

**F-HZ-DZ-TR-0024**

**土壤—坚实度的测定—坚实度计法**

1 范围

本方法适用于土壤坚实度的测定。

2 原理

土壤坚实度是指柱塞（或锥体）插入土壤时与垂直压力相当的土壤阻力，又称穿透阻力。土壤坚实度的大小可影响作物根系的穿孔和生长，是一个重要的土壤物理特性指标，用于评价土壤耕性。土壤坚实度采用坚实度计法测定，当坚实度计的探头压入土中时，与探头所受到的阻力成比例的弹簧也相应地被压缩，探头也随之相应地被压入坚实度计内，压入探头所需的压力与土壤硬度成正比关系。

3 仪器

土壤坚实度计，具有弹簧游标，附有各种型号的弹簧和探头。

4 操作步骤

4.1 首先判断土壤的坚实状况，以便选用适当粗细的弹簧与探头类型。土壤松软的可用  $\phi 16\text{mm}$  圆柱探头；中等硬度土壤用  $\phi 10\text{mm}$  圆柱探头，坚硬土壤用  $\phi 22.17\text{mm}$  锥形探头和粗弹簧。

4.2 工作前，套筒游标指示线应指在 5cm 处，或指在探头体积所承受的压力“0” kg 处。工作时，仪器应与土面（或土坑壁）垂直，探头插入土内达到挡土板接触到土面时，即可从游标指示线所对准处读出 cm 数（即探头入土深度）。

4.3 根据探头入土深度、探头类型、弹簧粗细，即可计算土壤坚实度数值。或查“土壤坚实度换算表（表 1、表 2、表 3）。

表 1 土壤坚实度换算表（ $\phi 10\text{mm}$  圆柱探头）

弹簧类型	度, $\text{kgf/cm}^3$ 入土深度, cm	入土坚实深度 cm										
		0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	
粗 细	0	$\infty$	124.78	61.12	39.89	29.28	22.29	18.67	15.69	13.39	11.60	
	0	$\infty$	62.39	30.56	19.95	14.64	11.46	9.34	7.82	6.68	5.80	
粗 细	1	10.19	9.03	8.06	7.25	6.55	5.94	5.41	4.94	4.53	4.15	
	1	5.09	4.52	4.03	3.63	3.28	2.97	2.71	2.47	2.27	2.08	
粗 细	2	3.82	3.52	3.24	2.99	2.78	2.55	2.35	2.17	2.00	1.84	
	2	1.91	1.76	1.62	1.49	1.38	1.26	1.18	1.09	1.00	0.92	
粗 细	3	1.70	1.56	1.43	1.31	1.20	1.09	0.99	0.89	0.80	0.72	
	3	0.85	0.78	0.72	0.66	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40	0.36	
粗 细	4	0.64	0.56	0.49	0.41	0.35	0.28	0.22	0.16	0.11	0.05	
	4	0.32	0.28	0.25	0.21	0.18	0.14	0.11	0.08	0.06	0.03	
粗 细	5	0										
	5	0										

表2 土壤坚实度换算表（φ16mm 圆柱探头）

弹簧类型	度, kgf/cm <sup>3</sup> 入土深度, cm	入土坚实度, cm										
		0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	
粗 细	0	∞	48.70	23.87	15.58	11.44	8.95	7.29	6.11	5.20	4.53	
	0	∞	24.37	11.94	7.79	5.72	4.48	3.65	3.06	2.61	2.27	
粗 细	1	3.98	3.53	3.15	2.83	2.56	2.32	2.11	1.93	1.77	1.62	
	1	1.99	1.76	1.57	1.42	1.29	1.16	1.06	0.97	0.88	0.81	
粗 细	2	1.49	1.37	1.27	1.18	1.08	0.90	0.92	0.84	0.78	0.72	
	2	0.75	0.69	0.63	0.59	0.54	0.50	0.46	0.42	0.39	0.36	
粗 细	3	0.66	0.60	0.56	0.51	0.46	0.42	0.38	0.34	0.32	0.28	
	3	0.33	0.30	0.28	0.26	0.23	0.21	0.19	0.17	0.16	0.14	
粗 细	4	0.24	0.22	0.18	0.16	0.14	0.11	0.08	0.06	0.04	0.02	
	4	0.12	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.04	0.03	0.02	0.01	
粗 细	5	0										
	5	0										

表3 土壤坚实度换算表（φ22.7mm 圆锥形探头）

弹簧类型	坚实度, kgf/cm <sup>3</sup> 入土深度, cm	入土坚实度, cm										
		0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	
粗 细	0	∞	190291.26	23300.91	6760.16	2791.26	1398.06	791.08	486.85	318.57	218.41	
	0	∞	95145.63	11650.49	3380.08	1395.63	6990.03	395.54	243.43	159.28	109.21	
粗 细	1	155.34	113.79	85.40	65.40	50.95	40.27	32.24	26.08	21.31	17.55	
	1	77.67	56.90	42.70	32.70	25.47	20.14	16.12	13.04	10.65	8.78	
粗 细	2	14.56	12.16	10.21	8.62	7.30	6.21	5.30	4.54	3.89	3.34	
	2	7.20	6.08	5.11	4.31	3.65	3.11	2.65	2.27	1.95	1.67	
粗 细	3	2.88	2.48	2.13	1.84	1.58	1.36	1.17	1.00	0.85	0.72	
	3	1.44	1.24	1.07	0.92	0.79	0.68	0.58	0.50	0.42	0.36	
粗 细	4	0.61	0.51	0.42	0.34	0.27	0.21	0.16	0.11	0.07	0.03	
	4	0.30	0.25	0.21	0.17	0.14	0.11	0.08	0.06	0.04	0.02	
粗 细	5	0										
	5	0										

## 5 结果计算

5.1 土壤坚实度与探头体积成反比，与所承受压力成正比，土壤坚实度按式（1）、式（2）计算：

$$\Delta P (\text{圆柱探头}) = \frac{F}{V} = \frac{KR}{\pi r^2 d} \dots\dots (1)$$

$$\Delta P (\text{锥形探头}) = \frac{Kh}{\frac{1}{3}\pi d^3 \frac{R^2}{D^2}} \dots\dots (2)$$

式中：

$\Delta P$ ——土壤坚实度，kgf/mm<sup>3</sup>；

$h$ ——弹簧受力压缩的距离，mm；

$K$ ——弹簧的弹性系数，粗弹簧为 0.2kg/mm，细弹簧为 0.1kg/mm；

$r$ ——圆柱探头半径，mm；

$d$ ——探头入土深度，mm；

$R$ ——锥形探头底半径，mm；

$D$ ——锥形探头高，mm。

5.2 重复测定多次，取其算术平均值，取两位小数。

## 6 参考文献

[1] LY/T1223-1999. 森林土壤坚实度的测定。

[2] 孙鸿烈，刘光崧. 土壤理化分析与剖面描述. 北京：中国标准出版社. 1996，21.