



王珍珠突破激光雷達測量盲區

「熬通宵做實驗，因熱愛不覺苦。」

助力精準治霾

500米以內的近地面高空，是與我們生產生活聯繫最為緊密的空間，科研工作從未停止對這一空間的監測。近年來，大眾對近地面高空的霧霾情況尤為關注。激光雷達是有效探測霧霾最先進的技術手段，然而，該技術在近地面探測存在「盲區」的技術瓶頸卻困擾業界多年。為了攻克難題，中國科學院合肥物質科學研究院安徽光學精密機械研究所（下文簡稱「安光所」）課題負責人王珍珠，通過近5年研發，利用「側向散射」激光雷達新技術，消除了這一技術「盲區」，並可以24小時精確、清晰地對近地面高空進行垂直立體



探測，助力解析污染成因，從而「精準治霾」，團隊並推動了相關設備的國產化研發。 ◆香港文匯報記者 趙臣 安徽合肥報道



◆王珍珠（左一）與俄羅斯科學家進行交流。受訪者供圖

人物名片

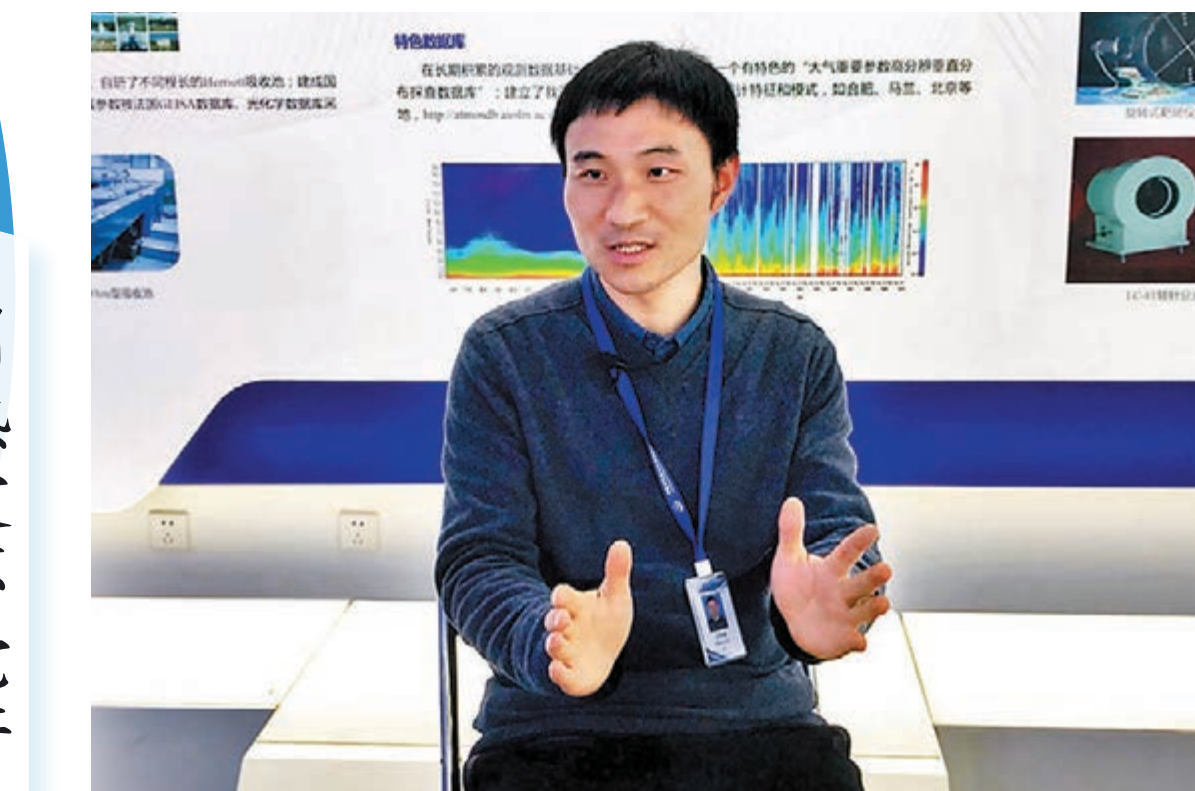
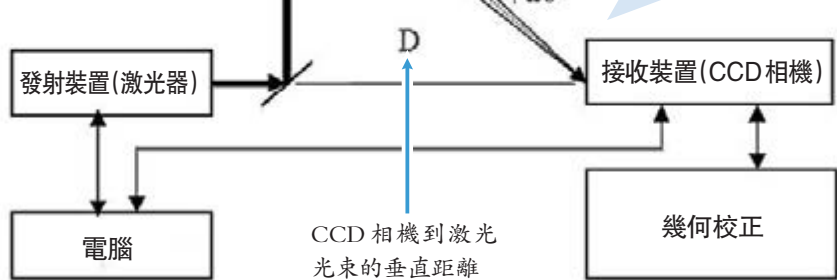
王珍珠，1981年生，博士，中國科學院合肥物質科學研究院安徽光學精密機械研究所副研究員、課題負責人，碩士生導師，安徽省氣象學會常務理事，中國科學院「青促會」合肥分會副會長和工裝分會理事。自2004年起，一直從事激光大氣探測技術及應用研究，在大氣探測激光雷達系統研發、數據反演、理論分析和大氣參數新技術新方法研究和應用方面成績突出。

工作期間曾主持基金委自然科學基金青年項目，科技部973計劃項目子課題，中科院國際人才計劃PIFI項目以及「俄烏白」專項項目等。2017年入選中科院「青促會」會員，2020年入選安徽省傑青項目。

發表學術論文80餘篇，其中國外三大檢索工具之一科學引文索引（SCI）收錄40餘篇，授權發明專利10項，參與著書1部，獲2019年中國科學院「青促會」科技成果轉化貢獻獎——院地合作貢獻獎（個人），被評為安徽省氣象學會第一屆優秀會員。

基於 CCD 成像側向散射激光雷達技術示意圖

激光器向大氣中發射一束激光，由於激光束與大氣中的大氣分子、氣溶膠等發生相互作用，散射光中就包含了散射粒子的信息，利用 CCD 相機作為接收裝置，將激光束上不同高度，不同散射角的散射光成像在對應的 CCD 像元上，利用幾何標定裝置確定 CCD 相機中像元與散射光位置的對應關係，計算機採集 CCD 成像的回波信號。



◆中科院合肥物質科學研究院安徽光學精密機械研究所課題負責人王珍珠。香港文匯報記者趙臣攝

位於安徽省合肥市蜀山區科學島內的安光所，是中國致力於大氣環境遙感監測技術研發最為前沿的科研院所之一。2004年，從安徽師範大學物理系本科畢業的王珍珠，憑優異的成績被中科院安光所「要」了過來，開啟了他在大氣探測領域的科研探索。

搞科研沒周末 興趣隨年月增

「剛開始對激光雷達探測這一塊還不是很了解，碩士導師周軍研究員給了指導方向後，慢慢開始專注這一領域的研究。」王珍珠告訴香港文匯報記者，通過大氣激光雷達設備可以獲取大氣中溫度、濕度、風場、密度、顆粒物濃度、雲結構等各類物理參數，能幫助解決很多環境問題，隨着研究的深入，他越發對激光雷達產生濃厚興趣。

都說搞科研沒有周末，搞科研要耐得住寂寞。王珍珠剛到科學島時，那裏交通不便，去趟合肥市就像進城一樣，用他的話說，就像與世隔絕一般。「因為激光雷達設備研發需要長期積累大氣數據，所以剛開始我們幾乎每天晚上都要做實驗。」王珍珠記得，那時候設備的自動化水平還不高，需要人為全程操作，熬通宵做實驗、監測數據是常有的事。「我喜歡這個事情，所以一點沒覺得辛苦。」先後用激光雷達設備監測到其他國家發生火山噴發後一些顆粒物對中國平流層產生的影響，用設備捕捉到沙塵暴、煙塵等特殊現象數據，都令王珍珠特別開心。

系統結構缺陷 長期無人能解

王珍珠完全投入大氣激光雷達探測技術研發是在2011年前後，那時他即將博士畢業，激光雷達設備已普遍服務於國內外各大氣象、環保領域，但技術卻存在無法在500米以下近地面區域精準探測的盲區瓶頸。

激光雷達的基本原理是激光雷達發射一束激光脈衝，激光在傳輸的過程中與大氣中的物質相遇並相互作用，後向散射信號被接收，通過不同的反演算法可以得到物質的光學性質與微物理性質。

傳統激光雷達採用「後向散射技術」，該技術過

程中激光束與接收望遠鏡之間不完全重疊，導致近場範圍內一部分激光的後向散射回波信號並未返回到望遠鏡接收系統，影響了激光雷達在近地面範圍內的測量，這一部分區域被稱為激光雷達的探測盲區。

王珍珠表示，這一技術瓶頸在近地面霧霾等污染參數監測上尤為明顯。長期以來，科研工作針對傳統激光雷達探測存在的過渡區、盲區問題進行了很多探索，但因系統結構本身決定的盲區部分，卻始終消除不了。探測盲區的高度通常在100米到幾百米不等，而500米以內的近地面高空是與人類活動最為密切相關的，大氣監測特別是霧霾探測亦主要在這個範圍內，如果能突破盲區，準確捕捉污染因子，將對污染防控及治理起到重要作用。然而王珍珠團隊反覆嘗試了多種傳統辦法，卻始終沒有突破。

導師一語點醒 闢新徑破瓶頸

在一次科研外場實驗中，王珍珠與其博士導師王英倫研究員聊起探測盲區的問題，導師建議他，既然傳統「後向散射技術」方案行不通，能否另闢蹊徑，試試「成像」探測的方法。這讓王珍珠茅塞頓開。經過多次嘗試，王珍珠團隊基於 CCD 成像的側向散射激光雷達，將發射裝置（激光器）與接收裝置（CCD相機）分兩處放置，採用「側向散射技術」方案（見圖解），這樣的系統設計本身就沒有過渡區和盲區，在近地面段的測量精度大大提高，同時由於使用了側向散射技術，其近地面段的空間分辨率也更高。

而這一創新設計在監測過程中，除了接收大氣分子等信號外，還有背景光、干擾光、暗電子數等噪聲信號，因此，在實際監測過程中，對信號提取、噪聲去除、光強度轉換等有了更高的要求。為此，王珍珠團隊通過多次研發，最後採用窄帶光譜濾光、時間選通參數的設計和遮光筒的應用，解決了白天強背景弱信號的探測難題。同時，團隊採用高斯信號提取、透過率校正、探測高度校正等算法，更準確獲取霧霾天氣近地面層大氣回波信號。經過5年多的反覆實驗，王珍珠團隊終於在2015年底成功解決了激光雷達近地面探測盲區難題。



◆王珍珠主持研發的側向散射激光雷達設備。受訪者供圖



◆安光所工作站發射激光進行探測。受訪者供圖

設備自主研發 成本降低逾半

解決了探測「盲區」的技術瓶頸後，王珍珠便着手於設備的國產化應用。他介紹，此前激光雷達監測設備的核心器件激光器、探測器都依靠外國進口，其中激光器體積很大，致使整個探測設備製作完成後重達上百公斤，使用時往往需要兩個人抬運或是車裝運載，在監測時也不易放置，最重要的是造價成本很高，不利推廣使用。

而隨着中國在激光雷達探測領域的不斷投入，國產激光技術的不斷增強，目前中國已可以自主研發質量可靠的激光器，不僅體積小，價格也降低很多。王珍珠與團隊在此優勢基礎上，將原來上百公斤的設備做到如今只有10公斤左右，而且性能更強，系統裝備可實現野外一體化，晝夜連續自動運行，不僅節省人力，還可更精確地為氣象部門提供關鍵保障。

中科院專項資助 青年科研空間廣

「最重要的是這款設備成本比原來降低一半還多。」王珍珠表示，搭載着新技術的激光雷達設備，已經在中國氣象局、安

徽人工影響天氣辦公室等氣象部門得到成功應用，還為全國兩會期間氣象實況監測提供保障服務。

2011年，中科院專門成立「青年創新促進會」（下文簡稱青促會），有效組織和支持35歲以下的優秀青年科技工作者加入，最初提供40萬元（人民幣，下同）專項經費用於科研工作者的學術交流、培訓、研發等，現在，這樣的專項資助更提高到80萬元。「通過加強對青年科技人才的培養和支持，可以促進其提升科研活動組織能力和綜合素質，拓寬學術視野，造就新一代學術技術帶頭人。」作為會員的王珍珠說。

他介紹，截至2020年底，青促會會員已達4,557人，其中對從資助期滿的前六批會員中評選優秀會員514人。王珍珠基於該平台創新優勢，成功研發野外一體化激光雷達設備，該設備帶動了水相關氣象要素整體探測技術的產業升級，榮獲2019「青促會」科技成果轉化貢獻獎。

促成中俄建大氣光學中心 籌建大口徑激光雷達裝置

中國激光雷達技術近年來快速發展，目前在該領域中的國際地位已從原來的「跟跑」階段，發展到現在的「並跑」甚至「領跑」階段，中國科研院所與國際合作的機會也越來越多。

王珍珠透露，長期以來，安光所與俄羅斯大氣光學所一直保持學術合作，俄羅斯大氣光學所在理論研究方面極具影響力，而安光所在產學研設備研發上優勢明顯，在王珍珠看來，雙方有着很大的合作空間。為此，他積極促成雙方展開深度合作。

2019年，中俄大氣光學聯合研究中心在安徽合肥正式揭牌，雙方在激光大氣探測技術、大氣分子光譜學等研究和重大科學基礎設施建設等方面進行一系列探索。王珍珠介紹，包括建立卷雲微物理參數激光—微波聯合探測技術和反演模型等，雙方圍繞國際性前沿問題已合作研發了多項成果。

超級觀測站將覆蓋北半球

近年來地球大氣中水含量逐漸升高，而監測大氣中的水含量對洪水、暴雨等自然災害有着較強的預警作用。王珍珠介紹，基於中俄聯合研究中心的平台，雙方將在俄羅斯西伯利亞地區和中國江淮地區建立國際性大氣光學「超級觀測站」，監測範圍可覆蓋整個北半球，配備裝置精確度極高，甚至可以觀測到雪花的大小和數量，為全球災害性氣候監測作強而有力的後盾。同時，籌建國際一流的全程獨立大口徑激光雷達大氣探測平台的計劃亦在同步進行中，該平台的建立對研究全球氣候變化以及治理霧霾、預報天氣等都具有重要意義。王珍珠更表示，未來，該激光雷達探測裝置的建設和運行，將面向國內外學者開放共享，推動全球天氣預報和氣候變化研究發展。