

沉沙排水措施在黄河泥沙充填复垦中应用的可行性

邵芳, 王培俊, 李恩来, 蒋知栋, 乔志勇, 刘东文, 陈亚凯

(中国矿业大学(北京)土地复垦与生态重建研究所, 北京 100083)

摘要:在管道输送黄河泥沙充填采煤沉陷地复垦中,为了快速恢复耕种和实现水资源的再利用,快速沉沙排水技术是一种有效途径。本文分析了目前工程中常用的几种排水措施,探讨了其应用于沉陷区充填泥沙快速排水的可行性,为后期迅速重建农田生态系统奠定基础。

关键词:沉沙排水;黄河泥沙;充填复垦;工程措施

中图分类号:TD88

文献标识码:A

文章编号:1006-8759(2013)03-0001-05

THE FEASIBILITY OF APPLICATION OF DESILTING AND DRAINAGE ENGINEERING MEASURES IN THE PROCESS OF FILLING RECLAMATION WITH YELLOW RIVER SEDIMENT

SHAO Fang, WANG Pei-jun, LI En-lai

(Institute of Land Reclamation and Ecological Restoration, China University of Mining and Technology (Beijing), Beijing 100083, China)

Abstract: In order to recover farming as soon as possible and realize the reuse of water resources, the fast desilting and drainage measures were the effective way to solve these problems by using Yellow River sediment to fill mining subsidence land through pipeline transportation. Several drainage measures commonly used in many engineering projects are analyzed and the feasibility of its application in fast desilting and drainage of filling reclamation of mining subsidence land with Yellow River sediment is discussed in this paper, laying the foundation for the subsequent rapid reconstruction of farmland ecosystem.

Keywords: desilting and drainage; Yellow River sediments; filling reclamation; engineering measures

1 引言

煤炭是我国的最主要能源,占一次能源消费的70%左右。煤炭开采在为国民经济发展发挥巨大作用的同时,也不可避免地造成了大量土地的

破坏。据测算,井下开采万吨原煤造成的沉陷地,少的 0.033 hm^2 ,多的达 0.533 hm^2 ,平均 $0.2\sim 0.33\text{ hm}^2$,使得耕地减少,人地矛盾日益尖锐。因此将采煤沉陷地复垦为耕地就成为我国土地复垦研究的重点和难点。自二十世纪八十年代以来,我国采煤沉陷地复垦已积累了大量经验。主要的采煤沉陷地复垦方法有疏排法、挖深垫浅复垦法、充填复垦法、直接利用法和修整法等,初步形成了具有中

收稿日期:2012-10-26

基金项目:国家“十二五”科技支撑计划课题(2012BAC04B03)

第一作者简介:邵芳(1989-),女,山东济南人,中国矿业大学(北京)硕士研究生,主要从事矿区土地复垦与生态重建研究。

国特色的采煤沉陷地复垦技术^[1]。对于高潜水位平原区,采煤沉陷地具有沉陷深度普遍较大和大范围积水的特点,使得大量农田受涝无法耕作。显然,疏排法、挖深垫浅复垦法、直接利用法和修整法并不适用于高潜水位平原区复垦获得大量的耕地的要求。所以,充填复垦法是复垦获得大量耕地的有效方法。目前我国复垦常用的充填材料有露天矿剥离物、煤矸石、粉煤灰、城市垃圾和江河湖泥。对于黄河下游高潜水位地区,受充填材料的数量和质量的限制,应用这些材料完成大面积的充填复垦并不现实,需要寻找新的充填材料。

黄河是世界上含沙量最大的河流之一,治理黄河关键在于治沙。国家每年都要投入大量的人力、物力来治理黄河的淤沙,用以确保黄河的安全。如果能利用管道长距离输送黄河泥沙充填复垦采煤沉陷地将有望从根本上解决黄河泥沙淤积和充填材料的问题。但是某些采煤沉陷区域塌陷深度较大,常年积水,需要充填的泥沙层厚,造成排水固结时间较长,容易形成沼泽,充填复垦后两到三年才能耕种^[2,3]。如何将充填的泥沙快速恢复成耕地,并且保证沉陷积水区域和黄河泥沙中水资源的再利用,快速沉沙排水再利用技术是解决该问题的有效途径。但是,至今未有黄河泥沙快速沉沙排水再利用的技术,只能借鉴现有的排水工程措施,分析其适用条件和优缺点,讨论其用于黄河泥沙充填复垦快速沉沙排水的可行性。

2 排水工程措施

现用的排水措施按照排水方向可分为竖向排水和横向排水,在实际工程中常结合使用。

2.1 竖向排水

竖向排水根据排水方向不同,可以分为向上排水和向下排水两种方式,两者的排水工程措施基本相同。经分析发现,竖向排水体的种类主要有竖井和塑料排水带两大类^[4,6]。

2.1.1 竖井

竖井现多用于土地的降渍工程和地基固结工程中,并且已经取得了良好的效果^[5-8]。竖井包括集水井和排水井两种。集水井是用以汇集和存蓄地下水的水井,排水井主要用于将水抽出,多建于充填区域之外的土体中,一般是在集水井底部连接导水管,将水汇集到排水井,集中抽取排水。其中,用于汇水的竖井种类主要是普通砂井,袋装砂井等^[5]。

井间距、排水现状、水文地质条件和抽水条件等是影响井群布置的因素,其中井间距是井群布置的核心^[6]。集水井存在一定的影响范围,在良好条件下外延控制范围概化为圆形,井群基本布置方式有梅花形、矩形、三角形等多种形式,其中梅花形较佳^[7]。

每个条块内部可以根据集水井影响半径布置集水井。考虑到施工区域一般为矩形,所以图1中的两种梅花布置方式是比较适合的布设形式。当单井的排水量较小时,可采用联井的办法,利用暗管将集水井连通起来^[8]。根据暗管中集水量大小,在充填区域外或每个充填条块的交叉处设置一个抽水井,集中排水。

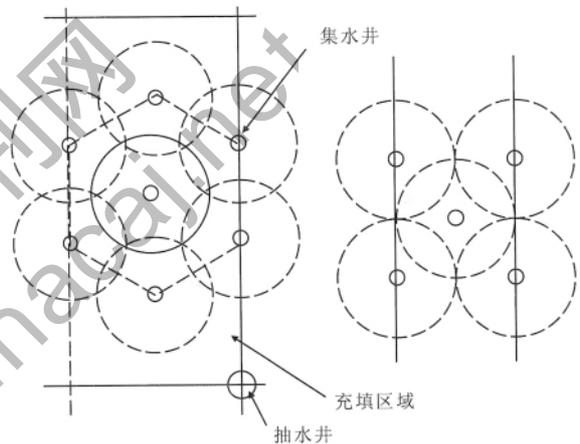


图1 结合划分单元的竖井布置方式

竖井能快速排出充填泥沙的水分,并集中抽排,提高了水资源的再利用率,并且在充填区域形成耕地后能继续使用,起到控制地下水位,防止由于引黄灌溉引发的土壤次生盐碱化问题,储存雨水和灌溉水,建立潜水淡化水层等作用^[5-8]。但是在沉陷的深积水区域,建立竖井的方式和时机是一个难题,制约了竖井的应用。并且竖井在地面高程低、总排水出路不畅、土壤透水性差的条件下并不实用,竖井一般投资较高,并且后期需要持续管理维护,经济上可能是不合理的。

2.1.2 塑料排水带

塑料排水带又称塑料排水板,由塑料制成的排水芯带外包土工织物滤膜组成,多用于软土地基的快速排水工程,将其打入地中,人为的在软土层内造成渗水通道^[9]。

塑料排水带现已在围垦、围海造陆、码头建筑、高速公路、铁路、机场、港口等工程中的软基处理项目中具有广泛应用^[4]。塑料排水板通常与砂垫

层联合使用,砂垫层作为横向排水体,用插板机等机械插入软土地基中,在上部预压荷载作用下,空隙水由塑料排水板排到上部的砂垫层中,然后集中排出,加速软基固结,属于向上排水^[10]。塑料排水板可按等边三角形、梅花形、正方形布置^[10,11],间距根据实地情况进行选择。

在黄河泥沙的排水处理中可用 A 型的排水带,用于深度在 0~15 m 内的软土地基竖向排水。可以选用排水管铺设在充填区域的底部,代替砂垫层作为横向排水体,并且由重力作用改为向下排水方式,如图 2 所示。

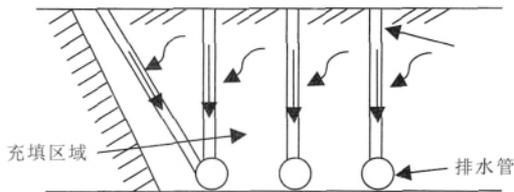


图 2 排水带铺设示意图

考虑到黄河泥沙的含水量较高,并且充填区域后期作为耕地使用时,不可在充填泥沙上方铺设较厚的砂垫层,故不能承受插板机等机械。此时,我们可以在充填前进行对排水带预处理,在充填过程中慢慢铺设起来,充填完成后不需要插板机等进行后期施工。也可以将排水带作为横向排水设施,在充填过程中逐层铺设,形成横向排水通道^[12],但要保证铺设区域相对平整,并且具有一定坡度以便塑料排水带排水顺利。为了确保排水效果,在各分区周边设置排水沟,排水沟深度低于初始充填面,排水沟每隔一定距离设一个集水井,确保不间断抽水。

塑料排水带具有滤水性好、排水效率高、施工简单、对周围土层扰动较小、速度快、工期短、造价低、能在超软弱地基上施工等优点,具有一定的强度和延伸率,韧性好,不易折断,在可能压缩成 S 形后仍能保持正常通水^[9-12]。但是,排水带存在一定的应用局限性,迎水面直接为无纺布,无大面积骨架支撑,随着充填土中孔隙水的不断排出以及土的固结程度的提高,导致有效排水断面不断缩小,充填土中孔隙水无法顺利排出。而且,充填黄河泥沙含水量较高,承重能力低,造成充填完成后插板机施工困难,并且在施工过程中会造成土壤压实,不利于以后的农作物耕种。

2.2 横向排水

2.2.1 明沟

明沟是人工或机械在地面开挖沟道以排除地表积水、土壤中多余水分和过高的地下水的排水技术措施^[13-15]。在改良盐碱地、农田水利和降低地下水位等方面有广泛的应用。

排水明沟的深度和间距需要根据实地情况而定,但明沟的深度要低于排水设计要求的水位。间距是指两排水沟中心线之间的距离,在排水能力范围之内跟深度成正比^[15]。

明沟按照排水范围和作用分为干、支、斗、农四级固定沟道和田块内临时性的或固定式的排水毛沟,垂直和平行于潜水流向构成排水网^[13],用于直接汇集地表水、排泄雨水、灌溉退泄水和控制地下水位。

在充填区域划分条块的四周可以修筑明沟排水,明沟也可以与其他排水措施联合使用,将充填条块内竖井或排水板汇集的水由排水管集中到明沟中排出。当单条明沟排出的水较少时,可以在明沟交汇处修筑集水井,集水井的高程要比明沟底高程低,要保证足够的汇水量,满足水泵的抽水要求^[14]。在充填区域内可以修筑一些密且浅的小型排水沟,加快土体的上部排水。在充填区域的外围可以修筑一些大的明沟,进行汇水和排水,如下图 3 所示。

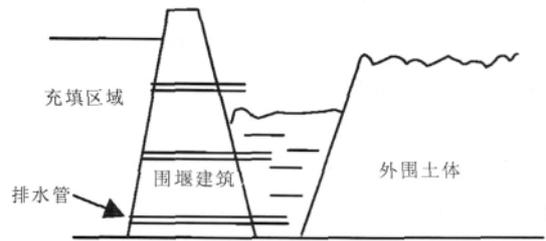


图 3 明沟排水

明沟排水所用设备简单、排水方便、应用广泛、造价低廉,能有效排除田间积水,并且能降低影响带内的潜水位。但由于深度和间距限制,使得明沟对地下水位的降幅和影响范围都不大。并且大量开挖明沟增大成本,占用耕地多,运行管理费用高,影响交通方便。而且由于水流的作用,在运行过程中会造成明沟边坡失稳和沟底坑洼不平。

2.2.2 暗管

暗管排水技术世界上许多国家的防止灌溉土地盐碱化、控制地下水位和改良中低产田等方面得到广泛应用,暗管排水正逐渐取代明沟排水

方式;随着科学技术的发展,波纹塑料管已经取代粘土瓦管和混凝土管成为主要使用的排水管材^[21]。

暗管根据其作用可分为田间吸水管和集水管两类^[22],吸水管用以直接排除土壤中多余的水分,降低地下水位,集水管则汇集由吸水管排除的地下水,输送到排水明沟或集水井中去^[17, 18]。暗管排水可采用明暗结合的方式^[19],将暗管排出的水汇集到明沟或集水井进行排出。暗管在平坦地区宜等间距布设^[16]。暗管铺设坡度不要太大,能满足自流排水并且排水流速不大为佳。暗管的排水口不易过低,且需要用草袋或沙袋保护,防止发生堵塞影响排水^[20]。

暗管管径大小应在自由流的状态下满足设计流量^[16],需要有多指标综合考虑。暗管的埋深根据不同的应用以作物根深或潜水临界深度为主要依据,暗管间距受埋深、土壤渗透系数和排水强度而定^[22]。

暗管铺设时需要在排水管外包过滤材料,现在多用土工织物。还需要在暗管中装满中沙,支撑暗管^[20],避免暗管被压坏,影响排水通畅等,还可以减少泥土进入管道,造成管道的堵塞。

适宜埋深的暗管在充填区域复垦为耕地后,具有有效控制地下水位、防止灌溉引起土壤盐碱化、改良土壤的物理性质、增加土壤肥力等作用^[22]。所以,在充填过程中,可以埋设一定深度的暗管,既可以达到快速沉沙排水,还可以为了以后恢复耕地的耕作提供服务。

为了加快排水的速度,可以采用深暗管与浅明沟相结合的双层排水形式^[17]。也在泥沙充填过程中可以分层布设暗管,形成水平辐射渗水系统,汇水到集水井排出地面,如图4所示。

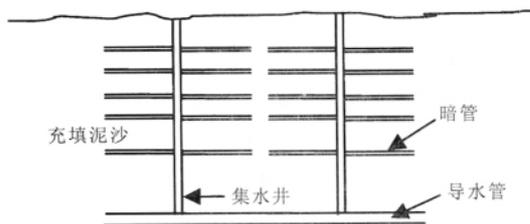


图4 水平辐射系统

排水暗管铺设在地下,具有不影响土地耕种和交通、排水效果较好、能有效控制地下水位、维护费用少等优点,并且波纹塑料管重量轻、强度高、柔性好、易于运输和施工、成本低和易于保证施工质量等,使得暗管排水深受欢迎。但是随着运

行时间增加,会出现淤堵现象,甚至导致暗管无法使用,而且暗管在地下导致不易修护等缺点。

2.2.3 盲沟

盲沟又称暗渠或暗沟^[24],在土木、水利、矿山等方面有广泛的应用,能有效的排出地下水、降低地下水位,减少缝隙水,提高土体的承载能力。随着科学技术的发展,新型的土工合成材料塑料盲沟逐渐取代传统盲沟,克服了传统盲沟表面开孔率低、空隙率低、耐压耐用性能差、不方便施工等缺点,应用范围不断增大。

塑料盲沟是由塑料芯体外包土工布滤膜构成。目前国内生产的塑料盲沟芯体主要有矩形、中空矩形、圆形、中空圆形、多孔圆形等多种结构形式^[24],可以根据实际工程中排水和耐压等要求选用适合的形式。

塑料盲沟可根据充填区域划分小单元轮廓布置管网,根据实际排水要求选择合适的间距和铺设深度。在塑料盲沟的交汇处可布设竖井,集中排出盲沟集水^[23],也可以和明沟结合排水。

塑料盲沟具有表面开孔率大、吸水性强、集水性好、孔隙率大、柔韧性好、抗压抗老化、经久耐用、重量轻等优点,降低了施工的复杂度,提高了施工效率。但是随着使用时间的增长,塑料盲沟的排水量会下降,可能会发生堵管等情况,并且盲沟铺设在地下造成维修不便。

2.2.4 临时排水管

临时排水管多用于土地利用目标不明确的围垦工程中,一般在围垦工程中作为穿堤结构形成临时性的排水口,常与集水井联合用于围垦区内水位控制^[25, 26]。此时应注意排水管的力学性质,尽量避免在充填土壤排水下沉过程中的断裂损坏。

当充填区域没有积水或积水较浅时,首先根据分区修筑围堰建筑,围堰建筑应坚实牢固,防止决堤、溃堤。按照设计要求,在围堰建筑修筑过程中加入若干排水管,形成排水口,并随着工程进度的推进,不断调整加高围堰和排水口^[2]。泥沙不断充填,沉陷区中原有的积水和泥沙沉淀出的水一起由排水口排出。

2.2.5 碎石垫层

碎石垫层经常与塑料排水带结合使用,多用于滩涂围垦和软基处理等工程中^[9]。在施工处理区域的表面要求抛填一层较厚的碎石垫层,提高土

体的承载能力,为塑料排水带的施工提供条件^[12],也作为塑料排水带的横向排水体。

要求铺设范围不小于塑料排水带的施工范围,厚度根据实际情况而定,碎石的顶面要相对平整。进行铺设的碎石要求质地坚硬,并且对其体积、粒径、含泥量等也有严格要求。

3 结论

(1)经比较可以看出,竖井和塑料排水带都是可用作充填区域的竖向排水设施,但考虑到现场的积水和泥沙排水后的变形沉降等,选用排水带比较好。盲沟、暗管、明沟、临时排水管作为水平排水体各有利弊,可以根据实际情况,多种措施结合使用,提高排水效率。

(2)为了确保排水效果,竖向排水体与水平排水体应构成一个完整的排水体系,并且应借助排水沟和集水井等将场地中的水及时排出,加快排水过程。

(3)在某些地区的湖泥充填排水中,采取在复垦小区中修筑互相交错小田埂,使充填的泥浆流经的路线尽可能长,便于淤泥充分沉淀的方法,在黄河泥沙充填排水中也可借鉴。

参考文献

- [1]胡振琪.采煤沉陷地的土地资源管理与复垦[M].北京:煤炭工业出版社,1996,1-9.
- [2]邹朝阳,时洪超,孙国庆.湖泥充填技术在采煤塌陷区复垦中的应用[J].中国煤炭,2009,35(12):105-106.
- [3]卞正富,张国良,翟广忠.采煤沉陷地疏排法复垦技术原理与实践[J].中国矿业大学学报,1996,25(4):84-88.
- [4]徐岩.塑料排水带在港口工程中的应用及发展[J].中国港湾建设,2002,(4):39-41.
- [5]周开茂,谢康和,应宏伟,等.双面排水条件下未打穿竖井地基地固结计算[J].浙江大学学报,2007,41(1):151-156.
- [6]鲍卫锋,黄介生,杨芳,等.竖井排水对盐碱化土壤改良的试验

研究[J].黑龙江水专学报,2005,32(4):10-13.

- [7]杨学良.尕海灌区竖井排水技术[J].水利水电技术,1997,28(4):30-33.
- [8]戴同霞,李锡录,张兰亭,等.山东省打渔张引黄灌区竖井排水改良盐土效果的试验研究[J].土壤学报,1980,17(3):255-266.
- [9]罗林峰,刘莹.基于土工试验资料的塑料排水板处理海堤地基效果分析[J].吉林水利,2010,(4):21-22.
- [10]金国成.塑料排水板及碎石垫层复合加固技术在滩涂围垦工程中的应用[J].水利技术监督,2012,(1):55-57.
- [11]许勇,周翠英,张季超.动力排水固结法处理填海地基的研究应用[J].工程力学,2010,27(s2):186-190.
- [12]罗玉龙,彭华,何金平.水平塑料排水带固结流态吹填土可行性研究[J].武汉理工大学学报,2008,30(6):74-78.
- [13]高长远.明沟排水与竖井排灌[J].地下水,2001,23(4):194-197.
- [14]杨瑞雁.明沟结合管井降水方案在南水北调工程中的研究与应用[J].南水北调与水利科技,2007,(5):29-32.
- [15]胡骏文.明沟·暗管·竖井—盐碱地的几种排水措施[J].农业工程技术.温室园艺,1984,(04):14-15.
- [16]赵少勇.暗管排水技术应用[J].宁夏农林科技,2005,(6):67.
- [17]肖国强,孟凡奎,宋春联.利用暗管排水技术解决新开水田排水问题[J].水利科技与经济,2009,15(7):631.
- [18]李凯,姜森,张庆联,等.暗管排水技术及其在苏打盐碱土改良上的应用[J].吉林农业科学,2012,37(1):41-43.
- [19]杨永贵.暗管排水工程设计中应注意的几个问题[J].宁夏农学院学报,2003,24(4).
- [20]李广先,车贵海.暗管法治理鱼眼泡[J].现代化农业,2000,(10):15.
- [21]李广波,李学森,迟道才.国内外暗管排水的发展现状与动态[J].农业与技术,2003,23(2):66-70.
- [22]宋功明,程方武,韩伟.暗管排水技术在鲁北地区的应用探讨[J].山东水利,2005,(10):46-49.
- [23]申正香.盲沟排水和集水井井点自动排水技术在景电二期泵站工程中的应用[J].甘肃水利水电技术,2008,44(1):55-57.
- [24]武良金,吴福生,刘永强,等.塑料盲沟材料性能指标初探[J].河海大学学报(自然科学版),2003,31(3):264-267.
- [25]王路军,俞相成,张丽芬,等.围垦工程穿堤临时排水管施工过程模拟分析[J].上海水务,2007,27:1-6.
- [26]常昊昱,李国新,王宪鹏.浅谈路基临时排水设计在路基施工中的作用[J].东北公路,2011,24(3):35-36.

=====
(上接第 26 页)

plating industry effluent [J].Separation and Purification Technology, 2009, 65(3): 282-289.

[6]秦树林,王忠泉.铝合金镍废水治理中存在问题及解决措施[J].能源环境保护,2012,26(1):18-20.

[7]Algarra Manuel,Jiménez M Victoria, Rodríguez -Castellón.Heavy metals removal from electroplating wastewater by aminopropyl -Si MCM-41[J].Chemosphere, 2005, 59 (6): 779-786.

[8]Algarra Manuel, Jiménez M Victoria, Rodríguez -Castellón, et al.

Removal of hexavalent chromium from aqueous solutions by D301, D314 and D354 anion-exchange resins [J].Chemosphere, 2005, 59 (6): 779-786.

[9]沈杭军,夏阳,杨岳平.离子交换法处理及回用镀镍漂洗废水[J].水处理技术,2006,32(10):48-51.

[10]张建龙,叶海仁,刘志明,等.膜分离组合工艺在电镀镍漂洗水处理中的应用[J].水处理技术[J],2009,35(11):114-116.