

《滨海中重度盐碱地土壤剖面立体控盐降盐技术规程》编制说明

一、工作简况

（一）任务来源

为贯彻落实国家“藏粮于地、藏粮于技”战略及耕地保护与质量提升行动计划，挖掘盐碱地潜在耕地资源、保障国家粮食安全，中国土壤学会根据行业技术需求，将《滨海中重度盐碱地土壤剖面立体控盐降盐技术规程》纳入团体标准制修订计划。本标准由中国科学院南京土壤研究所提出并牵头组织制订，旨在规范滨海中重度盐碱地治理技术流程，填补我国该领域立体化控盐降盐技术标准的空白。

（二）协作单位

本标准起草单位涵盖科研机构、高等院校及生产实践单位，形成“科研教学-产业”协同编制模式，具体包括：

1. 中国科学院南京土壤研究所（牵头单位，负责技术框架设计、核心指标论证）；
2. 滁州学院（负责配套农艺技术章节编制、耐盐植物应用验证）；
3. 山东河谷舜田土地发展有限公司、东营河谷舜田水土改良创新发展有限公司（负责北方滨海盐碱地试点试验、工程参数优化、暗管排盐工程实践、经济效益分析）；
4. 苏州大学（负责规范性引用文件梳理、术语定义）

（三）主要工作过程

1. **前期调研阶段（2024年4月-9月）** 起草组赴山东庆云、江苏盐城、河北沧州等滨海中重度盐碱地集中区域，开展为期6个月的实地调研，梳理现有治理技术痛点（如单一措施控盐效果差、工程参数不统一等）。
2. **草案编制阶段（2024年10月-12月）** 基于调研结果，结合“盐随水来、盐随水去”的水盐运动规律，确定“上覆-中阻-下排”立体控盐技术体系框架，完成标准草案初稿。初稿涵盖术语定义、基本原则、本底调查、工程技术、农艺配套、监测评价等核心章节，并同步编制附录A（耐盐植物名录）、附录B（盐分分级）、附录C（碱化分级）、附录D（暗管排盐工程参考说明）。
3. **内部评审与修改阶段（2025年3月-4月）** 邀请土壤学、农业水利工程、生态学领域7名专家对草案进行内部评审，针对“暗管埋深参数”、“隔层材料选择”和“监测频次”等问题提出12条修改建议。起草组逐一落实，如将吸水

管理深范围明确为“1.0m~1.5m”（适配滨海地下水位特点），补充“生化隔层材料与土壤混合比例”等细节，形成草案修订稿。

4. **征求意见稿形成阶段（2025年12月）** 修订稿经起草单位交叉审核后，报中国土壤学会标准化工作委员会备案，最终形成《滨海中重度盐碱地土壤剖面立体控盐降盐技术规程（征求意见稿）》，进入行业公开征求意见阶段。

（四）起草组成员及主要工作

姓名	单位	职称/职务	主要工作
姚荣江	中国科学院南京土壤研究所	研究员	牵头标准框架设计，负责第4章（基本原则）编制
张新	中国科学院南京土壤研究所	副研究员	牵头标准框架设计，负责第6章（立体控盐工程技术）编制
朱伟	中国科学院南京土壤研究所/滁州学院	副教授	负责第1、2、7章及附录A、B、C编制，开展耐盐作物验证试验
刘阳	山东河谷舜田土地发展有限公司	高级工程师	负责第5章（本底调查与方案设计）工程参数优化及附录D、F编制，提供北方试点数据
于利涛	东营河谷舜田水土改良创新发展有限公司	高级工程师	负责第8章（监测与评价）经济效益分析及附录E编制，验证暗管排盐工程效果
蒋锐	苏州大学	教授	负责规范性引用文件梳理、术语定义（第3章）编制

二、标准编制原则和确定标准主要内容的论据

（一）标准编制原则

本标准严格遵循以下4项核心原则，确保技术科学性、实用性与可持续性：

- 系统性原则：**紧扣“盐随水来、盐随水去”规律，整合水利工程（暗管排盐）、农业措施（地表覆盖）、生物技术（耐盐绿肥），实现水盐运动系统调控（对应标准第4.1条）；
- 立体调控原则：**针对土壤表层、中层、深层不同剖面，设计“上覆抑盐、中阻

返盐、下排脱盐”协同技术，构建立体化控盐体系（对应标准第 4.2 条）；

3. **因地制宜原则：**考虑滨海地区气候（如降水、蒸发）、水文地质（如地下水位埋深）、土壤盐分构成（如 Cl^- 、 Na^+ 占比）、种植作物特性（如作物正常生长根系深度、作物耐盐阈值）差异，允许技术参数灵活调整（对应标准第 4.3 条）；
4. **生态可持续原则：**优先选用可降解地膜、腐熟有机肥等环境友好材料，避免二次污染，注重土壤质量长期提升（对应标准第 4.4 条）。

（二）标准主要内容的论据

本标准核心技术内容及参数均基于科学试验、田间验证及现有标准衔接，具体论据如下：

1. 适用范围（第 1 章）

- **论据：**我国滨海中重度盐碱地主要分布于渤海、黄海沿岸，土壤含盐量多为 4~6g/kg（极重度 $> 6\text{g/kg}$ ）、 $\text{pH}>8$ （附录 B、C），且受海水浸渍影响显著（术语 3.1）。本标准针对该类土壤的治理需求，参考“自然资源部办公厅关于开展全国耕地后备资源调查评价工作的通知”（自然资办发〔2021〕47 号），明确适用范围为“滨海地区中重度盐碱耕地及后备资源”，覆盖我国主要滨海盐碱区。

2. 术语和定义（第 3 章）

- **“土壤剖面立体控盐降盐”（3.2）：**依据“分层调控”技术内涵，结合国内学者对盐碱地立体化治理的研究（如“表层-中层-深层协同控盐”理论），明确其核心是“上覆、中阻、下排”协同作用；
- **“暗管排盐”（3.3）：**参考 SL/T 4—2020《农田排水工程技术规范》中地下排水技术定义，突出“透水孔管道”和“排除高矿化度地下水”的技术特征；
- **“土壤剖面隔层”（3.4）：**基于毛管水上升理论，明确隔层功能是“阻断底层盐分向表层迁移”，材料分为物理型（透水性）和生化型（化学吸附）两类。

3. 本底调查（第 5.1 条）

- **水文地质调查（5.1.1）：**监测“地下水位埋深、季节性变化、矿化度、侧渗情况及流向”，因滨海盐碱地盐分来源与地下水密切相关（矿化度多 $> 10\text{g/L}$ ）矿化度高的地区需加密管网，快速排盐并实施防渗措施，需以此确定暗管埋深、管网密度（如水位高则需增加埋深与管网密度），暗管管径（如滨海盐碱地重点考虑降水集中、高盐淋洗需求时期设计排水流量以确定暗管管径），流向（如与地下水流向垂直或呈较大夹角）。监测“地表水径流量、流向、水位、矿化度及季节性变化”，通过水资源平衡分析确定治理区域土壤淋洗条

件，统筹规划区域水资源调配方案；

- **气象调查（5.1.2）**：调查“降水量、蒸发量与气温数据”，用以优化调整排水模数、暗管埋深与间距，规避冻胀破坏，适配区域气候；
- **土壤分层采样（5.1.3）**：采用“0-20cm、20-40cm、40-60cm、60-100cm”分层，依据 HJ/T 166《土壤环境监测技术规范》中“盐碱地采样需覆盖根系层及盐分积累层”的要求，确保全面掌握盐分垂直分布；
- **植被与土地利用现状调查（5.1.4）**：调查“作物种植结构与灌溉制度”，结合气象与地表径流条件，分析区域内可供水量与需水量情况，作为暗管排盐工程可实施性判断依据或统筹调配水资源的基础；
- **基础设施调查（5.1.5）**：调查“农田水利设施完整性与可用性、灌排布局、灌溉来水量、沟渠水位变化”，确定区域灌溉来水稳定性及下游排水流路的畅通性，避免暗管出水无法排出治理区域。调查“项目区道路分布与特征、电路分布、电缆等地下工程线路分布”，规划设备转场、材料运输便道，避免暗管与地下工程产生冲突，降低变更与返工成本，防范触电、管线泄露等安全事故。

4. 立体控盐降盐工程技术（第 6 章）

- **“上覆”技术（6.1）**：
 - 秸秆覆盖量“3000~6000kg/hm²”：基于山东庆云试点数据，该用量可使表层土壤蒸发量降低 25%~35%，抑盐效果达 30%以上；
 - 耐盐绿肥选择“田菁、苜蓿”：参考附录 A（资料性附录），此类植物耐盐阈值达 4~6g/kg（盛花期翻压可提升土壤有机质 0.1~0.2 个百分点）；
- **“中阻”技术（6.2）**：
 - 隔层深度“30~40cm”：依据毛管水上升高度试验，滨海壤质土毛管水强烈上升高度多为 25~35cm，隔层设于其底部可有效阻断返盐；
 - 隔层厚度“5~15cm（物理）、15~20cm（生化）”：砂质土物理隔层 5cm 即可满足阻盐需求，壤质土需 10~15cm，生化隔层因需与土壤混合，厚度需增加至 15~20cm；
- **“下排”技术（6.3）**：
 - 吸水管埋深“1.0~1.5m”：江苏盐城试点显示，该埋深可使地下水位控制在临界深度（1.2m）以下，脱盐率达 40%；
 - 吸水管间距“15~30m”：依据土壤质地差异，砂质土渗透快，间距可放宽至 30m，黏质土渗透慢，间距需缩小至 15m；

- 管材与外包料：选用 PVC/PE 管（耐腐蚀性强）、土工布配砂砾（防淤堵），符合 GB/T 19647-2005《农田排水用塑料单壁波纹管》行业标准。

5. 配套农艺管理（第 7 章）

- **节水灌溉（7.1）**：优先滴灌、微喷灌，因该方式可精准控制水量（“少量多次”），避免大水漫灌导致的深层盐分上移，灌溉水矿化度“ $\leq 2\text{g/L}$ ”参考《农田灌溉水质标准》；
- **耐盐作物（7.2）**：初期选择向日葵、棉花（耐盐阈值 $6\sim 8\text{g/kg}$ ），依据山东试点产量数据，此类作物在重度盐碱地（ $4\sim 6\text{g/kg}$ ）亩产可达 $200\sim 300\text{kg}$ ；
- **有机肥施用（7.3）**：施用量“ $\geq 30000\text{kg/hm}^2$ ”，基于土壤培肥试验，该用量可使土壤容重降低 $10\%\sim 15\%$ ，提升土壤保水保肥能力，配合石膏（调理碱性土壤）符合 NY/T 3034—2016《土壤调理剂通用要求》。

6. 监测与评价（第 8 章）

- **监测指标（8.1.1）**：土壤含盐量、地下水矿化度、作物产量为核心指标，依据 NY/T 395《农田土壤环境质量监测技术规范》，治理前、中、后及每年季后监测，确保动态掌握控盐效果；暗管出水量与水质，依据 TD/T1043.2-2013《暗管改良盐碱地技术规程第 2 部分：规划设计与施工》每年进行监测。
- **评价维度（8.2）**：技术效果（脱盐率）、经济效益（投入产出比）、生态效益（生物多样性），参考 HJ 964-2018《环境影响评价技术导则 土壤环境》中“生态影响”要求。

（三）新旧标准水平对比

本标准为**首次发布**，无对应的旧标准。与国内现有相关标准（如 DB 3207/T1056-2024《盐碱地改良技术规程》和 SL/T 4-2024《农田暗管排水工程技术规范》等）相比，本标准的创新点在于：

1. 首次提出“土壤剖面立体控盐”技术体系，突破传统单一表层抑盐或深层排盐的局限；
2. 针对“滨海中重度盐碱地”细分场景，明确差异化技术参数（如暗管埋深、隔层材料），实用性更强；
3. 整合工程技术与农艺措施，形成“治理-监测-评价”全流程规范，填补该领域立体化技术标准空白。

三、主要试验（或验证）的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效果

（一）主要试验（验证）分析

起草组在山东庆云（渤海湾沿岸，重度盐碱地，初始含盐量 5.2~6.1g/kg，pH 9.2~9.5）、江苏盐城（黄海沿岸，中度盐碱地，初始含盐量 3.8~4.5g/kg，pH 8.7~9.0）设置 2 个核心试点，开展为期 2 年的技术验证试验，结果如下：

1. 立体控盐技术效果验证

技术组合	试点区域	治理后 6 个月土壤含盐量 (g/kg)	脱盐率	作物出苗率	亩产 (kg)
单一暗管排盐	山东庆云	3.5~4.2	28%~31%	65%~70%	180~200 (向日葵)
暗管+秸秆覆盖	山东庆云	2.8~3.3	39%~44%	78%~82%	220~240 (向日葵)
立体控盐 (暗管+隔层+秸秆)	山东庆云	1.9~2.5	55%~62%	88%~92%	280~300 (向日葵)
立体控盐 (暗管+隔层+绿肥)	江苏盐城	1.5~2.0	47%~56%	90%~95%	450~500 (玉米)

结论：“上覆-中阻-下排”立体控盐技术的脱盐率较单一措施提升 20%~30%，作物出苗率及产量提升 15%~25%，技术效果显著。

2. 关键参数优化试验

- **暗管埋深：**在山东庆云试点设置 0.8m、1.0m、1.2m、1.5m 四个梯度，结果显示 1.2m 埋深时地下水位控制在 1.0m 以下（临界深度），脱盐率达 52%，综合效益最优；
- **隔层材料：**对比粗砂、碎秸秆、腐熟有机肥三种材料，腐熟有机肥隔层（15cm）可使土壤有机质提 0.23 个百分点，阻盐效果较粗砂隔层高 12%，且长期培肥效果更优；

- **灌溉制度：**“生育期滴灌（每次 30m³/亩，间隔 7 天）+非生育期冬灌（120m³/亩）”的组合，较传统漫灌节水 40%，脱盐率提升 18%。

（二）技术经济论证

以山东庆云 100hm²（1500 亩）重度盐碱地治理为例，进行技术经济分析：

1. 投入成本

成本项目	金额（万元）	备注
暗管排盐工程	150	吸水管+集水管+施工，每亩 1000 元
隔层构建	60	腐熟有机肥（15cm），每亩 400 元
地表覆盖（秸秆）	30	每亩 200 元（3000kg/hm ² ）
节水灌溉设备	120	滴灌系统，每亩 800 元（可使用 5 年，年均 300 元）
有机肥与调理剂	45	每亩 300 元（30000kg/hm ² ）
监测与管理	15	每亩 100 元（2 年）
合计（2 年）	420	

2. 产出效益

- **粮食产量：**治理前亩产几乎为 0，治理后第 1 年向日葵亩产 140kg（单价 3 元/kg），第 2 年玉米亩产 200kg（单价 2.8 元/kg），2 年总产收益为：1500 亩×（140×3 + 200×2.8）= 1500×980=147 万元；
- **土地增值：**治理后土壤转为中轻度盐碱地，土地流转价格从每亩 50 元提升至 500 元，2 年土地收益为 1500 亩×（500-50）×2=135 万元；
- **总产出：**2 年合计 282 万元（后续年份收益将持续提升，因土壤质量逐年改善）。

3. 投入产出比

- 2 年投入产出比为 1:0.67，预计 3 年投入产出比最低可达 1:1.03，长期经济效益显著。

（三）预期经济效果

我国滨海中重度盐碱地面积约 133 万 hm^2 （2000 万亩），若本标准技术体系推广应用率达 30%（40 万 hm^2 ），预期可实现：

1. **新增耕地资源：**40 万 hm^2 盐碱地经治理后，80%可转为耕地，新增耕地 32 万 hm^2 （480 万亩）；
2. **粮食产能提升：**按每亩年均产粮 400kg 计算，每年可新增粮食产能 192 万吨，助力国家粮食安全；
3. **农民收入增加：**每亩年均增收 1500 元（粮食收益+土地流转），40 万 hm^2 （600 万亩）可带动农民年增收 90 亿元；
4. **生态效益间接经济价值：**土壤有机质提升、生物多样性增加，可减少化肥农药使用量，年均节约农业投入约 12 亿元。

四、标准涉及的相关知识产权说明

经起草组核查及各参编单位确认，本标准涉及的核心技术及方法知识产权情况如下：

1. **公开技术：**“上覆（秸秆覆盖、地膜覆盖）”、“中阻（粗砂隔层）”和“下排（暗管排盐）”等基础技术为行业公开通用技术，无知识产权归属问题；
2. **未涉及的知识产权：**本标准不包含任何未公开的技术秘密，不涉及国际专利、商标等其他知识产权。

综上，本标准实施过程中无知识产权纠纷风险。

五、采用国际标准的程度与水平的简要说明，与现行有关法律法规和强制性标准的关系

（一）采用国际标准的程度

国际上暂无针对“滨海中重度盐碱地土壤剖面立体控盐降盐”的专项标准，相关技术分散于《土壤质量 电导性比率的测定》（ISO 11269-1994）、《地下水》（ISO/TC 113/SC 8）等文件中。本标准在制定过程中：

1. **参考国际标准核心指标：**土壤盐分测定方法参考 ISO 11269-1994（土壤采样与样品制备），地下水位监测参考 ISO/TC 113/SC 8 中“地下水位监测”计算方法；
2. **未直接采用国际标准：**因国际标准多针对温带内陆盐碱地，与我国滨海地区“高地下水位、高矿化度、受海水浸渍”的特点不符，故本标准技术参数（如暗管埋深、隔层深度）均基于我国滨海地区实际试验确定，更具针对性。

综上，本标准为**非等效采用国际相关标准**，技术水平达到国内领先、国际先进（针对滨海盐碱地细分领域）。

（二）与现行法律法规和强制性标准的关系

本标准严格遵循国家现行法律法规及强制性标准，无冲突且为补充细化关系，具体如下：

类别	法律法规/强制性标准	关系说明
法律法规	《中华人民共和国土地管理法》（2020 修订）	符合“适宜开发为农用地的，应当优先开发成农用地”的要求
强制性标准	GB 15618—2018《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》	土壤 pH 控制目标不低于该标准中“耕地土壤环境质量要求”
强制性标准	GB/T 17296—2009《中国土壤分类与代码》	土壤类型划分参考该标准，确保术语统一
行业标准	HJ 964-2018《环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）》	土壤含盐量应维持再盐渍化风险管控范围，土壤环境影响评价符合该标准“生态影响型”要求（6.2.1）
行业标准	NY/T 395-2025《农田土壤环境质量监测技术规范》	采样和监测方法完全采用该标准，确保数据准确性

综上，本标准是对现行法律法规及强制性标准在“滨海中重度盐碱地治理”领域的细化与落地，形成“顶层法规-通用标准-专项规程”的完整技术支撑体系。

六、重大意见分歧的处理经过和依据

本标准在草案编制及内部评审阶段，未出现重大意见分歧，仅存在局部技术细节讨论，处理情况如下：

（一）关于“暗管外包料选择”的讨论

1. **分歧点：**部分专家建议“优先选用土工布”（透水性好、成本低），另一部

分专家建议“优先选用级配砂砾料”（防淤堵效果持久，适合黏质土壤）；

2. **处理依据：**起草组在山东庆云（黏质土）、江苏盐城（砂质土）开展对比试验，结果显示：土工布在砂质土中防淤堵效果与级配砂砾料无显著差异（淤堵率均 $< 5\%$ ），但成本低 30% ；级配砂砾料在黏质土中淤堵率（ 8% ）低于土工布（ 15% ）。
3. **处理结果：**标准 6.3.4 条明确“管道周围应包裹透水性好、滤阻性强的外包料，如棕皮、土工布或级配砂砾料”，允许根据土壤质地灵活选择，兼顾不同场景需求。

（二）关于“隔层厚度参数”的讨论

1. **分歧点：**部分成员认为“物理隔层厚度应统一为 10cm ”（便于施工），另一部分成员认为“应按土壤质地差异化设定”（确保阻盐效果）；
2. **处理依据：**毛管水上升试验显示，砂质土毛管水上升高度约 25cm ， 5cm 粗砂隔层即可阻断返盐；壤质土毛管水上升高度约 35cm ，需 15cm 粗砂隔层才能有效阻盐。
3. **处理结果：**标准 6.2.2.1 条规定“物理隔层材料厚度宜为 $5\text{cm}\sim 15\text{cm}$ ”，并在条文说明中补充“砂质土可取下限，壤质土可取上限”，兼顾施工便利性与技术有效性。

（三）关于“人工合成外包滤料筛选试验参数”的讨论

1. **分歧点：**TD/T1043.2-2013 认为适宜的人工合成外包滤料应符合 $O_{90}/d_{85} \approx 4$ ，GB/T 50290-2014《土工合成材料应用技术规范》则写明 $O_{95} \leq Bd_{85}$ ，经江苏东台土壤粒径分析，对照表 4.2.2 可得 B 值为 1。
2. **处理依据：**TD/T1043.2-2013 为土地管理行业标准，专为盐碱地暗管排盐设计，强调透水性、抗淤堵性和保土性，已被 DB15/T 4133-2025《盐碱耕地改土培肥抑盐合理利用技术规程》、DB15/T 2567-2022《中重度盐碱地暗管排水排盐及配套改良措施技术规程》等暗管排盐规程引用，GB/T 50290-2014 适用范围广，不仅限于暗管排盐领域，针对性弱。
3. **处理结果：**标准附录 D 暗管排盐工程参考说明 4 规定“暗管外包滤料的人工合成外包滤料，可先按下列公式进行初步选择， $O_{90}/d_{85} \approx 4$ ”，并在条文中补充“再通过试验确定”，兼顾理论与实际相结合的原则。

目前，本标准已进入公开征求意见阶段，起草组将及时收集行业反馈意见，对重大分歧按“试验数据支撑、专家论证、协商一致”的原则处理。

七、其他应予说明的事项

（一）附录的设置说明

本标准设置 6 个附录，其中附录 A（耐盐植物名录）、附录 B（土壤盐分分级）、附录 C（土壤碱化分级）为**资料性附录**，附录 D（暗管排盐工程参考说明）为**规范性附录**：

1. 资料性附录：为用户提供实用参考，如附录 A 列出 20 种滨海耐盐植物（含耐盐阈值、适宜区域），附录 B、C 明确盐分/碱化分级指标，便于治理目标设定；
2. 规范性附录：附录 D 提供暗管“吸水管-集水管”二级布局图、管道连接节点详图，确保工程设计标准化，避免因设计不规范导致的控盐效果不佳。

（二）标准实施建议

1. **试点推广**：建议优先在山东、江苏、河北等滨海盐碱地集中区域开展试点，总结本地化经验后逐步向全国推广；
2. **培训宣贯**：建议中国土壤学会组织编制《标准实施指南》，并开展面向地方农业部门、治理企业的技术培训，重点解读“立体控盐参数选择”和“监测方法”等关键内容；
3. **后续修订**：建议标准实施后每 3 年开展一次技术评估，根据滨海盐碱地治理技术发展（如新型隔层材料、智能灌溉控盐技术）及实践反馈，适时修订标准内容，确保时效性与先进性。

（三）特殊说明

本标准针对“中重度盐碱地”（土壤含盐量 2~6g/kg 及以上，pH 7~10.0），轻度盐碱地（含盐量 1~2g/kg，pH 7~8.5）可参考本标准简化实施（如省略“中阻”隔层构建，仅采用“上覆+下排”）；对于极重度盐碱地（含盐量>6g/kg，pH>10.0），需在本标准基础上增加“化学改良预处理”（如施用石膏、硫磺），建议结合地方实际补充技术方案。