某地面塌陷坑形成原因的调查分析

闫强刚[1]　姜元杰[1]　冯明[2]

1.青岛市勘察测绘研究院，山东 青岛 266032；2.青岛市建筑工程质量监督站，山东 青岛 266071

提要 本文针对某地出现的塌陷坑，从场区地质环境条件分析入手，运用地球物理勘探和地质钻探等综合手段，一步步分析出了其产生的原因；查明了老地下干道的分布，并对未坍塌干道的稳定性进行了分析评价，提出了有针对性的防治处理措施建议；对于其它类似老地下干道的处置和管理提出了指导性意见。

关键词 地面塌陷 地下洞室 围岩稳定 岩体软化

Abstract: The causes of a ground collapse were disclosed by multiplicate methods from geologic environment analysis to geophysical exploration and engineering geological drilling, step by step in this paper. Also, the layout of the underground openings was discovered. And then, the stability of surrounding rock was evaluated, and suggestions on prevention & treatment were given. Finally, instructional suggestions on management and treatment in similar conditions were presented.

Key words: ground collapse, underground opening, stability of surrounding rock, rock mass softening

中图分类号：P232　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：2095-2104（2012）

1 引言

2010 年 9 月，某市区单位实验楼广场突然发生地面塌陷现象，形成“天坑”。塌陷区东西方向长约 14m，南北方向长约 12m，深约 7m，水面深度 6m，近似圆形（图 1）。坍塌区位于绿化草坪内，已正常运营多年，近期也无施工等人为因素扰动，坍塌前周边也并无任何异常现象发生。塌陷坑的出现，导致周边居民疑虑重重、议论纷纷。因此迫切需要查明地面塌陷的形成机理、发展趋势并拟定出相应的处理措施。

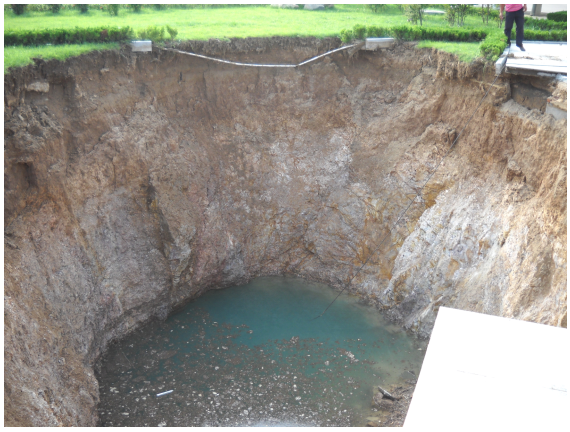

图 1 塌陷坑照片



图 2 塌陷坑侧壁岩石性状照片

2 塌陷区工程地质与水文地质条件

塌陷区地形地貌属于剥蚀缓坡。从区域地质情况来看，塌陷区位于沧口断裂主断裂面东侧。沧口断裂长约 82km，走向北东，倾角较大，一般在 70~88 度之间[1]。该断裂经历过多期活动，其活动方式也发生过多次变化，中生代主要表现为左旋压扭为主。断裂带内岩石呈强烈挤压破碎状态，并发育糜棱岩。塌陷场区内的地层主要构造格局受沧口断裂控制，场区内基岩以碎裂状流纹岩、碎裂岩带及糜棱岩化带为主（图 2），属于散体状~碎裂状岩体。糜棱化岩、碎裂岩发育，矿物因动力变质作用风化较强烈，岩体破碎强烈，节理裂隙密集发育，节理间距 1.0~3.0cm，多呈张开状，节理面长石多高岭土化，矿物间连结力显著降低，岩芯多为角砾~碎块状，多属较不稳定的Ⅴ级岩体，遇水后较易软化，开挖时易沿节理面产生坍塌或岩块崩落现象。

地下水水位埋深 2.80~5.90 米，稳定水位标高约为 11.79~15.18 米。地下水类型为基岩裂隙水，主要补给源为大气降水，地下水位易受季节降水补给影响。

工 程 地 质 剖 面 图

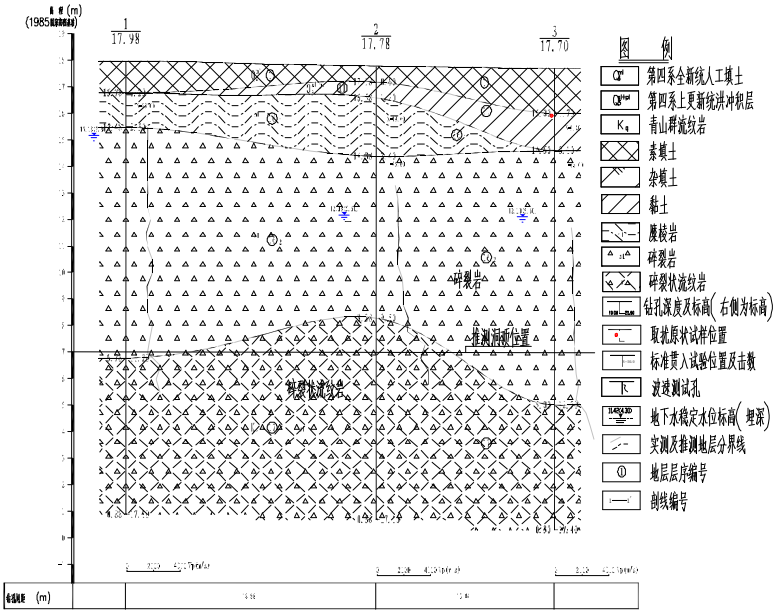

图 3 工程地质剖面图

3 地球物理勘探测试

高密度电阻率法适用于观测与研究某一垂直断面（二维）或某一地块下空间（三维）的电阻率变化，探测地下地质体及地下管线等埋设物的赋存状况[2]。它是基于静电场理论，以探测目标体的电性差异为前提进行的。该方法采集数据信息量大，可以进行成象计算，成图直观性强。根据以往的探查经验证明该方法对局部异常体具有很强的探查能力。

为了查明塌陷坑周边的地下异常情况，根据踏勘调查情况，以塌陷区为中心先后沿塌陷坑周边布置5条高密度电法测线。测线总长378米，电测深总数为192点（测线布置见表1）。

表1 高密度电法测试工作布置及解译结果

测线序号	测线位置	测线方向	测线长度（m）	测点数量（点）	低阻异常位置（距起测点距离及埋深）	异常解译
1	西侧	北向南	126m	64	54-61m 埋深约 10m	地下空洞
2	北侧	东向西	126m	64	60-68m 埋深约 10m	地下空洞
3	东侧	北向南	126m	64	无低阻异常带	
4	南侧	东向西	126m	64	60-68m 埋深约 10m	地下空洞
5	西侧	北向南	126m	64	54-61m 埋深约 10m	地下空洞

根据对实测视电阻率剖面分析，整个电阻率剖面的电性异常由三个部分组成。剖面表现为部分低阻带、高阻带及过度带。在剖面前后存在高低视电阻率不同的两个区域，为基岩面不同造成的。在高低阻的中间存在电阻率的过渡带，推断为断层破碎带的反映。

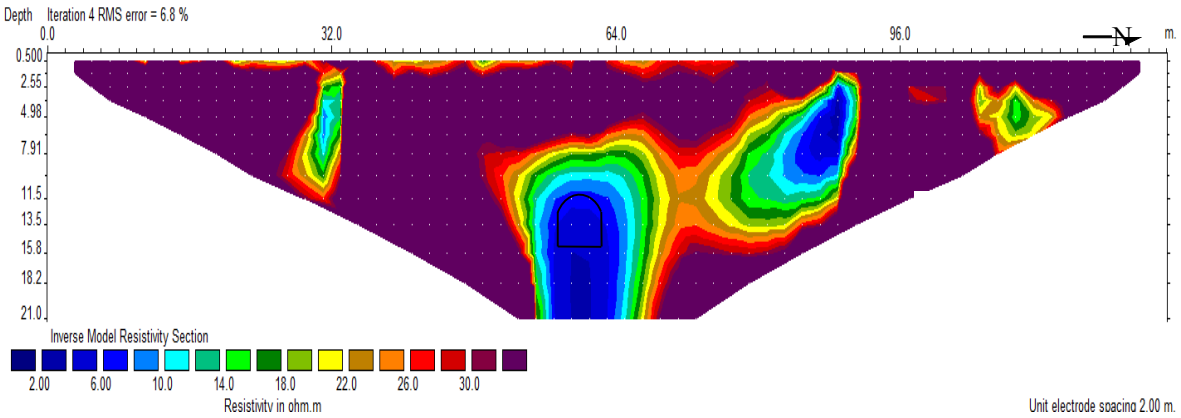

图 4 1#测线视电阻率剖面图

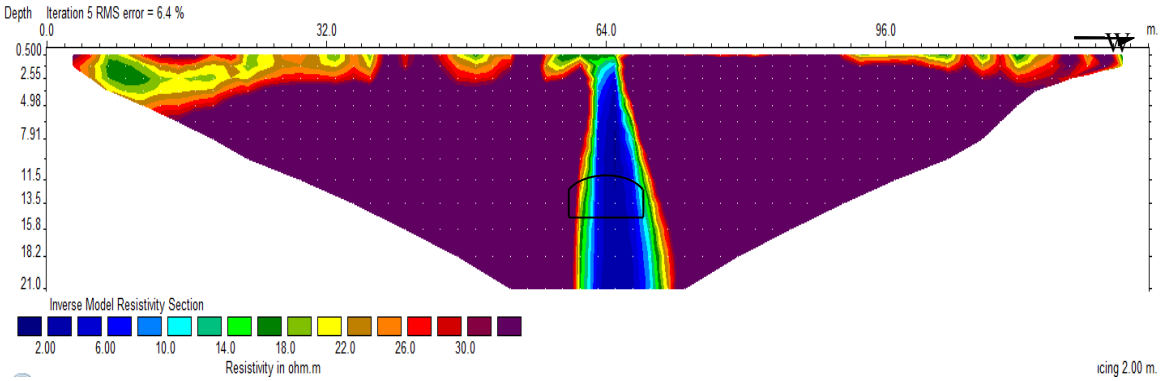

图 5 2#测线视电阻率剖面图

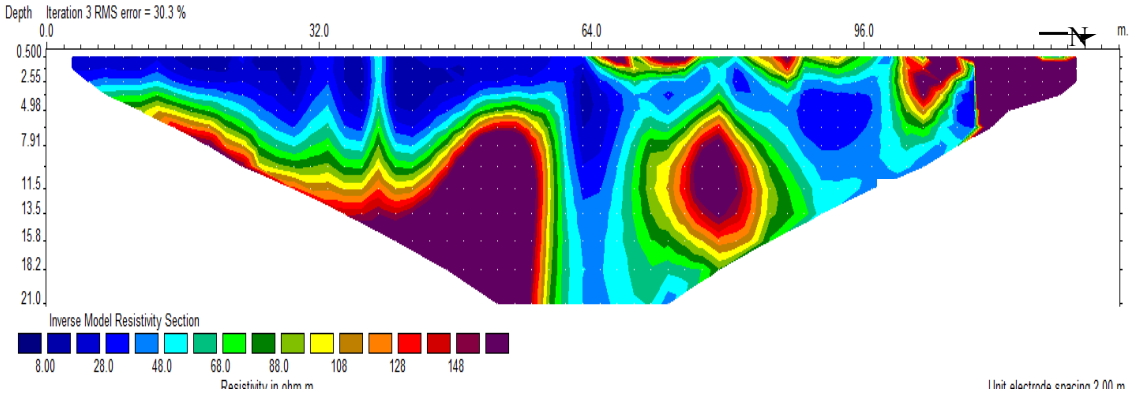

图 6 3#测线视电阻率剖面图

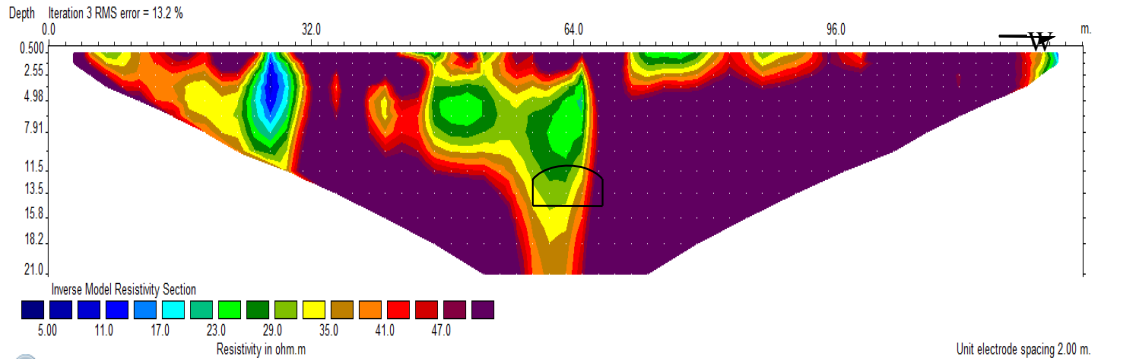

图 7 4#测线视电阻率剖面图

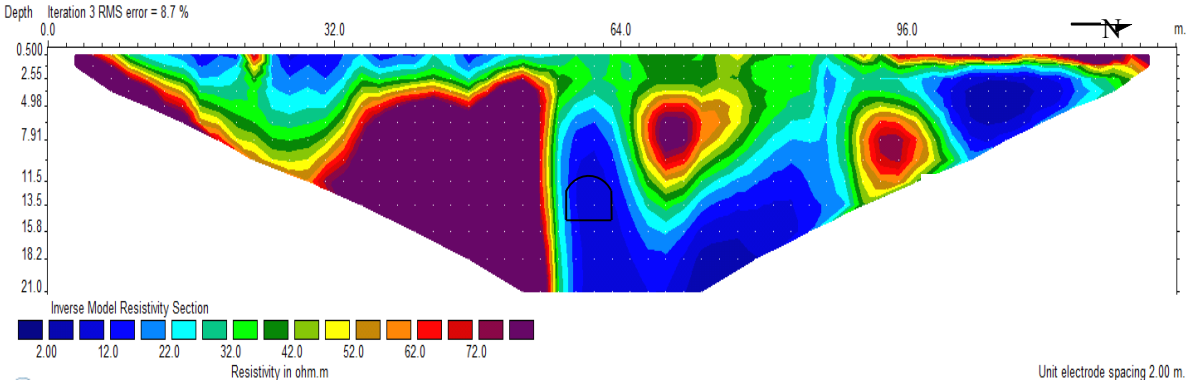

图 8 5#测线视电阻率剖面图

在探测区的 1#测线 54-61m 范围是地下空洞所在位置，埋深约 10m 左右。在探测区的 2#测线 54-61m 范围是地下空洞所在位置，埋深约 10m 左右。4 号测线 60-68m 范围是地下空洞所在位置，埋深约 10m 左右。4 号测线 60-68m 范围是地下空洞所在位置，埋深约 10m 左右。5#测线，在 60-68m 附近，出现低阻区，判断为地下空洞位置，埋深约 10m。

随着调查程度的深入，最终确定空洞位置应该是建国初期开挖的人防干道，塌陷位置是支干道，没有进行支护处理，南北向的主人防干道进行了被覆加固处理。其分布状况见图 9。

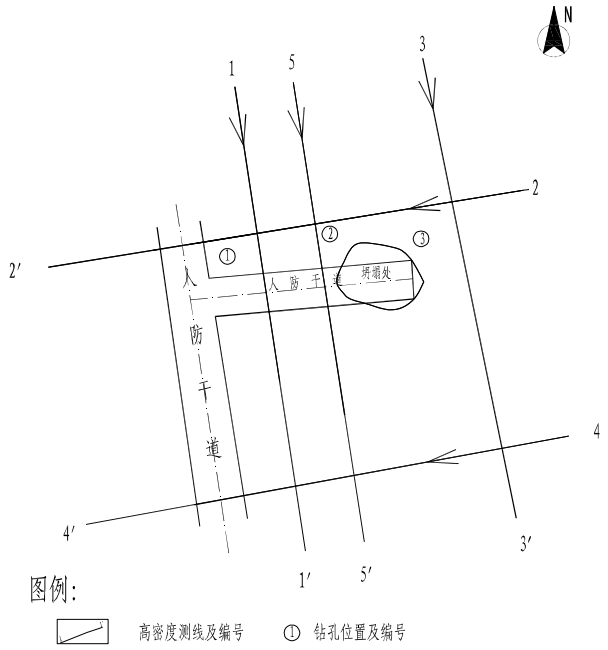

图 9 塌陷区高密度测线平面布置及干道分布推断图

4 塌陷机理分析

结合现场踏勘调查，塌陷位置正处于支干道端部，塌陷体是近乎垂直向下滑动的。

根据地球物理勘察报告，并结合钻探情况分析，人防干道宽约 5m，洞高 3.0-4.0m，长约 40m。勘察期间地面距洞顶约 10m~11.5m 左右，洞顶标高在 7.0m 左右，呈 NE175°走向，为西侧南北走向的主干道的支干道。由于干道已经废弃几十年，干道内的地下水无人及时疏排，降

雨导致场区地下干道内长期充满水。

由于地下水的长期作用对于地下工程的不良影响主要是削弱岩体的强度（特别是岩体的抗剪强度），加速围岩的风化和洞室的变形及失稳。这在具有软弱夹层及结构面中，充填有易受水理作用的粘性土的围岩中尤为明显。本场区岩体受沧口断裂影响多为松散状~碎裂状岩体，呈强烈挤压破碎状态，并发育糜棱岩，遇水易软化。岩体经地下水的长期浸泡作用，降低了岩体的抗剪强度，造成围岩压力增大，干道侧壁拱脚部位的Ⅴ级岩体由于强度不足而失去自稳能力，围岩的平衡状态被打破，从而引发了上部岩体在重力作用下下滑而产生整体坍塌。

5 稳定性评价

从钻探情况来看，地下干道的其它位置尽管洞顶也处于Ⅴ级围岩，但侧壁围岩属于Ⅲ~Ⅳ级[3]，拱脚部位的岩体强度和稳定性比较洞顶好，抗弱化能力也较强，所以短期内一般不会再次发生坍塌现象，实验楼广场的地面应该是稳定的。

但是如果长期受地下水的浸泡作用，岩体的强度还会逐渐降低。地下水尤其是干道充、排水对其稳定性的影响比较大，可能造成围岩完全失去自稳能力。所以，为了保证地表的稳定性，就必须保证地下干道的安全，就必须加强对干道地下水的管理，做到及时疏排，尽量减少干道蓄满水所造成的危害。

本地区有很多类似废弃的地下干道，建议加强对其监管的力度，尤其是加强对其充水情况的管理，防止由于干道水的影响而导致地表塌陷等不良灾害的发生。

6 结论

1）高密度电阻率法对于探测断层破碎带和地下空洞空间位置在类似场区具有很好的适用性。

2）地下干道的影响和围岩条件不良以及由于地下水长期浸泡导致的岩体强度降低、围岩压力增大是地面塌陷出现的主要原因。

3）根据围岩状况分析，地下干道的其它位置不会继续发生塌陷。

4）需要对干道内的地下水进行疏排后，及时对干道进行充填或加固处理。

参考文献：

[1] 青岛市地铁 2 号线工程场地地震安全性评价报告，山东省地震工程研究院，济南，2010 年 2 月。

[2] 城市工程地球物理探测规范（CJJ7-2007），中华人民共和国行业标准，北京，2008。

[3] 工程岩体分级标准（GB50218-94），中华人民共和国国家标准，北京，1994。

某地面塌陷坑形成原因的调查分析

万方数据 WANFANG DATA 文献链接

作者： 闫强刚， 姜元杰， 冯明
作者单位： 闫强刚,姜元杰(青岛市勘察测绘研究院)， 冯明(青岛市建筑工程质量监督站)
刊名： 城市建设理论研究（电子版）
英文刊名： ChengShi Jianshe LiLun Yan Jiu
年，卷(期)： 2012(26)

本文链接：http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_csjsllyj201226405.aspx