

工程癌症——膨胀土

在上古传说中，鲧为了治理洪水，盗窃天帝的“息壤”，被发现而处死。其尸体三年不腐烂，孕育出了大禹。大禹用“息壤”堵塞洪水，疏通河流，功绩显著。于是天帝便赐予禹治国安邦之法，由禹做王，监察百姓，华夏文明就此开始。

大禹治水所用的“息壤”，指的就是一种遇水后可以膨胀、生长的土壤。而这种土壤在现实中也真实存在，叫做“膨胀土”。**不过比起治水的“妙用”，提到它，工程人员总是感到头疼。**

膨胀土是一种特殊土，在世界范围内广泛分布。在我国的广西、云南、湖北、安徽、四川、河南、山东等 20 多个省份均有分布。它被称作“工程癌症”，每年会造成大量工程地质问题。



膨胀土在我国的分布

膨胀土具有膨胀性、裂隙性、超固结性的特点。

膨胀土吸水之后体积增大,失水之后又收缩,这种现象就被称为“膨胀性”。这是由亲水矿物蒙脱石和伊利石所导致的。蒙脱石和伊利石的吸水性很强,水进入矿物中,造成土体的膨胀。土体膨胀,地表隆起,给建筑物带来隐患,轻则开裂倾斜,重则破坏倒塌。

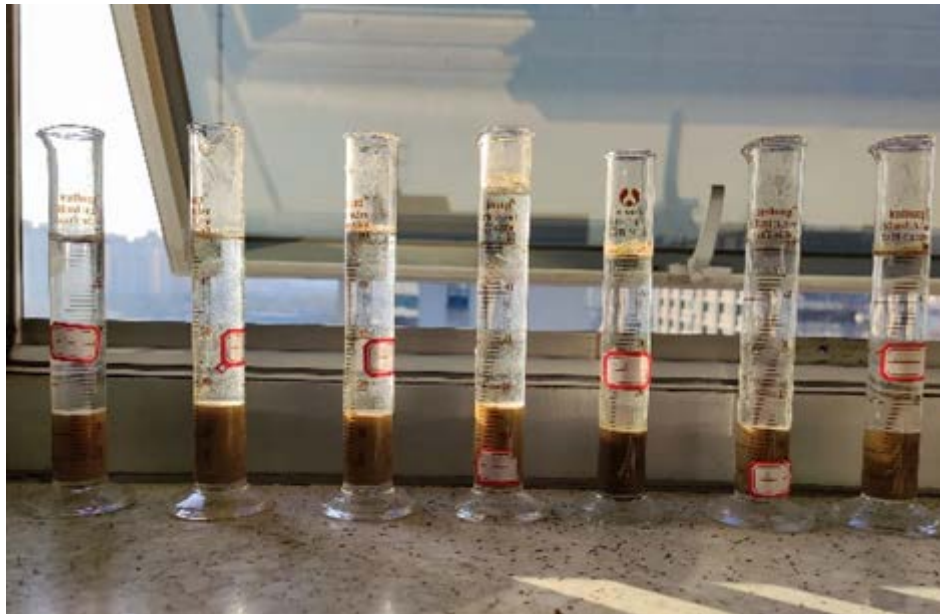
遇水膨胀,失水收缩。随着环境的变化,土体内外部的水分蒸发不均,造成土体表面的应力集中,裂隙便在土表面产生,且随着时间不断向土体内部发展,这便是膨胀土的“裂隙性”。裂隙既削弱了土体的强度,又为水进入土体内部提供了通道。裂隙发育-水进入-裂隙进一步发育,随着这样的循环不断发展,裂隙贯通,常常会导致滑坡、泥石流等灾害的发生。“晴天张大嘴,雨后吐黄水”,是对这一现象的生动描述。



膨胀土裂隙

松散的土在外力作用下被压缩的过程，称为固结。而超固结，则是土当前所受的压力，比历史上被压缩到当前状态时所受的压力小。这让膨胀土在施工前往往很密实且坚硬。而一旦开挖，原本的结构被破坏，就很难恢复到原来的状态，导致土的强度变低。因此，开挖后的膨胀土边坡，往往更容易发生滑坡；开挖回填的膨胀土地基，也常常会发生地基隆起、不均匀沉降的事故。

衡量膨胀土膨胀率的指标主要有膨胀率和膨胀力，其中膨胀率又分为自由膨胀率和侧限膨胀率。



自由膨胀率试验

烘干的松散土颗粒，在水中体积变化的比率，称为自由膨胀率。膨胀土的自由膨胀率一般在 40%以上。而侧限膨胀率，指的是一定含水率的土在侧向变形受限的前提下，单一方向的膨胀量与原高度的比值。



侧限膨胀率试验

土体在吸水膨胀的过程中，会对外界阻碍其膨胀的因素产生力的作用，这便是“膨胀力”。膨胀土膨胀力的范围较大，从几十千帕到数百千帕不等。

膨胀土在工程实践中带来了大量工程地质问题，考验着施工人员的智慧。这些问题主要可以分为膨胀土路基问题和膨胀土边坡稳定性问题两种。

路面开裂、隆起或沉陷，路堤和路堑滑塌，是常见的膨胀土路基问题。我国大量修建基础设施，不可避免地要穿越膨胀土地区。著名的“南水北调”工程中线总干渠，就穿越了河南南阳、河北邯郸、河北邢台等地近 400 公里的膨胀土区。



路面隆起与开裂

针对膨胀土路基问题，主要的工程处理方法有：

- 1) **换填法**：解决膨胀土问题，最直接的方法就是把膨胀土层整体挖去，换成力学性质好的土。但这种方法成本较高，对环境影响也较大，不适合大面积膨胀土分布的工程。
- 2) **物理化学改性**：通过在膨胀土中加入改性剂，如石灰、水泥、粉煤灰等来改良膨胀土的性质。这些掺料可以有效的降低膨胀土的胀缩性，但施工拌合困难，对生态环境有一定的破坏。
- 3) **封闭包盖法**：引起膨胀土问题的主要原因是干湿循环的气候作用。通过上覆其它土层对膨胀土进行封闭，阻隔大气循环作用，能够有效的解决膨胀土问题，且造价低，施工便利，环境友好。
- 4) **夹层法**：采用膨胀土与砂性土夹层填筑的方法，可以使膨胀土与其上下砂层构成双层排水，及时排走膨胀土内部的水，提高土体强度。

膨胀土边坡具有“逢堑必滑，无堤不塌”的特征，即使是很缓的边坡，也可能会发生滑坡灾害。**因此，对于膨胀土边坡的防治，应贯彻“先发治坡、以防为主”的原则。**



膨胀土滑坡（2020年5月，安徽合肥淠史杭灌区发生膨胀土滑坡）

目前，工程上常用的防治原则有：

1) **防水**：有言道“十滑九水”，对于膨胀土边坡更是如此。水不仅是滑坡的直接诱发因素，也是导致膨胀土边坡膨胀开裂的原因。做好坡面的防、排水，防止地表水和大气降水渗入边坡土体，以及及时疏导地下水，是滑坡防治的重要手段。

2) **防风化**：膨胀土的抗风化能力很低，地表浅层土体在大气风化营力作用下，容易形成风化软弱层，导致滑坡灾害。

3) **防开裂**：地表浅层土体在反复吸水-干燥下会形成裂隙，裂隙一方面为水渗入坡体内部提供了通道，另一方面也造成了土体的强度衰减。夯实、填充裂隙，可以有效防止滑坡灾害的发生。



南水北调中线工程南阳段

随着我国工程建设技术的不断提高,曾经让工程人员闻之头疼的膨胀土问题,不断取得突破。2014 年 12 月 12 日,南水北调工程中线正式通水,截至目前已安全输水两千余天。其全长近一千三百公里中,有大约三分之一是膨胀土地段。

汨汨清流,从南到北,如一条长龙,流淌在祖国的大地上,滋润着华夏民族的子孙,更见证着我国工程事业的腾飞!