燃煤电厂污泥掺烧技术的应用与设计探讨

来源:能源与环境  作者:符成龙 沙丰等

摘要： 燃煤电厂污泥掺烧是一种高效的废弃物能源化利用方式,借助现役煤电机组的高效发电系统和环保集中治理平台,可实现污泥减量化、无害化、资源化和规模化处置,符合国家产业政策要求.分别对污泥的性质、污泥掺烧对燃煤机组的影响、污泥掺烧的应用案例进行了简单介绍,对污泥掺烧工程设计中的关键问题进行了探讨,为燃煤电厂污泥掺烧项目的建设提供技术参考.

**0引言**

近年来．国家能源局多次发文要求严格控制煤电规划建设。淘汰落后产能。煤电建设正式进入去产能时代。而随着环保要求的提高．煤价上涨和发电利用小时数的下降．燃煤电厂的经营也遇到严峻挑战。与此同时，随着社会经济的发展和污水处理率的提高．污水处理的副产物污泥也快速增加。这些数量巨大的污泥已成为城市发展急需处理的难题。

在此背景下．燃煤电厂污泥掺烧技术得到电厂和地方政府的接受和重视。国家相关部门也出台了一系列政策，要求推进燃煤电厂协同资源化处理污泥．开展燃煤污泥耦合发电示范项目的建设。2018年6月。国家能源局与生态环境部公布了29个燃煤耦合污泥发电技改试点项目．并要求加快燃煤耦合生物质发电关键技术的研究开发、成果转化和标准制定。

污泥逐渐变废为宝，成为各大燃煤电厂争夺的资源。许多项目一拥而上，但对污泥特性、掺烧技术路线以及工程设计方面等还缺乏深入研究。因此本文在前人的研究基础上．首先对污泥性质和污泥掺烧应用案例进行介绍．然后结合自身经验对污泥掺烧工程设计进行技术探讨．为燃煤电厂污泥掺烧项目的建设提供技术参考。

**1污泥的基本性质**

由于污水的来源和污水处理工艺的不同．污水处理后产生的污泥成分非常复杂。掌握污泥的物理化学性质和含水率，是合理处置污泥并资源化利用的基础。

污泥相对密度较小、形状不规则、比表面积与孔隙率极高。其特点是含水率高、脱水性差且有臭味。污泥脱水后泥饼为黑色。自然风干后呈颗粒状。硬度大且不易破碎。污泥具有较高的含水率．污水处理厂浓缩污泥含水率为94％左右．经机械脱水后含水率可降至80％左右．部分深度脱水的污泥含水率可降至60％以下。

污泥一般呈中性或弱酸弱碱性．有机物含量较高．有热值利用价值。以上海竹园一厂和二厂的污水污泥为例．参照煤质分析．对污泥样品进行分析。根据上海市城市排水监测站2017年7月的污泥检测数据。干化污泥(含水率30％)中水分、灰分、挥发分各占30％左右，固定碳含量很低，热值约为动力煤的三分之一左右。灰成分分析中五氧化二磷的含量明显偏高。

燃煤电厂掺烧的污泥一般来自污水处理厂的污泥脱水车间或污泥干化车间。按来料污泥的含水率可分为湿污泥和于污泥，其中湿污泥含水率为60％。80％。干污泥含水率为30％左右。

**2污泥掺烧对燃煤机组的影响**

由于污泥的主要成分与燃煤有较大区别．污泥掺烧后势必会对锅炉的燃烧与排放产生一定影响．国内已有不少学者开始了污泥掺烧技术的研究．包括实验室研究和燃煤电站试验研究。研究结果表明．污泥小比例掺烧下．对锅炉炉膛温度没有大的影响。锅炉及相关辅机运行稳定。烟气中污染物的排放均符合国家污染控制标准，其中二嗯英、氯化氢浓度值均控制在较低的范围内。污泥中大部分重金属残留在灰渣中。但增加十分有限。不会影响粉煤灰的综合利用。

国家住建部和发改委2011年联合下发的污泥处理处置技术指南中指出。在具备条件的地区。鼓励污泥在热力发电厂锅炉中与煤混合焚烧：混烧污泥宜在35 t／lI以上的燃煤锅炉上进行。在现有燃煤电厂协同处置污泥时．入炉污泥的掺入量不宜超过燃煤量的8％；对于考虑污泥掺烧的新建锅炉。污泥掺烧量可不受上述限制。

**3污泥掺烧技术应用案例介绍**

经调研．国内已有多家电厂完成或正在进行污泥掺烧的技改。多集中在山东、浙江、江苏等地。这些项目多采用烟气或蒸汽对污泥进行干化，干化后掺入燃煤锅炉燃烧发电。下文将对具有代表性的上海外高桥电厂污泥掺烧改造项目进行介绍。

上海外高桥第二、第三发电厂与上海竹园片区污水处理厂都位于上海市浦东新区东北端。长江人海口南岸．距离较近。外高桥二厂为2x900 MW机组。三厂为2x1000 MW机组．分别于2004年和2008年建成投产．目前都满足烟气超净排放要求。竹园片区现有污泥干化焚烧处理工程1座。处理规模150 tDS(绝干污泥)／d。二期拟建设污泥干化工程。用于处理新增的污泥量，干化后污泥运至外高桥二厂、三厂共同掺烧处置。污泥采用薄层干化机进行干化，干化后污泥含水率范围为20％。33％。折算成30％含水率的污泥量约320 t／d。干化污泥平均掺烧比例低于2％。最大掺烧比例低于6％，对机组的正常运行影响较小。项目建成后。电厂向污泥处理厂出售蒸汽。污泥处理厂将干化污泥作为辅助燃料出售给电厂。干化后污泥经密闭污泥车运至厂内，电厂主要负责污泥的接纳、储运和焚烧。

该项目已于2019年上半年建成．具备接收含水率30％干化污泥连续掺烧的条件。按上海市政府进一步研究完善全市污水厂污泥处置方案，外高桥第二、第三发电厂将掺烧竹园片区以外的干化污泥(如白龙港、虹桥等)，以解决污泥的处置问题。目前，上海竹园片区的污泥干化工程仍未建成投产，电厂主要接收上海虹桥污水厂、白龙港污水厂、竹园污水处理厂含水率30％．60％的污泥．并开展相关掺烧试验的研究。

外高桥二厂、三厂都曾在2017年上半年进行了干化污泥掺烧试验。最大掺烧比例10％。结合最近的掺烧试验来看，试烧效果较好。各项排放指标都满足排放要求。需要注意的是，两个电厂掺烧期间．吸收塔内脱硫浆液都发生过明显的起泡现象。投加消泡剂后泡沫逐渐减少，石膏品质未见明显下降。脱硫浆液中毒起泡可能与污泥燃烧产物有关．需要进一步研究分析。

**4污泥掺烧工程设计关键问题探讨**

通过前文的介绍，普遍认为污泥掺烧技术上是可行的，对锅炉和污染物排放的影响比较有限。在污泥掺烧技改过程中，还应重点关注以下问题。

4．1污泥掺烧量的确定

污泥的掺烧量应根据推荐的污泥掺烧比例和锅炉运行情况来确定。污泥每天都会产生，产量根据季节稍有波动。而目前国内燃煤电厂负荷变动比较大．常不能满负荷运行，需考虑50％以下负荷的运行情况。因此，污泥最大掺烧量应先根据低负荷运行时的燃煤量计算出干化污泥的掺烧量．再根据污泥含水率折算到湿污泥的量。另外，还需考虑机组检修时的污泥掺烧的运行方式。污泥实际掺烧量应低于最大掺烧量，以保证发电机组的安全稳定运行。

随着煤耗指标和排放要求的不断提高。300 MW以下的燃煤机组正逐步遭到淘汰．600 MW和1000 MW等级机组的占比越来越高。以2台600 MW燃煤机组为例，1台炉满负荷运行时锅炉的耗煤量约为4000—5000 t／d。考虑仅有1台机组处于50％低负荷运行．污泥最大掺烧比例取8％，则干化污泥最大掺烧量为160。200 t／d．折算到含水率80％的湿污泥处理量为560～700 t／d。

4．2污泥的干化

原污泥由于粘度大、水分多等因素。不可直接进入煤粉炉燃烧。一般需将污泥干化后与原煤混合进入原煤仓，污泥的干化程度需考虑污泥的输送、储存、制粉系统、锅炉燃烧条件和经济性、安全性等来确定。

选择合适的污泥干化程度对系统设计至关重要。若干化程度过高。则在系统中易产生粉尘，存在自燃的可能性，增加危险性．且能耗也增加，降低经济性。含水率30％．40％的污泥仍然属于半干程度。粉尘和干化尾气产生量较少．此时污泥已经成形．储存输送较方便．具有工艺安全性和经济性。

污泥干化采用加热干化．干化车间应结合总平面和工艺流程多方案比选确定。一般可将污泥干化分为两种类型：直接干化和间接干化。直接干化是将高温干热气体直接引入干燥器．通过干热气体与湿物料的接触、对流进行换热。这种做法的特点是热量利用的效率高．但是如果被干化的物料具有污染物性质，也将带来污染物排放问题。山东华能临沂电厂、华电滕州新源热电、华电潍坊电厂、华能莱芜热电等均采用烟气直接干化。间接干化是将热量介质通过热交换器与湿污泥进行换热。这些介质可能是导热油、蒸汽或者热空气。介质在一个封闭的回路中循环。与被干化的物料没有接触。浙能嘉兴、国电北仑、南京华润热电、上海竹园污泥处理厂等均采用蒸汽间接干化。

干化方式需结合热媒来源、污泥成分、干化程度、对机组的影响、投资运行费用等多个方面进行比选确定，选择安全高效、稳定经济的干化系统。

4．3污泥的储运

污泥一般采用密闭汽车运至电厂．经称重计量后至污泥卸料间卸料，卸料间内设污泥接收装置。污泥接收装置一般地下布置，上部设电动或液压盖板。卸料时开启，卸料完成关闭，以减少污泥臭味的外溢。考虑到污泥具有一定腐蚀性，接收装置一般内衬高分子板或不锈钢。若来泥为含水率80％的湿污泥．一般采用方形接收仓。底部设滑架和螺旋输送机出料。然后经螺杆泵或柱塞泵送至污泥干化机进行干化。若来泥为含水率50％。60％的湿污泥或干化污泥，泵送比较困难．可采用污泥刮板输送机进行输送。

污泥经干化后呈细小颗粒状．粒径大小跟污泥来源和干化型式有关．在干化机选型时应优先选择造粒功能好的干化机．减少储运过程中的堵料风险和粉尘产生。污泥经干化后还具有较高的温度．不利于后续设备的安全运行，一般需设置冷却装置将污泥冷却至50℃以下。冷却后的干污泥较硬，但比表面积与孔隙率较高，易吸潮粘附在设备表面。因此，在运行时应尽量减少污泥的停留时间，防止污泥长时间堆积板结。

干污泥仓进料时仓内粉尘浓度较高。干化污泥又具有较高的挥发分。具有潜在的爆炸风险，应采取通风防爆的安全措施．安全措施包括对仓内粉尘浓度、温度、可燃气体浓度进行自动监测和报警．通过仓顶除尘风机强制通风降尘除尘．满足简仓的安全运行要求。仓顶还需设置真空压力释放阀．保证仓内压力的稳定。

干污泥仓的防堵对安全运行同样重要．必须采取合理有效的防堵方案。干污泥仓宜采用平底仓，尽量少采用锥形斗结构．以减少仓内物料的挂壁，避免结拱架桥。出料方式一般为液压滑架加螺旋输送机出料和刮刀或螺旋形式的中心给料机进行出料。

在干污泥输送过程中．应尽量避免使用带式输送机．一是带式输送机密闭较难，二是皮带返程容易撒料。影响环境卫生。干污泥输送宜采用密闭结构的刮板输送机或螺旋输送机，并减少污泥的垂直提升。在物料分配时，为减少堵料风险，应避免采用传统输煤系统中的电动三通装置．改用双向刮板输送机或双向螺旋输送机对物料进行分配。

为有效控制污泥掺烧比例．减少对锅炉制粉系统和污染物排放的影响．干化后污泥需按比例均匀加入燃煤中。应用最多的混合方式就是在电厂输煤系统工作过程中．将污泥按比例与原煤混合．利用输煤皮带机输送至原煤仓。掺混点宜设在碎煤机室取样装置之后．减少对输煤栈桥和化学制样车间的影响。若条件允许，也可设置单独的污泥输送线，将污泥直接输送至原煤仓。

4．4污泥的除臭

在污泥干化和储运过程中．会产生大量的粉尘和臭味。根据上海竹园污泥处理工程的臭气检测．干化尾气中主要致臭因子有氨气、硫化氢、甲硫醇、二甲二硫醚等物质，将干化和储运过程中产生的这部分臭气集中送至锅炉燃烧处理．可达到经济和彻底处置的目标。

污泥卸料点、污泥储存仓、上料掺混点是臭气的主要逸散点。可考虑设置除尘器对此部分含尘气体进行收集处理。除臭设计一般与通风设计相结合．在环保要求较高的地方应保持污泥掺烧相关建筑物内微负压状态。

输煤栈桥和煤仓间产生的臭气较少．且整体微负压设计较为困难．因此在调研的几个掺烧电厂中也都未采取有效措施。在原煤仓加仓过程中。要保证污泥上方覆盖一层原煤。减少臭气的散发。在室内臭气浓度超标时。应加强通风，减少建筑物内臭气的堆积。

**5结语**

本文对污泥性质、污泥掺烧对燃煤电厂的影响及污泥掺烧应用案例进行了介绍．并对掺烧工程设计的相关问题进行了探讨。

研究结果表明．依托现役煤电机组的高效发电系统和环保集中治理平台．可实现污泥减量化、无害化、资源化和规模化处置．符合国家产业政策要求。是一种有效的污泥处理处置途径。

考虑到污泥的来源具有不确定．污泥掺烧在大型燃煤电厂的运行经验较少．建议项目建成后仍需继续关注掺烧对锅炉制粉、燃烧、烟气排放和灰渣、石膏综合利用的影响，保证机组的安全稳定运行。