

KHOA HỌC CƠ BẢN (trang 81÷84)

NGHIÊN CỨU SỰ THAY ĐỔI TỶ SỐ LIDAR THEO KHOẢNG CÁCH

BÙI THỊ THANH LAN, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

ĐỒNG THỊ LINH, *Đại học KTCN Thái Nguyên*

Tóm tắt: *LIDAR là công nghệ mới dùng laser để khảo sát đối tượng ở phạm vi xa. Hiện nay thuật toán nghịch đảo Klett là phương pháp phổ biến để giải phương trình LIDAR nhằm xác định các đại lượng cần đo như hệ số tán xạ ngược, hệ số suy giảm. Vì phương trình LIDAR chứa hai ẩn nên cần có tỷ số LIDAR để đủ điều kiện giải phương trình. Người ta có thể sử dụng các giá trị tỷ số LIDAR cho trước nằm trong khoảng 20-90 sr. Như vậy sẽ có sai số vì trong thực tế tỷ số LIDAR không phải là hằng số mà thay đổi theo thời gian và khoảng cách.*

Trong phương pháp hai chùm tia, người ta tích hợp hai thiết bị LIDAR. Hai thiết bị đồng thời thực hiện hai phép đo độc lập với cùng một mẫu khí quyển ở giữa chúng và do đó cung cấp hai phương trình LIDAR độc lập với nhau. Giả thiết ánh sáng laser phát ra là đơn sắc và các quá trình tán xạ phức tạp được bỏ qua.

Sử dụng phương pháp hai chùm tia xác định được hệ số suy giảm và hệ số tán xạ ngược mà không cần một giả thuyết hay một sự hiệu chuẩn nào. Hệ số suy giảm và hệ số tán xạ ngược đều phụ thuộc khoảng cách. Thực nghiệm tính sự phụ thuộc vào khoảng cách của hệ số suy giảm cho thấy có tồn tại đám sol khí ở trong vùng từ 0,3 km đến 0,5 km. Theo tính toán từ số liệu thực nghiệm hệ số tán xạ ngược giảm ở vùng từ 0,3 km đến 0,6 km. Như vậy kết quả tính của hai hệ số suy giảm và tán xạ ngược là khá phù hợp.

Theo công thức tính tỉ số LIDAR không phải là hằng số. Tỉ số LIDAR phụ thuộc vào đặc trưng vật lý của hạt sol khí như loại hạt, kích thước, chiết suất. Các yếu tố trên đều thay đổi theo khoảng cách, do vậy tỉ số LIDAR cũng luôn thay đổi theo khoảng cách.

Theo tính toán thực nghiệm tỷ số LIDAR phụ thuộc vào khoảng cách và có cực đại bằng 46sr tại 0,4 km, cực tiểu bằng 17,5sr tại 0,18 km phù hợp với lý thuyết sol khí vùng biển.

1. Phương pháp hai chùm tia

Trong phương pháp một chùm tia LIDAR, để giải quyết bài toán một phương trình LIDAR nhưng chứa hai ẩn số là hệ số suy giảm và hệ số tán xạ ngược, người ta buộc phải đưa thêm giả thiết về mối quan hệ giữa hai ẩn số này. Thông thường, ta tính toán tỉ số giữa hệ số suy giảm và hệ số tán xạ ngược (tỉ số LIDAR) ở một vị trí cho trước sau đó giả thiết rằng tỉ số này không thay đổi trong cả phạm vi đo đạc. Tuy nhiên, phép tính trên sẽ gặp sai số lớn khi môi trường không đồng nhất hay phạm vi đo đạc lớn. Một phương pháp rất tinh tế về mặt vật lý để đo tỉ số LIDAR là kỹ thuật đo tán xạ Raman trên phân tử Nitơ do Ansmann et al (1992) áp dụng [2].

Tuy nhiên, đây là một phương pháp khá tốn kém và mất nhiều thời gian vì phương pháp này cần thiết bị thu chính xác để đo sự dịch chuyển bước sóng trong tán xạ Raman không đàn hồi và tiết diện tán xạ Raman phải được xác định chính xác qua tính toán lý thuyết và thực nghiệm đối với nhiều bước sóng laser khác nhau. Vì vậy, phương pháp hai chùm tia cho phép tính trực tiếp tỉ số LIDAR đã giải quyết được những khó khăn trên.

Để thực hiện phép đo các thông số vật lý sử dụng phương pháp hai chùm tia, người ta tích hợp hai thiết bị Airborne LiDAR (kí hiệu là A) và Ground - Based LIDAR (kí hiệu là K). Thiết bị thứ nhất được gắn trên một máy bay bay ở độ

cao H hướng xuống phía dưới và đo sự tăng dần của mật độ sol khí và các phân tử khí. Ngược lại, thiết bị thứ hai đặt trên mặt đất hướng lên trên đo sự giảm dần của mật độ sol khí theo độ cao [1, 4]. Hai thiết bị có thể đặt cùng độ cao và được chiếu vào môi trường sol khí từ hai phía.

Hai thiết bị trên đồng thời thực hiện hai phép đo độc lập với cùng một mẫu khí quyển ở giữa chúng và do đó cung cấp hai phương trình LIDAR độc lập với nhau. Giả thiết ánh sáng laser phát ra là đơn sắc và các quá trình tán xạ phức tạp được bỏ qua [3]. Khi đó phương trình LIDAR tán xạ đàn hồi mô tả tín hiệu nhận được như là một hàm của các thông số khí quyển và thông số hệ thống.

1.1. Phương trình LIDAR cho phương pháp hai chùm tia

Từ phương trình LIDAR cơ bản với giả thiết tín hiệu đo được là rõ nét nhất và hàm Overlap $O(R) = 1$, ta có phương trình LIDAR của hai hệ LIDAR như sau [5]:

$$S_K(R) = P_K(R)R^2 = C_K\beta(R)T_{[0,R]}^2(R), \quad (1)$$

$$S_A(R) = P_A(R)R^2 = C_A\beta(R)T_{[H,R]}^2(R), \quad (2)$$

R là khoảng cách giữa hệ LIDAR và mẫu khí quyển cần đo, $\beta(R)$ là hệ số tán xạ ngược, C_A và C_K lần lượt là hằng số LIDAR của hai hệ tương ứng. Hàm truyền T có dạng:

$$T(R) = \exp\left(-2\int_0^R \mu(r)dr\right). \quad (3)$$

Thay (3) vào (1) và (2), để đơn giản, ta kí hiệu $r_K = r$:

$$S_K(R) = C_K\beta(R)\exp\left(-2\int_0^R \mu(r)dr\right). \quad (4)$$

$$S_A(R) = C_A\beta(R)\exp\left(-2\int_H^R \mu(r_A)dr_A\right). \quad (5)$$

Sau một số biến đổi có hệ số suy giảm:

$$\mu(R) = \frac{1}{4} \frac{d}{dR} \left[\ln \left(\frac{S_A(R)}{S_K(R)} \right) \right]. \quad (6)$$

Hệ số suy giảm thu được bằng cách trên không cần một giả thuyết hay một sự hiệu chuẩn nào. Sai lệch của $\mu(R)$ phụ thuộc vào tín hiệu nhiễu của cả hai hệ LIDAR, vì vậy sẽ kết quả tính chính xác hơn nếu hai hệ LIDAR có cùng tỉ số S/N (signal to noise).

1.2. Tỷ số LIDAR trong phương pháp hai chùm tia LIDAR

Giả sử ở một độ cao R_{ref} cho trước, ta đã biết giá trị của hệ số tán xạ ngược β_{ref} . Khi đó tín hiệu thu được của hai hệ LIDAR được viết lại như sau [5]:

$$S_K(R_{ref}) = C_K\beta(R_{ref})\exp\left(-2\int_0^{R_{ref}} \mu(r)dr\right). \quad (7)$$

Sau khi biến đổi chúng ta thu được hệ số tán xạ ngược có biểu thức như sau:

$$\beta(R) = \beta(R_{ref}) \sqrt{\frac{S_K(R)}{S_K(R_{ref})} \frac{S_A(R)}{S_A(R_{ref})}}, \quad (8)$$

Giá trị β_{ref} :

$$\Rightarrow \beta(R_{ref}) = \frac{S_K(R_{ref})S_A(R_{ref})}{\sqrt{C_K C_A \exp\left(-2\int_0^H \mu(r)dr\right)}}. \quad (9)$$

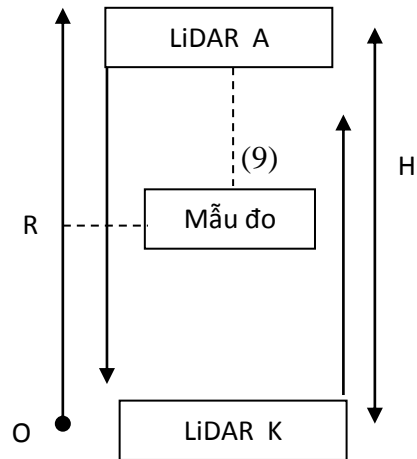
Như vậy, ta có tỷ lệ LIDAR:

$$L_{aer}(R) = \frac{\mu_{aer}(R)}{\beta_{aer}(R)} = \frac{\frac{1}{4} \frac{d}{dR} \left[\ln \left(\frac{S_A(R)}{S_K(R)} \right) \right] - \mu_{mol}(R)}{\beta(R_{ref}) \sqrt{\frac{S_K(R)}{S_K(R_{ref})} \frac{S_A(R)}{S_A(R_{ref})}} - \beta_{mol}(R)} \quad (10)$$

2. Khảo sát tỷ số LIDAR theo khoảng cách

2.1. Thực nghiệm

Khảo sát khí quyển gần biển Point Loma Peninsula - Mỹ [6] bằng hai máy LIDAR đặt cách nhau 0.9825 km, Hughes và Paulson đã sử dụng nguồn laser Nd:YAG. Hai thiết bị LIDAR đặt ở độ cao khoảng 38m trên mực nước biển, phép đo được tiến hành trong điều kiện thời tiết tốt, không khí ít ô nhiễm [5]. Kết quả thu được cho trong bảng 1, tín hiệu thu là $S(R) = \ln(P(R).R^2)$.

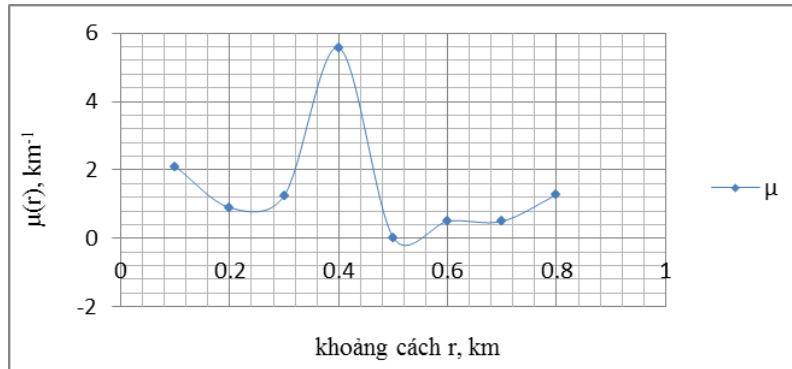


Hình 1. Sơ đồ bố trí hai hệ LIDAR

Bảng 1. Kết quả khảo sát khí quyển tại Point Loma Peninsula - Mỹ

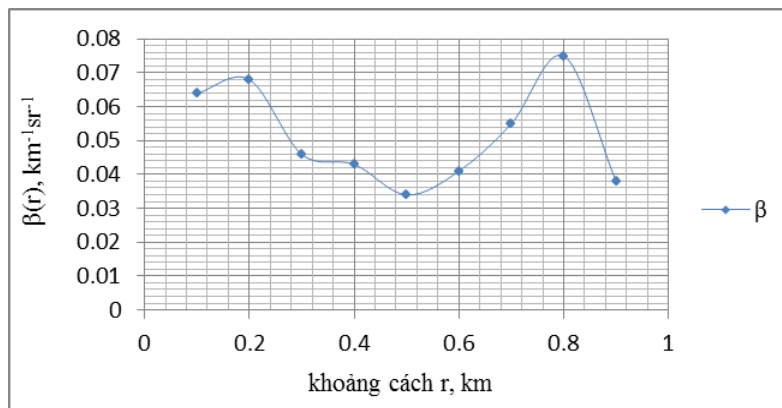
R(km)	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
S ₁ (r)	4,00	4,35	4,92	5,25	6,6	6,42	6,21	6,00	6,95
S ₂ (r)	6,15	5,66	5,87	5,70	4,82	4,63	4,22	3,81	4,25

Sử dụng phương pháp hai chùm tia, chúng tôi đã xác định được hệ số suy giảm và hệ số tán xạ ngược. Kết quả chúng tôi thu được các đồ thị 2 và 3.



Hình 2. Sự phụ thuộc của hệ số suy giảm theo khoảng cách

Ta thấy sự phụ thuộc vào khoảng cách của hệ số suy giảm đo bằng phương pháp hai chùm tia cho giá trị cực đại ở khoảng cách 0,4 km, và giảm nhanh trong bán kính khoảng 0,1 km. Như vậy có thể kết luận là có tồn tại đám xon khí ở trong vùng từ 0,3 km đến 0,5 km.



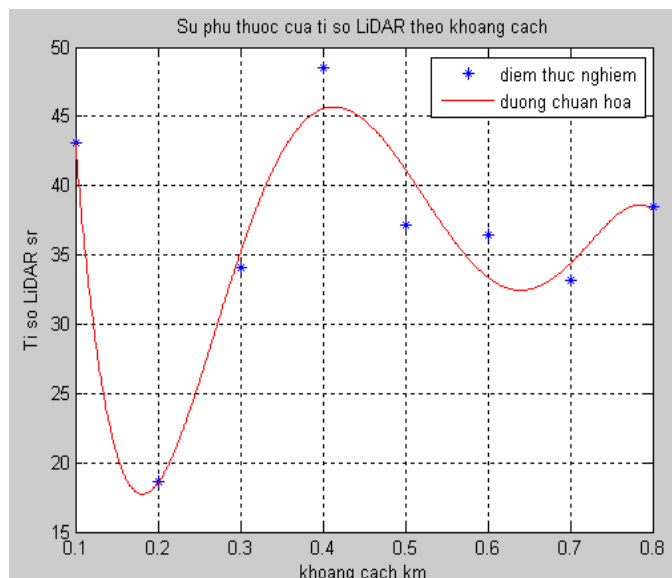
Hình 3. Sự phụ thuộc của hệ số tán xạ ngược theo khoảng cách

Trên hình 3 cho thấy hệ số tán xạ ngược giảm ở vùng từ 0,3 km đến 0,6 km. Như vậy chúng tôi có sự tồn tại của đám xon khí trong vùng này. Như vậy kết quả tính của hai hệ số suy giảm và tán xạ ngược là khá phù hợp.

2.2. Xác định tỉ số LIDAR theo khoảng cách

Bảng 2. Tỉ số LIDAR L theo khoảng cách

R(km)	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
L (sr)	43,07	18,68	34,06	48,47	37,18	36,47	33,13	38,44



Hình 4. Sự phụ thuộc của tỉ số LIDAR vào khoảng cách

Nhận xét: Theo tính toán tỷ số LIDAR phụ thuộc vào khoảng cách cho thấy có cực đại bằng 46 sr tại 0,4 km và cực tiểu là 17,5 sr tại 0,18 km. Kết quả tính toán cho thấy môi trường không khí giữa hai thiết bị LIDAR không đồng nhất. Thông thường, đối với sol khí vùng biển và vùng dân cư, tỉ số LIDAR thường có giá trị nhỏ hơn 50 sr [1,5]. Như vậy, các số liệu tính toán tỉ số LIDAR bằng phương pháp hai chùm tia như trên là hoàn toàn phù hợp.

Trong bảng 2 ta thấy tỉ số LIDAR không phải là hằng số. Tỉ số LIDAR phụ thuộc vào đặc trưng vật lý của hạt sol khí như loại hạt (tan trong nước, không tan trong nước, hạt loại cacbon...), phân bố kích thước, chiết suất. Các yếu tố trên đều thay đổi theo khoảng cách, do vậy tỉ số LIDAR cũng luôn thay đổi theo khoảng cách.

4. Kết luận

Hiện nay, kĩ thuật LIDAR đã và đang được ứng dụng trong các phép đo đánh giá những thông số của khí quyển. Các phương pháp tính toán cũng được phát triển để cho kết quả chính xác hơn. Qua bài báo này, chúng tôi đã bước đầu nghiên cứu phương pháp tính tỉ số LIDAR bằng phương pháp hai chùm tia dựa trên kết quả thực nghiệm đã có. Hiện nay chúng tôi chưa có đủ điều kiện thực nghiệm ứng dụng phương pháp hai chùm tia. Đây là cơ sở lý thuyết để

tính các thông số khí quyển và ứng dụng phương pháp hai chùm tia ở Việt Nam.

Bài báo hoàn thành nhờ sự hỗ trợ của đề tài KHCN cấp Tỉnh mã số 10/2014/HĐ-KHCN.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Ackermann, 1998. The extinction to backscatter ratio of tropospheric aerosol. A numerical study, J. Atmos. Ocean. Technol., 15, 1043–1050.
- [2]. Ansmann, A., Wandinger, U., Riebesell, M., Weitkamp, C., and Michaelis, W, 1992. Independent measurements of extinction and backscatter profiles in Cirrus clouds by using a combined Raman elastic-backscatter Lidar. Appl. Optics, 31, 7113–7131.
- [3]. Bui Thi Thanh Lan. Introduction the LIDAR two-stream technique”, Proceeding the conference “ Advance in mining and tunneling. 8/2012.
- [4]. I.S. Stachlewska and Ritter, 2010. On retrieval of lidar extinction profiles using Two – stream and Raman techniques. Atmos. Chem. Phys, 10, PP 2813 – 2824.
- [5]. Hughes HG, Paulson, M.R, 1998. Double – end lidar techniques for aerosol studies. Applied Optics, 27, PP 2273 – 3278.

(xem tiếp trang 80)

ABSTRACT

Study the depending of lidar ratio on distance

Bui Thi Thanh Lan, *Hanoi University of Mining and Geology*

Dong Thi Linh, *Thai Nguyen University of Technology*

LIDAR is a new technology for remote survey. Klette inversion algorithm is commonly used to solve LIDAR equation to determine the measurement parameters, such as backscattering efficient and extinction efficient. Because of the LIDAR equation has two aerosol unknown parameters, that is why the LIDAR ratio is needed. One can choose LIDAR ratio between from 20 - 90 sr. Therefore, it makes errors because of LIDAR ratio dependent on time and location.

In the two stream method two LIDAR instruments are integrated. Two instruments independently measure with the same aerosol sample at the same time then giving two independent LIDAR equations. Assuming that laser is monochrome and complicated scattering is overlooked.

Using the two stream method to determine the efficient extinction and back scattering coefficient without any assuming or calibration. The efficient extinction and the backscattering depend on the distance. The experiments calculating the dependence of the efficient extinction on the distance can conclude that there is an aerosol dome in distance from 0,3 km to 0,5 km. Calculating from experimental data get the backscattering efficient reduce in the distance from 0,3 km to 0.6 km. Therefore, the results of two efficient are well fit to each other.

By the formula, the LIDAR ratio is not constant. The LIDAR ratio depends on the characteristics of the aerosol particle such as type, dimension and refractive index. These characteristics change by distance and the LIDAR ratio also depends on the distance.

Experimental results showed that the LIDAR ratio depends on the distance and has maximum value 46 sr at 0.4 km and minimum value 17.5sr at 0.18 km so that it is fitting with theory of sea aerosol.