

# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102059247 A

(43) 申请公布日 2011. 05. 18

(21) 申请号 201010561992. 7

C02F 3/34 (2006. 01)

(22) 申请日 2010. 11. 29

C02F 1/00 (2006. 01)

(71) 申请人 中国科学院地理科学与资源研究所  
地址 100101 北京市朝阳区安定门外大屯路  
甲 11 号

(72) 发明人 廖晓勇 阎秀兰 赵丹

(74) 专利代理机构 北京科迪生专利代理有限责  
任公司 11251

代理人 贾玉忠

(51) Int. Cl.

B09C 1/00 (2006. 01)

B09C 1/08 (2006. 01)

C02F 1/72 (2006. 01)

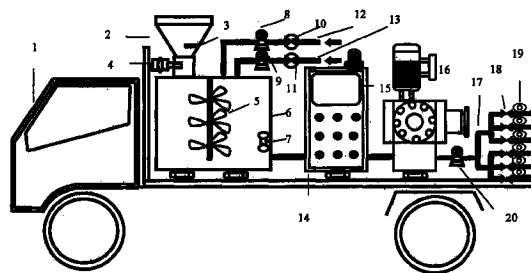
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 2 页

## (54) 发明名称

一种污染场地土壤和地下水体的车载式修复  
设备及修复方法

## (57) 摘要

一种污染场地土壤及地下水的车载式修复装  
备, 由干粉料斗、物位计、投料电机、搅拌机、混料  
罐、液位计、流量计、电磁阀、自来水管路、液体制  
剂投加管路、电控柜、触摸屏操作系统、报警器、柱  
塞泵、混合液输出管路、压力表组成。修复方法是:  
将固体制剂加入干粉料斗中, 通过投料电机将制  
剂投加到混料罐中, 同时通过进水管路进水或其  
它溶剂, 经搅拌机搅拌, 使固体制剂充分溶解于水  
或其它溶剂中, 配置成所需浓度的修复制剂; 或  
者直接将液体制剂加入混料罐中, 由进水管路进  
水或其它溶剂, 使其稀释成所需浓度的修复制剂。  
通过自动或手动启动柱塞泵, 经混合液输出管路  
向污染介质中加压注入修复制剂, 同介质中污染  
物发生反应, 达到高效修复的目的。



1. 一种污染场地土壤和地下水的车载式修复设备,其特征在于包括:运载货车(1)、干粉料斗(2)、物位计(3)、投料电机(4)、搅拌机(5)、混料罐(6)、液位计(7)、液体制剂流量计(8)、自来水流量计(9)、液体制剂电磁阀(10)、进水电磁阀(11)、液体制剂投加管路(12)、自来水管路(13)、电控柜(14)、触摸屏操作系统(15)、柱塞泵(16)、混合液输出管路(17)、混合液电磁阀(18)、压力表(19)和混合液流量计(20);干粉料斗(2)通过投料电机(4)与混料罐(6)连接,物位计(3)安装在干粉料斗(2)中,用于低位指示;投料电机(4)用于向混料罐(6)中投加固体剂;搅拌器(5)垂直安装在混料罐(6)中,用于加速干粉溶解;混料罐(6)用于溶解、配置、储存修复剂,位于投料电机(4)下方,与液体制剂投加管路(12)连接;液位计(7)安装在混料罐(6)中距罐底处,用于指示混料罐中的液体是否达到低位;液体制剂电磁阀(8)用于控制液体制剂的输入,进水电磁阀(11)用于控制自来水的输入,进水电磁阀(11)和液体制剂电磁阀(8)分别安装在自来水管路(12)和液体制剂投加管路(13)上;液体制剂电磁阀(10)、进水电磁阀(11)分别用于控制液体制剂投加管路(12)和自来水管路(13)的通断;自来水管路(13)一端与水源连接,另一端与混料罐(6)相通;液体制剂投加管路(12)一端与液体制剂罐连接,另一端与混料罐(6)相通;自来水管路(13)和液体制剂投加管路(12)分别用于向混料罐(6)中加入水和液体制剂;电控柜(14)上的触摸屏操作系统(15)与电源、混合液输出管路(17)及柱塞泵(16)相连,用于控制所有设备的运行,设置固体剂自动投加比(21)、固体剂手动投加量(22)和液体制剂自动投加比(23),选择运行方式(24),即自动或手动,操作方式(25),即就地或远程,配料方式(26),即固体或液体,启动或停止自动运行(27)、显示固体剂投加量(28)、进水流量(29)、液体制剂流量(30)、混合液输出压力(31)和混合液输出流量(32);柱塞泵(16)安装在电控柜旁边,与混合液输出管路(17)连接,用于往外泵出混料罐(6)中的液体;混合液输出管路(17)与高压注入管连接后,可用于向指定地层中输出修复剂;混合液电磁阀(18)安装在混合液输出管路(17)上,用于控制液体制剂输出端口;压力表(19)和混合液流量计(20)安装在混合液输出管路(17)上,用于指示管路中的混合液输出压力和混合液输出流量;上述所有组成部件均固定在运载货车(1)上。

2. 根据权利要求1所述的污染场地土壤和地下水的车载式修复设备,其特征在于:所述修复设备利用集装箱固定于运载货车(1)上,然后将集装箱通过螺栓与运载货车(1)连接,可根据需要随时移动。

3. 根据权利要求1或2所述的污染场地土壤和地下水的车载式修复设备,其特征在于:所述修复设备通过无线网络连接到电脑的DCS,即集散控制系统,对修复设备进行控制,并利用电脑记录整个注入过程中的固体剂投加量、进水流量、液体制剂流量、混合液输出压力和混合液输出流量,起到监测和统计的作用。

4. 根据权利要求1或2所述的污染场地土壤和地下水的车载式修复设备,其特征在于:在所述电控柜(14)的顶端安装有报警器,当干粉料斗(2)中物料位于低位时,报警器会发出警报,提醒操作者添加物料;当混料罐(6)中液体位于低液位时,报警器也会发出警报,同时柱塞泵(16)停止运行,此时系统会自动打开进水电磁阀(11),并启动投料电机(4)和搅拌机(5),开始配料,待混料罐(6)中液位达到高位时,柱塞泵(16)重新启动;需通过触摸屏操作系统(15)中故障复位来停止报警器报警。

5. 根据权利要求1所述的污染场地土壤和地下水的车载式修复设备,其特征在于:所

述液位计 (7) 安装在混料罐 (6) 中距罐底 0.1-0.3m 处。

6. 一种利用权利要求 1 所述的修复设备进行修复污染场地土壤和地下水的方法,其特征在于实现步骤如下:

(1) 将固体制剂,即化学修复制剂、淋洗剂或微生物修复制剂加入干粉料斗 (2) 中,利用电控柜 (14) 上的触摸屏操作系统 (15) 进行就地操作或将系统通过无线网络连接到电脑的 DCS 进行远程操作;设置系统参数后,启动自动运行,进水电磁阀 (11) 自动打开,投料电机 (4) 和搅拌机 (5) 自动启动,开始配置混合液体制剂,当混料罐 (6) 中的液体超过低位后,柱塞泵 (16) 自动启动,以 10-1000L/h 流量通过混合液输出管路 (17) 输出混合液体制剂;

(2) 将液体制剂投加管路 (12) 连接到盛装液体制剂,即化学修复制剂,淋洗剂或微生物修复制剂的容器;利用电控柜 (14) 上的触摸屏操作系统 (15) 进行就地操作,或将系统通过无线网络连接到电脑的 DCS 进行远程操作。设置系统参数后,打开液体制剂电磁阀 (10),启动自动运行,进水电磁阀 (11) 自动开启,开始配置混合液体制剂,当混料罐 (6) 中的液体超过低位后,柱塞泵 (16) 自动启动,以 10-1000L/h 流量通过输出混合液输出管路 (17) 输出混合液体制剂。

## 一种污染场地土壤和地下水体的车载式修复设备及修复方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种污染场地土壤 / 水体修复技术设备,属于环保设备领域。

### 背景技术

[0002] 目前,由于受工农业和能源、交通等行业迅速发展的影响,我国受污染的土壤 / 地下水面积日益扩大,对生态系统和人类健康都造成了严重的危害。随着郊区化和逆城市化进程的推进,大量的城市企业实施了搬迁,2008 年我国关停并转迁的企业数达到 22488 个,这些工业废弃场地在生产过程中的“跑、冒、滴、漏”等现象以及各种环境事故会导致污染物进入到场地的土壤和地下水中(文献 1:廖晓勇等.城市工业污染场地:中国污染环境修复领域的新课题.环境科学,2011),形成大量的污染场地,亟待修复。另外,很多矿山开发的采、选、冶、运及废水废渣的排放堆积等过程都会导致大量污染物进入到周围的土壤和地下水中(文献 2:仇荣亮等.矿山及周边地区多金属污染土壤修复研究进展.农业环境科学学报,2009,28(6):1085-1091);农田污灌所导致的污染问题近年来也有很多报道(文献 3:陈翠翠等.太原市敦化灌区土壤重金属污染特征及评价.农业环境科学学报,2010,29(增刊):069-073);很多垃圾填埋场的渗滤液和垃圾气体也会对周围土壤和地下水造成污染;加油站汽油等的泄漏以及油气的排放也使得其周边土壤和地下水也存在不同程度的污染。因此,我国的污染土壤和地下水修复拥有广阔的市场需求和前景。

[0003] 目前,针对污染土壤 / 地下水的修复的方法有很多,包括生物修复、物理修复和化学修复方法等。生物修复方法主要是利用植物或微生物吸收或降解土壤 / 地下水中的污染物;物理方法包括热脱附技术,土壤通气及气相抽提技术等,热脱附是通过加热土壤使其中的有机污染物和特定金属元素蒸发转化为气体,再通过特殊装置对有害气体进行无害化处理的修复方法,土壤通气及气相抽提技术主要是通过向污染土壤 / 水体中通入新鲜空气及利用抽提系统将气体抽出的方法,排出气态污染物,达到净化的目的,对于挥发性有机污染物的处理效果较好;化学修复方法包括化学淋洗技术及化学氧化 / 还原技术等,化学氧化 / 还原技术则是指将氧化剂 / 还原剂注入污染介质中,通过氧化 / 还原反应使土壤或地下水中的污染物在较短时间内被破坏、降解成无毒的或危害较小的物质,可应用于石油类碳氢化合物、苯、酚类、MTBE、含氯有机溶剂、多环芳烃、农药等有机污染物及一些变价重金属的修复,淋洗技术是利用表面活性剂或助溶剂来洗脱或解吸附污染物的技术,可用于有机物或重金属污染土壤及水体的修复。

[0004] 在开展场地原位修复或较大规模异位修复时,需要向污染土壤或水体中投加大量的修复制剂(包括化学修复制剂,淋洗剂及微生物修复制剂等),但目前由于缺乏相应的修复制剂注入装备,导致这类修复的实施还存在较大的困难。中国专利申请 200910061186 中提到利用原位微波修复技术治理土壤污染,只是针对表层土壤而言的。中国专利 200710026561.9 中提到利用零价铁单质等加速土壤中有机污染物的还原降解,也是通过柱实验模拟得出该方法适用于重度有机污染土壤的原位修复,并没有提及在实际的污染场

地,如何将零价铁等修复制剂注入待修复的环境介质中。中国专利 200710069637.6 中提到向污染土壤和地下水中注入高锰酸钾溶液,通过化学氧化去除截留区和污染区域中的爆炸污染物,但也并没有介绍具体的注入装备及方法。在深层土壤 / 地下水的原位修复及大规模的污染土壤 / 水体的异位治理方面,如何开发和利用有效的修复装备将修复制剂(包括微生物制剂,化学修复制剂,淋洗剂等)投加到深层土体 / 水体中,是需要解决的一个关键问题。

[0005] 目前我国的污染场地修复设备,包括土壤气提、化学氧化、热脱附、淋洗等修复设备,多停留在科研装备开发或实验样机中试阶段,修复设备的产业化应用很少。欧美等国家已经开发出很多先进的修复设备,但价格极其昂贵,且并不一定适合在我国应用。本专利发明的装备能有效地解决原位或异位修复过程中向深层污染土壤 / 水体中注入修复制剂的问题,能够提高修复效率,对于推动我国在土壤 / 地下水修复领域的进一步发展具有十分重要的意义。

### 发明内容

[0006] 本发明的技术问题:克服现有技术的不足,提供一种可移动式的、快速、经济、有效的可用于向污染土壤或水体中注入化学、生物、淋洗剂等修复制剂的原位 / 异位修复装备。

[0007] 本发明的技术方案:一种污染场地土壤和地下水的车载式修复装备包括:包括:运载货车(1)、干粉料斗(2)、物位计(3)、投料电机(4)、搅拌机(5)、混料罐(6)、液位计(7)、液体制剂流量计(8)、自来水流量计(9)、液体制剂电磁阀(10)、进水电磁阀(11)、液体制剂投加管路(12)、自来水管路(13)、电控柜(14)、触摸屏操作系统(15)、柱塞泵(16)、混合液输出管路(17)、混合液电磁阀(18)、压力表(19)、混合液流量计(20);干粉料斗(2)通过投料电机(4)与混料罐(6)连接,物位计(3)安装在干粉料斗(2)中,用于低位指示;投料电机(4)用于向混料罐(6)中投加固体剂;搅拌器(5)垂直安装在混料罐(6)中,用于加速干粉溶解;混料罐(6)用于溶解、配置、储存修复制剂,位于投料电机(4)下方,与液体制剂投加管路(12)连接;液位计(7)安装在混料罐(6)中距罐底处,用于指示混料罐中的液体是否达到低位;液体制剂流量计(8)和自来水流量计(9)分别用于指示泵出液体的流量;液体制剂电磁阀(10)和进水电磁阀(11)分别用于控制液体制剂投加管路(12)和自来水管路(13)的通断,液体制剂流量计(8)和液体制剂电磁阀(10)均安装在液体制剂投加管路(12)上,自来水流量计(9)和进水电磁阀(11)均安装在自来水管路(13)上;自来水管路(13)一端与水源连接,另一端与混料罐(6)相通;液体制剂投加管路(12)一端与液体制剂罐连接,另一端与混料罐(6)相通;自来水管路(13)和液体制剂投加管路(12)分别用于向混料罐(6)中加入水和液体制剂;电控柜(14)上的触摸屏操作系统(15)与电源、混合液输出管路(17)及柱塞泵(16)相连,用于控制所有设施的运行,设置固体剂自动投加比(21)、固体剂手动投加量(22)和液体制剂自动投加比(23),选择运行方式(24),即自动或手动,操作方式(25),即就地或远程,配料方式(26),即固体或液体,启动或停止自动运行(27),及显示固体剂投加量(28)、进水流量(29)、液体制剂流量(30)、混合液输出压力(31)和混合液输出流量(32);柱塞泵(16)安装在电控柜旁边,与混合液输出管路(17)连接,用于往外泵出混料罐(6)中的液体;混合液输出管路(17)与高压注入管连接后,可用于

向指定地层中输出修复剂；混合液电磁阀 (18) 安装在混合液输出管路 (17) 上,用于控制液体制剂输出端口；压力表 (19) 和混合液流量计 (20) 安装在混合液输出管路 (17) 上,用于指示混合液输出压力和混合液输出流量；上述所有组成部件均固定在运载货车 (1) 上。

[0008] 所述修复设备利用集装箱固定于运载货车 (1) 上,然后将集装箱通过螺栓与运载货车 (1) 连接,可根据需要随时移动。

[0009] 所述修复设备通过无线网络连接到电脑的 DCS,即集散控制系统,对系统进行控制,并利用电脑记录整个注入过程中的固体制剂投加量、进水流量、液体制剂流量、混合液输出压力和混合液输出流量,起到监测和统计的作用。

[0010] 在所述电控柜 (14) 的顶端安装有报警器,当干粉料斗 (2) 中物料位于低位时,报警器会发出警报,提醒操作者添加物料；当混料罐 (6) 中液体位于低液位时,报警器也会发出警报,同时柱塞泵 (16) 停止运行,此时系统会自动打开进水电磁阀 (11),并启动投料电机 (4) 和搅拌机 (5),开始配料,待混料罐 (6) 中液位达到高位时,柱塞泵 (16) 重新启动；需通过触摸屏操作系统 (15) 中故障复位来停止报警器报警。

[0011] 一种利用上述装备修复污染场地土壤和地下水的方法,实现步骤如下：

[0012] (1) 将固体制剂,即化学修复剂、淋洗剂或微生物修复剂加入干粉料斗 2 中；利用电控柜 14 上的触摸屏操作系统 15 进行就地操作,或将系统通过无线网络连接到电脑的 DCS 进行远程操作。设置系统参数后,启动自动运行,进水电磁阀 11 自动打开,投料电机 4 和搅拌机 5 自动启动,开始配置混合液体制剂,当混料罐中的液体超过低位后,柱塞泵 16 自动启动,以一定流量 (10-1000L/h) 通过输出管路输出混合液体制剂；

[0013] (2) 将液体制剂投加管路 12 连接到盛装液体制剂,即化学修复剂,淋洗剂或微生物修复剂的容器；利用电控柜上 14 的触摸屏操作系统 15 进行就地操作,或将系统通过无线网络连接到电脑的 DCS 进行远程操作。设置系统参数后,打开液体制剂电磁阀 10,启动自动运行,进水电磁阀 11 自动开启,开始配置混合液体制剂,当混料罐中的液体超过低位后,柱塞泵 16 自动启动,以一定流量 (10-1000L/h) 通过输出管路输出混合液体制剂。

[0014] 本发明与现有技术相比的优点在于：

[0015] (1) 本发明中设备实现加压注入修复剂,既可以用于原位修复也可用于异位修复,不仅能用于污染场地的土壤治理,还可用于地下水污染治理。

[0016] (2) 本发明能应用于化学氧化修复方法、微生物修复方法、化学淋洗方法多种修复技术,通过干粉料斗向混料罐中加入固体氧化剂 / 还原剂,或通过液体制剂投加管路向混料罐中投加液体氧化剂 / 还原剂,液态微生物菌剂,表面活性剂或助溶剂,然后通过自来水管路加水或其它溶剂,即可以按照需要配置所需浓度的化学氧化剂,还原剂,微生物修复剂,表面活性剂或助溶剂。

[0017] (3) 本发明通过调节泵的工作频率,可以用于向不同类型和不同深度污染土壤的修复,对于砂质土壤及浅层土壤,可以将泵的流量调小,而对于粘质土壤及深层土壤,则可以通过适当调大泵的流量达到有效注入的目的。

[0018] (4) 本发明将修复剂配置系统,加压注入系统与控制系统有机组合在一起,通过控制系统对干粉投加,液体制剂投加,进水,搅拌,泵启动过程进行集中控制,还可以对固体制剂自动投加比、固体制剂手动投加量、液体制剂自动投加比进行设置和调节,实现边配置边注入,而不需要将修复剂配置好再运输到现场进行注入,极大地节省了时间和费用。

[0019] (5) 本发明为车载式设计的装备,可以根据需要随时移动,能够节省装卸和运输的费用,经济而且方便。

[0020] (6) 本发明可随时监测并记录注入过程中固体制剂投加量,进水流量,液体制剂流量,混合液输出压力,和混合液输出流量,便于调控和统计。

### 附图说明

[0021] 图 1 为本发明的组成原理图;

[0022] 图 2 为本发明的电控柜上的触摸屏操作系统的组成原理图;

[0023] 图 3 为本发明的 DCS 控制系统的原理框图。

### 具体实施方式

[0024] 如图 1 所示,本发明由运载货车 1、干粉料斗 2、物位计 3、投料电机 4、搅拌机 5、混料罐 6、液位计 7、液体制剂流量计 8、自来水流量计 9、液体制剂电磁阀 10、进水电磁阀 11、液体制剂投加管路 12、自来水管路 13、电控柜 14、触摸屏操作系统 15、柱塞泵 16、混合液输出管路 17、混合液电磁阀 18、压力表 19、混合液流量计 20;干粉料斗 2 通过投料电机 4 与混合液灌连接,所述物位计 3 安装在干粉料斗 2 中,用于低位指示;投料电机 4 用于向混料罐 6 中投加固体制剂;搅拌机 5 垂直安装在混料罐 6 中,用于加速干粉溶解;混料罐 6 用于溶解、配置、储存修复制剂,位于投料电机下方,与液体制剂投加管路连接;液位计 7 安装在混料罐 6 中距罐底约 0.2m 处,用于指示混料罐中的液体是否达到低位;液体制剂流量计 8 和自来水流量计 9 分别用于指示输入液体制剂和自来水的流量,液体制剂电磁阀 10 和进水电磁阀 11 分别用于控制液体制剂投加管路 12 和自来水管路 13 的通断,液体制剂流量计 8 和液体制剂电磁阀 10 均安装在液体制剂投加管路 12 上,自来水流量计 9 和进水电磁阀 11 均安装在自来水管路 13 上;自来水管路 13 一头与水源连接,另一头与混料罐相通,液体制剂投加管路 12 一头与液体制剂罐连接,另一头与混料罐相通;自来水管路 13 和液体制剂投加管路 12 分别用于向混料罐中加入水和液体制剂;电控柜 14 上的触摸屏操作系统 15 与电源、混合液输出管路以及柱塞泵相连,用于控制所有设施的运行,如图 2 所示,可设置固体制剂自动投加比 21、固体制剂手动投加量 22 和液体制剂自动投加比 23,选择运行方式 24,即自动或手动,操作方式 25,即就地或远程,配料方式 26,即固体或液体,启动或停止自动运行 27,及显示固体制剂投加量 28、进水流量 29、液体制剂流量 30、混合液输出压力 31 和混合液输出流量 32;柱塞泵 16 安装在电控柜旁边,与混合液输出管路 17 连接,用于往外泵出混料罐 6 中的液体;混合液输出管路 17 位于集装箱右侧,与高压注入管连接后,可用于向指定地层中输出修复制剂;混合液电磁阀 18 安装在混合液输出管路 17 上,用于控制制剂输出端口;压力表 19 和混合液流量计 20 安装在混合液输出管路 17 上,用于指示混合液输出压力和混合液输出流量;上述所有组成部件均固定在运载货车 1 上。

[0025] 利用本发明修改设备修复污染土壤或地下水的的方法为:连接好电源,进水管路、混合液输出管路等,若制剂类型为固体,则向干粉料斗中加入固体制剂。打开触摸屏电源,登录进入触摸屏操作系统,选择手动运行/自动运行。

[0026] (1) 选择自动运行,若制剂为固体,则设置固体制剂自动投加比,开启自动运行,系统自动打开投料电机,将干粉料斗中的固体制剂投加到混料罐中,同时打开进水电磁阀,

向混料罐中加入自来水,同时启动搅拌机,使固体制剂充分溶解,配置成所设浓度的氧化制剂。若制剂为液体,则设置液体制剂自动投加比,开启自动运行,系统自动打开液体制剂电磁阀,将液体制剂投加到混料罐中,同时打开进水电磁阀,向混料罐中加入自来水,同时启动搅拌机,使液体制剂充分稀释,配置成所设浓度的氧化制剂。当混料罐中液体超过低位时,系统会自动启动柱塞泵进行加压注入。

[0027] (2) 选择手动运行,当制剂为固体时,设定固体制剂手动投加量,手动开启进水电磁阀和投料电机,投料电机根据固体制剂手动投加量和进水流量进行投料,打开 1# 和 2# 搅拌机,充分搅拌混合。当制剂为液体时,手动开启进水电磁阀和液体制剂电磁阀,根据进水流量调节液体制剂流量,使液体制剂稀释成需要的浓度,打开 1# 和 2# 搅拌机,充分搅拌混合。当显示屏上显示液位高于低低位时,即可手动启动 1# 或 2# 柱塞泵进行注入。

[0028] 如图 3 所示,DCS 控制系统与污染场地修复装备采用无线以太网方式连接,利用电脑的无线网卡与污染场地修复装备的无线接入器进行无线连接,步骤如下:

[0029] (1) 检查污染修复装备上的无线接入器的“power”和“LAN”指示灯,正常时应“亮”;

[0030] (2) 在电脑 C 盘根目录下建立名为“db”的文件夹,将程序和数据库安装到该目录下;

[0031] (3) 禁用除无线网卡之外的所有连接,进入无线网卡的属性设置;

[0032] (4) 找到无线接入,并连接;

[0033] (5) 进入 DCS 系统,操作方法与触摸屏系统的方法相同。

[0034] 实施例 1:

[0035] 利用自动运行方式向焦化厂地表以下 4.5-5.5m,7-10m 两层受高浓度多环芳烃污染严重的土壤中注入固体制剂高锰酸钾。

[0036] 连接好电源,进水管路、混合液输出管路。打开电源,登录进入触摸屏操作系统,设置系统参数,选择制剂类型为固体,选择运行方式为自动运行,设定固体制剂自动投加比为 15%。向干粉料斗中加入高锰酸钾,开启自动运行,系统自动打开进水电磁阀,向混料罐中加入自来水,同时开启投料电机,将干粉料斗中的固体制剂投加到混料罐中,并启动搅拌机,使固体制剂充分溶解,配置成浓度为 15%的氧化制剂。当混料罐中液体超过低位时,系统会自动启动柱塞泵进行加压注入。进水流量为 500L/h,则装备自动运行开始 1.6h 后,储液槽中液体超过低位,柱塞泵自动启动。

[0037] 当混合液输出管路连接到 4.5-5.5m 注入井时,将柱塞泵的输出效率调节为 50%,即混合液输出流量为 500L/h,累计注入 24h 能向该井中注入 12m<sup>3</sup> 浓度为 15g/L 的高锰酸钾溶液,0-7m 土壤中 PAHs 的平均去除率为 94.91%。

[0038] 当混合液输出管路连接到 7-10m 注入井时,将柱塞泵的输出效率调节为 100%,即混合液输出流量为 1000L/h,累计注入 24h 能向该井中注入 24m<sup>3</sup> 浓度为 15g/L 的高锰酸钾溶液;7-10m 土壤中 PAHs 的去除率能达到 90.57%。

[0039] 实施例 2:

[0040] 利用手动运行方式向焦化厂地表以下 4.5-5.5m 受高浓度多环芳烃污染的土壤中注入液体制剂双氧水(浓度为 30%)。

[0041] 连接好电源,进水管路、混合液输出管路。打开电源,登录进入触摸屏操作系统,设



置系统参数,选择制剂类型为液体,运行方式为手动,进水流量为 500L/h,调节液体制剂流量为 500L/h。打开进水电磁阀和液体制剂电磁阀,向混料罐中加入自来水,同时投加液体制剂双氧水,开启搅拌机,使双氧水和水充分混匀,配置成 30%的氧化制剂。装备运行开始 0.8h 后,储液槽中液体超过低低位,手动启动柱塞泵。将混合液输出管路连接到注入井,将柱塞泵的输出效率调节为 50%,即混合液输出流量为 500L/h。累计运行 12h,向该井中注入 6m<sup>3</sup> 浓度为 30%的双氧水溶液,土壤中 PAHs 的去除率为 53.1%。

[0042] 本发明未详细阐述部分属于本领域公知技术。

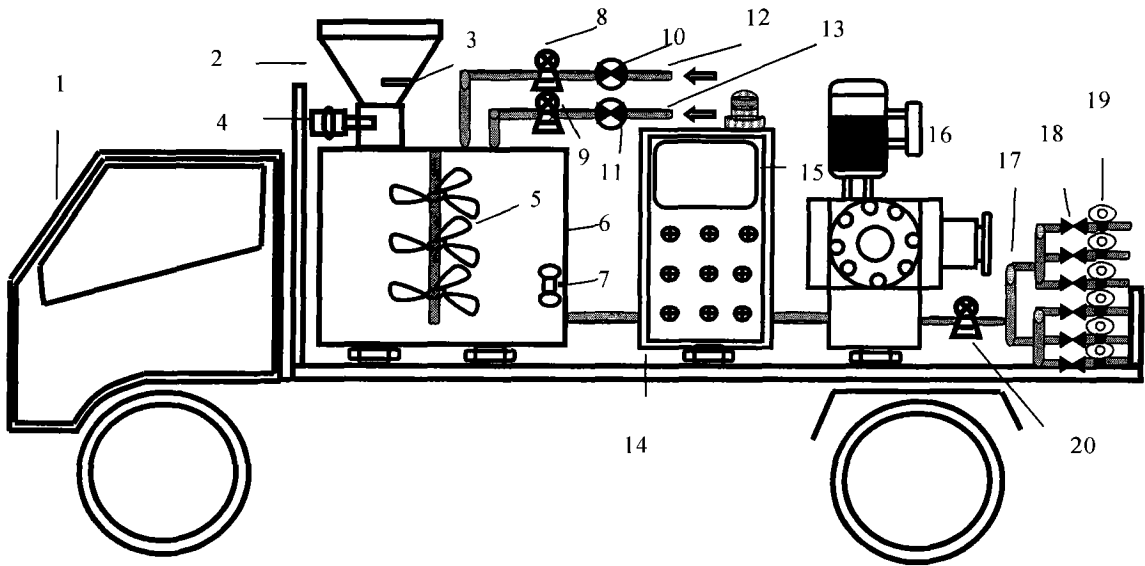


图 1

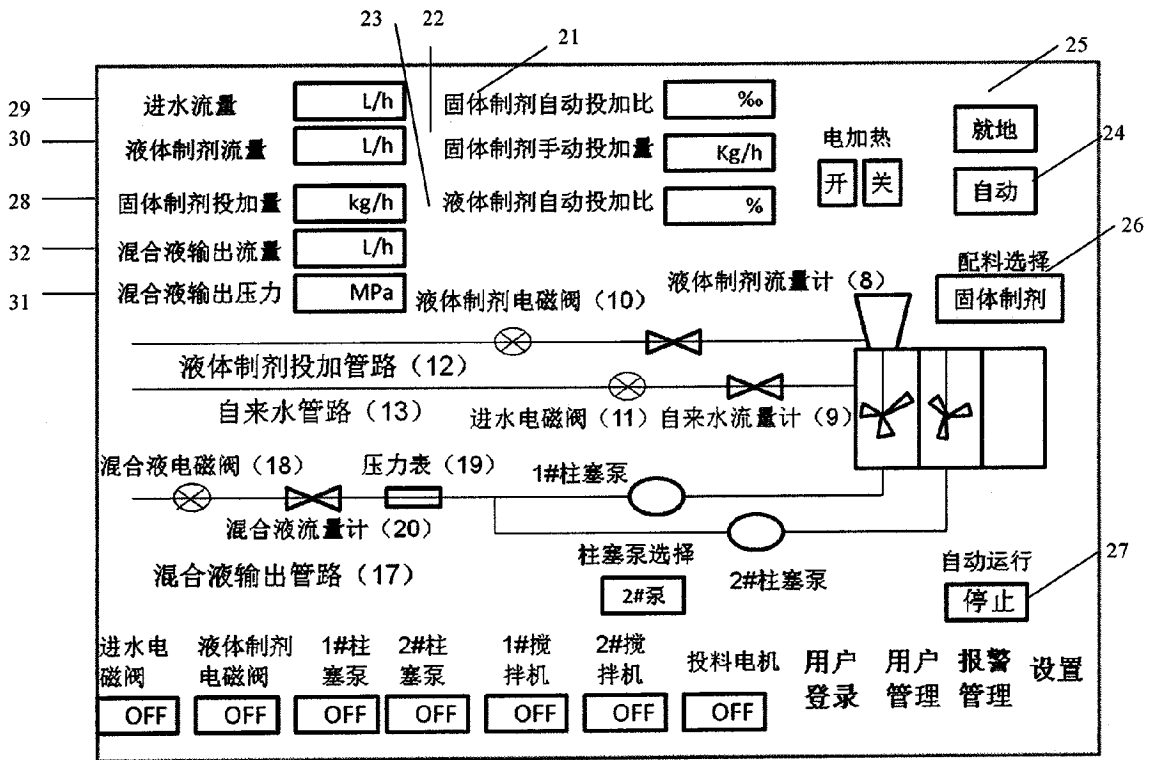


图 2

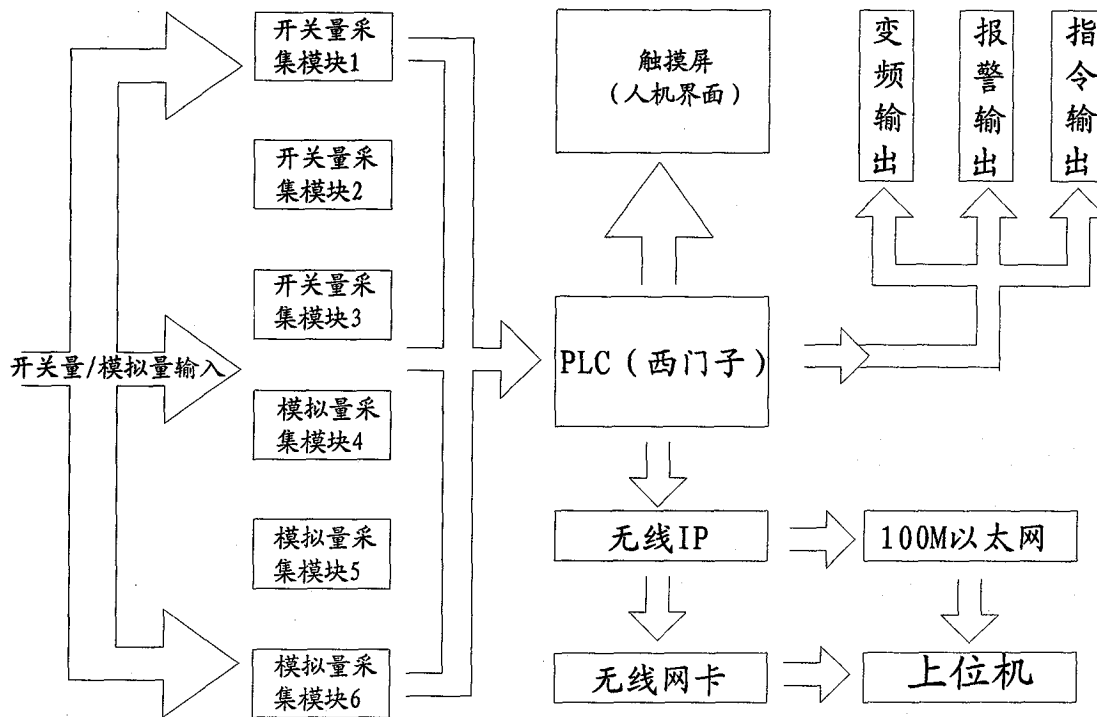


图 3