地下空间与未来城市

童林旭

一、城市的现在与未来

城市是人类社会发展的产物，城市的状况和面临的问题，都是国家和社会一定的现实情况的反映。当前，在政治、经济社会以及城市等诸多问题中，起主要作用的因素是人口的增长。在本世纪初，世界人口为16亿，去年已达到50亿，预计到2000年将有62亿，2025年可能为80多亿，2050年将突破100亿。与此同时，居住在城市中的人口增长更快。特别是发展中国家，城市化速度比人口增长速度约快一倍，达到年增长4%。(见表1)。

按总人口和城市人口的年增长速度分别为2%*和4%推算到2025年，发展中国家人口将为77.7亿，城市人口将为56.8亿，城市化率将上升到73%。

表 1

类别	总人口(亿人)		城市人口(亿人)		城市化率(%)	
	1980	2000	1980	2000	1980	2000
全世界	45	62	19.0	31.8	42.2	51.3
发达国家	12	13	9.3	10.5	77.5	80.5
发展中国家	33	19	9.7	21.3	29.3	43.6
中国	10	12	2.0	4.8	13.6	41.5

人口的高速增长对城市发展影响很大。伴随人口的增多，必然出现土地资源的减少，而在城市用地不可能无限扩展的情况下，必然造成城市空间的紧张和环境的恶化。这种现象在50年代中期到70年代中期，在许多发达国家的大城市中曾经出现过，当时正是这些国家经济的高速发展时期。经过紧张的治理，付出很高的代价，采取多种措施，包括开发利用城市地下空间在内，取得了一定的效果。当经济发生衰退或保持慢速增长以后，许多发达国家的城市发展已趋于稳定，城市人口开始减少。以上现象在许多发展中国家城市中重复发生，而且其中很多城市是在殖民地或半殖民地时代形成的，基础非常落后，因此高速城市化的后果比当年发达国家的城市更糟。墨西哥城在近40年中，人口每年增加1倍，到2000年，将从现在的1900万增至2630万，成为世界第一大城市。然而这种美称不能掩盖有三分之一的居民得不到必要的住房和卫生设备的事实。

从表2反映的情况看，城市间的差距是极为明显的。假定以建筑物的平均高度为30米做为城市地面空间的利用范围，则每个城市居民所拥有的生存空间(包括居住、休息、工作、出行

* 据有关资料，1975—1980年，亚洲、非洲和南美洲发展中国家人口自然增长率平均为27.7%

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

和其他活动所需空间)，最多为有7500平方米，最少的只有767平方米，相差近10倍。这就是世界上城市的现状。研究城市的未来，若不从这一基本事实出发，必将陷入空谈，而无助于问题的解决。

表 2

城　市	市区人口密度（万人/平方公里）	人均绿地面积（平方米/人）	城　市	市区人口密度（万人/平方公里）	人均绿地面积（平方米/人）
马尼拉	3.91	—	大阪	1.25	2.1
马德拉斯	2.45	—	北京	1.23	4.5
上海	1.99	0.5	伦敦	0.90	13.8
孟买	1.96	—	巴黎	0.80	10.2
澳门	1.71	—	莫斯科	0.60	18.8
汉城	1.52	—	斯德哥尔摩	0.41	68.3
东京	1.46	2.0	华盛顿	0.41	40.8

关于未来城市，已有不少议论和设想，很多偏于理论化，或多针对已经相当现代化的发达国家大城市。而对于大量正在膨胀中但又很落后的大城市，如何从现实出发既提出解决当前城市矛盾的措施，又能预见到数十年后的发展，并为此发展打好基础，作好规划，则较少讨论。

在发达国家，当考虑城市的未来时，人口的减少和老龄化趋势促使他们要改变城市结构和布局，要采取措施防止城市特别是城市中心区的衰退；资源的匮乏使他们不得不在城市发展中设法节约资源，特别是能源和水资源；同时，高技术、信息化社会给产业结构和人们生活方式带来的变化，也是考虑未来城市时不可缺少的因素。于是，花园型、立体型、国际型、节能型、信息化型、高技术型……等种种关于城市的构想不一而足。概括起来说，就是要利用一切最新技术成果，使那里的城市生活比现在更舒适、更方便。

发展中国家的许多大城市，则是另一番景象。那里面临的问题是人口过密，交通设施不足等等。对于这些城市的未来，首先考虑的应是采取有效措施，缓解当前的各种矛盾，然后再进一步根据不同情况考虑更长远的发展。

当然，城市化进程是社会生产力发展的反映。没有城市化就没有工业化，没有现代化。因此，不能用抑制城市发展的方法实现城市的现代化，而只能在既节约资源又扩大空间的方向找出路。

我国城市化进程很快，1980年有城市220个，城市化水平为13.6%，到1985年，城市增至324个，城市化率达到19.3%。到2000年，如果城市化率上升到41.5%，城市人口将有4.78亿；如果到2025年我国经济达到当时中等发达国家的水平，则城市化水平必将进一步提高到70%左右。也就是说，即使按2000年后全国人口保持在12亿的乐观估计，届时城市人口也将增至9.1，亿即比现在的2.1亿净增7亿人。

我国目前城市用地水平约为58平方米/人，若以比较合理的标准（100平方米/人）计，则需要扩大土地8820平方公里，今后净增7亿人口还再需要70000平方公里。两者合计78820平方公里，相当于一个小省的面积。而且这些土地大部分为可耕地。在我国可耕地人均拥有量仅为世界水平的三分之一，又以每年700—900万亩的速度减少的情况下，这样扩大城市用地显然是不合理、不可能的。这里还没计算为新增城市人口提供住房所需建筑材料将要消耗

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

的土地。因此，不论是为了现有城市状况的改善，还是为了未来的发展，我国的城市化都不能走单纯扩大城市用地的道路。而必须寻求新的途径，做到既能扩大城市空间，又不多占用土地；既节约资源，又能使城市生活现代化；既保持城市传统风貌，又充分利用新技术革命的成果。

一些发达国家的实践证明，合理开发与综合利用城市地下空间，不但对于缓解城市发展中的多种矛盾是一个有效的措施，而且对于未来城市空间的扩大、资源的节省、环境质量的提高都能发挥积极的作用。

二、城市地下空间资源

地下空间资源的开发，从理论上说几乎是无限的。目前城市地下空间的开发，一般尚未超过30米。国外曾有人估外，在30米深度范围内开发相当于城市总面积三分之一的地下空间，就等于全部城市地面建筑容积。即不需要扩大城市面积，就可使城市的容量增加一倍。这样的估计当然比较笼统，但至少可以说明地下空间资源潜力之大。

实际上，浅层地下空间的开发(特别是在原有城市)，受到很多条件的限制，例如地质情况，已有的地下设施，已有的建筑物较深基础，土地所有权和地价，施工技术及对城市的影响，经济能力，开发后的综合效益等。从总体上看，在城市街道、广场和公共绿地下面开发地下空间条件最好；从区域来看，则以城市为中心区、商业区、居住区、文教区等处对地下空间的需求量最大。这两种情况综合的结果，就形成由点与线组成的城市地下空间基本格局。“点”是由成片的地下建筑或地下综合体组成，“线”是指交通线、物流线等。以北京前门商业区为例，对于全市来说，该区只是一个点，而对于这个区本身，经可行性研究后，认为地下空间的开发，宜在箭楼前广场、大栅栏和珠市口三个地段进行，并沿前门大街在地下互相连通，形成所谓“三点一线”的布局。

至于一个城市到底有多少地下空间可供开发，其中有多少可供有效地利用，不能笼统地估计，必须经过深入的调查、科学的论证和综合的规划。上述对前门地区的研究可做为一个例子，该地区的划定范围约70公顷，地质条件有利，地下公用设施和人防工程占用的空间有限，仅有少数有保留价值的建筑物基础。这样以开发深度15米计，该地区可供开发的地下空间资源约有1000万立方米。经综合规划，作出上述“三点一线”的开发方案，地下空间约有200万立方米。也就是说，实际可有效利用的仅占开发的地下空间的20%。当然，可供利用的地下空间是会随着技术的进步和需求量的增加而逐步扩大，包括水平和垂直两个方向。因此在进行规划时，不能仅按当前的需要和条件考虑，而应预见到相当长时期以后的需求和技术上的可能性。地下空间一旦形成就很难改变或消除，且有一定的“不可逆”性，因而这种考虑就尤为重要。应当作出分阶段(时间)、分地区(位置)、分层次(深度)开发的全面规划，才不致使早期开发的地下空间成为进一步开发的障碍。

实际上，即使在世界上利用城市地下空间比较先进的国家，如瑞典、日本、加拿大等的一些城市，到目前为止所开发利用的，也仅仅是其地下空间资源的很小部分。以日本东京都的23个区为例，地下空间主要由建筑物地下室、地下街、步行通道、地下铁道和地下公用设施等组成。据统计，不包括地下公用设施，共有地下空间507万平方米。其中地下室占76.9%，地下街占5.3%，地铁占17.8%。以平均高度为4米计，已经利用的地下空间共约2028万立方米。东京23个区总占地面积592平方公里，以开发深度30米计，则地下空间资源约有170亿立

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

方米，已经利用的仅为1.2%。可见，即使像东京这样的现代化大城市，地下空间也还远未被充分开发利用，这对于未来城市的建设，无疑是一个极可珍贵的资源。

三、城市地下空间利用现状

城市地下空间利用的内容和范围非常广泛。从世界上若干利用比较好的城市看，到目前为止，大致有以下几个方面：

·**居住空间**　1973年石油危机后，美国从建筑节能的角度出发，发展了一种利用太阳能进行空调的半地下覆土住宅。由于在节能方面取得较显著成效，又可充分利用斜坡地形，这种住宅得到一定程度的推广。这些年因石油价格下跌，覆土住宅发展势头已有所减弱。

·**业务空间**　是指办公、会议、教学、实验、医疗等各种业务活动的空间。对于这些不需要天然光线的活动内容，又具备空调条件时，在地下是较合适的。

·**商业空间**　在瑞典、加拿大、西德、法国等一些大城市，地下商场、商店很多。吸引大量人流到地下去，有利于改善地面交通与环境；对于气候严寒多雪或酷热多雨的地区，购物活动放在地下更受居民的欢迎。但是，由于商业空间内的人数较多、密度较大，安全问题比较突出。

·**文娱空间**　一些文化、娱乐、体育活动，即使在地面上，也多采用人工照明，因此在地下进行就更适合。地下影剧院由于安全问题较大，目前除我国和法国、加拿大有少量外，尚不普遍，其他各种活动在地下的已比较多。

·**交通空间**　这是迄今为止城市地下空间利用的最主要内容之一，也是在城市生活中起作用最大的一种。目前，全世界已有近百个城市修建或正在修建地下铁道，总长度3000多公里。为了克服不利的气候条件，有些城市还修建了地下步行道系统，如美国的纽约、芝加哥、达拉斯，加拿大的蒙特利尔、多伦多，日本的东京等。此外，地下空间还为城市静态交通服务，在解决城市停车问题上起重要作用。例如巴黎市内约有80座地下停车场，总容量近10万台；日本全国有公共停车场279个，其中107个在地下，占38%。

·**物流空间**　主要是指各种城市公用设施的管道、电缆等所占用的地下空间，还包括各个系统的一些处理设施。如自来水厂、污水处理厂、垃圾处理厂、变电站等。

·**生产空间**　在地下进行某些轻工业或手工业的生产是完全可能的，特别对于精密性生产，地下环境就更为有利。但是由于在市内繁华地区工业企业较少，故除我国利用一些人防工程进行生产外，在其他国家还比较少。

·**贮存空间**　地下环境最适合于贮存物资，因而得到广泛的利用。在地下贮存粮食、食品、油类、药品等，贮存成本低、质量高、经济效益比较显著，可直接为地上的居民服务，运输距离大为缩短。此外，把某些危险品和有害的城市废物贮藏在深层地下空间中，比较安全。

·**防灾空间**　地下空间对于各种自然和人为灾害，都具有较强的防护能力。瑞士、瑞典等国的核掩蔽所，已经足够全国人口的80—90%使用。此外，地下建筑受地震的破坏作用要比在地面上轻得多（地下30米处的地震波加速度仅为地表处的40%）。

四、城市地下空间利用前景

为了节省城市用地，早已有人提出城市"立体化"或"三维化"的设想，并在一些城市的部分地区进行了实践。需要进一步明确的是，在实现城市立体化时，什么应放在高空，什么应留在

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

地面和哪些可以放在地下。原则上应使人的居住和工作(占每日活动的大部分时间)场所留在地上自然环境中,而将其他各种活动移到地下去。可以预见,未来城市地下空间将是这样一种景象:所选定的地下空间开发地区。在地表以下10米左右范围内,主要是商业空间、文娱空间以及部分业务空间。城市大部分商业、服务业将转移到地下,仅在中心区和重点地区保留一些地面商业。文体设施在地下则以小型、分散为主,以保证安全。在地下10—50米范围内,主要是交通空间、物流空间以及一部分贮存空间。城市大部分机动交通将轨道化、高速化,在地下形成高速交通网,并与地下物流系统结合起来。地面交通应以步行为主,辅以大面积绿化带,适当保留一些无害化的公共汽车和私人汽车。在气候严酷地区,在地下还应组织步行道和自行车道系统。国外还有人设想,在城市机动交通大部分转入地下后,原来的街道都改造成运河,增加城市的水面。这对气候、景观都将十分有利。当然城市的各种车辆大部分应停放在地下。至于地表30—50米以下的深层地下空间,则应留给采用新技术的、为城市服务的各种新系统和新空间。

未来城市对于居民来说,不但意味着获得更多的空间,更宽敞的住宅,而且要有更高的环境标准。除了气候适宜的季节外,室内应进行全面空调。这就需要耗费比现在多得多的能源。在常规下能源日渐枯竭的情况下,不得不寻求既生活舒适又节省能源的途径。当前主要有两个方向,一是提高一次能源的利用效率,二是开发新能源。

提高一次能源的利用效率,主要从改进发电设备和最大限度回收余热废热两个方面着手。回收余热的主要措施是将热能交换成热水用于区域供热和将电厂低峰负荷期间的多余电能转化为热能(一般为热水)或机械能(压缩空气),暂时贮存,供高峰时使用。为实现这样一种循环,必须解决能量贮存问题。只有在地下空间中才有可能将大量热能或机械能贮存起来。在开发新能源方面,太阳能本来是取之不尽的,但在技术上也存在着集热器效率不高和热能贮存问题。地下空间为贮存太阳能提供了可能性。更进一步说,如有可能将冬季自然界中的冷能贮存起来供夏季使用,将夏季的天然热能贮存供冬季使用,那将是非常理想的节能系统。要实现这一理想,也必须依靠地下空间才能解决大量热能或冷能的贮存和交换问题。

随着科学技术的进步,地下空间的一些局限性将逐步得到克服。例如,将天然光线传输到地下空间,使地面上的景物在地下空间中再现;若能花费较小代价在地下空间中创造与自然环境接近的条件,使较多的植物能在地下空间中生长,将会使地下环境大为改善。日本地下街中大量使用喷泉、水池、甚至还有人工河,对于改善地下环境已经起到很好的作用。此外,在进行未来城市的规划时,应使地下空间成为地面空间的延续,使地下面空间在接近地面的部分尽量敞开,这对于克服地下空间中的封闭感是有利的。总之,随着时代的进步,城市地下空间的内容将更为广泛,与自然环境的差别将更加缩小,必将成为未来城市有机整体的重要组成部分,为人类造福。

结论与建议

综上所述,可以认为,地下空间在一些大城市已经得到广泛的利用,但是地下空间资源还远远没有被充分开发。城市地下空间的开发利用有着广阔的前景,不论对于发达国家还是发展中国家城市的未来,都具有高度的战略意义。问题在于结合本国的具体情况和城市的不同发展阶级,制订出既考虑长远需要又现实可行的全面规划。

考虑到我国的国情和国力,作者认为,大规模开发城市地下空间的条件尚不具备。然而为

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

了缓解当前一些大城市发展中的矛盾，并为将来的发展和未来城市的形成打下坚实的基础，必须从现在起就抓紧工作，进行调查、论证、规划和典型实验。归纳起来，大致有以下几方面工作：

第一、城市地下空间的开发利用应尽快立法。为了合理开发和综合利用地下空间资源，避免地下空间资源的滥用和浪费，应当从法制上予以保障。令人欣慰的是，在准备制订的《城市规划法》讨论稿中，已有"充分开发，利用城下空间"的提法。但是，在《城市规划法》中不可能包括有关地下空间的具体内容，因此作者建议，应进一步制订《地下空间利用法》与《城市规划法》、《土地管理法》等协调起来，并与国土开发和治理的有关法令相联系。内容大体上可包括地下空间的涵义、分类、价值、所有权，开发范围、规划方法、利用内容，环境标准、安全要求、使用与管理等。

第二、开展调查和可行性研究工作。在大规模开发城市地下空间的条件尚未成熟以前，正应利用这一时机开展资源调查、可行性论证和科研工作，为今后的开发提供科学的依据和全面的规划。工作内容包括：

- 地下空间资源调查和可利用率预测；
- 未来地下空间利用内容和范围预测；
- 未来地下空间的规划，布局和系统的划分；
- 地下空间利用的综合效益研究；
- 地下空间的环境标准和居住空间的可行性研究；
- 地下空间的安全性研究和防灾措施研究；
- 不同地质条件下的最优施工方法；
- 地下空间利用与城市基础设施的现代化；
- 开发深层地下空间的技术、经济可行性研究；
- 新技术革命对地下空间开发利用的可能影响预测。

第三，进行典型城市典型地区的规划和重点工程实践。当前，我国在地下人防工程规划与城市规划相结合、人防工程建设与城市基本建设相结合方面，已经有了良好的开端，为了合理开发和充分利用城市地下空间资源，作者认为，还应进行更广泛的结合，因为人防工程只是地下空间利用的一个组成部分。作者建议选择典型城市典型地区，在对地下空间资源调查清楚的基础上，进行全面规划的试点，以取得经验。同时，近年来各地已建成或正准备兴建一些地下商场、地下街和地下综合体等工程，其中有些在内部环境和安全方面还存在不少问题。作者认为，在目前我国尚缺少经验、缺少资金的情况下，切忌不顾客观条件，一哄而上。另一方面，为了不失去与城市再开发同步进行的时机。对这类地下工程应持积极态度，但必须经过充分的论证和可行性研究，再慎重定案和施工，及时总结经过充分的论证和可行性研究，再慎重定案和施工，及时总结经验后逐步推广。

UNDERGROUND SPACE AND FUTURE CITIES

(Tong Linxu)

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net