

深层地下空间开发利用技术指南

彭芳乐 主编



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

深层地下空间开发利用技术指南

彭芳乐 主编



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

深层地下空间开发利用技术指南/彭芳乐主编. --上海: 同济大学出版社, 2016. 4

ISBN 978-7-5608-6271-2

I. ①深… II. ①彭… III. ①地下建筑物—开发—技术—指南 IV. ①TU9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 062240 号

深层地下空间开发利用技术指南

彭芳乐 主编

责任编辑 高晓辉 马继兰 责任校对 徐春莲 封面设计 陈益平

出版发行 同济大学出版社 www.tongjipress.com.cn
(地址:上海市四平路 1239 号 邮编:200092 电话:021-65985622)

经 销 全国各地新华书店
印 刷 常熟市大宏印刷有限公司
开 本 850 mm×1168 mm 1/32

印 张 5
字 数 134 000

版 次 2016 年 4 月第 1 版 2016 年 4 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5608-6271-2

定 价 36.00 元

本书若有印装质量问题, 请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

前 言

根据“十二五”国家科技支撑计划课题《城市深层地下空间与地下综合体开发技术及数字化研究》(课题编号:2012BAJ01B04)的任务书要求,由同济大学组成编制组,编制了《深层地下空间开发利用技术指南》(以下简称《指南》)。

本《指南》共分8个章节,主要包括:1 总则;2 深层地下空间定义;3 深层地下空间利用设施;4 深层地下空间利用模式;5 深层地下结构形式;6 深层地下设施的安全间隔距离;7 深层竖井结构;8 深层隧道结构。

编制本《指南》的目的,是为了在未来深层地下空间的开发利用过程中,让相关规划单位及建设单位有一个共同的技术指南参考,从而使相关的事业单位、技术人员等能够依靠统一的尺度进行深层地下空间资源的开发利用及管理。

编写单位和主要起草人

主 编 单 位：同济大学

参 编 单 位：浙江大学

上海建工(集团)股份有限公司

主要起草人：彭芳乐 朱合华 贾建伟 乔永康

徐日庆 王美华

目 录

前言

1 总则	1
1.1 目的	1
1.2 内容	1
1.3 适用范围	2
2 深层地下空间定义	3
2.1 日本大深度地下空间定义	3
2.2 本指南深层地下空间定义	4
3 深层地下空间利用设施	5
3.1 电力设施	5
3.2 热力设施	6
3.3 天然气设施	6
3.4 上水道	7
3.5 下水道	8
3.6 通信设施	8
3.7 垃圾处理设施	8

4 深层地下空间利用模式	10
4.1 封闭性再循环系统模式	10
4.2 分层开发地下空间模式	11
5 深层地下结构形式	13
6 深层地下设施的安全间隔距离	16
7 深层竖井结构	19
7.1 竖井设置形式	19
7.2 施工方法	20
7.3 力学响应	26
8 深层隧道结构	30
8.1 施工方法	30
8.2 力学响应	32
附录 A 深层基坑结构三维有限元分析	35
A.1 工程概况	35
A.2 模型建立	44
A.3 模型结果分析	51
附录 B 不同工法的比较分析	71
B.1 水文地质条件	71
B.2 模型建立过程	75
B.3 模拟结果分析	81

附录 C 深层隧道上覆土压力分析	101
C.1 隧道土压力的拱效应	101
C.2 日本经验	104
C.3 隧道上覆土压力数值模拟	105
C.4 改进的隧道上覆土压力公式	135
C.5 工程实例分析	146
参考文献	148

1 总 则

1.1 目 的

本《指南》的目的,是为了在未来深层地下空间的开发利用过程中,让相关规划单位及建设单位有共同的技术指南参考,从而使相关事业单位、技术人员等能够依靠统一的尺度进行深层地下空间的合理开发利用。

深层地下空间利用的对象为道路、铁路、电力通信、电气、天然气、河流等,目前各相关事业单位根据行业特点自行进行规划、设计、施工和管理。但深层地下空间的合理开发利用需要各个事业单位的协调,如果每个事业单位均使用自身的技术标准,就会导致深层地下空间开发的无序性,因此,本《指南》试图使各事业单位有统一的技术资料可以参考,为深层地下空间的合理开发利用及建设做出一定的贡献。

1.2 内 容

本《指南》,定义了深层地下空间的概念,并从技术的角度对

深层地下空间的开发利用方面做了一定的规定,具体包括以下几方面的内容:

- (1) 深层地下空间的定义方法;
- (2) 深层地下空间的利用方式及模式;
- (3) 根据深层地下设施的规模确定其隔断距离;
- (4) 深层竖井结构的力学响应特征;
- (5) 深层隧道结构的力学响应特征。

1.3 适用范围

本《指南》只针对城市建筑物用地的深层地下空间的开发利用,其他用途的地下空间利用参考其自有的法规及指南。

本《指南》只针对直径 20 m 以内的单圆盾构隧道,除此以外的其他盾构隧道,可以参考本技术指南加以进一步研究。

本《指南》是依据现有的理论进行研究而完成的,随着未来可能更多深层地下工程的不断进展以及对深层地下结构的深入研究,本《指南》也会根据新出现的技术见解进行更新。

2 深层地下空间定义

2.1 日本大深度地下空间定义

2001 年,日本政府正式通过了《关于大深度地下公共使用的特别措置法》,明确了大深度地下空间的概念:一般定义为距地表 40 m 深度以下的空间,对于持力层深度大于 30 m 的地下室或桩基础,其底部 10 m 以下的空间为大深度空间。具体如图 2-1 所示。

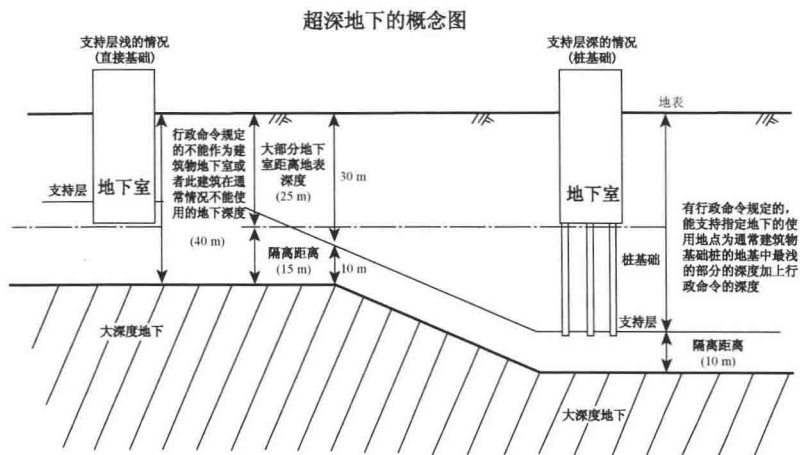


图 2-1 日本政府有关大深度地下空间的定义

2.2 本指南深层地下空间定义

在我国,不同城市对于地下空间竖向分层的划分有所不同。同济大学地下空间研究中心联合上海城市规划设计研究院将上海地区地下空间分为浅层(-15 m 以上)、中层($-15\sim-40\text{ m}$)以及深层(-40 m 以下)三个层次。

北京市最早提出了深层地下空间的概念。根据《北京市中心城中心地区地下空间开发利用规划(2005 年)》的定义,地下空间可以划分为以下四层:浅层空间(-10 m 以上)、次浅层空间($-10\sim-30\text{ m}$)、次深层空间($-30\sim-50\text{ m}$)和深层空间($-50\sim-100\text{ m}$)。

其他一些城市如广州、厦门,将城市地下空间划分为三层:浅层(-30 m 以上)、中层($-30\sim-50\text{ m}$)以及深层(-100 m 以下)。

在本《指南》中,深层地下空间专指地表以下 $50\sim100\text{ m}$ 范围内的地下空间。

3 深层地下空间利用设施

3.1 电 力 设 施

电力系统由发电所、送电设备、变电所以及供给到各个需求单位的配电设施组成。我国之前的产业发展特征是以配电设施的低价和迅速普及为重点,因此地下配电率比较低。

从城市景观以及提高防灾性能的观点来看,配电设施地下化是社会的必然要求。规模大的发电设施可以安置于深层地下空间,高压送电线置于共同沟或专用通道中起连接输电作用,整个城市的供电系统形成一个巨大的地下网络系统。

在现代,城市电力驱动了各种基础设施,为维持城市基础设施的正常运行,供电必不可少。因此,当发生大面积灾害时,大规模的断电会对交通、通信、医疗、行政等的正常运转造成巨大破坏。

根据已有的调查结果,灾害发生时虽然不同的基础设施需要的电量不同,但总体上保证平时电力供应的三分之一是必须的。从防灾的角度考虑,将供电系统设置在深层地下空间,对于

维持城市的正常运行是大有益处的。

3.2 热力设施

随着城市开发的推进和生活方式的改变,尤其是不断增大的能源消耗,造成城市的绿地面积不断减少,雨水的内滞留功能失去,最终形成热岛效应。为了减轻能源消耗给环境带来的负担,引进废热利用系统、提高能源的利用效率十分重要。

热力供应系统是指针对暖气、冷气、热水等能源的需求,从专用的热源装置通过导管向用户提供蒸汽、高温水、冷水等,从而达到防止大气污染、节能、防灾等效果。

东京的城市废热来源,污水处理厂占 42%,火力发电所占 33%,垃圾焚烧厂占 14%,地铁占 11%,这能够提供城市需要热能总量的 83%。通常产生废热的地区和需要热能的集中地区很少会一致,在目前城市地下空间利用错综复杂的状况下,想大范围构建新的热供应网络相当困难,因此为将这些废热转换为热能加以充分利用,利用深层地下空间进行规划存在切实的可行性,需要从城市基础设施整合的角度上将其设计成一个大范围能源利用系统。

3.3 天然气设施

目前,城市的天然气输送以地下输送为原则,但大多是直接

挖开道路,将其安置在浅层共同沟内,进行铺设,并没有预留养护的空间,后期由于修补空间和防爆设施的负担则会造成成本上升。从安全性和发生灾害时供给的角度考虑,在深层地下空间内共同设置天然气管道和其他管道是十分可能的。

根据已有的经验,当发生大范围的灾害时,天然气的供应就会变得很不稳定,几乎所有的灾害中都暴露出了天然气管道的脆弱性。天然气是城市的主要能源,无法使用会给城市的正常运行带来巨大伤害,将天然气管道设置在深层地下空间会使城市的运转变得更加安全。

3.4 上水道

从管道普及的观点来看,城市现有的上水道设施已经比较成熟。然而由于送配水管大多处于浅部地下空间,漏水灾害时有发生。从配水功能的效率化和安全性方面考虑,将分散的净水厂和供水厂有机结合起来是十分必要的。

相对于最近在大城市频繁出现的城市洪涝和干旱问题,可以通过在深层地下空间设置干线水管作为后备储水厂,协调不同水源的净水厂和供水厂。一个直径 2.5 m、长度为 10 km 的管路,其储水能力约为 5 万 t。准备若干这样的管路,既可以在洪涝期进行储水,也可以在干旱期进行补水,从而实现水源之间的相互支援。由于深层地下空间配水管内为流水,不需要像储水箱里的存水一样定期替换,因此在灾害发生时能够迅速恢复供水。

3.5 下 水 道

目前针对城市下水管道负担增加的问题,一直停留在人口增长导致污水、生产生活废水等增加的层面上,其实雨水处理才是更大的问题。在城市中心,雨水不会渗透到土壤中,大多数的降水都是直接流入到下水道中。

通过设置雨水和污水分别流出的分流式下水道,可以有计划地对污水和不浑浊的雨水进行分别储水,同时利用深层地下河川的储水功能,使雨水成为杂用水水源。

3.6 通 信 设 施

随着信息化的发展,现有的通信设施能力不足显而易见。通信安全对于科学技术、政治经济活动的重要性受到广泛重视,在深层地下空间设置通信设施,即使大范围灾害发生时,也能够保证信息通信的安全,进而保证整个城市的正常运行。

3.7 垃圾处理设施

现代化的城市每天要产生大量的生产生活垃圾,产生的垃圾要依靠卡车进行长时间的运输。当前的问题是垃圾回收效果差,同时焚烧厂和填埋处理厂周边垃圾车过于集中,造成

干线道路的堵塞,给周边的居民生活带来较大的影响。因此可以考虑通过深层地下空间通道,提高垃圾运输效率,改善城市环境。

可以在各个生产生活中心设置垃圾处理集中中转设施,将商业街及住宅区产生的垃圾进行集中,然后通过专用的电梯运到地下深层,专用的垃圾运输车将垃圾送到处理厂后进行严格的垃圾分类,再进行后续处理。

当发生大规模的灾害时,大量的家庭损毁的财产垃圾、倒塌房屋的建筑垃圾、火灾后房屋残骸等的处理都存在重要问题。如果能够充分利用深层地下空间的垃圾运输功能,对于城市救灾工作的作用显而易见。