



绪 论

第 1 章

地下空间作为城市土地空间资源的重要组成部分,在城市发展进程中已被越来越多地应用于有效解决城市的安全防灾、市政交通、能源环保、土地紧缺等问题,是规划建设集约紧凑、生态低碳城市,实现资源节约、环境友好、科学发展目标的重要途径之一。但是,如果没有规划性的控制和引导,城市地下空间资源的开发利用,往往会造成“先用先占、浅层挤满、开发无序、资源浪费、挤占城市后续发展重要设施的空间区位”等现象,必然会引发“工程复杂、成本上升、风险增加、管控艰难”等问题。因此,人们越来越清醒地认识到地下空间资源的开发利用必须实现规划先行。

法国巴黎德方斯、日本新宿、美国曼哈顿等在解决商务区交通与停车方面,为我国城市中心区的开发建设提供了可以借鉴的先进经验。比如,德方斯交通系统规划参照了柯布西耶的城市设计理念和原则,全部交通设施置于地下三层的空间,交通系统人行与车行彻底分开,互不干扰,并对地下空间实行整体开发。地下一层主要为商业服务、专卖店、餐饮娱乐等,地下二、三层主要为地下车库,共提供了 26 000 个停车位。由于实现了人、车分离,更多的地面空间注重了景观建设,保持了建筑的多样性和新旧城的协调性,还注重了生态环境建设,人性化和创意地设计了专供人们步行的绿地,营造了和谐、舒适的环境,能够满足不同人群在使用各种设施时的公平性和开放性。

在大部分国家的城市规划体系中,类似于区划作用、针对城市土地开发行为进行控制、管理的内容都是不可或缺的^[1]。例如,我国城市规划界从 20 世纪 80 年代开始尝试编制控制性详细规划至今,通过借鉴国外经验和本土化、地方化的发展,规划体系已经得到较大的发展,并不断完善。2008 年颁布实施的《中华人民共和国城乡规划法》指出:“城市地下空间的开发和利用,应当与经济和技术发展水平相适应,遵循统筹安排、综合开发、合理利用的原则,充分考虑防灾减灾、人民防空和通信等需要,并符合城市规划,履行规划审批手续。”城市各个功能方面,地下空间开发比地面空间有着更显著的优越性。因此,地下空间的开发利用将为我国许多城市的未来发展带来新的机遇和挑战,编制城市总体规划与重点地区地下空间控制性详细规划时,必须主动研究地下空间的开发利用,强化深化地下空间的开发利用已成为目前中国城市土地开发的迫切需求^[2]。

1.1 城市地下空间开发利用的背景与现状

我国城镇化进程已经步入平稳上升的阶段,截至 2013 年末,城镇化率为 53.73%,比 2012 年上升 1.16 个百分点,意味着 2013 年大约有 1570 万人由乡村进入城市^①。中国城镇化率的年均增加率为 0.8%~1.0%,至 2020 年,城镇人口增长 3.26 亿,城镇化水平将达到 56%~58%^[3]。根据 4.84 人/hm² 的城市发展密度,至 2030 年大约需要 312 987hm² 的土地来满足城市发展的要求,但是只有 14% 的新住宅建设是通过再开发或在内城空地上实现的^[4]。到目前为止,在城市经济高速增长的同时,中国城市的主要矛盾仍然集中在城市人口过度集聚、土地资源紧缺、城市交通拥堵、空间环境恶化等严峻问题,城市人居环境受到极大的威胁。21 世纪将是城市“三维空间”建设、发展的重要时期,地下空间可以为城市的可持续发展提供约 25%~40% 的额外空间,而且不会占用宝贵的地面空间资源。

1.1.1 我国城市地下空间开发利用的背景

我国现代城市地下空间较大规模的开发利用始于 20 世纪 60 年代的人防工程建设,1978 年开始研究、编制人防工程与城市建设相结合的规划。20 世纪 90 年代,随着城市轨道交通建设的兴起,开始研究、编制城市轨道交通(地铁)规划,这实质上是城市大规模开发利用地下空间资源中的一项专项规划。由于轨道交通(地铁)的规划建设全面引导了沿线及车站地区的城市改、扩建与新建工程,引导了车站周边地区房地产的大规模开发建设,以及车站邻近建筑的大型化、综合化的发展趋势,仅有轨道交通规划已经不能适应其引发城市发展的新需求,亟须研究、编制轨道交通引发的沿线和车站地区地下空间综合利用规划。与此同时,城市防空防灾设施的一体化和地下化建设、城市市政基础设施的地下化、集约化与管廊化建设,城市公共服务设施与大型轨交地铁车站或大型公共建筑的结合,都引发了城市公共服务设施的地下化和综合化。

经过 20 多年的经济发展和城市建设,我国许多城市正面临城镇化高速发展所带来的严峻问题,城市交通拥堵、环境污染加剧、城市空间资源紧张、生活居住环境恶化等一系列的矛盾与现代城市建设显得格格不入。城市快速发展中的新要求,急需研究、编制地下空间资源开发利用的综合性规划。自 1997 年 12 月开始,城市地下空间开发利用规划已被正式列入城市规划编制体系中的一项专业规划。但是,由于城市地下空间开发利用规划涉及城市多项功能设施系统(如交通、市政、防空、防灾、公共、仓储、物流、能源、环卫等)的适度地下化引导与控制性规划,这一专项规划的综合性、复杂性、前瞻性、可操作性显得越来越重要,有必要深入、系统地开展理论、方法及标准体系的研究,并广泛地进行实践,使其不断完善。

随着国际社会“冷战”时代的结束,我国的城市建设工作逐渐步入正轨,城市化水平

^① 根据《中国城市状况报告(2014/2015)》,截至 2013 年末,全国有设市城市 658 个,城镇常住人口 73 111 万,乡村人口 62 961 万。城镇化率为 53.73%,已基本达到世界平均水平,比 2012 年上升 1.16 个百分点,意味着 2013 年大约有 1570 万人由乡村地区进入城市。

不断提高,由此带来了发达国家的城市在早期所产生的各种城市问题,注重城市地下空间的平时使用功能成为城市建设重点。1986年12月,国家人防委和城乡建设环境保护部在厦门市召开了“全国人防建设与城市建设相结合工作座谈会”(简称“厦门会议”),会议联合发出了《关于加强人民防空与城市建设相结合工作的通知》(以下简称《通知》),转变了人防建设的思想,强调注重人防工程的平时使用与城市建设相结合,以提高地下空间的利用效率^[5]。1988年国家人防委、建设部联合又下发了《人防建设与城市建设相结合规划编制办法》(以下简称《办法》),要求“规划编制工作应在各级政府的统一领导下,由人防部门会同城市规划、建设和有关部门共同进行”。

此后,全国各地在《通知》和《办法》思想的指导下,拟制了人防建设与城市建设相结合的规划,逐步将大量的人防工程改造为能够平时利用的地下工程,并进行了其他功能类型的地下空间的开发,如上海人民广场地下商城的再开发、沈阳新客站地区的开发、大连体育场前地下停车库和商城的再开发、北京市西单商业区的再开发、兰州市中心广场的再开发等。人防工程改造成为这一时期国内城市地下空间利用的重要内容,体现了“平战结合”的地下空间利用模式。这一时期地下工程的特点是内环境在注意平战结合的同时,更多考虑平时使用的美观和舒适,发挥平时经济、环境与社会效益,外环境方面与城市公民和形态相结合,使我国人防工程建设与利用水平有了质的飞跃。

1.1.2 我国城市地下空间开发利用的现状

近20年来,城市地下空间的综合开发利用在我国正受到越来越多的重视,地下空间规划的编制内容也逐渐符合城市空间的实际发展需求,越来越注重城市重点地区地下空间资源的综合开发利用,以及与城市地面空间环境的整合等方面的研究。2010年,北京市政府提出“人防工程的使用方向要认真转向公益性质”,并在2012年下发的《北京市人民防空工程使用规划指导性意见》中明确了人防工程使用规划要突出公益便民,城市地下人防工程将更多地用于解决城市建设中“停车难”“居民活动场所少”的问题。2004年,北京市全市地下空间总量为2744万 m^2 ,截至2014年8月,北京市地下空间总量已达到7268万 m^2 ,平均每年增加730多万平方米,其中,北京CBD的核心区规划、建设了一个5层的地下空间,单体建筑规模达到52万 m^2 。此外,广州市目前地下空间开发总量也已经达到约1900万 m^2 ;上海市在2013年末地下空间开发总量已达到6800万 m^2 ，“严守建设用地总量,鼓励地下空间开发”已成为上海市的重点发展策略。

通过借鉴欧、美等国家的城市开发和建设经验,根据1997年建设部颁布的《城市地下空间开发利用管理规定》,2000年,深圳市结合正在开展的地铁设计工作,在特区范围内编制了较为系统的地下空间总体规划。2000—2005年,仅北京、深圳、杭州、南京等少数城市编制完成了地下空间总体规划。2005年后,我国开始全面展开地下空间总体规划,截至2015年底,我国已有超过100个城市开展了地下空间开发利用(总体)规划(部分城市参见表1-1)以及地下空间控制性详细规划的编制工作(表1-2),10多个城市出台了地下空间规划管理的地方法规,对有序开发城市空间和缓解城市矛盾起到了较为有效的引导作用。

表 1-1 我国部分城市地下空间开发利用(总体)规划编制情况

城市	规划编制时间	规 划 特 点
杭州	1993	进行总体规划修编时,确立 14 个研究课题,其中,“杭州市地下空间规划”作为一个重要课题展开了研究,并编制了专项规划
北京	2004	确立了“16 个研究课题”,进行了城市地下空间资源开发利用的“总体规划、详细规划、近期建设规划”等三个层次的规划编制工作,是目前国内内容体系架构最完善的地下空间总体规划
重庆	2004	依托轨道交通,形成“一环、两横、三纵、十一片”的整体形态,“一环”“三纵”分别指依托轨道 1 号线、2 号线、3 号线、5 号线展开的地下空间开发,“十一片”是以轨道交通在地下的车站为依托的地下公共空间开发利用重点片区
深圳	2006	纳入深圳市城市总体规划,以实现城市地下空间的统一规划和合理利用
厦门	2007	纳入城市总体规划,使地下空间的开发利用与城市的社会、经济、环境保持协调发展,促进战略目标的实现
沈阳	2011	规划范围为沈阳中心城区,面积约 1230km ² ,深度以浅层(-15m)空间为主,重要地区及设施涉及中层深度(-30~15m),规划形成 10 个重点地区和 20 个次重点地区
南京	2011	以单项地下工程为点,以城市各级中心地下空间为面,形成与地面空间结构相适应,以主城、新市区、新城为相对独立空间单元的“组团——集群式”布局结构
蚌埠	2012	以公共性地下空间资源的开发利用为规划控制与引导的重点,确定地下空间开发利用的总规模、总体布局结构与竖向分层、重要发展片区与节点,规划控制及布局引导要求
青岛	2013	依托轨道交通线网,构建“一环、三片、多中心”的城市地下空间布局结构,以规划期内将建成的 M1、M2、M3、M4、M6、R1 等 13 条轨道交通线路为轴线,串联各地下空间开发重点区域,促进青岛地下空间开发建设
合肥	2013	主城区地下空间总体布局结构为“两轴一环、多片多点、指状延伸”,10 个重点地区,20 个重要开发节点
临沂	2014	临沂中心城区地下空间的总体布局为“一主、两副、三轴、多点”,形成核心区地下空间互连互通发展模式,进行现有地下资源的整合,使新建设施互连互通,注重与远期资源的衔接
铜仁	2014	地下空间总体发展结构呈现“一轴、三核、多节点”的地下空间布局结构,对各设施适宜开发深度及可开发深度作出总体竖向引导
东营	2015	中心城区地下空间总体呈现“三轴、四核、五片”布局结构,将东营市地下空间分为综合功能区、混合功能区、一般功能区和贮备区四类功能区,针对四类功能区分别制定相应的分区控制策略

表 1-2 我国城市典型重点地区控制性详细规划编制情况

城市重点地区	规划编制时间	地下空间主要特点
深圳福田 CBD(规划研究)	1999	形成了“十”字形的地下公共大通道,既实现了中轴线复合公共空间系统的规划,又连接了深圳地铁在 CBD 的 6 个站点
杭州市钱江新城核心区块	2003	提出了针对地下空间的控制要素和引导要素体系
萧山钱江世纪城	2005	形成了“一核、两轴、三极、一网络”的地下空间开发规划整体布局结构
上海北外滩地区	2005	结合轨道交通枢纽,以大型综合公共空间为节点,形成“一轴、二核、五组团”的地下空间布局规划结构,确定了地下公共交通主导轴、地下空间开发核心区、地下空间开发重点地区以及一般区域,以有效保护地面历史建筑
上海江湾—五角场市级副中心控制性详细规划	2007	该规划是地上地下整体统筹、同步规划的代表,核心区地下一层重点开发商业、娱乐、休闲等公共活动功能空间,以下沉广场组织人流;地下二层重点建立轨道交通综合换乘枢纽
武汉王家墩商务区	2007	确定重点核心控制区域和普通控制区域
宁波市东部新城	2007	中心商务区是地下空间开发方式中最综合、强度最高的区域,呈现出连片成网、系统布局的特点
北京商务中心区	2009	选择以加拿大模式为主,通过用地间相互连通形成网络
上海虹桥商务核心区	2010	地上地下一体化的联动开发、建设,优化地下空间开发功能,在项目开发建设以及运营管理上进行合理的控制和引导
重庆市江北嘴商务区	2011	建设约 1.6km 的地下环道和约 1km 的出入匝道,将江北嘴“未来之城”的所有车库(约 15 000 个车位)互连互通
杭州市余杭区临平新城核心区	2011	“一主、一次、三轴、三点、四片区、一连通”地下空间总体结构格局,以轨道站点为核心的 3 个地下地上空间重要发展节点,人性化地串联地下空间的步行系统以及地下商业系统
番禺新城万博中央商业区	2012	地下空间分为 4 层,包括地下交通设施、地下市政设施、地下商业设施,总规模达到 171 万 m ²
青岛中德生态园商务居住片区	2013	形成地下步行系统,有效连通地下空间,结合地形进行竖向分层,总规模达到 152 万 m ²
广州国际金融城起步区	2013	规划形成“三核、三轴、七组团”的地下空间开发结构,核心区通过商业步行街形成的地下发展轴与其他组团相联系,形成共同发展的地下空间网络

1.2 地下空间规划所面临的问题和挑战

虽然近年来我国许多大、中城市已经开展了各个层面的地下空间规划和建设,取得一定的成效,但从编制技术角度而言,处于朝阳发展阶段的我国城市地下空间规划仍然存在较多的问题。

第一,我国许多城市单独编制的地下空间总体规划往往就地下论地下,地上、地下脱节,规划方案存在局限性。地下空间是城市地表的自然延伸,因此地下空间的功能定位、布局规划应与地面的区位条件、用地功能、结构形态紧密联系,规划时应全面统筹地下、地上,进行整体设计。

第二,由于长期存在地下空间的规划编制与快速发展的实际需要相脱节,缺乏在城市地下空间规划方面的相关编制标准和规范要求,在城市地下空间规划的过程中,虽然体现了一些基本的规划指标,但是缺少深度的规划和对地下空间建设的控制要求,或者由于控制要求过于原则而无法监督落实^[6],在规划理念、编制体系、规划内容、技术标准与深度、成果文件、法规建设、规划实施等方面还有许多需要补充、改进和完善的内容。

第三,相对于完善的地面空间规划体系来说,地下空间规划的竞争力和重要性仍显不足。在我国城市地下空间规划领域,研究成果多体现在城市总体规划层面下的地下空间利用指标与需求预测,一些指标的确定也过于笼统,只能从宏观上对城市地下空间的开发时机和目标等方面产生作用,地下空间规划仍然属于一个新兴课题,其发展历程并不长。

第四,到目前为止,我国仍然没有颁布任何国家层面的地下空间规划的编制规范和技术标准,各大科研院校及相关地下空间规划编制和研究机构对城市在地下空间规划的编制深度、阶段把握、技术方法等方面还处于各自摸索阶段,并未形成统一的框架,地下空间规划的可实施性较弱、缺乏整合,难以成为行之有效的控制依据和引导手段。

例如,《杭州市钱江新城核心区块地下空间控制性详细规划》借鉴了地上土地控制性详细规划的相关控制和引导要素,提出了针对地下空间的控制要素和引导要素体系。规划用图则的形式对地下空间的开发深度及通道的位置、功能、规模等提出详细的要求,为新城地下空间的合理、有序开发起到了明显的控制作用^[7]。该规划所确定的控制要素主要包括用地界限、地下建筑控制线、用地性质、用地面积、地下建筑性质、建设容量、开发深度、机动车位等控制性指标,引导要素主要包括地块的整体布局、地下建筑层高、地下通道与出入口的引导控制要求等。只不过这种做法过于强调地下空间的体系化和独立性,呈现出一定的专项规划特征,而缺乏与现行法定控规的有效整合。

因此,正确理解城市地下空间规划的特点,完善城市地下空间规划的内容与方法,建立、健全相关法律及规范体系是我国当前亟须解决的问题。城市决策部门应提高对地下空间开发重要性的认识,全方位地研究地下空间相关内容,抓住机遇,从立体空间的角度实现有效的空间统筹与空间管制,加强城市地下空间规划的可实施性,提高对下位的城市地下空间建设规划的指导性。未来城市地下空间的开发应重点体现“以改善空间环境为中心,以地下交通为重点,实现高强度、网络化”^[8]的基本原则,建设“可持续发展的城市空间”。

1.3 国内外研究现状

地面规划理论中对与城市地下空间相关的说明较少,仅有的几点也基本是在较为宏观的层面上所进行的描述,如控制性详细规划现场踏勘调查需要收集的地下空间利用资料,地下空间规划说明书文本、图纸、说明书的内容,以及对容积率的进一步解释等。

地面控规理论要求在分析城市地下空间的开发和利用时,应当考虑与当地的经济和技术发展水平结合,统筹防灾减灾、人民防空、交通、通信及商业服务设施等相关建设的需要,“确定地下空间开发利用具体要求”;地下空间利用规划图应包括规划各类地下空间在规划用地范围内的平面位置与界线(特殊情况下还应划定地下空间的竖向位置与界线),标明地下空间用地的分类和性质,标明市政设施、公用设施的位置、等级、规模以及主要规划控制指标;确定地下空间的开发功能、开发强度、深度以及规定不宜开发地区等,并对地下空间环境设计提出指导性要求等。

地下空间是被岩石或土层等介质围合的封闭性空间,作为城市建设的重要组成部分,城市地下空间规划要成为所有主要城市总体规划的正式部分,应该向城市或区域政府大力提倡在二维规划的成果基础上,增加地下空间控制性详细规划的内容,将地下空间开发控制纳入当前控规体系内,使其成为现行控规体系的重要组成部分^[2]。

地下空间开发容量的控制方法及指标与地面具有明显的区别。容积率是衡量城市地上空间土地使用强度的一项指标,是地块内所有建筑物的总建筑面积(地上)之和与地块面积的比值。容积率作为控制指标体系的核心内容,应该被置于各种研究的基础上,作为城市空间发展战略的直接体现,并应对其进行更加严格的控制^[9]。当前的容积率指标不能反映地下空间的开发建设强度,原因有以下几点:

(1) 地下空间缺少统一规划和统一协调,各个地块地下空间的开发各自为政,为以后的整体衔接造成困难。

(2) 当地上开发强度一定时,开发商会从地下空间开发中获取额外的经济利益。原建设部《城市地下空间开发利用管理规定》(2001年11月20日施行)第四章“城市地下空间的工程管理”第二十五条规定:地下工程应本着“谁投资,谁所有、谁受益、谁维护”的原则,允许建设单位对其投资开发建设的地下工程自营或者依法进行转让、租赁。因此,不同地块的地下空间的开发主要取决于开发商的经济实力,有些地块的地下空间会出现过度开发,而有些地块的地下空间则开发不足,地下空间开发权益的公平性和开发强度的合理性受到影响。

(3) 地下空间的开发应该协调考虑地下市政设施管线敷设和地下轨道交通的设置。

目前城市地下空间开发利用方面的研究内容主要包括以下几个方面。

1.3.1 地下空间开发动因研究

Monnikhof 等^[10]认为,使用地下空间的动因可归纳为以下三个因素:①提高居住环境的质量,通过地下空间的利用,可以限制一些扰民和危险的事情,将这些危险或者环境不友好的功能设施放入地下,可以保护附近居民生活的安全与舒适;②达到空间资源的有效利用,一方面可以提高城市用地容积率,另一方面可以实现不同功能的融合;③加强

“空间-功能”结构,通过在重要地区地下空间建设特定设施来腾出地面空间,以满足特定的功能要求,还可以将相互独立的功能组合成一个复杂的集合体。

Admiraal^[11]认为维持和提升空间质量是未来大范围使用地下空间的主要动因。

Edelenbos 等^[12]总结荷兰开发利用地下空间的主要目的如下:城市经济的发展引发人们对环境质量、交通的畅通性越来越高的要求;城市地面建设用地逐年减少,地下空间技术的进步以及政府管理者对于地下空间作为空间资源、缓解城市矛盾手段的认识的提升,促进了地下空间的开发利用。

Nordmark^[13]提出利用地下空间的动因是地形因素、土地资源的缺乏、环境保护以及对风景名胜地区的保护,同时,他强调从城市防灾减灾的角度看,一些与水相关的设施更加适合建在地下。

王璇^[14]提出地下空间开发利用的动因在于城市化引起的人口规模与地域规模的激增与城市基础设施的相对落后这一矛盾的“平衡、协调与发展”,其根本原因归结于经济发展、人口增长、城市扩张而引起的城市问题,地下空间的开发利用属于解决城市问题的被动发展。

赵景伟^[15]提出城市中心区公共空间的整合、协调发展的目标是通过实行立体化交通的整合,实现人与机动车的分行,保证城市公共空间的各项功能稳定、集约、高效运转,创建高质量的城市空间环境。

束昱等^[16]提出解决特大城市静态停车难的最有效途径是开发利用地下空间,规划建设地下深层立体机械化车库,城市市政公用设施的地下化与集约化发展是城市现代化基础设施建设的必由之路。

陈志龙等^[17]认为,地下空间的开发创造了城市特色的立体绿化,为城市绿化提供了更为多样的布置空间,绿化景观变化多样、层次更为丰富,同时,地下空间的开发为城市绿化的存在形式提供了多种可能,为城市增加绿化容量、提高城市环境综合效益提供了有效途径。

1.3.2 地下空间资源开发利用的适宜性评价研究

地下空间是人类宝贵的资源,1982年联合国自然资源委员会(Committee on Natural Resources, CNR)会议中指出:“地下空间是人类潜在的和丰富的自然资源。地下空间被认为是和宇宙、海洋并列的最后留下的未来开拓领域”。

20世纪80年代以来,我国在城市建设中已开始注意地下空间资源的开发利用,城市地下空间资源是城市空间资源的重要组成部分,它是城市集约化发展,实施城市立体化开发的重要保障^[18]。因此,在认清目前地下空间资源开发利用过程中存在问题的前提下,对未开发的地下空间资源做出科学的调查与评价,确定满足城市发展需要的地下空间开发利用适宜性的分布情况就势在必行。

地下空间资源开发利用的适宜性评价是指在对地下空间资源的地质、水文、地形及地下空间开发利用现状等条件进行分析和研究的基础上,总体判断地下空间开发利用工程难度和确定可开发的资源分布情况,目的是为地下空间开发利用总体规划和详细规划的编制提供依据^[19]。

Jaakko 等^[20]进行了地下空间在规划和土地利用方面的研究,提出依据岩石区、环境影

响和投资对地下空间资源进行评估分类,并对各种城市功能的可行深度分布提出了建议。

Sterling 等^[21]在明尼阿波利斯——圣保罗市做的一项城市地下空间开发利用规划中,根据明尼阿波利斯市以砂岩为主体的地质条件,对岩石层、土层分布、水文地质分布以及地形坡度与地下空间开发利用的空间形式和适宜性等要素进行了调查和分析,同时对已建成使用的地下管线、地下建筑和地上建筑等对地下空间资源开发利用的影响方式进行了分类,采用综合叠加的方法给出了明尼阿波利斯市可开发利用的地下空间资源的分布范围和适宜的开发利用空间形式。

Ronka 等^[22]对芬兰的一项名为“土地利用规划中的地下空间(Underground Space in the Planning and Land Use)”的研究中,考察了地下空间规划的现状,调查了各类地下设施的使用现状,并以此为基础提出了根据岩石区建设难度的地下空间分类,最终建立了岩层区的地下空间资源开发利用适宜性的评价模型。

孔令曦^[23]通过对自然资源可持续发展和地下空间可持续开发利用的相关研究综述,提出应从系统的观点出发,综合考虑地下空间资源开发利用同社会经济、生态环境、城市功能、人类活动……的相互影响和限制,构建指标体系作为城市地下空间可持续发展评价的基础框架,并在评价指标体系的基础上构建了一个三级模糊综合评价模型。

祝文君完成的“北京旧城区浅层地下空间资源调查与利用研究”,是国内首次完成的对城市宏观层次的地下空间资源调查,建立了国内第一个地下空间资源调查的模型和基本概念体系,以及地下空间资源分层调查的方法^[24]。该研究探讨了地质和水文条件、地面建筑尤其是保护建筑、地下管线等因素对地下空间资源影响作用的原理,采用遥感技术和计算机技术辅助调查北京旧城区(6250hm²)大范围地面空间现状,并进行相关分类,确定与地下空间资源合理开发利用的关系。对旧城区浅层地下空间资源进行调查的研究表明:由于地质条件均匀而优良、土层较厚、地下水位较深,影响北京旧城浅层地下空间资源可开发利用的主要工程性因素是地面建筑和文物保护及旧城改造规划。

黄玉田等提出灰色评估法对地下空间资源质量进行分级的讨论,建议以工程地质条件复杂程度、地下水条件、施工技术难度、环境影响程度、地域重要程度和综合效益水平六项影响因素作为评估因子,并对北京市地下空间资源的地质背景和地质分区进行了一定分析^[25],综合考虑与适宜性相关的工程难度因素、潜在价值因素,对地下空间资源质量进行了分级。

在《青岛城市地下空间资源综合利用总体规划(2013—2030年)》的编制研究中,青岛市城市规划设计研究院、同济大学地下空间研究中心采用了“平面+竖向分层”的模型来反映地下空间资源的三维特性,即在平面划分单元的同时,沿深度方向进行竖向分层的建模方式,记录空间属性信息,并进行地下空间资源评估。根据层次分析法的理论,将地下空间资源工程适宜性评价体系分为两个次主题层:

(1) 自然地质条件评价体系:该体系主要分析地形地貌、工程地质、水文地质、不良地质灾害等自然条件因素对地下空间资源开发利用的影响,对其进行分级,确定相应评价因子;

(2) 空间现状影响评价体系:该体系主要分析评估范围内地面建筑基础、管线、地下已建空间等已开发现状对未开发地下空间资源的影响和限制^[26]。

彭芳乐在贵阳市地下空间规划前期战略研究中,以地质灾害作为主导因素对地下空

间开发利用的地质条件进行评价,得到贵阳市地下空间资源开发利用适宜性评价成果图,分为适宜开发区、较适宜开发区和不适宜开发区三大类。

同济大学城市规划院及地下空间研究中心对青岛市黄岛区人防工程及地下空间规划编制中,选取地形地貌、工程地质、水文地质三大因素进行综合评判,得到黄岛区地下空间资源的适宜性分布。

官善友分析了武汉市的地质构造、岩土工程地质、地下水、不良地质作用与特殊性岩土、地质灾害等地质条件对地下空间开发的影响,根据这些地质条件的分布、特征及对地下工程建设的影响程度,将武汉市主城区浅层地下空间开发地质条件适宜性划分为适宜区、基本适宜区和适宜性差三个大区,并进行了分区和评价^[27]。

《天津市中心城区地下空间资源合理开发利用研究》由天津市地质调查研究院于2008年完成,该项目开展了岩石地层、生物地层、年代地层、磁性地层等方面的研究,建立了中心城区工程建设层的岩石地层层序,研究了主要区域性活动断裂对中心城区构造稳定性的影响,通过对遥感影像的解译和分析,完成了中心城区地面空间开发利用现状的调查,划分出了地面建筑对地下空间开发的影响范围,基本查明了中心城区工程建设层的水文地质、工程地质、环境地质等条件,在分析中心城区工程建设层的工程地质特征的基础上,划分了工程建设层的不同成因类型,为工程地质层的划分奠定了基础。该项目分析阐明了软土、液化土层对地下空间开发利用的影响,为中心城区地下空间工程地质适宜性评价提供了依据;首次运用 MAPGIS 工作平台,采用模糊综合评价方法,对中心城区地下0~60m深度范围内的地下空间资源质量按不同开发利用域的三个空间域进行了适宜性分区评价,进行了中心城区的地质构造稳定性区划,为中心城区地下空间开发利用的总体规划提供了重要依据。

赵旭东等^[28]通过对城市历史街区地下空间资源影响因素的分析,建立了历史街区地下空间资源质量评估指标体系,针对定性和定量指标各自不同的特征,利用隶属度和隶属函数法,确定单项指标的隶属度,采用多层次、加权平均型模糊数学综合评价方法,构建了历史文化街区地下空间资源质量评估模型。

1.3.3 地下空间资源开发需求预测研究

如果无序、过度开发地下空间资源,或在开发过程中忽略“可持续性发展”的真实含义,仅强调取悦感官效果,不仅造成经济上的浪费,而且使得赖以生存的自然环境遭到破坏^[29]。

目前,国内外还没有出现较为系统、成熟的地下空间开发利用需求预测理论,目前应用的预测方法主要有类比法、空间系数法、内外变量法、生态需求法、分项计算法等。类比法是一种比较简单而有效的预测方法,可以在类比结果的基础上加以修正和调整,使预测结果能够满足开发区域的建设条件和空间发展需求。地下空间开发需求预测还可以利用城市总空间需求量减去地面所能承受的极限开发规模,所得的差值作为地下空间的开发规模^[30],但需要对城市的地上和地下功能进行详细的分析,否则会造成城市建设的重复或某些方面的不足,降低了土地利用率,同时浪费了宝贵的地下空间资源^[31]。地下空间的开发规模预测还可以综合考虑城市地下空间建设的内、外变量^[32]以及“地面容积率、土地利用性质、区位、轨道交通、地下空间现状”等因素^[33]。

1.3.4 地下空间开发与控制方法研究

1. 国外研究概况

Asplund、Jaakko、Sterling、Admiraal、Bobylev 等学者分别对地下空间开发深度控制、内部安全性控制、开发规模控制、控制性详细规划、开发控制决策、功能与布局控制等方面进行了相关研究。

Asplund^[34]的《双层城镇》建立在对城市地下空间利用的基础上,提出了城市空间立体化的构想,初步描述了城市立体化的基本特征。

Jaakko^[20]等进行了地下空间在规划和土地利用方面的研究,提出依据岩石区、环境影响和投资对地下空间资源进行评估、分类,建议了各种城市功能的可行深度分布(控规内容)。

Delenbos 等则提出将投资、内部和外部的安全性、对环境和居民的影响等因素均列入地下空间开发利用评价指标。

荷兰于 1998 年进行了一项利用地下空间资源解决城市问题的“Randstad 空间规划”研究,提出在地下建设 100%的城市基础设施,城市按区域部分建设在地下,在特定地区可能获得多达 50%的可用地下空间。

Sterling^[35]通过研究,探讨了为什么城市地下空间规划没有能够成为所有主要城市总体规划的一个正式部分,建议向城市或区域政府大力提倡在二维规划成果的基础上,增加地下空间控制性详细规划的内容。

Admiraal^[36]提出了最早用于南荷兰省实践的地下空间发展态势论,这个概论结合了过去、现在与将来的多方设想,开创了一个创新性的解决问题的方法;有必要对地下空间项目进行经济效益预测,做好长远计划的贮备,建立决策系统。

Bobylev^[37]通过研究,讨论了地下空间的服务功能、分类及特征,对城市地下空间的使用者也进行了区分与认定,提出通过对地下空间进行三维规划,优化布局,来研究地下空间可能的功能与不同基础设施间的关系。

2. 国内研究概况

由于种种原因,自 2005 年开始,由同济大学束昱教授牵头编制的《中国城市地下空间规划规范》至今仍未颁布。部分学者自 20 世纪 90 年代后期开始进行了一些关于地下空间需求预测、规划指标及控制引导策略等方面的研究。

郑永来^[31]在预测城市 CBD 生态总空间的基础上,从空间协调角度出发,通过建立生态指标体系和不同的开发模式,利用多因素评价来确定空间协调系数,得到了一种基于生态系统指标的预测途径。

陈志龙^[33]认为地下空间的开发规模预测应综合考虑城市地下空间建设的内变量(地块面积、地上建筑总量、区位条件)、外变量(人均 GDP、进出口总额、第三产业比重、城市综合实力)因素(2006)、“地面容积率、土地利用性质、区位、轨道交通、地下空间现状”因素(2007)。

束昱^[38]结合“上海城市发展对地下空间资源需求预测研究”课题,提出了城市发展对地下空间资源开发利用的“和谐需求预测”理论的基本内涵,从城市总体发展和城市局部

区域发展两个层次分别对地下空间的功能类型和开发规模的预测方法进行了尝试性的探讨,提出了可供试用的预测方法。

张安等^[2]认为现行控制性详细规划指标体系已经不能适应日益增长的地块立体综合开发的需要,编制控制性详细规划时,必须主动研究地下空间开发控制,并对控制要素(土地和空间使用、建筑建造、设施配套、建设开发管理)和指标体系框架进行了分析与研究。

于一丁^[39]通过在地下空间利用强度、地下空间开发的主导功能以及地面、地下空间的功能适建性等方面进行的研究,提出我国地下空间开发需要量身定做出一套符合国情的规划编制技术方法,在技术上探索新路径。

姚建华^[40]以浙江省城市地下空间规划编制导则为例,分析了地下空间规划编制中存在的问题和编制城市地下空间开发利用规划的重要性和必要性,明确城市地下空间开发利用规划在城乡规划各个阶段中的主要任务和主要内容,指出在控规阶段地下空间规划应落实规划范围内各类地下设施的规模、平面布局和竖向分层等控制要求,详细规定开发地块地下空间开发利用的各项控制指标,提出地下空间连通要求和兼顾人防及防灾要求。

张铁军等^[6]以北京城市中央商务区为例,指出城市重点区域地下空间控制性详细规划编制要包括开发模式控制和各项指标控制,并对成果的形式进行了阐述。

彭芳乐、赵景伟等^[41]结合我国 CBD 地下空间的发展特征,进行了基于控规层面的城市 CBD 地下空间开发的控制方法、控制要素与控制指标的研究,构建了地下空间控规指标体系的基本框架,并在虹桥商务核心区一期控制性详细规划中进行了应用。

李鹏^[42]就地下空间的开发利用对城市生态化建设的正、负面效应进行对比分析,根据地下空间的特性以及生态城市的建设步骤,进行城市生态化建设过程中地下空间的功能发展层次研究,并在分析城市地面形态与地下空间形态之间的关系基础上,探讨地上、地下协调发展的城市地下空间平面布局与竖向分层的原则与方法,并结合上海市城市中、长期发展规划以及 2010 年世博会园区总体规划思想,对园区地下空间开发利用的规划与控制进行探索性研究实践。

李炳帆^[43]运用了系统论的思想,将城市中心区中地铁枢纽型地下空间看作一个系统,综合考虑人的特征、城市地下空间发展、城市中心区地面空间、地铁枢纽等方面因素的影响,分析了地下空间的构成要素,得出城市中心区地铁枢纽地下空间规划中的功能规模、空间组织、空间环境等方面的规划策略。

何其甲^[44]认为,城市的人文情怀是城市能够生机勃勃的必要条件,一味坚持大规模、高强度的土地开发方式不顾城市文化积淀,使城市变为混凝土的机器,旧城更新地区的地下空间开发利用规划应实行一种保留历史记忆的精明增长的土地开发模式。

张琳等^[45]基于利用地下空间去主动弥补、协同地面上的历史文化街区的研究思路,探索了地下空间在城市历史文化街区保护与再生中的角色、作用与策略,提出了城市历史文化街区地下空间在空间布局、功能开发、环境营造等方面的规划方法和资源评价、需求预测、专项规划、低碳节能、保护协调、效益评价等方面的关键技术。

张平等^[46]认为历史街区的地下空间开发应遵循开发与保护相结合、规模适宜性及地上地下一体化等原则,结合文物建筑保护区、文物及文物所在街区、文物遗址保护区和现有地下文物保护区在保护方面的不同要求和特点,因地制宜地确定地下空间开发利用模式,以达到既保护历史文化特色、保持历史街区风貌,又促进城市可持续发展的目的。

1.4 现代城市地下空间开发的内容及开发策略

进入 21 世纪,我国城市地下空间的开发数量快速增长,体系不断完善,特大城市地下空间开发利用的总体规模和发展速度已超过世界上许多发达的大、中城市,城市地下空间的开发内容也日趋多样化,特别是城市大型地下综合体的开发建设,已成为我国许多城市地下空间开发建设的重要内容之一。

1.4.1 现代城市地下空间的开发内容

从地下空间功能系统上分析,地下空间的开发包括地下交通、地下公共服务、地下市政设施、地下仓储物流以及地下综合防灾五大系统。在开发的具体内容方面,可以结合城市地面功能的划分方法分为地下居住空间、地下业务空间、地下商业空间、地下文娱及体育活动空间、地下交通空间、地下市政设施及物流空间、地下生产空间、地下贮存空间、地下防灾空间、地下埋葬空间等十类空间,除地下居住空间与地下埋葬空间外,其余地下空间都在现代城市的发展和建设中起到重要的作用。

1. 地下居住空间

随着近、现代城市的高速发展和不断提升的科学技术水平,城市居民早已抛弃早期人类所采用的地下居住方式(图 1-1)。目前,全世界 95% 以上的人口都居住于地面以上的空间内,仅有少数人口仍采用地下居住的方式,如我国中西部黄土高原上的窑洞民居、美国部分城市中的覆土住宅、南澳大利亚的库伯·佩蒂(Coober Pedy)地下城等。地下居住空间的环境条件一般不如地面,属于低标准的居住条件,且非常不利于地下防灾疏散,因此在未来几十年中城市一般都不会单独开发此类空间用于居住,只有在极为特别的情况下才有可能实现,而且基本是位于远离城市中心的特殊地域(图 1-2)。



图 1-1 早期人类地下居住空间



图 1-2 现代地下居住空间

值得一提的是,位于南澳大利亚的 Coober Pedy 地下城,曾是采挖 Opal(欧珀)宝石的报废矿洞,目前仍有 3000~4000 人在此居住。这个地区一年的 8 个月中都处于 35~

57℃,其他月份晚上的气温又非常低,工人为了满足长期的挖掘工作,又迫于气候条件的恶劣,于是有了将报废的矿洞改造成居室的办法,以躲避沙漠的酷热。据考证,这座地下城诞生于1915年,人口由50多个不同的民族组成。除未使用的矿洞外,地下城中已经改造有地下家居、地下教堂、地下陶艺室及地下图书室、地下娱乐等设施(图1-3)。

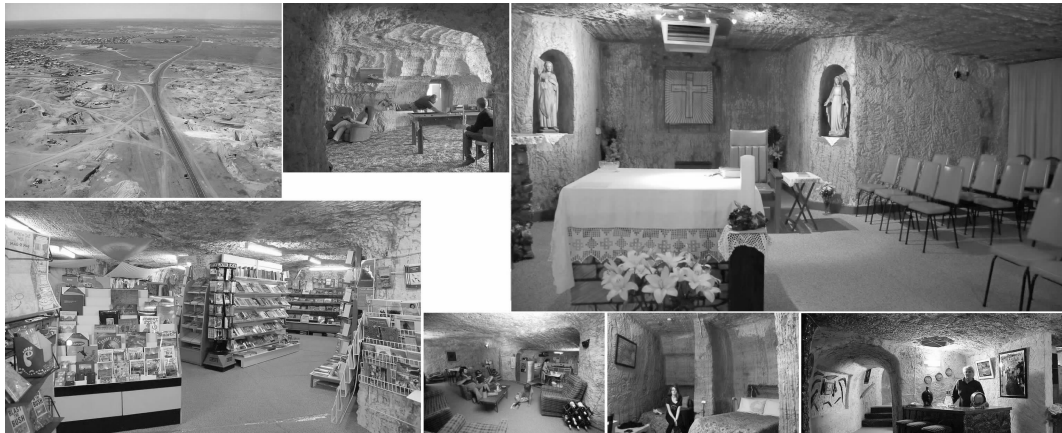


图 1-3 南澳大利亚的 Coober Pedy 地下城

2. 地下业务空间

实现城市的可持续发展,保护自然和生态环境,是紧凑城市的研究动力之一^[47]。城市要获得更多的绿色空间以保护自然环境,增进生态景观,必须有大量的土地用来种植植物以及建设居民的活动、交往空间,但这又与城市日益紧张的土地资源发生了矛盾。将传统地面业务空间建造在地下可以释放出很多地上空间用作人行步道和其他用途,如儿童游乐场、休闲场所或其他建筑,地下业务空间一般包括地下办公、会议、教学、实验、医疗、社会福利等,可以采用单建或附建两种建设形式。

3. 地下商业空间

商业本身也是一种业务活动,包括餐饮、批发、零售、金融、贸易等,因一般规模较大,参与活动的人数较多,在地下空间中的商业活动又较普遍,故可作为一项独立的内容。商业活动在地下空间中进行,可吸引地面上的大量人流到地下,有利于改善地面交通,在一些气候严寒多雪或酷热多雨地区,地下空间的购物中心更受居民欢迎(图1-4)。但是由于地下环境封闭,在人员非常集中的情况下,必须妥善解决安全与防灾问题。

4. 地下文娱及体育活动空间

地下文娱及体育活动空间主要包括棋牌室、读书阅览室、健身室、卡拉OK厅、博物馆、展览馆、音乐厅、舞蹈室,以及乒乓球、网球、滑冰、游泳等体育活动空间,是城市居民不可缺少的公共文化娱乐及体育设施。地下文娱及体育活动空间可以为居民提供良好的室内空间环境,能够有效地隔绝外界噪声,控制室内适宜的温、湿度,通过外界自然光线的引入或者照明设计为居民提供符合各种文娱及体育活动的照度。北欧一些国家如挪威、芬兰、瑞典等,由于冬季持续时间长、外部温度低,因此修建了许多地下文化娱乐及体育设施,如挪威的地下游泳池、地下网球场,芬兰的地下乒乓球场、地下音乐厅等。法国巴黎利



百联又一城地下商业空间餐饮区



万达广场商业空间

图 1-4 上海五角场地下商业综合体

用废弃的下水道建设了下水道博物馆,还计划将 1939 年法国参加第二次世界大战后废弃的地铁站改造为画廊、餐厅、夜总会、游泳池甚至公园,用以弥补有些区域体育和休闲设施的不足(图 1-5)。



图 1-5 地下文娱及体育活动空间

罗马尼亚西北部城市图尔达(Turda)有一个地下深 120m 的历史悠久的巨大盐矿,一直到 20 世纪 30 年代都在持续不断地产盐,经过上千年的挖掘,这座盐矿逐渐形成一座“地下宫殿”。在第二次世界大战期间,这里曾被用作医疗中心和避难所,当地政府在第二次世界大战后将这里开发成一个盐矿博物馆,让人们可以感受历史的变迁和人类发展的足迹。现在,这个巨大的盐矿又被赋予了新的功能——地下游乐园,地下游乐园内的温度

常年保持在 $10\sim 12^{\circ}\text{C}$ ，湿度维持在 $75\%\sim 80\%$ ，娱乐项目包括摩天轮、小型运动场、高尔夫、台球、泛舟湖和建在湖上的各种娱乐设施，以及电影院和音乐厅，此地成为著名的地下旅游胜地(图 1-6)。



图 1-6 罗马尼亚西图尔达地下盐矿游乐园

5. 地下交通空间

这是城市地下空间利用开始最早和迄今最为普遍的一项内容，也是目前在城市生活中起最大作用的一种地下设施。城市动态交通的一部分转入地下后，因快速、方便、安全、不受气候影响而受到广泛的欢迎。快速轨道交通、高速公路和步行道路均可布置在地下，承担城市客运量的相当部分(图 1-7)。地下空间还为城市静态交通服务，如车站设在地下，乘降和换乘方便，可减少地面上的人流；停车场放在地下，容量大，位置适中，可节省城市用地。

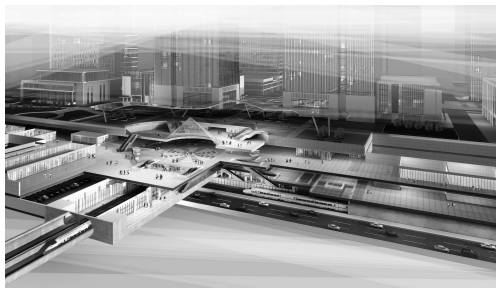


图 1-7 多维的城市交通系统

广州天河体育中心位于金融商业中心地带的天河核心区，是 2010 年广州亚运会的主赛馆，也是广州新中轴线上重要的景观节点(图 1-8)。改造前的天河体育中心地面设置了约 1520 个停车位，其中约 580 个是利用内部道路设置的路边停车车位，高峰期地面停车达到 2800 辆，导致大量的城市空间浪费于停车上，商业、休闲、游憩等设施 and 空间严重不足，给城市居民的日常活动带来非常大的负面影响。改造后的天河体育中心将地面



图 1-8 广州天河体育中心鸟瞰

停车转移至地下空间，地面上建成了面向市民开放的体育公园，可以满足市民平时的休闲、游憩和户外活动需求，重要的时期可以举办各种大型活动，或作为比赛场地使用。改造结合周边人流交通组织，利用地下空间设置一部分商业设施，构建了地下步行网络，连通了体育中心与地铁 1 号

线体育中心站、3号线石碑桥站、太古汇的地下部分,提高了轨道交通网络相互之间的连通性,改善了区域交通状况,完善了地铁换乘系统,提升了商业发展档次^[48]。

6. 地下市政设施及物流空间

地下市政设施及物流空间主要是指城市各种公用设施的管、线等所占用的地下空间(图 1-9),包括各个系统的一些处理设施,如自来水厂、污水处理场、垃圾处理场、变电站等(图 1-10)。地下空间的高防护性是市政及物流设施安全运作的有力保障,即使是在城市发生自然或人为灾害的时候仍能保证必要的正常运作,以维持城市秩序和救灾工作的顺利进行。

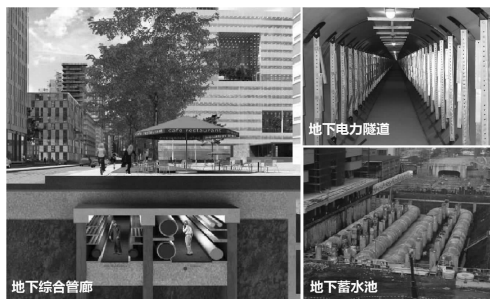


图 1-9 地下市政设施管线空间

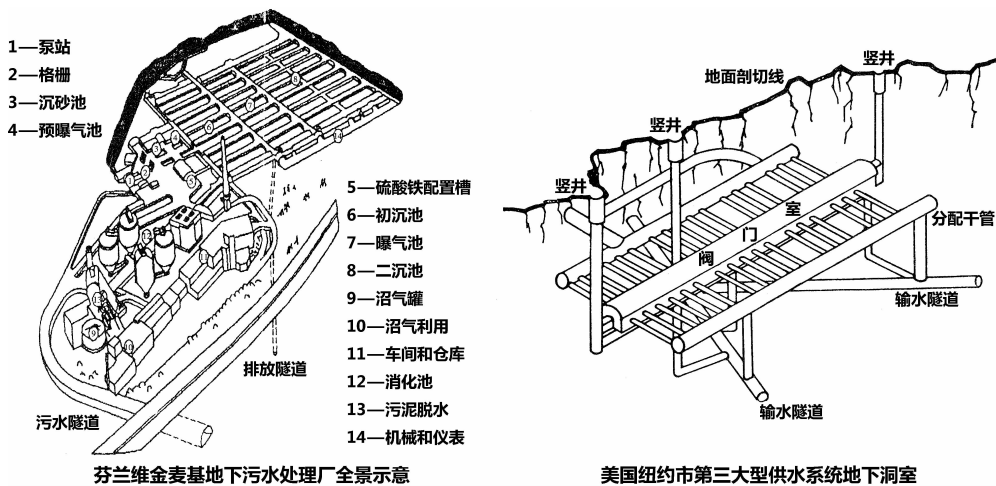


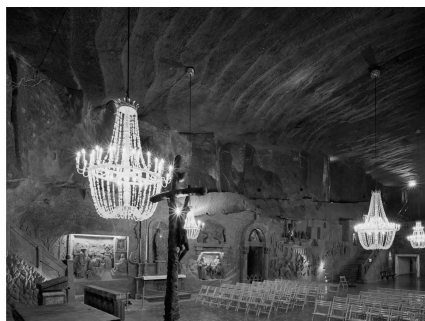
图 1-10 地下市政场站设施

7. 地下生产空间

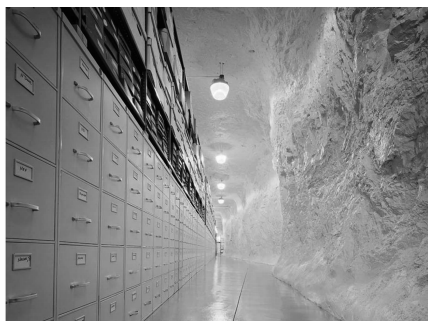
某些军事工业、轻工业或手工业的生产活动适宜在地下进行,特别是对于精密性生产,地下环境就更为有利。地下生产空间分为采掘和加工两种类型,采掘类地下空间包括开采各种矿石和燃料等所形成的空间,这类空间一般远离城市中心区,在采掘完成后有利于形成具有居住、展览、实验等功能的地下建筑,如南澳大利亚的 Coober Pedy 地下城、美国宾夕法尼亚州博耶斯铁山的科比斯影像保护设施(科比斯照片贮藏室位于一座面积为 1000acre(1acre= 4046. 856m²)的废弃石灰石矿场内)、波兰维耶利奇卡盐矿中的圣金卡小教堂、瑞典斯德哥尔摩的 Pionen 数据中心、美国堪萨斯州地下盐博物馆等。加工类地下空间包括电力、冶金、精密仪器、轻工、纺织、医药、食品等形成的空间(图 1-11)。

8. 地下贮存空间

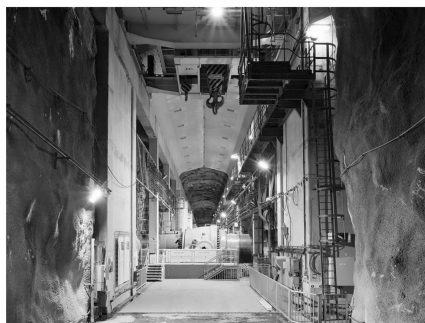
1971 年开始建设的青岛四方北岭地下粮库,1983 年建成使用,总建筑面积达到 10 504m²,总容量为 10 000t,是当时青岛市最大的平战结合库。由于地下环境最适合贮



波兰维耶利奇卡盐矿中的圣金卡小教堂



美国宾夕法尼亚州博耶斯铁山的科比斯影像保护设施



英国威尔士格温内思郡的迪诺威克发电站



美国密歇根地下食品供货中心

图 1-11 地下生产空间

存各种物资,故地下贮库是地下空间利用很广泛的内容之一。在地下贮存物资成本低,质量高,经济效益显著。地下贮存空间具有良好的隔热保温、防爆、防震、防辐射、占地面积小、贮存成本低等突出优点,对于贮存粮食、油品、气体、珍贵图书、文物、贵金属等,封闭的环境比在地面上安全得多,把某些危险品和有害的城市废弃物贮存在深层地下空间中,对城市地面的安全防护和生态环境保护都是有利的。

9. 地下防灾空间

城市是一个国家中社会、经济、文化最发达的地区,人口与建筑最集中,灾害损失在国家年均灾害损失中所占的比例相当大,城镇化水平越高,经济越发达,这一比例就越大。由于地下空间对于各种自然灾害和人为灾害都具有较强的防护能力,因而被广泛用于防灾减灾空间。近几十年来,一些国家建造了大量地下核掩蔽所等民防工程,这些工程对于平时的防灾也是有效的,无灾害时可以发挥其他使用功能(图 1-12)。

1.4.2 现代城市地下空间的开发策略

1. 交通功能设施地下化

为了综合有效解决城市交通问题,进一步加速推进城市部分交通功能设施的地下化是大规模开发利用城市地下空间的第一需求。城市部分交通功能设施地下化的重点领域有轨道交通设施、静态停车设施、结合地铁车站及城市(建筑)综合体规划建设公共人行道及道路交叉口的人行过街步道、城市交通瓶颈地区的道路地下化以及地下快速路系统等。城市地下空间的开发,应以地铁线为地下空间开发利用的发展轴,以地铁站为地下

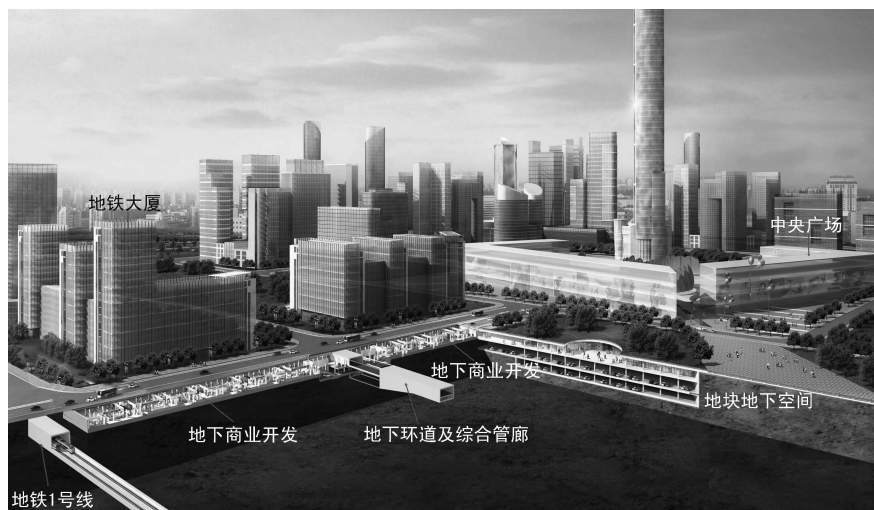


图 1-12 成都大源商业商务核心区地下工程

空间开发利用的发展源,形成依托地铁线网,以城市公共中心为重点的地上、地下公共活动空间体系。

2. 地下空间开发深层化、复合化、规模化

不断完善的轨道交通网络将持续引导城市地下空间资源进行进一步大规模、深层化、复合化、网络化的开发利用(图 1-13)。远期随着线路的不断增加,地铁建设需要从现有建成网络的地下穿行,与现有的地铁车站衔接,必然会促进车站地区地下空间的深层化、复合化、规模化,将进一步促进车站周边邻近土地和房产的再开发、再建设,促进地铁车站与周边邻近建筑地下空间的连接与互通,形成规模更大、体系更完整的地下公共步道系统、地下公共服务设施系统以及静态停车设施系统,推进地铁车站地区的城区立体化、建筑综合(体)化以及地下复杂化、规模化和深层化。



图 1-13 青岛市香港路地下空间综合开发构想

3. 地下公共服务设施人性化

坚持以人为本、科学发展,结合交通设施和人防工程设施的规划建设,大力发展地下公共服务设施是地下空间开发利用的新趋势。国内外实践证明,城市地铁车站地区是引发周边土地和房产大规模开发的发动机,这类区域最易发展成为城市(建筑)综合体,是地下空间最有开发利用价值的区域。这类区域地下空间的开发利用具有显著特点,即在开发功能上,应重点考虑与邻近建筑的联系,满足步行交通、商业服务、停车服务等需求,需要通过与地下空间相互连通以及与地上空间的整体协调,在高层建筑密集区等特定的城市功能区注重地下空间系统整合与连通,形成上下一体的网络体系,充分突出公共服务设施的人性化规划与建设;在开发形态上,应重点考虑与车站的整合和邻近建筑的连通,同时应考虑防空防灾的特殊需要,在兼顾设防和平战(灾)结合方面进行统筹规划。

4. 市政公用设施地下化、集约化

中心城区的市政公用设施地下化、集约化发展趋势将会进一步扩展。伴随着资源节约环境生态型社会的建设与发展,城市中心地区的主干电网、信息网、能源网的地下化和管廊化,垃圾收集转运、中小型污水处理场、雨水(中水)收集处理供给设施、区域性能源供给设施、变电站等市政公用设施的地下化发展需求越来越迫切。这一需求将会进一步推进中心城区道路地下深层空间、公共绿地及道路广场地下空间资源的进一步开发利用,进一步推进这些市政公用型功能设施与静态停车设施、文化体育娱乐、应急避难等公共服务设施的整合建设、地上地下空间资源的复合开发利用。

5. 能源设施地下化和地下空间信息化

伴随着生态与低碳、数字与智慧城市的规划建设和发展,中心城区的能源设施地下化以及地下空间信息化、智能化共享平台建设,将成为新的发展趋势。能源设施的地下化主要包括可再生能源的地下存贮、浅层低温地热资源的开发利用与输送设施、区域集中能源供给设施等。地下空间信息化设施主要包括地下空间资源与设施的信息化、信息化的传输设施、大型信息化处理设施等的地下化等。这些新型领域地下空间的开发利用是进一步科学经济、安全有效地促进城市实现“生态、低碳、数字、智慧”的重要保障。

6. 加强低碳城市发展模式研究

现代城市地下空间资源的开发利用与低碳城市发展密切相关。有序、合理、综合、高效地开发利用城市地下空间资源,是城市现代化改造与建设中解决中心城区高密度疏解,扩充基础设施容量,达到人车立体分流,提高城市综合防灾能力,寻求人文景观与自然环境的均衡统一,减少环境污染,节约土地资源等现代化城市更新与复苏过程中遇到的诸多问题中最为有效的途径。