

排水暗管化学淤堵及其防治

刘才良

(河海大学水利水电工程学院 南京 210098)

摘要 为治理农田渍害,土壤长期处于还原状况,地下埋设暗管后存在着化学淤堵倾向。本文介绍国外有关暗管排水化学淤堵的资料,分析农田排水暗管中化学淤堵发生的原因和影响因素,阐述化学淤堵形成的过程及防治方法,指出在暗管周围应避免使用丙纶丝等化纤制品作为外包料。

关键词 农田水利 治理渍害 暗管排水 化学淤堵 防治方法

随着农业生产的发展和排水技术的进步,暗管排水将逐步代替田间明沟,成为我国南方地区治理渍害的主要排水方式。当前全球暗管排水面积已超过 3 000 万 hm^2 。在暗管排水的布置上,采用单一或与其它排水设施相结合,构成组合式的排水系统。暗管的管材大部分采用波纹塑料管,其次是瓦管。暗管的外包料大多采用砂卵石、有机材料和合成材料。暗管的埋设越来越多地采用机械铺设,以加快施工进度和节约建设资金。少数国家把暗管排水系统和农田灌溉系统相结合,提高了暗管的利用率。

暗管排水的普及,也带来一系列的技术问题,其中最严重的问题是暗管淤堵。淤堵一旦发生,暗管排水的效果越来越差,有的甚至完全失效。淤堵可分为机械淤堵、化学淤堵和生物淤堵等。其中机械淤堵已普遍在规划设计和施工中受到重视,研究成果也比较多。而化学淤堵还未引起人们的普遍重视。各地在采用暗管排水措施治理渍害农田时,较多地使用波纹管外缠丙纶丝等合成材料。这就有可能产生严重的化学淤堵,暗管排水的寿命和排水效果会受到严重影响。

排水暗管长期埋入地下,受化学和生物作用,在铁菌的参与下,溶于水中的 Fe^{2+} 和少量的 Mn^{2+} 随排水进入暗管,接触氧气后被氧化成不溶于水的 Fe^{3+} 和 Mn^{3+} ,沉积在管壁和外包料的孔隙中,局部或完全堵塞排水管上的进水孔,还可能把排水管周围的外包料胶结成不透水的密实体,形成化学淤堵。严重时,经一二个排水季节,可以使暗管的排水效果完全丧失。^[1,2]

为了弄清化学淤堵发生的原因和发展过程,找出治理办法,本文从土壤中或地下水的化学成分对淤堵的影响、化学淤堵的生物化学变化过程、化学淤堵的防止和淤堵物的清除等几个方面分别进行分析和阐述。

1 化学淤堵发生的原因和影响因素

化学淤堵的严重性和土壤中的铁、锰和钙离子的含量, pH 值、铁菌活动,土壤中有机的含量及土壤温度有关,此外还与地下水的性质有关。

1.1 与土壤中离子含量的关系

土壤中铁、锰离子的含量可通过室内测定获得,也可在野外进行鉴别。首先可通过

作者简介:刘才良,男,教授,从事农田灌溉排水技术和土壤水动力学研究,曾发表《成层土上畦灌技术参数的优化组合及应用》等论文。

土壤的颜色来鉴别。它的颜色除受有机质影响外,还与离子的种类和含量有关。通气良好被氧化的土壤,显示均匀黄色,在土粒的周围和接触处可能出现氧化铁(Fe_2O_3)和氢氧化铁($\text{Fe}(\text{OH})_3$)膜。而在缺氧的土壤中,不稳定的细菌把 Fe^{3+} 还原成 FeO 或 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 并溶于水。土壤中含有较多的 Fe^{2+} ,大多呈蓝-灰-绿色。从土壤中排出的水,接触大气后,溶解于水中的 Fe^{2+} 氧化成深棕色的絮状 $\text{Fe}(\text{OH})_3$,并积聚在水的表面,飘浮一层棕色油膜,这是在野外判断有无化学淤堵的一个重要方法。^[1]

在野外,还可观察沟坡上牲畜行走的小道上是否有铁的菌丝侵入,排出的水面上是否有棕色的油膜,土壤的颜色是否呈灰绿色或黑色,这些现象的出现,显示化学淤塞的可能性。

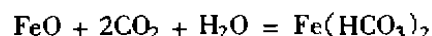
另外还可以从土壤的类型加以判断,不同土壤的化学淤堵危险性列于表1。从表中可以看到,潜育土和沼泽的化学淤堵倾向最为严重。渍害严重的农田,更要预防化学淤堵的出现。

表1 不同土壤中排水暗管产生化学淤堵的危险性^[1]

土壤类型	化学淤堵的危险性
高位沼泽	无
灰壤	无~轻微
假潜育土	无~轻微
重粘土(粘土)	几乎没有~轻微~中等
低位沼泽	轻微~中等
过渡性泥炭沼泽	中等~大;轻微~大
潜育土	轻微~很大
沼泽	大~很大

1.2 地下水化学成分的影响

暗管所处的地下水中,如含有碳酸,它对铁离子起到溶解作用。土壤中有有机质含量高,在微生物作用下生成 CO_2 ,在土壤中易生成重碳酸亚铁($\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$)而溶于水。即



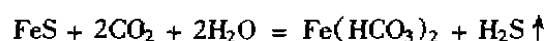
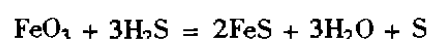
或 $\text{FeCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$

生成的 $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ 遇氧容易生成 Fe^{3+} 沉积,淤堵排水暗管。在有些水文地质条件

下,从其它地方或深层带来 $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$,化学淤堵现象会更加严重。如:①低洼地,特别是矿化土和有机土分界面上;②渍害严重的山间冲沟;③高pH值与低pH值地下水交汇地段;④有承压水冒顶补给区。

1.3 土壤中有机质的影响

在排水不良的嫌气条件下,有机质在嫌气微生物作用下生成 H_2S , CO_2 , CH_4 等,土壤中不溶于水的 Fe^{3+} 还原成 Fe^{2+} 而溶于水。



这些生成物,一方面毒害作物根系,另一方面淤堵排水管。

1.4 环境的影响

暗管的淤堵倾向,除和土壤中的铁、钙和锰的含量有关外,还与土壤的pH值和土温有关。这些条件直接关系到铁菌的繁殖,而铁菌在化学淤堵中起催化作用。一般说来,同样铁含量情况下,酸性土中的化学淤堵比碱性土中更为严重些(见表2)。这是由于 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 具有羟基表面,暴露在晶格表面的铁离子与水中的 OH^- 络合或与晶格表面的 O^{2-} , H^+ 结合,羟基表面的 H^+ 比水分子中的 H^+ 要更活泼些,更容易离解。离解的性能与pH值有关。这样,酸性土中的 Fe^{2+} 含量大于 $1.0 \sim 2.5 \text{ mg/L}$,碱性土中的含量超过 $2.5 \sim 5.0 \text{ mg/L}$,就有可能出现化学淤堵。严重时,在一年左右的时间里,导致排水管完全失效。

表2 土中的铁含量、pH值与化学淤堵的关系

Fe^{2+} 含量/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$		排水化学淤堵的危险性
酸性环境(pH值<7)	碱性环境(pH值>7)	
<0.5	<1.0	几乎没有
0.5~1.0	1.0~2.5	轻微
1.0~2.5	2.5~5.0	中等
2.5~5.0	5.0~7.5	显著
>5.0	>7.5	非常显著

温度对化学反应和铁菌繁殖也有直接关系。温度高,化学淤堵也会更严重些。

1.5 与排水管材和外包料的关系

实践表明,塑料管比瓦管容易发生化学淤堵。人工合成材料比天然无机料和有机料

的化学淤堵严重。含鞣酸的有机料如稻糠、稻草、麦桔套等,有一定的抗化学淤堵性质。在有化学淤堵倾向的农田中,应避免使用人工合成材料用作外包料。^[3,4]

2 化学淤堵的形成过程

化学淤堵的形成大致可以分为以下几个过程。

2.1 Fe^{2+} 被氧化

排水中的 FeO 进入排水管后,接触大气被氧化成不溶于水的 Fe_2O_3 ,沉积在外包料的孔隙、滤水管的周围和滤水管的进水口处。

2.2 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 凝胶的堵塞

溶于水中的 $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ 遇到水中的 CO_2 ,在铁菌的催化下,化合成不溶于水的呈凝胶状的 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 。这种粘胶极容易沉积在外包料的孔隙中和管壁周围,使外包料的透水性很差。

2.3 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 的脱水固化

当 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 接触大气, Fe^{2+} 进一步氧化为 Fe^{3+} ,经脱水固化,形成稳定的氧化铁化合物,以膜状包裹在外包料颗粒或化纤丝周围,并把颗粒或纤维丝胶结在一起,形成坚硬的不透水的密实体。它也可以堵塞排水管上的进水孔,使滤水管成为不透水的密实管,还可以在排水管周围或在排水管中形成结核。

2.4 Fe^{3+} 通过离子交换又吸附 Fe^{2+}

在外包料或滤水管表面的 Fe^{3+} 膜形成后,通过离子交换,吸附水中的 Fe^{2+} 。铁膜的吸附能力耗尽后,由于 Fe^{2+} 接触氧气,被吸附的 Fe^{2+} 又氧化成 Fe^{3+} ,使铁膜的吸附能力得到再生。如此进行下去,化学淤堵越来越严重,淤积物越积越厚,暗管排水能力日趋消失,形成严重的化学淤堵。

3 化学淤堵的防治

要有效地防止排水暗管被化学淤堵而失效,必须正确选择排水管上的外包料。外包料是保证排水管正常工作的关键。它的主要功能是有良好的滤水性能和水力性能,保证排水

管不发生机械淤堵、化学淤堵和生物淤堵,并保持排水管的稳定,工作中不发生位移。

水力性能是指排水管周围形成高透水层,以改善进水孔周围的水力条件,减小水流阻力,减小水流水头损失。滤水和防淤堵功能是防止基土发生管涌和流土,防止泥沙淤塞外包料和排水管。同时还要防止发生化学淤堵,提高暗管排水的耐久性。

外包料一般在施工时铺设在排水管的周围、上部或下部。有些国家如荷兰、德国等在工厂把排水管预先包裹。裹料选用短纤维泥炭、短纤维泥炭加椰子纤维混合料、椰子纤维等。荷兰在实际使用中,椰子纤维预包管占 62%,椰子纤维和泥炭短纤维混合料占 30%,合成材料预包管占 8%。其它国家外包料大多采用天然的无机滤料,如粗砂和细卵石。在使用前需经过筛分,根据基土的级配来配合砂卵石滤料。具体选用应综合水力性能和防淤堵性能来确定。另外也广泛使用天然的有机滤料。主要选用稻糠、稻草、麦桔、锯木、椰子纤维等当地的农副产品。这些材料有良好的抗化学淤堵性质,但使用年限只有 10 年左右。如经过防腐处理,可增加它的耐久性。日本使用有机滤料较多,其中稻糠的使用量占滤料的 43.2%,稻麦桔杆占 15%。

有化学淤堵倾向的农田,禁止使用人工合成外包料,这些外包料主要有玻璃纤维、聚丙烯丝、苯乙烯人造砂和当前广泛使用的土工织物,还有在波纹管周围缠绕聚丙烯丝等,这些材料容易发生化学淤堵。^[1,3]

暗管排水在使用过程中发现排水量明显减少,此时应查明淤堵的原因。如发生化学淤堵,初期可使用高压水冲。高压水冲洗器靠水力钻入暗管,冲洗器边前进边喷出高压水流,淋洗掉暗管进水孔和滤料孔隙中的胶状 $\text{Fe}(\text{OH})_2$,并随水流排出暗管。

如淤堵物已固化,可在暗管内加入 SO_2 ,使之在暗管中生成 HSO_3 ,溶解和软化铁化合物,然后再用高压水冲洗。淤堵严重时要反复冲洗几次才能恢复暗管的排水性能。(下转第 58 页)

b. 以太网网络通讯软件。

2.3.2 应用软件

教学电厂计算机监控系统的用户应用软件(包括报表、图形、SOE事件表等),将在上述计算机系统软件和硬件支持下由用户自行开发。这是一项关系到系统功能能否实现的关键性工作。我们将以模块化的结构编辑下述用户功能软件。

a. 数据采集与处理软件。时钟同步处理、中断开关量变位报警处理、扫描开关量变位报警处理、参数越限报警处理、趋势分析处理、I/O通道故障报警处理、正常扫描信息处理。

b. 数据库管理软件。基本数据库管理模块、实时数据库管理模块、历史数据管理模块(包括事故追忆、统计计算)、预置数据管理模块、画面及打印制表数据库管理模块、计算数据管理模块。

c. 基本应用软件。电量累计软件(分时计度)、机组运行工况统计软件、定时任务管理软件、画面刷新软件、事故追忆软件、运行日志和报表生成软件、机组开/停机顺序控制程序软件、机组有功/无功控制软件、分合闸操作软件、在线自诊断软件、操作票管理软件、双机热备自动切换软件。

d. 人机联系软件。命令分析软件模块、电站运行方式设置模块、LCU联机/脱机处理模块、画面目录模块、打印任务目录模块、负荷曲线设置模块、机组单机手动开/停机控制模块、机组单机有功/无功手动调节模块、参数修改软件模块。

3 结束语

自行研制、开发、组建教学电厂计算机监控系统对成都水电学校来讲是一个较艰巨的系统工程,鉴于经验和经费的原因,工程的实施可分为两步。第一期工程的前半期,完成单台机组 LCU1 和上位机(单台)系统的设计组建及相关的自动化元件、传感器改造,通讯网络进行全局性布置,实现单台机组的计算机控制;后半期,组建另外两台机组现地控制单元 LCU2、LCU3 及公用系统——开关站 LCU4,完善上位机系统及其它自动化元件的配套改造工作。这样,第一期工程结束后,就基本完成了教学电厂的计算机监控系统。第二期工程可考虑对三台机组的调速、励磁调节系统和辅机系统进行计算机化改造,并进一步深层次的开发和完善全厂计算机 AGC、AVC 及最优化控制等功能,还可以考虑全厂水情测报、火灾报警、大坝监测、通信等的改造工作,使教学电厂达到“无人值班,少人值守”的目标,使这座 70 年代建成的教学电厂重新焕发出活力,成为现代化水电站和计算机监控技术的教学样板和培训基地。

参考文献

- 1 电力工业部.水电厂计算机监控系统基本技术条件(电力行业标准:DL/P578-95)北京:电力出版社,1995
- 2 顾隽修等.计算机局域网络原理与应用.北京:中国广播电视出版社,1993

(收稿日期:1996-04-05 编辑:熊水斌)

(上接第 41 页)

- 11 Matsuoka H, Sugiyama Y. Failure mechanism and effective reinforcement of granular soil slope. In: Shen Z J, et al eds. Proc of the 2nd Int Conf on Soft Soil Engineering, 1996, Nanjing, China. Nanjing: Hohai University Press, 1996. 486 ~ 491
- 12 Tsuchida T, Tang Y X. Developing mechanism of shear strength at the top of seabed. In: Shen Z J, et al eds. Proc of the 2nd Int Conf on Soft Soil Engineering, 1996, Nanjing, China. Nanjing: Hohai University Press, 1996. 480 ~ 485
- 13 Zhu L N, Chen R J. Modelling test research on artificial freezing of soft soil with liquid nitrogen. In: Shen Z J, et al eds. Proc of the 2nd Int Conf on Soft Soil Engineering, 1996, Nanjing, China. Nanjing: Hohai University Press, 1996. 474 ~ 479
- 14 Onuselogu P, Yin Z Z, Xu Y F. Pile group characteristics in sand environment. In: Shen Z J, et al eds. Proc of the 2nd Int Conf on Soft Soil Engineering, 1996, Nanjing, China. Nanjing: Hohai University Press, 1996. 467 ~ 473

(收稿日期:1996-09-06 编辑:熊水斌)

(上接第 51 页)

参考文献

- 1 Eggelsmann R. Subsurface drainage instructions. Verlag Paul Parey-Hamburg and Berlin: Kommissionsverlag, 1978
- 2 Schultz B. Lecture and exercises on drainage and land reclamation. International Institute for Hydraulic and Environmental Engineering, 1992. 4 ~ 25
- 3 Stugt L C. Drainage envelope research in the Netherlands. In: Proceedings 2nd International Drainage Workshop, WDC, USA, 1982. 378 ~ 411
- 4 Farr E, Nanderson W C. Land drainage. London and New York: Longman, 1986. 195 ~ 217
- 5 Smart P, Herbertson J G. Drainage design. New York: Blackie, 1992. 178 ~ 197

(收稿日期:1996-01-08 编辑:许宇鹏)