

地下水回升对浅埋地下结构的影响分析 ——以中国衡水为例

Analysis of Influence of Groundwater Recovery on Shallow Buried Underground Structures —Taking Hengshui, China for Example

赵素杰

Sujie Zhao

河北省地质矿产勘查开发局第三水文工程地质大队 中国·河北 衡水 053000

The Third Hydrological Engineering Geological Brigade of Hebei Provincial Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Hengshui, Hebei, 053000, China

摘要: 在地下结构的诸种病害中, 地下水的危害最为严重。论文着重讨论中国衡水市地下水回升对浅埋地下结构的影响以及相应的对策, 可供地下工程设计, 施工和使用单位参考。

Abstract: Among all kinds of underground structure diseases, groundwater is the most serious harm. This paper focuses on the influence of groundwater recovery on the shallow buried underground structure and the corresponding countermeasures. For underground engineering design, construction and use unit reference.

关键词: 地下水回升; 浅埋地下结构; 影响

Keywords: groundwater recovery; shallow buried underground structure; influence

DOI: 10.12346/eped.v1i1.6898

1 引言

近几年, 许多有远见的地下工程学者越来越关注地下水上升对建筑物的影响。例如, 在北京西单站的设计与施工方案的研究中, 很多专家都认为地下水的恢复效应是必须要考虑的, 而石家庄市火车站前地下购物中心的设计也是如此。地下水位上升的原因有两个。一是地下水有恢复的可能性; 以伦敦为例, 18、19世纪时, 将地下水位从地下70公尺抽干, 但因工业生产模式的逐步变化, 抽水量减少; 因此, 地下水位升高, 地下水位上升, 20世纪地下水对伦敦的隧道构成了巨大的威胁。此外, 在战争时期或60年代, 人防工程的进度加快, 一些地方的地下水上升速度可以达到每年1 m。目前伦敦盆地的白垩层以上的沙层和黏土层的水压已经大幅度提高, 这将导致岩层的运动, 并导致黏土层的膨胀; 工业企业停止生产或搬迁, 大量的抽水, 也将使周边的地下水重新恢复。在强降雨过程中, 地下建筑物周边的地下水也会出现短暂的升高, 这与地下结构自身的特点有关。地下建筑的特征是“一旦建成就很难重建”。所以, 在目前的地下水

位较低的情况下, 如果没有恰当的预测和措施, 地下水一旦恢复; 这不仅会对地下建筑物的正常使用产生直接的影响, 还会对建筑物的安全造成威胁。而对地下结构浅埋地下水的研究, 则更加需要认真细致地加以考虑。

2 中国衡水市近几年浅层地下水水位动态变化

中国衡水市市域面积8815平方公里, 其中有咸水分布区的面积为8058.63 km², 下面主要针对浅层咸水区分析水位动态变化。

2.1 咸水分布区2020年末与2015年末浅层地下水水位相比

咸水分布区2020年末与2015年末浅层地下水水位相比, 上升区面积达到2176.83 km², 主要分布在安平县东南部—深州北部、冀州区大部、衡水西部、枣强西北部、景县南部、故城西部, 水位上升速率平均约为1.09 m/a, 上升值大于4 m、2~4 m、小于2 m的面积分别为7.74 km²、79.62 km²、1601.75 km²^[1]。

【作者简介】赵素杰(1983-), 女, 中国河北阜城人, 本科, 高级工程师, 从事水文地质、工程地质与地热地质研究。

2.2 2021 年年末浅层地下水流场特征

衡水市浅层地下水年末水位埋深大于 40 m 的地区,呈片状分布在深州市西北、饶阳县大官亭;水位埋深 30~40 m 之间的区域,分布在安平中大部、饶阳中部和深州市的中北部呈带状分布;水位埋深 20~30 m 的区域,在深州市中部、饶阳县中南部呈条带状分布,在枣强大部片状分布;水位埋深 10~20 m 区域,在深州市中东部、景县龙华西部等地区呈带状或零星片状分布;水位埋深 7~10 m,在冀州市西部、深州市中南部、景县大部等区域呈带状分布;水位埋深在 4~7 m 区域,主要分布于武强西部、阜城大部分等区域呈条带状分布;水位埋深在 2~4 m 区域,主要分布在衡水城区西部、故城县东部等区域呈片状分布;水位埋深在 < 2 m 区域,衡水城区大部、故城县东北部区域,呈片状分布(见表 1)^[2]。

表 1 2021 年 12 月末浅层地下水水位埋深分区表

水位埋深分区 (m)	水位埋深分区面积 (km ²)	占总面积的百分比 (%)
< 2	1224.07	13.88
2~4	1395.55	15.83
4~7	1925.73	21.85
7~10	344.3	3.91
10~20	2400.24	27.23
20~30	582.02	6.60
30~40	685.71	7.78
> 40	257.38	2.92
合计	8815.00	100

综上可见衡水市的地下水正在不断回升,其中 2020 年与 2015 年相比,最高水位埋深上升 5.65 m,平均年上升速率 1.13 m/年。见图 1。

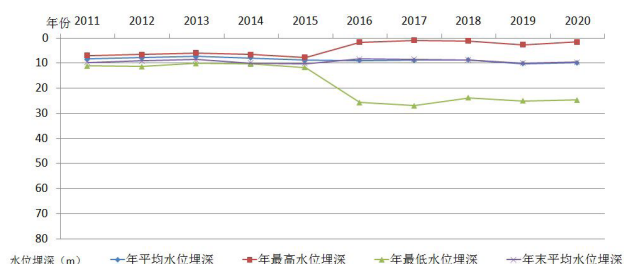


图 1 有咸水区本五年与上五年水位特征值变化对比图

3 地下水回升对衡水市浅埋地下结构的影响

地下水回升对衡水市浅埋地下结构的影响主要表现在以下几个方面。

3.1 对结构整体稳定的影响

对于深埋地下建筑,只要结构型式合适,地下水对其整体稳定的影响不大,可不予考虑,对浅埋结构,尤其是城市中特浅埋结构(覆盖层厚 0.5 m 左右)就需要认真对待。浅层地下水水位回升,给原有结构产生了一个向上的浮力,这

个浮力沿结构的底部基本上是均匀分布的,而地下结构本身和结构内各种设施的布置沿结构底部一般是不在同一标高,地基也可能是不均匀的,当地下水回升后,有可能使结构产生严重的相对变形,甚至产生倾斜,从而导致结构裂,有时由于结构局部变形过大,还可能诱发结构的整体失稳^[3]。在结构刚度和抗渗性足够的情况下,对于特浅埋结构,地下水的回升,有可能使结构产生向上的悬浮,从而影响地面工程建设。主要有以下几个方面的影响:①在基底之上的地下水水位变动对地基的影响较小;②当地基之下的压力层范围内,地下水水位的改变会对建筑物的安全产生直接的影响。水位升高会导致地基的强度下降,建筑物的沉降量也会增加,而对黄土、膨胀土的影响会更大;水位的降低会使地基的自重应力增大,导致地基的附加沉降和非均匀沉降;特别是在基坑开挖过程中,要特别重视附近建筑物的降雨。③在地下构造物施工中,由于地下水的上升,必然会对结构物造成浮力,导致结构整体上浮、底板破裂甚至损坏。此外,还对地下建筑物的防潮、防潮不利。④地下水水位的改变将对河谷、岸边、边坡岩土的稳定性的影响。⑤冻胀、融陷引起的建筑物产生过大的沉陷和不均匀沉降,严重影响了建筑物的安全和正常的使用。

3.2 对结构边墙的影响

在城市特浅埋地下结构中,大部分采用的是直立边墙,直边墙本身对侧向压力的抵抗能力是比较弱的。而地下水的回升,使地层中的水压力大大增加,从而作用在地下结构边墙上的压力也随之增加,使边墙处于不利的受力状态,此时可能由于强度不足而出现破坏。另外,地下水能使黏土膨胀,从而使作用在边墙上的压力进一步增大(这部份压力有些情况下是很大的,具体数值可由实测确定),可见地下水回升对边墙受力影响也较大,应事先估计其影响^[4]。

3.3 对结构防水层的破坏及结构材料的影响

一般浅埋地下建筑都作有外贴防水层,当地下水位低时,对防水层的抗水压强度及施工质量有时不被重视,一旦地下水压力上升,常遭致破坏,衡水市某人防旅店,历经十个寒暑,均未见渗漏,某夏突降暴雨,地面积水盈尺,地下室周围水压急剧增高,防水层被突破,水流从砖缝中喷射而出,半小时之内地下被淹没。

地下水回升后对地下结构材料(绝大多数为钢筋混凝土)的影响主要有:①承压水作用,在水压作用下,地下水进入混凝土内部互相连通的孔隙和毛细管通路以及在施工成型时震捣不实产生的蜂窝、孔洞等,往往会加速裂缝的开展。②软化作用—在地下水长期作用下,会程度不同地使结构材料产生软化,造成强度降低。③冻融作用地下水回升后,混凝土内部孔隙、毛细管以及蜂窝、孔洞内的水遇冷膨胀(水结成冰体积可膨胀约 9%)产生相当大的压力,这种膨胀力往往使混凝土发生开裂,当气温升高时,冰又融化。如此反复冻融,混凝土内部的微细裂缝逐渐增大和扩张,使混凝土

强度逐渐降低,甚至遭受破坏^[4]。④侵蚀作用当地下水中含有害矿物质时,对结构材料将起腐蚀作用。

4 对地下水回升的相应对策

铁路部门经过长期的工程实践,从许多经验教训中,得出了铁路隧道治水“以排为主,截、堵、排相结合的综合治理”措施。城市地下结构的工作条件与铁路隧道不同,治水措施重点也将不同,但“综合治理”的思路值得借鉴。对于新建或已建地下结构,可采用不同措施,现分述如下。

4.1 新建地下结构

4.1.1 加强结构自身防水能力

大量地下工程实践经验表明,地下结构的防水首先要考虑其结构本身的自防水能力。结构自防水主要是利用防水混凝土,它既是承重结构又兼有抗渗透防水作用,是地下结构抗渗防水的主体和骨架。其他柔性或刚性的附加防水层和加强防水层应与它紧密配合,才能更好地发挥其抗渗防水作用。中国地下结构主要采用普通防水混凝土,防水混凝土配合比的设计与施工是保证其密实性和抗渗性的关键。试验表明,防水混凝土的石子一般是致密而不透水的,砂浆与粗骨料之间的连接面是渗水的薄弱环节。因此,防水混凝土的关键是提高其砂浆的质量和数量,保证能将粗骨料充分完全地包裹起来,使之形成不接触、不透水的密实整体,以提高防水混凝土的抗渗性。因此,在设计和施工中,必须严格控制防水混凝土对水灰比、灰砂比和拨开系数的要求。混凝土的水灰比不应大于0.6,石子间的拨开系数(砂浆体积/石子空隙体积)取1.8~2.3。灰砂比的选择极为重要,因为当水灰比确定之后,防水混凝土的抗渗性就取决于灰砂比了,所以灰砂比的确定,最好根据具体抗渗性要求做试验确定,四川省人防的经验数值是:水灰比一般为0.45~0.55,坍落度为3~4 amn,含砂率为35%~36%,(中砂偏细),灰砂比为1:2~1:2.5,水泥用量为320~400 kg/mn,水泥品种宜用普通硅酸盐水泥和掺外加剂的矿渣水泥^[5]。

4.1.2 设置较强的防水层

在暗挖、明挖、倒挖等工程中,可以采用防水层作为第一条防水线。在隧道复合衬砌时,需要在模压混凝土外加一层防水,而在明挖、反开挖施工中,采用的是与暗挖法相同的边壁和底板。防水涂料主要由以下几种材质组成:①沥青防水材料,如沥青涂覆防水层,加热预制沥青-胶合板防水层,设置沥青防水层等;②防水塑胶,如乙烯、聚乙烯、异丁烯、抓磺化聚乙烯等^[6]。

4.2 已成地下结构物

4.2.1 抽水措施

当城市浅层地下水出现回升势头时,可采用一个协调地抽取城市耗水量的计划来加以控制,抽水费用与地下结构发生危险后进行补救和对新建筑物设置防护的费用相比要小一些。例如,伦敦市面对迅速回升的地下水,在市中心建了

30孔抽水井,其抽水能力为 3.0×10 L/日(约为伦敦市中心日常耗水量的5%)。若抽出的水能找到恰当的用途,如供饮用或用于清洁环境、冲洗厕所等,则抽水方案的费用尚可进一步降低^[7]。

4.2.2 注浆措施

①帷幕注浆,当结构基底位于不透水层时,可采用帷幕注浆来截流回升的地下水,即在结构的四周用注浆方法设置一道有一定厚度的、不透水的屏障(一般叫注浆帷幕或截流墙),它们由一排或几排相互连通的注浆土柱构成,每个土柱由插入到地层中的注浆管或钻孔注浆形成。②周边注浆,当整个结构位于透水层时,可采用周边注浆来堵住回升的地下水,即通过钻眼注浆在结构的四周和底部形成一层有一定厚度的、不透水的堵水层。③结构内表增贴防水层当结构在地下水回升后渗水程度轻微时,可在其内表面增贴防水层或喷涂881黏合剂等,以达到防水目的^[8]。

5 结语

地下建筑物的安全、正常使用是十分重要的,而地下水是影响其安全、正常使用的主要因素。论文讨论了地下水回升对浅埋地下结构的影响并提出相应对策,主要目的是提醒人们对地下水回升这一问题的重视。目前中国大多数城市地下水虽然呈下降趋势,但回升是有可能的,雨季短时的地下水聚集,更不容忽视,对于地下结构物,宜预见这一情况并加以防范。

参考文献

- [1] 谢花林,程玲娟.地下水漏斗区农户冬小麦休耕意愿的影响因素及其生态补偿标准研究——以河北衡水为例[J].自然资源学报,2017,32(12):11.
- [2] 周晓妮,刘少玉,王哲,等.华北平原典型区浅层地下水化学特征及可利用性分析——以衡水为例[J].水科学与工程,2008(2):4.
- [3] 冯卫星,景诗庭.地下水回升对浅埋地下结构的影响及相应对策[J].石家庄铁道学院学报,1992(3):11-14.
- [4] 吴梦茜,李桂玲,蔡甲冰,等.玉米浅埋滴灌工程综合效益及对地下水影响分析:以科尔沁区为例[J].中国水利水电科学研究院学报,2021,19(5):9.
- [5] 吴庆华,张薇,蔺文静,等.人工示踪方法评价地下水入渗补给及其优先流程度——以河北栾城和衡水为例[J].地球学报,2014(4):99-106.
- [6] 史艺萌,王军.衡水市地下水超采“压采”管理节水“一提一补”水价政策执行分析——以2019年衡水市5个村为例[J].河南农业,2020(34):3.
- [7] 李琛泽.乔木耗水特征分析——以衡水市地下水超采综合治理试点林业项目节水效果为例[J].乡村科技,2018(12):2.
- [8] 马晓琳.衡水市浅层地下水动态影响因素分析[J].水科学与技术,2018(1):40-42.