

点将科技

快讯

2022年
第4期
总第四十九期



Dianjiangtech Newsletter—
2022

Issue No.4

www.Dianjiangtech.cn



- Picus3 树木断层画像诊断仪传感器梁式检测方法
- 山区道路的积雪深度测量
- 研究揭示青藏高原典型气候区中尺度湖泊月变化特征
- 农业资源中心开发出地下水 - 农业 - 经济多模型耦合系统
- 4 种土壤入渗测定方法的比较
- 点将科技动态

安装案例

.....

- 1 Picus3 树木断层画像诊断仪传感器梁式检测方法
- 3 山区道路的积雪深度测量

科研动态

.....

- 5 研究揭示青藏高原典型气候区中尺度湖泊月变化特征
- 7 农业资源中心开发出地下水 - 农业 - 经济多模型耦合系统

技术前沿

.....

- 8 树根检测后扫描线数据如何确定?
- 11 土壤水分和水势
- 13 4 种土壤入渗测定方法的比较

企业文化

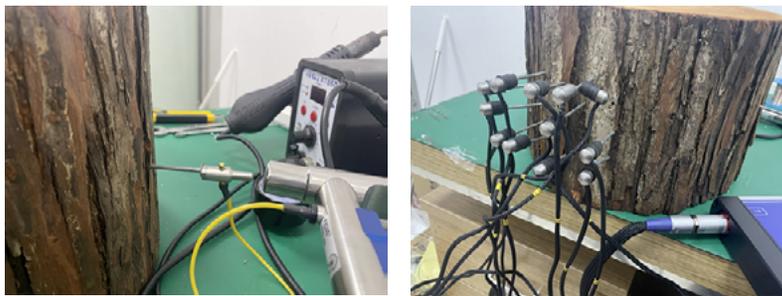
.....

- 20 热烈祝贺点将科技 8 位同仁获得“国家专业技术人员知识更新工程培训证书”
- 21 点将科技照片墙

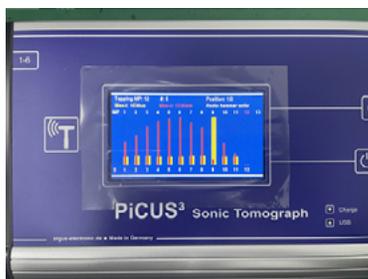
Picus3 树木断层画像诊断仪传感器梁式检测方法

第一步：在木桩一侧均匀布置 12 颗测量钉，用于放置 12 个传感器，与之对应的另一侧布置一颗测量钉，用于敲击产生应力波；

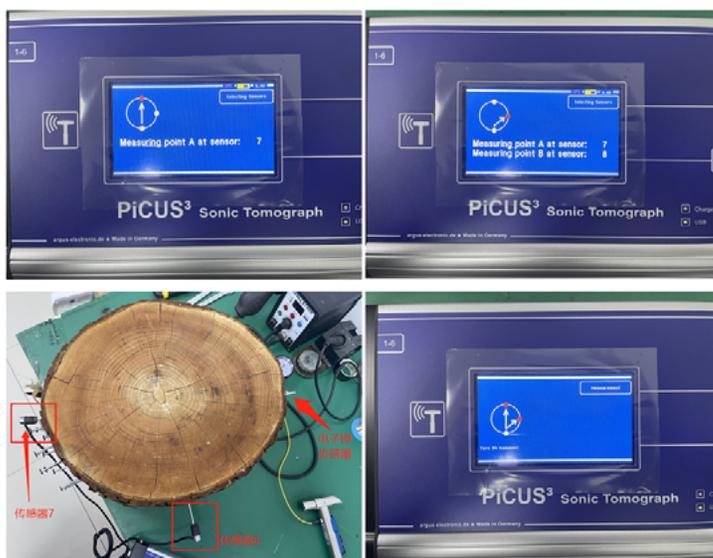
第二步：将全部传感器接到主机，利用规则几何的测量方式，选择 13 个测量点，进入测量界面；



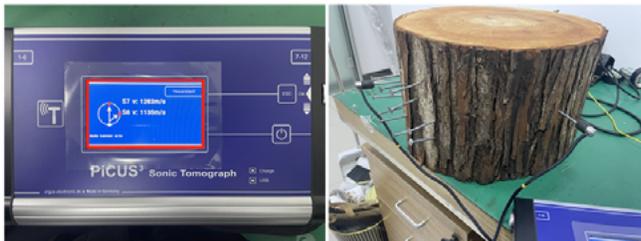
第三步：将 12 个传感器分布布置在 12 颗测量钉上，电子锤的敲击钉布置在另一侧的测量钉上，打开电子锤敲击，将测量序号调至 13，敲击产生应力波，观察各个传感器的柱状图显示；



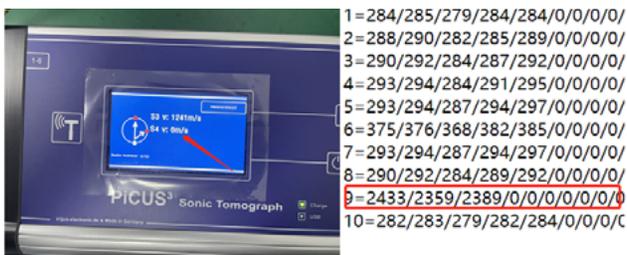
第四步：进行 Point To Point 检测，设置 AB 点，确立 A 点位置，后确认 B 点，此时需设置树木截面的周长（Circumference）和直径（Diameter）并连接需要检测的传感器，如下图所示，是对传感器 7 和传感器 8 的点对点检测；



第五步：连接好需要检测的传感器之后，用电子锤敲击，此时观察显示屏上的读数，数值几乎接近，则证明传感器接通正常，反之则异常。如下图所示，为正常接通的传感器：



下图所示为传感器异常。注，如显示数值为 0，或者数值差距过大，基本都属于传感器异常。依次更换传感器，完成其他传感器的测试。



对于异常的传感器，需要进行维修或者更换。

山区道路的积雪深度测量

为什么要安装雪深监测站？

雪深观测是地面气象观测，人们以前监测积雪深度的方式比较辛苦，都需要人工观测，而且很难实现数据的实时反馈，存在延迟和误差。尤其是遇到恶劣的冰雪环境，交通安全，农业生产和水文水利等诸多领域都会收到不同程度的影响。因此测量积雪深度对各个行业的冰雪灾害预防都有很大助益。

同时，积雪监测在积雪分布，积雪水资源，气候变化等研究方面也扮演者重要的作用。

案例

位于南蒂罗尔（意大利）的 Stilfserjoch 海拔 2,758 米，是欧洲较高的高山山口之一，有公路通行。在高山地区，即使是夏季也经常会出现大雪，在这种情况下，为了保证车辆的安全，必须将道路清雪或完全封闭道路。应通过现代测量系统改进对山区道路监测现状和道路状况的评估以及交通管制。



解决方案

是否需要清除积雪或完全封闭道路需要人员到达现场才能确定，这意味着道路维护部门的人必须开车上山并检查情况。为快速地对相关情况做出回应，安装使用监视数码相机和 SOMMER 雪深传感器 USH-8 进行自动雪深测量。





Sommer USH-8 雪深传感器

执行

一旦达到定义的最大测量值，积雪测量站就会向有关当局发出警报，然后当局可以通过几台数码相机检查情况，这样，他们就可以判断并决定采取何种行动。连接的道路闸机系统可以由中央办公室通过互联网浏览器操作，或者道路监控服务人员通过短信检索测量数据，并在需要时关闭道路闸机。



研究揭示青藏高原典型气候区中尺度湖泊月变化特征

青藏高原湖泊众多，湖泊面积约占全国湖泊总面积的 57.6%，是我国主要的湖泊分布区之一。自 20 世纪 90 年代末以来，受全球变暖影响，青藏高原地区大部分内陆湖泊呈现扩张趋势，南部的湖泊出现一定萎缩。青藏高原的内陆湖泊地理位置偏远而较少受到人类活动影响，因此其动态变化可以较好地反映气候变化对湖泊的影响，是气候变化的重要“指示器”。

基于遥感数据、三个典型湖泊内陆湖中架设的自动气象站(2018 年)以及定期的水文观测，中国科学院青藏高原研究所地气作用与气候效应团队对三个处于不同气候区的典型内陆湖泊（巴木错、拉昂错和龙木错）进行湖泊水量年际变化及月变化计算，评估了气候变化对湖泊的影响。研究发现，降水和气温是对湖泊变化影响最大的气候因子，同时，由于位于不同的气候区，主导湖泊变化的气候因子也不同。

根据青藏高原地区的大气环流场和局地干湿条件，科研团队将青藏高原划分为季风区、西风区和西风-季风协同作用区，选取其中相邻且地形条件相同的三组湖泊——位于季风区的巴木错-蓬错、位于西风区的龙木错-松木西错以及位于西风-季风协同作用区的拉昂错-玛旁雍措。三组湖泊的面积、水位、水量变化趋势均不同，从年水量相对变化（相较于 2012 年湖泊水量）来看，位于季风区的巴木错和蓬错在 2017 年以前相对稳定；位于西风-季风协同作用区的拉昂错和玛旁雍措表现不同，拉昂错逐年萎缩而玛旁雍措在 2020 年前较为稳定，之后水量减少；位于西风区的龙木错和松木西错呈逐年扩张趋势。从 2018 年至 2021 年的月相对变化（相对于每一年有湖泊水位观测的第一个月）来看，位于季风区的巴木错水量相对变化逐年增加，具有明显的季节性变化；位于西季风协同作用区的拉昂错在 2019 年有明显的水量变化，2020 和 2021 年水量变化相对稳定；位于西风区的龙木错同样是 2019 年有明显的水量变化，或与 2019 年西风带异常波动有关。

为了进一步厘清不同气候因子对湖泊变化的影响，研究人员对气温、降水、相对湿度和风速与湖泊变化的相关性进行计算。研究通过排序发现，不同气候区主导湖泊变化的气候因子不同，且不同时间段的主导因子也不同。在季风区，气温升高是促进湖泊扩张的主要原因；在西风-季风协同作用区，蒸发增加是导致湖泊萎缩的主要原因；在西风区，降水增加是促进湖泊扩张的主要原因。

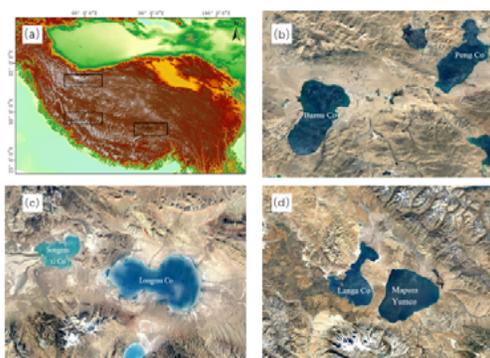


图 1. 研究区所处位置及地形

该工作定量解析了三个位于不同气候区的湖泊水量变化，评估了不同气候因子对湖泊水量变化的影响，为定量研究不同气候因子对湖泊变化的贡献度提供了重要科学依据。近日，相关研究成果以 *Interannual and Monthly Variability of Typical Inland Lakes on the Tibetan Plateau Located in Three Different Climatic Zones* 为题，发表在 *Remote Sensing* 上。研究工作得到国家自然科学基金、第二次青藏高原综合科学考察研究和中科院的支持。

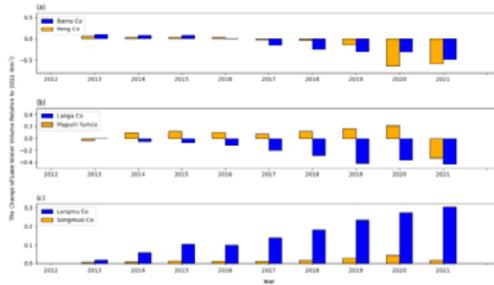


图 2. 2013-2021 年的湖泊水量相对变化（相对于 2012 年），
（a）季风区湖泊，（b）西风-季风协同作用区湖泊，（c）西风区湖泊。

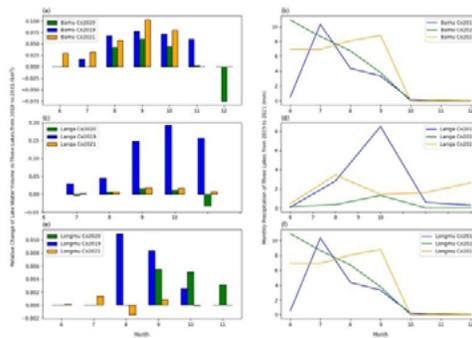


图 3. 2019-2021 年湖泊水量相对月变化和降水月变化，（a、b）巴木错湖泊水量相对变化和降水，（c、d）拉昂错湖泊水量相对变化和降水，（e、f）龙木错湖泊水量相对变化和降水。

Year	Climate Region	Dominant Factors	Correlation Coefficient	p-Value
1979-2016	Monsoon Region	Temperature	0.90	0.001
	Westerly-monsoon Interaction Region	Specific Humidity	-0.37	0.23
		Temperature	0.78	0.002
	Westerly Region	Precipitation	-0.71	0.009
1979-2000	Westerly Region	Specific Humidity	0.88	0.002
	Monsoon Region	Specific Humidity	-0.37	0.23
		Temperature	0.69	0.30
	Westerly-monsoon Interaction Region	Wind Speed	0.60	0.28
2000-2018	Westerly Region	Precipitation	0.62	0.38
	Monsoon Region	Temperature	0.49	0.27
		Wind Speed	-0.50	0.24
	Westerly-monsoon Interaction Region	Specific Humidity	-0.42	0.34
Westerly Region	Precipitation	0.80	0.02	
	Temperature	0.71	0.05	

表 1. 湖泊面积与气候因子的相关性分析

来源：青藏高原研究所

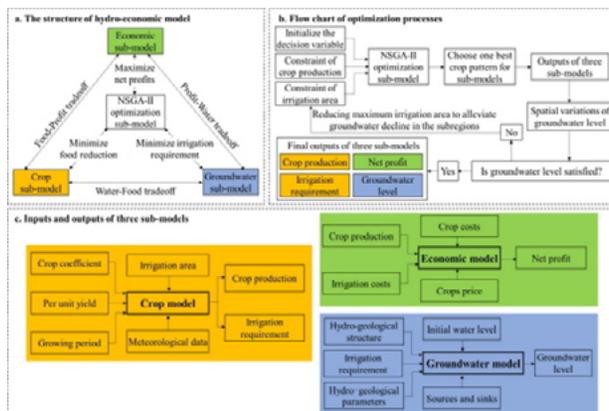
农业资源中心开发出地下水 - 农业 - 经济多模型耦合系统

华北地区是全球范围内水资源匮乏的典型区域之一。粮食种植结构调整直接影响我国水资源和粮食安全以及农民收益。亟需建立一套科学系统的方法，综合评价地下水压采、南水北调调水、粮食供给和农民收益增长等因素的互馈机制，形成多目标协同优化的区域种植结构可选方案，实现生态环境和农业经济协调发展，这也是未来地球计划（Future Earth）水资源和粮食纽带关系研究的方法性难题。

中国科学院遗传发育所农业资源研究中心杨永辉研究组基于地下水模型、经济模型和农业耗水模型，搭建了由地下水模块、作物经济模块与作物用水模块组成的多模型耦合系统。该系统通过引入 NSGA-II 遗传算法，创新性地将作物需水 - 灌溉 - 地下水开采、作物经济收益与粮食产量等关键变量按不同约束情景进行系统优化，实现了灌溉水 - 地下水 - 作物经济收益和粮食产量间的互馈与多目标权衡。

模型以保定平原为例，在对地下水模型进行参数校验的基础上，针对三种目标分别设计了无外调水、南水北调中线调水 3 亿方 / 年、6 亿方 / 年和 9 亿方 / 年共 12 种情景，剖析了不同作物种植结构配置和不同调水情景下保定平原地下水 - 粮食 - 经济收益间的互馈效果。研究表明，当前作物种植模式导致地下水下降 0.32 米 / 年，年均超采 6.1 亿方；无外调水时，在不改变各作物总产的前提下调整作物种植可（S1）节水 0.5 亿方 / 年，增加农民收益 1.6 亿元；如果将本地区粮食目标调整为自给自足（S2），每年可减少地下水开采 3.4 亿方，增加利润 0.5 亿元；如果以维持地下水位稳定为前提（S3），则每年农业种植节水 6.1 亿方，降低农民收益 33.4 亿元。调水 3 亿方 / 年的情景下，仅 S2 情景可满足地下水 - 粮食 - 经济协同目标；调水大于 6 亿方 / 年，则 S1/S2/S3 情景均可同时实现地下水位不下降、粮食增产及农民增收。

相关研究成果以 Hydro-Economic Model Framework for Achieving Groundwater, Food, and Economy Trade-Offs by Optimizing Crop Patterns 为题，发表在 Water Research 上。研究工作得到国家重点研发计划和国家自然科学基金的支持。



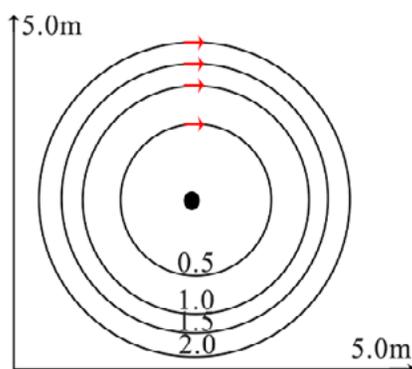
水文经济建模框架：（a）子模型互馈关系结构，（b）模拟流程，（c）作物、经济和地下水子模型。

来源：遗传发育所农业资源研究中心

树根检测后扫描线数据如何确定？

借助 TRU 树木雷达检测系统对树根进行探测，是一种快速、无损的检测方法，检测时无需对地面进行处理，不破坏树木原始生长环境。一般在检测时可根据树木的立地环境，围绕树进行圆周检测或直线检测。立地条件较好，周围宽阔，建议做圆周检测，这样可以比较完整的检测，如果受环境限制，则需要规划直线检测，以尽可能的多检测。如下是圆周检测和直线检测的两种参数确认方法。

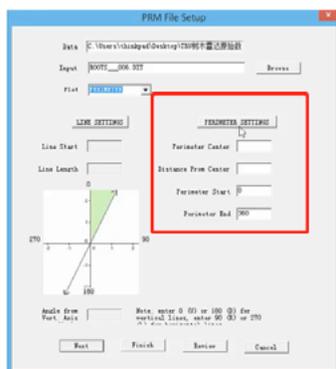
一、圆周检测



以上图为例，中间黑点表示树木，该次检测是规划4条圆周检测线，分别距离树外侧0.5米、1.0米、1.5米和2.0米，检测起点为正北方向（12点钟方向），检测方向是顺时针方向。

按照规划的线路在树木周围做好标记，然后开展检测，每条检测线保存为一条数据，共4条数据。

分析时，需要创建 PRM 文件，创建时需要输入每条数据的信息：

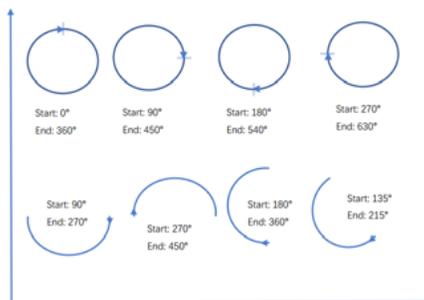


- ◆ Perimeter Start: 圆心坐标
- ◆ Distance From Center: 圆周半径
- ◆ Perimeter Start: 起点角度
- ◆ Perimeter End: 终点角度

一般是以树的位置为圆心，树处于坐标轴的中心点；

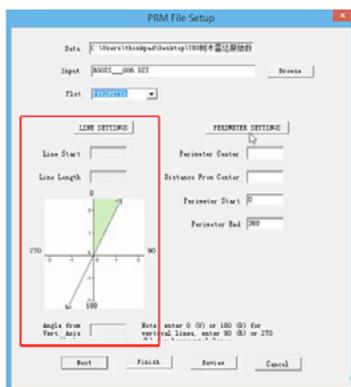
圆周半径是每条检测线距离圆心的距离；

起点角度和终点角度确定按照如下图规则：



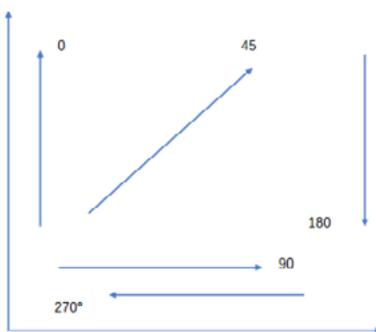
比如，从正北方向开始作为起点，检测一个完整的圆周，则起点角度为0度，终点角度为360度。再如，从3点钟方向顺时针检测，至9点钟位置结束，则起点角度为90度，终点角度为270度。

二、 直线检测



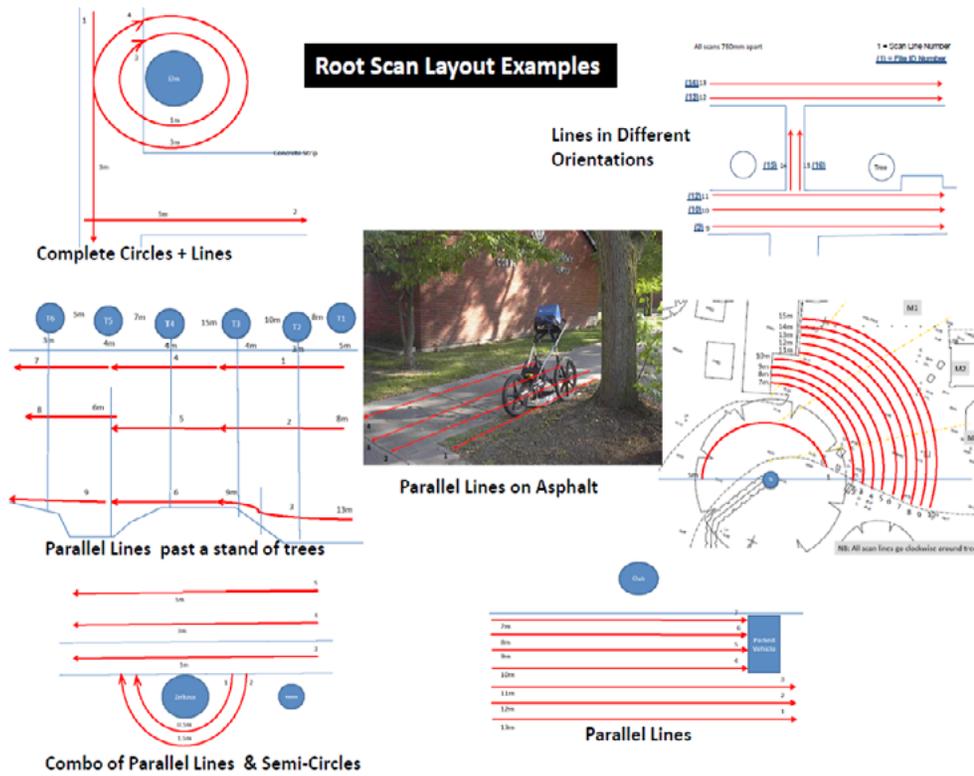
- ◆ Line Start: 起点坐标
- ◆ Line Length: 扫描线长
- ◆ Angle from Vert. Axis: 与纵坐标角度
- ◆ 扫描线长可以不输入，数据自带长度信息

角度的确定仍是以与纵坐标的夹角；



比如，向正北方向（12点方向）检测，则检测线的角度为0度；向3点钟方向检测，则检测线角度为90。

正确、合理的使用圆周和直线检测，根据立地环境合理安排检测路线，可最大限度的增加检测区域，尽可能完整的检测到树根。



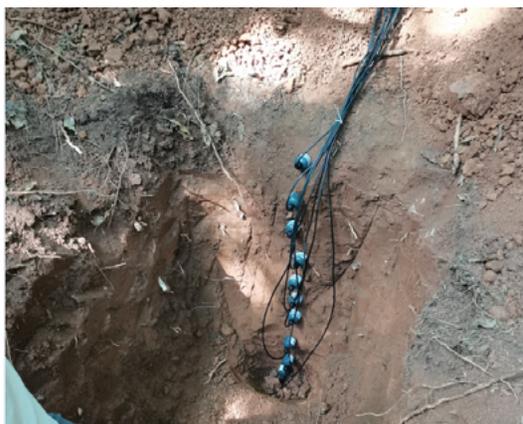
土壤水分和水势

土壤水概念：

土壤水是植物吸收水分的主要来源，另外植物也可以直接吸收少量落在叶片上的水分。土壤水的主要来源是降水和灌溉水，并且参与到岩石圈-生物圈-大气圈-水圈的水分大循环中。

表层的土壤水受到重力会向下渗漏，在地表有足够水量补充的情况下，土壤水可以一直入渗到地下水位，继而可能进入江、河、湖、海等地表水。

土壤中水分的多少有两种表示方法：一种是以土壤含水量表示，分重量含水量和容积含水量两种，两者之间的关系由土壤容重来换算。另一种是以土壤水势表示，土壤水势的负值是土壤水吸力



土壤水指标：

土壤含水量有三个重要指标：一个是土壤饱和含水量，表明该土壤最多可以含多少水，此时土壤水势为 0；

第二是田间持水量，是土壤饱和含水量减去重力水后土壤所能保持的水分（重力水基本上不能被植物吸收利用，此时土壤水势为 -0.33 巴）；第三是萎蔫系数，是植物萎蔫时土壤仍能保持的水分（这部分水分也不能被植物吸收利用，此时土壤水势为 -15 巴）。

田间持水量与萎蔫系数之间的水称为土壤有效水是植物可以吸收利用的部分，当然，一般在田间持水量的 60% 时，即土壤水势 -1 巴左右就采取措施进行灌溉。

土壤有效含水范围：

土壤有效含水范围是指土壤所含植物可以利用水的范围，可用下式表示：

$$A = F - W$$

A：土壤有效含水范围 F：田间持水量 W：凋萎系数

注意：

1、不同土壤的有效含水范围是不一样的。

2、在有效含水范围内，植物利用水分的难易程度也不一样，越接近田间持水量时，水分越容易被有效利用，接近凋萎系数时，水分也越难被有效利用。

土壤含水量的多少，直接影响土壤的固、液、气三相比，以及土壤的适耕性和作物的生长发育。在农业生产中，需要经常了解田间土壤含水量，以便适时灌溉或排水，保证作物生长对水分需要，并利用耕作予以调控，达到高产丰收的目的。

土壤水势：

近几十年来的研究表明，要了解土壤水运动及土壤对植物的供水能力，只有土壤水数量的观念是远远不够的。举一个直观的例子，如果粘土的土壤含水量为20%，砂土的土壤含水量是15%，两个土样相接触，土壤水是怎么移动？如果单从土壤水数量的观念，似乎土壤水应从粘土土样流向砂土土样，但事实恰恰相反。这说明，光有土壤水数量的观念，尚不能很好研究土壤水运动及对植物的供水，必须建立土壤水的能量的观念，即土壤水势的概念。

土壤水势研究的意义：

土壤孔隙水会沿着水势梯度从高往低运动。植物根系吸水就可以用水势梯度来解释：土壤水势高，植物根系水势低，在这种水势梯度下，根系能从土壤孔隙中获得水分；干旱发生时，由于土壤和植物根系水势逐渐持平，水势梯度消失，水分运动就不再发生；当干旱加剧，土壤水势进一步下降，当其比植物根系水势还低时，水势梯度逆转，植物根系失水，植物就面临失水死亡的风险。因此，土壤水势在理解水分在“土壤-植物-大气连续体”中的运动具有重要意义。

土壤特征曲线定义及用途：

测定你土壤水特征曲线（基质势与土壤含水量之间的关系曲线）需要特别的仪器设备，随着土壤科学的发展，越来越多的基层土壤工作者需要土壤水特征曲线这一基础资料，了解土壤水特征曲线的测定，对今后土壤水特征曲线的应用都是有益的。

水分特征曲线的用途：

首先，可以利用它进行土壤水吸力和含水率之间的换算。

其次，土壤水分特征曲线可以间接地反映出土壤孔隙大小的分布。

再者，水分特征曲线可以用来分析不同质地土壤的持水性和土壤水分的有效性。

最后，应用数学物理方法对土壤中的水运动进行定量分析时，水分特征曲线是必不可少的重要参数。

4 种土壤入渗测定方法的比较

摘要：

入渗是土壤的基本物理性状，与降雨产流、侵蚀、非点源污染等过程密切相关，快速、准确测定土壤入渗速率具有重要的意义。以黄土高原沟壑区安塞水土保持综合试验站大豆地的黄土为测试土壤，利用双环、单环、圆盘入渗仪、Hood 入渗仪 4 种方法测定了土壤入渗性能，并以双环法测定的稳渗速率、Hood 仪测定的饱和导水率、单环 / 双环和圆盘测定的累积入渗量为基础，比较分析了 4 种方法各自的优劣。结果表明，单环、圆盘、Hood 测定的稳渗速率分别为双环的 116%，111% 和 225%，双环、单环、圆盘测定的饱和导水率分别为 Hood 的 65.8%，75.1% 和 105%，双环、单环、圆盘达到稳渗时间分别为 100，80 和 30min。说明圆盘测得的稳渗速率、饱和导水率接近标准值，而且省时省力省水，更适合于野外实验。

朱显谟先生曾在黄土高原国土整治“28 字方略”中提到“全部降水就地入渗拦蓄”，而土壤渗透性影响“入渗拦蓄”过程。因此认识黄土高原的土壤入渗特征对于洪水预报和土壤侵蚀预测预报，以及对制定水土保持措施，均有十分重要的意义。

目前测定土壤入渗速率的方法主要有注水法（如双环法）、水文法和人工降雨法，测定饱和导水率方法则很多，如定水头渗透仪法、变水头渗透仪法、盘式入渗仪法等。众多方法中，双环法被认为准确的方法，实际应用多。

国内外许多研究均涉及了土壤入渗测定方法的比较，虽然双环法是田间测定土壤渗透性能常用、经典的方法，也是判断其他方法测定结果的基础，但双环法一般只是测定土壤表层入渗能力，而且耗水量大、耗时间长，为了保持双环内水头深度一致，当利用双环法测定坡地土壤入渗时，需要平整地表，这种扰动可能对测定结果影响很大，而土壤入渗速率主要取决于土壤表层的性状，双环安装时的地表扰动自然会对试验结果产生影响，且这种影响随着坡度的增大而增大。因此需要选择一种相对既省时省力又准确方便的方法来替代双环法进行坡面土壤入渗过程的测定。

1 研究区概况与实验方法

1.1 研究区概况

中国科学院安塞水土保持综合试验站地处黄土高原腹地（109° 19' 23" E，36° 51' 30" N），属中温带大陆性半干旱季风气候区，年均气温 8.8℃，年均降水量 549mm，降水多以短历时暴雨为主，降雨在年内分布集中 6-9 月的降水量占到全年降水量的 70% 以上。实验在试验站平坦川地的大豆地内的无雨天连续进行，土壤为黄绵土，属于典型的粉壤土，砂粒含量为 26.33%，粉粒含量为 67.02%，黏粒含量为 5.51%，土壤容重为 1081kg/m³，有机质含量为 0.9%。

1.2 实验方法

1.2.1 单环和双环法测定方法双环实验的内径 35cm，外径 50cm，高度均为 18.5cm。在实验区选较为平坦的样地，去除地表作物，将圆环用橡胶锤缓慢均匀地打入土中 12.5cm，尽量保持土壤结构不受破坏。利用直径为 25cm 的马氏瓶为圆环供水，当内环和外环中的水层厚度

达到 3cm 时，开始用秒表记时，并分别在 0.0, 0.5, 1, 2, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 25 和 30min 及之后每 10min 读取供水桶标尺刻度值，实验过程中保持内外环水面高度为 3cm，读数时一并读取水温。单环实验用双环的内环来完成，实验过程与双环法相同。

1.2.2 圆盘入渗仪测定方法圆盘入渗仪为澳大利亚生产的 CSIRO 圆盘入渗仪（已停产）（discpermeameter），（SW080B 张力土壤入渗仪可作为替代品，产品详情链接：<http://dianjiangtech.cn/product/109-cn.html>），由储水管、调压管和入渗盘组成。实验时选择平整样地，去除地表作物，同时在样地周围用环刀取样，测定土壤初始含水量及容重。将半径 10cm、高 3mm 的钢环安置在测定点，环内铺满过 0.25mm 筛子的细沙，用钢尺刮平，并将钢环移走；用注射器调整恒压管中水位高度为 20mm，将圆盘入渗仪放入水桶中，用抽气筒给储水管充满水后关闭阀门；取出入渗仪，轻拍入渗盘使其中的气泡溢出，擦干圆盘上的水；将圆盘放置于吸水物上，确保储水管没有气泡产生，记录储水管水位初始高度，将仪器小心放在测定点，使其与沙面紧密接触；当储水管中产生气泡时开始计时，前 10 次读数时间间隔为 0.5min，随后 5 次读数间隔为 2min，8 次读数间隔为 5min，最后读数间隔为 10min，直至达到稳定入渗，读数时一并读取水温。实验结束后，移开入渗仪，立刻铲去部分沙层，取表层 2 ~ 3mm 土壤约 30g，测定土壤含水量。

1.2.3 Hood 入渗仪测定方法 Hood 入渗仪为德国 UGT 公司生产的 Hood IL - 2700 型入渗仪，由 Hood 水罩（直径 17.6cm 或 24.8cm）、U 形管压力计、导水管路、储水管等组成。实验时尽量选择平整样地，去除地表作物，安置钢圈并部分压入土壤，将水罩放置在钢圈内，并在水罩和钢圈之间用过 0.5mm 筛子的饱和湿沙密封；给 U 形管注水，使液面平于 0 刻度线处；连接管路，关闭所有阀门，然后给内、外管注水，外管水面低于内管；配合阀门和调压管调节水罩中间水柱高度与 U 形管液面差，此二者之差即为水罩中施加于土壤表层的压力值，本实验调出 0 和 4cm 两个压差。开始计时，液面每下降 5mm 记录 1 次时间，直至观测值达到稳定，读数时一并读取水温。以上实验各进行 3 次，将 3 次实验数据平均，进行土壤稳渗速率、土壤饱和导水率的计算。

1.3 数据处理方法

数据处理、制图分别采用 Excel, SPSS 和 Origin 等软件进行。其中，为了检验双环、单环、圆盘累积入渗量在变化趋势和数值方面的差异性，利用 SPSS17.0 软件，选取双环、单环、圆盘在 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70 和 80min 时累积入渗量 (mm) 进行 Pearson 相关性分析和独立样本 T 检验。

2 土壤初渗速率、稳渗速率、饱和导水率的计算

2.1 土壤初渗速率

由于初始观测阶段读数误差和系统误差无法估测，所以初始入渗速率 f_0 (mm / min)，计算公式为：

$$f_0 = \frac{q_0}{t_0} \quad (1)$$

式中： q_0 ——入渗开始 3min 的实测累积入渗量（mm）； t_0 ——3min。

2.2 土壤稳渗速率

单环和双环法计算公式为：

$$f_s = \frac{0.510\Delta h}{\Delta t(0.7+0.03)T} \quad (2)$$

式中： f_s ——10℃标准水温时土壤入渗速率（mm / min）； Δh ——某时段 Δt 供水桶读数差值（mm）； Δt ——时段（min）； T ——某时段的平均水温（℃）。

圆盘入渗仪计算公式为：

$$f_s = \frac{\Delta h D_2^2}{\Delta t D_1^2 (0.7+0.03)T} \quad (3)$$

式中： D_1 ——入渗盘的有效直径（cm）； D_2 ——储水管直径（cm）。

Hood 入渗仪计算公式为：

$$f_s = \frac{\Delta h}{\Delta t(0.7+0.03)T} f \quad (4)$$

式中： f ——横切面面积指数，即储水管截面积与入渗面积之比，小 Hood 罩为 0.313，大 Hood 罩为 0.156。

2.3 土壤饱和导水率

土壤导水率 K_s 与压力 h 间的关系可以用 Gardner 指数函数描述：

$$K(h) = K_s \exp(\alpha h) \quad (5)$$

式中： $K(h)$ ——给定压力下的导水率（mm / min）； K_s ——饱和导水率（mm / min）； α ——为与土壤结构和毛管吸力有关的因子； h ——压力值（cm）。

Wooding 研究发现稳态入渗量（ Q ， cm^3 / min ）与圆形入渗面（半径为 r ，cm）的关系为：

$$Q = \pi r^2 K(h) \left(1 + \frac{4}{\pi r \alpha}\right) \quad (6)$$

式中： Q ——可由累积入渗水量（ cm^3 ）与累积时间（min）做回归曲线求得，曲线线性部

分的斜率即为稳态入渗水量 (cm³ / min)。将 (5) 式代入 (6) 式得:

$$Q = (\pi r^2 + \frac{4r}{\alpha}) K_s \exp(\alpha h) \quad (7)$$

公式(7)为圆盘入渗仪饱和导水率计算公式。而对于单环 / 双环法其饱和导水率由公式(8)计算:

$$K_s = \frac{R_s}{\frac{H}{C_1 L + C_2 D_1} + \frac{1}{\alpha(C_1 L + C_2 D_1)} + 1} \quad (8)$$

式中: H——水头高度 (cm); L——内环入土深度 (cm); D1——内径 (cm); C1, C2——无量纲经验常量, 其值分别为 0.316π 和 0.184π。Parlang 发现公式 (5) 中的 a 满足 a = a (h), Philip 研究指出在多数情况下令 a 为常数, 仍能有效地表达 K (h), 因此对于单环 / 双环法, 令 a = 0.2cm⁻¹, 即可利用公式 (8) 进行计算。

对公式 (7) 两边取对数:

$$\ln Q = \alpha h + \ln[(\pi r^2 + \frac{4r}{\alpha}) K_s] \quad (9)$$

公式(9)为Hood入渗仪饱和导水率的计算公式, 式中 lnQ 与 h 呈线性关系, 其中 a 用公式(10)计算:

$$\alpha = \frac{\ln Q_1 - \ln Q_2}{h_1 - h_2} \quad (h_1, h_2 < 0) \quad (10)$$

3 结果与讨论

3.1 入渗性能比较分析

对 4 种不同方法测定土壤入渗量进行计算分析, 得到入渗性能比较 (表 1), 同时根据过程点数据利用 Origin 软件绘制入渗过程图 (图 1)。

表 1 4 种不同方法入渗性能比较

测定方法	初渗速率/ (mm · min ⁻¹)	稳渗速率/ (mm · min ⁻¹)	饱和导水率/ (mm · min ⁻¹)	达到稳渗 时间/min
双环	8.90	0.67	0.37	100
单环	6.86	0.77	0.42	80
圆盘	2.38	0.74	0.59	30
Hood	—	1.49	0.56	—

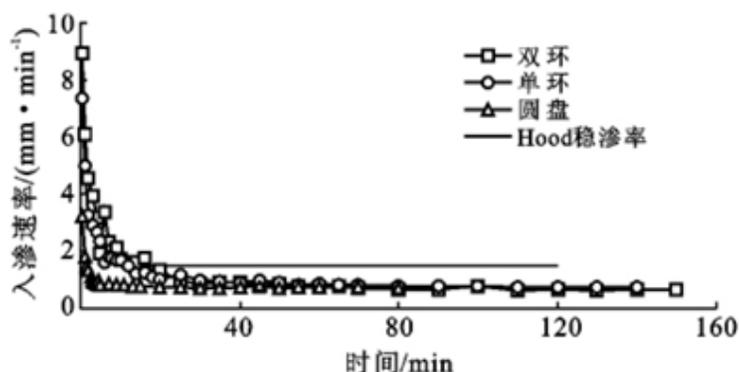


图 1 不同测定方法入渗过程比较

由表 1 可以看出，不同方法测定的初渗速率、稳渗速率、饱和导水率和达到稳定的时间，均存在显著差异。

就初渗速率而言，双环、单环、圆盘存在较大差异，可能是由于圆盘接触面积小且与土表面有干沙层、单环 / 双环环壁与土体之间缝隙等导致的。

稳渗速率是反映土壤渗透性能的主要指标，也是判断不同土壤、不同土地利用条件下土壤入渗性能差异的基础，对其准确测量具有重要的意义。从表 1 可知，与双环法测定结果相比，单环由于存在明显的侧渗现象，稳渗速率偏大，为双环测定结果的 116%，这与 Wu 等的研究结果一致；与单环法类似，圆盘入渗仪也存在一定侧渗，稳渗速率也较双环法为大，平均稳渗速率为双环的 111%，这与许明祥等人的研究结果相反，造成这种差异的原因可能在于土壤性质的时空变异及计算公式的不同；用 Hood 仪法测定土壤入渗时存在很大的侧渗现象，从而导致 Hood 入渗仪测定的稳渗速率为双环的 225%。

饱和导水率是土壤渗透性能的另一种量化表述，在土壤物理学、坡面水文过程及侵蚀过程模拟中应用非常广泛。由表 1 可知，由于单环 / 双环、圆盘法均使用了经验参数参与计算，而 Hood 仪法均使用实测值，所以以 Hood 仪值为标准，双环测值为 Hood 的 65.8%，这与 BoDhinayaKe 的研究结果一致；单环测值为 Hood 的 75.1%；圆盘测值为 Hood 的 105%。

实验耗时是野外实验需要考虑的比较重要的因素，由表 1 可知达到稳定入渗的时间上双环约为 100min，单环约为 80min，圆盘约为 30min，而 Hood 仪考虑调压过程总时间约为 30min。综合来看，圆盘入渗仪法在稳渗速率和饱和导水率上均靠近标准值，而且用时短。

由图 1 可以看出，入渗初期双环的入渗速率大于单环的入渗速率，但在 25min 前后开始小于单环，并持续到稳渗阶段，直到实验结束。实验初期（20min）土壤入渗速率较大且读数间隔短，供水桶水面波动增大了水位观测的随机误差，因此单环和双环的测定结果存在较大波动，且双环法波动性更大。与单环和双环入渗仪相比，圆盘入渗仪用水量很小，实验时间短，供水管水位变化相对比较稳定，测定结果一直比较稳定，但由于 50min 左右换盘的影响，导致入渗曲线略有上升趋势。

3.2 累积入渗量对比分析

不同方法测定的累积入渗量均随着入渗时间的延长而增加（图2），但受入渗达到稳定时间（表1）的影响，不同方法间土壤累积入渗量与时间的关系曲线存在明显差异。前20min单环/双环增长速度较快，且双环大于单环，之后趋于平稳增长。在80min前后单环累积入渗量开始大于双环，且稳定后的单环增长率大于双环。由于圆盘入渗仪达到稳定的时间短，累积入渗量只在前5min内迅速的增加，而后基本保持平稳增长。表2给出了不同方法入渗过程特征点的累积入渗量，从表中可以看出随着时间的延长，单环与双环、圆盘与双环、圆盘与单环的比值逐渐增大，并有继续增大的趋势。

以不同方法入渗过程特征点累积入渗量（表2）为基础，进行相关性和差异性分析，发现双环、单环和圆盘的两两组合均具有很强的相关性。

对于T检验，“双环—单环”组合P值大于0.05，说明单环/双环差异性不显著，而“双环—圆盘”和“单环—圆盘”量种组合P值均小于0.05，则说明其中二者差异显著。

由此说明，3种方法测定的累积入渗量在趋势上具有很强相关性，而数值方面圆盘和单环、双环之间差异性显著，同时也从侧面说明了圆盘入渗仪适合在黄土丘陵区进行土壤入渗测定。

表2 不同方法入渗过程特征点累积入渗量对比

mm

序号	时间/min	双环	单环	圆盘	单环/双环	圆盘/双环	圆盘/单环
1	10	53.23	43.88	15.79	0.82	0.30	0.36
2	15	67.47	55.19	21.54	0.82	0.32	0.39
3	20	76.19	64.63	27.02	0.85	0.36	0.42
4	30	91.16	83.16	37.48	0.91	0.41	0.45
5	40	105.95	99.32	48.01	0.94	0.45	0.48
6	50	119.90	115.65	58.74	0.97	0.49	0.51
7	60	132.99	130.10	69.69	0.98	0.52	0.54
8	70	144.90	144.22	80.22	1.00	0.55	0.56
9	80	155.61	157.99	90.64	1.02	0.58	0.57

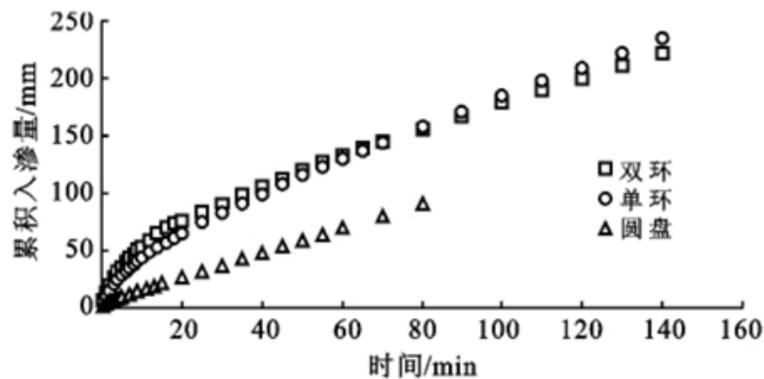


图2 不同测定方法累积入渗量比较

3.3 其他相关方面的比较分析

除了量化比较外，结合前人的相关研究成果和实验经验，列举了4种方法在用水量、实验耗时、对地表的扰动程度、实验误差、实验原理、入渗面积及有无侧渗等诸多方面的定性比较（表3）。从表3可以看出，圆盘入渗仪在上述诸多方面，都具有一定的优势，从而表明圆盘入渗仪在黄土高原土壤入渗测定中具有很强的优越性。

表3 4种土壤入渗方法定性比较

项目	双环/单环	圆盘入渗仪	Hood入渗仪
用水量	费力费水,野外操作不便	轻便,省水省力便于野外实验	较省水,较轻便可随时加水调压
实验耗时	费时,稳渗约需100 min	省时,一般30 min即可稳渗	较省时,稳渗时间短,但调压复杂
对地表的扰动程度	铁环入土极易破坏表土,实验起始迅速加水易破坏表土结构	不扰动表土,需粒径<0.25 mm的干沙	不扰动表土,需粒径<0.5 mm饱和湿沙
读数误差	读数误差较大,尤其初始阶段,数据点较不稳定	读数相对准确,尤其能较准确测定初始入渗过程	读数相对准确,但是几乎没有过程数据
原理	有压入渗水头高度可控	入渗水压可调可负压入渗	负压入渗
入渗面积	入渗深度、面积大代表性强	入渗面积小,深度浅,代表性差	入渗面积较小,深度较浅,代表性较差
有无侧渗	垂直入渗,双环可防侧渗,单环在环外稍有侧渗	有侧渗	侧渗较大

4. 结论

利用实测土壤入渗数据，比较了双环法、单环法、圆盘法和Hood入渗仪测定的稳渗速率、累积入渗量的差异，结果发现圆盘法测定的稳渗速率为双环的111%，饱和导水率为Hood的105%，均接近标准值；单环/双环、圆盘3种方法测定的累积入渗量趋势上在99%置信区间内显著相关，单环和双环数据上差异不显著，而单环、双环与圆盘差异显著；圆盘法实验耗时平均约为30min，约为双环和单环法实验耗时的1/3，单位面积上实验用水仅为双环法的1/2左右；圆盘法不扰动表土，读数相对准确。综合比较4种测定方法，圆盘法具有省时、省力、省水、准确等优势，可以替代双环法进行坡面土壤渗透性的测定。

来源：朱良君，张光辉，任宗萍 4种土壤入渗测定方法的比较【水土保持通报 第32卷第6期】

热烈祝贺点将科技 8 位同仁获得 “国家专业技术人员知识更新工程培训证书”

点将科技参加了中国生态大讲堂举办“2022年人力资源和社会保障部高级研修项目——生态系统变化和固碳观测技术与方法精品培训班”，点将科技有幸在此会上分享了“生态研究——林业木质及根系研究技术及相关案例”，获得优秀学员证书的同仁们，继续通过了高级研修班的学习和考核，共有8位同仁获得了“国家专业技术人员知识更新工程培训证书”，在此，非常感谢本次培训班所有院士专家、生态站站长、监测骨干人员、生态仪器管理与操作人员、数据处理与共享专家的悉心讲授。

由于生态监测具有所应用的方法和技术的复杂性，涉及学科面的广泛性、专业性，监测的长期性和连续性，监测指标、技术以及数据集成与共享的统一规范性等特点。这就要求参与监测的人员和数据管理人员必须要具有一定的专业技术知识和操作技术，掌握科学的试验方法，熟悉有关监测法规、标准等技术文件。目前各野外生态监测站监测人员数量庞大且监测人员和数据管理人员，通过精品培训项目来大幅度全面系统的提高自身技术水平、监测能力、研究能力和服务能力。

培训内容：

本次培训内容具有前瞻性、实用性和针对性，能在本领域内推广与持续应用。

第一部分：生态系统观测研究前沿

第二部分：碳源 / 碳汇监测技术、方法与应用

第三部分：生态系统要素监测技术与规范

第四部分：典型生态系统监测指标与方法

第五部分：生态监测技术、方法和仪器案例

第六部分：生态系统与碳汇监测数据的管理与共享



8 位点将同仁的“国家专业技术人员知识更新工程培训证书”

点将科技成立于 2001 年，一直专注于生态环境和现代农业相关科研及应用系统和仪器的研发、销售及服务，我们也在积极的学习和不断的钻研中，秉承“心系点滴，致力将来！”的价值观，我们希望为祖国是和谐生态、现代农业做的更多。

点将科技照片墙



地点：广西省南宁市
服务项目：古树名木检测





地点：上海
服务项目：农业面源污染监测系统维保



地点：湖南长沙
服务项目：自动气象监测



点将科技 · 各大区年会活动

心系点滴，致力将来！

上海大区 | Shanghai Branch

地址 /Add: 上海松江车墩泖亭路 188 弄财富兴园 42 号楼 (201611)

电话 /Tel: 021-37620451 /19921678018

邮箱 /Email: Shanghai@Dianjiangtech.com

北京大区 | Beijing Branch

地址 /Add: 北京市海淀区知春路甲 48 号盈都大厦 C 座 3 单元 6A (100086)

电话 /Tel: 010-58733448 /18010180930

邮箱 /Email: Beijing@Dianjiangtech.com

合肥大区 | Hefei Branch

地址 /Add: 安徽省合肥市瑶海区新蚌埠路 39 号板桥里二楼 210 室 (230012)

电话 /Tel: 0551-63656691 /18955193058

邮箱 /Email: Hefei@Dianjiangtech.com

昆明大区 | Kunming Branch

地址 /Add: 云南省昆明市五华区滇缅大道 2411 号金泰国际 9 栋 1001 室 (650106)

电话 /Tel: 0871- 65895725 /19988564051

邮箱 /Email: Kunming@Dianjiangtech.com

西安大区 | Xian Branch

地址 /Add: 陕西省西安市未央区未央路 33 号未央印象城 2 号楼 2804 室 (710016)

电话 /Tel: 029-89372011 /18729181205

邮箱 /Email: Xian@Dianjiangtech.com



点将科技官网



点将科技微信