



T/CECS ×××—2022

中国工程建设标准化协会标准

硬质路面结构土应用技术规程

Technical specifications for application of structural soil used on hard pavement

（征求意见稿）

中国 XX 出版社

中国工程建设标准化协会标准

硬质路面结构土应用技术规程

Technical specifications for application of structural soil used on hard pavement

T/CECS ×××—2022

主编单位：上海辰山植物园

上海园林设计研究总院有限公司

批准部门：中国工程建设标准化协会

施行日期：2022 年××月×日

中国计划出版社

20×× 北 京

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2020 年第二批协会标准 制订、修订计划>的通知》（建标协字〔2020〕23 号）的要求，编制组经广泛和深入调查研究，认真总结科研成果和实践经验，参考有关标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分为 7 章和 2 个附录，主要技术内容包括：总则、术语、原材料和成品、设计、施工、验收和养护等。

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

本规程由中国工程建设标准化协会海绵城市工作委员会归口管理，由上海辰山植物园负责具体技术内容的解释。本规程在使用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解释单位（地址：上海市松江区辰花公路 3888 号 1 号门，邮政编码：201602），以供修订时参考。

主编单位： 上海辰山植物园

上海园林设计研究总院有限公司

参编单位： 上海绿地环境科技（集团）股份有限公司

深圳仙湖植物园（深圳市园林研究中心）

昆山市绿化委员会办公室

北京园林科学研究院

上海申迪园林投资建设有限公司

上海植物园

上海市园林绿化行业协会

沪苏大丰产业联动集聚区建设开发有限公司

上海市园林工程有限公司

主要起草人： X X X X X X X X X X X X X X X

X X X X X X X X X X X X

主要审查人： X X X X X X X X X X X X X X X

X X X X X X X X X X

目 次

1 总 则	1
2 术 语	2
3 原材料和成品	4
3.1 一般规定	4
3.2 原材料	5
3.3 成品配制	错误!未定义书签。
3.4 质量检测检验	7
3.5 成品运输和贮存	9
4 设 计	10
4.1 一般规定	10
4.2 配 方	10
4.3 安装范围	11
4.4 安装工艺和排水系统	12
5 施工	15
5.1 一般规定	15
5.2 地形开挖与构筑	15
5.3 安 装	16
5.4 后续铺装和植物种植	18
6 验收	20
7 养护	22
本规程用词说明	23
引用标准名录	24
条文说明	25

Contents

1	General provisions	1
2	Terms	2
3	Raw material and finished product.....	4
3.1	General requirements	4
3.2	Raw material	5
3.3	Finished product configuration.....	7
3.4	Quality inspection.....	9
3.5	Finished products transportation and storage.....	11
4	Design.....	错误!未定义书签。
4.1	General requirements	错误!未定义书签。
4.2	Formula	错误!未定义书签。
4.3	Installation scope	13
4.4	Installation process and drainage system.....	15
5	Construction.....	17
5.1	General requirements	17
5.2	Topographic excavation and construction.....	17
5.3	Installation	18
5.4	Subsequent paving and plant planting	21
6	Quality acceptance	错误!未定义书签。
7	Curing.....	25
	Explanation of wording in this specification	26
	List of quoted standards.....	27
	Addition: Explanation of provisions	28

1 总 则

1.0.1 为规范硬质路面种植结构土的质量评价、设计、配制和安装施工、验收和养护，做到科学、规范和安全地配制和安装硬质路面种植结构土，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于道路、公共广场、停车场和步行商业街等硬质路面种植植物时，为改善种植内穴植物根系生长的空间和养分不足，减缓植物根系生长破坏硬质路面平整等潜在危害，在种植外穴进行种植结构土的设计、配制和安装施工、验收和养护。

1.0.3 硬质路面种植结构土应用除应符合本规程规定，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 种植结构土 planting structural soil

将土壤、结构土骨料、或土壤改良剂、或土壤增黏剂按一定比例均匀配制，安装在硬质路面种植内穴的外围（即种植外穴），能承载一定压力、改善种植内穴植物生长存在的空间和养分不足、减缓植物根系生长破坏硬质路面平整等潜在危害的一种特殊土壤混合物。

2.0.2 结构土骨料 structural soil aggregate

粒径大于 19 mm、有一定棱角、能在种植结构土中起骨架或填充作用的块状松散材料。

2.0.3 土壤改良剂 soil amendment

用于改善土壤的物理、化学和生物学性质与功能，使其更适宜于植物生长、生产和生态恢复的物料。

2.0.4 土壤增黏剂 soil tackifier

能增加结构土骨料与土壤之间的附着力而不易分离的材料。

2.0.5 硬质路面种植 planting on rigid pavement

在人行道、公共广场、停车场、步行商业街等硬质路面所覆盖或紧邻区域进行植物种植。

2.0.6 硬质路面种植穴 planting hole on rigid pavement

以硬质路面拟种植植物为中心，挖掘而成的坑穴为硬质路面种植穴。分为种植内穴和种植外穴。

种植内穴相当于传统的种植穴，即为种植植物挖掘的坑穴，为植物所在的中心部位。可为圆形、正方形、或长方形，直径或长（宽）度不宜小于 1.0 m，深度不宜小于 0.8 m，也不宜大于地下常水位。

种植外穴即安装种植结构土部位，沿种植内穴四周延伸并应基本能覆盖到植物根系正常生长所能达到的最大范围。种植外穴形状可同种植内穴或根据硬质路面情况随机调整；直径或长（宽）度不宜<1.0 m，宜为 2cm~3 m，与植物根系正常生长所能达到的最大范围相当为佳，也可整个硬质路面全覆盖；深度不应小于种植内穴深度，宜比种植内穴或地下排水口略低 2 cm~5 cm，也不宜大于地下常水位。

2.0.7 非毛管孔隙度 non-capillary porosity

土壤中直径大于 0.1 mm 的孔隙占土壤体积的比例，用百分率（%）表示。这类孔隙没有毛管作用，充满空气，称非毛管孔隙，也称通气孔隙。

2.0.8 堆积空隙率 bulk porosity

结构土骨料自然堆积时，骨料颗粒之间的空隙体积所占堆体体积的比例，用百分率（%）表示。

2.0.9 结构土异位配制 structural soil ex-situ preparation

在种植结构土安装现场附近建立场地，将结构土各原料按照合适比例和工序配制后再运至安装现场的过程。

2.0.10 结构土原位配制 structural soil in-situ preparation

在种植结构土安装现场，将结构土各原料按照合适比例和工序在现场边配制边安装结构土的过程。

2.0.11 找平层 leveling layer

为确保种植结构土与硬质路面紧密衔接和路面平整，在种植用结构土安装的最顶层用小粒径石块或黄沙进行整平、找坡或加强安装的层次。

3 原材料和成品

3.1 一般规定

3.1.1 硬质路面种植穴分种植内穴和种植外穴。种植内穴应用种植土，种植外穴应安装种植结构土，其主要指标应分别符合下列规定：

1 种植内穴用种植土应符合现行住建部标准《绿化种植土壤》CJ/T 340-2016 中第 4 条的规定。当种植土黏粒（ $<0.002\text{ mm}$ ）含量 $>25\%$ 或土壤非毛管孔隙（通气空隙）度 $<5\%$ 时，应添加 $5\%\sim 20\%$ 的粗砂（ $0.5\text{ mm}\sim 2.0\text{ mm}$ ）、或石砾（ $>2.0\text{ mm}$ ）、或石块（ $>3.0\text{ mm}$ ）、或陶砂（ $<5\text{ mm}$ ）、或陶粒（ $5\sim 25\text{ mm}$ ）等提高土壤排水性，但其最大粒径应 $\leq 30\text{ mm}$ 且改良土壤粒径 $>2.0\text{ mm}$ 的含量应 $\leq 20\%$ 。

2 种植外穴宜用土壤、结构土骨料、或土壤改良剂、或土壤增黏剂等不同原材料按适宜比例均匀配制的种植结构土，不管是原位配制还是异位配制，种植结构土成品的主要控制指标应符合表 3.1.1 的规定。

表 3.1.1 种植结构土成品主要控制指标

控制项目					指标	检测方法	
1	堆积空隙率（%） ^a				40~50	GB/T 14685 的 7.13	
2	含水量（%）				<30	LY/T 1215	
3	土壤 ^b	pH ^c	一般植 物	2.5:1 水土比	4.5~8.3	LY/T 1239	
				水饱和浸提	4.5~8.0	LY/T 2445-2015 附录 F	
4		EC 值 (mS/cm)	5:1 水土比		0.15~1.2	LY/T 1251	
			水饱和浸提		0.30~3.0	LY/T 2445-2015 附录 G	
5		黏粒含量（<0.002mm）（%） ^d				>15	LY/T1225
6		有机质含量（g/kg）				15~80	LY/T 1237
^a: 可选择种植结构土骨料或成品测定，若骨料已测定该数据，成品可直接引用。 ^b: 应选择生产好待用的结构土，并先剔除了石块的那部分土壤。 ^c: 对于种植特殊植物或种植需要不同的 pH 值可以在设计中说明。 ^d: 可直接引用种植结构土土壤原料数据。							

3.1.2 强碱、强酸、污染物超标等对植物正常生长或存在潜在毒害的材料不应用做种植结构土原料。

3.2 原材料

I 土壤

3.2.1 种植结构土配制用土壤原料的黏粒含量应 $\geq 15\%$ ，可选择淤泥或质量符合现行住建部标准《绿化种植土壤》CJ/T 3402016 第 4 条规定的土壤，其主要控制指标应符合表 3.2.1 的规定。

表 3.2.1 种植结构土配制用土壤的主要控制指标

控制项目			指标	检测方法
1	黏粒（<0.002 mm）含量		≥15%	LY/T 1225
2	pH ^a	2.5:1 水土比	4.0~8.5	LY/T 1239
		水饱和和浸提	4.0~8.3	LY/T 2445-2015 附录 F
3	EC 值 (mS/cm)	5:1 水土比	0.08~1.2	LY/T 1251
		水饱和和浸提	0.15~3.5	LY/T 2445-2015 附录 G
4	有机质含量（g/kg）		8~80	LY/T 1237
5	重金属		符合 CJ/T 340-2016 4.2.5.1 c 的规定	CJ/T 340-2016
a: 对于种植特殊植物或种植需要不同的 pH 值可以在设计中说明。				

3.2.2 当土壤原料黏粒含量 $<45\%$ 时，在种植结构土配制制时应添加土壤增黏剂。

II 结构土骨料

3.2.3 种植结构土配制用骨料可包括下列种类：

- 1 天然骨料：主要为火山石等天然形成骨料。
- 2 人工骨料：包括两种类型：一是采用以开采岩石作为原料，经过破碎、碾磨、筛分而成，如碎石等；二是人工合成，如大陶粒、砖、瓷、水磨石、水泥型人造石、烧结型人造石等。
- 3 再生骨料：由建筑垃圾中的石或砖瓦加工而成；含有混凝土、水泥、砂浆等碱性材料且无法去除的再生骨料禁止作为硬质路面结构土生产用骨料。

3.2.4 种植结构土配制用骨料的主要控制指标应符合表 3.2.4 的规定。

表 3.2.4 种植结构土配制用骨料的主要控制指标

控制项目	指标	检测方法
------	----	------

1	形状	不规则、有棱角多面体	目视法
2	粒径	应在 19 mm~75mm 间, 且 37.5 mm~75 mm 间比例>90%	GB/T 14685-2011 的 7.3
3	堆积空隙率 ^a	40%~50%	GB/T 14685 的 7.13
4	含泥量	<1.5%	GB/T 14685 的 7.4
5	泥块含量	<0.5%	GB/T 14685 的 7.5
6	坚固性	质量损失<12%	GB/T 14685 的 7.9
7	强度	压碎指标≤30% (还应符合道路设计的要求)	GB/T 14685 的 7.10
^a : 种植结构土成品可直接引用。			

3.2.5 用矿山废石生产的碎石还应符合我国环保和安全相关的标准和规范, 不应对人体、动植物、环境产生有害影响。

III 土壤改良剂

3.2.6 当种植结构土配制用土壤原料检测符合表 3.1.1 的规定时, 可不用土壤改良剂; 当检测不符合表 3.2.1 的规定, 诊断主要障碍因子后, 宜用农林有机废弃物堆肥产品作为土壤改良剂来改良或者修复土壤, 有机改良材料应腐熟, 其主要控制指标应符合表 3.2.6 的规定。

表 3.2.6 用做土壤改良剂的有机改良材料的主要控制指标

控制项目			指标	检测方法
1	粒径 (质量分数) / (%)		$W_{d\leq 15\text{mm}} \geq 80$	GB T 33891-2017 附录 A
2	杂物 (质量分数) / (%)		$W_{z>2\text{mm}} \leq 5$ 、 $W_{z>5\text{mm}} = 0$	GB T 33891-2017 附录 B
3	pH	水饱和浸提	可在 4.0~9.5 内调整	GB/T 31755-2015 附录 C
		10:1 水土比法	可在 4.0~9.5 内调整	LY/T 1239
4	EC 值/ (mS/cm)	水饱和浸提法	≤ 12.0	GB/T 31755 附录 D
		10:1 水土比法	0.5~4	LY/T 1251
5	含水量 (质量分数) / %		≤ 40	GB/T 8576
6	有机质 (质量分数) / %		≥ 45	NY 525-2021
7	总养分 (以干基计) (总氮+总磷+总钾) (质量分数) / %		≥ 3	NY 525-2021 附录 D
8	发芽指数 / (%)		> 70	GB/T 23486 的 6.3
9	重金属		符合 GB T 33891-2017 表 4 中 II 级限值的规定	GB T 33891-2017

3.2.7 土壤改良剂的加入量应小于土壤体积的 30%，以 10 %~20 %为宜。

IV 土壤增黏剂

3.2.8 土壤增黏剂宜用聚丙烯酸钾、聚丙烯酰胺等水溶性丙烯酰胺类聚合物、衍生物或共聚物。

3.2.9 土壤增黏剂不应对人体、动植物、环境产生有害影响。

3.2.10 土壤增黏剂的主要控制指标应符合表 3.2.10 的规定。

表 3.2.10 种植结构土配制用土壤增黏剂的主要控制指标

序号	控制项目	指标	检测方法
1	外观	白色或淡黄色颗粒状及粉末状	目视法
2	pH	7.0~8.5	SY/T 5661
3	水分	≤8%	SY/T 5661
4	水不溶物	≤1.0%	GB/T 17514
5	氯化物含量	≤0.5%	GB/T 17514
6	硫酸盐含量	≤1.0%	GB/T 17514
7	丙烯酰胺单体含量	≤0.05%	GB/T 17514
8	特性黏数, 100ml/g	≥6.0	SY/T 5661

3.2.11 土壤增黏剂用量应根据种植结构土配制用土壤原料的黏粒含量来确定：当土壤黏粒含量≥45 %时，可不用土壤增黏剂；当土壤原料黏粒含量<45%时，用量控制在结构土骨料质量的 0.02%~0.05%之间。

3.3 质量检测检验

3.3.1 宜先对种植结构土原材料进行检测，确保只有检测结果符合相应原材料主控指标要求的原材料才能进行结构土配制，原材料抽样应符合下列规定：

1 同一土源或每 30 m³~50 m³的土壤原料应取 1 个混合取样点，至少由均匀分布的 5 个取样点组成，每个点取样量不少于 0.5 kg，所有取样混合均匀后用四分法保留至少 1 kg，混合样风干过筛后待测。

2 同一来源或每 50 m³~200 m³的结构土骨料应均匀划分至少 8 个取样点，每个点取样量不少于 1.5 kg，所有取样混合均匀，用四分法保留至少 8 kg 样品，待测；若连续抽检 3 次主控指标差异在 15%以内，抽样频率可放宽至 500 m³~1000 m³。

3 同一批次或每 $10\text{ m}^3\sim 50\text{ m}^3$ 的土壤改良剂应取 1 个混合取样点，至少由均匀分布的 5 个取样点组成，每个点取样量不少于 0.5 kg ，所有取样混合均匀后用四分法保留至少 1 kg ，混合样风干过筛后待测。

4 增黏剂按照现行国家标准《固体化工成品采样通则》(GB/T 6679) 的规定采样，采样总量缩分后不少于 0.5 kg ，待测。

3.3.2 异位配制成品抽样应符合下列规定：

1 每配制 $50\text{ m}^3\sim 100\text{ m}^3$ 种植结构土，应至少采集 1 个混合样品；若成品较均匀或连续抽检 5 次合格以后，抽样频率可放宽至 $500\text{ m}^3\sim 1000\text{ m}^3$ 。

2 每一批样品采样应有代表性，宜在配制好的结构土堆上均匀划分 12 个取样点（在料堆不同方位的顶部、中部和底部），然后从不同部位随机抽取结构土，每个点取样量不少于 1.5 kg ，所有取样混合均匀；混合样用四分法保留至少 8 kg 样品。

3 成品堆积空隙率测定宜直接用骨料测定，也可将成品中骨料剔出、洗净、风干后待测；成品土壤测定前应将骨料剔除，将剩余土壤混合均匀，风干过筛后待测。

3.3.3 原位配制成品抽样宜直接采取土壤、土壤改良剂或增黏剂的混合样，每 $30\text{ m}^3\sim 50\text{ m}^3$ 的混合样原料应取 1 个混合取样点，至少由均匀分布的 5 个取样点组成，每个点取样量不少于 0.5 kg ，所有取样混合均匀后用四分法保留至少 1 kg ，混合样风干过筛后待测。也可现场采样，方法同 3.3.1。

3.3.4 种植结构土原材料和成品检测规则应符合下列规定：

1 应根据种植结构土各原料和成品的主控指标选择检测项目要项，不存在潜在污染物风险的可不进行重金属检测；当可能存在重金属潜在污染物风险时，应根据现行住建部标准《绿化种植土壤》CJ/T 340-2016 的规定进行重金属的检测；当可能存在有机污染物污染时，应根据现行的国家标准《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准》（试行）GB 36600-2018 的规定进行有机污染物的检测。

2 每个结构土安装项目至少进行 1 次原材料和成品的检测。

3 当种植结构土原料来源、成品配方和工艺等发生变化时，应进行抽查检验。

3.3.5 种植结构土原料和成品的质量评定应符合下列规定：

1 原材料和成品质量指标的合格判断应符合现行国家标准《数值修约规则与极限数值的表示和判定》GB/T 8170 中修约值比较法的规定。

2 按照表 3.2.1 的规定，土壤粒径检验结果若不合格，则应判定被检批次原料不合格；pH、EC 值、有机质、重金属含量检测结果应至少 80 %合格，且超幅应在标准值的±20 %以内，不合格用土壤改良剂改良修复至合格为止。

3 按照表 3.2.4 的规定，骨料的形状、粒径和堆积空隙率检验结果中若有一项不合格，则应判定被检批次原料不合格；含泥量、泥块含量、坚固性和强度的检测结果应至少 80 %合格，且超幅应在标准值的±20 %以内。

4 按照表 3.2.6 的规定，土壤改良剂粒径检验结果若不合格，则应判定被检批次原料不合格；杂物、pH、EC 值、含水量、有机质、总养分、发芽指数检测结果应至少 80 %合格，且变幅应在标准值的±20 %以内。

5 按照表 3.2.10 的规定，土壤增黏剂的 pH、氯化物含量、硫酸盐含量和丙烯酰胺单体含量检验结果任一指标若不合格，则应判定被检批次原料不合格；其他指标的检测结果应至少 80 %合格，且变幅应在标准值的±20 %以内。

6 按照表 3.1.1 的规定，成品的堆积空隙率和黏粒含量任一指标检验结果若不合格，则应判定被检批次成品不合格；含水量、pH、EC 值、有机质含量等指标的检测结果应至少 80 %合格，且变幅应在标准值的±20 %以内。

7 土壤改良剂和成品的重金属检验结果若不合格，则应判定被检批次不合格；土壤、骨料等原料的重金属或有机污染物指标的检测结果应至少 80 %合格，且超幅应在标准值的±20 %内，并能通过土壤改良剂调理后达到合格标准。

3.4 成品运输和贮存

3.4.1 种植结构土配制基地应在安装场地附近，尽量防止远距离运输，运输速度不应大于 40 km/h；确需远距离运输的，宜采用混凝土罐车运输，边运输边搅拌，防止因车辆颠簸导致骨料与土壤脱离。

3.4.2 种植结构土应现配现用，应在配制完成后 8 h 以内完成安装，不应放置过夜。

3.4.3 当降雨、气温高、蒸发量大时，堆放的结构土应用无纺布或塑料布等遮挡，防止雨水冲刷、浸泡或水分的蒸发。

4 设计

4.1 一般规定

4.1.1 种植结构土应设计在种植内穴外围，即种植外穴；其设计范围宜能覆盖到植物根系正常生长所能达到的最大范围。

4.1.2 种植结构土设计应能满足硬质路面承载、提供植物生长所需空间和养分以及减缓植物根系生长破坏硬质路面平整；当经济条件允许或降雨丰富地区，宜扩大结构土安装设计范围，可硬质路面全部设计结构土；路面宜设计透水铺装，底部宜设计与地下排水设施联通。

4.1.3 种植结构土的设计范围应与自然边界、市政设施相协调，不得影响市政排水管网、地下线缆、灌溉设施等的正常使用。

4.1.4 种植结构土的设计，应充分考虑与之接触的素土基层、混凝土基层、种植内穴土层、种植苗木生长习性等的有效衔接，应确保整个铺装层平整、耐压实。

4.2 配方

4.2.1 种植结构土配方设计前应对各种拟采用的原材料进行检测分析，各原材料的检测指标应符合下列规定：

- 1 土壤原料应符合表 3.2.1 的规定；或土壤黏粒含量 $\geq 15\%$ ，但其它指标不符合表 3.2.1 的规定，可以通过土壤改良剂改良修复后达到表 3.2.1 的规定；
- 2 结构土骨料应符合表 3.2.4 的规定；
- 3 土壤调理剂应符合表 3.2.6 的规定；
- 4 土壤增黏剂应符合表 3.2.10 的规定。

4.2.2 结构土骨料和土壤设计比例控制在 3: 1~5: 1（体积比）之间，土壤改良剂设计用量小于土壤用量的 30%，土壤增黏剂设计用量在骨料的 0~0.05%之间；应根据原料性质、种植植物种类、安装地立地条件及当地雨强等因素调整种植结构土配方，应符合下列规定：

- 1 年降雨量超过 800 mm 或日降雨超过 100 mm 地区，宜选择粒径全部 > 30 mm 或大部分 > 50 mm 的骨料，宜增加结构土骨料比例。
- 2 种植植物根系发达、粗壮、忌水的，宜增加结构土骨料比例；种植植物须根系、喜湿的，宜减少结构土骨料比例。

3 结构土骨料粒径略小, 宜增加结构土骨料比例; 结构土骨料粒径全部 $>30\text{ mm}$ 或大部分 $>50\text{ mm}$ 的, 宜减少结构土骨料比例。

4 土壤原料为黏质土或结构性差的, 宜增加结构土骨料比例; 土壤质地较疏松的, 宜减少结构土骨料比例。

5 当土壤主要指标能满足表 3.2.1 规定时, 可不用土壤改良剂。

6 土壤增黏剂用量应根据土壤原料的黏粒含量来调整, 应符合下列规定:

(1) 当土壤黏粒含量 $<25\%$, 应用土壤增黏剂, 加入量约为石块质量的 $0.04\%\sim 0.05\%$;

(2) 当土壤黏粒含量在 $25\%\sim 45\%$ 之间时, 宜用土壤增黏剂, 加入量约为石块质量的 $0.02\%\sim 0.04\%$;

(3) 当土壤黏粒含量 $>45\%$ 时, 可不用土壤增黏剂。

4.3 安装范围

4.3.1 种植结构土应设计在种植外穴内, 其外围形状宜与种植内穴一致, 应符合下列规定:

1 若种植内穴为方形, 种植结构土形状宜设计成类似图 4.3.1-1 的方形。

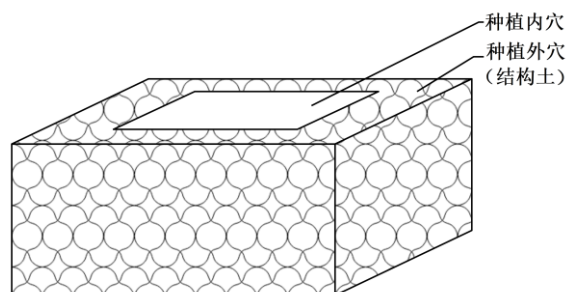


图 4.3.1-1 方形种植结构土

2 若种植内穴为圆形, 种植结构土形状宜设计成类似图 4.3.1-2 的圆形。

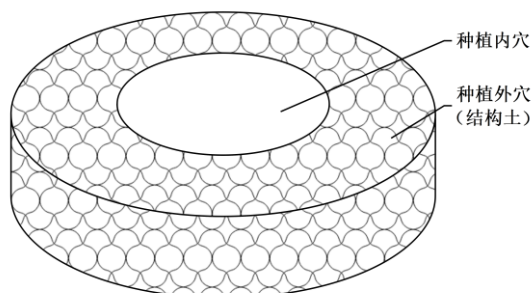


图 4.3.1-2 圆形种植结构土

3 种植结构土形状设计也可以根据硬质路面周边情况进行调整。

4.3.2 种植结构土设计安装范围，也即种植外穴，应根据种植内穴空间大小、种植植物特性及规格等来调整，应符合下列规定：

1 当种植内穴面积 $\leq 1\text{ m}^2$ （内穴长度 $\times$ 内穴宽度 $\leq 1.0\text{ m}\times 1.0\text{ m}$ 或内穴直径 $\leq 1.12\text{ m}$ ）时：应在种植外穴安装种植结构土，且安装面积应 $\geq 5.25\text{ m}^2$ （外穴加大长度 $\times$ 外穴加大宽度 $\geq 1.5\text{ m}\times 1.5\text{ m}$ 或外穴加大直径 $\geq 1.72\text{ m}$ ；以安装面积 $\geq 8\text{ m}^2$ （外穴加大长度 $\times$ 外穴加大宽度 $\geq 2\text{ m}\times 2\text{ m}$ 或外穴加大直径 $\geq 2.27\text{ m}$ ）为佳。

2 当种植内穴面积在 $1\text{ m}^2\sim 2.25\text{ m}^2$ （内穴长度 $\times$ 内穴宽度 $\leq 1.5\text{ m}\times 1.5\text{ m}$ 或内穴直径 $\leq 1.69\text{ m}$ ）之间时：宜在种植外穴安装种植结构土，安装面积宜 $\geq 4\text{ m}^2$ （外穴加大长度 $\times$ 外穴加大宽度 $\geq 1\text{ m}\times 1\text{ m}$ 或外穴加大直径 $\geq 1.13\text{ m}$ ；以安装面积 $\geq 6.75\text{ m}^2$ （外穴加大长度 $\times$ 外穴加大宽度 $\geq 1.5\text{ m}\times 1.5\text{ m}$ 或外穴加大直径 $\geq 1.69\text{ m}$ ）为佳。

3 当种植内穴面积在 $2.25\text{ m}^2\sim 4\text{ m}^2$ （内穴长度 $\times$ 内穴宽度 $\leq 2.0\text{ m}\times 2.0\text{ m}$ 或内穴直径 $\leq 2.25\text{ m}$ ）之间时：可在种植外穴安装种植结构土，安装面积宜 $\geq 2.25\text{ m}^2$ （外穴加大长度 $\times$ 外穴加大宽度 $\geq 0.5\text{ m}\times 0.5\text{ m}$ 或外穴加大直径 $\geq 0.57\text{ m}$ ；以安装面积 $\geq 5\text{ m}^2$ （外穴加大长度 $\times$ 外穴加大宽度 $\geq 1\text{ m}\times 1\text{ m}$ 或外穴加大直径 $\geq 1.12\text{ m}$ ）为佳。

4 当种植内穴面积 $\geq 4\text{ m}^2$ （内穴长度 $\times$ 内穴宽度 $> 2.0\text{ m}\times 2.0\text{ m}$ 或内穴直径 $> 2.25\text{ m}$ ）时，种植中等规格植物可不用种植结构土；当移植胸径 $\geq 20\text{ cm}$ 的大型植物或植物长成后胸径能 $\geq 20\text{ cm}$ 的植物，宜在种植外穴安装种植结构土，安装面积宜 $\geq 5\text{ m}^2$ （外穴加大长度 $\times$ 外穴加大宽度 $\geq 1\text{ m}\times 1\text{ m}$ 或外穴加大直径 $\geq 1.12\text{ m}$ ）为佳。

4.3.3 当经济条件允许或为海绵城市建设需要，可适当放大种植结构土安装设计范围，在降雨丰富或者降雨强度大区域，可以整个硬质路面全部设计成安装种植结构土。

4.4 安装工艺和排水系统

4.4.1 应预先设计好种植结构土的安装工艺，能满足种植结构土安装时打夯机或碾压机夯实和结构土设计形状的固定，并能和种植内穴之间衔接紧密和有效区分，可用木质临时架；宜专门设计用于种植结构土安装的模具，安装模具应符合下列规定：

1 大小、形状应和种植内穴相当，但最高深度（h）不应大于 60 cm ，宜为 $25\text{ cm}\sim 35\text{ cm}$ 。

2 宜为铁或钢的材质，若为木质，应能满足现场承压、施工方便要求。

3 宜在模具四周的上沿打有挂孔、拉钩、或其它任何形式的便于现场安装时能快速、方便模具施工的装饰。其中图 4.4.1-1 适用于圆形种植内穴模具，图 4.4.1-2 适用于方形种植内穴模具。

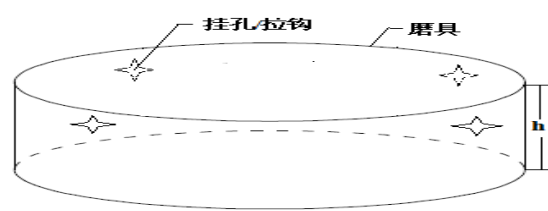


图 4.4.1-1 圆形安装模具

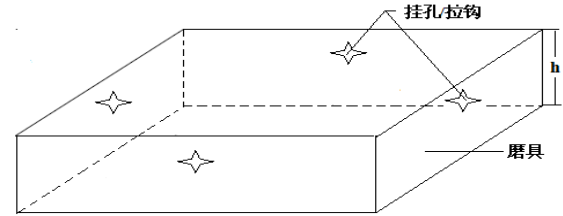


图 4.4.1-2 方形安装模具

4.4.2 为减少雨水在植物根系蓄积，确保入渗的雨水能及时排放，应预先设计好种植结构土的排水系统，在结构土开挖基部预设排水盲管与城市排水管道衔接。大范围结构土盲管安装方式采用鱼骨形；点状确保每个区域下方至少有一根盲管与排水设施连通。有条件的宜设计四通阀门（见图 4.4.2），四通阀门应符合下列规定：

- 1 第一水平出口（接水口）用无纺布包扎后直接伸向结构土安装地方，用于接收从结构土入渗下来的雨水（图 4.4.2 中 1）。
- 2 第二水平出口（波纹排水口）应与城市排水管道连接（图 4.4.2 中 2）。
- 3 第一垂直朝上出口（排水管）用于连接密布孔隙的波纹排水软管（用无纺布包扎），波纹排水管位置宜位于种植穴内，离种植植物树干外围 30 cm~80 cm 处（图 4.4.2 中 3）。
- 4 第二垂直朝上出口（水位观测管）直接连接直径约 15 cm 的水位观测管道，用于观察地下水位（图 4.4.2 中 4）。

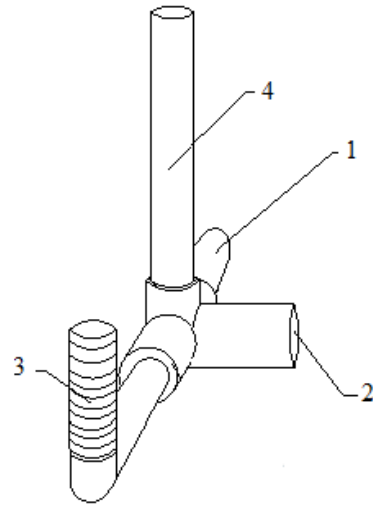


图 4.4.2 结构土四通阀门管示意图

4.4.3 为保持种植结构土及种植内穴的土壤湿度，整个结构土排水系统，尤其是排水口宜略高于种植结构土基部 2 cm~5 cm。

5 施工

5.1 一般规定

5.1.1 结构土的安装施工，不应作为地基支撑的现场原件进行施工，应在硬质路面地基、周边墙体、路缘、基础和公共设施（结构土内及穿越结构土的管线等除外）完成后立马进行；宜与穿过或者处于结构土内部的相关专业管线及基础作业同步进行；应先于植物种植，不应在结构土安装后再进行开挖安装。

5.1.2 结构土的安装工程施工，应制定专项施工方案，并应符合下列要求：

1 结构土的安装施工应按设计文件（包括配方、安装范围、安装工艺和排水系统）和专项施工方案施工。

2 施工前，施工单位应按设计文件要求和工程实际编制专项施工方案并经建设或监理单位审查批准。施工单位应对施工作业人员进行技术交底和专业技术培训。

3 所用的结构土的原材料及配制的成品应符合设计和本规程的规定，位于路面下方的结构土安装，还应符合现行的交通运输部标准《公路路基设计规范》JTG D30-2015 中“3.3 填方路基”的规定。

4 对于纳入工程报监验收的项目，应按照当地工程管理部门的要求进行见证取样送检，应提供检测报告。

5.1.3 结构土内应安装排水盲管，并与市政排水管网连通，防止结构土积水。

5.1.4 结构土的安装施工应避开雨天和高温或低温天气，温度宜在 10℃~30℃。

5.2 种植穴开挖与构筑

5.2.1 按照设计的图纸，在施工现场将各个待种植的中心位置作好标记，然后标识注明每个种植穴开挖范围（包括种植内穴和种植外穴），并标注控制线和标高。

5.2.2 种植穴开挖范围应与结构土安装范围及地形相一致，除有特殊规定外，开挖深度不应低于结构土安装设计深度；应及时清除基坑中的碎屑、垃圾、碎石及其他异物，防止有燃料、机油、混凝土冲蚀泥浆及其他有害材料溢出物。

5.2.3 当种植穴开挖范围超出其设计范围或者需要构筑地形时，宜用原位开挖出的或其他符合要求的填料回填，并进行平整和夯实，夯实后的标高应满足结构土安装的设计要求的空间，压实度应符合地基或路基设计的要求。

5.2.4 对于结构土下方有其他构筑设施的，应按要求预留出相应的空间，并完成安装后再进行结构土的安装。

5.2.5 必要时，应对相邻墙体、土壤、地基、道路和公共设施进行保护，以防受结构土安装工作损坏及污染。

5.2.6 种植穴开挖应避开雨天，若开挖后下雨应及时用遮雨或排水措施；安装前底部有积水的，应清除积水后再进行结构土的安装。

5.3 成品配制

5.3.1 种植结构成品配制前应先进行合格原材料准备，应符合下列规定：

1 结构土配方拟用的各种原材料应符合本规程 4.2 的规定，应先对各种原材料按照主要控制指标进行采样分析，对不符合质量要求的应先进行改良修复，确保只有满足质量要求的原料才能进入配制基地待用。

2 根据成品配制量和配方准备足够量的原材料待用。

5.3.2 种植结构土成品配制应在种植穴地形开挖或构筑完工后，结构土安装前，避开雨天、高温或低温等极端天气，宜选择持续不下雨的天气下进行。

5.3.3 种植结构土成品配制分异位配制和原位配制 2 种工艺，其中规模 $>300\text{ m}^3$ 的结构土安装宜用异位配制，规模 $<50\text{ m}^3$ 的结构土安装宜用原位配制。

5.3.4 种植结构土异位配制应采取就近选择配制基地原则，可采用搅拌机或挖掘机搅拌，应符合下列规定：

1 搅拌机搅拌应符合下列规定：

- (1) 就近选择配制基地，对基地要求不高，只要能满足搅拌机正常运行和物料正常运输即可；
- (2) 将符合质量要求的各种原料投入搅拌机；
- (3) 土壤增黏剂可直接和原料混拌，也可溶于水中（视其溶解度及温度而定，一般质量浓度 0.1 %~0.2 %，最高不超过 0.5 %），并加入搅拌机中，直至骨料全部湿润；

(4) 边搅拌边缓慢加入水或增黏剂水溶液,直至土壤和土壤改良剂均匀地附着在骨料表面,不得有水渗出,加入水的量(包含溶解增黏剂的水)不超过土壤的 20%。

(5) 搅拌好的结构土应及时回填安装,不应超过 8h,短期堆放应进行遮盖防止水分蒸发。

2 挖掘机搅拌应符合下列规定:

(1) 配制基地应就近选择地势平坦、土壤压实的场地,宜选择硬化场地;

(2) 在场地底层均匀安装 20 cm~30 cm 厚度的骨料;

(3) 将土壤增黏剂溶于水中(视其溶解度及温度而定,一般质量浓度 0.1%~0.2%,最高不超过 0.5%),并喷洒在骨料上,直至骨料湿润;

(4) 按比例将土壤、土壤改良剂均匀铺在骨料上,并将剩余的增黏剂均匀喷洒其上;

(5) 用挖掘机或铲车进行搅拌,边搅拌边喷洒均匀、缓慢加水,直至土壤和土壤改良剂均匀的附着在骨料表面,注意加水应加入、不得有水渗出,加入水的量(包含溶解增黏剂的水)不超过土壤的 20%。

(6) 搅拌好的结构土应及时回填安装,不应超过 8h,短期堆放应进行遮盖防止水分蒸发。

5.3.5 种植结构土原位配制应在种植外穴开挖符合要求后,在结构土安装的同时进行配制,应符合下列规定:

1 先将符合质量要求的各种结构土原料运至种植外穴待用,其中土壤、土壤改良剂或土壤增黏剂宜按照配方先搅拌均匀。

2 先在种植外穴底层安装 20 cm 左右厚度的骨料,用人工振平机夯击骨料 3~4 遍至压实度达到 95%。

3 将搅拌均匀的土壤、土壤改良剂或增黏剂混合物均匀安装在骨料上,用低压水枪将混合物大部分冲入骨料缝隙中。

4 再安装 20 cm 左右厚度的骨料,再同上操作。

5.4 安 装

5.4.1 应先安装好要经过结构土的各种管道、设施、尤其是排水系统。其中四通阀门应先安装,宜在拟安装四通阀门的地形基部安装 2cm~5 cm 厚水泥混凝土,将四通阀门稳定在水泥混凝土上后,再在四通阀门各个管道连接处用少量的水泥混凝土进一步固定四通阀门。

5.4.2 种植结构土安装前应确定好种植内穴位置，应将安装模具放置到结构土的位置，然后按照安装模具的高度分层安装结构土。

5.4.3 异位配制结构土分层安装应符合下列规定：

1 在安装模具外围安装异位配制好结构土，厚度和模具高度相当，最高不宜超过 2 cm；用打夯机或碾压机压实 5~10 遍，使夯实密实度达到 95%。

2 在安装模具内安装约同等高度的符合 3.11 质量要求的种植土，用人工振平机夯击 1~2 遍至压实度达 85%，使安装模具内种植土高度和模具外结构土的高度基本一致。

3 用外力垂直拉升安装模具的挂孔、拉钩、或设计的其它形式装饰，将安装模具重新放至原种植内穴位置，从新的标高开始重复上述步骤直至安装到设计的结构土厚度。

4 安装好的结构土应马上覆盖 PE 薄膜及遮荫网，防止水分蒸发及雨水冲刷。

5.4.4 原位配制结构土分层安装应符合下列规定：

1 在安装模具外围安装和模具高度相当的结构土骨料，最高不宜超过 2cm；用打夯机或碾压机压实 5~10 遍，使夯实密实度达到 95%。

2 将搅拌均匀的土壤、土壤改良剂或增黏剂混合物均匀安装在骨料上，用低压水枪将混合物大部分冲入骨料缝隙中。

3 在安装模具内安装约同等高度的符合 3.11 质量要求的种植土，用人工振平机夯击 1~2 遍至压实度达 85%，使安装模具内种植土高度和模具外结构土的高度基本一致。

4 用外力垂直拉升安装模具的挂孔、拉钩、或设计的其它形式装饰，将安装模具重新放至原种植内穴位置，从新的标高开始重复上述步骤直至安装到设计的结构土厚度。

5.4.5 不管是异位配制还是原位配制的种植结构土，应在安装好的结构土上立即覆盖 PE 薄膜或遮荫网，防止水分蒸发及雨水冲刷；单次安装宜在 8 h 内完成；若同一区域内有其它交叉施工导致结构土需分批安装的，应在 72 h 内完成所有结构土的安装。

5.4.6 对完成种植结构土安装又不立即进行植物种植或路面铺装的区域应做好现场保护，表面应覆盖土工织物，对可能发生污染的部位先覆盖隔离塑料布再覆盖土工织物。

5.5 后续铺装和植物种植

5.5.1 种植结构土安装好后应按照设计要求尽快完成后续路面铺装和植物种植。

5.5.2 种植结构土的后续铺装应符合下列规定：

1 应按照设计的道路要求进行，与其周围地坪材质、厚度保持水平一致。

2 整个后续铺装宜为透水材料。

3 对行车少的中、低级路面，宜在安装好的结构土上铺设粒径小于 1 cm 的碎石 5 cm~8 cm 厚度作为找平层，然后在上直接进行路面铺装；对承担行车功能或对路面要求较高的路面，应安装垫层和下基层。

5.5.3 植物种植同常规在种植内穴进行，宜在结构土安装完工后、硬质路面铺装前进行，也可在整个路面铺装后进行；种植植物树干基部应与种植土表层齐平，宜与种植结构土顶层齐平，预留空间铺设有有机覆盖物；有机覆盖物应选择耐分解和抗风蚀能力强的木片或树皮，应符合现行国家标准《绿化植物废弃物处置和应用技术规程》GB/T 31755-2015 附录 A 的规定。

5.5.4 硬质路面种植结构土整个系统宜按照图 5.4.4 示意图进行，具体步骤和实施要领可按照实际情况适当调整，如水位观测管每棵种植植物可只安装一个，同一区域、同一水平位置多棵植物可共用 2~3 个水位观测管。

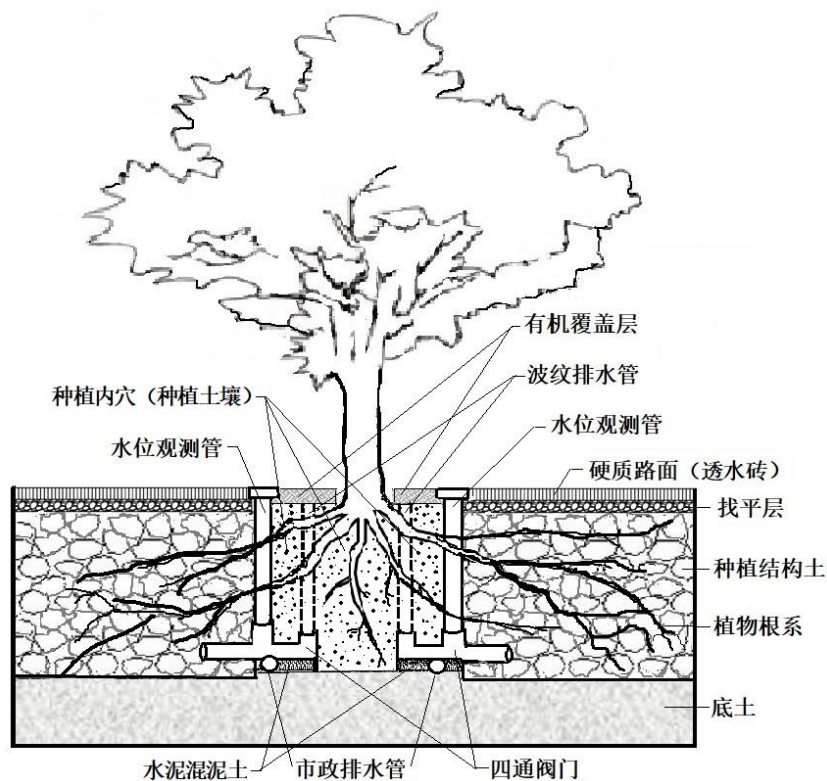


图 5.4.4 硬质路面种植结构土安装效果示意图

6 验收

6.0.1 不管结构土是异位配制还是原位配制，在安装前均应对其原材料或者成品进行检测和验收，确保只有符合质量要求的原材料和成品才能进入安装现场，具体应符合下列规定：

- 1 土壤应按照本规程 3.4.1 第 1 条的要求进行抽检，并符合本规程 3.4.5 第 2 条的规定。
- 2 结构土骨料应按照本规程 3.4.1 第 2 条的要求进行抽检，并符合本规程 3.4.5 第 3 条的规定。
- 3 土壤改良剂应按照本规程 3.4.1 第 3 条的要求进行抽检，并符合本规程 3.4.5 第 4 条和第 7 条的规定。
- 4 土壤增黏剂应按照本规程 3.4.1 第 4 条的要求进行抽检，并符合本规程 3.4.5 第 5 条的规定。
- 5 种植结构土异位配制成品应按照本规程 3.4.2 的要求进行抽检；原位配制成品应按照本规程 3.4.3 的要求进行抽检，并符合本规程 3.4.5 第 6 条和第 7 条的规定。

6.0.2 结构土施工验收前，施工单位应提交并归档下列文件和资料：

- 1 工程竣工图纸、设计变更通知单、工程施工合同等。
- 2 施工组织设计或施工方案、技术交底、安全技术交底文件等。
- 3 结构土原材料和成品的检测报告。
- 4 开挖面积大小、排水系统设置等现场照片。
- 5 隐蔽工程的验收记录。

6.0.3 隐蔽工程验收应符合以下规定：

- 1 地形开挖与构筑
 - 地形开挖构筑后，其尺寸和范围应符合设计和本规程的要求；每个地块应至少拍摄一张有现场尺寸大小标识的佐证照片。
 - 回填区域内无明显异物、无积水，相邻设施的保护措施。
 - 下方其他设施的验收记录。
- 2 排水系统
 - 结构土排水系统应符合设计和本规程的要求。
 - 排水系统能排水通畅，其中水位观测管应无明显积水。
 - 整个排水系统应略高于结构土基部 2cm~5cm。

3 结构土配制

——结构土配制应确保各种原材料的充分混合均匀；

——配制的成品土壤含水量不宜过高或过低，既能保证附着在骨料上，又不能有太高水分导致流失；

——异位配制的结构土在运输过程中能保持结构土稳定；

——当天配制结构土需当天安装，即使需要临时堆放的，需要做好防护措施，且最长堆放时间不应超过 8 h。

4 结构土安装

——结构土是逐层安装，每层安装高度不应超过 35 cm，不低于骨料最大粒径的 1.5 倍；压实度应达到 95%，种植土回填压实度达到 85%；

——单次回填的时间不超过 8 h，多次回填的时间间隔不超过 72 h；

——模具或挡板压实时无明显变形；

——结构土内部管线和市政设施安装和验收记录。

——验收时已完成种植和硬质路面铺装的，还应有回填后结构土的回填范围和保护措施记录。

6.0.4 非隐蔽工程验收应符合以下规定

1 结构土的安装范围和保护措施。

2 表面平整。

7 养护

- 7.0.1** 生产、运输过程中，应适当洒水保持结构土的含水量。
- 7.0.2** 配制好的结构土临时存放时，应进行遮盖，并洒水保湿。
- 7.0.3** 回填后的结构土应采用 PE 膜和遮荫网覆盖，防止水分蒸发和雨水冲刷。
- 7.0.4** 硬质路面铺装前，宜对结构土进行灌溉养护，应细水均匀浇透，使结构土均匀稳定的沉降；应防止大水漫灌导致的骨料和土壤分离以及内部出现空隙；灌溉不均匀引起的沉降不一致、导致表面不平整。
- 7.0.5** 应定期通过水位观测管道检查结构土的积水情况，排水不畅时应查明原因，并及时排除。
- 7.0.6** 发现硬质路面下陷深度较大时，应移除硬质铺装，补充结构土后再恢复硬质路面。
- 7.0.7** 路面积水或通行超出设计要求的车辆时，应检查硬质路面及结构土是否下陷，若下陷应及时恢复。
- 7.0.8** 硬质路面植物种植后 2 年内应定期观测植物长势，在持续干旱天气，应增加植物观测频次，一旦发觉植物叶片有缺水的症状，应及时给植物补水，补水宜少量多次。待植物长势恢复后 2 年后，可同常规的植物养护。

本规程用词说明

- 1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：
 - 1) 表示很严格，非这样做不可的：
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
 - 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
 - 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
 - 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。
- 2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……有关规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准》（试行）GB 36600

《数值修约规则与极限数值的表示和判定》GB/T 8170

《复混肥料中游离水含量的测定 真空烘箱法》GB/T 8576

《建设用卵石、碎石》GB/T 14685

《水处理剂 阴离子和非离子型聚丙烯酰胺》GB/T 17514

《城镇污水处理厂污泥处置 园林绿化用泥质》GB/T 23486

《绿化植物废弃物处置和应用技术规程》GB/T 31755-2015

《绿化用有机基质》GB T 33891-2017

《绿化种植土壤》CJ/T 340

《公路路基设计规范》JTG D30-2015

《森林土壤水分-物理性质的测定》LY/T 1215

《森林土壤颗粒组成(机械组成)的测定》LY/T 1225

《森林土壤有机质的测定及碳氮比的计算》LY/T 1237

《森林土壤 pH 值的测定》LY/T 1239

《森林土壤水溶性盐分分析》LY/T 1251

《绿化用表土保护技术规范》LY/T 2445

《有机肥料》NY 525-2021

《钻井液用增黏剂 丙烯酰胺类聚合物》SYT 5661

中国工程建设标准化协会标准

硬质路面结构土应用技术规程

T/CECS ×××—202×

条文说明

目 次

2	术 语.....	27
3	原材料和成品.....	28
3.1	一般规定.....	28
3.2	原材料.....	28
3.3	质量检测检验.....	27
4	设 计.....	30
4.1	一般规定.....	30
4.2	配 方.....	30
4.3	安装范围.....	30
4.4	安装工艺和排水系统.....	31
5	施工.....	32
5.1	一般规定.....	32
5.2	地形开挖与构筑.....	32
5.3	成品配制.....	32
5.4	安 装.....	33
5.5	后续铺装和植物种植.....	34
6	验收.....	34
7	养护.....	34

2 术语

2.0.1 种植结构土 planting structural soil

为区分一般工程上常用的结构土概念，特地注明是种植结构土，说明其主要功能除了具备一般结构土的承载作用，主要能为植物生长提供地下空间和肥力，并介绍其常用的原料组成。

2.0.2 结构土骨料 structural soil aggregate

为区分一般工程上常用的骨料，特地注明是结构土骨料。同时为了达到堆积空隙率要求，特别注明粒径、外形要求。

2.0.6 硬质路面种植穴 planting hole on hard pavement

参考现行住建部行业标准《园林绿化过程施工及验收规范》CJJ 82-2012 中“2.03 栽植穴”术语，同时为区分植物种植的硬质路面和非植物种植的硬质路面，特地规定硬质路面种植穴；同时为有效区分结构土和种植穴位置，特别规定了种植内穴和种植外穴。其中种植内穴就同一般的种植穴，种植外穴主要用于结构土安装。

2.0.8 堆积空隙率 bulk porosity

结构土要满足植物根系生长所需要空间和养分要求，主要靠骨料之间的空隙，参考现行的国家标准《建设用卵石、碎石》GB/T 14685，明确堆积空隙率概念。

2.0.9 结构土异位配制 structural soil ex-situ configuration

主要根据结构土配制场地来划分的，不在现场的配制就是异位配制。

2.0.10 结构土原位配制 structural soil in-situ configuration

主要根据结构土配制场地来划分的，在种植结构土现场安装和其配制一体化的就是结构土原位配制。

2.0.11 找平层 leveling layer

参考施工工法，为确保硬质路面平整，利于硬质路面和种植用结构土之间紧密衔接而进行整平、找坡或加强安装的层次。

3 原材料和成品

3.1 一般规定

3.1.1 为有效区分结构土和种植土，分别对其应用区域和性质进行规定：

1 特别强调种植内穴土壤应符合现行住建部标准《绿化种植土壤》CJ/T 340-2016 中第 4 条的规定。同时考虑硬质路面种植植物一般为大型乔木，对土壤压实也较严重，同时也为增加土壤透水性和通气性，有利植物根系发根，特别强调了种植内穴用土的粒径要求，对黏重土壤可加入粗砂（0.5 mm~2.0 mm）、石砾（>2.0 mm）、石块（>3.0 mm）、陶砂（<5 mm）、或陶粒（5~25 mm）等进行改良，但强调其最大粒径应 ≤ 30 mm、含量应 $\leq 20\%$ ，是根据《绿化种植土壤》CJ/T 340-2016 表 3 中关于石砾含量要求规定的：总含量（粒径 ≥ 2 mm）（质量百分比，%） $\leq 20\%$ ，最大粒径 ≤ 30 mm；不能无限放宽石砾含量和粒径范围，要考虑植物的透气排水，但也不能走向另一个极端，忽略土壤的保水保肥性能，这是和结构土明显不同地方。

2 种植外穴用种植结构土，主要从结构土是否满足其功能需要角度，在表 3.1.1 中规定了种植结构土成品的主要控制指标。其中堆积空隙率是为了确保结构土之间有足够空间能满足植物根系生长和透气以及土壤储存需要，一般也是骨料可直接测定数据；控制含水量是为了确保结构土各种原料之间能成分混合均匀，并均匀附在骨料上，同时也不至于水分过多引起土壤流失；土壤强调是生产好待用的结构土并先剔除了石块的那部分土壤，是因为这样采集的土壤更能代表结构土中土壤实际情况。

3.2 原材料

I 土壤

3.2.1 结构土土壤原料强调了粒径和重金属 2 项指标。强调黏粒（<0.002 mm）含量宜 $\geq 15\%$ ，是为确保所用的土壤能较好附在骨料中，而不易于和骨料分离，导致成品不均匀或不稳定；强调重金属控制指标，是为了安全性应。对其它指标也仅做 pH、EC 和有机质要求，基本也是参考行住建部标准《绿化种植土壤》CJ/T 340-2016 中第 4 条的规定。同时根据淤泥特性，为淤泥的处置出路，特别强调了淤泥用做结构土土壤原料的可行性。

3.2.2 当土壤黏粒含量<45%时，添加土增黏剂来增强土壤和骨料之间联结度。

II 结构土骨料

3.2.3 为扩大结构土生产的适用性和可利用资源收集,根据可用做结构土骨料资源进行分类,便于更好指导实践。

3.2.4 种植结构土的孔隙主要靠骨料起作用,外形、粒径是为了确保骨料有一定孔隙度最起码要求;另外参考现行国家标准《建设用卵石、碎石》GB/T 14685 用料堆积空隙率的技术指标,含泥量、泥块含量、坚固性、强度也是参考现行国家标准《建设用卵石、碎石》GB/T 14685 的规定。

III 土壤改良剂

3.2.6 为促进植物生长和废弃物循环利用,土壤改良主要考虑用有机堆肥产品,主要控制指标参考了现行的国家标准《绿化用有机基质》GB T 33891-2017 和现行的农业标准《有机肥》NY 525-2021。其中对总养分要求比有机肥标准适当降低,主要考虑景观植物不同农作物,对总养分要求相对较低,但增加了盐分(EC 值)的控制指标,以减少可能存在的盐分潜在毒害。

IV 增黏剂

3.2.10 围绕结构土中使用增黏剂所能起的作用,主要控制指标参考现行国家标准《水处理剂 阴离子和非离子型聚丙烯酰胺》GB/T 17514 和现行的石油天然气行业标准《钻井液用增黏剂 丙烯酰胺类聚合物》SYT 5661 的相关规定。

3.3 质量检测检验

3.3.1-3.3.5 由于结构土生产和安装不但费时费力,而且一旦建成后较难更改,因此强调先对种植结构土原材料进行检测,确保只有检测结果符合相应原材料主控指标要求的原材料才能进行结构土配制;同时按照各种原料和成品对应相应标准和质量要求,确定了原材料和成品抽样和质量评价原则。

4 设计

4.1 一般规定

4.1.1 设计种植结构土是补充原有种植穴空间不足，因此强调设计范围应和植物根系正常生长所能达到范围相当。

4.1.2 由于种植结构土雨水入渗能力可高达 500 mm/h 以上，是一种非常有效的海绵技术，因此提出对经济条件允许或降雨丰富地区，宜适当扩大或全部安装结构土，且结构土上面宜与硬质路面的透水砖联用，下面应与地下排水设施联通，有效降低硬质路面地表径流。

4.2 配方

4.2.2 参考国外大量资料，上海迪士尼经验和国内一些行道树上应用的试验结果，提出了结构土各种原料配比比例，并考虑不同影响因素，提出调整对策：

- 1 降雨丰富和雨强大地区，选择大粒径骨料并增加骨料比例，是为了提高其雨水入渗能力，减少积水对植物潜在伤害和洪涝灾害风险。
- 2 增加结构土骨料比例能提高堆积孔隙度和排水速度，易于忌水且根系发达、粗壮的植物生长；反之喜湿、须根系植物宜减少结构土骨料比例。
- 3 结构土骨料粒径大的，可增加结构土骨料比例；反之亦然。
- 4 土壤为黏质土或结构性差的，为增加土壤的透气性和排水性，宜增加结构土骨料比例；繁殖依然。
- 6 增黏剂用量根据土壤黏粒含量来调整，砂土类一定要用增粘剂增加土壤和骨料之间附着性；壤土类可以适当减少用量；黏质土壤由于本身已经和骨料附着性强，可不加增黏剂。

4.3 安装范围

4.3.1 设计种植结构土是补充原有种植穴空间不足，因此设计范围应和植物根系正常生长所能达到范围相当，外形宜于种植内穴一致，划分了方形和圆形两种形状。

4.3.2 安装种植结构土是因为硬质路面种植内穴空间狭小，为补充植物根系生长所需要空间及肥力而专门研制的，因此其安装范围应该根据种植内穴的大小来划分。

1-3 本章节基本按照一棵大型树木生长一般需要 $2.5\text{ m} \times 2.5\text{ m}$ 总共约 6.25 m^2 的面积来估算的，种植内穴面积不够的，相应种植外穴，也即种植结构土应补充不足。

4 当种植内穴面积 $\geq 4\text{ m}^2$ 时，能满足一般植物基本生长需要，故建议可不用种植结构土；但种植胸径 $\geq 20\text{ cm}$ 的大型乔木，还需要种植结构土。

4.4 安装工艺和排水系统设计

4.4.1 为方便结构土安装，根据已有现场施工经验，提出圆形安装模具和方形安装模具供参考，具体工地可以根据实际情况来调整。

4.4.2 充分发挥结构土促进植物生长及海绵功能，提出即可快速排水有可观测地下水位的四通阀门供参考，具体工地可以根据实际情况来调整。

4.4.3 由于结构土排水太迅速，虽然不易伤害植物和引起硬质路面地表径流，但易引起植物缺少，不能充分利用雨水资源，为保持种植结构土及种植内穴的土壤湿度，提出排水口宜略高于种植结构土基部 $2\text{ cm} \sim 5\text{ cm}$ 。

5 施工

5.1 一般规定

5.1.1 结构土的安装后不宜再变动，而结构土安装部位可能与道路市政、水务、交通、绿化等行业设施施工交叉，因此强调与有衔接的施工应同步进行。

5.1.2 因为结构土安装专业性要求较高，因此规定制定专项施工方案，并规定施工的必不可少要求：如应按设计文件和专项施工方案施工；要有审批流程，对相关人员的技术交底和专业技术培训，以便能掌握相关知识；相关原材料及配制成品应符合设计和本规程的要求；若用于路面，还应符合现行交通运输部标准《公路路基设计规范》JTG D30-2015 中“3.3 填方路基”的填料要求；结构土安装应加强监管，因此将其纳入工程报监验收的项目，宜按照当地工程管理部门的要求进行见证取样送检，宜提供检测报告。

5.2 地形开挖与构筑

5.2.1 由于种植结构土一般是沿着植物种植穴四周安装的，因此先应根据现场在现场注明各个待种植植物的中心位置，便于现场标识。

5.2.3 强调用原位开挖出的或其他符合要求的填料回填，是为维护结构土基地的均匀性或稳定性。

5.2.6 由于地形开挖后易积水，因此强调结构土地形开挖应避免雨天，万一中途碰到下雨应及时用遮雨或排水措施；种植结构土本身有一定湿度，过高过低水分含量均不利于安装和保持其质量稳定性，因此应避免安装前底部有积水的，应清除积水后再进行结构土的回填。

5.3 成品配制

5.3.1 为确保结构土成品配制质量要求，分别对原材料质量和数量做出规定。

5.3.2 为保证结构土成品配制质量，对选择时间和气候要求做出规定。**5.3.3** 种植结构土分异位配制和原位配制 2 种工艺，其中规模 $>500\text{ m}^3$ 的结构土，由于配制量较大，为便于实施建议异位配制；但规模 $<50\text{ m}^3$ ，可根据需要选择异位或原位配制。

5.3.4 由于结构土中不同原料材质差异较大易分离，为减少运输对结构土影响，强调异位配制应就近原则，同时结构土骨料较重，为便于混合均匀，建议原料分层铺设后用搅拌机或挖机

机搅拌；同时为确保结构土稳定，强调配制后在 8 h 内完成安装；为减少水分蒸发引起结构土不均匀改变，强调短期堆放应进行遮盖防止水分蒸发；用挖掘机或铲车搅拌时强调边搅拌边喷洒均匀、缓慢加水，是为确保搅拌均匀同时防止过多水分一起土壤流失。

5.3.5 种植结构土原位配制用人工振平机夯击骨料 3~4 遍至压实度达到 85%，是确保结构土骨料之间充分压实，满足硬质路面承载压力需求；每次安装 20 cm 左右厚度的骨料，是为了各种原料能较迅速和均匀地进入骨料的孔隙。

5.4 安 装

5.4.1 当结构土和其它施工有交叉时候，强调同步进行，但在结构土安装范围内，由于结构土一般是局部安装，而其它施工尤其是排水系统等管道，一般是整个系统的，宜在结构土安装前就完工。强调将四通阀门安装在地形基部 2cm~5cm 厚水位水泥混凝土上，一是用水泥固定四通阀门，便于后续施工以及保持水位观测管垂直能有效观测地下水分；二是将四通阀门稍高于地形基部，是为了能保留基部少量水分，避免降雨全部通过管道排走后导致基部易缺水。

5.4.3 异位配制结构土强调分层安装是为了保证结构土安装的稳定和均匀性；宜和安装模具厚度相当，是为便于施工，用打夯机或碾压机压实 5~10 遍，使夯实密实度达到 95%，是为了确保结构土稳定性；安装同时进行种植土铺设，也是为保持结构土的稳定性；为保持结构土稳定性，强调安装好的结构土应马上覆盖 PE 薄膜及遮荫网，防止水分蒸发及雨水冲刷。

5.4.4 原位配制结构土分层安装强调分层安装是为了保证结构土安装的稳定和均匀性。

5.4.5 由于结构土各种原料性质差异较大，水分含量发生变化和堆置时间过长都易引起土壤与骨料易发生脱离，因此强调单次安装宜在 8 h 内完成；的确需要分批安装的，应在 72 h 内完工。

5.4.6 由于结构土要保持稳定性，因此强调安装完工后不立即进行植物种植或路面铺装的区域应做好现场保护，表面应覆盖土工织物，对可能发生污染的部位先覆盖隔离塑料布再覆盖土工织物。

5.5 后续铺装和植物种植

5.5.2 用粒径小于 1 cm 的碎石在安装好的结构土上面安装 5 cm~8 cm 厚度，是为了结构土上面硬质铺装的缓冲层，确保路面平整，也找平结构土层。硬质路面铺装建议透水铺装是为了发挥结构土排水功能大的特点，减少硬质路面地表径流；对于承重要求高的，可以简化铺装工序；对有行车要求的，应安装垫层和下基层等层次，加强路面承载力。

5.5.3 植物种植后建议进行有机覆盖，是为了更好促进植物生长，同时也为了路面景观。强调有机覆盖层应低于硬质路面>2 cm，是为了减少有机覆盖的溢出；在植物树干基部保留 5~7 cm 的裸露空间是为了减少有机覆盖物充分吸水后影响植物基部呼吸。

5.5.4 为减少成本，同一区域、同一水平位置多棵植物可共用 2~3 个水位观测管，不用每株植物都安装水位观测管。

6 验收

6.0.1~6.03 由于种植结构土从配制到安装都是技术要求比较高，一但安装后不易再变动，因此对整个流程技术要求较高，首先是各种原料和成品要符合质量要求；其次是符合专项施工要求；对隐蔽工程有专门规定。

7 养护

7.0.8 由于种植结构土的雨水入渗率高达 500 mm/h 以上，其优点是减少地表径流和积水，易于植物发根，但由于排水较快，虽然也有研究证明结构土增加了雨水下渗，反而能减少灌溉量 30%，但未减少植物失水的风险，在植物种植前 2 年，特别是植物根系没有足够发达前，要注意定期观测。尤其是持续干旱天气，若发现植物有缺水症状，应及时给植物补水；待植物长势恢复后 2 年后，可同常规的植物养护。