1毫米增长到1953年至1961年时期的5毫米。人们考虑了许多方面的原因。一些人认为下伏基岩活动是有影响的；其他人认为，在波河的三角洲底下天然气的采出可能对其有所影响。更可能的是，由于它是在世界上其它地方到处都有的一种现象，即从下面含水层大量抽取地下水引起的城市下面的土壤的固结作用。再一个因素是最近在距城市大约3.2公里远的附近的陆地上的大型沿海工业的扩展，将新的负荷强加在泻湖的沉积物上。观察到的下沉与从已经使用的7000口井里抽出的水好像有些联系。现在，禁止在威尼斯附近开采天然气和石油。也作出了一定的努力，减少地下水的抽取。这仅仅是由意大利政府1971年10月着手进行的重要修复方案的开端，这一方案的初步计划投资为四亿美元。全世界都衷心祝愿这一大胆尝试能获成功。

与此完全不同的是古城库特纳霍拉所面临的下沉问题。库特纳霍拉位于波希米亚东部，在捷克斯洛伐克的布拉格以东约65公里处。其发展违背了通常支配着中世纪城镇发展的全部规律。到十三世纪末，在当地岩石中富银岩脉的发现使居民点开始发展。几十年内人们被吸引到该地，住在离矿床很近的小村里，这些小村庄后来合并成一个城镇。在十四世纪开始的时候，银的开采工作就全面进行起来了。1528年在库特纳霍拉出现了手工造币厂，造出的硬币称为“布拉格小银币”，做为货币被广泛使用。这时库特纳霍拉的人

口是6万，成为波希米亚的第二大城镇。在进入十五世纪时，波希米亚国王公布了在在库特纳霍拉使用的欧洲的第一部采矿法典，不久许多其它国家也使用了这一法典。到十六世纪末银矿开采开始走下坡路了，如今已不存在了。但是城镇及其面临的问题还存着，人们仍可以参观一条旧矿巷道，甚至还可以看到同四个世纪以前铸造的一样的手工铸造的硬币。

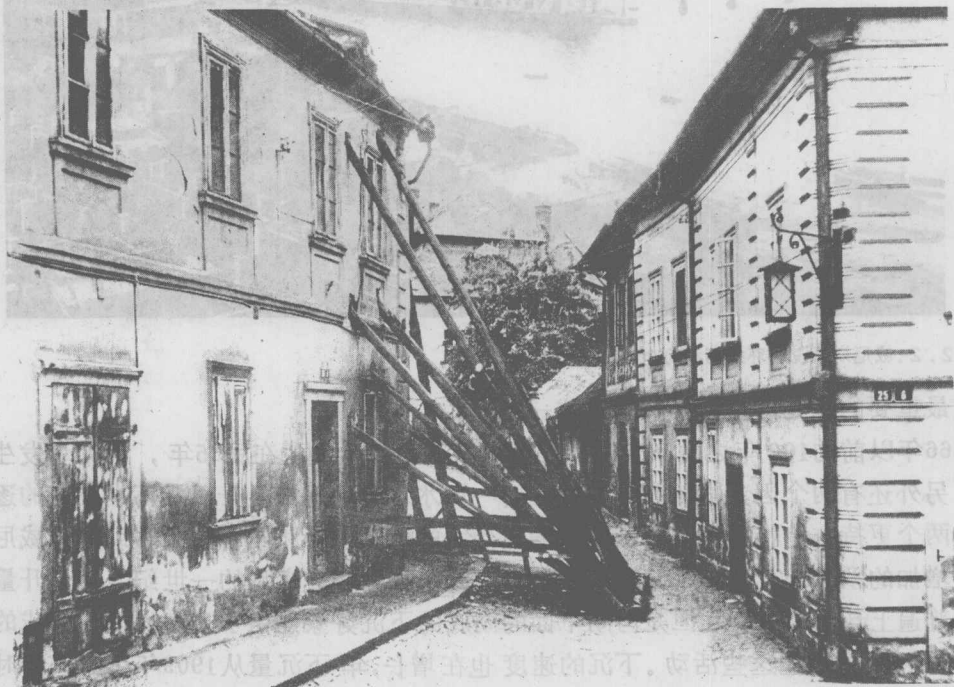


图 2.3 库特纳霍拉，捷克斯洛伐克。被由于采矿引起的地面前下沉损坏的旧建筑物的支撑(R·莱格特)。

库特纳霍拉周围地区的自然条件对一个大城镇的建立极为不利。那里没有当地的重要水路，没有通往附近地区的便利的交通路线，周围地层的地理状况一点也不适合于战争期间的简易防护。库特纳霍拉镇座落在一个很宽敞的洼地里，一般来说其地势是由这一地区的地质构造支配着的。在北部，这一洼地被由结晶片岩，主要是片麻岩组成的三个丘陵封闭住。在丘陵的坡上及洼地底部的上层是白垩系海洋沉积物的残余，主要是砂质石灰岩和硬泥灰岩。一条小溪流过这一地区，其河床在当地结晶岩上切成峡谷形河谷。在与此相同的岩石中的采矿活动大大地干扰了这老城镇下面的基岩的连续性。挖掘出的片麻岩的老废石堆及老的铸造车间岩渣的堆积使得许多地表特征变得复杂了。旧采矿巷道，其整个范围，它们的确切位置，已不能进行任何精度的测定，这导致了这一城镇许多地方的地面沉降。无论在空间上还是在时间上，这种沉降都没有规律，然而，许多豪华的古建筑及许多具有伟大历史意义的建筑被破坏掉了。在可能的条件下，在这一范围使用了临时支撑，但在这个采空区不允许再盖新的建筑物。

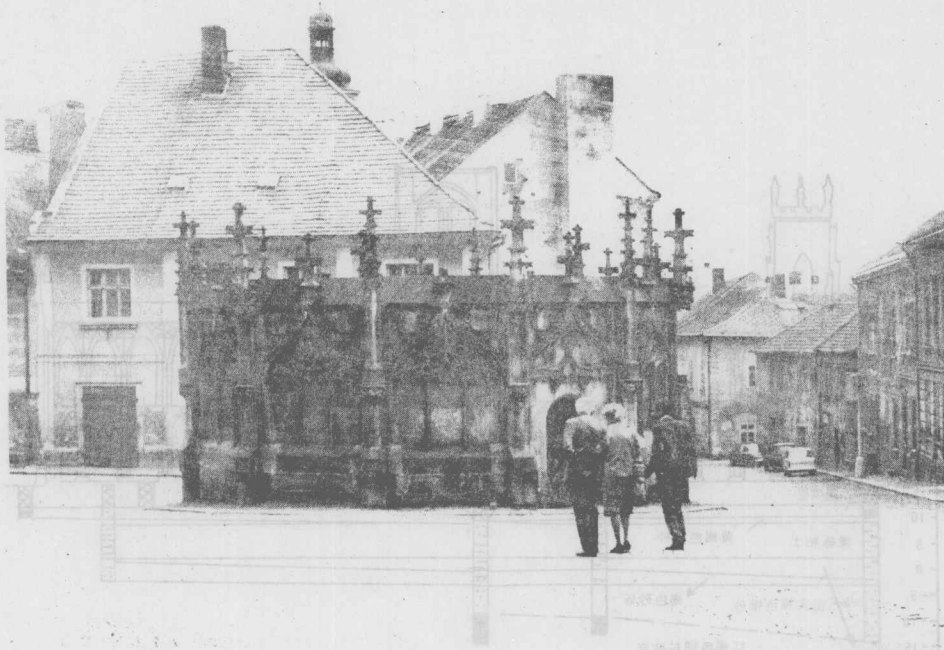


图 2.4 库特纳霍拉，捷克斯洛伐克。用于古代配水的古代公共水源。注意看花岗岩小方石铺图路。左边一人是扎鲁巴博士，这本书前言的作者(R.F. 莱格特摄)。

这一城镇地下的水文地质条件及其周围的水文地质条件也极大地受着老矿的影响。最初，当地基岩是不透水的，但是，开采工作大大地破坏了这一条件。矿井里的水被排泄到污水坑，地下通道，然后顺着岩石的间隙被抽到地面上。在目前，矿山被洪水泛滥，所以地下水的水位与溪流的水位相同。地表水渗透到旧矿巷道。由于地下水流经断裂基岩，流过旧的废石堆，所以，它是富含可溶硫酸盐的，这就使得地下水很不适于利用，比如，制做混凝土。当矿山被开采时，很多使用着的井常常漏失，而且受到地下水严重干扰。最后这一城镇失去了自来水井的稳定水源，早在十五世纪，就不得不建立城镇水源。水是用木管从城镇附近的森诺曼砂岩的供水处取水送到城里，并引入了许多水源，至今仍有一个美丽的水源留在那里。新的给水工程在二十世纪初就建立了，水是从一旧矿坑里抽出的，适合于人类使用的水。实际上，这些复杂的地质条件已经被最仔细研究过了。有关主要调查研究的报告1949年就发表了，它概括了借助五百多个钻孔进行的广泛的地质调查。绘制了工程地质图（第三章中要讨论），它将用于库特纳霍拉的新地区的开发，那里的建筑工作已在不受来自这些有趣的旧矿巷道的干扰的情况下开始了。

2.3 英国的几座古城

在欧洲可找到更多的具有同样意义的例子，但是，由于北美的游客对大不列颠更熟悉，所以我们的注意力就要放在英国的例子上。据说按其大小来说大不列颠包含了比世界上其它任何国家都多的不同地质条件。这可通过时常听到有人问起在一些英国最著名的建