

T/CECS×××-××××

中国工程建设标准化协会标准

城市多源污泥处理处置与资源利用规划指南

Guideline for planning of urban multi-source sludge treatment,
disposal and recycling

（征求意见稿）

中国工程建设标准化协会标准

城市多源污泥处理处置与资源利用规划指南

Guideline for planning of urban multi-source sludge treatment,
disposal and recycling

T/CECS ×××-××××

主编单位：上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：2 0×× 年 ××月××日

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2023 年第二批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字[2023]50 号）的要求，编制组经过广泛调查研究，认真总结实践经验，参考国内外的先进经验，并在广泛征求意见的基础上，制定本指南。

本指南共分 6 章，主要技术内容包括：总则、规划原则和依据、规划内容和步骤、规划信息获取、规划方案编制、规划方案综合评估。

请注意本指南的某些内容可能直接或间接涉及专利，本指南的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本指南由中国工程建设标准化协会城市给水排水专业委员会归口管理，由上海市市政工程设计研究总院（集团）有限公司负责具体技术内容的解释。本指南在执行过程中如有需要修改或补充之处，请将有关资料和建议寄送至解释单位（地址：上海市中山北二路 901 号；电话：021-55008689）。

主编单位：上海市市政工程设计研究总院（集团）有限公司

参编单位：同济大学

中国长江三峡集团有限公司

上海城市排水系统工程研究技术中心

上海市市政工程设计科学研究所有限公司

主要起草人：

主要审查人：

目 次

前 言	3
第一章 总 则	5
第一节 编制目的	5
第二节 适用范围	5
第二章 规划原则和依据	5
第一节 规划原则	5
第二节 规划依据	7
第三章 规划内容和步骤	8
第一节 规划内容	8
第二节 规划编制步骤	9
第四章 规划信息获取	11
第一节 规划信息需求	11
第二节 污泥属性和处理现状调研	13
第三节 污泥处置现状和资源调研	19
第五章 规划方案编制	23
第一节 规划方案构建原则和程序	23
第二节 预测污泥产量	26
第三节 确定处理规模	28
第四节 筛选处置方式	30
第五节 构建处置方案	36
第六节 确定技术路线	46
第七节 明确新建设施和费用	57
第八节 明确布局方案	58
第六章 规划方案评估	59
第一节 方案评估原则	59
第二节 方案评估指标	60
附录 A 污泥处理处置标准	66
附录 B 规划基础信息清单	70
附录 C 污泥检测指标和分析方法	72
附录 D 污泥处理处置碳排放核算边界和方法	74
参考资料	79

第一章 总 则

第一节 编制目的

为指导各地科学开展污泥处理处置与资源利用规划工作，制定资源利用主导型的污泥处理处置方案，在查阅国内外相关资料、调研国内相关城市污泥规划和技术路线推广应用经验的基础上，依据国家级和行业相关法律法规、技术政策和标准规范，编制本指南。

第二节 适用范围

本指南适用于以污水处理厂污泥、管渠污泥、给水污泥、河湖底泥等城市污泥为对象的处理处置规划方案编制。

第二章 规划原则和依据

第一节 规划原则

一、确定规划边界和对象的原则

在确定规划的时空边界和物料对象方面，应遵循区域统筹、因地制宜、统一规划和远近结合的原则。

1. 区域统筹、因地制宜

区域统筹和因地制宜是以系统思维、协同理念解决污泥处置问题的有效手段。多源污泥规划应充分融合区域统筹和多元协同理念，结合当地的污泥泥质特征和处理处置问题、相关资源情况、产业特性和经济社会发展水平等因素，统筹处理对象、设施、资源和管理等要素。主要体现在：相同属性的固体废物协同处置、企业间上下游协同利用、区域内区域间协同消纳、处置设施间的协同共生等。例如，城市、县城、建制镇区域统筹共享处理设施和处置资源；污水处理厂污泥与管渠污泥、疏浚底泥、城市有机废弃物（如有机生活垃圾、餐厨垃圾、园林废弃物）等相关规划及处理处置资源相协调，统筹管理；通过静脉产业园模式进行协同处置，形成规模化效应，并方便政府有效监督控制和节约用地；构建、延伸综合利用产业链，实现原生产业与综合利用产业的跨产业协同。

2. 统一规划、远近结合

统一规划和远近结合是规划发挥连续性和稳定性战略指导作用的必要前提。统一规划旨

在以区域发展为大目标，结合城市总体规划、污水处理等专项规划，统一部署、分步实施，确保一张蓝图绘到底。在规划的地域范围内，以城市为中心，兼顾乡镇，统筹考虑区域内规划对象属性、处理处置需求和资源条件。在规划的时间范围内，应根据污泥处理处置阶段性特点，明确近期和远期规划年限，同时考虑阶段性、永久性和应急性方案，最终应保证永久性方案的实现；在永久方案完成前，可把充分利用其他行业资源协同污泥处理处置作为阶段性方案，并应编制应急处理处置方案，防止污泥随意弃置，保证环境安全。

二、明确规划方案技术目标的原则

在明确规划方案实现的技术目标方面，应遵循安全环保、资源利用、稳定消纳、成熟可靠和绿色低碳的原则。

1. 安全环保

安全环保是污泥处理处置必须坚持的基本要求。污泥中含有病原体、重金属和持久性有机物等有毒有害物质，污泥处理应实现稳定化和无害化。针对所选择的污泥处理处置方式，根据必须达到的污染控制标准，应采取相应的污染控制措施，确保公众健康和环境安全。

2. 资源利用

资源利用是污泥处理处置应努力实现的重要目标。资源利用体现在污泥处理处置过程中充分利用污泥中所含有的有机质、无机质和营养元素等资源。污泥资源利用，一是通过厌氧消化回收污泥中的生物质能，或通过焚烧等热处理技术回收利用污泥的热能；二是土地利用，将污泥中的有机质和营养元素补充到土地；三是建材利用，将污泥中的无机组分用于建材产品生产。

3. 稳定消纳

稳定消纳是污泥处置的核心和底线要求。污泥处置以资源利用为导向时需要跨行业、跨产业链解决污泥问题，污泥稳定消纳难度增加，应结合当地资源利用和处置条件对处置方案进行充分论证，明确各处置方式的连续消纳能力，合理选择主流、辅助与托底处置方式，通过多层次和多元化处置方式组合保障污泥最终稳定消纳。

4. 成熟可靠

成熟可靠是污泥处理处置稳定实现技术功能和性能的必需条件。应优先采用先进成熟的技术，对于研发中的新技术，需经过严格的评价、生产性应用和工程示范，确认可靠后方可采用。

5. 绿色低碳

绿色低碳是污泥处理处置应兼顾的重要因素。应避免采用消耗大量一次能源、优质清洁能源、物料和土地资源的处理处置技术，实现污泥低碳处理处置。鼓励在污泥脱水、干化等环节采用节能降耗利用，鼓励通过厌氧消化、协同厌氧消化等方式充分回收生物质能，鼓励采用垃圾和污泥焚烧余热、发电厂余热或其他余热作为污泥处理处置的热源。

三、确保规划方案可落实性的原则

在确保规划方案的可落实性方面，应遵循经济合理、管理可行、社会和环境风险可接受的原则。

1. 经济合理

经济合理是污泥处理处置方案得以落实的必要经济条件。应结合当地经济发展现状和趋势，综合考虑环境生态效益、处理处置设施建设和运营成本选择技术路线，确保规划方案的经济性与当地经济和财政情况相符。

2. 管理可行

管理可行是污泥处理处置方案落实并规范实施的必要管理条件。政府是多源污泥规划落实的责任主体，以地方水务部门为主体，还涉及到发改、国土资源、建设、环保、财政、物价、税务、园林等部门，污泥处理处置和资源利用过程涉及到不同行业、多个单位，方案落实后任何一个管理、运行环节进行调整或出现突发情况都将涉及到多方协调。规划方案编制过程应充分考虑当地利益相关部门协同管理的可行性。

3. 社会和环境风险可接受

社会和环境风险可接受是污泥处理处置方案落实的必要社会条件。污泥处理处置是一项社会公益事业，具有显著的社会和环境效益，解决污泥问题最终受益者是广大人民群众，公众作为规划的利益相关者应得到知晓和参与的渠道。规划方案编制过程应在必要环节设置公众参与渠道，做好引导、宣传和科普工作，提升公众认知水平和接受度，方案完善与落实应充分考虑公众诉求，评估公众接受能力，避免“邻避效应”。

第二节 规划依据

多源污泥处理处置与资源利用规划应以环境保护、污染防治和国家、行业和地方相关法律、法规、政策、规范、标准、技术文件和当地相关规划为依据。

一、法律法规

相关国家法律和法规主要包括：《中华人民共和国水法》、《中华人民共和国水污染防

治法》、《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》、《中华人民共和国土壤污染防治法》、《水污染防治行动计划》、《城镇排水与污水处理条例》等。

二、政策性文件

相关国家政策主要包括：《城镇污水处理厂污泥处理处置及污染防治技术政策（试行）》（建城〔2009〕23号）、《城镇生活污水处理设施补短板强弱项实施方案》（发改环资〔2020〕1234号）、《“十四五”城镇污水处理及资源化利用发展规划》（发改环资〔2021〕827号）、《减污降碳协同增效实施方案》（环综合〔2022〕42号）、《污泥无害化处理和资源化利用实施方案》（发改环资〔2022〕453号）等。

相关技术文件主要包括：《城镇污水处理厂污泥处理处置技术指南（试行）》（建科〔2011〕34号）、《城镇污水处理厂污泥处理处置污染防治最佳可行技术指南（试行）》（HJ-BAT-002）等。

三、标准规范

相关规范标准主要包括：《城市排水工程规划规范》（GB 50318）、《城乡排水工程项目规范》（GB55027）、《室外排水设计标准》（GB50014）、《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918）、《污水排入城镇下水道水质标准》（GB/T 31962）等国家和行业通用标准，以及污泥处理处置相关的专用标准，详见“附录 A 污泥处理处置标准”。此外，还应参照相关地方标准。

四、相关规划

相关规划主要包括：所在城市或区域的总体规划、污水处理系统专业规划、水（环境）功能区划、雨水排水规划、环卫规划、区域环境综合规划等。

第三章 规划内容和步骤

第一节 规划内容

一、规划文本内容

规划文本的内容主要包括：总则、污泥处理处置规划方案、建设项目和投资估算、落实计划和保障措施等。总则包括多源污泥规划编制的目的、指导思想、规划原则、规划依据、规

划目标、规划范围、规划期限等内容；污泥处理处置规划方案是规划文本的核心内容，包括近期和远期的规划污泥量预测、污泥处理处置技术路线和应急保障方式、规划设施规模、用地和布局；建设项目和投资估算包括近期、远期的建设项目和投资估算；落实计划和保障措施包括规划实施的计划和相关法规性、行政性、技术性、经济性和政策性等保障措施。

二、规划成果形式

规划在成果形式上主要包括规划文本、说明书和图集。规划文本是对规划的各项内容和内容提出规定性要求的文件，简明扼要阐述规划结果；说明书则是规划文本的技术支撑，其内容包括现状分析、规划意义论证、规划文本解释等；图集主要包括城市区位图、城市总体规划总图、排水分区图、现状和规划排水设施分布图、规划方案近远期布局图等，是对文本中规划范围、分区、设施布局等内容的图纸表现。

第二节 规划编制步骤

一、明确目标和边界

多源污泥规划应以城市总体规划、污水处理专项规划、环卫规划、区域环境综合规划等相关规划为依据，结合区域发展、环境保护、碳减排等宏观战略，制定近、远期规划目标，包括：污泥无害化处理、污染物总量控制、资源化处置、相关产业协同发展等目标。

规划目标是对规划内容预期实现结果的设想，应具有前瞻性，为规划方案编制指明方向；规划目标应具有可达性，在论证和确定规划目标时，应结合污泥产排、泥质，充分考虑当地的经济水平、资源环境承载力、用地条件、处理处置区域调度等约束条件。

确定规划目标时，应同时明确目标实现的时空边界，即规划年限和规划范围。规划年限应明确基准年，并依据城市总体规划确定近期和远期规划年限，近期一般为 5 年，远期一般为 15~20 年，通常与城市总体规划一致。规划范围应与城市总体规划确定的范围一致，并考虑与远景发展的衔接。

二、获取规划信息

规划所需基础信息主要包括：区域概况、相关规划、污泥属性和处理处置信息。规划信息的内容、详实程度和准确性直接关系到规划的合理性和可行性。

区域概况信息主要包括发展概况、自然条件、经济和社会条件、区域发展战略等。相关规划信息主要包括与规划内容相关的其他发展计划或专项规划，如城市总体规划、排水相关

规划、环境卫生规划、相关产业发展规划等。污泥属性信息主要包括与污泥产排和泥质特性相关的排水体制、污水处理厂分布、污水水量水质、泥量泥质等。污泥处理处置信息主要包括最终处置的可用设施和资源情况，污泥现状处理工艺、处置方式，已建和在建无害化/稳定化设施的规模、工艺、主要问题等。

基础信息的收集在规划工作初期较为集中，但信息收集贯穿整个规划过程，是不断完善和更新的动态过程。规划工作初期，需要向规划委托方和相关主管部门集中收集区域概况和相关规划信息，针对污泥属性和处理处置信息，需要进行系统调研。

三、编制规划方案

规划方案即针对近、远期目标对预期规模污泥的处理处置方式、方法和进度的部署计划，是规划的核心环节。

规划方案主要包括以下内容：针对近期和远期年限，预测污泥产量和泥质、确定处理处置规模，根据泥质筛选处置方式，结合处置资源和处理设施调研构建处置方案、筛选处理方式、明确新建设施方案并进行投资和运行费用估算，结合用地需求、预留或规划用地情况明确布局方案。

规划方案编制过程的具体方法和要点详见“第五章 规划方案编制”。

四、评估规划方案

针对初步形成的一个或多个可选规划方案，应对方案的技术、经济、管理、社会、环境等多方面效益和风险进行综合分析，多个方案时通过综合评估选择最合理的方案。技术方面，由于方案的核心作用在于实现污泥的转化和利用，该功能需要通过系列技术组合共同实现，因此方案评估的内容首先是技术方面。经济方面，由于方案的投资和运行费用是否在地方财政可承担的范围是决策者考虑的重要因素，直接关系到方案能否落实，因此经济性是方案评估的重要内容。管理方面，污泥的处置不可避免涉及到跨领域物质循环，复杂的资源利用方案往往带来更大的管理难度，若不能有效管理，方案的安全性将大打折扣，在技术、经济可行的基础上，管理可行也是方案落实的重要保障。此外，社会方面，设施布局等规划内容可能引起邻避效应，将给方案最终落实带来意想不到的阻碍。至此，一个方案若在技术、经济、管理和社会层面均具有良好的可行性，方案落实和可持续运转即可得到保障。在此基础上，还可进一步评估其碳排放、健康和生态风险等环境方面的内容，在保障方案落实的前提下追求碳减排效益、健康和生态风险控制水平的进一步提升。

技术方面，主要考虑方案在污泥处理处置功能发挥方面的稳定性、可持续性和潜在风险，

确保规划期内污泥得到全量处理处置。此外，还应考虑方案的前瞻性和先进性，分析所选技术与该领域技术发展趋势是否一致，以及在国内外同类技术中的水平。对于拟采用较新的技术或处置方式的方案，还应考虑技术支撑条件。

经济方面，主要考虑方案建设和运行在经济上的可行性和主要风险，即投资和运行成本是否在当地财政可接受的范围，对可能造成成本超出预期的主要风险进行分析。此外，还应考虑处理处置上下游相关产业可能受到的间接经济影响。

管理方面，主要考虑方案实施过程的管理难度与风险，如合规性监管、协同管理难度和调度的可操作性。

社会方面，主要考虑方案与当前社会环境和未来社会发展趋势的协调性，公众的接受程度，如资源循环利用相关产业生存和发展的社会条件、政策支持、邻避效应等。

环境方面，主要考虑方案潜在的人体健康与生态风险、处理处置碳排放情况，以及方案在支撑当地环保相关目标实现方面的作用。

五、细化落实计划

对优选方案进一步细化，明确近期和远期的建设任务和实施时序。有条件时，建议对近期和远期建设项目进行投资估算和效益的全生命周期分析，根据国家对碳达峰和碳中和的规划要求，采取污泥处理处置节能降耗、减污降碳相关措施。

提出规划方案落实在行政、技术、经济和政策方面需要的支持和保障措施，明确规划实施的责任主体和职责。

第四章 规划信息获取

第一节 规划信息需求

一、背景信息

1. 区域概况

区域概况，即规划对象的所处区域的情况和变化趋势，包括发展概况、自然条件、经济和社会条件、区域发展战略等。发展概况主要包括区域的行政分区、人口分布、产业分布等。自然条件主要包括自然资源、水系构成、水文特征、水质状况、绿化面积等。经济和社会条件主要包括经济发展水平、产业结构、城市建设、交通、环卫等基础设施现状。区域发展战略主要包括经济、社会、生态等发展理念、思路和战略。区域概况的主要作用是明确规划编

制的宏观环境和背景、辅助制定与城市发展相匹配的规划目标。

区域概况相关资料主要由规划委托方协同相关政府部门提供。

2. 相关规划

相关规划信息，即与规划内容相关的其他发展计划和专项规划，包括城市总体规划、排水相关规划、环境卫生规划、国土空间总体规划、控制性详细规划、森林/林地/绿地相关规划、相关产业发展规划等。相关规划信息的主要作用是为污泥处理处置规划边界条件的确定、污泥土地利用可用消纳地块的初步确定提供依据，并实现与其他规划的协调。

相关规划主要由规划委托方协同相关政府部门提供。

二、污泥属性信息

规划对象的属性信息，即近 3~5 年城镇污水处理厂污泥以及其他拟协同处理处置物料的来源、产量和泥质信息，包括排水体制、污水处理厂进出水水量水质、污泥产量、有机质、热值、重金属等。其中，排水体制、污水处理厂进出水水量水质和污泥产量信息主要用于近远期污泥量预测，为规模确定提供依据；有机质、热值和重金属等泥质属性信息主要用于近远期泥质预测，分析和筛选可用的处置方式，为规划方案构建提供依据。

规划对象的属性信息大部分可由相关监管部门和排水运营单位提供，欠缺的泥质等信息可通过取样检测的方式获得。

三、污泥处理处置信息

污泥处理处置信息，即污泥的处理处置现状和资源信息，包括污泥现状处理工艺、处置方式，已建和在建无害化/稳定化设施的规模、工艺，处置可用设施和资源情况。处置可用设施和资源情况主要用于支撑处置方案构建和可行性论证，具体包括：园林、林地、农田、非食用性作物、沙荒地等污泥稳定化产物或产品土地利用的消纳潜力、市场需求情况，水泥厂、火力发电厂、垃圾焚烧厂等处理能力、协同处置的可行性、潜在消纳量，可能将污泥或焚烧产物进行建材利用的企业和市场需求情况，垃圾卫生填埋场的可利用程度（库容、年限等）。

处理处置现状、已建和在建无害化/稳定化设施的相关信息可为技术路线选择提供支撑。技术路线选择既要结合技术发展现状，也要结合现有处理处置及设施情况。

污泥处理处置信息中，现有处理处置路线、处理设施和处置方式相关信息主要由关监管部门和排水相关运营单位提供，现有设施和处置方式的主要问题、最终处置的可用设施和资源情况等相关信息通常由规划委托方协同规划编制方通过现场调研、访谈等方式获得。

四、规划基础信息清单

规划工作需收集的主要基础信息见“附录 B 规划基础信息清单”。

第二节 污泥属性和处理现状调研

认识和表征污泥的产排、泥质属性是预测污泥在处理过程中性质变化的重要手段，是科学选择处理处置技术路线的重要依据。污水处理厂污泥、管渠污泥、河湖底泥等多源污泥来源、产量和泥质特征有所不同，同一类型的污泥在不同区域的产量和泥质特性也有差异，需要针对性选择适用的处理处置技术路线，同时，还需要掌握污泥处理现状，以统筹考虑现有技术路线和已有设施，合理构建技术路线组合。污泥属性和处理现状调研旨在获取可靠的污泥来源、产量和泥质信息，掌握多源污泥产排时空规律和资源环境属性特征，支撑技术路线选择和规划方案构建。

一、污水处理厂污泥

1. 调研目的

- (1) 了解污水处理厂服务范围、服务人口，污泥集中处理设施服务的污水处理厂；
- (2) 了解污水处理厂进水来源、处理规模和处理效果；
- (3) 掌握污水处理厂污泥泥量、泥质情况；
- (4) 了解污水处理厂污泥处理工艺、处理效果、处理能力和处置去向情况。

2. 调研范围

调研范围应与规划范围一致。

3. 调研对象

调研对象应包括排水管理部门、污水处理厂和污泥处理设施。

4. 调研内容

(1) 设施概况

向排水主管部门或设施运营单位获取污水处理厂分布情况，收集污水处理厂、污泥处理设施概况信息，如表 4-1、表 4-2 所示。统计现状污水处理厂和污泥处理设施数量、污水量、污泥处理量、处理能力和产物量，估算规划区域内污泥整体产率，了解污水、污泥主要处理工艺、污泥处置去向。

表 4-1 污水处理厂概况

序号	名称	厂址	服务范围	排水体制	服务人口	投运时间	进水构成和比例(工业废水类型)	运行规模(万m ³ /d)	处理能力(万m ³ /d)	处理工艺	排放标准	污泥产量(t/d, 含水率80%)	污泥去向
1													
2													
.....													
合计	/	/	/	/		/	/			/	/		/

表 4-2 污泥处理设施概况

序号	名称	厂址	服务范围	投运时间	污泥来源和比例	运行规模(t/d)	处理能力(t/d)	处理工艺	废水处理工艺和排放标准	废气处理工艺和排放标准	产物量和含水率(t/d)	处置去向
1												
2												
.....												
合计	/	/	/	/	/			/	/	/		/

(2) 水量水质

通过污水处理厂月报表和检测记录获取近 3 年水量水质信息，如表 4-3 所示。

表 4-3 水量水质调研内容

序号	调研对象	调研内容
1	污水处理厂进水	处理水量
		COD、BOD、NH ₄ ⁺ -N、TN、TP、SS
2	污水处理厂出水	COD、BOD、NH ₄ ⁺ -N、TN、TP、SS

(3) 泥量泥质

通过污水处理厂污泥台账和污泥检测记录获取近 3 年泥量泥质信息，并进行 1~2 次泥质检测分析，如表 4-4、表 4-5 所示。泥质指标的具体内容和检测方法参照“附录 C 污泥检测指标与分析方法”。

分析各厂污泥产量和处理水量水质的关系，掌握各厂污泥产率特点和变化规律，为近远期泥量预测提供依据。对照污泥处置系列泥质标准分析各厂污泥挥发性固体含量、热值、营养元素等资源属性特征，分析挥发性固体、重金属、有机污染物等含量、变化规律和超标风险，为近远期处置方案构建提供依据。

表 4-4 泥量调研内容

序号	调研对象		调研内容	数据形式
1	污水处理厂	脱水污泥	量、含水率	污泥台账检测记录

2		浓缩污泥 (无脱水污泥时)	量、含水率	
---	--	------------------	-------	--

表 4-5 泥质调研内容

序号	调研对象		调研内容
1	污水处理厂	脱水污泥或浓缩污泥 (无脱水污泥时)	基本指标、养分指标、热值指标、重金属指标
			有机污染指标
2	污泥处理工程	进厂污泥	基本指标、养分指标、热值指标、重金属指标
			有机污染指标
3	污泥处理工程	生物稳定化出厂污泥	基本指标、养分指标、重金属指标、处置附加指标
4			有机污染指标
5		高温热处理出厂污泥/灰渣	重金属指标、建材/工程利用附加指标

二、管渠污泥

1. 调研目的

- (1) 掌握排水管网分布、服务范围、管道长度等情况；
- (2) 了解管渠污泥处理站的分布和建设运行情况，了解管渠污泥处理工艺、处理效果、处理能力和处置去向情况；
- (3) 了解管道排查、疏通、养护工程实施情况；
- (4) 掌握管渠污泥泥量、泥质情况。

2. 调研范围

调研范围应与规划范围一致。

3. 调研对象

调研对象包括排水主管部门和管渠污泥处理站，未建管渠污泥处理站的城市或区域，调研已完成、正在或计划进行的管道排查、疏通、养护工程。

4. 调研内容

(1) 管网情况

向排水主管部门获取规划范围内的管网分布、长度、建设计划等基本信息。

(2) 工程概况

向排水主管部门获取管渠污泥处理站分布情况，收集管渠污泥处理站设施概况信息，如表 4-6 所示。统计现状管渠污泥处理站数量、污泥处理量、处理能力和产物量，了解处理工艺、处置去向。

表 4-6 管渠污泥处理站概况

序号	名称	站址	服务范围	投运时间	来泥构成	运行规模 (t/d)	处理能力 (t/d)	处理工艺	废水处理工艺和排放标准	废气处理工艺和排放标准	产物分类、量和含水率 (t/d)	处置去向
1												
2												
.....												
合计	/	/	/	/	/			/	/	/		/

未设管渠污泥处理站的，向排水主管部门或管道排查、疏通、养护单位获取已实施或计划实施的管道排查、疏通和养护工程信息，包括：项目名称、排查和疏通范围、疏通点位、疏通/排查管道长度、疏通频率、疏通方式、清淤量、管渠污泥处理方式、管渠污泥处置去向等。

(3) 泥量泥质

向排水主管部门获取近 1~3 年管道养护记录和后续养护计划信息，包括：疏通长度、清淤量、疏通率等。统计分析历年单位长度管渠的产泥率，根据近远期管道建设清淤计划预测近远期管渠污泥产量。

通过管渠污泥处理站污泥台账和检测记录获取近 3 年进站泥量与处理后各类筛渣产量的关系，并进行 1~2 次泥质检测分析。未设管渠污泥处理站的，收集管道排查、疏通、养护工程的泥量和泥质信息，依托正在进行的工程取样。泥量泥质调研内容如表 4-7、表 4-8 所示，泥质指标的具体内容和检测方法参照“附录 C 污泥检测指标与分析方法”。

分析各站所服务片区的管渠污泥产率特点和变化规律，为近远期泥量预测提供依据。对照污泥处置系列泥质标准分析各站污泥各级处理产物的量和资源、环境属性，为近远期处置方案构建提供依据。

表 4-7 泥量调研内容

序号	调研对象	调研内容	数据形式
1	管渠污泥处理站	进站污泥量	台账
2		筛分分级、各级筛渣的量	台账
3	管道排查、疏通、养护工程	疏通管道长度；疏通产生的管渠污泥脱水前、后的泥量和含水率	疏通方案、验收材料

表 4-8 泥质调研内容

序号	调研对象		调研内容
1	管渠污泥处理站	进站污泥	基本指标、重金属指标
			有机污染指标
2	管渠污泥处理站	垃圾类筛渣	基本指标
3		无机筛渣	基本指标、建材利用附加指标

			重金属指标、有机污染指标
4		有机筛渣	基本指标、热值指标
5	疏通工程现场（未设管渠污泥处理站时）	疏通原泥	基本指标、重金属指标、有机污染指标
6		处置前污泥	基本指标、热值指标、重金属指标、有机污染指标、处置附加指标

三、给水污泥

1. 调研目的

- (1) 掌握给水厂污泥泥量、泥质情况；
- (2) 了解给水厂污泥处理方式和处置去向情况。

2. 调研范围

调研范围应与规划范围一致。

3. 调研对象

调研对象应包括供水管理部门、给水厂和污泥处理处置设施。

4. 调研内容

(1) 设施概况

向供水主管部门或设施运营单位获取给水厂分布情况，收集给水厂和污泥处理处置概况信息，如表 4-1 所示，估算规划区域内给水污泥整体产率。

表 4-9 污水处理厂概况

序号	名称	厂址	运行规模 (万 m ³ /d)	处理能力 (万 m ³ /d)	处理 工艺	药剂种类	污泥产量 (t/d, 含水率 80%)	污泥 去向
1								
2								
.....								
合计	/	/			/			/

(3) 泥量泥质

通过给水厂污泥台账和污泥检测记录获取近 3 年泥量泥质信息，如表 4-10 所示，并进行 1~2 次泥质基本指标检测分析，泥质指标的具体内容和检测方法参照“附录 C 污泥检测指标与分析方法”。

表 4-10 泥量调研内容

序号	调研对象		调研内容	数据形式
1	给水厂	脱水污泥	量、含水率	污泥台账

2		浓缩污泥(无脱水污泥时)	量、含水率	检测记录
---	--	--------------	-------	------

四、河湖底泥

1. 调研目的

(1) 了解城市河湖分布、水质基本情况和近年数据概况；

(2) 了解河湖底泥疏浚计划和工程实施情况，掌握已疏浚和计划数据的河湖底泥泥量、泥质情况。

2. 调研范围

调研范围应与规划范围一致。

3. 调研对象

调研对象包括环保、水利部门和疏浚计划涉及的工程或水体。

4. 调研内容

(1) 河湖和疏浚概况

向环保、水利部门获取河湖例行清淤的对象、基本信息、疏浚概况和计划，了解例行清淤底泥产生时间、地点和产量情况。

(2) 泥量泥质

通过清淤计划、清淤工程泥量和泥质检测记录获取泥量泥质信息，并进行 1~2 次泥质检测分析，如表 4-11、表 4-12 所示，泥质指标的具体内容和检测方法参照“附录 C 污泥检测指标与分析方法”。

估算近远期清淤量，对照污泥处置系列泥质标准分析各站污泥各级处理产物的资源属性和环境属性，为近远期处置方案构建提供依据。

表 4-11 泥量调研内容

序号	调研对象	调研内容	数据形式
1	清淤工程（包括已实施和计划实施）	清淤量/含水率	竣工验收报告、可研报告
2	有清淤需求但未计划清淤的黑臭水体	预估清淤量	/

表 4-12 泥质调研内容

序号	调研对象		调研内容
1	河湖清淤工程	脱水底泥	基本指标、养分指标、重金属指标、有机污染指标、处置附加指标

五、其他可协同物料

其他可协同的物料包括但不限于厨余垃圾、园林绿化废弃物等。调研方法与上述四类污

泥类似，调研内容包括产生源分布、产量和性质。连续产生的物料在产量分析时应以一定时间周期（1年~3年）的统计数据为依据，综合分析产率变化规律和影响因素。有机物料的泥质调研内容可参照污水处理厂污泥，无机物料的泥质调研内容可参照管渠污泥的无机筛渣和河湖底泥。

第三节 污泥处置现状和资源调研

处置是污泥的最终去向，处置方案是规划方案的核心内容。了解污泥处置现状、掌握潜在处置资源是构建可持续、全消纳污泥处理处置方案的基本前提。污泥处置现状和资源调研旨在获取可靠的污泥处置途径、主要问题、跨行业处置资源信息，了解多路径资源利用和协同处置消纳潜力，支撑污泥处理方案构建。

一、土地利用

1. 调研目的

- （1）了解污泥土地利用现状，利用方式、地点、施用情况和主要问题；
- （2）掌握林地、城市绿化、城市绿地的面积，估算潜在消纳量；
- （3）了解土地利用相关部门、用户对于污泥土地利用的意向。

2. 调研范围

调研范围不局限于规划范围，宜同时考虑周边区域。

3. 调研对象

调研对象包括近1~3年主导、从事污泥土地利用的管理和用户单位，未来有利用潜力的相关方向主管部门和单位，如林业、绿化、园林、公园管理部门，林木培育企业等。

4. 调研内容

（1）土地利用现状

规划区域内现有或曾经实施过污泥土地利用时，调研相关的接收、加工、销售或施用方，获取污泥土地利用的加工工艺、施用方式、施用量、管理方式、检测记录等信息，如表4-13所示，分析评估主要问题和经验，必要时对施用污泥和土壤取样检测，为后续施用年限和消纳量预估提供支撑。

表 4-13 土地利用现状

序号	单位名称	施用地址	加工工艺	施用方式	施用面积(ha)	施用量(tDS/a)	施用频率	累积施用年限	污泥来源	污泥含水率(%)	管理：监测、监管内容、频率	主要问题
1				林地								
2				道路绿化								
3				公园绿地								
4				园林								
.....												
合计	/	/	/	/					/	/	/	/

(2) 土地利用资源

查阅当地土地利用相关规划，如林业发展规划、城市绿地规划，获取近远期林地、城市绿化用地面积；向土地管理相关部门（如：地质矿产、林业、绿化、园林、公园管理部门）了解具有土地利用需求和潜力的土地类型（如盐碱地、沙化地、废弃矿山/坑、林地、公园绿地等）、面积。根据上述潜在资源量，估算可消纳的污泥量，如表 4-14 所示。

表 4-14 潜在土地利用资源

序号	土地类型	面积(ha)	施用量标准(tDS)	一次性消纳量(tDS)	连续性消纳量(tDS/a)	连续消纳年限限制
1	林地		30tDS/(ha·a)			15 年
2	新建绿地		作介质土：150 tDS/ha			一次性
3	城市绿化		作肥料：7.5tDS/(ha·a)			/
4	待改良地		30tDS/ha			无限制
5	合计		/			/

(3) 土地利用意愿

向地质矿产、林业、绿化、园林、公园管理等土地利用管理部门了解管理方近远期接受污泥产物进行土地利用的意愿、计划和顾虑；向林木、苗圃抚育等土地利用用户单位或潜在用户单位了解对施用污泥产物的意愿、计划和顾虑。调研内容如表 4-15 所示。

表 4-15 土地利用管理和施用意愿

序号	部门/单位	土地利用角色（管理/实施）	近期土地利用意愿（拟落实类型和面积）	远期土地利用意愿（拟落实类型和面积）	管理/实施诉求：泥质、费用等
1					
2					
.....					
合计	/	/			/

二、建材利用

1. 调研目的

(1) 了解污泥建材利用现状，利用方式、加工地点、产品形式、利用领域和主要问题；
 (2) 掌握水泥窑、制砖、再生工程材料等建材利用企业分布、工艺、产能，筛选潜在消纳单位，估算潜在消纳量；

(3) 了解建材利用相关部门和相关企业对于接收污泥加工建材产品的意向。

2. 调研范围

调研范围不局限于规划范围，宜同时考虑周边区域。

3. 调研对象

调研对象包括近 1~3 年从事污泥建材利用的单位，未来从技术层面有协同多源污泥潜力的加工单位。

4. 调研内容

(1) 建材利用现状

向污泥建材利用的接收、加工或销售单位获取多源污泥建材利用的加工工艺、掺加量、管理方式等信息，如表 4-16 所示。

表 4-16 建材利用现状

序号	单位名称	主工艺规模	加工工艺	工艺改造需求	掺加比例/量	污泥泥质要求	对主工艺的影响	增加成本	质量管理	产品去向	消纳不稳定因素
1											
2											
.....											
合计	/	/	/	/		/	/	/	/	/	/

(2) 建材利用资源和意愿

向道路、交通等潜在污泥建材、工程利用部门了解近期城市建设工程计划和协同消纳意愿，估算潜在消纳量，如表 4-17 所示。调研大型建材利用企业（如水泥窑、制砖、再生工程材料等），了解工艺、产能，筛选技术上接收污泥的潜在可行企业，了解接收污泥的意愿、计划和顾虑，估算可协同消纳的污泥量，如表 4-18 所示。

表 4-17 潜在工程利用资源

序号	方向或项目	施工时间	施工区域	规模	主原料及使用量	协同利用能力	泥质要求	消纳潜力 (tDS)	消纳费用需求	主要关注点
1	道路建设									
2										
3									
合计	/	/	/		/		/		/	/

表 4-18 潜在建材利用资源

序号	建材企业类型	名称	厂址	规模	工艺	主原料及使用量	协同利用能力	泥质要求	近期消纳潜力 (tDS/a)	远期消纳潜力 (tDS/a)	消纳不稳定因素	消纳费用需求
1	水泥窑											
2	制砖											
3	再生材料加工											
合计	/	/	/	/	/	/		/			/	/

三、协同处置

1. 调研目的

(1) 了解污泥垃圾协同焚烧、燃煤电厂协同处置现状，协同比例、二次污染控制情况和主要问题；

(2) 掌握协同处置设施分布、产能、协同处置意愿，估算潜在消纳量。

2. 调研范围

调研范围不局限于规划范围，宜同时考虑周边区域。

3. 调研对象

调研对象包括可协同处置污泥的单位，如垃圾焚烧厂、燃煤电厂。

4. 调研内容

(1) 协同处置现状

向污泥协同处置单位获取工艺、掺加量、管理方式等信息，如表 4-19 所示。

表 4-19 协同处置现状

序号	单位名称	主工艺规模	加工工艺	工艺改造需求	掺加比例/量	污泥泥质要求	对主工艺的影响	增加成本	质量管理	产品去向	消纳不稳定因素
1											
2											
3											
合计	/	/	/	/		/	/	/	/	/	/

(2) 协同处置资源和意向

调研垃圾焚烧厂、燃煤电厂，了解工艺、产能、接收污泥的意愿、计划和顾虑，估算可协同消纳的污泥量，如表 4-20 所示。

表 4-20 潜在协同处置资源

序号	协同处置类型	名称	厂址	规模	工艺	主原料及使用量	协同处置能力	泥质要求	近期消纳潜力 (tDS/a)	远期消纳潜力 (tDS/a)	消纳不稳定因素	消纳费用需求
1	垃圾焚烧											
2	电厂掺烧											
3	……											
合计	/	/	/	/	/	/		/			/	/

四、末端填埋

在某些地区，污泥在生活垃圾填埋场与垃圾一起填埋或作为垃圾填埋场覆盖土消纳仍然是重要的托底处置方式，是确保污泥全量稳定消纳的重要保障。规划时应调研当地的垃圾填埋场，了解其库容情况，可接收污泥的量和期限。

第五章 规划方案编制

第一节 规划方案构建原则和程序

一、规划方案构建原则

规划方案构建应以资源利用、稳定消纳、风险可控、经济可行基本原则。

资源利用指最大程度实现污泥中能源的回收利用和处理产物的循环利用。在当前资源能源紧缺和环境承载力脆弱的背景下，资源利用是包括污泥在内的固废处理处置的必由之路，也是实现双碳目标对固废处理处置的必然要求。资源利用有多种方式，在多种可能共存的情况下，应以优质优用、梯级利用为导向，优先采用能耗更低、资源效益更大的方式。例如，对于污水处理厂污泥等有机物料，在同时具备土地和建材利用条件时，应优先通过生物质能回收、腐殖质和营养物质回归土地的方式实现有机质资源的回收和自然循环，无法满足稳定消纳需求时辅以焚烧、协同焚烧及灰渣建材利用等方式。

稳定消纳指全量实现污泥安全处置，无法通过资源利用消纳的，应采取必要的托底处置方式。在最大化资源利用的导向下，污泥处理后最终要通过土地回归自然循环，或作为其他产品的原料进入新的产业链，污泥最终消纳的流程增加，需要依赖跨行业、跨产业行为，增加了稳定消纳的难度。因此，规划方案必需平衡资源利用和稳定消纳的矛盾，在充分核算不同处置方式消纳量并评估消纳连续性的基础上，通过不同资源利用方式和托底处置方式的组合和管理调度实现处理产物全量稳定消纳。

风险可控指污泥处理处置和资源利用过程的二次污染风险可管控。污泥实现资源利用和稳定消纳的同时，处理处置流程的各环节需要满足不同利用方式和处理过程对污泥资源环境属性的要求和相关排放标准的要求。因此，在处置方式、技术路线筛选过程中，应以泥质为依据，以处理处置相关标准为准绳，保障处理处置和资源利用的安全性。

经济可行指污泥处理处置的投资和运行成本与地方财政能力相匹配。污泥处理处置技术路线多样，规划方案在技术层面常常具有多种选择，但不同方案因所选技术组合不同，其投资和运行费用也不同，规划方案应在地方可承受的经济范围内进行调整优化，确保经济上可落地。

二、规划方案构建程序

规划方案构建程序如图 5-1 所示。

在通过调研获取污泥泥量和泥质基本信息、处置资源、处理设施和用地情况的基础上，首先以系列泥质标准为依据筛选各厂污泥泥质能够满足的处置方式，对于满足土地利用标准的污泥，结合林地、园林和绿地等土地资源情况构建土地利用方案；对于不满足土地利用标准的污泥，或者当地没有适用的土地资源时，在泥质满足建材利用相关标准的前提下，结合当地水泥窑、制砖等窑炉情况构建协同建材利用方案；对土地利用和建材利用方案进行稳定消纳风险分析，根据风险程度调整土地和建材消纳的污泥量，尚有消纳缺口的，构建托底处置方案。对于无法稳定托底的情况，例如，没有填埋库容，垃圾协同焚烧由于周期性检修导致消纳能力波动时，制定应急调度方案。以处置决定处理，处理满足处置为原则，根据处置方式对所接收污泥的泥质需求，选择适用的处理方式，形成处理和处置技术路线。这一过程需要同时兼顾现有的处理设施和不同处理工艺对于污泥泥质的适用性、处理设施投资运行的经济性和用地需求。根据处理规模和处理能力缺口，明确新建设施方案，并进行投资和运行经济性估算，根据预留和规划用地情况明确设施布局方案，同时兼顾污泥和处理产物的运输距离、邻避效应等因素。

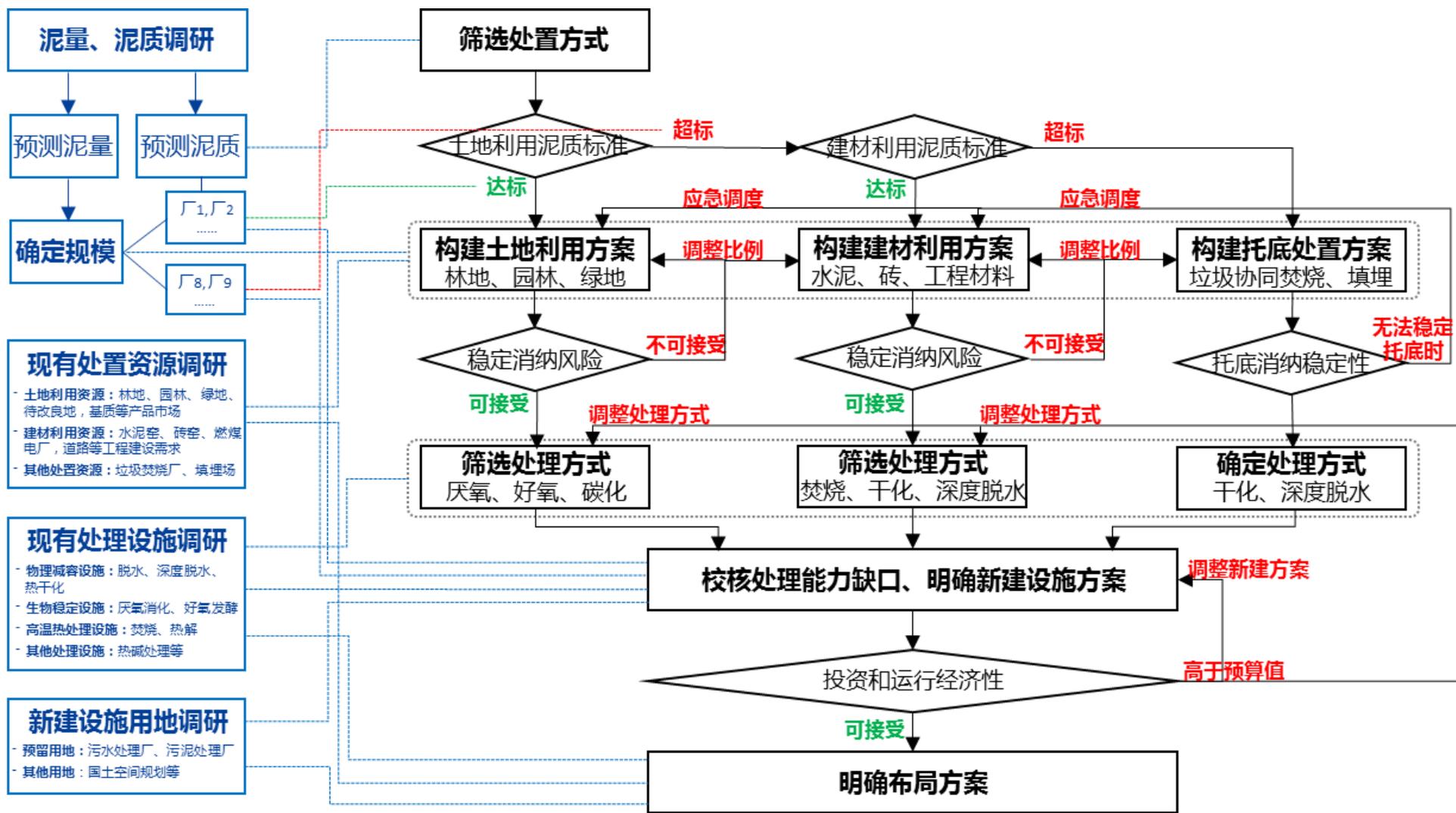


图 5-1 规划方案构建程序

第二节 预测污泥产量

预测污泥产量是确定处理处置规模的直接依据。污泥产量预测是否合理直接关系到规划设施处理量和处置需求量预估的准确性。污泥产量预测偏低，可能导致污泥处理能力存在缺口，污泥不能日产日清，影响排水系统正常运行；污泥产量预测偏高，则易造成部分处理处置设施产能过低或无法正常生产，对处理处置的经济性产生负面影响。

一、污水处理厂污泥

污水处理厂的污泥产量应根据污水处理厂的污水处理量和污泥产率预测。污泥产率一般通过历史数据获取，或借鉴类似城市的经验。

污泥产量与进水水质（进水BOD₅和SS）、处理标准（出水BOD₅和SS）、水温、处理工艺（泥龄）相关。其他间接影响因素还有：排水体制、管网运行维护程度、旱季雨季，主要影响污水处理厂进水水质；季节、地域，温度差异影响水温。污泥产率与进水SS和BOD₅浓度呈正相关关系，而与水温和污泥龄呈负相关关系；污泥产率受生物反应池混合液污泥浓度影响，MLSS浓度越高，微生物量越大，污泥产率相应越高；出水执行标准越高，污泥产率越高。

确定污水处理厂污泥产量时，应针对每座城镇污水处理厂，分别分析近3~5年水量与实际污泥产量的对应关系，结合排水规划等提供的水量预测信息、实际水量和水质变化趋势，以及提质增效、提标改造等相关计划，确定近远期各厂的水量和污泥产率，以此预测近远期污泥产量。

二、管渠污泥

对于有管渠养护计划的城市，应根据养护计划测算管渠污泥产量。对于有管渠养护需求但尚未制定养护计划的城市，应首先根据现状污水管道和雨水管渠长度及未来增长趋势明确规划范围内近远期污水管道和雨水管渠的长度，根据养护需求确定需要疏通的管道比例和疏通率（疏通率：规划范围内每年管道疏通长度与该区域管道长度之比），再根据单位长度管道或单位疏通管道的产泥率估算管渠污泥产量。

不同类型管渠单位长度管道的产泥量是经验参数，与管渠类型、雨旱季、养护频率等有关，一般在4~11m³/km，可参照具有清淤经验的相关城市的经验数据确定。有条件时宜进一步分析不同类型管渠单位长度管道的产泥量（如市区、郊区产泥率，污水管道、雨水管渠产泥率）、疏通率对产量的影响，以此估算管渠污泥产量。

对上海市2019~2021年管渠污泥产量调研显示：开展管道养护后，因管道中存有长时间积

累的污泥，管渠污泥第一年（2019年）产量较高，随着养护工作系统、规范开展，后续养产量下降并趋于稳定（图5-2）。上海市2021年全市管道长度13466 km，管道疏通长度25458 km，管道疏通率为189%，管渠污泥量为12.2万m³，全市单位疏通管道产泥率为4.2 m³/km，全市单位管道产泥率为8.0m³/km。统计2019~2021三年的污泥产量数据，单位疏通管道产泥率均值为5.6 m³/km，单位管道产泥率均值为10.1 m³/km。

管渠污泥含水率与清淤方式有关，且波动范围较大。通常，采用人工清淤时含水率较低，50%~70%，机械清淤时含水率可高达90%或以上。规划区域内管渠污泥产量对应的含水率可根据拟采用的清淤方式确定，缺少相关信息时可按80%计。

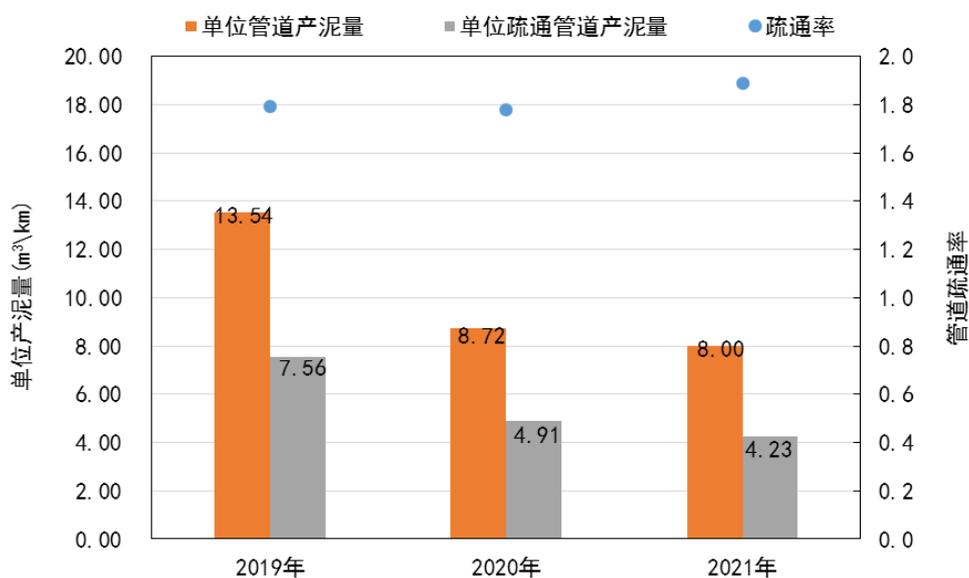


图 5-2 上海市管渠污泥产率和疏通率

三、给水污泥

给水污泥的产量应根据给水厂的水量和污泥产率预测。污泥产率一般通过历史数据获取。

给水污泥产量主要与原水浊度、水体富营养化等水质情况以及季节、处理工艺和药剂等因素有关。确定给水污泥产量时，应针对每座水厂，分别分析近3~5年水量与实际污泥产量的对应关系，结合供水规划等提供的水量预测信息、实际水量和水质变化趋势，确定近远期各厂的水量和污泥产率，以此预测近远期污泥产量。

四、河湖污泥

对于有底泥疏浚计划的城市，应根据疏浚计划测算疏浚底泥产量。

对于有底泥疏浚需求但尚未制定疏浚计划的城市，应根据水力疏浚和环保疏浚需求，确定疏浚对象、疏浚范围和深度，以此估算疏浚泥量。水利疏浚通常以通航、防汛为目的，可

通过水利部门获得水利疏浚的对象、疏浚频率、疏浚范围和深度，以及以往疏浚的经验数据，以此估算疏浚泥量。环保疏浚的对象通常为黑臭水体或劣五类河湖，可通过环保部门获得环保疏浚的对象、污染类型、污染程度，预估疏浚深度和范围，以此估算疏浚泥量。

五、其他物料

其他可协同的物料包括但不限于厨余废弃物、有机生活垃圾、园林绿化废弃物、工程泥浆、建筑垃圾等。对于连续产生的物料，应以一定时间周期（1年~3年）的统计数据为依据，综合分析产率变化规律和影响因素后合理确定。

例如，厨余垃圾产生量应根据实际统计数据确定，也可按人均产量进行估算。

其中，餐厨垃圾产生量按下式估算：

$$M_c = Rmk$$

式中： M_c ——某城市或区域餐厨垃圾日产生量，kg/d；

R ——城市或区域常住人口；

m ——人均餐厨垃圾产生量基数，kg/人d；人均餐厨垃圾日产生量基数 m 宜取0.1 kg/人d；

k ——餐厨垃圾产生量修正系数。经济发达城市、旅游业发达城市或高校多的城区可取1.05~1.15；经济发达旅游城市、经济发达沿海城市可取1.15~1.30；普通城市可取1.00。

家庭厨余垃圾收集量可按下式进行估算：

$$M_{jc} = RWnf/1000$$

式中： M_{jc} ——家庭厨余垃圾收集量，t/d；

W ——人均家庭生活垃圾日产量，kg/人d，可根据当地情况按0.4~1.0取值，农村取较小值，城市取较大值；

n ——家庭厨余垃圾占生活垃圾的比例系数，可按0.4~0.6取值；

f ——家庭厨余垃圾分类收集效果系数，可根据生活垃圾分类收集效果在0.5~1.2范围内取值。

第三节 确定处理规模

一、污水处理厂污泥

污水处理厂污泥的产生具有连续性，且其产生不受人控制，一旦不能全量处理，将影响排水系统的正常运行，并显著增加污泥安全处置压力，是规划对象物料中优先和重点考虑的对象。污水处理厂污泥规模的确定对其全量、稳定处理以及后续全量消纳处置至关重要，

因此，规划方案在规模确定时应以近远期日均污泥产量为依据，进行适当放大。放大系数应综合考虑排水体制、处理水量、水质和工艺、季节变化等因素对污泥产量影响后进行合理确定，近远期产量与放大系数的乘积即为规模，可折算为t/d（含水率80%）或t DS/d（干基）。

例如，《上海市污水处理系统及污泥处理处置规划（2017-2035年）》考虑到污水处理厂出水水质标准提升、初期雨水处理、污泥峰值产量等因素，按日均污泥产量的1.2倍确定污水处理厂污泥的处理规模。

二、管渠污泥

管渠污泥的产生具有非连续性、周期性，但其产生有较大的人为可控性，当后续处理设施进行维护或产能不足时，可暂停清淤作业。此外，国内各城市管渠例行养护和疏通处理工作刚刚起步，产率统计数据不足，管渠污泥的产量一般参考其他城市进行估算，且管渠污泥处理站常根据服务的片区、考虑运输距离等因素分散布置，总规模可按估算的产量计，无需再进行放大，避免管渠污泥处理规模设置过大造成设施产能过低。

三、给水污泥

给水污泥的产生具有连续性，虽然产量也较大，但给水污泥主要来源于净水工艺中的沉淀池排泥和滤池反冲洗，主要由混凝剂、泥沙等无机物组成，有机质、重金属等含量较低，环境风险较小，与污水处理厂污泥相比，通常不需要单独的稳定化、无害化处理设施，脱水后与其他无机物料共同加工为再生材料进行建材、工程利用，因此给水污泥规模可按日均产量计，无需再进行放大。

四、河湖污泥

河湖底泥的产生具有间歇性、批次性，尤其是环保疏浚底泥，主要产生于黑臭水体，随着源头防控策略的实施，疏浚的需求将越来越少，环保疏浚底泥量将出现显著下降。水利疏浚底泥的产生具备一定的周期性。因此，河湖底泥的处理规模可接近期产量计，无需再进行放大。

五、其他物料

其他可协同的物料包括但不限于厨余垃圾、园林绿化废弃物、工程泥浆、建筑垃圾等。对于连续产生的物料，确定规模时是否以产量为依据进行适当放大，应综合考虑规划方案中协同处理量占该物料产量的比例和该物料现有处理设施的处理能力。当规划协同处理量占该物料产生量的大部或全部时，应根据物料产量波动规律合理选择放大系数。对于批次产生的

物料，以及不需要稳定化、无害化处理的物料，确定规模时通常不进行放大。

第四节 筛选处置方式

处置是污泥的最终安排，确定泥量和规模后，应结合泥质调研结果，按不同处置方式对泥质的要求筛选的处置方式；结合处置资源调研情况初步估算各处置方式的消纳潜力。

一、土地利用

土地利用，指将污泥处理产物施用于土地表面或地表以下，或混入土壤，达到改良土壤或对植物发挥肥效的作用。土地利用按施用对象可分为林地利用、园林利用、土地改良和农业利用。

目前，污泥处理产物主要用于不进入食物链的前三种土地利用途径。土地利用途径相对其他处置途径对污泥泥质的要求最高。进行土地利用途径分析时，应首先分析污泥的资源属性（有机质和营养元素含量）和污染属性（源头是否有工业废水混入、重金属和有机污染物含量），依据土地利用相关泥质标准中不同处置方式对污泥处理产物的要求，判断各城镇污水处理厂污泥经一定处理后是否能够达到土地利用的准入条件；针对符合相应准入条件的土地利用方式，结合所收集的土地资源信息，估算各方式的污泥消纳量及随施用年限的变化情况。

1. 土地利用的基本要求

土地利用旨在通过施用污泥对土壤和植物产生正面作用，同时使污泥回归自然循环而得到消纳。由于污泥中同时含有重金属等污染物，土地利用应首先采用污染物浓度较低的污泥，确保利用过程二次污染风险可控。

我国系列泥质标准对不同土地利用方式的泥质提出了要求或建议，可作为参考，目前现行标准限值建议情况如表5-1所示。其中，《农用污泥污染物控制标准》（GB 4284）为强制性标准，其他标准为非强制性。

表 5-1 污泥土地利用系列泥质标准-泥质要求

项目	农用泥质 CJ/T 309- 2009		农用污泥 污染控制 GB 4284-2018		土地改良用泥质 GB/T 24600-2009		园林绿化用泥质 GB/T 23486-2009		林地用泥质 CJ/T362- 2011
	A 级	B 级	A 级	B 级	酸性土壤 (PH<6.5)	中/碱性土 壤 (PH≥6.5)	酸性土壤 (PH<6.5)	中/碱性土 壤 (PH≥6.5)	
pH 值	5.5-9		/	/	5.5-10		6.5-8.5	5.5-7.8	5.5-8.5
有机物含量 (%)	≥20		/	/	≥10		≥25		≥18
含水率 (%)	≤60		/	/	<65		<40		≤60
粪大肠菌群	≤100		/	/	<100		<100		≤100

氮磷钾 (N+P ₂ O ₅ +K ₂ O,%)	≥3		/	/	≥1		≥3		≥2.5
总镉 (mg/kg 干污泥)	<3	<15	<3	<15	5	20	<5	<20	<20
总铅 (mg/kg 干污泥)	<300	<1000	<300	<1000	300	1000	<300	<1000	<1000
总铬 (mg/kg 干污泥)	<500	<1000	<500	<1000	600	1000	<600	<1000	<1000
总镍 (mg/kg 干污泥)	<100	<200	<100	<200	100	200	<100	<200	<200
总锌 (mg/kg 干污泥)	<1500	<3000	<1200	<3000	2000	4000	<2000	<4000	<3000
总铜 (mg/kg 干污泥)	<500	<1500	<500	<1500	800	1500	<800	<1500	<1500
总汞 (mg/kg 干污泥)	<3	<15	<3	<15	5	15	<5	<15	<15
总砷 (mg/kg 干污泥)	<30	<75	<30	<75	75	75	<75	<75	<75
总硼 (mg/kg 干污泥)	/	/	/	/	100	150	<150	<150	/
矿物油 (mg/kg 干污泥)	<500	<3000	<500	<3000	3000	3000	<3000	<3000	<3000
挥发酚 (mg/kg 干污泥)	/	/	/	/	40	40	/	/	/
总氰化物 (mg/kg 干污泥)	/	/	/	/	10	10	/	/	/
苯并(a)芘 (mg/kg 干污泥)	<2	<3	<2	<3	/	/	<3	<3	<3
多氯联苯 (mg/kg 干污泥)	/	/	/	/	0.2	0.2	/	/	/
多环芳烃 (mg/kg 干污泥)	<5	<6	<5	<6	/	/	/	/	<6
可吸附有机卤化物 (mg/kg 干污泥)	/	/	/	/	500	500	<500	<500	/

(1) 林地利用

当地存在大片林地时,应根据当地的土质和植物习性,提出包括施用范围、施用量、施用方法及施用期限等内容的林地利用方案,进行污泥处置。用于林地利用的泥质宜符合《城镇污水处理厂污泥处置 林地用泥质》(CJ/T 362)的规定。

(2) 园林利用

当地存在园林绿化需求时,应根据当地的土质和植物习性,研究提出直接施用和基于园林市场需求的产品加工和施用方案。污泥处理产物直接施用方案应包括施用范围、施用量、施用方法及施用期限等内容。用于园林利用的泥质宜符合《城镇污水处理厂污泥处置 园林绿化用泥质》(GB/T 23486)的规定。

(3) 土地改良

当地存在盐碱地、沙化地和废弃矿场时,应优先使用污泥对这些土地或场所进行改良,实现污泥处置。用于土地改良的泥质宜符合《城镇污水处理厂污泥处置 土地改良用泥质》(GB/T 24600)的规定。应对改良方案进行环境影响评价,防止对地下水以及周围生态环境造成二次污染。

(4) 农业利用

当地存在农业利用条件时,应根据当地的土壤环境质量状况和农作物特点及《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB 15618),研究提出直接施用和基于农业市场需求的产品加工和施用方案。其中,污泥处理产物直接施用方案应包括施用范围、施用

量、施用方法及施用期限等内容。污泥处理产物农用前应对施用场地适用性进行环境影响评价和环境风险评估，农用时应严格进行施用管理。用于农业利用的泥质应符合《城镇污水处理厂污泥处置 农用泥质》（CJ/T 309）、《农用污泥污染物控制标准》（GB 4284）及农业有关标准的规定。

2. 土地利用的消纳能力估算

土地对污泥的消纳量与土地利用的具体形式、施用量和施用方式密切相关。

我国系列泥质标准中部分标准对不同利用方式的施用量和连续施用年限提出了建议，可作为参考，如表5-2所示。

表 5-2 污泥土地利用系列泥质标准-施用要求

项目	农用泥质 CJ/T 309-2009		农用污泥 污染控制 GB 4284-2018		土地改良用泥质 GB/T 24600-2009		园林绿化用泥质 GB/T 23486-2009		林地用泥质 CJ/T362-2011
	A 级	B 级	A 级	B 级	酸性土壤 (PH<6.5)	中/碱性土壤 (PH≥6.5)	酸性土壤 (PH<6.5)	中/碱性土壤 (PH≥6.5)	
适用范围	全部：蔬菜、粮食、油料、果树、饲料、纤维作物	油料、果树、饲料、纤维作物	耕地、园地、牧草地	园地、牧草地、非食用农作物	盐碱地、沙化地、废弃矿场		城镇绿地、郊区林地的建造和养护过程		天然林、次生林、人工林覆盖的土地，包括用材林、薪炭林、防护林等各种林木的成林、幼林和苗圃等所占用的土地
施用量	年施用量<7.5t/hm ²		年施用量<7.5t/hm ²		年施用量<30t/hm ²		根据使用地点的面积、土壤污染物本底值和植物的需氮量确定合理施用量		年施用量<30t/hm ²
施用年限	连续施用不超过 10 年		连续施用不超过 5 年		/		/		连续施用不超过 15 年

具体施用量宜根据当地土壤条件和植物种类，结合实际经验确定。土壤条件主要考虑有机质含量、重金属背景值，植物种类主要考虑植物生长所需营养物质。

（1）园林绿化——新建绿地的种植土改良

污泥通过厌氧、好氧稳定化处理后，可作为优质栽植土壤（或人造介质）的重要来源之一。城市建设均有绿化率要求，随着城区绿地的不断扩大，需要的土壤资源增加。此外，在碳中和的背景下，郊区森林面积也面临扩增。我国土壤资源紧缺，部分城市还面临取土困难的局面。污泥介质土可用于新建绿地，作为新建绿地的种植层改良使用，而无需换用农田土。

按每新建 1m^2 绿地需要 1m 深的土方，其中 0.5m 以上土方作为主要种植层可通过掺入10%的污泥进行改良，则每新建 1km^2 绿地可消纳介质土 50000m^3 ，约合 25000t （按含水率40%计），折合干基 15000t 。综上，新建绿地种植土改良的消纳能力为 $150\text{tDS}/\text{hm}^2$ 。

需要注意的是，介质土的需求量是一个阶段性过程，而不是一个持续均衡过程，而介质土的主要来源——污水处理厂污泥的产生是连续不断的，因此介质土的需求和污泥的产生存在时间不匹配的情况，会影响实际的消纳量。

（2）园林绿化——肥料

绿化养护每年都需要数量不少的有机肥来增加土壤地力，且土壤以每年2%的速度矿化，也需补充有机质。绿化过程有机肥每年的施用量一般每亩不超过 5000kg ，即 $7.5\text{kg}/\text{m}^2$ 。按含水率40%计，年施用量为 $45\text{tDS}/\text{hm}^2$ 。保险起见可按农用标准的 $7.5\text{tDS}/\text{hm}^2$ 施用，代替一部分常规有机肥，则园林绿化肥料的消纳能力为 $7.5\text{tDS}/\text{hm}^2$ 。

绿化养护对有机肥的需求是一个相对平稳的过程，

上述土地利用形式，每一种形式的利用量应考虑季节、市场等因素的影响，当地相关部门可统筹协调处理产物的淡季储存和消纳。

二、建材利用

建材利用，指将污泥作为制作建材部分原料的处置方式。建材利用按利用形式主要包括：以污泥经预处理后替代部分原料制传统建筑材料，如砖、陶粒、水泥熟料、混凝土；将污泥在工程建设中直接利用，如道路、回填等工程利用。

由于建材利用与食物链无关，且部分建材加工过程对重金属、有机污染物有固化、无害化作用，故建材利用途径相对土地利用途径对泥质中污染物的限值较宽。进行建材利用途径分析时，在调研建材生产、使用单位的基础上，应重点分析建材产品加工过程和后续消纳环节中工艺稳定、产品质量对掺加污泥的泥质和量的需求，结合建材加工和准入泥质相关标准的要求，估算不同建材利用企业、工程可协同消纳的污泥量。

1. 建材利用的基本要求

建材利用的污泥需要符合一定的泥质要求，我国相关泥质标准以及工程设计规范对污泥制砖和生产水泥熟料的泥质提出了要求或建议，目前现行标准限值建议情况如表5-3所示，可作为参考。

此外，添加污泥后，所加工的建材利用产品应符合国家、行业和地方相关标准的要求，并严格控制在生产和使用中的二次污染风险。

表 5-3 污泥建材利用相关标准-泥质要求

项目	水泥熟料生产用泥质 CJ/T 314-2009	水泥窑协同处置污泥工 程设计规范 GB 50757-2012	制砖用泥质 GB/T 25031-2010
pH 值	5.0-13.0	/	5-10
含水率 (%)	≤80	宜≤60%	≤40
粪大肠菌群	/	/	<100
总镉 (mg/kg 干污泥)	<20	<45	<20
总铅 (mg/kg 干污泥)	<1000	<1200	<300
总铬 (mg/kg 干污泥)	<1000	<1500	<1000
总镍 (mg/kg 干污泥)	<200		<200
总锌 (mg/kg 干污泥)	<4000	<10000	<4000
总铜 (mg/kg 干污泥)	<1500		<1500
总汞 (mg/kg 干污泥)	<25	<15	<5
总砷 (mg/kg 干污泥)	<75	/	<75
矿物油 (mg/kg 干污泥)	/	/	<3000
挥发酚 (mg/kg 干污泥)	/	/	<40
总氰化物 (mg/kg 干污泥)	/	/	<10

(1) 污泥制水泥熟料

污泥用于制水泥熟料时，污泥泥质宜符合《城镇污水处理厂污泥处置 水泥熟料生产用泥质》（CJ/T 314）的规定；处置设施的设计和污染物排放应符合《水泥窑协同处置污泥工程设计规范》（GB 50757）、《水泥窑协同处置固体废物污染控制标准》（GB 30485）的规定；产品质量应符合《通用硅酸盐水泥》（GB 175）的规定，且产品应按照《水泥胶砂强度检验方法（ISO）》GB/T 17671制成棱柱试体，并按《固体废物 浸出毒性浸出方法 硫酸硝酸法》（HJ/T 299）进行重金属浸出检测，确保产品重金属浸出浓度满足其使用范围对应的限值要求。

(2) 污泥制砖

污泥用于烧结制砖时，污泥泥质宜符合《城镇污水处理厂污泥处置 制砖用泥质》（GB/T 25031）的规定，烧结砖质量应符合《烧结普通砖》（GB 5101）、《烧结多孔砖和多孔砌块》（GB 13544）和《烧结空心砖和空心砌块》（GB/T 13545）等相关产品标准的规定。

(3) 污泥制陶粒

污泥用于陶粒生产时，产品质量应符合《超轻陶粒和陶砂》（JC 487）等相关产品标准的规定。

本指南未列出的污泥建材利用类型，以产品满足该行业相关标准要求为原则控制污泥泥质和（或）掺加量。

2. 建材利用的消纳能力估算

建材利用对污泥的消纳量与工艺、产品要求相关。我国系列泥质标准中部分标准对不同利用方式的污泥添加比例提出了建议，可作为参考，如表5-4所示。

表 5-4 污泥建材利用系列泥质标准-掺量建议

项目	制砖用泥质 GB/T 25031-2010	水泥熟料生产用泥质 CJ/T 314-2009	水泥窑协同处置污泥工程 设计规范 GB 50757-2012
适用对象	污水处理厂污泥	污水处理厂污泥	污水处理厂污泥、工业污泥、河道底泥
适用工艺	烧结砖	湿法水泥生产工艺 日产不低于 1000 t 的干法水泥 生产工艺（立窑、立波尔窑除 外）	水泥熟料生产
添加比例	处理后污泥与其他制砖原料 混合时，污泥（以干污泥计） 与制砖总原料的重量比应小 于或等于 10%。在工艺条件允 许或产品需要的情况下，混合 比例可适当提高。	污泥随生料一同入窑时 干法水泥生产工艺：日产 1000~3000t，污泥含水率 35~80%-添加比例<10%，污泥 含水率 5~35%-添加比例 10~20%；日产 3000t 以上，污泥 含水率 35~80%-添加比例 <15%，污泥含水率 5~35%-添加 比例 15~25%；湿法水泥生产工 艺：污泥含水率 80%-添加比例 <30%。	日产 2500 t，污泥<300 t/d（含水率 80%计）； 日产 3000 t，污泥<600 t/d；日产 5000t，污泥 <800 t/d。
最大污泥用量	/	根据进料中重金属浓度限值计 算最大污泥用量	/

三、协同处置

协同处置，通常指污泥借助垃圾焚烧厂、燃煤电厂等工业窑炉协同燃烧处置。考虑到协同焚烧受其他产业制约，可能存在污泥出路不稳定、可持续性差的问题，一般建议作为其他处置方式的补充，或阶段性的污泥处理处置方案。

进行协同焚烧途径分析时，应根据当地是否有垃圾设施、焚烧燃煤电厂等信息，以不影响主流工艺（必要时进行必要改造）和二次污染风险可控为基本原则，估算污泥的掺烧比例和消纳量。

由于高含水率污泥的热值较低，对主工艺的技术性能和经济性有一定影响，协同焚烧时宜将污泥进行半干化处理后进行掺烧，掺烧比例通常为5%~10%，进行掺烧消纳能力估算时可作为参考。

1. 生活垃圾协同焚烧

当地有条件采用垃圾焚烧发电厂协同处置污泥时，应根据焚烧工艺和污泥泥质特征，提

出包括协同焚烧污泥量、二次污染防治措施、污泥投加方式、污泥应急处置方式等内容的生活垃圾协同焚烧方案。进入焚烧装置的污泥应经过预处理，不影响设施的正常运行，污泥性质、添加比例应符合《生活垃圾流化床焚烧工程技术导则》（RISN-TG016）等相关标准的规定，焚烧烟气应符合《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB 18485）的规定。

2. 燃煤电厂掺烧

当地有条件采用电厂掺烧协同处置污泥时，应就掺烧污泥对电厂工艺、粉煤灰性质的影响和二次污染隐患进行评估，提出包括掺烧污泥量、二次污染防治措施、污泥投加方式、掺烧污泥后粉煤灰的利用方式、污泥应急处置方式等内容的污泥电厂掺烧方案。掺烧污泥前应对电厂工艺的必要环节进行改造，以尽量降低掺烧污泥产生的炉内结焦、腐蚀、烟气超标排放、粉煤灰污染物超标等风险。目前，燃煤电厂掺烧污泥的烟气排放尚缺乏明确标准，相关管理部门应结合国家及地方的大气污染控制标准或污泥焚烧烟气标准对重金属、二噁英等污染物进行总量控制，保证烟气经处理后达标排放。

四、末端填埋

末端填埋，指污泥稳定化/无害化处理后的固体产物进行填埋。当前三种途径无法全量稳定消纳规划的污泥量时，消纳量缺口一般采用末端填埋作为托底的处置途径。进行末端填埋的消纳量分析时，需要考虑满库容后的处置途径。

污泥经稳定化处理后可作为垃圾填埋场覆盖土，未经稳定化的污泥直接填埋只能作为污泥处理处置的阶段性、应急处置方案。污泥或处理产物进行填埋时，泥质应符合《城镇污水处理厂污泥处置 混合填埋用泥质》（GB/T 23485）的要求。应严格限制并逐步禁止未经稳定化处理的污泥直接填埋，对于东部地区地级及以上城市、中西部地区大中型城市，应加快压减污泥填埋规模。

当前现行标准《城镇污水处理厂污泥处置 混合填埋泥质》（GB/T 23485-2009）中规定：污泥用于混合填埋时，在含水率符合要求的前提下（<60%），同一时期内进入生活垃圾卫生填埋场的污泥量与生活垃圾量的重量比应不大于8%。可以此为依据估算混合填埋可消纳的污泥量。

第五节 构建处置方案

处置方案是规划方案的核心内容。处置方案的构建应以污泥能够稳定和可持续地全量消纳为基本前提，以资源利用为导向，并应综合考虑泥质特征和变化趋势、当地土地资源和环境背景状况、可利用的工业窑炉状况、资源利用产品的市场情况、经济社会发展水平等因素。

处置方案应明确近远期所采用的具体处置方式组合、每种处置方式对应的污泥消纳量和来源、全量消纳风险及应对措施。同时，还应明确应急和临时处置措施。

一、处置方案构建原则

处置方案构建应以资源利用为导向，但资源利用的量和速度往往受下游行业多种因素影响。为了保证产物稳定消纳，处置方案常由多种处置方式构成，应基于产物调度的优先顺序构建由“主流利用”、“辅助利用”和“托底处置”三类消纳方式组成的多层次处置方案。

1. 主流利用方式

主流利用方式可采用土地利用或建材利用。

土地利用作为主流利用方式时，宜选择可连续施用的方式，如直接用于苗圃培育、园林、城市绿地，或产品化后市场销售，宜采用多种连续施用方式组合作为主流利用方式，以降低不稳定消纳风险。批次性施用资源如待修复矿山、待改良地块较丰富时，可结合矿山修复、土地改良计划、人工造林工程等评估能否通过优化施用时序实现规划周期内每年连续施用污泥产物。批次性土地利用方式，备选地块无法保证规划年限内每年连续消纳污泥时，不宜作为主流利用方式。

建材利用作为主流利用方式时，宜依托以污泥为主要原料的再生材料加工企业，或政府主导建设再生材料加工设施，且产品具有稳定的市场或市政建设利用出路。没有此类企业或没有条件新建再生材料加工设施时，宜设置独立焚烧设施，污水处理厂污泥焚烧充分减量后，焚烧灰渣采用水泥窑、制砖等协同方式建材利用。单一的协同建材利用方式，且污水处理厂污泥未经无害化稳定化处理时，不宜作为主流利用方式。

2. 辅助利用方式

主流利用方式确定后，其他资源利用方式均可作为辅助利用方式，通过主流利用和辅助利用方式的组合，实现产物最大程度资源利用，提升消纳稳定性。

3. 托底处置方式

污泥处置方案必需设置托底处置方式，宜选择垃圾协同焚烧或填埋。当资源利用处置无法消纳全量污泥产物时，通过托底处置方式保障全量消纳。

二、土地利用方案

土地利用的消纳量和消纳速度受地块和植物类型、具体利用方式、土地状态、季节和天气等因素影响较大，土地利用的投资和运行费用也与地块分布、具体施用方式等相关。土地利用方案构建是在获取城市绿化、公园绿地、林地、苗圃、待改良地等可用地块的具体信息

并进行现场调查后，结合各地块消纳能力和投资运行费用合理筛选、确定施用地块的过程。土地利用方案构建一般包括“信息获取与初步筛选”、“现场调查与检测分析”、“污泥施用量与年限校核”和“地块选择与综合评估”。

1. 信息获取与初步筛选

通过土地、林业、矿产资源等相关规划以及与相关管理单位和土地使用单位沟通获取潜在土地利用地块的基础信息，主要包括地块使用和可利用情况，地块物理特性如地形、土壤、地质、水文、地下水等。

(1) 地块使用及可利用性情况

包括：公园绿地和林地面积、土地类型（草地、园地、建设用地）、种植类型和施用需求，待改良地块面积、类型、土地改良需求及改良后拟种植类型，待改良用地的持续产生情况；土地的未来使用计划，如潜在地块周边是否会成为人口密集区、城市化扩张对土地利用可持续性产生的影响、分区规划情况；规划审美及功能方面的信息，如是否会破坏当地风景特色，是否会产生邻避效应等；运输的可行性、运输距离；施用污泥产物、产品的行政可行性。

(2) 地块物理特性

包括：地形，主要为坡度，以0%~10%为宜，陡坡会增大污泥随地表径流流走并进入水体的风险，而凹地则排水不良；土壤与地质，主要为地块的渗透、过滤和排水性能，渗透性过高（如沙土）或过低（如黏土）的土壤进行污泥土地利用会增加相应的设计需求，故这类地块不是优先考虑的地块；地表水文，主要关注土地利用地块或附近的地表水体数量、大小及性质，与污泥径流污染地表水风险相关，应严格限制在经常发生洪涝的地区施用污泥；地下水，主要关注地下水水位（包括历史高水位和低水位）和地下水流动模式，施用点距地下水水位距离越大，地块越适合施用污泥，当施用的污泥有可能接触到地下水时，不应施用污泥。

根据上述对地块的可使用性进行初步评估，结合地块的地形、土壤地质、地表水文等情况，可利用地块进行初步筛选，形成备选地块清单。

2. 现场调查与检测分析

对备选地块进行现场调查，验证所收集的利用方式、地形地质等信息是否完整、准确并进行细化和补充；对地块土壤进行取样检测，以辅助污泥施用量计算。

(1) 验证和细化地块基础信息

如表5-5所示，主要包括：备选地块和相邻地块的地形情况，较陡还是较平，估计地块坡度；地块排水情况，开放式还是密闭式；地块边界到地表水的距离；现场是否有车辆通道，

是长期存在的还是暂时性的；现有植被、作物及轮作情况；土壤质地及变化情况。

表 5-5 地块基本特性信息

***地块	
土地使用方	
可利用面积	1. 全边界范围均可用 2. 部分可用，受地形、缓冲区等条件限制
土地利用现状	
规划未来用途	计划作为林地、待改良地等
计划作为林地	1. 树龄
	2. 林木种类
	3. 用途：商业或娱乐经营
	4. 施肥需求
	5. 灌溉需求
	6. 场内是否有车辆通道
计划作为待改良地	1. 现有植被
	2. 造成土壤质量下降的历史原因（煤层条带开采、尾矿倾倒等）
	3. 前期改良措施（如有）
	4. 是否需要地形平整
地表/地下水条件	1. 井的地点和深度（如有）
	2. 地表水地点（临时/偶发的还是永久的）
	3. 历史性洪涝和排水问题
	4. 地下水位的季节性波动
	5. 地下水质量和用途

(2) 地块土壤取样分析

为了了解土壤特性，确定土壤pH、重金属、营养元素等背景值，如表5-6所示。在没有近期相关资料时，需要对地块土壤取样分析。pH取样检测时，表层土壤要充分取样，以了解整个地块的pH分布情况；浅表层取样一般需要钻孔。

表 5-6 地块土壤取样分析内容

取样层	表层	浅表层
检测指标	粒径分布 pH 电导率（EC） 阳离子交换容量（CEC） 植物可利用 P 和 K 土壤氮素参数：硝态氮、氨氮、有机质、有机氮、C/N 比、氮矿化潜力 重金属含量	粒径分布 pH 电导率（EC） 阳离子交换容量（CEC）

3. 污泥施用量与年限校核

污泥施用量校核应区分连续性施用量和批次性施用量。连续性施用量主要指林地、园林、绿地等经过调研确定在规划年限内每年均可施用一定量污泥产物的方式，对于该类地块，应

根据调研获取的土壤营养元素、重金属本底值和种植需求计算每年可施用的污泥量，以及可连续施用的年限。批次性施用量主要指矿山修复、土地改良等在规划年限内仅需一次性或有限次数施用污泥、无法每年连续施用的方式，对于该类地块，应根据调研获取的土壤有机质、营养元素、重金属本底值和改良需求计算所需施用的污泥量，并结合改良需求合理安排规划年限内的改良时序。

(1) 基于土壤环境质量的施用量

按照给定的土壤环境质量标准、土壤中重金属的背景含量、重金属年残留率和污泥污染物限值可以确定污泥在该土壤中的施用量：

$$\text{一次性最大施用量： } S_1 = (W_h - B) \cdot T_s / C$$

$$\text{安全施用量： } S_2 = W_h (1 - K) \cdot T_s / C$$

$$\text{控制性安全施用量： } S_3 = (KW_h - BK^j) (1 - K^j) \cdot T_s / C$$

其中：

W_h ——给定的土壤环境质量标准，mg/kg；

B ——该土壤重金属的背景含量，mg/kg；

K ——该土壤重金属的年残留率，%；

T_s ——耕层土壤干重，kg/hm²，疏松土壤的容重一般为 1.1~1.3 g/cm³，土壤容重按 1.15g/cm³、耕层厚度按 20cm 计时， T_s 为 2.25×10⁶kg/hm²；

C ——污泥限制性重金属含量，mg/kg；

j ——给定的年限。

用于土地改良等一次性施用时，可按一次性最大施用量S1计算该地块每公顷可施用的污泥量；作为肥料连续性施用、没有年限要求时，可按安全施用量S2计算每年每公顷可施用的污泥量，在该施用量下可确保土壤质量满足标准要求；连续性施用、有场地累积施用年限要求时，可按S3计算地块使用年限内每年每公顷可施用的污泥量。

(2) 基于植物养分需求的施用量

连续性施用污泥时，按作物吸收养分量确定施用量可按需氮量和需磷量分别计算确定，按计算中较低使用量控制，根据我国国情，一般以需氮量计算为主要依据。

$$\text{污泥中可利用氮的计算： } N_p = C_{NO_3} + k_v C_{NH_4} + k_m C_{No}$$

其中：

N_p ——污泥中含有的植物可利用氮量，kg 氮/kg 污泥；

C_{NO_3} ——污泥中硝酸盐氮的质量含量，kg 氮/kg 污泥；

k_v ——氨挥发后的残留系数，%。固体污泥农用地表施用取 0.5，开放冠层林地、森林利用时取 0.75~0.9，闭合冠层林地、森林利用时取 0.9~1.0；

C_{NH_4} ——污泥中氨氮的质量含量，kg 氮/kg 污泥；

k_m ——有机氮的矿化系数，对于消化污泥，取 0.35，堆肥污泥取 0.15。

C_{No} ——污泥中有机氮的质量含量，kg 氮/kg 污泥；

基于氮的污泥施用量： $S_N = U_N / N_p$

其中：

S_N ——基于氮的污泥施用量，kg / (hm²·a) ；

U_N ——单位公顷作物的氮吸收典型值 kg / hm²。

基于磷的污泥施用量： $S_P = U_P / (0.5 \cdot 2.3 \cdot C_P)$

其中：

S_P ——基于磷的污泥施用量，kg / (hm²·a) ；

U_P ——单位公顷作物的磷吸收典型值 kg / hm²；

0.5——污泥中植物可利用磷的比例；

2.3——P 含量换算至 P₂O₅ 含量的折算系数；

C_P ——污泥中磷的含量，kg/t 干基。

基于土壤环境质量和植物吸收养分分别确定施用量后，取两者的低值，或按植物吸收养分施用，按土壤环境容量校核施用年限。

(3) 施用年限校核

连续施用、以高于安全施用量 S_2 或控制性安全施用量 S_3 连续施用污泥时，需按土壤环境容量校核地块的可施用年限：

$$n = (W_h - B) \cdot T_s / (C \cdot S)$$

其中：

n ——可施用年限；

S ——每公顷每年污泥施用量，kg / (hm²·a)

4. 地块选择与综合评估

确定备选地块污泥土地利用具体方式后，应针对各地块进行投资和运行费用估算，并结合场地使用年限、消纳连续性、潜在的社会和环境影响等进行综合评估，通过比较确定最终地块清单。

(1) 费用匡算

投资费用。主要包括污泥储存或转运设施、因施用污泥需要增加的设备设施（例如，深耕设备、公众隔绝设施等）的投资费用。

平整费用。主要包括因施用污泥可能需对地块坡度、排水结构、道路条件等进行调整所需费用。

清理费用。主要包括部分地块需要清理树木、树枝、树叶等以便输送车辆通过所需费用。

运输费用。主要包括污泥产物由产生点输送到加工或暂存点再到土地施用点所需费用。

药剂费用。主要包括部分待改良地块因 pH 调节所需药剂费用。

车辆费用。主要包括因大面积施用污泥所需增加的施用车辆使用费用。

其他费用。主要包括劳务、燃油、施用车辆维护、施用场地维护（如跟踪监测）。

（2）综合评估

综合评估通常考虑以下因素：费用匡算、可靠性、灵活性、土地需求量及可获得性、土地利用效应、公众接受水平。此外，选择地块时还需要考虑到以下因素：污泥质量与所选利用方式的匹配性，施用地点选择及后续施用操作的公众可接受性，基于施用率、土地可获得性、污染物限值和土壤特性所预估的土地利用年限。

三、建材和协同利用方案

建材和协同处置方案，连续性消纳方式主要包括水泥窑、协同烧制砖、垃圾协同焚烧和电厂协同焚烧四种方式，也可因地制宜选择当地其他再生材料加工产业，如陶粒加工、非烧制建材等；批次性消纳方式主要包括道路、地下、桥梁等工程利用。

对于连续性消纳方式，需要分别与前期调研确定的潜在协同处置企业确定消纳能力、接收量的峰谷值、对泥质含水率的需求和费用需求。对于批次性消纳方式，需要协同水务主管部门与住建等相关市政建设主管部门和建设单位沟通确定无机污泥或污泥灰渣协同工程利用的依托项目、建设时序、利用地点和利用量。

1. 水泥窑协同利用

水泥窑协同利用污泥需要根据当地的政策或停窑检修、错峰生产经验预估运行时长。水泥熟料生产是高碳排放行业，在双碳背景下，水泥窑协同焚烧污泥还需要考虑远期因产业政策、碳减排政策等引起的停窑风险。

根据《水泥窑协同处置污泥工程设计规范》GB 50757-2012，日产 2500 t、3000 t 和 5000t 时，协同处置污泥量（以含水率 80%计）限值分别为 300 t/d、600 t/d 和 <800 t/d。水泥窑协同利用污泥时，污泥可在不同喂料点进入水泥生产过程，如表 5-7 所示。

表 5-7 污泥预处理、含水率与水泥窑协同焚烧喂料点

污泥预处理方式	污泥含水率	喂料点	新增设施或改造
脱水/深度脱水	55%~80%	窑尾烟室 或上升烟道	增加湿污泥储仓和输送设施；窑尾烟室耐火材料改用抗剥落浇注材料；上升烟道增设压缩空气炮；分解炉收缩口调整；窑尾收尘器改造；窑内通风面积扩大 5%~10%
干化	30%~55%	窑尾分解炉	增加干污泥储仓和输送设施；增加污泥干化设备；分解炉内增设污泥撒料盒和压缩空气吹堵抛洒装置
焚烧	焚烧灰渣	原料喂料系统	增加灰渣储仓

2. 协同烧制制砖

烧制制砖可利用污泥替代部分黏土，不影响产品质量的条件下协同处置一定量的污泥或焚烧灰渣，《城镇污水处理厂污泥处置 制砖用泥质》GB/T 25031-2010 要求污泥含水率不高于 40%，但由于制砖工艺制坯过程还需要加水，对来泥含水率可接受范围较广。污泥含水率 60%~80%时，掺烧比为 5%~7%，协同处置污泥热处理灰渣时，掺烧比可达 20%。

烧制制砖协同处置污泥时，宜选择规模较大、运行规范、二次污染设施完备的制砖企业，以降低因工艺落后、不规范运行、产能波动大从而影响污泥消纳的风险。掺烧污泥后，砖厂配备的常规除尘、脱硫和脱硝设施通常足以满足排放标准《砖瓦工业大气污染物排放标准》GB29620，但由于掺烧污泥过程存在挥发性重金属、二噁英等二次污染风险，宜设置活性炭吸附设施。当协同处置污泥热处理产物时，如碳化产物、焚烧灰渣，由于挥发性重金属、有机污染物已在热处理过程中控制，制砖过程无需额外增加二次污染控制措施。

制砖企业通常在每年冬季停窑 2~4 个月，规划时需要考虑这段时间的污泥存储和处置。

3. 垃圾协同焚烧

垃圾协同焚烧污泥需要焚烧设施具有冗余处理能力，还要考虑未来垃圾量的增长对协同处置污泥量的影响。

《生活垃圾清洁焚烧指南》RISN-TG022-2016 提出污泥掺烧比不宜超过 7%，《城镇污水处理厂污泥处理处置污染防治最佳可行技术指南（试行）》建议掺烧比不超过 20%。目前，上海金山、奉贤、松江采用垃圾协同焚烧污泥的掺烧比为 10%~15%。

掺烧污泥的含水率宜控制在与设计燃烧垃圾热值相当，通常 30%~50%，与污泥干基热值有关。国内垃圾焚烧炉炉型主要为炉排炉，掺烧污泥根据污泥加入点主要有四种方式：垃圾坑加入、进料斗加入、推料平台加入和炉膛侧墙加入，每种方式的特点和所需增加的设施不同，如表 5-8 所示。半干污泥（含水率 30%左右）入炉，由于掺烧污泥干基量大，燃烧过程飞灰量大，污泥灰熔点较低，易结焦，宜增设干化污泥造粒设施。垃圾协同焚烧污泥在掺烧

量不高于 10%的情况下烟气可达到原排放标准，但由于污泥含 S 量高于垃圾，掺烧污泥常伴随烟气脱酸药剂量增加。

表 5-8 污泥加入点与新增设施需求

污泥加入点	掺烧方式	新增设施	优点	局限性
垃圾坑	污泥直接投入垃圾坑里，利用垃圾吊抓斗抓取污泥与垃圾混合投入焚烧炉进料斗。	无新增。	简单；无需新增设施；无新增投资，运行费用低。	污泥易沉积垃圾坑底部，增加渗沥液携带污泥的处理风险；垃圾坑不完全密封易产生污泥臭气外逸。
垃圾坑	垃圾坑内隔离部分区域设置储泥小坑，垃圾吊抓斗起重机配置专门的污泥抓斗抓取污泥。	垃圾坑改造建设储泥区域；新增污泥抓斗。	简单；不单独设置污泥独立储存和输送系统；不增加渗沥液处理风险。	影响垃圾坑有效容积；影响垃圾渗滤液导排；增加了垃圾吊操作负荷；垃圾坑不完全密封易产生污泥臭气外逸。
进料斗	利用泵和管道将污泥直接输送至焚烧炉给料平台，污泥沿进料边斗边沿横向设置的多个喷嘴进入料斗。	单独设置污泥储存和输送装置。	较简单；运行可靠；可根据掺烧比例控制污泥入炉量。	污泥溜槽下落易与垃圾分离而掉落至给料平台下方渗滤液收集斗；入炉污泥与垃圾难以混合均匀；进料斗处臭气散逸。
推料平台	利用泵和管道将污泥直接输送至焚烧炉排前段的推料平台上方，在推料平台顶部横向设置的多个喷嘴喷入推料平台上的垃圾中（喷嘴穿过耐火炉墙）。	单独设置污泥储存和输送装置。	较简单；运行可靠；可根据掺烧比例有效控制污泥入炉量；布料、混合均匀；不易产生臭气问题。	输送喷射系统检修维护不便。
炉膛侧墙	在焚烧炉炉排干燥段或燃烧段炉膛侧墙设置喷嘴，利用泵和管道将污泥输送到此，辅以压缩空气将污泥喷撒到干燥段或燃烧段炉排上，与垃圾混合。	单独设置污泥储存和输送装置；设置可靠的入炉喷射和密封隔离装置。	污泥直接进入炉膛，避免接触湿垃圾潮解而影响燃烧状态；有效控制污泥掺烧量和臭气问题。	掺烧方式较复杂；难以实现与垃圾均匀混合，需要污泥自身具有适宜的性状和热值，以免影响整体燃烧状态；运行维护费用相对较高。

4. 电厂协同焚烧

国内燃煤电厂的主要工艺为循环流化床或煤粉炉，均可掺烧污泥。《城镇污水处理厂污泥处理处置技术指南（试行）》建议入炉污泥的掺入量不宜超过燃煤量的 8%，实际工程中全年平均掺烧比通常控制在 5%。由于电厂负荷常有波动，需要考虑到低负荷运行时协同处置能力的降低。

掺烧污泥宜干化至含水率 30%~40%，以提高热值，降低对燃烧状态的影响，同时便于输送；含水率更低则干化成本、粉尘、干污泥储存燃爆风险等升高。国内电厂协同焚烧污泥入炉含水率通常为 30%~60%，在全年平均掺烧比 5%的情况下，锅炉热效率、烟气量等略受影响，整体影响不大可接受，烟气可达到原排放标准。

由于污泥的 S、N、Cl 和重金属含量高于燃煤，掺烧污泥会引起烟气中 SO₂、NO_x、挥发

性重金属浓度和二噁英生成风险升高，通过增加烟气处理药剂电厂原超净排放系统一般可以应对 SO₂、NO_x 的负荷冲击，当燃煤质量等原因燃煤含 S 量和污泥含 S 量均较高时，为满足 SO₂ 排放限值可能影响高含硫污泥的掺烧量。电厂多配有选择性催化分解（SCR）脱硝系统，对于二噁英的去除也具有一定作用，但仍存在挥发性重金属（主要为 Hg）和二噁英稀释排放风险，宜设置活性炭吸附设施，以有效控制挥发性重金属和二噁英稀释排放风险。

四、稳定消纳风险控制

污泥资源利用和协同处置均是跨行业行为，资源利用的稳定消纳能力受利用行业、市场等行为影响，协同处置的稳定消纳能力受主体工艺产能高低和连续性影响。以下总结各处置方式的稳定消纳风险和主要应对措施。

1. 土地利用

土地利用因具体方式的施用时间差异而影响污泥连续消纳，不论是直接施用产物的方式，还是市场销售产品的方式，由于最终均用于植物，而植物生长和养护具有明显的季节性，故土地利用整体上受季节影响较大，春、秋季消纳较容易，夏、冬季消纳难度大。

处置方式以土地利用为主时，稳定消纳风险应对措施主要包括：

（1）优化处置时序，根据各地块的消纳量、施用时间需求，合理安排每月或每季度的施用地块，降低储存需求。

（2）设置产物、产品储存设施，根据规划安排的施用时序，以月份为横坐标，累积污泥产物量为纵坐标，在同一个坐标中分别绘制产物累积产生量和计划累积消纳量曲线，计划累积消纳量曲线中与产物累积产生量曲线距离最大的点对应的累积产生量与计划累积消纳量的差值，即为最小储存量，为应对突发的气候状况，储存设施有效容量还应在最小储存量基础上考虑一定富余。储存容量不宜低于一个季度的产物量。

2. 协同建材利用

传统协同建材利用如水泥窑、制砖等方式影响连续消纳的主要因素为周期性停产。水泥、砖瓦窑行业存在错峰生产情况，冬季错峰生产一般在我国北方地区冬季采暖期内实行全面停窑，在春季采暖结束后再开窑生产，夏季错峰生产主要是将水泥的生产期与臭氧浓度高峰期、夏季用电高峰错开，以提升大气质量。各省市要求的错峰停产时间和天数不同，一般 2~6 个月不等，冬春季停窑较为普遍，多集中在 11 月至第二年 3 月，部分地区则规定了每季度的停窑天数。

处置方式以建材利用为主时，稳定消纳风险应对措施主要包括：

(1) 优化处置单位组合，充分调研不同工艺建材产品加工企业，明确其停产计划，根据停产期时间和天数差异规划向不同协同单位调度污泥的方案。

(2) 合理规划污泥储存设施容量，协同利用污泥的接收单位需设置污泥接收和储存设施，接收污泥的含水率一般为 30%~50%，或污泥焚烧灰渣，较原污泥相对便于储存。通过优化处置单位组合仍无法解决的停产期污泥处置能力缺口，可考虑各建材利用厂区污泥储存设施进行应急存储的可行性。

3. 协同掺烧处置

在消纳污泥的连续性方面，协同掺烧处置如垃圾协同焚烧和电厂掺烧是上述几种处置方式中较好的，因此常作为托底消纳方式。

垃圾焚烧炉和电厂锅炉每年均需要停炉检修，但通常为并行运行的多个炉子轮流检修，大修期间对污泥处置量有一定影响，但仍可连续处置。

电厂负荷常有波动，锅炉不会全年满负荷运行，但目前我国燃煤电厂多为 600MW 和 1000MW 等级机组，以 2 台 600MW 机组为例，1 台炉满负荷运行时罗列耗煤量为 4000~5000 t/d，以产生含水率 30% 的污泥、掺烧比 5% 计，每天可处置污泥 700t~875t (折算为含水率 80%)，两台炉运行时消纳能力翻倍，对于一般地级市的污泥产量，电厂的消纳能力是较高的。

协同掺烧全年最低消纳能力（如垃圾和电厂单台炉运行，电厂单台炉低负荷运行时）无法满足托底处置缺口时，可考虑垃圾厂、电厂污泥储存设施适当放大设计，缓冲其消纳量波动。

第六节 确定技术路线

不同的处置方式对所接纳的物料有特定要求，不同污泥需通过一定的处理工艺达到处置的要求。确定处置方案后，应对处置方案中各处置方式所适用的污泥类型及处理技术进行分析，构建完整的处理处置技术路线。

一、土地利用适用路线

1. 适用的泥质及处理技术

土地利用对泥质的要求如表 4-1 所示，可总结为以下几点：污泥应来源于生活污水，在指标上体现为重金属等污染物浓度达标；充分稳定化，以免腐败发臭、造成病原微生物污染；具备一定的有机质和营养元素含量，以对土壤或植物生长具有正面作用；含水率降低至一定水平，便于运输、施用，同时进一步提升生物稳定性；污泥 pH 不宜过低或过高，以维持土壤的正常酸碱性，电导率不宜过高，以免盐分对植物造成损害。

要达到上述要求，污泥应为生活源污泥，以生活源的污水处理厂污泥为佳，且必须经过稳定化处理，最为典型的稳定化处理技术为厌氧消化和好氧发酵，热解碳化后生物炭土地利用近年来也是研究热点。当采用厌氧消化处理时，消化污泥的含水率较高，还应经过进一步深度脱水或“脱水+干化”处理，以满足含水率要求。此外，pH 要求限制了前端处理工艺的酸碱药剂投加量。有机质、营养元素含量则要求污泥不宜选择有机比例过低的污水处理厂污泥，以及无机属性的管渠污泥、河湖底泥等。当然，重金属不超标、具有一定有机含量和营养盐的河湖底泥，也可考虑土地改良等对有机质要求较低的土地利用方式。

2. 典型技术路线

(1) 厌氧消化后土地利用

该路线主要适用于污水处理厂污泥，也可协同管渠污泥筛洗脱水后的有机筛渣或餐厨垃圾等生活源有机废弃物。有以下几种具体方式：

“厌氧消化+脱水+干化+土地利用”：该方式是最为传统的方式，适用于在污水处理厂设置厌氧消化单元的情况，污泥浓缩后进行厌氧消化，经脱水、干化后含水率降低至 40%土地利用。

“厌氧消化+脱水+好氧稳定化+土地利用”：该方式在第一种方式的基础上增加了“好氧稳定化”环节，即进行堆肥稳定化，同时也起到进一步降低含水率的作用，替代了干化环节。当污泥有机质含量较高、厌氧消化后稳定化程度仍不够理想（如有明显臭味），可对产物进一步进行好氧稳定化。

“脱水+热水解+厌氧消化+深度脱水+土地利用”：该方式是近几年我国应用较为成功的方式，适用于各厂污泥脱水后进行集中厌氧消化处理。为了进一步提升厌氧消化效率，污泥厌氧消化前常进行高温高压热水解预处理，消化液脱水性能良好，可深度脱水后（含水率将至 60%以下）土地利用。当土地利用的具体形式对含水率要求更低时，可进一步好氧处理降低含水率，或增加干化环节。

该类技术路线的优点主要包括：

污泥稳定化。厌氧消化过程可削减有机物，杀死部分病原菌和寄生虫卵，使污泥得到稳定化，不易腐臭，避免在运输及最终处置过程中对环境造成不利影响，也降低了土地利用时的温室气体排放。如采用高温热水解进行预处理，热水解过程完成了污泥消毒，稳定化效果更佳。

污泥减量化。传统厌氧消化可降解污泥中 35%~50%的挥发性固体，高温高压热水解后厌氧消化可降解污泥中 50%~65%的挥发性固体，且消化后污泥脱水性能提升，污泥量整体可减

少 30%~50%，有利于后续处理处置。

污泥资源化。厌氧消化后的产物可进行土地利用。若消化污泥经热干化，可进一步杀死病原体，提高污泥处理产物的无害化程度。厌氧消化过程产生的沼气可热电联产或制取生物燃气。有机质含量较高的污泥，或者与其他易降解有机废弃物协同厌氧消化时，回收的沼气除满足厌氧消化自身的能量需求外，余量还可用于厂区发电或其他能源供应。

污泥脱水性能提升。厌氧消化后污泥的机械脱水性能和热干化脱水性能可得到提升（一般在相同条件下，泥饼含水率可以降低 5%~7%），增加热水解后尤其显著，则厌氧消化在污泥处理处置技术路线中可作为一个污泥改性环节，可对整条路线的技术经济及碳排放进行综合评价、与其他路线比选后确定。

其局限性主要包括：工艺较复杂（尤其是热水解后厌氧消化，也称为高级厌氧消化），运行管理要求较高；沼液氮磷浓度较高，氮磷回收提取技术、液体肥加工技术的成熟度仍有待提高，若不进行回收利用，通常回流至污水处理厂，额外增加氮磷负荷，集中处理多厂污泥的厌氧消化项目，沼液无法直接回流至单个污水处理厂，通常需先进行脱氮除磷。当厌氧消化协同餐厨垃圾等废弃物时，需要关注产物的含盐量是否会对土地利用造成影响。

（2）好氧发酵后土地利用

该路线主要适用于污水处理厂污泥，也可协同管渠污泥筛洗脱水后的有机筛渣、园林、农业废弃物等。其典型方式为：“脱水+好氧发酵+土地利用”。

该方式是较为传统的土地利用技术路线，能够实现污泥中有机质及营养元素的高效利用。好氧发酵工艺需要辅料，辅料应因地制宜，利用当地的废料（如秸秆、木屑、锯末、枯枝等）或发酵后的熟料，达到综合利用和处理的目的。

该技术路线的优点主要包括：

污泥稳定化。高温好氧发酵过程要维持较高的温度和足够的发酵时间，发酵后污泥的稳定化程度较高，无病原体和臭味。

污泥资源化。好氧发酵后，污泥的物理性状得到改善，质地疏松、易分散、粒度均匀细致，能够保持土壤中的水分，增加土壤有机质含量，有利于防止侵蚀，是一种很好的土壤改良剂和肥料，可进行土地利用。

工艺简单，易于运行维护。传统好氧发酵工艺多在室外进行，工艺简单；集成化好氧发酵设施在完全封闭的建筑物内，或者完全机械化，目前已经有工程实现了智能控制，运行维护难度较小。

其局限性主要包括：占地面积较大，不适合土地紧缺的地区；发酵过程需添加辅料，若

辅料回用率低，会使得需要处置的固体量不减反增；辅料来源的稳定性和成本对工艺运行稳定性和运行成本影响较大，当地或周边地区应具备稳定供应辅料的基本条件，当规模较大时，尤其需要考虑该因素；好氧发酵过程易局部厌氧产生臭气，故臭气收集和处理要求较高，增加了运行成本；传统发酵工艺，发酵车间内易产生水汽并引起设备腐蚀等问题。

二、建材利用适用路线

1. 适用泥质及处理技术

由于建材利用主要针对污泥的无机组分，通常适用于有机质含量较低的污泥，如管渠污泥筛洗处理后的无机筛渣、除杂并脱水后的河湖底泥。有机质含量较高的污泥如污水处理厂污泥、管渠污泥筛分脱水后的有机筛渣或泥饼等，在建材利用前一般进行焚烧等高温热处理，或采用水泥窑协同焚烧利用方式在加工过程中去除有机质。

相对土地利用和协同焚烧，高温热处理后建材利用对污泥泥质的适用性更强；由于采用特定的烟气处理系统，重金属、二噁英等污染物控制也更有保障，焚烧等高温热处理工艺从经济性出发更适用于热值较高的污泥（干基有机质比例不宜低于 40%），厌氧消化作为前端稳定化和减量化手段可降低热化学处理的量和成本，可作为焚烧前的一个处理环节。焚烧灰渣经鉴别不属于危险废物的，可进行建材利用，根据现有污泥焚烧工程运行经验，仅布袋飞灰可能属于危险废物而无法建材利用，这部分飞灰比例较小，大部分灰渣均适于建材利用。污泥热解气化、碳化后，其固态产物经鉴别不属于危险废物的，应首先考虑建材利用。

焚烧灰渣、管渠污泥筛洗处理后的细沙、河湖底泥等无机物料进行制砖、作混凝土掺合料、进行道路利用时，不同方式对物料的土工、材料性能具有一定要求，应根据具体情况进行评估。

不论有机污泥还是无机污泥，是否经过焚烧等高温热处理，预处理的必要环节通常为脱水和干化。污水处理厂污泥等有机污泥可进行热干化，河湖底泥等无机污泥可进行深度脱水、自然干化。

2. 典型技术路线

（1）独立焚烧后灰渣建材利用

该路线主要适用于污水处理厂污泥，也可协同处理管渠污泥有机筛渣和去除杂物垃圾的污染底泥。焚烧后污泥的减量化和稳定化程度较高，且焚烧设施高效、集约，占地面积较小。该类方案适用于以下几种情况：污泥中的有毒有害物质含量较高且短期不可能降低；当地不具备土地利用的条件；经济发达、人口稠密、土地成本较高的地区。此外，焚烧属于末端处

理工艺，应充分考虑在污泥处理流程前端采用经济高效的减量化及降低含水率的工艺，如厌氧消化、深度脱水等，减少末端焚烧的量和规模，提高焚烧工艺的经济性。

该路线有以下几种具体方式：

“脱水+干化+焚烧+灰渣建材利用”：该方式是目前我国应用最多的焚烧方式，适用于各厂污泥脱水后进行集中焚烧处理处置。由于我国污泥干基热值低于发达国家，在焚烧前通常设热干化环节降低含水率至30%左右，与适量脱水污泥混合至略低于临界入炉含水率（可850℃自持燃烧的最高含水率）后入炉焚烧。焚烧后的灰渣，其中炉渣和一般飞灰属于一般固体废弃物，布袋飞灰需要进行鉴定，不属于危废的，与炉渣和一般飞灰同属于一般固体废弃物，可进行建材利用，如与其他原辅材料按配方进行混合复配，加工成铁质校正料和复合粉煤灰产品，并作为水泥与混凝土的生料、混合材和掺合料，应用于水泥厂、粉磨站及搅拌站。

“厌氧消化+脱水+干化+焚烧+灰渣建材利用”：该方式与第一种方式相比，增加了“厌氧消化”单元。该方式在欧洲等发达国家应用较多，适用于挥发性固体含量较高、或者厂内已有厌氧消化设施的情况。污泥经厌氧消化后进行干化焚烧，其优点主要包括：整个系统能量回收更具效益；消化单元显著减小了脱水、干化和焚烧设备的规模，降低整体投资；燃烧沼气产生的有害物质少于燃烧污泥；碳排放更低；在后续热处理设施出现问题进行维护时，由于前端已经过厌氧稳定化处理，污泥应急处置更为容易。污泥的挥发性固体含量越高，采用该工艺的整体投资、运行经济效益和碳减排效益越显著。

“脱水/深度脱水+焚烧+灰渣建材利用”：该方式与第一种方式相比，以“脱水或深度脱水”替代了“脱水+干化”。该方式适用于挥发性固体含量较高的污泥。例如，当污泥中挥发性固体含量达到70%及以上时，其干基低位热值通常高于18 MJ/kg，经充分脱水后，含水率低于75%时，在燃烧空气预热至650℃的条件下，可实现自持燃烧。挥发性固体含量高于60%的污泥可考虑不进行热干化预处理，经充分脱水后直接入炉焚烧，因脱水效果限制而入炉热值不足时，可适当使用辅助燃烧达到850℃的燃烧温度要求。该方式由于不设置热干化环节，投资和运行成本将显著降低。

该类技术路线的优点主要包括：

污泥稳定化。焚烧可杀死污泥中的一切病原体，仅残留无机组分，产物充分稳定化。此外，相对垃圾焚烧，污泥Cl含量较低，S/Cl较高，可抑制二噁英的生成，且污泥独立焚烧工程均配备成熟的烟气处理设施，国内多年运行检测结果表明，二噁英和重金属排放浓度远低于欧盟标准限值。

污泥减量化。焚烧过程去除了水分和挥发性固体，显著减少了污泥的体积和质量。

污泥资源化。焚烧后的灰渣经鉴定不属于危废时，可进行建材综合利用以及磷回收利用；焚烧是利用污泥热值的过程，焚烧烟气中的热量可部分回收，用于污泥热干化等环节。

其局限性主要包括：焚烧前多进行热干化，焚烧烟气余热通常无法覆盖干化热量需求，需额外的能量输入；焚烧系统较复杂，建设投资成本较高；运行维护要求较高，需要特别受过培训的高技能人员；运行成本较高；污泥焚烧的公众接受程度有待提高，易受“邻避效应”制约。

（2）热解气化后灰渣建材利用

该路线主要适用于污水处理厂污泥，也可协同处理管渠污泥有机筛渣和去除杂物垃圾的污染底泥。热解气化处理后污泥的减量化和稳定化程度较高，残留的渣可建材利用，且工艺流程较干化焚烧简单，气化设施高效、集约，占地面积较小。该路线可作为焚烧的替代路线，目前我国应用较少，其典型方式为：脱水+干化+造粒+气化+建材利用。

该技术路线的优点主要包括：

污泥稳定化和减量化。与“焚烧”方案相似。

污泥资源化。热解气化残留的渣体可进行建材利用；热解气化过程产生的可燃挥发性气体可作为污泥预干化的热能来源。

固体处理难度小。热解气化后仅残留固态渣体，与焚烧相比，无飞灰产生。

投资和运行成本低于干化焚烧。

其局限性主要包括：热解气化工艺虽较焚烧简洁，但运行维护仍需特别受过培训的高技能人员；污泥热解气化对污泥领域来说是新工艺，其性能和有效性尚有待更多案例验证。

（3）预处理后水泥窑协同利用

该路线适用的污泥类型较广，污水处理厂污泥或焚烧后的灰渣，筛洗后的管渠污泥无机筛渣、去除杂物垃圾的河湖底泥均可采用该路线。水泥窑协同利用是利用水泥窑高温处置污泥的一种方式。水泥窑中的高温能将污泥焚烧，并通过一系列物理化学反应使焚烧产物固化在水泥熟料的晶格中，成为水泥熟料的一部分，从而达到污泥安全处置和资源利用的目的。

该路线有以下几种具体方式：

“脱水/深度脱水+水泥窑协同利用”：污泥经脱水或深度脱水后，含水率在 60%~85%之间，贮存污泥经给料机计量后，通过提升、输送设备输送到分解炉、烟室或上升烟道喂入。该方式工艺环节少，流程简单，二次污染风险小，但所需的燃料量大，应充分利用回转窑废气余热烘干湿污泥后焚烧。该方法应尽量选择靠近投料点的位置建设污泥接收、储存和输送系统，投料点位置一般设于窑尾。

“脱水+干化+水泥窑协同利用”：污泥脱水后通过适当的措施进行干化或半干化后入窑，喂料点多位于分解炉。污泥干化设施可设置在上游污水处理厂，便于干化后降低运输成本，提高入炉热值，水泥厂焚烧工艺设备相对简单，容易得到水泥厂的配合。缺点是污水处理厂需要设置干化设备，没有充分利用水泥厂的余热进行干化，导致污泥干化费用较高。干化设施也可考虑设置在水泥厂，可利用水泥厂余热，但需要对水泥窑系统进行改造，初期投资较高。

该类方式的优点主要包括：

污泥稳定化和减量化。水泥生产过程中的熟料温度可达 1450℃，气体温度在 1800℃左右，污泥中水分、挥发性固体均得到充分去除。

污泥资源化。污泥在水泥窑协同焚烧后的残渣成为水泥熟料的一部分，与污泥独立焚烧相比，无需再对灰渣另行处置。

二次污染风险较低。水泥窑的主体工艺特征和污染控制措施对控制污泥中污染物的释放有利。燃烧气体在温度高于 1100℃时的窑内停留时间大于 4s，且回转窑内物料呈高度湍流化状态，有利于气固两相的混合、传热、分解、化合和扩散，污泥中有害有机物能得到充分燃烧去除；窑内碱性环境在一定程度上可抑制酸性气体和重金属挥发，绝大部分重金属固化在水泥熟料晶格中。

节省建设投资成本。水泥窑协同利用依托大型水泥窑，节省了污泥单独处理设施的建设投资成本。

其局限性主要包括：水泥窑协同利用为跨行业处理处置污泥，处理量稳定性的影响因素较多；部分方式仍需要对主工艺进行一定改造。

（4）预处理后制砖

该路线适用的污泥类型较广，污水处理厂污泥或焚烧后的灰渣，筛洗后的管渠污泥无机筛渣、去除杂物垃圾的河湖底泥、给水污泥均可采用该路线，且可协同工程泥浆、建筑垃圾等废弃物。污泥制砖通常指利用污泥替代一部分原料制烧结砖或非烧结砖。

该路线有以下几种具体方式：

“脱水+干化+烧结制砖”：污泥经脱水、干化至含水率 40%或以下，代替一部分黏土，制烧结砖。但污水处理厂污泥直接作为部分原料烧结制砖争议较大，存在烟气污染（重金属、二噁英等）隐患，目前缺乏可参照的标准和管控方法，故未经焚烧的污水处理厂污泥采用该路线应采取必要的二次污染防控措施。污泥焚烧灰渣、筛洗后的管渠污泥、河湖底泥、建筑垃圾等无机废弃物宜采用该路线。

“脱水+干化+制非烧结砖”：污泥（稳定后的污水处理厂污泥、筛洗后的管渠污泥、河湖底泥，以及工程泥浆）经脱水、干化至含水率 20%以下后，与处理后的建筑垃圾、尾矿矿渣、粉煤灰或其他原料混合，经添加胶结料（通常为石灰或水泥），经压制、养护等工艺制成不同类型的非烧结砖。由于采用非烧结工艺，避免了因高温焚烧产生的大气污染，但产品的重金属浸出毒性应参考《危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别》（GB5085.3），确保使用过程中二次污染可控。

该类方式的优点主要包括：

污泥资源化。多源无机污泥制成建材，污泥中的无机组分得以充分利用。

节省建设投资成本。当污泥制烧结砖时，利用现有烧结砖工艺协同处置，可节省投资成本。当污泥制非烧结砖时，与建筑垃圾、尾矿矿渣等协同处置，可节省投资成本；新建生产线时，与烧结工艺相比投资较低。

其局限性主要包括：污泥制砖为跨行业处理处置污泥，处理量稳定性的影响因素较多；烧结砖工艺在尾气排放方面存在二次污染隐患，污泥制非烧结砖在产品质量、产品重金属浸出要求等方面缺乏相关标准，存在一定风险。

三、协同处置适用路线

1. 垃圾协同焚烧

该路线主要适用于污水处理厂污泥或管渠污泥筛洗脱水后的有机泥饼。污泥与垃圾均为废弃物，污泥在垃圾焚烧设施中焚烧，可同时利用垃圾焚烧设施及配套的烟气处理设施。其典型方式为：脱水+干化+垃圾协同焚烧。

由于污泥的性状与生活垃圾不同，需要为污泥专门设置输送和给料设施。污泥干化宜设置在垃圾焚烧厂，可利用垃圾焚烧厂的余热，干化的臭气可送入炉膛焚烧处理。

该技术路线的优点主要包括：

污泥稳定化和减量化。垃圾焚烧温度为 850℃ 以上，污泥中水分、挥发性固体均得到充分去除。

二次污染风险较低。垃圾焚烧配备烟气处理设施，协同处置污泥的二次污染风险小。

节省建设投资成本。依托垃圾焚烧厂协同焚烧入泥，节省了污泥单独处理设施的建设投资成本。

其局限性主要包括：垃圾协同焚烧污泥为跨行业处理处置污泥，处理量稳定性的影响因素较多；需要对主工艺进行一定改造。

2. 电厂掺烧

该路线主要适用于污水处理厂污泥或管渠污泥筛洗脱水后的有机泥饼。协同焚烧后的产物为掺杂少量污泥焚烧灰的粉煤灰，而该产物后续是否禁止资源化利用是不确定的，故将电厂掺烧路线归为“协同焚烧”类而非“协同利用”类。

该路线有以下几种具体方式：

“脱水+电厂掺烧”：脱水污泥宜采用炉顶给料，炉膛中部给料时给料器应设置水冷装置。该方式应对原锅炉的尾部受热面进行适当改造，以防止烟气中灰分、酸性气体和湿含量升高导致的受热面积灰、磨损和腐蚀。掺烧污泥后，由于烟气含湿量增加，为防止尾部积灰和腐蚀，排烟温度也应适当提高。总体上，该方式对锅炉系统改造少，因而初期投资低，但由于污泥中含有大量的水分，对锅炉燃烧的影响较大，锅炉热效率降低。

“脱水+干化+电厂掺烧”：脱水污泥经干化至含水率 40%以下，可进入电厂输煤系统。干化环节宜设置在电厂内，便于利用废热蒸汽，干化臭气也可以送入炉膛焚烧处理。与第一种方式相比，该方式增加了干燥机的投资成本，但对电厂锅炉系统的影响较小。

该类方式的优点主要包括：

污泥稳定化和减量化。电厂锅炉燃烧温度、炉膛出口温度均高于 1000℃，污泥中水分、挥发性固体均得到充分去除。

节省建设投资成本。依托电厂协同焚烧入泥，节省了污泥单独处理设施的建设投资成本。

其局限性主要包括：电厂掺烧污泥为跨行业处理处置污泥，处理量稳定性的影响因素较多；需要对主工艺进行一定改造；对原有锅炉的运行稳定性和安全性造成影响，如：影响炉温稳定，影响锅炉安全；增加烟气量和烟气处理负荷；污泥经脱水或半干化后掺烧，焚烧烟气中含有大量水分，易造成设备主体及附件腐蚀，减少锅炉寿命；二次污染风险增大，存在稀释排放问题，污染控制和监管难度较大。

四、其他技术路线

1. 碳化后多元利用

该路线主要适用于污水处理厂污泥，也可协同管渠污泥筛洗脱水后的有机筛渣、园林、农业废弃物等。根据目前的研究结果，生物炭具有改良土壤性质、促进土壤团聚体的形成、调控土壤微生物生态、减少温室气体效应等作用，此外，还可建材、燃料、吸附材料等多元利用。

该路线有以下几种具体方式：

“脱水+热干化+热解碳化+土地、建材、燃料利用或作为吸附材料”：将污泥脱水并干化至含水率 30%左右，再进入炭化炉加温，在 400℃~800℃及无氧条件下，分子重新组合，形成挥发分和炭。挥发分经冷凝，可分离出油和可燃气。热解碳化产物主要有热解油、水、可燃气和固体碳化物。固体碳化物可作土壤改良剂、燃料、建材、吸附剂等进行资源利用。

“脱水+水热碳化+深度脱水+燃料利用”：将脱水污泥直接或者与一定量的回水混合后置于高压中温反应器中加温加压。一般温度在 180℃~260℃，压力在 1.0MPa~5.0MPa。污泥细胞破裂、胞外聚合物分解，污泥中的胞内水、间隙水和毛细水转化为游离水；同时部分组织分解、脱水和碳化，产生少量气体的气体、大量的碳保存在污泥中、少量的碳以有机物的形式进入水中。裂解后的污泥呈液体状，脱水后，即可将污泥中大部分水分（50%~75%）去除。碳化过程中，污泥中的碳值基本上被保留。碳化后污泥可作为燃料。

该类方式的优点主要包括：

污泥稳定化。病原微生物在温度和压力的共同作用下被彻底去除；热解碳化可将大部分有机物转化为性质稳定的固体产物、油和可燃气，实现污泥稳定化。

污泥减量化。热解碳化与焚烧的减量特征相似；水热碳化时，80%含水率的污泥经过碳化脱水后其含水率易降至 30%以下；设施占地面积小。

污泥资源化。热解碳化的固体产物可作为土壤改良剂、有机复合肥添加剂、吸附剂或建材利用，产生的可燃挥发性气体可作为污泥预干化的热能来源；水热碳化的固体产物可作为生物质燃料。

能耗和碳排放低于焚烧。

碳化设施高效、集约，占地面积较小，适合经济发达、人口稠密、土地成本较高的地区，以及因“邻避效应”无法进行污泥焚烧的地区。

其局限性主要包括：热解碳化系统热工机制较复杂，需要较高的建设投资，运行和维护需要特别受过培训的高技能人员；水热碳化相对热解碳化建设投资成本低，但需要增压升温，涉及到压力系统的控制，运行维护要求较高；污泥碳化及产物土地利用是新工艺，其性能和有效性尚有待更多案例验证；碳化产物土地利用目前尚缺乏相关标准的约束。

2. 热碱处理后多元利用

该路线主要适用于污水处理厂污泥，也可协同管渠污泥筛洗脱水后的有机筛渣。其典型方式为：脱水+热碱水解+深度脱水+多元利用（土地利用、发泡产品等）。

采用氧化钙，水解药剂，在 105℃~185℃下热碱水解，固定重金属、实现污泥卫生化的同时，促进污泥中蛋白的溶出，并改善了脱水性能。在此基础上可对微生物蛋白进行提取，以

此为原料可加工蛋白泡沫灭火器和泡沫混凝土保温材料等产品。脱水后的残渣可加工或复配后进行土地利用，也可进行板材加工等建材利用。

该类方式的优点主要包括：

污泥稳定化。在 105℃~185℃热碱条件下强化污泥水解，杀灭病原菌，降解了部分有机物，实现了污泥的稳定化和无害化。

污泥减量化。热碱处理后，污泥脱水性能提升，经深度脱水和风干，残渣含水率可降至 20%以下。

污泥资源化。热碱处理后，污泥中有机组分向液相富集，经加工后可形成产品，固态残渣可根据污泥性质并结合地方条件和需求进行建材、土地、矿山修复利用。

工艺简单。运行维护和产物加工较简单，产品进入市场获得收益，运行成本低。

其局限性主要包括：以污泥作为产品生产的原料，原料的质量存在一定不可控性，需要切实有效的措施应对泥质变化，确保产品质量；处置的稳定性与市场需求相关联，具有一定不确定性。

五、技术路线综合比选

当某一场景下可选择多种技术路线时，需要从技术成熟度、环境安全、资源循环、能耗物耗、技术经济、碳排放和主要风险等方面进行综合比选。本指南对污泥处理处置常见路线的综合分析和评价如表 5-9 所示，是基于对目前国内部分典型污泥处理处置工程总结分析的结果，各地在进行技术路线比选时，针对经济性、能耗物耗、碳排放等指标应结合具体情况再进行更准确的测算。

表 5-9 泥处理处置常见路线的综合评价

常见处理处置路线	土地利用		建材利用					协同焚烧	其他产品化利用	
	厌氧消化+土地利用	好氧发酵+土地利用	厌氧消化+独立焚烧+建材利用	独立焚烧+建材利用	热解气化+建材利用	预处理+水泥窑协同利用	预处理+建材利用	垃圾协同焚烧/电厂掺烧	碳化+多元利用	热碱处理+多元利用
技术路线成熟度	高	高	较高	较高	中等	较高	中等	较高	中等	中等
适用污泥	生活污水污泥	生活污水污泥	生活污水及工业废水混合污泥	生活污水及工业废水混合污泥	生活污水及工业废水混合污泥	生活污水及工业废水混合污泥	污泥焚烧灰渣、管渠污泥、给水污泥	电厂掺烧-生活污水；垃圾协同焚烧-生活污水及工业废水混合污泥	生活污水污泥	生活污水污泥

协同处置		厌氧消化可协同处理餐厨垃圾等富含有机质的废弃物	好氧发酵可协同处理绿化修剪垃圾、秸秆等有机废弃物	焚烧可协同处理管渠污泥有机筛渣或泥饼、去除杂物垃圾的污染底泥；建材利用可协同管渠污泥无机筛渣、除杂并脱水后的河湖底泥		建材利用可协同管渠污泥无机筛渣、除杂并脱水后的河湖底泥	水泥窑可协同利用生活垃圾、除杂脱水后的河湖底泥	建材利用一般协同粉煤灰、预处理后的建筑垃圾、建筑渣土等	污泥焚烧产物与垃圾焚烧炉渣、飞灰和电厂粉煤灰一同利用或处置	碳化可协同处理秸秆等农业废弃物	固渣可在板材等建材加工过程协同利用
环境安全性	污染因子	恶臭病原微生物	恶臭病原微生物	恶臭烟气	恶臭烟气	恶臭	恶臭	粉尘	恶臭烟气	恶臭	恶臭
	安全性	总体安全	总体安全	总体安全	总体安全	总体安全	总体安全	总体安全	总体安全	总体安全	总体安全
资源循环	循环要素	有机质氮磷钾能量	有机质氮磷钾	有机质无机质	无机质	无机质	无机质	无机质	无机质	炭氮磷钾	有机质氮磷钾
	资源利用	高	较高	高	中等	中等	较高	较高	中等	较高	高
能耗物耗	能耗	低	中等	中等	高	较高	较低	较低	较高	较高	中等
	物耗	低	较高	中等	较高	低	低	低	高	低	较低
技术经济	建设费用	较高	较低	较高	高	较高	低	低	低	较高	中等
	占地	较少	较多	较少	较少	较少	少	少	少	少	较少
	运行费用	较低	较低	中等	高	中等	低	较低	高	中等	中等
碳排放	负碳排放或低水平碳排放	中等水平碳排放	较低或中等水平碳排放	中等或较高水平碳排放	中等水平碳排放	低水平碳排放	低水平碳排放	中等或较低水平碳排放	较低水平碳排放	负碳排放	
主要风险	防火防爆；产物土地利用受季节和市场影响大	产物土地利用受季节和市场影响大	防火防爆；高温	防火防爆；高温	防火防爆；高温	污泥处理量稳定性受建材市场及水泥窑生产计划影响	建材加工企业处置的污泥量稳定性受建材市场和生产计划影响	电厂掺烧污泥量稳定性受电厂生产计划影响	产物利用受下游需求影响大	防火防爆 高温产物利用受下游需求影响大	

第七节 明确新建设施和费用

一、新建设施和规模

处理方式确定后，结合现有处理设施能力缺口明确对应各处置方式所需新建的设施类型

和规模。处理设施包括为满足处置接收泥质所需采取的污水处理厂内的减容设施，如深度脱水或干化设施，需分散或集中建设的稳定化、无害化设施，如厌氧消化、好氧发酵或独立焚烧，以及衔接处理处置或满足处置过程暂存或中转所需建设的污泥接收、储存设施等。

二、投资和运行费用

明确所需新建的处理设施内容和规模后，应对新建设施方案进行投资建设费用和运行费用估算。常见技术路线的投资、运行和处置费用测算方法及一般取值范围可参照《城市多源污泥处理处置与资源利用成本核算技术指南》T/CECS……。

第八节 明确布局方案

一、初步布局方案

确定新建设施方案后，初步形成了完整的处理处置方案。应结合现有设施情况，综合考虑污泥来源和产物处置点分布，对污泥处理设施、处置暂存设施的分散、集中布局进行初步对比，重点分析设施建设、运行、污泥和产物运输成本，污泥处理设施运营管理需求，与周围环境的相容性，与远期规划的衔接性等。

一般而言，集中处置方案适用于各厂分布较集中、泥质较统一、运输成本较低的区域，处置设施应当处于有扩建空间并远离居民区的位置。分散处置方案适用于较偏远片区、各厂分布分散或各厂泥质差别较大的情况。对于集中式、分散式污水处理厂并存的区域，应当考虑各厂关系的科学协调，例如分散处理+集中处置。

考虑现有设施情况。例如，对于“好氧发酵/厌氧消化+土地利用”路线，若大部分污水处理厂内已存在好氧或厌氧稳定化设施，可充分利用现有设施，分散布局；当大部分厂内没有稳定化设施或考虑与其他有机废弃物协同处理时，宜集中布局。

考虑产物处置方式。例如，对于“干化+焚烧+灰渣建材利用”路线，焚烧灰渣量相对下游建材利用企业的生产规模一般相对偏小，可一次性集中运输和加工，宜设置集中处理设施，便于集中运行管理和产物输送处置。此外，高温热处理设备单位投资成本和运行管理要求均较高，集中处置还有利于节省投资成本，发挥规模效应。

二、设施布局细化

处理处置方案和布局初步确定后，需进一步细化，明确近期和远期的处理设施选址、规模、服务范围、工艺路线和产物处置方案。

1. 设施选址

在设施建设的选址方面，需要与自然保护区、公共设施、人口居住区和水源地保持一定的距离，从而防止污泥处置对周围环境安全带来威胁，除了符合规划、防洪、地灾、环境等常规要求外，还需兼顾污泥处理工艺附带的水、气、渣等处理或利用，如厌氧消化（沼液没有合适的资源利用出路时）、热干化、焚烧等处理设施宜尽量建在污水处理厂内或毗邻污水处理厂，便于解决回用水、沼液、废液和臭气处理等问题。

高温热处理设施通常伴随污泥热干化处理，为了尽量降低一次热源的使用量，设施选址宜考虑利用垃圾焚烧、热电厂、污泥焚烧等热处理过程的余热。

2. 设施规模与处理能力

在整体规模的基础上，结合现有设施的实际规模，明确新建设施的类型、规模和处理能力。

新建设施处理能力确定，应注意污水处理每天都产生污泥，但泥量和泥质不是恒定不变的，且不同的污泥处理和处置设施有不同的运行和维护保养周期。污泥处理和处置设施的设计能力应以规模为依据，综合考虑泥质（含水率、有机质、热值等）变化情况、设备维护需求和经济性等因素后合理确定。此外，在特殊工况条件下污泥产量会超出原有规模，而设备不可能永远满负荷运行，因此，污泥处理和处置设施的设计能力应留有富余，使服务范围内污水处理产生的污泥得到全量处理和处置。设计能力应满足单条生产线年度大修时的污泥量消纳，或安排污泥处理处置的临时出路。常见处理工艺的设计运行时间和设计能力富余系数建议如表 5-10 所示。

表 5-10 常见处理工艺的设计运行时间和设计能力富余系数建议

处理工艺	设计能力/规模	备注
好氧发酵	≥1.1	对于常见的槽式发酵，可轮流检修，设计能力通常考虑 10%的富余；其他形式的好氧发酵工艺根据检修需求考虑设计能力的富余量。
厌氧消化	≥1.25	厌氧消化单元常为多个罐体，可轮流检修，罐体通常为固定规格，设计时所选规格宜不低于规模的 1.25 倍。
干化焚烧	1.2~1.3	干化焚烧设施的年运行时间通常为 7200 h，设计能力通常为规模的 1.2~1.3 倍。

第六章 规划方案评估

第一节 方案评估原则

针对初步形成的一个或多个可选规划方案，应对方案的技术、经济、管理、社会、环境

等多方面效益和风险进行综合分析，多个方案时选择最合理的方案。方案评估与比选时应以技术可靠为核心比选需求，以经济合理、管理可行为必要约束条件，以社会和环境风险可接受为综合兼顾原则。

一、技术可靠

多源污泥规划方案是为解决污泥处理处置问题而形成的以技术手段为主、管理手段为辅的系统性落实方案，最终目标是实现多源污泥的减量化、稳定化、资源化并保证稳定消纳。规划方案的技术可靠性体现在上述目标的实现能力和可靠性，是体现方案优劣最为重要的因素。

二、经济合理

污泥处理处置属于社会公共事业，处理处置目标的实现需要依托设施建设和运行、产品销售等，设备设施的投资建设、运行过程的能耗物耗、处置过程的产品销售等均需地方财政支持，不同城市地方财政可接受的经济成本不同，不同技术方案对应的投资、运行费用不同，技术方案的经济性是决策者考虑的重要因素，也是方案比选的重要约束条件。

三、管理可行

污泥处理处置的管理以水务部门为主体，还涉及到发改、国土资源、建设、环保、财政、物价、税务、园林等部门，污泥处理处置的运行涉及到不同行业、多个单位，方案落实后任何一个管理、运行环节进行调整或出现突发情况都将涉及到多方协调。不同技术方案将影响处理处置涉及的利益相关方、各方之间相互联系的复杂性和协同管理的难度，故管理可行性也是方案比选的重要约束条件。

四、社会和环境风险可接受

污泥处理处置方案是否具有足够的可落实性和可持续性，除技术、经济上可行，还必须为公众所接受，避免邻避效应。污泥处理处置过程是其环境属性的转化和资源属性的利用过程，但转化和利用过程伴随着残留物和新生成物质的产生，在满足法律法规和标准规范要求的情况下，常规二次污染物可得到有效控制，但随着资源利用成为处置的主要途径，决策者可能还关心由此产生的未来的人体健康和生态风险。此外，双碳背景下，碳排放也成为新的关注点。因此，社会和环境风险可接受也是方案比选需要兼顾的原则。

第二节 方案评估指标

规划方案是为解决多源污泥处理处置问题而编制，方案的优劣本质上是衡量该方案在解决多源污泥处理处置问题方面的作用和可实现性。“作用”主要体现在技术层面，即所采用的技术方案能稳定、可靠地实现多源污泥的无害化和全量处置，解决其污染问题，同时最好还能物尽其用；还体现在实现这一目标的过程所付出的代价是否合理，如满足成本可接受、二次污染控制在允许的范围内、具有基本的社会接受度等条件。“可实现性”主要体现在该方案的可落地性和可持续性，如近期方案与远期方案的衔接性，方案落实涉及的利益相关方的协调难度，方案理念与技术和社会发展的协调性等。综上，方案比选的内容基本可归为技术、经济、管理、社会和环境五个方面，因此可首先设置该五大指标，每项指标下层再分别设置该类别的具体指标。具体指标的设置可参考本节，根据比选需求酌情增减。

一、技术指标

1. 指标设置需求

技术指标应能够衡量技术方案的功能实现能力和可靠性。指标设置需求具体包括以下两方面：1) 衡量技术方案对污泥处理处置目标的实现水平，包括：“处理”环节对污泥处理目标“减量化”、“稳定化”、“无害化”的实现程度，对污泥生物质能、热能的回收利用水平；技术方案对污泥产物末端资源利用处置目标的实现程度。2) 衡量技术方案的可靠性，主要体现为处置方案实现多源污泥“全量消纳”的能力，不同污泥稳定消纳的风险。

2. 指标设置建议

(1) 减量化率

减量化是污泥处理的重要目标之一，污泥减量化程度很大程度上决定了最终处置的难易程度。因此，减量化程度是衡量技术性能的重要指标之一。减量化率定义为：与原污泥（以含水率 80% 计）比，经处理后（最终处置前）污泥质量减少的比值。

(2) 挥发性固体去除率

稳定化和无害化是污泥处理的重要目标，也是污泥污染防治的保障性目标，稳定化和无害化是合理控制污泥污染属性，充分利用资源属性的前提。污泥的稳定性与其挥发性固体含量密切相关，污泥中的有毒有害物质除重金属外大部分属于有机污染物，污泥的稳定化和无害化常通过挥发性固体的生物或热化学转化实现，挥发性固体的去除率可很大程度上反映污泥的稳定化程度、无害化水平。挥发性固体去除率定义为：与原污泥中挥发性固体比，经处理后（最终处置前）挥发性固体质量减少的比值。

(3) 能量自给率

污泥中资源能源的充分回收利用是污泥处理的重要目标。污泥富含有机质，是污泥能源禀赋的载体。有机质通过厌氧消化可转化为沼气，净化提纯后回用于处理系统或额外输出利用，也可通过焚烧等手段利用其热值，换热后可回收利用于处理系统，通过污泥自身能量的利用降低外源能量消耗。能量自给率体现了污泥能源禀赋的实际利用成效，定义为：污泥自身提供的能量占处理过程能量总消耗的比值。

（4）固体产物资源利用率

资源化是污泥处理处置的重要目标，主要体现为经减量化、稳定化和无害化处理后，末端产物的资源利用。末端产物的资源利用程度，体现了污泥通过回归自然、社会循环实现最终消纳的水平，是污泥处理处置方案“资源化”目标实现程度的直接体现。末端产物资源利用率定义为：通过资源利用消纳的污泥处理产物所对应的原污泥量（以干基计）占原污泥量的比值。

（5）产物储存比

污泥的产生是持续的，处理产物的生成也是持续的，但不同处置方式对污泥产物的消纳在连续性和消纳速度方面存在差异，差异主要来源于污泥量的波动（如批次性产生的底泥）、下游行业的内生产、经营规律，还受到其他突发因素的影响。例如，土地利用主要受所施用地块植物生长对施用量和时间需求的影响，还受恶劣天气等影响。当产物消纳速度小于产生速度时，需要通过产物储存缓冲消纳能力的波动。一定周期内产物的储存需求很大程度上体现了产物消纳的稳定性，储存需求越大，稳定性越低。产物储存比定义为：根据污泥的累积产生速度和不同处置方式对污泥产物的消纳速度，全年污泥最小储存量与产物产生量之比。其中，全年最小储存量可按以下方法确定：以月份为横坐标，累积污泥产物量为纵坐标，在同一个坐标中分别绘制产物累积产生量和计划累积消纳量曲线，计划累积消纳量曲线中与产物累积产生量曲线距离最大的点对应的累积产生量与计划累积消纳量的差值，即为最小储存量。

二、经济指标

1. 指标设置需求

经济指标应能够衡量技术方案实现所需的投资和运行费用。指标设置需求具体包括以下两方面：1) 衡量技术方案落实需要的投资成本，包括：处理和处置方案落实需要新增加的设施、设备投资，永久设施建设所需用地。2) 衡量技术方案实施过程的运行成本，包括：处理和处置方案实施过程需要的能耗物耗、人工、管理、修理维护等运行费用。

2. 指标设置建议

(1) 投资费用

投资费用包含污泥新建工程、协同处理、单独或协同处置等处理处置过程所需的所有设施建设、设备购置试制所需的费用，定义为：吨泥（以含水率 80% 计）处理处置所需的投资，万元。

(2) 新建设施用地

新建设施用地定义为：方案落实过程新建设施所需的用地面积，ha。

(3) 处理费用

处理过程运行费用定义为：吨泥（以含水率 80% 计）处理及伴随的废水、废气等处理的直接运行成本（能耗、物耗成本）、修理维护费、工资福利费、管理销售费和固定资产折旧费的总和，元。

(4) 处置费用

处置费用定义为：吨泥（以含水率 80% 计）处理产生的固体产物（包含废渣）销售给资源利用方、委托第三方处置单位处置支付的费用，元。

三、管理指标

1. 指标设置需求

管理指标应能够衡量：1) 技术方案落地所需多部门协同联动管理的难度；2) 运营主体对污泥处理和处置可直接协调调度的程度。

2. 指标设置建议

(1) 合规性监管难度

定性指标，用于表征主管部门对方案实施过程尤其是产物资源利用过程合规性监管的难度。例如，《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》明确规定：“城镇污水处理设施维护运营单位或者污泥处理单位应当安全处理污泥，保证处理后的污泥符合国家有关标准，对污泥的流向、用途、用量等进行跟踪、记录，并报告城镇排水主管部门、生态环境主管部门。”污泥处理产物的资源利用环节是合规性监管的短板和难点。

(2) 协同管控难度

定性指标，用于表征方案落地所需多部门联动管理的难度，决策者需根据方案涉及的具体管理部门、与各部门的协同管理内容，初步评估打通管理壁垒或落实监管责任的难度。

(3) 可直接协调处理能力占比

可直接协调处理能力占比定义为：污泥处理处置管理主体或所委托的运行主体在权职范围内和处理设施产能允许的条件下可直接调度的污泥量占污泥处理总量的比值。

（4）可直接协调处置能力占比

可直接协调处置能力占比定义为：污泥处理处置管理主体或所委托的运行主体在权职范围内和处置资源/设施消纳能力允许的条件下可直接调度的产物量占污泥处理产物总量的比值。

四、社会指标

1. 指标设置需求

社会指标应能够衡量：1）技术方案被当地公众广泛认可的程度；2）技术方案中集中性处理处置点布局被附近公众广泛接受的程度。

2. 指标设置建议

（1）技术方案公众认可度

定性指标，用于表征当地公众对于技术方案整体认可程度。

（2）邻避效应风险

定性指标，用于表征拟新建设施或集中处置区域附近公众的接受程度。

五、环境指标

1. 指标设置需求

环境指标应能够识别处理处置过程二次污染控制合规的前提下仍然存在的不确定性环境风险因素。指标设置需求具体包括以下两方面：1）衡量处理处置过程的碳排放；2）识别处理和处置过程可能产生的具有长久的健康风险，生态敏感区域还需识别风险因素；3）必要时可参照《生态环境健康风险评估技术指南 总纲》HJ 1111 进行潜在健康或生态风险的定性或定量评估。

2. 指标设置建议

（1）碳排放

碳排放定义为：吨泥（以含水率 80% 计）处理处置过程的碳排放当量， kgCO_2e ，碳排放测算方法可参照“附录 D 污泥处理处置碳排放核算边界和方法”。

（2）健康风险因素

健康风险指污泥处理处置过程释放到环境介质的部分化学物质或病原体对人体的负面健康效应，包括致癌效应和非致癌效应。

污泥土地利用时，健康风险因素主要包括病原体、重金属和有机污染物，主要通过暴露人群直接接触、通过土壤、降雨进而进入地表水和地下水等途径。污泥焚烧的健康风险主要包括重金属、二噁英等有机污染物，主要通过空气、沉降到土壤、地表水等途径。污泥建材利用时，健康风险因素主要包括重金属、有机污染物和放射性物质，主要通过暴露人群直接接触、通过土壤、降雨进而进入地表水和地下水等途径。

（3）生态风险因素

生态风险指污泥处理处置过程释放到环境介质的部分化学物质或病原体对生态系统及其组分可能产生的导致生态系统结构和功能损伤，从而危及生态系统安全和健康的作用。

附录 A 污泥处理处置标准

一、通用标准

1. 规划设计类

指适用于污泥处理处置过程的多个环节,对多种处理技术或处置方式的规划、设计建设、运行等要求进行规定的相关标准。主要规定了污泥规划、处理和处置过程中通用的技术和管控要求。

规划设计类的主要标准及内容如表 A-1 所示。

表 A-1 我国污泥处理处置通用标准及主要内容——规划设计类

类别	名称和标准号	主要内容
国家标准	城镇污水处理厂污泥处置 分类 GB/T 23484	按照污泥的最终消纳方式对污泥处置进行了分类,包括污泥土地利用(农用、园林绿化、土地改良)、污泥填埋(单独填埋、混合填埋)、污泥建筑材料利用(制水泥、制砖、制轻质骨料)、污泥焚烧(单独焚烧、与垃圾混合焚烧、污泥燃料利用)四大类和 11 个应用范围。
	室外排水设计标准 GB 50014	指出污泥的处置方式包括作肥料、作建材、作燃料和填埋等。并对污泥浓缩、污泥消化、污泥机械脱水、污泥输送、污泥干化焚烧及污泥综合利用等提出了要求。
	城市排水工程规划规范 GB 50318	规定了污泥应进行减量化、稳定化、无害化、资源化的处理和处置,并说明了污泥量的确定方法、污泥处理处置设施的布置原则和污泥处置的泥质要求。
行业标准	城镇污水处理厂污泥处理处置技术规程 CJJ 131	规定了污泥处理的方案选择和设计要求,以及污泥堆肥、石灰稳定、热干化和焚烧处理的设计、施工验收、运行管理、安全措施和监测控制要求。
	城镇污水处理厂污泥处理 稳定标准 CJ/T 510	规定了污水处理厂污泥稳定处理产物的稳定性判定指标,以及 5 种稳定方法(厌氧消化、好氧发酵、好氧消化、热碱分解和石灰稳定)的过程控制指标。
团体标准	城市排水管渠污泥处理技术规程 T/CECS 700-2020	城镇排水管渠污泥处理工程的设计、建设与运行维护要求。

2. 泥质标准类

指污泥经减容或稳定化等处理后进行混合填埋、农用、园林绿化、林地利用、土地改良、单独焚烧、水泥窑等处置时应达到的泥质标准。主要规定了污泥进行上述处理处置时的准入条件。

主要泥质标准及内容如表 A-2 所示。

表 A-2 我国污泥处理处置通用标准及主要内容——泥质标准类

类别	名称和标准号	主要内容
----	--------	------

国家标准	农用污泥污染物控制标准 GB 4284	规定了污泥农用（耕地、园地和牧草地）时的污染物控制指标（总镉、总汞、总铅、总铬、总砷、总镍、总锌、总铜、矿物油、苯并芘和多环芳烃）、卫生学指标（蛔虫卵死亡率和粪大肠菌群菌值）、理化指标（含水率、pH、粒径和有机质）、年累计施用量和连续施用年限，以及污泥产物的采样、检测、监测与取样方法。
	土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准 GB 15618	规定了农用土壤污染风险筛选值和管制值，以及监测、实施和监督要求。
	城镇污水处理厂污泥处置 混合填埋用泥质 GB/T 23485	规定了污泥进入生活垃圾卫生填埋场混合填埋基本指标（含水率、pH、混合比例）、污染物指标（总镉、总汞、总铅、总铬、总砷、总镍、总锌、总铜、矿物油、挥发酚和总氰化物）及限值；规定了污泥作填埋场覆盖土的基本指标（含水率、臭气浓度、横向剪切强度）、污染物指标（同混合填埋）、生物学指标（粪大肠菌群菌值和蛔虫卵死亡率），及限值；此外，还规定了取样和监测分析方法。
	城镇污水处理厂污泥处置 园林绿化用泥质 GB/T 23486	规定了污泥园林绿化利用的外观和嗅觉要求，稳定化要求，理化指标（pH和含水率）、养分指标（总养分和有机物含量）、生物学指标（粪大肠菌群菌值和蛔虫卵死亡率）、污染物指标（总镉、总汞、总铅、总铬、总砷、总镍、总锌、总铜、硼、矿物油、苯并芘和可吸附有机卤化物）及限值，种子发芽指数要求，施用量确定方法，跟踪、监测和二次污染防治要求；此外，还规定了取样和检测方法。
	城镇污水处理厂污泥泥质 GB24188	规定了污泥稳定化处理的污染物排放要求；指出污泥不应向划定的污泥处理、处置场以外的任何区域排放；规定了污泥泥质基本控制指标（pH、含水率、粪大肠菌群菌值、细菌总数）、选择性控制指标（总镉、总汞、总铅、总铬、总砷、总铜、总锌、总镍、矿物油、挥发酚和总氰化物）及限值；此外，还规定了取样和监测分析方法。
	城镇污水处理厂污泥处置 土地改良用泥质 GB/T 24600	规定了污泥土地改良利用的外观和嗅觉要求，稳定化要求，理化指标（pH和含水率）、养分指标（总养分和有机物含量）、生物学指标（粪大肠菌群菌值、细菌总数和蛔虫卵死亡率）、污染物控制指标（总镉、总汞、总铅、总铬、总砷、总铜、总锌、总镍、矿物油、可吸附有机卤化物、多氯联苯、挥发酚和总氰化物）及限值，施用量，不宜施用情况、二次污染防治要求；此外，还规定了取样、监测和分析方法。
	城镇污水处理污泥处置 单独焚烧用泥质 GB/T 24602	规定了污泥单独焚烧时的理化指标（pH、含水率、低位热值和有机物含量）、污染物指标（烷基汞、汞、铅、镉、总铬、六价铬、铜、锌、铍、钡、镍、砷、除氟化钙外的无机氟化物、氰化物）及限值；建议考虑燃烧设备和燃烧传递条件慎用腐蚀性强的氯化铁类污泥调理剂；规定了焚烧烟气、恶臭、工艺废水和噪声的二次污染控制要求和焚烧残余物的处置要求；此外，还规定了取样、监测和分析方法。
	城镇污水处理厂污泥处置 制砖用泥质 GB/T 25031	规定了污泥制烧结砖利用的嗅觉要求、稳定化指标要求、理化指标（pH和含水率）、烧失量、方式向核素、污染物指标（总镉、总汞、总铅、总铬、总砷、总镍、总锌、总铜、矿物油和总氰化物）及限值，污泥用于制砖与人群接触场合时的卫生学指标（粪大肠菌群菌值、蛔虫卵死亡率、传染性病原菌）及限值，以及污泥运输和储存时的大气污染物排放要求；规定了混合比例和成品质量要求，以及取样、监测和分析方法。
行业标准	城镇污水处理厂污泥处置 农用泥质 CJ/T 309	规定了污泥农用（农田、园地和牧草地等）时的污染物控制指标（总砷、总镉、总铬、总铜、总汞、总镍、总铅、总锌、苯并芘、矿物油和多环芳烃）、物理指标（含水率、粒径和杂物）、卫生学指标（蛔虫卵死亡率和粪大肠菌群值）、营养学指标（有机质、氮磷钾和酸碱度）和种子发芽指数要求；规定了年累计施用量和连续施用年限，禁止施用区，取样、监测和分析方法，以及标准实施和监督要求。

城镇污水处理厂污泥处置 水泥熟料生产用泥质 CJ/T 314	规定了污泥制烧结砖利用的稳定化要求、基于入炉方式和生产工艺的理化指标和添加比例控制要求、污染物指标（总镉、总汞、总铅、总铬、总砷、总锌、总镍、总铜）及限值，生产过程的尾气、臭气、工艺废水和噪声的二次污染控制要求，以及产品水泥的质量要求；此外，还规定了取样、监测和分析方法，以及标准实施和监督要求。
城镇污水处理厂污泥处置 林地用泥质 CJ/T 362	规定了污泥林地用的泥质要求，包括理化指标（pH、含水率、粒径和杂物）、养分指标（有机物和氮磷钾养分）、卫生学指标（粪大肠菌群菌值和蛔虫卵死亡率）、污染物指标（总镉、总汞、总铅、总铬、总砷、总镍、总锌、总铜、矿物油、苯并芘和多环芳烃）及限值，种子发芽指数要求，年累计施用量和连续适用年限，禁止施用区域，以及取样、监测和分析方法。

3. 排放和检测标准

主要包括涉及到污泥处理处置的污染物排放和控制标准，以及污泥检验方法。

排放和检测类的主要标准及内容如表 A-3 所示。

表 A-3 我国污泥处理处置通用标准及主要内容——排放和检测标准

类别	名称和标准号	主要内容
国家标准	工业企业厂界环境噪声排放标准 GB12348	规定了工业企业和固定设备厂界环境噪声排放限值及其测量方法。
	恶臭污染物排放标准 GB 14554	规定了八种恶臭污染物（氨、三甲胺、硫化氢、甲硫醇、甲硫醚、二甲二硫、二硫化碳和苯乙烯）的一次最大排放限值、复合恶臭物质的臭气浓度限值及无组织排放源的厂界浓度限值。
	生活垃圾焚烧污染控制标准 GB 18485	规定了污泥、一般固体废弃物的专用焚烧炉等排放烟气中颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、氯化氢、重金属及其化合物、二噁英类等污染物的排放控制要求，以及焚烧厂选址、技术、运行、监测、实施与监督等要求。
	城镇污水处理厂污染物排放标准 GB 18918	规定了城镇污水处理厂出水、废气排放和污泥处置（控制）的污染物限值。要求污泥进行稳定化处理，规定了厌氧和好氧稳定化控制指标；要求污泥进行脱水处理，并规定脱水后含水率小于 80%；还规定了处理后污泥农用时的污染物含量要求；此外，给出了取样和监测分析方法。
行业标准	城市污水处理厂污泥检验方法 CJ/T 221	对 24 项污泥指标(包括物理、化学及微生物指标)的分析技术操作进行了规定，共包含 54 个检测方法。

二、专用标准

指适用于某项特定处理技术或相关产品的标准。根据技术功能，可分为“物理减容”、“生物稳定”和“热化学处理”技术和产品三大类。

1. 物理减容技术和产品类

主要包括污泥浓缩、脱水和深度脱水方面的技术规程和产品标准。

物理减容技术和产品类的主要标准及内容如表 A-4 所示。

表 A-4 我国污泥处理处置专用标准及主要内容——机械减容技术和产品类

类别	名称和标准号	主要内容
行业标准	重力式污泥浓缩池周边传动浓缩机 CJ/T 507	规定了重力式浓缩池周边传动浓缩机的定义、型式、型号和基本参数、要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存
	环境保护产品技术要求污泥脱水用带式压榨过滤机 HJ/T 242	规定了污泥脱水用带式压榨过滤机的定义、分类命名、要求、试验方法、检验规则标志、包装、运输和贮存。
	环境保护产品技术要求污泥浓缩带式脱水一体机 HJ/T 335	规定了污泥浓缩带式脱水一体机的技术要求、试验方法和检验规则。
	污泥深度脱水设备 JB/T 11824	规定了污泥深度脱水设备的定义、型式与基本参数、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。
	污水处理厂鼓式螺压污泥浓缩设备 JB/T 11832	规定了污水处理厂鼓式螺压污泥浓缩设备的型式和基本参数、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。
	叠螺式污泥脱水机 JB/T 12578	规定了污泥脱水用叠螺式脱水机的定义、型式和命名、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。
团体标准	城镇污水处理厂污泥隔膜压滤深度脱水技术规程 T/CECS 537	规定了污泥隔膜压滤深度脱水工程的设计、施工、验收及运行管理要求。
	污泥隔膜压滤机 T/CECS 10006	规定了污泥隔膜压滤机的型式与基本参数、要求、试验方法、检规则以及标志、包装、运输及贮存。
	城镇污水处理厂污泥深度脱水工艺设计与运行管理指南 T/CECS 20005	规定了污泥深度脱水工艺设计和运行管理要点。

2. 生物稳定技术和产品类

主要包括污泥好氧发酵和厌氧消化方面的技术规程和产品标准。

生物稳定技术和产品类的主要标准及内容如表 A-5 所示。

表 A-5 我国污泥处理处置专用标准及主要内容——生物稳定技术和产品类

类别	名称和标准号	主要内容
行业标准	好氧堆肥氧气自动监测设备 CJ/T 408	规定了有机废物好氧堆肥的氧气自动监测设备的定义、型号、使用条件、要求、试验方法、检验规则、标志、包装和贮存。
	一体化好氧发酵设备 CJ/T 505	规定了一体化好氧发酵设备的术语和定义、分类和型号、组成、使用条件、要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。
	污泥堆肥翻堆曝气发酵仓 JB/T 11245	规定了污泥堆肥翻堆曝气发酵仓的术语和定义、型号、基本参数、技术要求、试验方法、检验规则。
团体标准	城镇污水处理厂污泥厌氧消化技术规程 T/CECS 496	规定了污泥厌氧消化工程的设计、施工、验收及运行管理要求。
	城镇污水处理厂污泥好氧发酵技术规程	规定了污泥好氧发酵工程的设计、施工、验收及运行管理要求。

	T/CECS 536	
	城镇污水处理厂污泥好氧发酵工艺设计与运行管理指南 T/CECS 20006	规定了污泥好氧发酵工艺设计和运行管理要点。
	城镇污水处理厂污泥厌氧消化工艺设计与运行管理指南 T/CECS 20007	规定了污泥厌氧消化工艺设计和运行管理要点。

3. 热化学处理技术和产品类

主要包括污泥热干化、焚烧和协同焚烧方面的设计规范、技术规程和产品标准。

热处理技术和产品类的主要标准及内容如表 A-6 所示。

表 A-6 我国污泥处理处置专用标准及主要内容——热处理技术和产品类

类别	名称和标准号	主要内容
国家标准	水泥窑协同处置固体废物污染控制标准 GB 30485	规定了协同处置固体废物（包括城市和工业污水处理污泥等）水泥窑的设施技术要求、入窑废物特性要求、运行操作要求、污染物排放限值、生产的水泥产品污染物控制要求、监测和监督管理要求。
	水泥窑协同处置污泥工程设计规范 GB 50757	规定了污泥进行水泥窑协同处置新建、改建和扩建新型干法水泥熟料生产线工程的设计要求。
行业标准	城镇污水处理厂污泥焚烧处理工程技术规范 JB/T 11826	规定了污泥单独焚烧处理工程的技术方案选择、工程设计、施工和验收等要求。
	城镇污水处理厂污泥焚烧炉 JB/T 11825	规定了污水处理厂污泥单独焚烧的污泥焚烧炉的技术要求、检验规则、检查和验收、标志、油漆、包装和随机文件。
	水泥窑协同处置固体废物环境保护技术规范 HJ 662	规定了利用水泥窑协同处置固体废物（包括城市和工业污水处理污泥等）的设施选择、设备建设和改造、操作运行以及污染控制等方面的环境保护技术要求。
团体标准	城镇污水污泥流化床干化焚烧技术规程 CECS 250	规定了污泥流化床干化和流化床焚烧技术要求、运行维护和管理要求。
	城镇污水处理厂污泥干化焚烧工艺设计与运行管理指南 T/CECS 20008	规定了污泥干化焚烧工艺设计和运行管理要点。

附录 B 规划基础信息清单

规划工作需收集的主要基础信息见表 B-1。

表 B-1 规划工作需收集的主要基础信息

信息类型	信息内容		信息来源/形式	信息作用/需求原因	获得方式
背景信息	区域概况	发展概况、自然条件、经济和社会条件、区域发展战略	网络信息、地方统计信息、战略报告等	明确规划对象城市或区域的整体情况，是规划编制大背景的一部分。	部分可通过网络资源获得，由规划委托方协同相关政府部门提供或校核。
	相关规划	城市总体规划、排水相关规划、环境卫生规划、国土空间总体规划、控制性详细规划、森林/林地/绿地相关规划、相关产业发展规划	相关规划文本、说明书	与城市总体规划相协调；考虑多种污泥和废弃物协同规划、规划方案中考虑跨行业协同消纳、上下游协同利用，需统筹兼顾排水、环卫、相关产业规划。	由规划委托方协同相关主管部门提供。
污泥属性信息	污水处理厂污泥来源、产量和泥质	污水处理厂进出水水量、水质、处理工艺，污水处理厂污泥产量、含水率、有机质、热值、重金属等	污水处理厂介绍资料(如设计文本)、运行月报表、检测记录或检测报告	统计水量、水质与污泥产量的关系，以根据未来水量水质变化合理预测近远期污水处理厂污泥产量。泥质信息用于处理处置技术路线分析。	由规划委托方协同相关主管部门提供。部分泥质信息没有记录的需取样检测。
	管渠污泥来源、产量和泥质	管网类型、长度、维护方式、频率、污泥清淤量、质	管网维护相关计划、记录，污水、雨水管网相关资料及规划	了解清淤规律和需求、待清淤管道状况，预测管渠污泥产量。泥质信息用于处理处置技术路线分析。	由规划委托方协同相关主管部门提供。部分泥质信息没有记录的需取样检测。
	给水污泥来源、产量和泥质	给水厂污泥产量、含水率、有机质	给水厂运行报表、污泥台账、检测记录或检测报告	掌握给水厂污泥产量、泥质情况，统计各厂水量与污泥产量的关系，以根据未来水量变化预测近远期给水污泥产量。泥质信息用于处理处置技术路线分析。	由规划委托方协同相关主管部门提供。部分泥质信息没有记录的需取样检测。
	河湖底泥来源、产量和泥质	来源、清淤频率、量、质信息	底泥疏浚的相关记录，疏浚相关计划、规划	了解疏浚规律和需求，预测疏浚底泥产量、基本性质。泥质信息用于处理处置技术路线分析。	由规划委托方协同相关主管部门提供。部分泥质信息没有记录的需取样检测。
	其他协同物料来源、产量和泥质	如餐厨垃圾的量、质信息	产生、收运、处理相关记录，未来处理处置计划、规划	了解物料产生量规律和协同处理处置需求。物料性质信息用于处理处置技术路线分析。	由规划委托方协同相关主管部门提供。部分泥质信息没有记录的需取样检测。
污泥处理处置信息	已有处理处置设施	处理和处置各环节(厂内污泥处理设施、污泥集中处理设施、协同处置设施、产物加工设施、最终处置方式)的规模、工艺、主要问题	设施介绍相关资料(如设计文本)、运行报表、检测记录汇总表或检测报告	掌握现有处理处置现状、潜力和问题，完善技术路线，分析近远期处理处置设施缺口，预测近远期新建设施规模。	客观信息主要由相关监管部门和排水相关运营单位提供，主要问题可结合现场调研、访谈等途径获得。
	潜在处理处置资源	可用工业设施和潜在资源对产物的消纳量，如林地、沙荒地面积，建材等产业和市场需求情况	统计年鉴、相关设施的介绍资料、运行报表	掌握潜在处置途径、消纳能力和风险，是确定处置方案的重要依据。	部分客观信息如林地面积可从公开统计数据获得，部分由规划委托方协同规划编制方通过现场调研、访谈等方式获得。

附录 C 泥质检测指标和分析方法

污泥泥质的常见检测指标和分析方法如表 C-1 所示。

图 C-1 污泥检测指标和分析方法

序号	指标分类	指标	检测分析方法	检测标准
1	基本指标	pH 值	玻璃电极法	CJ/T 221
2		挥发性固体含量	重量法	CJ/T 221
3		含水率/TS	重量法	CJ/T 221
4	养分指标	总氮(以 N 计)	碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法	CJ/T 221
5		总磷(以 P ₂ O ₅ 计)	氢氧化钠熔融后钼锑抗分光光度法	CJ/T 221
6		总钾(以 K ₂ O 计)	常压消解后火焰原子吸收分光光度法 常压消解后电感耦合等离子体发射光谱法 微波高压消解后原子吸收分光光度法 微波高压消解后电感耦合等离子体发射光谱法	CJ/T 221
7	热值指标	高位热值 低位热值 工业分析	燃烧法 通氮干燥法、快速灰化法、重量法等	GB/T 212 GB/T 213
8	重金属指标	总镉	石墨炉原子吸收分光光度法	GB/T 17141
			常压消解后原子吸收分光光度法 常压消解后电感耦合等离子体发射光谱法 微波高压消解后原子吸收分光光度法 微波高压消解后电感耦合等离子体发射光谱法	CJ/T 221
总铅		火焰原子吸收分光光度法	HJ 491	
		常压消解后原子荧光法 微波高压消解后原子荧光法 常压消解后原子吸收分光光度法 常压消解后电感耦合等离子体发射光谱法 微波高压消解后原子吸收分光光度法 微波高压消解后电感耦合等离子体发射光谱法	CJ/T 221	
总铬		火焰原子吸收分光光度法	HJ 491	
		常压消解后电感耦合等离子体发射光谱法 微波高压消解后电感耦合等离子体发射光谱法 常压消解后二苯碳酰二肼分光光度法 微波高压消解后二苯碳酰二肼分光光度法	CJ/T 221	
总镍		火焰原子吸收分光光度法	HJ 491	
		常压消解后火焰原子吸收分光光度法 常压消解后电感耦合等离子体发射光谱法 微波高压消解后原子吸收分光光度法 微波高压消解后电感耦合等离子体发射光谱法	CJ/T 221	
总锌		火焰原子吸收分光光度法	HJ 491	
		常压消解后火焰原子吸收分光光度法 常压消解后电感耦合等离子体发射光谱法 微波高压消解后原子吸收分光光度法 微波高压消解后电感耦合等离子体发射光谱法	CJ/T 221	
13		总铜	火焰原子吸收分光光度法	HJ 491

			常压消解后火焰原子吸收分光光度法 常压消解后电感耦合等离子体发射光谱法 微波高压消解后原子吸收分光光度法 微波高压消解后电感耦合等离子体发射光谱法	CJ/T 221	
14		总汞	催化热解-冷原子吸收分光光度法 常压消解后原子荧光法	HJ 923 CJ/T 221	
15		总砷	常压消解后原子荧光法 常压消解后电感耦合等离子体发射光谱法 微波高压消解后电感耦合等离子体发射光谱法	CJ/T 221	
16		总硼	常压消解后电感耦合等离子体发射光谱法 微波高压消解后电感耦合等离子体发射光谱法	CJ/T 221	
17		矿物油	红外分光光度法 紫外分光光度法	CJ/T 221	
18		挥发酚	4-氨基安替比林分光光度法 蒸馏后 4-氨基安替比林分光光度法	HJ 998 CJ/T 221	
19		总氰化物	蒸馏后异烟酸-吡啶啉酮分光光度法 蒸馏后吡啶-巴比妥酸光度法	CJ/T 221	
20	有机污 染指标	苯并(a)芘	气相色谱-质谱法	HJ 805	
			高效液相色谱法	HJ 784	
			气相色谱-质谱法	HJ 834	
21			多氯联苯(PCB)	气相色谱法	HJ 922
22			多环芳烃(PAHs)	气相色谱-质谱法	HJ 805
				高效液相色谱法	HJ 784
23			可吸附有机卤化物 (AOX,以 Cl 计)	微库伦法	GB/T 15959
				离子色谱法	HJ/T 83
24	土地利 用附加 指标	EC 值	电导法	LY/T 1251	
				电极法	HJ 802
25			粪大肠菌群菌值	发酵法	GB 7959
26		蛔虫卵死亡率	集卵法	CJ/T 221	
27	建材利 用附加 指标	颗粒级配	筛分法	GB/T 14684	
28			密度	重量法	GB/T 14684
29			烧失量	重量法	GB/T 14506.34
30			化学成分与晶型结 构	XRF (X 射线荧光光谱分析) XRD (X 射线衍射分析)	GB/T 30905 GB/T 30904 GB/T 40407
31			土工强度指标	/	GB/T 50123

附录 D 污泥处理处置碳排放清单和核算方法

一、碳排放清单

根据污泥处理处置过程碳排放的来源不同，碳排放可分为能量源碳排放、逸散性碳排放和碳补偿。能量源碳排放是指由于污泥处理处置过程中消耗能源和化学品药剂等引起的碳排放，其中，化石燃料现场燃烧产生的排放属于直接排放，电力、热力等外购能源使用产生的排放属于间接排放。逸散性碳排放是指污泥处理处置过程中产生的逸散性 CH₄、N₂O 等温室气体，属于直接排放，同时污泥有机质的分解和转化会产生 CO₂，根据 IPCC 的指南，当不考虑工业废水来源时，这部分 CO₂ 属于生物成因，不会引发大气中 CO₂ 的净增长，属于中性碳，因此不纳入碳排放清单。碳补偿是指污泥的能源化和资源化利用，如厌氧消化产生沼气的利用、处理产物进行土地利用替代化肥等，从而降低温室气体的排放。

污泥处理处置工艺包括浓缩、脱水、厌氧消化、好氧发酵、干化、焚烧、土地利用、建材利用和填埋等。不同工艺的碳排放清单如表 D-1 所示：

表 D-1 不同工艺的碳排放清单

处理处置工艺	直接排放	间接排放	碳补偿
浓缩	CH ₄	电耗	—
脱水	—	电耗、药耗	—
厌氧消化	CH ₄	电耗、热耗	沼气发电、产热、精制天然气 沼液氮提取回收
好氧发酵	CH ₄ 、N ₂ O	电耗、油耗	—
干化	—	电耗、热耗	—
焚烧	CH ₄ 、N ₂ O 辅助燃料	电耗、药耗	—
土地利用	CH ₄ 、N ₂ O	电耗、油耗	替代化肥
建材利用	—	—	替代原料
填埋	CH ₄	电耗、油耗	—

二、核算方法

目前常见的碳排放计算方法有排放因子法（Emission-Factor Approach）和实测法（Experiment Approach）等。实测法是通过排放源的现场实测数据汇总，得到相应过程的碳排放量，只适用于小区域、有监测数据的排放源。排放因子法是 IPCC 推荐的一种碳排放估算方法，通过活动水平数据和各类排放因子乘积得到碳排放量，以 CO₂ 当量计，是目前污泥处

理处置过程碳核算主要采用的方法。

1. 生物源直接排放

(1) 浓缩

浓缩处理工艺一般不涉及生物降解，当采用重力浓缩时，由于停留时间较长会导致厌氧条件下产生 CH₄ 直接排放，采用其他浓缩方式时可不考虑。

$$CE_{CH_4 \text{ 浓缩}} = M_{\text{浓缩}} \times EF_{CH_4 \text{ 浓缩}} \times GWP_{CH_4}$$

式中， $CE_{CH_4 \text{ 浓缩}}$ ——浓缩工艺的 CH₄ 直接排放量，kgCO₂e；

$M_{\text{浓缩}}$ ——浓缩处理污泥量，tDS；

$EF_{CH_4 \text{ 浓缩}}$ ——浓缩工艺的 CH₄ 排放因子，重力浓缩可取 1.5kgCH₄/tDS；

GWP_{CH_4} ——CH₄ 的全球升温潜势值，取 28kgCO₂e/kgCH₄。

(2) 厌氧消化

厌氧消化过程中有机物降解产生沼气，经收集处理后进行余热利用、热电联产、精制天然气或者燃烧排放，仅有少量的散逸 CH₄ 排放。

$$CE_{CH_4 \text{ 厌氧}} = M_{\text{厌氧}} \times VS \times VS_R \times Y \times R_{CH_4} \times \rho_{CH_4} \times EF_{CH_4 \text{ 厌氧}} \times GWP_{CH_4}$$

式中， $CE_{CH_4 \text{ 厌氧}}$ ——厌氧消化工艺的 CH₄ 直接排放量，kgCO₂e；

$M_{\text{厌氧}}$ ——厌氧消化处理污泥量，tDS；

VS ——污泥有机质含量；

VS_R ——污泥有机质降解率；

Y ——去除单位有机质产气量，Nm³/tVS_{去除}；

R_{CH_4} ——沼气中 CH₄ 含量；

ρ_{CH_4} ——CH₄ 密度，kg/m³；

$EF_{CH_4 \text{ 厌氧}}$ ——CH₄ 散逸排放占产生量的比例，0~10%。

(3) 好氧发酵

好氧发酵过程产生少量的 CH₄ 和 N₂O 直接排放。

$$CE_{CH_4 \text{ 好氧}} = M_{\text{好氧}} \times EF_{CH_4 \text{ 好氧}} \times GWP_{CH_4}$$

$$CE_{N_2O \text{ 好氧}} = M_{\text{好氧}} \times EF_{N_2O \text{ 好氧}} \times GWP_{N_2O}$$

式中， $CE_{CH_4 \text{ 好氧}}$ ——好氧发酵工艺的 CH₄ 直接排放量，kgCO₂e；

$CE_{N_2O \text{ 好氧}}$ ——好氧发酵工艺的 N₂O 直接排放量，kgCO₂e；

$M_{\text{好氧}}$ ——好氧发酵处理污泥量，tDS；

$EF_{\text{CH}_4 \text{好氧}}$ ——污泥好氧发酵 CH_4 排放因子，0.08~20 kgCH_4/tDS ；

$EF_{\text{N}_2\text{O} \text{好氧}}$ ——污泥好氧发酵 N_2O 排放因子，0.2~1.6 $\text{kgN}_2\text{O}/\text{tDS}$ ；

$GWP_{\text{N}_2\text{O}}$ —— N_2O 的全球升温潜势值，取 265 $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{kgN}_2\text{O}$ 。

(4) 焚烧

焚烧过程中污泥中的有机物氧化产生 CH_4 和 N_2O 直接排放。

$$CE_{\text{CH}_4 \text{焚烧}} = M_{\text{焚烧}} \times EF_{\text{CH}_4 \text{焚烧}} \times 5 \div 10^3 \times GWP_{\text{CH}_4}$$

$$CE_{\text{N}_2\text{O} \text{焚烧}} = M_{\text{焚烧}} \times EF_{\text{N}_2\text{O} \text{焚烧}} \times GWP_{\text{N}_2\text{O}}$$

式中， $CE_{\text{CH}_4 \text{焚烧}}$ ——焚烧工艺的 CH_4 直接排放量， kgCO_2e ；

$CE_{\text{N}_2\text{O} \text{焚烧}}$ ——焚烧工艺的 N_2O 直接排放量， kgCO_2e ；

$M_{\text{焚烧}}$ ——焚烧处理污泥量，tDS；

$EF_{\text{CH}_4 \text{焚烧}}$ ——污泥焚烧 CH_4 排放因子，9.7 gCH_4/t ；

$EF_{\text{N}_2\text{O} \text{焚烧}}$ ——污泥焚烧 N_2O 排放因子，0.99 $\text{kgN}_2\text{O}/\text{tDS}$ 。

(5) 土地利用

土地利用过程中，污泥中的有机物释放 CH_4 直接排放，污泥中的氮元素通过直接排放、大气沉降、淋溶或径流损失等途径产生 N_2O 直接排放。

$$CE_{\text{CH}_4 \text{土地}} = M_{\text{土地}} \times EF_{\text{CH}_4 \text{土地}} \times GWP_{\text{CH}_4}$$

式中， $CE_{\text{CH}_4 \text{土地}}$ ——土地利用的 CH_4 直接排放量， kgCO_2e ；

$M_{\text{土地}}$ ——土地利用的污泥量，tDS；

$EF_{\text{CH}_4 \text{土地}}$ ——污泥土地利用 CH_4 排放因子，未经稳定化处理的污泥取 4.1 kgCH_4/tDS ，厌氧消化污泥取 1.1 kgCH_4/tDS ，好氧发酵污泥取 0.6 kgCH_4/tDS 。

$$CE_{\text{N}_2\text{O} \text{土地}} = \left[M_{\text{土地}} \times N \times EF_{\text{N}_2\text{O} \text{直接}} + M_{\text{土地}} \times N \times F_{\text{挥发}} \times EF_{\text{N}_2\text{O} \text{挥发}} \right. \\ \left. + M_{\text{土地}} \times N \times F_{\text{淋溶}} \times EF_{\text{N}_2\text{O} \text{淋溶}} \right] \times \frac{44}{28} \times GWP_{\text{N}_2\text{O}}$$

式中， $CE_{\text{N}_2\text{O} \text{土地}}$ ——土地利用的 N_2O 直接排放量， kgCO_2e ；

N ——污泥中的氮含量， kgN/tDS ；

$F_{\text{挥发}}$ ——以 NH_3 和 NO_x 形式挥发的氮的比例；

$F_{\text{淋溶}}$ ——通过淋溶/径流的氮损失比例；

$EF_{N_2O直接}$ ——土地利用直接 N_2O 排放因子，0.001~0.018kg N_2O -N/kgN；

$EF_{N_2O挥发}$ ——挥发/再沉降 N_2O 排放因子，0.002~0.018kg N_2O -N/kgN；

$EF_{N_2O淋溶}$ ——淋溶/径流 N_2O 排放因子，0.000~0.020 kg N_2O -N/kgN。

(6) 填埋

填埋的污泥中有机物降解产生大量的无组织排放 CH_4 形成直接排放。

$$CE_{CH_4 填埋} = M_{填埋} \times 10^3 \times DOC \times DOC_f \times MCF \times F \times \frac{16}{12} \times (1 - R) \times (1 - OX) \times GWP_{CH_4}$$

式中， $CE_{CH_4 填埋}$ ——填埋的 CH_4 直接排放量，kg CO_2e ；

$M_{填埋}$ ——填埋的污泥量，tDS；

DOC ——可降解有机碳的含量，可取 0.5 kgC/kgDS；

DOC_f ——实际分解的可降解有机碳的比例，缺省值为 0.5；

MCF ——甲烷修正因子；

F ——产生的填埋气中 CH_4 的比例；

R —— CH_4 回收比例；

OX ——氧化因子。

2. 能量源直接排放

能量源直接排放主要来源于污泥焚烧添加辅助燃料燃烧等环节。

$$CE_{CO_2 燃料} = \sum_{i=1}^n M_{Fi} \times EF_{Fi}$$

式中， $CE_{CO_2 燃料}$ ——现场燃料燃烧产生的 CO_2 直接排放量，kg CO_2e ；

i ——燃料种类；

M_{Fi} ——第 i 种燃料的使用量，kg 或者 GJ；

EF_{Fi} ——第 i 种燃料的排放因子，t CO_2 /t 或者 t CO_2 /TJ，可查阅《建筑碳排放计算标准》（GB/T 51366-2019）和《中国产品全生命周期温室气体排放系数集》（2022）。

3. 间接排放

间接排放主要来源于设备运行消耗的电能和热能，以及投加药剂等环节。

(1) 能耗

$$CE_{CO_2 能耗} = Q_E \times EF_E + Q_H \times EF_H$$

式中， $CE_{CO_2 电耗}$ ——电耗产生的间接排放量，kg CO_2e ；

Q_E ——电耗, kWh;

Q_H ——热耗, MJ;

EF_E ——电力排放因子, $\text{kgCO}_2\text{e/kWh}$, 采用由国家相关机构公布的区域电网平均碳排放因子。

EF_H ——热力排放因子, $\text{kgCO}_2\text{e/MJ}$, 上海取 $0.06\text{kgCO}_2\text{e/MJ}$, 其他地区可取 $0.11\text{kgCO}_2\text{e/MJ}$ 。

(2) 药剂

$$CE_{CO_2 \text{ 药剂}} = \sum_{j=1}^n M_{Aj} \times EF_{Aj}$$

式中, $CE_{CO_2 \text{ 药剂}}$ ——药剂产生的间接排放量, kgCO_2e ;

j ——药剂种类;

M_{Aj} ——第 j 种药剂的使用量, kg ;

EF_{Aj} ——第 j 种药剂的排放因子, $\text{kgCO}_2\text{e/kg}$, 可查阅《污水处理厂低碳运行评价技术规范》(T/CAEPI 49-2022)、《建筑碳排放计算标准》(GB/T 51366-2019)和《中国产品全生命周期温室气体排放系数集》(2022)等。

4. 碳补偿

碳补偿主要存在于厌氧消化、土地利用、建材利用等处理处置工艺。

厌氧消化的碳补偿主要包括沼气锅炉利用、沼气发电、精制天然气等环节, 以及沼液通过热提取脱氨提取碳酸氢铵用作肥料等, 需要注意的是, 计算碳补偿时应避免重复计算, 如沼气发电用于厂内时, 间接排放和碳补偿均不应计算发电自用的部分, 仅计算外源电耗和发电外输部分。

土地利用的碳补偿主要为替代化肥减少的碳排放, 应根据污泥中氮/磷/钾的含量、可生物利用比例和相应化肥的排放因子计算得到。

建材利用的碳补偿主要为替代原料减少的碳排放, 应根据污泥或者灰渣掺加量、所替代原料的排放因子计算得到。

碳补偿核算方法参照“2 能量源直接排放”和“3 间接排放”。

参考资料

1. 《污泥无害化处理和资源化利用实施方案》发改环资〔2022〕453号
2. 《减污降碳协同增效实施方案》环综合〔2022〕42号
3. 《“十四五”城镇污水处理及资源化利用发展规划》发改环资〔2021〕827号
4. 《城镇生活污水处理设施补短板强弱项实施方案》发改环资〔2020〕1234号
5. 《城镇污水处理厂污泥处理处置技术指南（试行）》建科〔2011〕34号
6. 《城镇污水处理厂污泥处理处置污染防治最佳可行技术指南（试行）》HJ-BAT-002
7. 《城镇污水处理厂污泥处理处置及污染防治技术政策（试行）》建城〔2009〕23号
8. 《生活垃圾焚烧污染控制标准》GB 18485
9. 《城镇污水处理厂污染物排放标准》GB 18918
10. 《城镇污水处理厂污泥处置 分类》GB/T 23484
11. 《城镇污水处理厂污泥处置 混合填埋用泥质》GB/T 23485
12. 《城镇污水处理厂污泥处置 园林绿化用泥质》GB/T 23486
13. 《城镇污水处理厂污泥泥质》GB 24188
14. 《城镇污水处理厂污泥处置 土地改良用泥质》GB 24600
15. 《室外排水设计规范》GB 50014-2021
16. 《城市排水工程规划规范》GB 50318
17. 《城镇给水排水技术规范》GB 50788
18. 《城市环境卫生设施设置标准》CJJ 27
19. 《城镇污水处理厂污泥处理处置技术规程》CJJ 131
20. 《城镇污水处理厂污泥处置 制砖用泥质》CJ/T 289
21. 《城镇污水处理厂污泥处置 农用泥质》CJ/T 309
22. 《污水排入城市下水道水质标准》CJ 3082
23. 《城镇污水处理厂污泥好氧发酵技术规程》T/CECS 536
24. 《城镇污水处理厂污泥厌氧消化技术规程》T/CECS 496
25. 40 CFR Part 503: Standards for the use or disposal of sewage sludge.
26. EPA-625/R-95/001 Process design manual - Land application of sewage sludge and domestic septage.