

việc đánh giá các đóng góp bậc cao nhất vào các hệ số Wilson liên quan đến việc tính toán của nhiều tích phân động lượng hai vòng lặp. Các tích phân vòng lặp này thường khá khó để đánh giá và tạo thành một rào cản kỹ thuật đáng kể để mở rộng các phép tính QSR lên cao hơn orders. Chương 2 thảo luận các kỹ thuật để đánh giá tích phân vòng lặp.

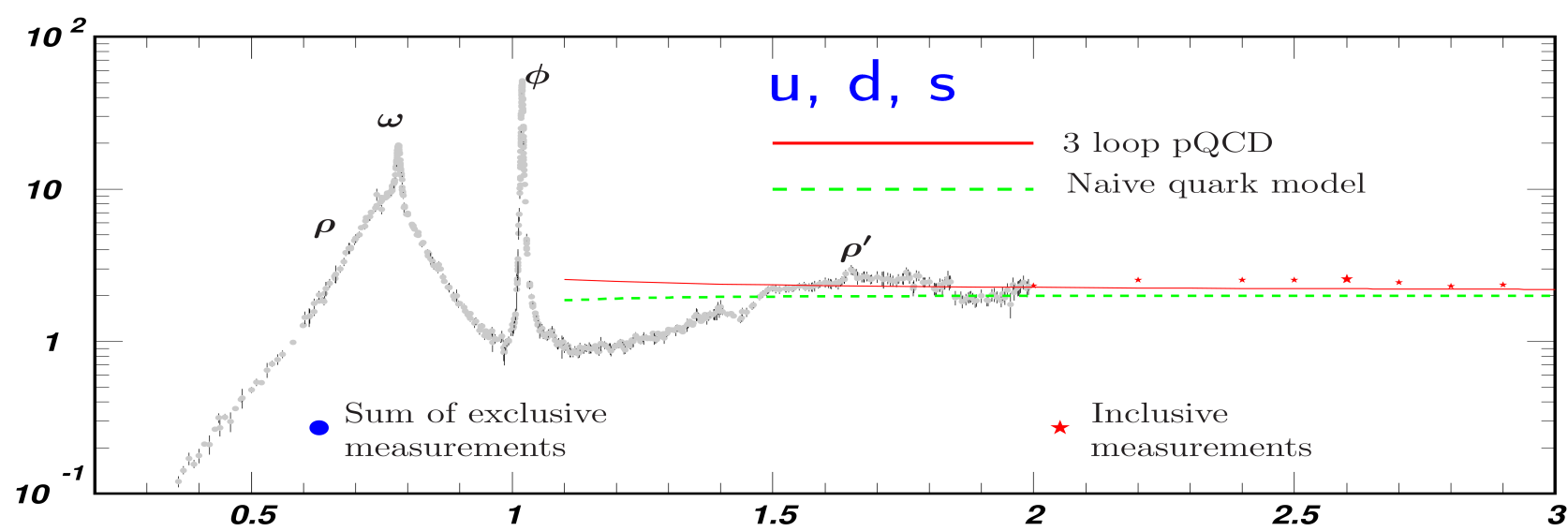
### 1.4.4 Hàm phổ Hadron

Như đã đề cập trước đó, hàm phổ hadron có thể được đo bằng thực nghiệm.

Ví dụ, hàm phổ cho các trạng thái hadron có  $J^{PC} = 1^{--}$  liên quan đến tỷ lệ của các mặt cắt ngang

$$R(s) = \frac{\sigma(e^-e^+ \rightarrow \text{hadrons})}{\sigma(e^-e^+ \rightarrow \mu^-\mu^+)} \tag{1.110}$$

Hàm phổ này được thể hiện trong Hình 1.9.



Hình 1.9: Hàm phổ hadron  $R(s)$ . Trục hoành là tâm năng lượng va chạm trong hệ quy chiếu khối tâm của electron và positron tính bằng đơn vị GeV và Trục tung là một số không thứ nguyên  $R(s)$ . Các cộng hưởng được gắn nhãn  $\rho$ ,  $\omega$  và  $\phi$  tương ứng với các hadron riêng biệt. Electron và positron bị triệt tiêu thông qua một photon hoặc  $Z$  boson, cả hai đều có các số lượng tử  $J^{PC} = 1^{--}$ . Do đó tất cả các hadron này phải có các số lượng tử này. Vị trí theo chiều ngang của mỗi đỉnh cộng hưởng là khối lượng của hadron tương ứng với cộng hưởng đó. vùng giữa 1.5 GeV và 3.0 GeV là liên tục được mô tả tốt bởi tính toán QCD nhiễu loạn ba vòng. Lưu ý rằng trong vùng dưới 1.5 GeV,  $R(s)$  được mô tả bởi Dự đoán QCD và các đặc điểm cộng hưởng phù hợp theo nghĩa là một giá trị trung bình toàn cục. Điều này là một ví dụ về khái niệm đối ngẫu quark-hadron, điều này rất quan trọng đối với QSR. Hình lấy từ Tài liệu tham khảo [20].