

# 建设工程地面沉降研究探讨

卢俊义<sup>1,2</sup>, 杨敏<sup>1,2</sup>

(1. 同济大学岩土及地下工程教育部重点实验室, 上海 200092; 2. 同济大学地下建筑与工程系, 上海 200092;)

**摘要:**首先对地面沉降的定义进行了辨析,简单介绍了地面沉降的诱发因素。然后提出了建设工程地面沉降的概念,重点讨论了建设工程地面沉降的沉降机理、沉降危害、沉降控制标准和研究方法 4 个方面的内容。提出了建设工程地面沉降控制标准的制订原则和一些建议。研究结果对今后的地面沉降研究及建设工程设计施工具有现实的指导意义。

**关键词:**地面沉降;建设工程地面沉降;机理;控制标准

**中图分类号:**TU478 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2009)06-0067-05

**Discussion on Construction Engineering Land Subsidence/LU Jun-yi<sup>1,2</sup>, YANG Min<sup>1,2</sup>** (1. Key Laboratory of Geotechnical and Underground Engineering of Ministry of Education, Tongji University, Tongji University, Shanghai 200092, China; 2. Dept. of Geotech. Eng., Tongji University, Tongji University, Shanghai 200092, China)

**Abstract:** The author differentiates the definitions of land subsidence and introduces each induction factor briefly. Then, the author defines the construction engineering land subsidence. The author mainly discusses the mechanics, hazards, control criteria and research methods of construction engineering land subsidence. Control criteria principles and some advices of construction engineering land subsidence are put forward in the article. The analysis can provide actual guide on the research land subsidence and the design, construction of construction engineering.

**Key words:** land subsidence; construction engineering land subsidence; mechanics; control criteria

## 0 引言

地面沉降是一种普遍存在的地质现象,当其发展到危害人类生命财产和生存条件的程度时,就成为了一种地质灾害。从事地面沉降的研究者很多,但是,由于研究的着重点不同,国内外学者关于地面沉降的定义也不尽相同,容易引起混淆。笔者认为,关于地面沉降的定义可概括为 2 种:一种是广义的地面沉降定义,如 G. L. Bertoldi 总结的“地面沉降是由于地下支撑物的移动导致的地面标高损失”<sup>[1]</sup>;另外一种为狭义的地面沉降定义,如《上海市地面沉降防治管理办法》中提出的“由于自然因素或者人为活动引发地壳表层松散土层压缩并导致区域性地面标高降低的地质现象”<sup>[2]</sup>。相对而言,广义的地面沉降定义内涵小,外延大;而狭义的地面沉降定义内涵丰富,外延小。究其本质,后者仅仅是前者的一种特例。从定义的严谨性来说,前一个定义更严谨一些,因此,在本文中,笔者采用广义的地面沉降定义,即地面沉降是由于地下支撑物的移动导致的地面标高损失。

引起地面沉降的原因很多,可以分为自然因素和人为因素 2 种。自然因素包括海平面上升<sup>[3]</sup>、地

下可溶岩的溶解<sup>[4]</sup>、地壳活动<sup>[5]</sup>、软土的沉积作用<sup>[6]</sup>等;人为因素包括地下液体的开采<sup>[7]</sup>、天然气开采<sup>[8]</sup>、固体矿物的开采、建设工程的影响等。其相关关系如图 1 所示。

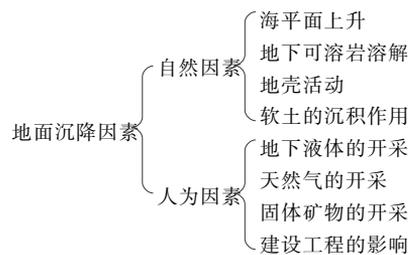


图 1 地面沉降影响因素分类

## 1 建设工程地面沉降概念

建设工程地面沉降是指由于工程建设引起的地下支撑物的移动导致的地面标高损失,是地面沉降的组成部分,属于人为因素引起的地面沉降。这里的工程是指土木建筑工程和建筑业范围内的线路、管道、设备安装工程的新建、扩建、改建及大型的建筑装饰活动,如房屋、铁路、公路、机场、港口、桥梁、矿井、水库、电站、通讯线路等。从这个定义出

收稿日期:2009-02-01

作者简介:卢俊义(1980-),男(汉族),湖北钟祥人,同济大学博士研究生,岩土工程专业,从事基坑工程对地面沉降的研究,上海市密云路 528 弄 4 号博士楼 504-3, tj12003234@126.com。

发,建设工程地面沉降并不是一个新课题,如土力学中的地基沉降本质上就是一种建设工程地面沉降。

一般性的建设工程地面沉降影响范围比较小,危害性也不大,研究者关注较少。在20世纪90年代,随着上海市建设工程的大规模开展,本来得到有效控制的上海市地面沉降问题又变得日益严重,同济大学和上海地质调查研究院通过研究发现,高层建筑群对上海市地面沉降有一定的影响,在高层建筑群引起的地面沉降研究方面取得了丰硕的研究成果<sup>[9,10]</sup>。近年来,城市轨道交通工程、基坑工程等地下建设工程引起的地面沉降也成了学者关注或争议的焦点。因此,本文主要针对基坑工程、城市轨道交通及高层建筑群这3种建设工程引起的地面沉降进行简单的介绍或探讨。

一般来说,建设工程地面沉降具有以下特点。

(1)客观性。建设工程地面沉降是客观存在的,有其自身的形成、发展和活动规律。

(2)不确定性。是指建设工程地面沉降发生规模及造成的损失的不确定性,和工程建设活动、建设场地周围地质环境及区域地质条件密切相关。

## 2 建设工程地面沉降机理

### 2.1 基坑工程引起的地面沉降机理

基坑工程引起的地面沉降主要由坑外降水和坑内土体开挖2部分引起。基坑降水时,基坑周围部分土体被疏干,被疏干土体的有效应力增加,引起土体的固结压密;同时,基坑降水时在坑内外形成水头差,在土体中形成渗流,产生的渗透力对基坑外土体有压密的作用,而对坑内土体有增加隆起趋势的作用。基坑外土体的压密和坑内土体的隆起都会引起基坑外土体产生向下的竖向位移,在地表就表现为地面沉降。基坑坑内土体开挖时,由于土体卸荷作用,一方面围护结构会产生向坑内的水平位移,另一方面会引起坑底土体的回弹,都会引起坑外土体的地层损失,从而引起基坑周围土体的地面沉降。

### 2.2 城市地铁工程引起的地面沉降机理

城市地铁工程引起的地面沉降主要由2部分构成<sup>[11]</sup>。第一部分是地铁施工过程中产生的地面沉降,包括盾构刚刚通过时或隧道刚刚开挖时所表现出的地层损失。当隧道掘进时,开挖面土体受水平支护应力可能小于初始侧压力,则开挖面前方土体可能会下沉。同时,盾构法隧道的初始衬砌脱离盾尾后,在隧道开挖壁面和衬砌外周围形成一环形空隙,土体将向这一空隙产生位移,从而引起地面沉

降<sup>[12]</sup>。第二部分是固结和蠕变产生的地面沉降,包括超孔隙水压力的消散和时间增长所引起的地层损失。尤其在软土饱和地层中,固结和蠕变产生的地面沉降更大。

### 2.3 高层建筑群引起的地面沉降机理

在上部结构荷载作用下,地基土中将产生附加应力,可视为土层的总应力。由有效应力原理知道,附加应力为有效应力和孔隙水压力之和,而土体的变形只受到有效应力的影响。由土的压缩原理和固结理论知道,在附加应力作用下,孔隙水压力随着时间的增长逐渐消散,而有效应力则随之逐渐增长,从而引起地基土的变形,导致建筑物及周围土体的沉降。一般来说,高层建筑群的荷载较大,且相邻建筑物的距离较小,由Boussinesq解可知,建筑物荷载在相邻建筑物的地基土中也会产生较大的附加应力,这样,建筑物自身和相邻建筑物在地基土产生应力叠加现象,地面沉降将加剧。

## 3 建设工程地面沉降危害

建设工程地面沉降产生的危害主要表现为2个方面,一是对建设工程本身或周围环境的危害,二是对区域性地质环境的破坏,进而对城市安全和城市可持续发展的危害。

### 3.1 建设工程地面沉降对建设工程本身或周围环境的危害

对于深基坑工程,建设工程地面沉降对基坑工程本身并不会产生直接的危害。但是,研究发现,基坑工程的最大侧向位移和最大地面沉降量有相关关系,即较大的侧向位移总是伴随着较大的沉降量出现。因此,若地面沉降量过大,则支护结构侧向位移也较大。当支护结构侧向位移超过一定的极限时,基坑可能发生失稳破坏。对于城市地铁工程,地面沉降直接影响到地铁施工和正常运营。对于高层建筑群,若沉降过大,可能引起房屋的差异沉降而导致房屋倾斜,危害建筑物安全。建设工程地面沉降对周围环境的危害比较明显,过大的沉降量可导致周围房屋开裂、管线断裂、路面沉陷等,造成的损失巨大。

### 3.2 建设工程地面沉降对区域性地质环境的危害

当建设工程规模较小时,建设工程地面沉降的影响范围较小,对区域性的地面沉降可能没有什么危害。但是,当建设工程地面沉降规模发展到一定程度时,就可能产生区域性的地面沉降。区域性地面沉降的主要危害有:地面不均匀沉降导致防汛墙

的防汛标准持续降低,迫使不断投入资金加高防汛墙;建筑沉降威胁着煤气、供水等市政管线的安全;隧道不均匀沉降又导致机动车加速磨损,增加运营风险和维修费用等。

从上面分析可以发现,建设工程地面沉降规模不同,危害也不同。为了消除建设工程地面沉降危害性,需要对其严格控制,就必须针对建设工程地面沉降制订合理的控制标准。

## 4 建设工程地面沉降控制标准

### 4.1 现行的建设工程地面沉降控制标准

目前,关于建设工程地面沉降控制标准的研究较少。为了消除建设工程地面沉降对周围环境或建设工程自身的影响,一些地区的建设工程主管部门根据以往工程经验制订了建设工程地面沉降控制标准。表1~3分别为现行的基坑工程、地铁工程和高层建筑关于地面沉降或地基沉降的相关控制标准。

表1 上海地铁基坑等级标准<sup>[14]</sup>

基坑等级	地面最大沉降量控制要求
一级	地面最大沉降量 $\leq 0.1\% H$
二级	地面最大沉降量 $\leq 0.2\% H$
三级	地面最大沉降量 $\leq 0.5\% H$

注: $H$ 为基坑开挖深度。

表2 国内外地铁工程最大沉降量控制表<sup>[15]</sup>

标准	地面最大沉降 /mm	地面沉降槽 拐点曲率	洞内拱顶下沉 /mm
日本等国标准	50	1/300	75~229
我国标准	30	1/500	50

表3 高层建筑物的地基沉降允许值<sup>[16]</sup>

建筑类型	建筑物地基沉降最终控制要求
多层和高层建筑的整体倾斜	0.002~0.004
体型简单的高层建筑基础的平均沉降量/mm	200

### 4.2 关于现行的建设工程地面沉降控制标准的争议

由前面的介绍知道,现行的建设工程地面沉降控制标准主要依赖于以前的工程经验。尽管现行的控制标准在生产实践中得到了广泛应用,产生了实际的社会与经济效益,但是由于控制标准的制订时间比较早,有学者对现行的控制标准提出了置疑和争议,主要有2种观点。

一种观点认为现行的控制标准过于严格,应该放松控制标准。如姚宣德等<sup>[17]</sup>通过对北京地铁工程的沉降实测资料进行统计,根据概率分布规律,在

地铁工程产生的地面沉降不会对地铁施工和周围环境产生破坏的前提下,认为以80、35 mm分别作为地铁车站和地铁区间的地面沉降控制的标准值比较合理,这个结果比表2中的30 mm的控制标准要大得多。若该控制标准应用于地铁工程地面沉降控制,其经济效益比较可观。

另外一种观点截然相反,认为建设工程地面沉降控制标准应该更加严格。如《地面沉降监测与防治技术规程》(征求意见稿)<sup>[18]</sup>建议在建设工程诱发地面沉降重点控制区,基坑工程的地面沉降预警值为累积沉降量6~8 mm,地铁工程的预警值为累积沉降量5~7 mm,显然比表1和表2的控制标准要严格很多。参考以往建设工程的地面沉降监测资料,如果执行该控制标准,则大量建设工程是不满足该控制要求的。

以上两种截然不同的观点孰对孰错不能一概而论。前一种观点似乎在安全性方面考虑的不足,仅仅考虑了地铁工程本身和周围环境的安全性,没有考虑是否对区域地质环境会产生危害。后一种观点强调了安全性,在经济性方面似乎考虑的少一些。

从表1~3可以发现,建设工程地面沉降对区域地质环境的危害在控制标准的制订中没有受到重视。这是因为在20世纪90年代以前,人们普遍认为区域性地面沉降仅仅是过度开采地下水引起的,基本上没有考虑到建设工程对区域性的地面沉降的影响。

### 4.3 建设工程地面沉降控制标准的制订原则

通过以上分析,笔者认为建立科学合理的建设工程地面沉降控制标准需要满足安全性和经济性2方面的要求。安全性要求是指控制标准需要满足消除由于地面沉降对工程本身及周边环境的安全性产生的不利影响,同时要满足区域性地面沉降的控制要求。经济性要求是指控制标准要满足建设工程造价的经济性要求,在满足安全性要求的同时,尽量减少工程投资。安全性和经济性是建立地面沉降控制标准的必要条件,两方面都不能忽略。若过分强调安全性要求,忽略了经济性要求,控制标准过于严格,为了控制建设工程地面沉降,必然会采取更多的工程措施,势必会大幅度增加工程造价。若忽略了安全性要求,控制标准过于宽松,建设工程本身、周围环境可能会存在安全隐患;若控制标准不能满足区域性地面沉降控制要求,则建设工程地面沉降可能成为区域性的地面沉降地质灾害的直接诱发因素,其危害将是灾难性的。因此,建设工程地面沉降

标准必须兼顾安全性和经济性的要求。

#### 4.4 如何建立合理的地面沉降控制标准

由前面分析知道,合理的地面沉降控制标准需要体现出安全性和经济性 2 方面的要求。理论上讲,只要找到了满足安全性条件下的最低控制标准,即为建设工程地面沉降控制标准。因此,解决该问题的关键在于寻求该最低控制标准。而安全性要求有 2 个层次,一个是满足建设工程本身及周围环境安全性的要求,另外一个满足区域性地面沉降控制的要求。关于前一个层次的控制标准研究的比较多,相关理论、方法及控制标准已经比较成熟,在此不赘述。后一个层次的控制标准关注的较少,笔者仅仅提出一些简单的看法,以供大家参考。

(1) 在控制标准上,不同地区应该有不同的控制标准,要有差异性。尽管区域性的地面沉降控制标准是相同的,由于各地区在已有地面沉降发育程度、地质环境及承载体的不同,应该采用不同的控制标准。如对于同一条地铁线路,闹市区的地面沉降控制标准要比郊区的严格。

(2) 在控制标准的参数选取上,应该针对不同的建设项目尽量细化,具有可操作性。以深基坑工程引起的地面沉降为例,不仅对其最大沉降量有控制要求,应该对沉降范围的大小,沉降曲线的形式有具体的控制标准。

## 5 建设工程地面沉降研究方法

关于建设工程地面沉降规律的研究很多,分别就基坑工程、地铁工程及高层建筑群工程引起的地面沉降研究方法和规律简述如下。

### 5.1 基坑工程引起的地面沉降规律

基坑工程引起的地面沉降研究方法主要有 2 类。

一类为基于地面沉降实测资料的经验统计方法,由于该方法直观简便,受到众多研究者的青睐。Peck(1969)根据奥斯陆和芝加哥地区的板桩和排桩支护结构的实测资料,绘制了反映墙后地面沉降与距离基坑壁的径向距离的关系图表<sup>[19]</sup>。Clough & O'Rourke(1990)根据实测数据给出了砂土、硬粘土以及软粘土中基坑开挖引起的相对沉降(沉降与最大沉降的比值)与距离的关系<sup>[20]</sup>。Hsieh & Ou(1998)根据台湾地区基坑工程的实测资料,建议了拱肩式和凹槽式 2 种地面沉降模式<sup>[21]</sup>。侯学渊教授(1997)提出了地层损失法的概念,在上海地区深基坑工程引起的地面沉降预测研究中得到了广泛应

用<sup>[22]</sup>。刘建航院士(1993)提出了时空效应估算法,该方法可以考虑软土地区时间效应和空间效应的影响<sup>[23]</sup>。唐孟雄(1996)基于正态密度分布函数法提出了基坑周围地面沉降的预测表达式<sup>[24]</sup>。

另外一种方法为数值分析方法,该方法理论较完善,能模拟工程实际情况,缺点是土体本构关系复杂,相关参数选择较麻烦。Clough & Hansen(1981)利用有限元分析了土层各向异性对土体、墙体位移及墙后地面沉降的影响<sup>[25]</sup>。Hashash Y. M. A.(1992)应用 MIT-E3 模型对波士顿的深基坑特性进行了研究,考虑了小应变非线性和各向异性条件下的应力应变关系的影响<sup>[26]</sup>。

### 5.2 城市地铁工程引起的地面沉降规律

城市地铁工程引起的地面沉降研究方法有理论方法、有限元方法和经验统计法等。张云等(2002)<sup>[12]</sup>提出了等代层的概念,分析了地面沉降对等代层参数的敏感性,应用位移反分析法研究了等代层参数的选取。SHIN J H 等(2002)应用有限元法分析了地下水对地面沉降的影响<sup>[27]</sup>。王霆等(2007)通过大量实测数据的统计分析,研究了北京地区盾构施工引起地面长期沉降规律,研究结果表明 69.8% 的地铁车站的地面沉降值 < 60 mm,大于相应沉降值的累积发生频率曲线符合正态分布<sup>[28]</sup>。

### 5.3 高层建筑群引起的地面沉降规律

高层建筑群引起的地面沉降研究方法主要有理论分析方法、经验统计法和灰色预测方法等。介玉新等(2007)研究了城市建设中大面积荷载作用的影响深度,对上海市高层建筑群引起的地面沉降现象进行了解释<sup>[29]</sup>。严学新等(2007)<sup>[9]</sup>通过对建筑密度和地面沉降数据的统计,研究了上海城区建筑密度与地面沉降的关系,研究结果表明建筑密度越大,建筑容积率越高,地面沉降越显著,并建议建筑容积率应在 0.9 ~ 1.2 之间。崔振东(2007)<sup>[30]</sup>将灰色预测理论应用于高层建筑群引起地面沉降的预测,和实验数据对比,预测结果较好。

## 6 结论与展望

### 6.1 结论

本文通过对建设工程地面沉降的介绍和分析,研究了建设工程地面沉降的机理、危害、控制标准及研究方法,得到以下结论。

(1) 建设工程地面沉降是地面沉降的重要组成部分,当其规模发展到一定程度,可能产生危害性,需要对其密切关注并加以控制;

(2) 建设工程地面沉降控制标准应该满足安全性和经济性的要求,不能忽视建设工程地面沉降对区域性地面沉降的影响;

(3) 建立地面沉降控制标准时,不同地区应该有不同的控制标准,控制标准的参数应该尽量细化。

## 6.2 下一步的研究工作

笔者认为应该从以下方面作进一步的研究。

(1) 针对不同地区、不同建设工程建立科学、可行的地面沉降控制标准;

(2) 加强对深基坑工程、地铁工程及高层建筑群工程沉降规律的研究,尤其是三者共同作用下的地面沉降规律研究。

## 参考文献:

- [1] BERTOLDI G L. Where do We Go from Here: A New Initiative for Subsidence Research in the United States [A]. Hyatt Regency, Sacramento, California; AEG. GRA 1995 Annual Meeting [Z]. 1995. 35.
- [2] 上海市标准.上海市地面沉降防治管理办法[S].上海市人民政府报,2006.
- [3] Antonio Brambati, Laura Carboognin, Tullio Quaia1, et al. The Lagoon of Venice: Geological Setting, Evolution and Land Subsidence[Z].
- [4] FAY, R. O. Guide to Roman Nose State Park, Blaine County, Oklahoma[J]. Oklahoma Geol. Survey Guidebook, 1959, (9): 31.
- [5] WEISCHET, WOLFGANG. Further Observations of Geologic and Geomorphic Changes Resulting from the Catastrophic Earthquakes of May 1960, in Chile[J]. Seismol. Soc. America Bull., 1963, 53(6): 1237 - 1257
- [6] FISK, H. N., McFARLAN, EDWARD, Jr., et al. Sedimentary Framework of the Modern Mississippi Delta[J]. Jour. Sed. Petrology, 1954, 24(2): 76 - 99.
- [7] Joseph F. Poland. Guidebook to Studies of Land Subsidence Due to Ground-water Withdrawal[Z].
- [8] Nagel N B. Compaction and Subsidence Issues within the Petroleum Industry: From Wilmington to Ekofisk and Beyond[J]. Phys. Chem. Earth, 2001, (26): 3 - 14.
- [9] 严学新, 龚士良, 曾正强, 等. 上海城区建筑密度与地面沉降关系分析[J]. 水文地质工程地质, 2002, (6): 21 - 25.
- [10] 唐益群, 严学新, 王建秀, 等. 高层建筑群对地面沉降影响的模型试验研究[J]. 同济大学学报, 2007, 35(3): 320 - 325.
- [11] Loganathan N, Poulos H G. Analytical Prediction for Tunneling-induced Ground Movements in Clays [J]. Geotech Geoenviron Eng, 1998, 124(9): 846 - 856.
- [12] 张云, 殷宗泽, 徐永福. 盾构法隧道引起的地表变形分析[J]. 岩石力学与工程学报, 2002, 21(3): 388 - 392.
- [13] DBJ 08 - 61 - 97, 上海市基坑工程设计规程[S].
- [14] SZ - 08 - 2000, 上海地铁基坑工程施工规程[S].
- [15] 崔玖江. 隧道与地下工程修建技术[M]. 北京: 科学出版社, 2005. 247 - 255.
- [16] GB 50007 - 2002, 建筑地基基础设计规范[S].
- [17] 姚宣德, 王梦恕. 地铁浅埋暗挖法施工引起的地表沉降控制的统计分析[J]. 岩石力学与工程学报, 2006, 25(10): 2030 - 2035
- [18] 上海市标准. 地面沉降监测与防治技术规程(征求意见稿)[S]. 上海市建设与交通委员会, 2008.
- [19] PECK R B. Deep Excavations and Tunneling in Soft Ground. State-of-the-art Report [A]. Proc 7th Int Conf Soil Mechanics Foundation Engineering [C]. Mexico, 1969. 225 - 290.
- [20] CLOUGH R W, O'ROURKE T D. Construction Induced Movements of In-situ Walls [A]. Proceedings, Design and Performance of Earth Retaining Structures, ASCE Special Conference Ithaca [C]. N Y, 1990. 439 - 470.
- [21] Hsieh, P-G, Ou, C-Y. Shape of Ground Surface Settlement Profiles Caused by Excavation [J]. Canadian Geotechnical Journal, 1998, 35(6): 1004 - 1017.
- [22] 刘建航, 侯学渊. 基坑工程手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997.
- [23] 刘建航. 地下墙深基坑周围地层移动的预测和治理之二[J]. 地下工程与隧道, 1993, (2): 2 - 15.
- [24] 唐孟雄, 赵锡宏. 深基坑周围地面沉降与变形分析[J]. 建筑科学, 1996, (4): 31 - 35.
- [25] Clough G W, Hansen L A. Clay Anisotropy and Braced Wall Behaviour [J]. J. of Geotechnical Engng, ASCE, 1981, (107): 893 - 913.
- [26] Hashash, Y. M. A. Analysis of Deep Excavations in Clay [Z]. Ph. D. Thesis, MIT, Cambridge, Mass. 1992.
- [27] SHIN J H, ADDENBOOKE T I, POTTS D M. A Numerical Study of the Effect of Groundwater Movement on Long-term Tunnel Behaviour [J]. Geotechnique, 2002, 52(6): 391 - 403.
- [28] 王霆, 刘维宁, 张成满, 等. 地铁浅埋暗挖法施工引起地表沉降规律研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2007, 26(9): 1855 - 1861.
- [29] 介玉新, 高燕, 李广信. 城市建设中大面积荷载作用的影响深度探讨[J]. 工业建筑, 2007, 37(6): 57 - 62.
- [30] 崔振东, 唐益群, 卢辰, 等. 工程环境效应引起上海地面沉降预测[J]. 工程地质学报, 2007, 15(2): 234 - 236.

## 河南二水浅层地热能利用示范工程顺利验收

本刊讯 近日,河南省地矿局水文二队杜康大酒店浅层地热能(水源)开发工程顺利验收。该工程合同额为145万元,采用节能环保的水源热泵技术对杜康大酒店传统老化的供暖制冷设备进行改造,利用地下200米以内的地下水源作为冷热源,地下水源流经热泵机组时进行热量交换,实现了夏季制冷、冬季供暖以及24h提供生活热水的功能。

此种水源热泵空调系统设备一经投入使用,后期维护费

用比传统方式要低很多,具有良好经济效益。另外,浅层地热能开发利用工程能效高、无污染、节能环保,符合我国现阶段大力提倡的节能减排政策。

该工程是河南二水浅层地热能利用示范工程,其顺利竣工标志着河南二水已正式进入浅层地热能市场,为该队开辟了新的发展领域,增加了新的经济增长点。

(河南省地矿局水文二队 严珊珊 供稿)