

ICS 13.080.01

CCS B11

T/SSSC

中国土壤学会团体标准

T/SSSC 041—2026

滨海中重度盐碱地土壤立体控盐降盐技术规程

Code of Three-dimensional Salt Regulation and Desalination of Moderate and
Severe Coastal Saline-Alkali Soil

2026-09-23 发布

2026-09-23 实施

中国土壤学会 发布

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 基本原则	3
5 本底调查与方案设计	4
6 立体控盐降盐工程技术	5
7 配套农艺管理技术	6
8 监测与评价	6
附录 A （资料性附录） 滨海盐碱地主要耐盐植物名录	8
附录 B （资料性附录） 土壤盐分分级指标	9
附录 C （资料性附录） 土壤碱化分级标准	10
附录 D （规范性附录） 暗管排盐工程参考说明	11
附录 E （规范性附录） 滨海中重度盐碱地土壤剖面立体控盐降盐技术监测指标	13
附录 F （资料性附录） 暗管布置方式图	14
附录 G （规范性附录） 滨海中重度盐碱地土壤立体控盐降盐工作流程	15

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国科学院南京土壤研究所提出，由中国土壤学会归口。

本文件起草单位：中国科学院南京土壤研究所、滁州学院、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、苏州大学。

本文件主要起草人：张新、朱伟、姚荣江、于利涛、刘阳、蒋锐。

滨海中重度盐碱地土壤立体控盐降盐技术规程

1 范围

本文件确立了滨海中重度盐碱地土壤立体控盐降盐的程序，包括以下内容：

- a) 术语和定义；
- b) 基本原则；
- c) 本底调查与方案设计；
- d) 立体控盐降盐工程技术；
- e) 配套农艺管理技术；
- f) 监测与评价。

本文件适用于我国滨海地区中重度盐碱地及后备资源的治理与改良。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 15618 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)

GB/T 17296 中国土壤分类与代码

GB/T 19647-2005 农田排水用塑料单壁波纹管

GB/T 32740-2016 自然生态系统土壤长期定位监测指南

GB 50288-2018 灌溉与排水工程设计标准

GB/T 50290-2014 土工合成材料应用技术规范

GB/T 51040-2023 地下水监测工程技术标准

HJ 964-2018 环境影响评价技术导则 土壤环境

HJ/T 166 土壤环境监测技术规范

LY/T 1246-1999 森林土壤交换性钾和钠的测定

NY/T 39 农田土壤环境监测技术规范

NY/T 889-2004 土壤速效钾和缓效钾含量的测定

NY/T 1121.2-2006 土壤检测 第 2 部分：土壤 pH 的测定

NY/T 1121.4-2006 土壤检测 第 4 部分 土壤容重的测定

NY/T 1121.7-2014 土壤检测 第 7 部分：土壤有效磷的测定

NY/T 1121.16-2006 土壤检测 第 16 部分：土壤水溶性盐总量的测定

NY/T 1121.24-2012 土壤检测 第 24 部分：土壤全氮的测定自动定氮仪法

NY/T 3242-2018 土壤水溶性钙和水溶性镁的测定

TD/T 1043.1-2013 暗管改良盐碱地技术规程第 1 部分：土壤调查

TD/T 1043.2-2013 暗管改良盐碱地技术规程第 2 部分：规划设计与施工

T/TBD 007-2023 农田土壤微生物多样性检测技术规范

SL 79-1994 矿化度的测定（重量法）

《全国土壤污染状况评价技术规定》（环发[2008]39 号）

《污染地块土壤环境管理办法（试行）》

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

滨海盐碱地 **coastal saline-alkali land**

是指分布于沿海地区，主要受海水浸渍或海潮侵袭，地下水位高、矿化度大的，土壤表层积聚过量可溶性盐分（ $\geq 1 \text{ g/kg}$ ）的土地。

3.2

土壤立体控盐降盐 three-dimensional salt-regulation and desalination

是指通过综合应用“上覆”（表层抑盐）、“中阻”（隔层阻盐）、“下排”（深层排盐）等协同作用于土壤不同剖面的技术措施，实现对土壤盐分的立体化、系统性调控与去除的技术体系。

3.3

暗管排盐 hidden pipe salt discharge

是指在地下适宜深度（1.0 m~1.5 m）埋设带有透水孔的管道，通过管道汇集并排除土壤中高矿化度地下水和上层土壤淋洗液，从而降低地下水位和土壤盐分的技术。

3.4

土壤隔层 soil interlayer

是指在土壤剖面中特定深度铺设的、由良好透水性多孔多层材料构成的隔离层，用于阻断或减弱底层盐分随毛管水向表层迁移。

4 基本原则

4.1 系统性原则

应遵循“盐随水来，盐随水去”的规律，将水利工程、农业措施和生物技术相结合，对区域水盐运动进行系统调控。

4.2 立体调控原则

应采用多层次、完整剖面的综合治理模式，构建从地下到地表的立体控盐降盐体系。

4.3 因地制宜原则

应根据治理区的气候、水文地质、土壤盐分构成及经济条件，根据盐碱成因、盐碱组成及含量、全面评估土壤的物理、化学及种植作物特性选择适宜的技术组合与参数，制定个性化治理方案。

4.4 生态可持续原则

应优先采用环境友好的材料和生物技术，避免二次污染，注重改善生态环境，实现土地的可持续利用。

5 本底调查与方案设计

5.1 本底调查

- 5.1.1 水文地质调查：查明地表水径流量、流向、水位、矿化度及季节性变化；地下水位埋深、季节性变化、矿化度、侧渗情况及流向。
- 5.1.2 气象调查：收集项目区降水量、蒸发量与气温数据。
- 5.1.3 土壤调查：调查项目区土体构型、不透水层深度与厚度；采用网格法或蛇形法布点，分层（如 0~20 cm，20~40 cm，40~60 cm，60~100 cm）采集土壤样品，测定土壤含盐量、pH 值、土壤粒径分布、离子组成、土壤质地、有机质含量、渗透系数、土壤容重等。
- 5.1.4 植被与土地利用现状调查：调查项目区作物种植结构、主要作物灌溉制度等。
- 5.1.5 基础设施调查：项目区道路分布与特征、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、电路分布、电缆等地下工程线路分布。

5.2 治理方案设计

基于本底调查结果，编制治理方案，内容包括：

- 5.2.1 治理目标。如土壤含盐量降至目标值、地下水位降至临界深度以下等。
- 5.2.2 技术模式选择与组合：确定“上覆、中阻、下排”的具体技术措施。
- 5.2.3 工程设计：田块布局图、各级排水排碱沟布局图、暗管布局及结构图、隔层结构图、补充灌溉系统布局图（如有）。
- 5.2.4 农艺配套方案。如有助于改良土壤结构、提升养分含量的深耕深松、秸秆还田、施有机肥措施；减少盐分表聚危害的地膜覆盖、秸秆覆盖等措施。
- 5.2.5 工程量、投资估算与效益分析。
- 5.2.6 监测与评估方案。

6 立体控盐降盐工程技术

6.1 “上覆”（表层抑盐）技术

6.1.1 地膜覆盖：选用可降解地膜或标准农用薄膜，在播种后全覆盖或条覆。作物生长季后应及时清理残膜。

6.1.2 秸秆覆盖：将作物秸秆（如稻草、麦秸）粉碎后均匀覆盖于地表，覆盖量宜为 $3000\text{ kg/hm}^2\sim 6000\text{ kg/hm}^2$ 。

6.1.3 种植耐盐绿肥：在休耕期或与主作物轮作间作，种植田菁、苜蓿、碱蓬等耐盐绿肥植物，生长至盛花期翻压还田。

6.2 “中阻”（隔层阻盐）技术

6.2.1 隔层位置：隔层应铺设于毛管水强烈上升高度的底部，通常在犁底层以下，深度宜为 $30\text{ cm}\sim 40\text{ cm}$ 。

6.2.2 隔层材料

可选用粗砂、碎秸秆、生物炭等，压实后厚度宜为 $5\text{ cm}\sim 15\text{ cm}$ 。

6.2.3 施工要求：采用专用设备开挖沟槽或犁松土层，均匀铺设隔层材料，然后回填上层土壤并适度压实。“上覆”（表层抑盐）技术

6.3 “下排”（深层排盐）技术

6.3.1 管网布局：根据工程场地地形地貌、场地外排水条件、工程特点、土体构型及透水性等因素，通过技术经济分析，合理选择暗管排盐系统工程布局，可选择单级暗管、多级暗管、强排暗管、双层暗管和竖井暗管等方式。排列布置形式可选择正交布置和鱼骨布置等。

6.3.2 埋深与间距：在滨海地区，吸水管埋深宜为 $1.0\text{ m}\sim 1.2\text{ m}$ 。埋深与间距应根据土壤质地、水文地质条件通过计算或试验确定，参考附录 D 及 TD/T 1043.2-2013。

6.3.3 管材选择：吸水管宜选用 PVC 带孔波纹塑料管，吸水管内径不小于 50 mm ，管壁应开有透缝或孔。集水管宜选用内径不小于 80 mm 的无孔管，材料上多以 HDPE 波纹管或 PVC、PE

排水管为主。集水管可根据不同管网布局和汇流情况分段采用不同内径。盐碱地改良工程管材必须经国家计量认证的质检机构抽检合格，符合国家标准《农田排水用塑料单壁波纹管》GB/T19647—2005。

6.3.4 外包滤料：管道周围应包裹透水性好、滤阻性强的外包料，如棕皮、人工合成土工织物或级配砂砾料，以防止土壤颗粒进入管道造成淤堵。

6.3.5 施工工艺：暗管的铺设宜采用专门的开沟铺管机施工。开沟铺管机把暗管按照设计要求铺设到地下一定的深度，确保管道坡度均匀、接头紧密。管道末端应接入集水井或明沟。

7 配套农艺管理技术

7.1 节水灌溉控盐技术

7.1.1 优先采用滴灌、微喷灌等节水灌溉方式。

7.1.2 制定合理的灌溉制度，灌溉水矿化度不应超过 2 g/L。应遵循“少量多次”原则，保持根区土壤适宜水分，以水压盐。

7.2 耐盐作物种植与轮作制度

7.2.1 初期宜选择向日葵、甜菜、棉花、高粱等耐盐性较强的作物。

7.2.2 实施粮-肥、粮-豆等轮作制度，如玉米-田菁、玉米-水稻轮作，以改善土壤肥力，抑制返盐。

7.3 有机肥与土壤调理剂科学施用

7.3.1 施用腐熟有机肥，施用量不低于 30000 kg/hm²。

7.3.2 根据土壤 pH 值和钠离子含量，针对性施用石膏、腐殖酸类等土壤调理剂，其质量应符合 NY/T 310 的要求。

8 监测与评价

8.1 监测

参考附录 E。

8.2 评价

8.2.1 技术效果评价：与改良前对比评价土壤脱盐率、地下水埋深控制效率等。

8.2.2 经济效益评价：计算投入产出比、增产效益、投资回收期等。

8.2.3 生态与社会效益评价：新增耕地面积或耕地质量等级提升。

附录 A

（资料性附录）

滨海盐碱地主要耐盐植物名录

表 A.1 滨海盐碱地主要耐盐植物名录

	种类名称	拉丁学名	耐盐阈值	特点
乔木类	怪柳	<i>Tamarix chinensis</i>	1—5‰	极强耐盐碱，根系发达
盐生草本	碱蓬	<i>Suaeda salsa</i>	3—15‰	先锋植物
禾本科牧草	芦苇	<i>Phragmites australis</i>	3—6‰	耐盐碱，湿地优势种
	黑麦草	<i>Lolium perenne</i>	3—5‰	生长快，适合盐碱地牧草
	互花米草	<i>Spartina alterniflora</i>	0.5%-1.5%	广适盐性，海岸固滩
农作物及蔬菜类	秋葵	<i>Abelmoschus esculentus</i>	8‰左右	
	木耳菜	<i>Basella alba</i>	10‰左右	
	向日葵	<i>Helianthus annuus L.</i>	4‰左右	耐盐碱、抗旱耐瘠
	甜菜	<i>Beta vulgaris L.</i>	3—6‰	中、重度盐碱地仍能保持一定产量
	棉花	<i>Gossypium hirsutum</i>	5‰左右	轻度盐碱地生长良好
	高粱	<i>Sorghum bicolor L.</i>	3—5‰	根系发达，能有效改善土壤结构
	玉米	<i>Zea mays L.</i>	3‰左右	
	紫花苜蓿	<i>Medicago sativa</i>	3—5‰	豆科牧草之王，固氮
	菠菜	<i>Spinacia oleracea</i>	3—5‰	耐盐碱蔬菜
	田菁	<i>Sesbania cannabina</i>	6‰	耐盐碱绿肥

附录 B

（资料性附录）

土壤盐分分级指标

表 B.1 土壤盐渍化分级标准（g/kg）

类型区	非盐化	轻度盐渍化	中度盐渍化	重度盐渍化	极重度盐渍化
滨海、半湿润和 半干旱地区	<1	1-2	2-4	4-6	≥ 6

附录 C

（资料性附录）

土壤碱化分级标准

表 C.1 土壤碱化分级标准

pH 值	土壤碱化强度
>10.0	极重度碱化
9.5~10.0	重度碱化
9.0~9.5	中度碱化
8.0~9.0	轻度碱化

附录 D

（规范性附录）

暗管排盐工程参考说明

1 管网布局

a) 单级暗管：单级暗管又称明沟+暗管，是指暗管排水系统中只包含一级埋设于地下的管道（吸水管），这些管道直接收集土壤中多余的水分，并将其输送至明沟或自然水道。这是一种结构最简单、最基础的暗管排水形式。单级暗管具有结构简单、造价低、排水排盐效率高、易于维护的优点。单级暗管适用于排水面积较小，地势平坦或坡度均匀，明沟或自然水道水位可控排水通畅的地区。

b) 多级暗管：多级暗管是指暗管排水系统中包含两级或两级以上的地下管道。以最常见的两级暗管为例，吸水管布设于田间，收集土壤水，后汇集至埋深更深、管径更大的集水管，最终排入明沟、自然水道或泵站。在复杂暗管排盐系统中，为了更大的控制面积，多条集水管汇入管径更粗的干管，最后由干管统一排出，构成多级暗管系统。多级暗管复杂性较高，对施工精度要求高，工程造价高，排水效率不及单级暗管，后期不便于维护。多级暗管适用于排水面积大、地形复杂、周边不具备明沟或自然水道条件排水距离较远的地区。

c) 强排暗管：在滨海地区，沿海滩涂、新围垦区、冲积平原等，地面坡降极小，周边明沟或自然水道排水不畅，地下水流速缓慢，仅靠重力，暗管中的水无法形成有效流速，导致排水效率极低，地下水位无法降至临界深度以下。采用“暗管排盐”结合“光伏泵站强排”是一种非常关键且高效的盐碱地治理模式。

含盐水经吸水管汇入集水管，最终流入泵站蓄水池。泵站设置自流排水和强排水两种模式，当水位低于自流排水水位时，泵站启动，将水强排至外部排水沟。泵站由离网光伏储能系统供电，该系统通过太阳能发电并储存，为无电网覆盖地区提供独立、稳定的电力供应，满足排盐泵站的用电需求。

d) 双层暗管：双层暗管系统由浅层和深层两层暗管构成，可将不同深度的含盐水分收集并排出。浅层暗管通常位于地下 0.6~0.8 米深处，位于主要根系层之下，直接收集根系层下渗的雨水、灌溉水和其中的溶解盐分。在雨后或灌溉后快速反应，防止作物渍害和表层土壤迅速返盐。浅层暗管使用较细的 $\Phi 80\text{mm}$ 打孔波纹管，间距视土质在 8~15 米左右。

深层暗管通常位于地下 1.0~1.8 米深处，具体取决于土壤毛细水临界深度。深层暗管旨在控制区域地下水位，拦截并排出由浅层下渗和侧向补给的地下水，切断盐分上升的路径。深层暗管使用较粗的 $\Phi 110\text{mm}$ 打孔波纹管，间距视土质在 15~30 米左右。

双层暗管相比单层暗管在阻断毛管水上升通道，控盐返盐的基础上强化了根系层淋洗排盐效率，特别适用于土壤透水性不高，存在弱透水夹层的土壤。

e) 竖井暗管：竖井暗管垂直于土层设置，下层由横向暗管连接，适用于土壤浅层位置有连片黏土层存在，地表积水不易下渗地区。

2 埋深与间距

2.1 暗管埋深

应寻求与当地经济技术条件相适应的最佳暗管埋深，并经过综合论证，因地制宜地选择。按下列公式计算暗管埋深：

$$h_t = h + \Delta H + r \quad (1)$$

式中：

h_t ——暗管埋深，单位为米（m）；

h ——排渍深度或临界深度，单位为米（m）；

ΔH ——相邻两暗管的中心点地下水位降至 ΔH 时，集水管水位与中心点地下水位之差（也称剩余水头），单位为米（m）；

r ——暗管中的水深，可用暗管直径替代，单位为米（m）。

2.2 暗管间距

暗管间距通常可采用田间试验法、经验数据法和理论计算法。在确定暗管布设间距时宜将公式法与田间试验法相结合，在理论公式计算后，再进行田间试验做相应调整，同时应考虑当地具体农作物生长要求对暗管布设间距的影响。

田间试验法是在盐碱治理区域，选择在盐碱成因、土壤及水文地质条件、作物种类和农业技术等方面有代表性的地段，通过现场观测各种不同深度和间距组合情况下的改良效果，据以选定间距和埋深的理想组合。

经验数据法是在调查总结大量试验资料 and 实践经验的基础上经归纳分析，从而得出暗管间距与其主要影响因素如土质等有决定影响的某些指标或其他简化指标的关系，供设计时选用。经验数据法包括：

——以土壤渗透系数和埋深为函数的经验公式估算间距

$$L = NKH \quad (2)$$

式中：

L ——暗管间距，单位为米（m）；

K ——土壤渗透系数，单位为米每天（m/d）；

H ——暗管埋深，单位为米（m）；

N ——经验系数，粘土为 40，壤土为 30，砂壤土为 20。

3 管材选择

暗管改良盐碱地工程常采用的管材有 $\Phi 110\text{mm}$ 、 $\Phi 80\text{mm}$ 单壁塑料打孔波纹管。 $\Phi 110\text{mm}$ 打孔波纹管的进水孔隙面积应大于 $70\text{cm}^2/\text{m}$ ， $\Phi 80\text{mm}$ 打孔波纹管的进水孔隙面积应大于 $31\text{cm}^2/\text{m}$ 。暗管管径的大小应保证在无压流的情况下排出设计的排水流量，吸水管实际选用内径不得小于 50mm ，集水管实际选用内径不得小于 80mm 。吸水管宜采用同一内径，集水管可根据汇流情况分段采用不同内径。

4 滤料选择

暗管排水用外包滤料一般包括有机材料外包滤料（如稻草、稻壳、麦秸等）、砂砾外包滤料（与土壤的颗粒粒径分布相匹配的具有一定级配砂石料）、人工合成外包滤料（材料来源包括 PA、PEDP、PE、PP 等）

目前滨海地区应用最广泛的是人工合成外包滤料。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，再通过试验确定。

$$Q_{90}/d_{85} \approx 4$$

式中：

Q_{90} ——土工织物的有效孔径，单位为毫米（mm），即土工布中 90% 的孔径低于该值；

d_{85} ——在土壤粒径级配曲线上，相应于过筛累计百分数为 85% 的土壤粒径，单位为毫米（mm）。

用于规范人工合成外包滤料设计的标准是根据外包滤料材料空隙大小加以制定的。用以评判人工合成外包滤料对土壤颗粒的捕获能力的标准是外包滤料的特征空隙尺寸。该空隙尺寸记为“ O_{90} 值”，该尺寸定义为外包滤料在标准化筛目测试（NNI 1990）过程中所捕获的 90% 的土壤颗粒的平均直径。

5 施工工艺

开沟铺管机采用激光坡度仪控制暗管铺设坡度和深度，作业前应按照暗管设计坡度设定激光坡度仪坡度。激光坡度仪应架设于土质坚实的地面上，应尽可能避免大风对激光坡度仪发射信号的影响。

铺设暗管应控制所埋暗管的顺直程度和坡度，以便排水顺畅。

多级暗管系统，应先铺设集水管，再铺设吸水管，即先铺设沿暗管排水方向最末一级暗管。

本部分内容可具体参考 TD/T 1043.2-2013。

附录 E

（规范性附录）

滨海中重度盐碱地土壤剖面立体控盐降盐技术监测指标

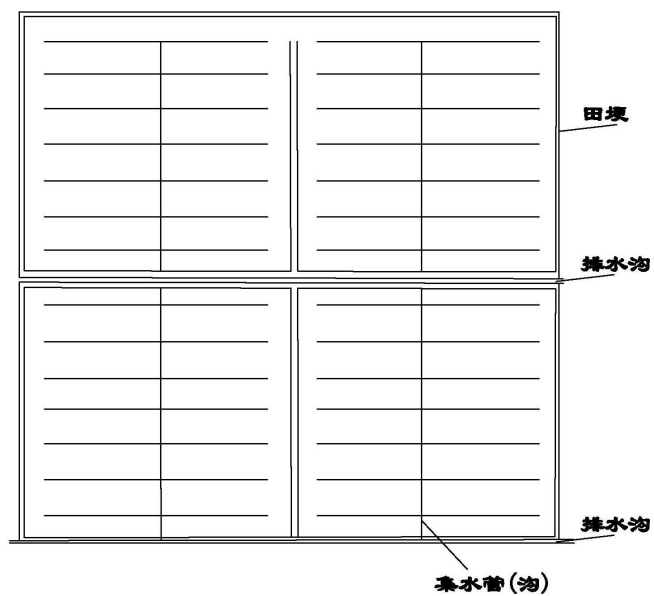
表 E.1 技术监测指标分级与监测方法

一级指标	二级指标	方法
土壤指标	土壤含盐量	NY/T1121.16-2006 土壤检测 第 16 部分：土壤水溶性盐总量的测定
	pH	NY/T 1121.2-2006 土壤检测 第 2 部分：土壤 pH 的测定
	钠吸附比	NY/T 3242-2018 土壤水溶性钙和水溶性镁的测定、LY/T 1246-1999 森林土壤交换性钾和钠的测定
	容重	NY/T 1121.4-2006 土壤检测 第 4 部分 土壤容重的测定
	氮、磷、钾、有机质	NY/T 1121.24-2012 土壤检测 第 24 部分：土壤全氮的测定自动定氮仪法、NY/T 1121.7-2014 土壤检测 第 7 部分：土壤有效磷的测定、NY/T 889-2004 土壤速效钾和缓效钾含量的测定
	生物多样性	T/TBD 007-2023 农田土壤微生物多样性检测技术规范
地下水指标	地下水埋深	GB/T 51040-2023 地下水监测工程技术标准
	矿化度	SL 79-1994 矿化度的测定 (重量法)
作物指标	出苗率	样方法
	长势	测量法
	品质	按对应作物国家标准测定
	产量	实测法
技术参数	暗管出水量	流量计法
	水质	SL 79-1994 矿化度的测定 (重量法)、HJ 1147-2020 水质 pH 值的测定 电极法
	暗管受淤堵情况、隔层完整性	可视探头观测
	覆盖度、灌溉均匀度	无人机拍摄

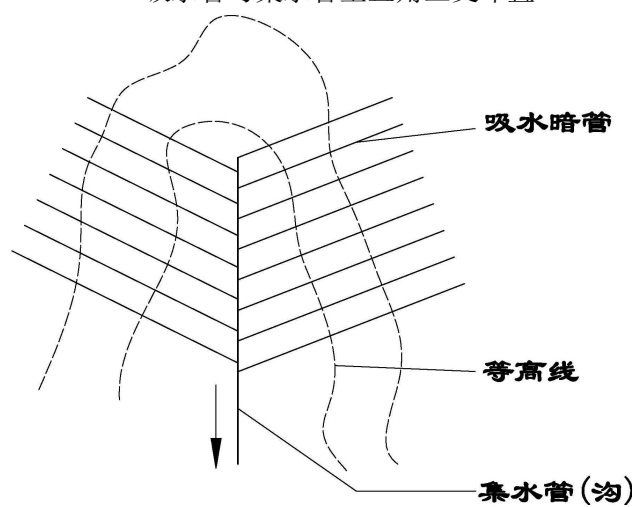
附录 F

(资料性附录)

暗管布置方式图



a. 吸水管与集水管呈直角正交布置



b. 吸水管和集水管呈锐角鱼骨布置

附录 G

（规范性附录）

滨海中重度盐碱地土壤立体控盐降盐工作流程

本附录给出了滨海中重度盐碱地土壤立体控盐降盐工作的总体流程，供实施本文件时参考。

