

污泥热干燥技术的研究现状与进展

李帅旗, 陈永珍, 黄冲*, 陈小强, 何世辉

(中国科学院广州能源研究所广东省新能源和可再生能源开发与应用重点实验室, 广东 广州 510640)

[摘要]热干燥技术是污泥处理并资源化利用的有效方法, 本文介绍了常见污泥的干燥特性及几种主要的干燥方法, 包括热泵热风干燥、过热蒸汽干燥、太阳能干燥和微波干燥等方法, 并对这几种技术的研究现状和发展趋势进行分析, 为污泥热干燥技术的进步提供理论支撑, 推动我国环保事业快速发展。

[关键词]污泥; 热干燥; 含水率

[中图分类号]X705

[文献标识码]A

[文章编号]1007-1865(2017)15-0181-03

Research Status and Progress of Sludge Thermal Drying Technology

Li Shuaiqi, Chen Yongzhen, Huang Chong*, Chen Xiaoqiang, He Shihui

(Guangdong Key Laboratory of New and Renewable Energy Research and Development, Guangdong Provincial Key Laboratory of New and Renewable Energy Research and Development, Guangzhou 510640, China)

Abstract: Thermal drying technology is an effective method for sludge treatment and resource utilization. This article introduces the common sludge drying characteristics and several main drying methods, including the heat pump drying, superheated steam drying, solar drying and microwave drying method. Then analysis the research status and development trend of these kinds of technology, it can provide theoretical support for the progress of sludge thermal drying technology and promote rapid development of environmental protection in China.

Keywords: Sludge; thermal drying; heat pump; moisture content

污泥是由水和污水处理过程所产生的半固态或者固态沉淀物, 是一种由有机残片、细菌菌体、无机颗粒等组成的高含水率非均质体^[1], 随着我国经济、社会的快速发展和污水处理能力的不断提升, 由此产生的污泥量也迅速增加, 据统计, 到2016年污泥的年排放量已超过4000万t。目前, 我国大多数污水处理厂只对产生的浓缩污泥进行脱水处理, 脱水污泥的含水率仍有80%左右, 不能达到卫生填埋、堆肥或焚烧等后续处理处置的要求, 因此, 对污泥进行干燥、降低污泥含水率是污泥处理过程中的关键步骤^[2]。

1 污泥干燥特性及预处理

1.1 污泥干燥特性

污泥是含水率极高的物质, 易腐败且有恶臭, 经浓缩、消化后的含水率仍超过90%, 而经机械脱水后含水率为70%~80%, 经干燥处理后可以降至20%左右^[3]。根据污泥来源的不同, 可以将污泥分为市政污泥、湖泊污泥和工业污泥。市政污泥含有大量有机物, 易腐败, 产生恶臭, 比重较小, 颗粒较细, 高温灼烧后

减重量相对大^[4], 见表1, 而工业污泥则含有较多铜、铬等重金属离子, 有毒有害, 同时具有一定的资源化利用价值。

污泥干燥即是水分去除的过程, 包括表面水汽化和内部水扩散两个过程, 其中汽化过程由于污泥表面的水蒸气压高于热空气中的水蒸气压, 导致水分从污泥表面迁移到干燥介质。扩散过程与汽化过程相互关联, 污泥表面水分被蒸发掉, 导致其表面湿度低于内部湿度, 此时污泥水分从内部转移到表面。研究发现水分在污泥中有四种存在形式: 自由水分、间隙水分、表面水分以及结合水分^[5-6], 分别反映了水分与污泥固体颗粒结合的情况, 对应的污泥干燥过程的恒速干燥过程、第一降速干燥过程、第二降速干燥过程等去除的水分以及固体的束缚水分。荀锐等^[7]通过对污泥进行水热改性处理, 使部分结合水转变为自由水, 并利用对污泥中水分能量态进行热力学解析, 也得到污泥中固体颗粒对水分的约束存在一个不可逾越束缚强度, 即机械动作不能够再进行脱水。

表1 市政污泥和湖泊污泥化学组成

Tab.1 Municipal sludge and lakes sludge chemical composition

种类	化学组成/%							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	烧失量
市政污泥	35.49	7.94	3.84	6.53	3.13	0.73	0.58	33.95
湖泊污泥	69.74	16.20	5.78	1.29	2.11	2.13	1.24	5.11

注: 烧失量为污泥在105~110 烘干的原料1000~1100 灼烧后失去的重量百分比。

1.2 污泥干燥预处理

通过一定的预处理手段, 可以改变污泥中物质存在及结合形式, 减少污泥固体颗粒的结合力, 从而加速污泥脱水过程, 进一步起到节能降耗的作用。如超声波预处理由于功率大、穿透能力强、可引起空化作用, 进而加速污泥的干燥速率; 泡沫化处理方法则将气体通入液体或半液态污泥物料中, 通过搅拌使气泡均匀分布于物料中, 使污泥与干燥介质的接触面积增加, 同样可以起到加快干燥速率的效果。因此, 通过预处理改善污泥本身的性质从而提高污泥脱水干燥效率, 是污泥干燥的一个重要研究内容。

超声波预处理对污泥干燥过程有一定的促进作用, 杨玉廷等^[8]在105 干燥温度下研究了不同超声波处理时间对污泥干燥特性的影响, 发现超声波预处理能够加速表面自由水分蒸发和快速结束污泥恒速干燥阶段, 从而提高污泥干燥效率。赵芳、李进平

^[9-10]等研究了超声声能密度、超声作用时间、超声热效应等因素对污泥热风干燥过程的影响。结果表明, 超声作用对污泥干燥速率的影响效果随着声能密度的增加逐渐增强, 当热风温度为80 , 声能密度分别为0.2、0.4、0.6、0.8及1.0 W/mL时, 污泥样品干基含水率降至100%所需干燥时间与无超声作用相比分别缩短了8.3%、22.9%、33.3%、37.5%及39.6%。

泡沫化预处理工艺同样可以有效减小水分迁移阻力, 提高污泥干燥速率。王慧玲^[11]等在含水率为83%左右的脱水污泥中加入一定量的CaO粉末, 发现经搅拌可以形成泡沫化污泥, 在不同的干燥温度下, 密度为0.70 g/cm³的泡沫化污泥表现出最好的干燥效果。闫景武等^[12]在微波干燥中, 添加CaO使污泥提取液的pH和SCOD迅速升高, 污泥中微生物的细胞壁被破坏, 使微生物细胞内的大量有机物和内部结合水被释放出来, 自由水含量增多,

[收稿日期] 2017-05-08

[项目基金] 广州市科技计划项目(2017010160396); 广东省科技计划项目(2013B091500088)

[作者简介] 李帅旗(1991-), 男, 研究助理, 硕士, 研究方向为固体废弃物处理与资源化利用。

*为通讯作者: 黄冲(1975-), 男, 高级工程师, 研究方向为固废及工业废水处理与利用。

增大了干燥速率。通过添加木屑提高污泥透气性的方法也可以有效提高干燥效果，岳莲等^[13]等研究发现添加木屑的污泥有效扩散系数、干燥速率均大于纯污泥的有效扩散系数，而活化能小于纯污泥的活化能。

2 国内外污泥热干燥技术研究现状

2.1 污泥热泵热干燥技术

污泥热泵热干燥技术是利用热泵从干燥室排出的高湿热风中吸收部分显热和蒸汽潜热，用来加热空气以自然或强制对流循环的方式与物料进行湿热交换来达到干燥除湿目的方法，是公认的绿色干燥技术。这种方法可以避免热湿空气排放造成热量损失和环境污染，还可以调节控制热风的温度和湿度，提高物料干燥质量和达到不同干燥目的^[14]。因此，与传统干燥相比热泵热风污泥干燥技术具有以下优点：(1)节约能源，保护环境；(2)干燥条件可调节范围广；(3)可回收物料中易挥发的成分；(4)自动化程度高等。

如图1所示热泵热风干燥系统由热泵主机循环和热风除湿循环构成，热泵循环包括从压缩机来的高温高压气态工质向外界空气放热冷凝为中温高压工质，经节流阀降压后变为低温低压工质，再进入蒸发器内汽化吸热变为低温低压饱和气态工质，然后进入压缩机，完成热泵主机循环。热风除湿循环包括在热泵蒸发器排出的高温低湿空气，经风机提速后进入干燥室内掠过湿污泥变成高湿空气，其相对湿度达到70%以上，再进入除湿蒸发器进行冷凝除湿，水汽凝结排出系统，低温低湿空气作为干燥介质进入冷凝器加热后继续循环干燥。

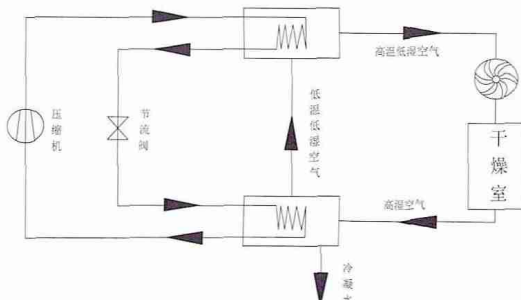


图1 热泵热风干燥工艺流程图 Fig.1 Heat pump drying process flow diagram

热泵热风污泥干燥技术的研究主要集中在污泥干燥规律、干燥模型及系统分析等方面。污泥干燥速率的变化是干燥过程中水分迁移的宏观表现，其变化规律揭示了污泥干燥内部微观的传热传质动力学机理。刘欣等对印染污泥的热空气干燥特性进行了研究表明，污泥干燥过程可分为预干燥、恒速干燥和降速干燥阶段，在预干燥阶段时间非常短，对于不同温度、不同颗粒的污泥，恒速干燥阶段的长短不同，而降速干燥阶段是干燥过程的主要阶段^[15]。郑龙等^[16]对污泥在低温低湿条件下的干燥规律进行了研究表明，污泥的低温低湿干燥过程属于水分内部迁移控制，即水分扩散速率决定干燥速率，并得出污泥低温低湿干燥过程可用 Page 模型来描述的结论。

熊梦清等^[17]研究了热泵干燥系统的能量回收率和能量效率，表明随着制冷剂流量增大，干燥介质冷凝器出口温度、干燥介质循环率和能量回收率都增大，但能量效率却随之降低，当两者同时在合理的范围内热泵干燥系统才能获得节能减排的双重效益。张碧光等^[18]研究表明污泥热泵依靠热泵回收尾气余热，干燥箱内平均温度在70左右，干燥速率主要取决于干燥室内的温度和相对湿度，温度越高、相对湿度越低，干燥速率越大；污泥干燥速率还与热泵制冷工质有关，制冷工质冷凝温度越高，热泵供热温度就越高，干燥速率也越快。

2.2 过热蒸汽污泥干燥技术

过热蒸汽污泥干燥是利用过热蒸汽携带的热量蒸发污泥中的水分的一种干燥方式。相比传统热风干燥来说，过热蒸汽的传热系数高，水分迁移过程阻力小，具备较高的干燥速率和效率，同时其干燥过程尾气都是蒸汽，热量易被回收，具有显著的节能效果，干燥过程不存在氧化合燃烧反应，具有较好的安全性能，另外过热蒸汽干燥过程还具有消毒灭菌及提高干燥物料品质等优点。其系统工艺流程简图如下：

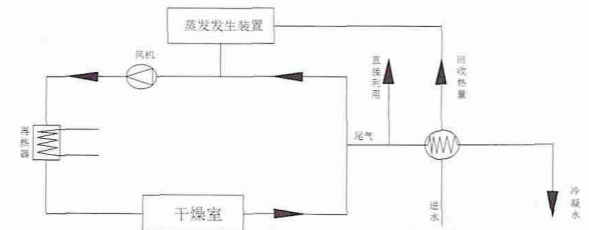


图2 过热蒸汽干燥工艺流程图 Fig.2 Superheated steam drying process flow diagram

过热蒸汽污泥干燥过程也可分为预热段、恒速段和降速段三个阶段，但其干燥曲线特点与热风干燥曲线略有不同。过热蒸汽干燥过程的预热段过热蒸汽迅速在物料表面形成凝结水，污泥含水率会出现一个短暂的陡升过程。史勇春等^[19]对过热蒸汽干燥凝结段的动力学特性进行了理论分析和比较，得出了与实际数值吻合度较高的过热蒸汽干燥凝结段的数学模型。

污泥过热蒸汽干燥特性与热风干燥基本相同，从干燥速率来讲，过热蒸汽干燥过程开始时干燥速率为负值，直到干燥凝结过程结束，干燥速率变大进入恒速干燥阶段。张绪坤等^[20]研制了一套常压内循环式干燥实验装置，分析城市污泥过热蒸汽和热风干燥特性曲线，结果表明随着温度升高过热蒸汽与热风干燥时间越来越接近，当温度达到280时，过热蒸汽干燥与热风干燥时间大致相同。张馨予等^[21]研究过热蒸汽温度对污水厂的污泥的干燥特性、残余固体的燃烧热值(Q)和挥发固分(VS)及冷凝液的有机物含量(TOC)的影响，表明高温对污泥干燥有促进作用，温度越高，干燥速率越大，过热蒸汽温度205以上时，干燥后残余固分热值相对降低，不利于焚烧，并且污泥干燥过程中产生的冷凝液有机物浓度高于220 mg/L，会使污泥冷凝液处理难度增加。

2.3 太阳能辅助热泵污泥干燥技术

我国2/3的国土面积太阳能年辐射量不低于500 MJ/m²，拥有丰富的太阳能资源，因此，近几年利用太阳能对污泥进行干燥处理的技术也得到快速发展。根据运行方式及结构形式，太阳能干燥装置可以分为三大类：温室型太阳能干燥器、集热型太阳能干燥器、太阳能辅助联合干燥装置^[22]。

温室型太阳能干燥器结构与农作物栽培的温室相似，一般采用透光率较好的盖板，太阳光辐射穿过盖板后，一部分直接投射到被干燥物料上，被其吸收转换为热能，使污泥中水分不断汽化；另一部分则投射到干燥室内内壁上，也被其吸收并转换为热能，用以加热干燥室内的空气，温度逐渐上升，热空气进而将热量传递给物料，使物料中的水分不断汽化，然后通过对流把水汽及时带走，达到干燥物料的目的。赵磊等^[23]研究了利用太阳能温室将污泥含水率从80%干燥至40%的干燥过程中污泥干缩形变率、孔隙率、干燥面积的变化行为，结果表明，在不利用辅助热源，单纯利用太阳能对污泥进行干燥时，干燥速率不超过0.63 kg水/(m²·h)，在无辅助热源的条件下，温室内温度和湿度是影响污泥干燥速率的主要因素，而干燥速率随含水率变化趋势并不明显，污泥干缩形变率和孔隙率、污泥干燥面积只与污泥含水率相关，与干燥速率和季节并没有显著关系。

集热型太阳能干燥器是太阳能空气集热器与干燥室组合而成的干燥装置，这种干燥器利用集热器把空气加热到60~70，然后通入干燥室，物料在干燥室内实现对流热质交换过程，达到干燥的目的^[24]，装置通常采用高低温保温水箱，将白天富余的太阳能储存供夜晚使用，太阳能利用率高。Mathioudakis等在希腊利用集热储热太阳能干燥装置对污泥进行了干燥研究，结果表明，在夏季把污泥含水率从85%降至6%需要7~12天，秋季9~33天可以将污泥含水率降至10%，体积则减少到原来的15%~20%，如果在装置底部加装太阳能热水循环系统进行辅助，即使在冬季污泥干燥时间也可以缩短到1~9天。

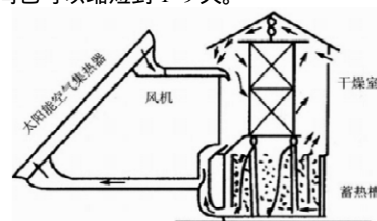
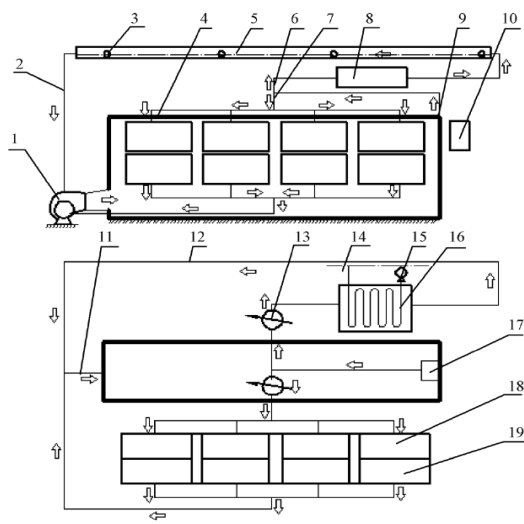


图3 集热式太阳能干燥器示意图 Fig.3 Superheated steam drying process flow diagram

太阳能热泵干燥装置将太阳能加热干燥运行能源费用低以及热泵干燥装置工作稳定可靠的优点结合起来,较常规气流干燥在能源消耗和干燥成本方面具有明显优势,太阳能热泵干燥技术已成为一种新型节能环保技术。饶宾期等^[25]采用热泵产生的热能和太阳能共同作用对污泥进行干燥试验及系统性能分析,发现当太阳辐射条件好时,尽可能让太阳能加热装置发挥作用,而天气条件差时,则主要利用电能通过热泵系统进行干燥,该系统平均可节省电量20%左右。太阳能热泵干燥系统示意图如下图所示:



1.风机;2.风管;3.太阳能真空管;4.干燥箱;5.风管;6.支管;7.支管;8.中水换热器;9.总出风管;10.控制器;11.总进风管;12.太阳能管 13.风量调节阀;14.中水管网;15.水泵;16.中水换热器;17.总出风管 18.热泵蒸发器;19.热泵冷凝器

图4 太阳能热泵干燥装置图

Fig.4 The solar energy heat pump dryers

2.4 微波污泥干燥技术

微波干燥是一项新型、清洁的高效干燥技术,利用300兆赫~30万兆赫,波长1mm~1m的高频电磁波作用于待干燥污泥,污泥中的水分子会在微波电场中剧烈震动,产生摩擦升温促使水分子汽化。与热风、蒸汽等外部加热干燥不同,微波干燥技术是一种内部加热的方法,并且干燥速率一致,干燥效果均匀,因此,微波污泥干燥方法具有加热速度快、干燥时间短、清洁卫生等特点,具备应用于污泥干化领域的潜力。

微波干燥技术应用到污泥处理上的研究起步较晚,但也取得了一定的研究成果。苏文焱等^[26]采用微波干燥技术处理市政污泥,研究表明,微波可高效快速干燥污泥,污泥含水率由82%降至30%时,干燥污泥能耗为1133kWh/t污泥,处理至10%,微波处理能耗约为1300kWh/t污泥。肖朝伦等^[27]将微波辐射用于含水率为81.97%,沸点约为88℃的城市脱水污泥,结果表明,微波干燥比常规加热干燥具有更快的速度,微波干燥过程后期温度过高,伴随着污泥热解。微波干燥脱水污泥时,当含水率从81.97%降低到5%时,可估算出污泥吸收的能量有约70.7%有效地用于干燥过程。对于1kg脱水污泥的微波干燥过程,损失的能量为878kJ,而所得到的干化污泥燃烧可放热约800kJ,可补偿损失能量的绝大部分^[23]。

2.5 小结

通过对以上几种污泥热干燥技术的对比分析可以看出,不同干燥方法都有相应的特点和优势,如下表所示,热泵热风干燥方法能耗较低,环保效益好;过热蒸汽干燥方法干燥效果好,安全性高;太阳能干燥节能环保效果都比较明显;微波干燥处理速率快,干燥效果好,但运行成本也较高。

3 总结与展望

随着城镇化、工业化的快速发展,污水带来的污泥急剧增加,污泥处理问题已经成为我国亟待解决的重要环境问题之一。同时人们的节能意识及环保要求的不断提高,污泥处理技术的研究得到广泛关注,也取得了大量的研究成果,污泥的干燥方法也从传统的自然风干方法发展到如今热泵热风干燥、过热蒸汽干燥、可再生能源辅助干燥等多种大规模污泥干燥方法协同发展的局面,已经可以初步实现污泥的无害化、减量化和资源化的目的。但要使污泥干燥在节能、环保、高效、安全、稳定等各方面均有较高性能,还需要进一步研究和发展。随着干燥机理、干燥特性的研

究不断深入以及为加快污泥处理行业的成熟发展,确保我国环保事业稳步前进,今后污泥热干燥技术的研究还应更多关注以下方面:

(1)利用热分析动力学来研究污泥干燥机理、干燥规律等,提高干燥模型的合理性和准确性。

(2)研究可再生能源、工业尾气与热泵热风及过热蒸汽等联合循环干燥技术,提高污泥干燥处理过程的综合能量利用效率,减少干燥成本。

(3)污泥干燥过程中存在粉尘爆炸等危险,开发新型干燥装置的同时干燥过程监控及工程安全性也需要加强关注。

(4)污泥含有大量有机物等,干燥后可以制作材料,制备建筑材料、吸附材料等,变废为宝,提高污泥的资源化利用率。

表2 几种污泥干燥技术性能对比分析

Tab.2 Comparison and analysis of several kinds of sludge drying technical performance

项目	方法				
	热泵热风干燥	过热蒸汽干燥	太阳能干燥	微波干燥	传统干燥
能耗	较低	中等	较低	较高	较低
环保	好	好	好	好	一般
安全性	一般	较好	一般	较好	一般
干燥速率	中等	中等	较慢	较快	较慢
干燥效果	一般	较好	一般	较好	较差

参考文献

- [1]程诚,黄亚继,孙宇.城市污泥干燥的研究现状与进展[J].能源研究与利用,2012,(4):33-36.
- [2]王高敏,吴青荣.污泥干燥动力学研究进展[J].环境工程,2016,(10):124-128.
- [3]林云琴,周少奇.我国污泥处理、处置与利用现状[J].能源环境保护,2004,18(6):15-18.
- [4]张卫军,张智.城市污泥热干化特性及能耗研究[D].重庆大学,2009.
- [5]Reyes A, Eckholt M, Troncoso F, et al. Drying kinetics of sludge from a wastewater treatment plant[J]. Drying Technology, 2004, 22(9): 2135-2150.
- [6]Banu Ormeci, Aarne Vesilind P. Development of an improved synthetic sludge. A possible surrogate for studying activated sludge dewatering characteristics[J]. Water Research, 2000, 34(4): 1069-1078.
- [7]荀锐,王伟.水热改性污泥的水分布特征与脱水性能研究[J].环境科学,2009,30(3):851-856.
- [8]杨玉廷,李润东,王爽,等.超声波预处理对污泥干燥速率影响研究[J].可再生能源,2009,27(2):43-46.
- [9]赵芳,程道来,陈振乾.超声波处理对污泥热风干燥过程的影响[J].农业工程学报,2015,31(4):272-276.
- [10]李进平,李梦遥,姚雯,等.城市污泥微波干化工艺及干化特性研究[J].环境工程学报,2014,8(8):3433-3436.
- [11]王慧玲,杨朝晖,黄兢,等.泡沫化预处理对污泥干燥特性的影响[J].环境工程学报,2015,9(2):907-912.
- [12]闫景武,杨朝晖,黄兢,等.添加CaO脱水污泥的微波干燥特性[J].环境工程学报,2016,10(9):5128-5132.
- [13]岳莲,吴中华,聂海韬,等.城市污泥与木屑混合薄层干燥实验及动力学分析[J].干燥技术与设备,2013,11(5):51-57.
- [14]宋小勇,钟宇,邓云.热泵干燥技术的研究现状与发展趋势[J].上海交通大学学报(农业科学版),2014(4):60-66+70.
- [15]刘欣.印染污泥干燥特性和干燥工艺的研究[D].华南理工大学,2010.
- [16]郑龙.污泥低温干燥的实验研究及动力学分析[D].华南理工大学,2016.
- [17]熊孟清,杨桦,等.污泥热泵干燥系统的节能减排效益分析[J].能源工程,2009(1):53-55.
- [18]张璧光,李梁,张振涛,等.污泥热泵干燥速率及能耗的实验研究[J].干燥技术与设备,2007(5):220-224.
- [19]史勇春,李捷,等.过热蒸汽干燥凝结段的干燥动力学特性[J].农业工程学报,2012(13):211-216.
- [20]张绪坤,姚斌,苏志伟,等.城市污泥过热蒸汽与热风干燥特性[J].环境工程学报,2015,9(10):5049-5054.
- [21]张馨予,赵长龙,等.动态传导式污泥干燥剂冷凝液特性研究[J].现代化工,2017(3):175-178.
- [22]刘敏,张旭等.太阳能干燥污泥的试验研究[J].太阳能学报,2012,33(5):868-891.
- [23]赵磊,陈德珍.太阳能温室污泥主要干燥参数的变化[J].太阳能学报,2009(9):1264-1270.

(下转第187页)

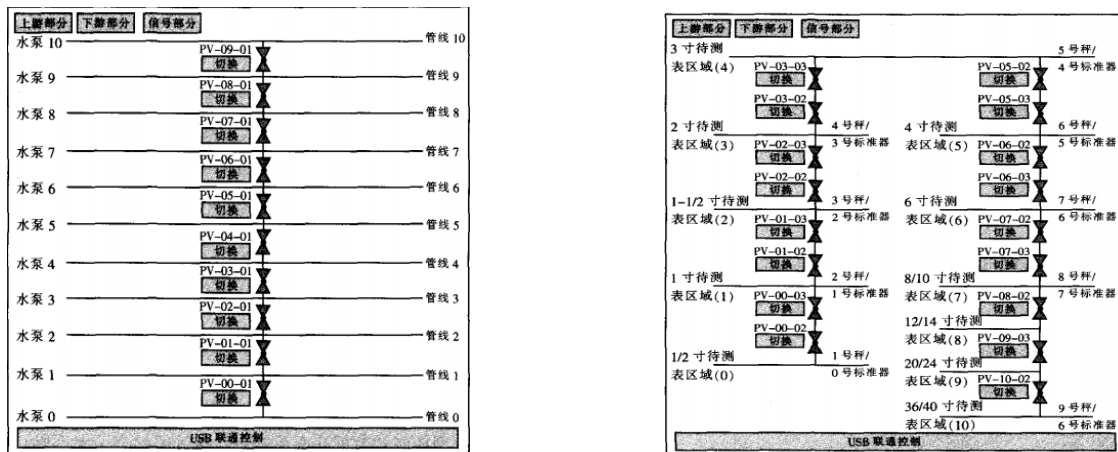


图2 标准器资源之间连接信号流切换示意图

Fig.2 Standard device resources to connect between the signal flow switch

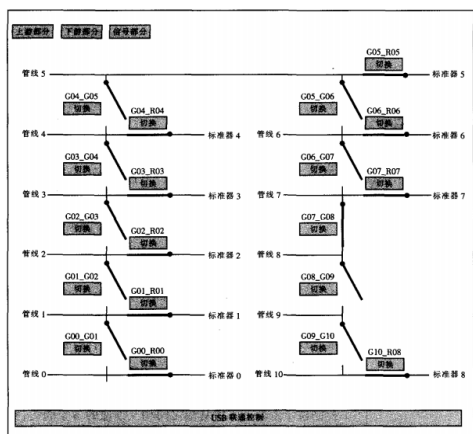


图3 上游和下游连通阀门示意图

Fig.3 Upstream and downstream connectivity valves

1.3 称重法和标准法混合系统的控制个管理

校准装置是一个可以同时使用标准表格换向器的称重法的混合系统。每一条管线的下游范围都是连接着一个以上的科里奥利质量流量计。对于尺寸的不同都有取得认证的流量区域，然而不同标准表的单独或是组合使用时，都要进行标准校准模式的考虑不是大量程比的需求。

称重模式下，换向器的光电感应器同步信号，对开关的信号要使用水箱里的水质，另一方面则使用起止待测表累计脉冲计数。

标准模式下，同步信号并非由任何物理设备触发，而是由标准的服务器进行操作。此信号分为两路：一路主要是控制标准表的计数器的开关，二路主要是控制待测表脉冲计数的开关。依据以太网通信，系统动力控制、标准器控制和联通控制服务器为共享资源，可以被管线服务器访问；而管线服务器直接无必然联系，所以不可互访。所以对于操作者来说，任何一条管线的控制系统都可以通过适当的路由虚拟的调用任何共享资源，在更宽范围的量程范围内进行流量计校准。

1.4 双击时脉冲插补计数器的应用

脉冲计数的不确定度贡献在校准系统的综合不正确度合成里处于可以忽略的量级。这就要求一次校准的脉冲总数大于 20000 个。

双计时脉冲插补是利用两个高速计时器和相应的开关逻辑，在检测器信号和流量计脉冲的控制下，将脉冲计数分辨率由整数计数提高为整数脉冲加上小数的技术。将它应用于校准系统的待测表脉冲计数中，可以保证在脉冲量不足的情况下，系统对于待测表脉冲计数的不正确度也能小于 0.01%。关于双计时脉冲插补计数的实验论证，美国石油学会的石油测量手册中详细描述了双时差脉冲插补计数实验的过程和结果。

1.5 变送器自动识别及自动组态功能的实现-HART-以太网链路

校准装置系统是一个主要功能是借助 Oracle 数据库的支持，实现与多种流量计变送器的智能通信，从而根据不同技术，不同尺寸的流量计和校准装置的特点，出来自动的进行组态，还可以灵活的在不同流量下自动设定最优过程参数。变送器有本安型和普通型，要求校准系统能根据不同类型来变换连接方式。艾默生电气系统接口电路能智能检测出类型，从而决定是否给相应的变送器的模拟和脉冲回路供电。数据库的广泛应用也对该系统能够识别和校准多种流量计发挥了重大的作用。当用户把一个电磁变送器接入系统时，系统能够很快的识别，利用 HART 命令读取变送器内与校准相关的参数，或者进行组态；当校准完成，开始验证以前，能将校准系数写入变送器，并于不同流量点设定系数，完成验证。当非 HART 通信协议的变送器需要与流量管连接一起校准时，系统可以利用其 FIELDBUS/PROFIBUS-HART 转换器将其他信号转换为 HART 与系统通信。

2 结论

校准装置有着许多创新的设计，应用了前沿的技术，同时结合了丰富的过程控制经验和对流量计量的深刻理解，是当今校准装置设计不可多得的范例之作。虽然此装置尚存在改善空间，比如根据流量和扩展不确定要求对标准器的自动选择，但其设计体现的概念和意图体现了很高的技术水平，给装置的发展指明了方向。

参考文献

- [1]高宇. DCS 系统用于流量计校准装置的设计[J]. 中国计量. 2012(03).
- [2]张军. 液体流量标准装置校准科力质量流量计之再探讨[J]. 计测技术. 2009(03).
- [3]吴勇兴, 王剑, 姜周曙, 等. 液体流量仪表性能校准系统开发[J]. 实验室研究与探索, 2013(02).

(本文文献格式: 李挺. 流量计与 DCS 匹配问题研究[J]. 广东化工, 2017, 44(15): 186-187)

(上接第 183 页)

- [24]陈成, 司丹丹, 等. 集热式太阳能污泥干化系统能效评估与适应性分析[J]. 广东化工, 2016, 336(22): 60-63.
- [25]饶宾期, 曹黎. 太阳能热泵污泥干燥技术[J]. 农业工程学报, 2012, (5): 184-188.
- [26]苏文淋. 微波干燥技术处理市政污泥实验研究[J]. 价值工程, 2016, (17): 105-107.

- [27]肖朝伦, 潘峰. 微波能作用下城市脱水污泥干燥效能研究[J]. 广州化工, 2013, 41(11): 134-135.

(本文文献格式: 李帅旗, 陈永珍, 黄冲, 等. 污泥热干燥技术的研究现状与进展[J]. 广东化工, 2017, 44(15): 181-183)