

ICS 93.080.10

CCS B; P 66

团 体 标 准

T/GDSTD 012—2025

超疏水土泥结碎石生态田间路建设技术规范

**Technical specifications for the construction of ecological superhydrophobic soil
and gravel field roads**

2025-10-28 发布

2025-10-28 实施

广东省土地学会 发布

目 次

前言.....	11
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 基本规定.....	2
4.1 建路材料.....	2
4.2 土料试验.....	3
4.3 设计车辆和速度.....	3
5 设计要求.....	3
5.1 一般规定.....	3
5.2 路线.....	3
5.3 路基.....	4
5.4 路面.....	4
6 施工要求.....	5
6.1 一般规定.....	5
6.2 施工准备.....	5
6.3 路基施工.....	6
6.4 面层施工.....	6
7 质量控制与验收.....	8
7.1 一般规定.....	8
7.2 质量控制.....	9
7.3 检测与验收.....	9
8 后期养护.....	10
8.1 日常养护.....	10
8.2 路面破损处修复.....	10
附录 A（资料性附录） 超疏水土表面荷叶效应.....	11
参考文献.....	12

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。

本文件由广东国地科技股份有限公司提出。

本文件由广东省土地学会归口。

本文件起草单位：广东国地科技股份有限公司、广东省建工设计院有限公司、广州市城市规划勘测设计研究院有限公司、广东省农业环境与耕地质量保护中心、广东粤禾空间规划科技有限公司、广州国苑规划设计有限公司、中铁城建集团有限公司、浙江众向规划设计有限公司、疏科纳米疏水科技(嘉兴)有限公司、浙江大学。

本文件主要起草人：刘娜、王凯、吴家龙、梁伟峰、周广明、朱敏艺、付浩、邓婷、刘世游、黄雪琴、赖立城、刘健鹏、吕林枫、马鹰击、彭朱勇、吴淑信、洪紫亮、吴楚宁、宁凡涛、程贤峰、廖望、黄学刚、黄丽红、李颖斯、林旭、黄立思、赵胜、胡珍珍、周常红、段寿平、宋永生、孙燕飞、王海燕、李永建、徐礼根。

超疏水土泥结碎石生态田间路建设技术规范

1 范围

本文件规定了超疏水土泥结碎石生态田间路设计与建设的术语和定义、基本规定、设计要求、施工要求、质量控制与验收、后期养护等。

本文件适用于建造生态超疏水土泥结碎石生态田间路。其他设计速度 $\leq 15\text{km/h}$ 的农村道路可参照执行。

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/T 14685 建筑用卵石、碎石

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 23764 光催化自清洁材料性能测试方法

GB/T 30600 高标准农田建设 通则

JC 1066 建筑防水涂料中有害物质限量

JC/T 481 建筑消石灰

JGJ 63 混凝土用水标准

JTD E42 公路工程集料试验规程

JTG 3450 公路路基路面现场测试规程

JTG/T 3450 公路路基路面现场测试规程

JTG F80/1 公路工程质量检验与评定标准 第一册 土建工程

JTG F90 公路工程施工安全技术规范

JTG/T 3311 小交通量农村公路工程设计规范

JTG/T 5190 农村公路养护技术规范

NY/T 2194 农业机械田间行走道路技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

土料 soil

建路所需的经检测无污染的自然粘土。

3.2

泥土超疏水乳液 soil superhydrophobic emulsion

由天然油脂和自然土中氧化硅的衍生物等制备的水性纳米乳液,与土混合后可去除土壤中的吸水羟基,形成纳米多孔状微粒结构,制备成水珠接触角可达 150° 生态超疏水土材料。

3.3

超疏水土 super hydrophobic soil

超疏水材料与土料以适当比例混合干燥后形成表面具有超疏水特性(荷叶效应)的土壤材料。

3.4

超疏水土泥结碎石生态田间路 super hydrophobic soil and gravel ecological field road

以土料为主料,以碎石、熟石灰、超疏水材料为结合料,通过一定的配比铺筑而成的超疏水土泥结碎石路面。

4 基本规定

4.1 建路材料

4.1.1 土料应符合下列规定:

- a) 建路面层土料含水率应在 $6\% \sim 8\%$ 之间,土料中 $D_{90} \leq 10 \text{ mm}$ (90%的土颗粒粒径不大于 10 mm),塑性指数 $I_p \geq 17$ 。
- b) 建路面层土料应符合GB 15618的有关规定。

4.1.2 碎石应符合下列规定:

- a) 用于面层与土料拌和的碎石最大粒径不应大于 30 mm ;用于路面磨耗层碎石最大粒径不应大于 10 mm 。
- b) 建路碎石应采用坚硬、耐磨性强的级配粒料碎石,应符合GB/T 14685的有关规定。

4.1.3 熟石灰

建路熟石灰应符合JC/T 481的有关规定。

4.1.4 水

建路用水应符合JGJ 63的有关规定。

4.1.5 超疏水材料应符合下列规定:

- a) 超疏水材料应完全符合国家土地安全风险评估, 不应使用对人体、植物和土壤有毒有害的材料, 保证土壤的基本种植属性, 材料指标限量应符合JC 1066的规定。
- b) 超疏水材料不应有明显气味, 可挥发物含量(VOC)≤0.1%, pH6~8 (25℃)。

4.2 土料试验

4.2.1 土料采样

拟设计建路项目试验土样应在项目区范围内或周边选取具有代表性土样, 采样前应去除土壤表层杂质土后再挖取土样, 宜多点分批挖取5~6个土样, 混合均匀后, 采用四分法选取试验土样5 kg左右。采样的土料应符合4.1.1的要求。

4.2.2 土样及样块检测指标要求应符合下列规定:

- a) 采样的土料应测定天然含水率和塑形指数, 并对土料的颗粒进行分析, 根据土料测定和分析数据确定超疏水材料的掺量和配比。
- b) 测定和分析后的土样掺加10%~30%碎石与超疏水材料充分拌和制作5~8块超疏土水泥结碎石样块, 经自然晾干后检测样块的吸水率、渗水系数和超疏水性能, 指标要求应符合表1的规定。

表1 超疏土水泥结碎石样块检测指标要求

序号	项目	指标要求
1	吸水率	取芯样浸水 24 小时后, 吸水率≤8%
2	渗水系数	渗水系数≤20 ml/min
3	超疏水性能	试块滴水目视观察水珠自由流动形成荷叶效应、遇水不成泥

4.3 设计车辆和速度

道路设计车辆和设计速度应参照 JTG/T 3311 和 NY/T 2194 的有关规定执行。

5 设计要求

5.1 一般规定

- 5.1.1 道路结构设计应坚持“布局科学、因地制宜、绿色低碳、经济优越”的规划设计理念, 根据项目区自然条件、农业种植和发展方向, 选择技术可靠、经济合理且施工方便的路面结构方案。
- 5.1.2 路线设计应充分考虑当地生态环境, 减少生境破碎化, 降低对生态环境的扰动。
- 5.1.3 路基的设计宜充分利用现状道路的路基, 注重对填方路基压实度和软土路基的处理。
- 5.1.4 路面应具有良好的稳定性和强度, 其表面满足平整、防滑和排水的要求。
- 5.1.5 路线平面交叉范围路线平、纵面、平面口交叉视距应参照 JTG/T 3311 和 NY/T 2194 的规定执行。

5.2 路线

- 5.2.1 道路设计为单行道, 设计行驶速度为 15 km/h。

5.2.2 道路在平面和纵面上由直线和曲线组成。在设计布置圆曲线及竖曲线时,应做到平面顺适、纵坡均衡、横面合理。平纵面线形均应与地形、地物相适应,与周围环境相协调。

5.2.3 圆曲线半径、纵坡坡度参照 NY/T 2194 的规定执行。

5.3 路基

5.3.1 路基高度设计应使路肩边缘高出路肩两侧田面积水高度,同时考虑地下水、毛细水不影响路基的强度和稳定性。

5.3.2 淤泥、强膨胀土、草炭土、易溶盐超过允许含量的土等不应用于填筑路基。

5.3.3 新建路基应采取分层填筑、压实,使路基相对沉降稳定后才能铺筑面层,软土路基应进行处理,如换填处理等,路基压实度应符合表 2 的规定。

表2 路基压实度要求

序号	类别	路床顶面以下深度 (m)	压实度 (%)
1	零填及挖方	0~0.3	≥93
2	填方	0~0.8	≥93
		>0.8	≥90

5.3.4 路基沿线排水设施应与自然水系和农田灌排工程相结合,并与沿线桥涵衔接。

5.3.5 路基边坡、路基防护参照 JTG/T 3311、GB/T 30600 和 NY/T 2194 规定执行。

5.4 路面

5.4.1 路面设计以双轮组单轴载 200 kN 作为标准轴载,以 BZZ-200 表示。

5.4.2 路面应充分利用现状道路的基层或垫层,设计路面应高于田面不小于 0.3 m,路面平整度≤20mm,路肩宽度宜为 0.20 m~0.5 m。

5.4.3 面层适宜压实厚度 10 cm~15 cm,土料松铺系数为 1.2~1.3,掺加 10%~30%碎石,对应每平方米超疏水材料用量 15 kg~22 kg,应根据实际采样土料试验结果材料用量作适当调整。

5.4.4 超疏水材料宜采用乳液型,应符合 4.1.5 的规定。

5.4.5 为增加面层耐磨性和使用年限,表面宜增加 1 cm~3 cm 厚级配碎石磨耗层和细砂呵护层,磨耗层应符合 4.1.2 的规定。

5.4.6 为增加面层超疏水性能,土料铺装时每平方米可掺加 1.0 kg~2.0 kg 熟石灰(根据土料检测结果为准),熟石灰应符合 4.1.2 的规定。

5.4.7 面层轮迹带中间和路肩宜设置草本缓冲带,面层中间草本缓冲带宽度宜 0.4m~0.6m,应选用本土化多年生的自然条件适应强、耐践踏的草籽,如结缕草、四季青矮脚草,每平方宜播撒 15 g~20 g。

5.4.8 过水路面段应采用水泥混凝土面层,设计参照 JTG/T 3311 规定执行。

5.4.9 面层设计应符合 4.2.2 检测指标要求,强度应符合表 3 的规定。

表3 面层设计强度要求

路面	压实度 (%)	弯沉值 (0.01mm)
	≥93	≤280

5.4.10 新建道路面层与路基之间宜采用 10%~12%灰土基层，压实度不小于 0.93，熟石灰应符合 4.1.2 的规定。

5.4.11 路拱横坡宜采用 3%~4%的横坡，路肩坡宜 4%~5%横坡。

6 施工要求

6.1 一般规定

6.1.1 路基应具有足够的强度、稳定性、抗变形能力和耐久性，表面平整。

6.1.2 道路施工前应做试验段，试验段长度宜 10 m~50 m，根据试验段检测指标，明确施工的控制要求，施工安全应按 JTG F90 相关规定执行。

6.1.3 施工前应备齐满足建路所需的设备和厂拌法所需的临时场地。

6.2 施工准备

6.2.1 施工前应对项目建路面层土料材料进行采样试验，根据试验结果出具试验报告，土料采样应符合 4.2.1 的规定，

6.2.2 面层施工前应根据设计道路长度储备充足的干燥土料，土料应符合 4.1.1 的规定。

6.2.3 施工前应根据项目场地规模和规划建路的分布，合理划分施工分区，制定科学的施工组织方案，保证施工的连续性。

6.2.4 为预防面层晾晒养护期间降雨的侵蚀，面层施工前宜准备可循环利用的农膜。

6.2.5 建路机械设备和功能见表 4。

表4 建路机械设备及功能

序号	机械设备	功能	备注
1	挖掘机、推土机	路床开挖、整平	
2	旋耕机或稳定土拌合机	路面路拌法施工打碎土料和混合料拌和	195 型
3	平地机	路面初平和精平使用	
4	洒水车或喷洒设备	喷洒超疏水材料	路拌法施工
5	压路机	面层混合料的初压	6 t~8 t
6	压路机	路基和路面的碾压	18 t~22 t
7	碎土机	对土料进行破筛	厂拌法施工
8	混合料拌和设备	集中拌和	
9	摊铺机	摊铺路面混合料	

序号	机械设备	功能	备注
10	翻斗车或自卸式拖拉机	路面混合料的短距离运输	

6.3 路基施工

- 6.3.1 施工中应彻底清除路幅范围内的杂草、淤泥、积水及腐殖土。
- 6.3.2 路基平整应按设计断面和高程要求，防止欠挖和超挖。
- 6.3.3 路床不应有翻浆、弹簧、起皮、波浪、积水现象，6 t~8 t 压路机碾压后，轮迹深度不应大于 5 mm，路基压实度应符合 5.3.3 的规定。
- 6.3.4 路床外侧宜预留边沟，以便排除雨水，防止路床受水浸泡。
- 6.3.5 路床施工检验通过后，应连续进行路面施工，如不能连续铺筑路面时，应洒水养护保持路基表面湿润，禁止车辆通行。

6.4 面层施工

6.4.1 面层施工方法选择应符合下列要求：

- 面层施工应根据天气条件和施工季节选择不同的施工工艺，施工方法分为路拌法和厂拌法。
- 非汛期、连续晴天、施工场地干燥且土料含水率满足施工要求，应采取路拌法施工。
- 汛期或降雨间歇天气宜采用厂拌法施工。

6.4.2 路拌法施工流程包括以下内容：

- 测量放线。面层施工前在成型路基两侧设指标桩，指标桩应采用明显标记标出路面结构层边缘的设计高度，路线直线段宜每 15 m~20 m 设置桩，平曲线段宜每 10 m~15 m 设置桩。
- 摊铺土料。应将准备好的干燥土料按松铺厚度和宽度铺足。土料铺设后应清除土料中的树枝、草皮和大块颗粒。用旋耕机或稳定土拌合机将土料打碎至设计要求颗粒度后用平地机将面层土料初步整平。
- 摊铺碎石和熟石灰。面层土料掺加的碎石应有足够的强度和耐磨性，按设计要求比例将碎石和熟石灰均匀摊铺土料表面，再用旋耕机或稳定土拌合机充分均匀拌和。
- 超疏水材料喷洒拌和。将超疏水乳液浓缩液和水 1:6-1:8 比例混合稀释，宜采用压力式或喷管式洒水车均匀喷洒路面混合料上，宜平均分成 2 次~3 次喷洒，每次喷洒后应采用旋耕机或稳定土拌合机进行拌和，保证混合料充分湿润，达到拌合颜色一致为止。
- 整形初压。超疏水土凝结碎石混合料拌和均匀后路面轮迹中间带应人工均匀撒播草籽，采用平地机初步整平后应采用 6 t~8 t 轮胎压路机初压一遍，再用平地机刮平整型。
- 碾压。整形后的混合料结构层应在最佳含水率时采用 18 t~22 t 压路机进行全宽碾压，头两遍低速碾压速度 1.5 km/h~1.7 km/h 为宜，以后可用 2.0 km/h~2.5 km/h 的碾压速度，并配合震动

压实，当混合料过湿宜经过晾晒再进行碾压。碾压应达到不应有明显的轮迹，不应出现弹簧、松散、起皮等现象。

- g) 铺设磨耗层。路面碾压成型后应人工均匀摊铺级配磨耗层、呵护层再对表层喷洒一遍超疏水材料，喷洒应均匀、不遗漏，喷洒后，压路机再压平磨耗层。
- h) 晾晒养护。磨耗层铺设完成后应封路自然晾晒养护，养护期间如遇降雨应及时覆膜保护，晴天养护期不宜少于7 d。
- i) 路肩培土。养护期间应进行人工路肩培土并做好路面边缘和路肩的衔接处理。
- j) 路拌法施工流程见图1。

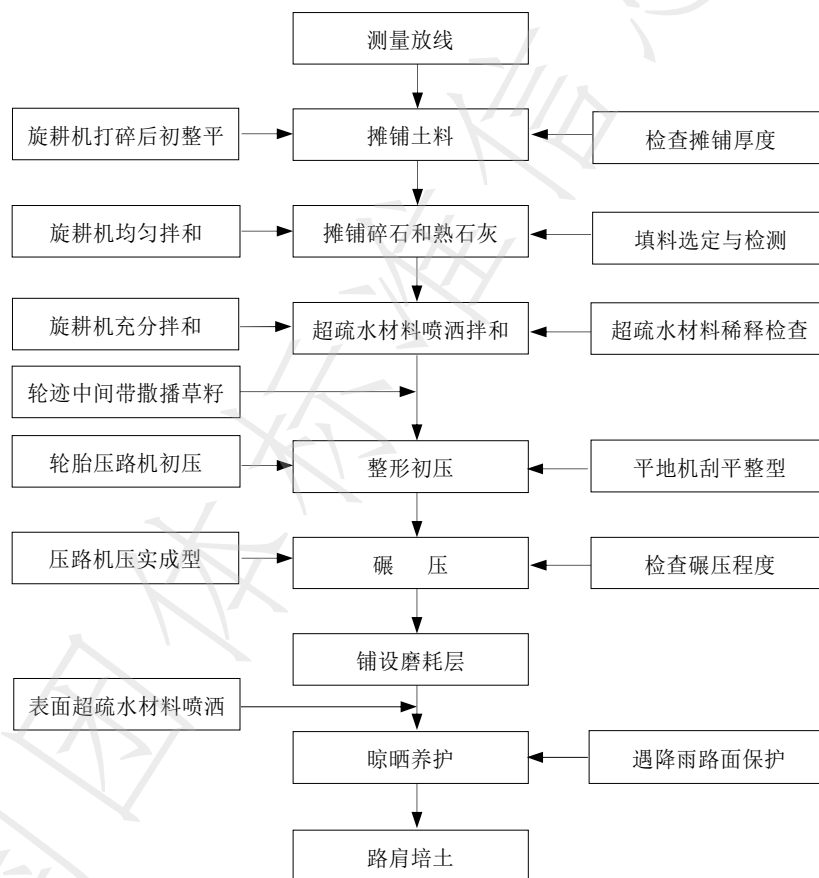


图1 路拌法施工流程图

6.4.3 厂拌法施工流程包括以下内容：

- a) 测量放线。参照6.4.2执行。
- b) 选择拌和场地。拌和场地宜设置于项目区内，应紧邻土料区，干燥土料应采用防水帆布遮盖。
- c) 集中拌和。根据拌合机料斗容量、土料含水率计算每斗料应掺入的超疏水稀释液，保证混合料充分湿润，达到拌合颜色一致为止。

- d) 运输：将拌合均匀的混合料用翻斗车或自卸式拖拉机运至施工现场。
- e) 摊铺：摊铺混合料宜采用沥青混凝土摊铺机或稳定土摊铺机。拌合机与摊铺机的生产能力应相匹配。摊铺机宜连续摊铺，如拌合机的生产能力较小，摊铺机应低速摊铺，减少摊铺机停机待料的情况。
- f) 面层混合料的整型、碾压成型、磨耗层铺设、晾晒养护等按路拌法执行。
- g) 厂拌法施工流程见图3。

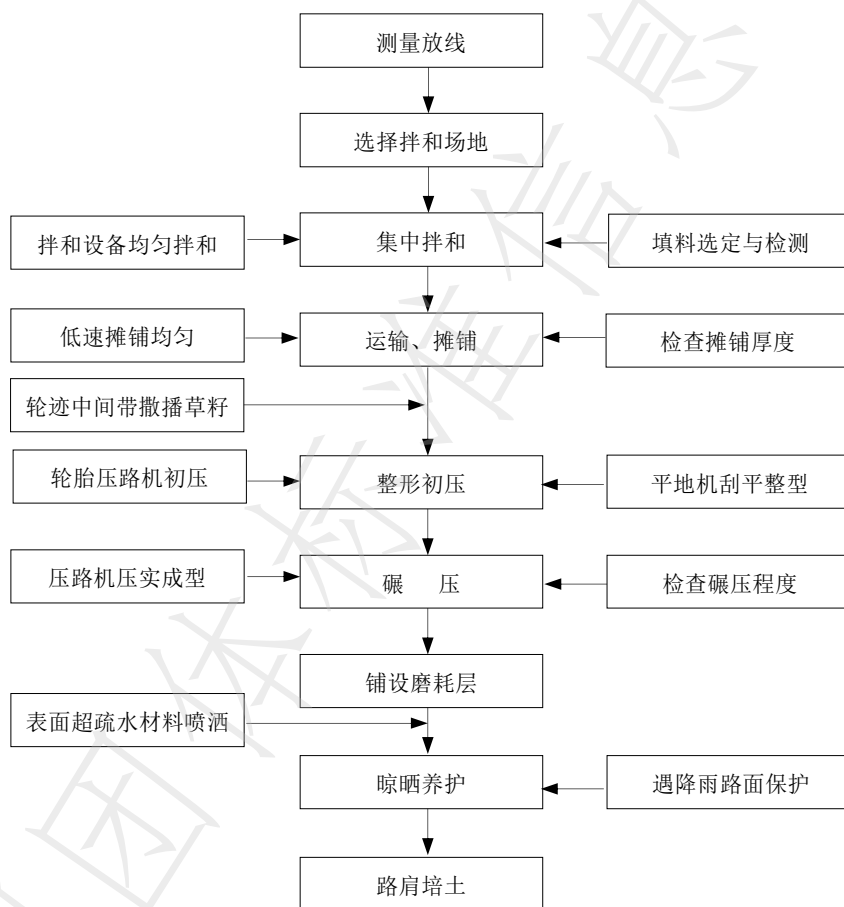


图2 厂拌法施工流程图

7 质量控制与验收

7.1 一般规定

7.1.1 由于超疏水土泥结碎石生态田间路是一种新型生态建路办法，为保证施工质量，在施工过程中应建立起质量检验与控制的体系。

7.1.2 建路材料应符合本规范 4.1 规定。

7.1.3 施工过程中，每道工序完成后应经检查合格后方可进行下道工序。

7.1.4 施工现场应设专职的技术与质量检验人员，设有必要的质量检验机具设备，或委托第三方专业检测机构跟踪检验，施工过程应有完备的记录和档案。

7.2 质量控制

7.2.1 建路面层材料质量控制要重视土料的含水率、塑形指数和颗粒度的控制。施工过程中如检查土质变化应及时调整超疏水材料配比或更换土源。

7.2.2 路面拌和材料严禁添加或使用水泥、土壤固化剂或有害化工材料，保证土壤的可复垦种植属性。

7.2.3 施工过程中质量控制包括以下内容：

- a) 路基强度。下承层路基的强度与稳定性是保证结构耐久性的基础。
- b) 混合料质量。超疏水土结碎石混合料的配合比、均匀性及超疏水性能是质量核心。
- c) 摊铺均匀度与厚度控。保证混合料摊铺的均匀性和厚度符合设计值，是确保结构厚度与一致性的关键。
- d) 路面整形精度。整形后的高程、横坡、平整度直接影响最终路面的行驶质量。
- e) 压实度与强度。压实作业的工艺和最终压实度是决定结构层强度的决定性因素。

7.3 检测与验收

7.3.1 路基和基层主要对压实度进行检测与验收，采用灌砂法，每 200 m 检测 2~3 处，按 JTG F80/1 中附录 B 的规定。

7.3.2 面层检测与验收的项目包括压实度、弯沉值、路面吸水率、渗水系数、路面厚度、平整度和超疏水性能七项指标（具体要求见表 5），抽检点应均匀分布。

表5 面层检测与验收标准

序号	项目	要求	方法
1	压实度	每 200m 检测 1~2 处	JTG 3430 中的环刀法或灌水法
2	弯沉值	每 200m 检测 1 处	JTGF 80/1 中的自动弯沉仪法或落锤弯沉仪法
3	吸水率	每 200m 检测 2~3 处	取芯样浸水 24 小时后，按 JTD E42 中 T 0307 粗集料吸收率试验方法
4	渗水系数	每 200m 检测 2~3 处	JTG 3450 中 T 0971 沥青路面渗水系数测试方法
5	厚度	每 200m 检测 2~3 处	钻芯取样法
6	平整度	每 200m 测 2 处 x 5 尺	JTG/T 3450 中 3m 直尺
7	超疏水性能	每 200m 检测 4~5 处	1) 路面层干燥后，在路面泼水，目视观察路面是否形成荷叶效应，是否成泥； 2) 同时用取芯参照面层检验方法进行芯样整体疏水性能检测； 3) 水珠接触角按 GB/T 23764 规定方法检测。

8 后期养护

8.1 日常养护

8.1.1 道路严禁超设计荷载重型车辆通行。

8.1.2 路面使用过程中，应及时清理农业生产过程中掉落在路面的土块。

8.1.3 农业生产过程中应避免金属履带式机械通行造成对面层的损坏。

8.1.4 道路运营 3~5 年后，应先调查评估轮迹带磨损状况，再据此进行磨耗层的优化加铺。

8.1.5 面层日常养护同时参照 JTG/T 5190 执行。

8.2 路面破损处修复

8.2.1 针对面层破损，应先评估其损坏程度，再选择相应的修复方法。

8.2.2 面层零星破损，应按以下工序处理：

f) 挖除。将破损处垂直、规则的挖除。

g) 回填料制备。将挖出的旧料与超疏水材料现场拌和均匀。

h) 回填与夯实。采用制备好的混合料回填至坑槽，并用冲击夯夯实。

i) 加铺磨耗层：最后统一加铺磨耗层。

8.2.3 面层集中路段破损，使用旋耕机将原破损面层就地打碎，添加 20%~50% 土料，随后喷洒超疏水材料并充分拌和，形成改良型再生混合料。经整平、压路机压实成型后，进行养护晾晒，最终加铺磨耗层。

附录A
(资料性附录)
超疏水土表面荷叶效应

A.1 超疏水土表面水珠荷叶效应

超疏水土表面水珠荷叶效应见A.1。



图 A.1 水珠在超疏水土表面的荷叶效应

参考文献

- [1] 泥结碎石道路设计规范；
 - [2] 广东省土地开发整理工程建设标准；
 - [3] 超疏水生态土路建设技术规范（T/EERT029-2022）
 - [4] JTG/T 3610 公路路基施工技术规范
-