

综 述

采动影响区的建筑物地基及其稳定性评价内容的探讨

谭勇强

(煤炭科学研究总院 开采设计研究分院, 北京 100013)

[摘要] 阐述了采动影响区建筑物的地基概念; 结合现行的规程和规范, 对采动影响区与建筑物地基的稳定性有关的工程地质条件、地基变形的动态发展、地表裂缝、地表移动活跃期与地表移动活跃等评价内容进行了讨论。

[关键词] 采动影响区; 建筑物; 地基; 裂缝; 活跃期

[中图分类号] TD823.83 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1006-6225 (2008) 04-0001-04

Discussion on Evaluation of Foundation Stability of Building Influenced by Mining

TAN Yong-qiang

(Coal Mining & Designing Branch, China Coal Research Institute, Beijing 100013, China)

Abstract This paper expounded the concept of building basement. Combined by current regulations and rules, some evaluation items related to stability of building basement such as geological conditions, dynamic development of basement distortion, surface fissure, active phase and movement of surface were discussed as well.

Key words area influenced by mining; building; foundation; fissure; active phase

在沉陷区这一不良地层条件下建造砖混结构建筑物, 国外已有专门的规范和规程。在我国, 虽然尚无系统的专门规范供工程技术人员和管理人员参考, 但也有一些行业规程和规范指导着这一特殊领域的工程行为。参考国内外的相关规程和规范, 基本明确了在以下几种情况下不宜建造建筑物:

- (1) 在地表可能出现塌陷坑、台阶、裂缝等非连续变形的地段;
- (2) 地表移动活跃的地段;
- (3) 特厚和倾角大于 55° 的厚矿层露头地段;
- (4) 由于地表移动和变形引起边坡失稳和山崖崩塌的地段;
- (5) 地表倾斜大于 $10\text{mm}/\text{m}$, 地表曲率大于 $0.6/\text{m}$, 或地表水平变形大于 $6\text{mm}/\text{m}$ 的地段。

同时明确了下列地段作为建筑场地时, 应评价其适宜性:

- (1) 采空区采深采厚比小于 30 的地段;
- (2) 采深小, 上覆岩层极坚硬, 并采用非正规开采方法的地段;
- (3) 地表倾斜 $3\sim 10\text{mm}/\text{m}$, 地表曲率为 $0.2\sim 0.6/\text{m}$ 或地表水平变形 $2\sim 6\text{mm}/\text{m}$ 的地段。

实际上, 采取一些必要的技术措施, 某些非连续变形的地段也可以作为新建砖混结构建筑物的建

设场地; 而在地表移动活跃的地段, 避开地表移动活跃期, 选择适当的施工时间, 也可以进行工程建设。这些都需要具体地分析、研究采动对砖混结构建筑物地基的影响程度。

1 采动影响区的地基

将采煤沉陷区用作砖混结构建筑物的地基, 对地基的稳定性进行评价时, 明确建筑物的地基范围对于恰当评价沉陷区某一建筑物的地基稳定性十分重要。

在非采动影响区, 地基是指受建筑物影响的那一部分地层, 包括建筑物荷载在土层引起的附加应力以及由附加应力引起的地层压缩沉降。建筑物上部结构的荷载通过基础传至土体, 并向土体深部扩散, 土体中的附加应力随着扩散深度的增加而迅速减小, 到某一深度的土层后, 由上部结构、基础所产生的附加应力已很小, 由此而产生的该土体的压缩量也很小, 对于建筑物的稳定已无实际意义, 而基础底面以上土体对基础产生的土压力为静土压力, 在建筑物室内外无高差时, 基础两侧的静土压力基本上保持平衡, 即使室内外有一定高差, 但静土压力对常规性设计的基础尚不构成威胁。因此, 一般将基础底面以下、某深度范围内的土体统称为

[收稿日期] 2008-01-28

[作者简介] 谭勇强 (1966-), 男, 陕西西安人, 工学硕士, 高级工程师, 主要从事采动条件下的建筑结构、地基与基础的设计, 沉陷区综合治理等研究。

建筑物地基 (见图 1)。显然,在非采动影响区,建筑物基础是在地基土之上修建的。

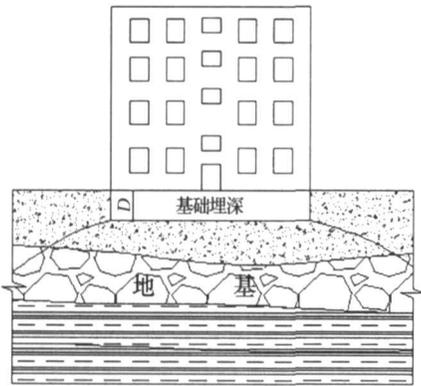


图 1 非采动影响区建筑物地基范围

在采动影响区,地层自下而上要发生垂直方向的不均匀下沉和水平方向的不均匀移动,这些土体对建筑物的基础及上部结构产生的动态附加应力,其作用过程对建筑物的影响已达到不可忽略的程度。在地表至基础底面以上,水平移动的土体不仅会在基础两侧产生不平衡的动态土压力,而且还会产生作用于基础轴向的动态拉力或动态压力;在基础底面以下某一深度,土体的不均匀下沉更主要的不是建筑物在土层中产生的附加应力引起的,而是由于采矿导致的岩层或土层垮落形成的,对于先建后采型建筑物,这种现象更为显著。

因此,采动影响区建筑物地基(图 2)的深度范围应从建筑物的室外或室内地坪开始,到某深度的土层以上范围,在水平范围上,应考虑对基础侧面产生动态土压力、对基础产生轴向压力或拉力的某一范围的土体作用,显然,在采动影响区,建筑物基础是在地基土之内修建的。在建筑物周围某一范围内开挖沟、槽,能有效减缓采动对建筑物的不利影响,这一措施表明,在基础埋深以上,某宽度范围内的土体移动与变形,对建筑物的基础会产生较为显著的附加应力的作用,因此这部分土体也应视为建筑物的地基。对于多层砖混结构民用建筑物,当采用天然地基的浅基础时,这一宽度大约为 5 倍基础埋深。

2 采动影响区地基工程地质条件及动态发展

范围广泛的沉陷区的工程地质条件与某个建筑物地基的工程地质条件是不同的。在沉陷区,某一地层的空间展布,有可能高差较大、层厚分布不均,但在某些范围较小的区段,却有可能高差较小、层厚分布比较均匀而适于修建建筑物。采动影

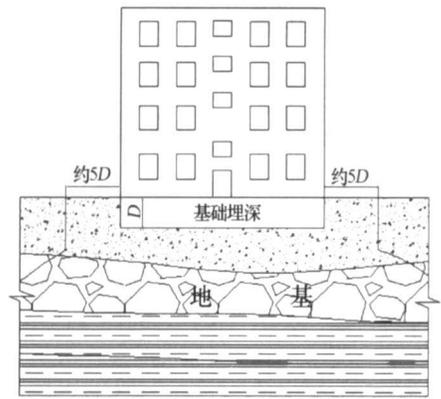


图 2 采动影响区建筑物地基范围

响有可能导致地层内的水体大面积疏排或水位下降,加剧地表的沉降,但对于建筑物所处的某些区段,由于地下水疏排或水位下降而产生的建筑物沉降却相对均匀,并不会加剧地表及建筑物的不均匀沉降。因此,应在采动影响的广泛条件下,根据建筑物场地的具体位置,判断或评价其工程地质条件的变化是否会对建筑物构成潜在威胁。

整个沉陷区地表移动与变形的发展过程是复杂的,而某个单独的建筑物的地基的移动与变形的发展有可能是相对单一的,主要决定于建筑物在沉陷区中的位置。仅以地表曲率变形的动态发展而言,位于最终的地表下沉盆地中部区域($K=0$)的建筑物,必然要经历地基土由 $K_0=0 \rightarrow K_1 > 0 \rightarrow K_2 < 0 \rightarrow K_3=0$ (K, K_0, K_1, K_2, K_3 均为地表曲率)的动态发展过程的影响;位于最终的地表下沉盆地次边缘区域($K < 0$)的建筑物,要经历地基土由 $K_0=0 \rightarrow K_1 > 0 \rightarrow K_2 < 0$ 的动态发展过程的影响;位于最终的地表下沉盆地边缘区域($K > 0$)的建筑物,仅经历地基土由 $K_0=0 \rightarrow K_1 > 0$ 的动态发展过程的影响;位于地表最早发生沉降区域($K < 0$)的建筑物仅经历地基土由 $K_0=0 \rightarrow K_1 < 0$ 的动态发展过程的影响。因此,在采动影响区建筑物地基稳定性评价中,明确建筑物场地在沉陷区中具体位置,并分析建筑物所在位置的地表动态发展过程,对优化建筑物的选址及设计方案,节约投资等都十分重要。

3 采动影响区的地表裂缝与建筑物的地基裂缝

采动区影响区的地表裂缝与建筑物的地基裂缝均为地表非连续变形的特征之一,前者的范围比较广泛,而后者的范围相对较小。当地表裂缝发生在建筑物的地基范围内时,才有可能对建筑物的地基构成影响或破坏,地表裂缝在建筑物的地基范围以

外,则不会对建筑物构成影响。在建筑物地基范围内以台阶式、地堑沟式等出现的地表裂缝,往往会对建筑物形成结构性破坏,而不以台阶式、地堑沟式等出现的宽度与发展深度均较小的地表裂缝,需结合建设场地的岩土工程地质条件等评价其对建筑物的影响。

采动影响区地表裂缝的出现,除与地质采矿条件有很大的直接关系外,还与地表土层的覆盖厚度及其物理力学性质有关。在目前基于测量成果上的、并假设上覆岩层为均匀连续变形体的地表移动与变形预计或计算方法,难以预计裂缝的宽度、位置及发展情况,但根据采矿条件,地表土层的覆盖厚度及下覆岩层的各种特征,可以对地表裂缝出现的位置进行一些经验性判断,如果裂缝出现在建筑物地基范围内,则将这些经验性判断、地表移动与变形的预计结果、地基土的岩土工程条件和物理力学性质及场地条件等相结合,则可对裂缝是否对建筑物地基构成威胁进行基本的判断。

在实际的工程中,地表形成的裂缝,如果其发展深度在建筑物基础的持力层以上,且地表水不会通过裂缝下灌,则对建筑物的某种型式的基础影响不大,而当地表排水通过地表裂缝流入持力层及下卧层造成地基土的承载力下降或压缩性增大时,则极有可能对建筑物造成较大的危害,特别是对湿现性黄土地基的潜在危害更大。再之,由于地基土的物理力学性质的不同,抵抗地表变形的能力也不相同,同等程度的比较小的地表变形 ($|\epsilon| < 4\text{mm/m}$),对有些黏聚力和塑性均较小的砂质黏土、粗砂等地基土就会发生裂缝,但黏聚力较大的黏性地基土发生裂缝的可能性却很小;其三建筑物基础及上部结构对地表裂缝也具有一定的适应能力。因此,应结合建筑物场地的岩土力学性质、地表排水及拟建建筑物的结构刚度、基础埋深等具体情况,对裂缝是否对建筑物地基的稳定性有潜在影响进行评价。

4 地表移动活跃期与地表移动活跃的地段

地表移动活跃期是指时间,而地表移动活跃的地段是指场地,且具有地表移动活跃的阶段特点。在地表移动的总时间内,地表的移动过程可分为初始期、活跃期及衰退期3个时期。初始期指从地表开始移动至地表下沉速度小于 50mm/月 (煤层倾角小于 45°) 或小于 30mm/月 (煤层倾角大于 45°) 的阶段,此阶段地表的下沉速度逐渐增大;活跃期指地表下沉速度大于 50mm/月 (煤层倾角

小于 45°) 或大于 30mm/月 (煤层倾角大于 45°) 的阶段,此阶段地表的下沉速度继续增大,到某一峰值后逐渐减小;衰退期指地表下沉速度从小于 50mm/月 (煤层倾角小于 45°) 或小于 30mm/月 (煤层倾角大于 45°) 至移动稳定的阶段,此阶段地表的下沉速度逐渐减小。

在某些采矿及上覆岩层条件下,在采煤形成的地表移动过程中有可能没有活跃期,或者沉陷区的某些地段达不到地表移动活跃的程度,如果地表倾斜不大于 3mm/m ,地表曲率不大于 $0.2/\text{m}$ 或地表水平变形不大于 2mm/m ,则地表移动对建筑物地基的稳定性构成安全性威胁的可能性极小。《岩土工程勘察规范》(GB 50021-94)中甚至没有要求在地表倾斜小于 3mm/m ,地表曲率小于 $0.2/\text{m}$ 或地表水平变形小于 2mm/m 的地段,需要进行建设场地的适宜性评价,因此在这些地段修建建筑物是具有地基的安全性保证的。

地表移动活跃的地段,必定经历了地表移动的初始期,并进入活跃期,以后会逐渐进入衰退期。在整个地段的移动过程中,对建筑物的影响相应呈现逐渐增大、达到峰值、再逐渐减小的趋势,这些地段如不出现塌陷坑、台阶、地堑沟等剧烈的非连续变形,并且出现的连续变形的水平变形、曲率、倾斜等最大值不超过某种限度,则在一些必要的技术条件下也可以修建建筑物。

实际上在矿区有两类压煤建筑物,在经历地表移动活跃阶段的影响后,并未出现结构上的功能性破坏:

一类是已有的建筑物,在建造时并未考虑地下煤炭资源的回收,而到后期又需要回收这些资源。通过优化井下工作面布置,采取特殊的采煤方法、采煤工艺等控制地表移动与变形不超过已有建筑物的抗采动影响能力,在兼顾回收部分资源的同时,也保证了地表建筑物不受结构性损害,地表建筑物也基本经历了地表移动的全过程,这类建筑物数量较大,本身具有一定的抗采动影响能力,村庄下、矿区工业广场下、城镇下采煤的情况就是如此;

另一类是在未来的采动影响区先行有计划地修建抗采动影响建筑物(先建后采),基于对地下采煤活动对地表影响程度的充分预计、对地表修建建筑物与地下采煤的技术经济的充分论证,采取一定的抗采动影响措施,房屋建成后,再充分回收地下资源,显然此类房屋也经历了地表移动的全过程。

上述建筑物在使用的某一时期,也处于地表移动活跃的地段,经历了地表移动活跃期、很少出现

结构性损害,都具有“在地表移动开始之前均已建成,且具有一定的协调地表移动的抗采动影响能力”的特点。这种情况表明,地表移动活跃的地段,其地表移动与变形的各项指标值如果不超过某种程度,对于某些具有一定刚度和强度的建筑物,不具有结构性破坏的潜在威胁。但是,在这些地段修建建筑物,都应避免在地表移动的初始期与活跃期施工。

在地表移动的初始期和活跃期,地基土的移动与变形必然要对正在施工的建筑物基础或上部结构产生附加应力,附加应力的施加过程极其复杂多变,即使对建筑物的同一构件,有时呈现压应力状态,有时又呈现拉应力状态,大小不一,必然会使正在施工的建筑物的墙、柱、梁、板等结构构件很难达到设计所要求的强度和刚度,竣工的建筑物也难以达到整体的抗采动影响能力,特别是对现浇钢筋混凝土构件影响最为显著,因此不应在此阶段进行抗采动影响建筑物的施工。

5 抗采动影响建筑物的建设与使用

建筑物的使用功能,是以建设场地的合理选择、恰当的设计、符合质量要求的施工、使用期间及时的维修等为保障的。抗采动影响建筑物的建设除进行地基的稳定评价之外,还必需有恰当的抗采动影响设计及施工。在我国尚无系统的“抗采动影响建筑的设计规范”,在《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程》(国家原煤炭工业局 2000 年版)中,对采空区建筑物的平面布置、建筑设计、地基基础设计等有一些零散的原则性条款;《波兰采矿影响区承重墙体系建筑物设计规范》(波兰建工研究院,煤炭工业出版社,1992)推荐的采动区建筑物结构设计方法在国内也有广泛的应用。

国内工程技术人员的研究成果和实践经验已趋于一致,从国内外的规范、规程到目前的研究成果,不仅基本肯定了沉陷区建造建筑物必需进行特殊的抗采动影响设计,而且也肯定了地下开采活动与地表建造建筑物的施工活动的协调控制、必要的抗采动影响构造措施及使用期间的维修保护措施等,对建筑物的安全使用均有不可却的作用。这些综合性的技术及管理措施,在采动影响区建筑物地基的稳定评价阶段,就应成为工程建设所重点关注的内容。

6 结论

(1) 相对于非采动影响区建筑物的地基,采

动影响区的建筑物地基涉及的土层在立面上更深、在平面更广,这是采动影响区地基的不均匀下沉和不均匀平移所决定的。

(2) 明确建筑物场地在沉陷区中的具体位置,分析建筑物所在位置的地表移动的动态发展过程及其对建筑物的潜在危害性,对优化建筑物的选址及设计方案,避免不必要的投资等都十分重要,应成为采动影响区地基稳定性评价的主要内容之一。

(3) 对不以台阶式、地堑沟式等出现的宽度与发展深度均较小的地表裂缝,应结合建筑物场地的岩土力学性质、地表排水及拟建建筑物结构刚度、基础埋深等具体情况,对裂缝是否对建筑物地基的稳定性有潜在影响进行评价。

(4) 在某些采矿及上覆岩层条件下,在采煤形成的地表移动过程中有可能就没有活跃期,或者沉陷区的某些地段达不到地表移动活跃的程度,如果地表变形的指标值不超过某种程度,则地表移动对建筑物地基的稳定性构成威胁的可能性极小,在一些必要的技术条件下也可以修建建筑物。

(5) 大量的“先建后采”工程实例表明,在一些条件下,在地表移动活跃的地段,也可以修建建筑物,但不应在地表移动活跃期施工建造。

(6) 采动影响区修建建筑物,是以建设场地的选择、恰当的抗采动影响设计、符合质量要求的施工、使用期间及时维修和保护等综合性的技术及管理措施为保障,在采动影响区建筑物地基稳定性评价阶段,就应成为工程建设所重点关注的内容。

【参考文献】

- [1] 煤炭科学研究总院北京开采所·煤矿地表移动与覆岩破坏规律及其应用 [M]·北京:煤炭工业出版社,1983.
- [2] 谭勇强·采动区地表曲率变形与砌体建筑的地基基础 [J]·煤炭科学技术,2003(7).
- [3] 谭勇强,万秀芳·地表不均匀下沉时基础与地基间工作状况分析及地基处理 [J]·煤矿开采,1997(2):36-38.
- [4] [西德]H·克拉茨·采动损害及其防护 [M]·马伟民,王金庄,等译·北京:煤炭工业出版社,1982.
- [5] [波兰]波兰建工研究院·波兰采矿影响区承重墙体系建筑物设计规范 [M]·郑椒村译·北京:煤炭工业出版社,1992.
- [6] 陈仲颐,叶书麟,等·基础工程学 [M]·北京:中国建筑工业出版社,1996.
- [7] GB 50021-94 岩土工程勘察规范 [S]·北京:中国建筑工业出版社,2002.
- [8] 煤炭工业局·建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程 [M]·北京:煤炭工业出版社,2000.

【责任编辑:邹正立】