

# NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM CHỌN KẾT CẤU MŨI PHUN HỢP LÝ CHO ĐẬP TRẦN SÔNG BUNG 4, TỈNH QUẢNG NAM

Đỗ Ngọc Ánh, Tô Vĩnh Cường  
Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam

**Tóm tắt:** Khi thiết kế giải pháp tiêu năng phóng xa cho các đập tràn có cột nước vừa và lớn, việc bố trí các thiết bị tiêu năng phụ (mũi phun, dầm...) trên mũi phun giúp tăng khả năng tiêu hao năng lượng, góp phần giảm chiều sâu đào hố xói và gia cố hạ lưu. Để lựa chọn kết cấu tiêu năng hợp lý, bài báo trình bày biện pháp tiêu hao năng lượng dòng phun bằng giải pháp mũi phun 2 tầng. Kết quả nghiên cứu được thực hiện trên mô hình thủy lực tràn thủy điện Sông Bung 4, tỉnh Quảng Nam.

**Từ khóa:** Mũi phun hai tầng, thí nghiệm mô hình thủy lực.

**Summary:** When designing energy dissipation solutions for spillways with medium and large water heads, the arrangement of auxiliary energy dissipation devices (spray abutments, beams, etc.) on the spray nozzle helps increase energy dissipation, contributing to Reduce depth of scour hole excavation and downstream reinforcement. To choose a reasonable energy dissipation structure, this article presents a method for dissipating spray flow energy using a two-stage nozzle solution. The research results were carried out on the hydraulic model of river Bung 4 hydropower plant, Quang Nam province.

**Keywords:** Two-stage nozzle, hydraulic model experiment.

## 1. MỞ ĐẦU

Khi xả lũ qua các công trình tháo từ hồ chứa về hạ du với năng lượng dòng chảy lớn làm mất an toàn cho công trình chính và xói lở hạ du, do đó cần có công trình tiêu năng giảm năng lượng dòng chảy.

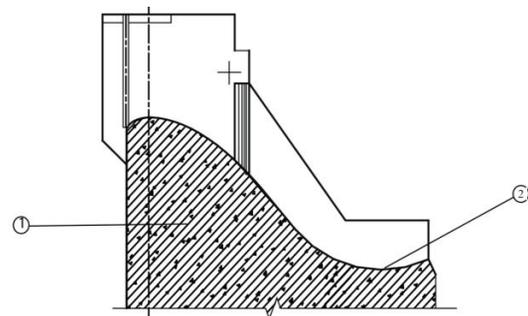
Hình thức tiêu năng dòng phun đảm bảo về kinh tế - kỹ thuật nên được áp dụng rộng rãi ở nhiều nước như Trung Quốc (chiếm hơn 80%) [5], ở Việt Nam chiếm hơn 70 % [1, 2, 5] các hình thức tiêu năng.

Tiêu năng dòng phun là giải pháp dựa vào mũi phóng để phóng tia nước với vận tốc lớn. Tia nước (luồng nước) khuếch tán vào không trung theo quỹ tích hình parabol và rơi xuống mặt nước đệm hạ lưu để tiêu năng. Trong quá trình phóng tia nước vào không khí thông qua hấp thụ không khí hòa lẫn vào nước phóng để tiêu

hao một phần năng lượng, sau đó tia nước rơi vào mặt nước đệm ở hạ lưu mũi phóng.

Nối tiếp thượng hạ lưu theo kiểu dòng phun từ mũi phóng hình trụ không ngập (cao trình mũi phóng luôn đặt cao hơn cao trình mực nước hạ lưu).

Loại mũi phun phổ biến và được áp dụng nhiều ở thực tế là mũi phun liên tục. Mũi phun liên tục là mũi phun dạng hình trụ đặc chạy dài suốt dốc nước hay cuối thân tràn với góc hát khoảng  $15^{\circ} \div 35^{\circ}$  như hình 1.



Hình 1: Cắt dọc đập tràn giữa lòng sông với mũi phun liên tục [1]

Ngày nhận bài: 08/01/2024

Ngày thông qua phản biện: 26/02/2024

Ngày duyệt đăng: 04/3/2024

*Ghi chú: 1- Thân đập tràn, 2- Mũi phun liên tục*

Mũi phun liên tục được dùng phổ biến trong thiết kế và xây dựng các công trình thủy lợi và thủy điện, tuy nhiên qua quá trình vận hành cho thấy có một số nhược điểm sau:

Dòng chảy qua mũi phun liên tục khuếch tán trong không khí kém, tập trung đổ xuống hạ lưu, năng lượng tiêu hao trong không gian tương đối nhỏ, do đó năng lượng tiêu hao trong lớp nước hạ lưu cũng nhỏ, nên vận tốc và sóng hạ lưu còn lớn dẫn đến xói lở hạ lưu mạnh.

Một số tác giả đã nghiên cứu mũi phun hai tầng áp dụng cho đập tràn xả lũ. Dưới đây trình bày kết quả nghiên cứu áp dụng mũi phun hai tầng cho đập tràn xả lũ thủy điện Sông Bung 4, tỉnh Quảng Nam.

## 2. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

### 2.1. Giới thiệu chung

Sông Bung là một nhánh của sông Vu Gia, nằm trong tỉnh Quảng Nam thuộc miền Trung Việt Nam. Diện tích lưu vực tính đến tuyến đập thủy điện Sông Bung 4 là 1477 km<sup>2</sup>, chiều dài dòng sông chính khoảng 106,6km. Công trình cách thành phố Đà Nẵng khoảng 75 km về hướng Tây Nam.

Để nghiên cứu tình hình thủy lực khi xả lũ qua tràn, tư vấn đã xây dựng mô hình lòng cứng, chính thái với tỷ lệ 1/80. Theo tiêu chuẩn tương tự về trọng lực (Froude), phạm vi mô hình (14 x 22) m<sup>2</sup>.

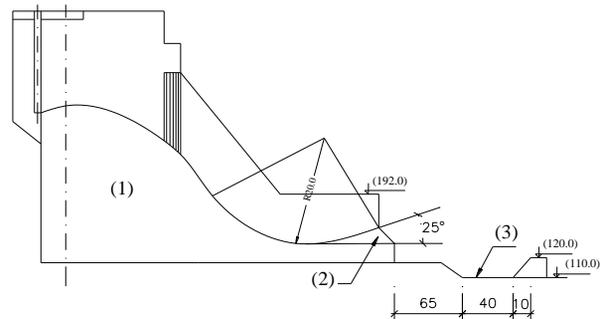
Thí nghiệm trên xấp xỉ là thí nghiệm Sông Bung 4 gồm nhiều nội dung, trong phạm vi bài báo chỉ nêu những vấn đề chính liên quan đến diễn biến thủy lực của tràn xấp xỉ là để chọn kết cấu mũi phun hợp lý như phần dưới đây.

### 2.2. Kết quả thí nghiệm theo phương án thiết kế

#### 1) Bố trí phương án thiết kế

Theo thiết kế, mũi phun liên tục có góc hất  $\alpha = 25^{\circ}$ , bán kính cong ngược  $R = 20,00$  m. Chiều

dài đáy hố xói 40 m, chiều sâu hố xói 10 m. Sơ họa mặt cắt thiết kế như tại hình 2, hình ảnh mô hình và dòng chảy phương án thiết kế xem tại ảnh 1, 2 [7].



*Hình 2: Sơ họa cắt dọc tràn theo phương án thiết kế*

(1) - Thân tràn, (2) - Mũi phun liên tục,  
(3) - hố xói đào sẵn

*Ghi chú: cao độ, kích thước ghi là m*



*Ảnh 1: Mô hình tổng thể nhìn từ hạ lưu - Phương án thiết kế*



*Ảnh 2: Dòng chảy qua mũi phun liên tục (phương án thiết kế)*

Mô hình được tiến hành thí nghiệm với 4 cấp lưu lượng xả  $Q=5704 \div 10798 \text{ m}^3/\text{s}$ . Kết quả xác định các thông số thủy lực chính nêu ở dưới đây.

### 2) Kết quả thí nghiệm vận tốc dòng chảy

Ứng với 4 cấp lưu lượng xả 5704; 6420; 8602 và 10798  $\text{m}^3/\text{s}$ , vận tốc đáy dòng chảy ở một số vị trí chủ yếu như sau:

+ Vận tốc ở đỉnh mũi phun:  $V=17,40 \div 23,60 \text{ m/s}$

+ Vận tốc ở giữa hố xói:  $V=7,32 \div 11,96 \text{ m/s}$

+ Vận tốc ở cuối hố xói:  $V=6,54 \div 10,20 \text{ m/s}$

+ Vận tốc ở chân đường giao thông bờ trái:  $V=5,83 \div 8,97 \text{ m/s}$

(Cách đỉnh mũi phun liên tục khoảng 300m về hạ lưu)

Khi xả lưu lượng lũ  $Q=10.798 \text{ m}^3/\text{s}$  thì vận tốc lớn nhất ở vùng mũi phun khoảng  $V \approx 23,60 \text{ m/s}$ . Trong qua trình xả lũ như trên thì vận tốc ở đáy hố xói khoảng 12,0 m/s. Như vậy đáy hố xói là đá kết tinh Endezit sẽ không bị xói sâu thêm. Vận tốc chân đường giao thông bờ trái khoảng 9 m/s sẽ gây xói lở đường giao thông bờ trái.

### 3) Kết quả thí nghiệm sóng ở hạ lưu

Khi xả lưu lượng lũ  $Q=5.074 \div 10.798 \text{ m}^3/\text{s}$  dòng phun phóng xuống hố xói, năng lượng tiêu hao chưa được nhiều nên vẫn còn vận tốc dòng chảy lớn, sóng leo cao nhất lên mái đường giao thông bờ trái khoảng 9,0 m. Với sóng lớn như vậy sẽ gây xói lở đường giao thông bờ trái.

### 4) Kết quả thí nghiệm chiều dài phun xa

Với cấp lưu lượng lớn nhất  $Q=10.798 \text{ m}^3/\text{s}$ , chiều dài phun xa khoảng 89 m.

### 5) Kết quả thí nghiệm hiệu quả tiêu năng

Từ kết quả thí nghiệm mô hình thủy lực cho thấy năng lượng tiêu hao lớn nhất qua mũi phun khoảng 58,50 %.

**Nhận xét:**

Qua thí nghiệm phương án thiết kế cho thấy chế độ thủy lực còn bất lợi, vận tốc dòng chảy và sóng ở hạ lưu còn lớn, năng lượng tiêu hao thấp. Nguyên nhân là dòng chảy qua mũi phun liên tục ít va đập và xáo trộn trong không khí, bề dày dòng chảy mỏng (dòng tập trung như ảnh 2). Do đó sẽ gây xói lở đường giao thông bờ trái.

Để giải quyết các hạn chế nêu trên, đập tràn thủy điện Sông Bung 4 đã được nghiên cứu thí nghiệm với kết cấu mũi phun hai tầng như phần tiếp theo dưới đây.

### 2.3. Kết quả thí nghiệm theo phương án mũi phun hai tầng [7]

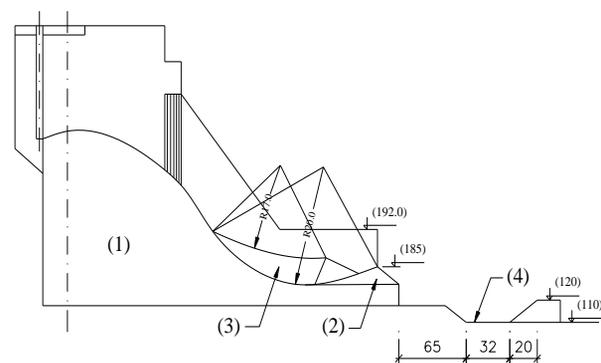
Để lựa chọn được kết cấu mũi phun hợp lý, quá trình thí nghiệm mô hình thủy lực đã thử nghiệm nhiều kết cấu khác nhau, dưới đây nêu kết quả thí nghiệm phương án mũi phun hai tầng.

Kết cấu tiêu năng tràn xả lũ gồm có 1 hàng mô và 1 mũi phun liên tục (xem hình 3, 4 và ảnh 3)

Hàng mô gồm 5 mô phun, bố trí cách nhau 6,0m, cách mép ngoài mũi phun 2,40m, góc hất của mô  $\theta=16,5^\circ$ .

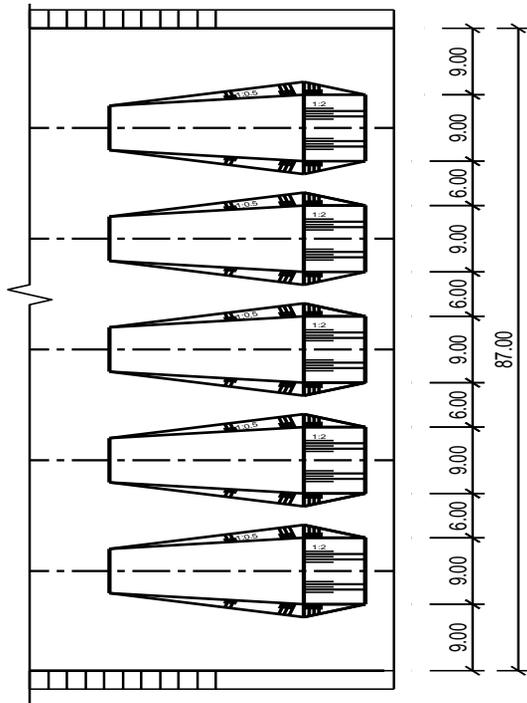
Mũi phun liên tục có bán kính  $R=20,0\text{m}$ , góc hất  $\alpha=25^\circ$ .

Hố xói đào sẵn, đáy hố xói là đá kết tinh Endezit, cao trình  $\nabla 110\text{m}$ , dài 32m, mái sau  $m=2$ .



Hình 3: Sơ họa cắt dọc tràn xả lũ bố trí mũi phun hai tầng (phương án chọn)  
(1) - Thân tràn, (2) - Mũi phun liên tục, (3) -

Mố phun, (4) – Hồ xói đào sẵn  
Cao độ, kích thước ghi là m



Hình 4: Sơ họa mặt bằng kết cấu  
mũi phun hai tầng

Ghi chú: Cao độ, kích thước ghi là m



Ảnh 3: Mô hình tổng thể phương án  
mũi phun hai tầng nhìn từ hạ lưu

**1) Kết quả thí nghiệm vận tốc dòng chảy**

Ứng với 4 cấp lưu lượng xả  $Q=5704\div 10798$   $m^3/s$ , vận tốc đáy dòng chảy ở một số vị trí chủ yếu như sau:

+ Vận tốc ở đỉnh mố phun:  $V=21,70\div 23,50$  m/s.

+ Vận tốc ở đỉnh mũi phun:  $V=20,30\div 23,00$  m/s.

+ Vận tốc ở giữa hố xói:  $V=5,20\div 8,80$  m/s.

+ Vận tốc ở cuối hố xói:  $V=4,90\div 6,30$  m/s.

+ Vận tốc chân đường giao thông bờ trái:  $V=4.70\div 5.80$  m/s.

(Cách đỉnh mũi phun liên tục 300 m về phía hạ lưu)

Khi xả lưu lượng lũ  $Q=10798$   $m^3/s$  thì vận tốc lớn nhất ở vùng mũi phun khoảng 23,0 m/s. Trong quá trình xả lũ như trên thì vận tốc ở đáy hố xói khoảng 9.00m/s giảm khoảng 3m/s so với phương án thiết kế. Như vậy đáy hố xói là đá kết tinh Endezit sẽ không bị xói sâu thêm. Tại vị trí chân đường giao thông với vận tốc khoảng 6.0m/s (giảm so với phương án thiết kế 3.0m/s), do đó đường giao thông bờ trái không bị xói lở.

**2) Kết quả thí nghiệm sóng ở hạ lưu**

Khi xả lưu lượng lũ  $Q=5074\div 10798$   $m^3/s$  dòng phun phóng xuống hố xói, năng lượng tiêu hao được khá tốt, tuy nhiên vẫn còn gây ra sóng ở hạ lưu. Chiều cao sóng leo lớn nhất bờ trái khoảng 6,5 m (giảm so với phương án thiết kế hơn 2 m).

**3) Kết quả thí nghiệm chiều dài dòng phun xa**

Chiều dài phun xa ngắn nhất là 74 m vẫn lớn hơn khoảng cách lưu không 9 m, chiều dài phun xa dài nhất là 82 m. Như vậy có thể rút ngắn chiều dài hố xói đi 8 m. So sánh với phương án thiết kế thì phương án sử dụng mũi phun hai tầng có chiều dài phun xa ngắn hơn vì tránh cho dòng phun đổ vào đường giao thông bờ trái gây xói lở nên bố trí mố phun hình thang lùi cách mép ngoài mũi phun liên tục 2,40 m (ảnh 5) và góc mố phun nhỏ  $\theta = 16^{\circ}5$ .

**4) Kết quả thí nghiệm hiệu quả tiêu năng**

Từ kết quả đo đạc ở mô hình cho thấy, ứng với các cấp lưu lượng xả lớn nhất  $Q=10798$   $m^3/s$ ,

năng lượng tiêu hao qua mũi phun hai tầng khoảng 63,60% (tăng so với mũi phun liên tục khoảng 8%).

Kết quả thí nghiệm cho thấy dòng chảy qua mũi phun hai tầng va đập trong không khí, xáo trộn mạnh khi đổ xuống hạ lưu, bề rộng dòng chảy lớn và phân tán. Ứng với 4 cấp lưu lượng thí nghiệm trên so với mũi phun liên tục bề rộng dòng chảy đổ xuống hạ lưu tăng thêm 1÷6 m (xem ảnh 4), do đó vận tốc và sóng ở hạ lưu cũng giảm; đồng thời tiêu hao năng lượng cũng tăng hơn. Tuy nhiên chiều dài phun xa có ngắn hơn khoảng 4m, nhưng vẫn cách xa chân công trình với chiều dài phun ngắn nhất là 74m (khoảng cách lưu không là 65 m). Dòng phun ứng với 4 cấp lưu lượng thí nghiệm đều nằm trong hố xói đào sẵn, căn cứ chiều dài phun xa có thể rút ngắn chiều dài đáy hố xói từ

40m xuống 32 m (rút ngắn được 8 m).



Ảnh 4: Dòng chảy qua mũi phun hai tầng

Từ thí nghiệm mô hình đã đi đến kiến nghị áp dụng mũi phun hai tầng vào thiết kế, thi công xây dựng cho đập tràn thủy điện Sông Bung 4. Dưới đây là một số hình ảnh công trình đang xây dựng và hoàn thành đi vào vận hành.



Ảnh 5: Đập tràn Sông Bung 4 đang xây dựng



Ảnh 6: Đập tràn Sông Bung 4 xây dựng xong



Ảnh 7: Đập tràn Sông Bung 4 xả lũ 2 khoang



Ảnh 8: Đập tràn Sông Bung 4 xả lũ 6 khoang

### 3. KẾT LUẬN VÀ BÌNH LUẬN

Công trình thủy điện sông Bung 4 là công trình thủy điện cấp 1. Tràn xả lũ làm việc với

lưu lượng xả lũ lớn ( $q=120 \text{ m}^3/\text{s.m}$ ), chênh lệch cột nước thượng hạ lưu lớn ( $\Delta Z=82,0 \text{ m}$ ). Do đó việc nghiên cứu chọn kết cấu tiêu năng hợp lý để giảm xói lở hạ lưu là rất cần thiết. Qua thực nghiệm mô hình đã chọn kết cấu mũi phun hai tầng gồm 1 hàng mố và mũi phun liên tục. Kết quả xác định các thông số thủy lực cho thấy, so với phương án mũi phun liên tục. Vận tốc ở chân đường giao thông giảm từ  $9,0 \text{ m/s}$  xuống  $6,0 \text{ m/s}$  (giảm khoảng  $3,0 \text{ m/s}$ ), chiều cao sóng leo từ  $9,0 \text{ m}$  xuống  $6,5 \text{ m}$  (giảm hơn  $2 \text{ m}$ ) và tiêu hao năng lượng tăng  $8 \%$ . Do đó, giảm được khối lượng gia cố hạ lưu vào mùa lũ, đồng thời rút ngắn chiều dài hố xói được  $8 \text{ m}$  (từ  $40 \text{ m}$  xuống còn  $32 \text{ m}$ ), giảm được khối lượng đào đá khoảng  $5000 \text{ m}^3$ . Có thể thấy áp dụng mũi phun hai tầng (gồm mũi phun liên tục có góc hất  $\alpha=25^\circ$ , mố phun có góc hất  $\theta = 16^\circ 50'$ , bố trí cách mép ngoài mũi phun  $2.40 \text{ m}$ ). Do dòng chảy va đập, xáo trộn giữa mũi phun liên tục và mố phun nên tiêu hao năng lượng dòng chảy tăng khoảng  $8\%$ . Vận tốc và sóng hạ lưu giảm nên không gây xói lở đường giao thông bờ trái, mặt khác rút ngắn chiều dài hố xói... đem lại hiệu quả kinh tế kỹ thuật). Đến nay, công trình đã làm việc an toàn liên tục hơn 10 năm, khẳng định sự

đúng đắn của giải pháp sử dụng mũi phun hai tầng cho đập tràn xả lũ sông Bung 4.

Mũi phun hai tầng có ưu điểm là dòng chảy được phân thành hai dòng ở trên đỉnh mố phun và ở khe mố phun nên dòng chảy được khuếch tán nhiều hơn so với tràn xả lũ có mũi phun liên tục và tràn xả lũ có răng phun hình chữ nhật. Khi xả lũ sẽ có đồng thời sự va chạm, xáo trộn giữa các tia dòng nên năng lượng dòng chảy được tiêu hao một phần trong không khí nên vận tốc dòng chảy, sóng ở hạ lưu giảm. Nhờ những ưu điểm này mà mũi phun hai tầng được áp dụng cho khá nhiều công trình thủy lợi, thủy điện ở Việt Nam như Sông Hinh, Sông Bung 4, Nho Quế 1, Đăk Mi 1, Alin B1,... [6], Long Tạo, Nậm Cùm, Sông Than, Đồng Mít, Ngòi Giành... và ở Lào như Nậm Mô 2, Nậm San 3 [2,4].

**LỜI CẢM ƠN:** Bài báo có tham khảo một số kết quả nghiên cứu của Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam, Phòng Thí nghiệm trọng điểm quốc gia về động lực học sông biển, Viện Năng lượng, Tập đoàn Điện lực Việt Nam. Các tác giả xin trân trọng cảm ơn những hỗ trợ, giúp đỡ đó.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Đỗ Ngọc Ánh (2018), “Nghiên cứu các đặc trưng thủy lực ở đập tràn có tường ngực biên cong” Luận án tiến sỹ kỹ thuật
- [2] Giang Thu, Tô Vĩnh Cường (2023), Vai trò, hiệu quả của thí nghiệm mô hình thủy lực trong thiết kế và xây dựng công trình thủy lợi, thủy điện. Tạp chí khoa học và công nghệ thủy lợi, số 79 (tháng 08-2023).
- [3] Trần Vũ (2013), đề tài Bộ Công thương “Nghiên cứu chọn kết cấu mũi phun hợp lý cho đập tràn đặt giữa lòng sông”.
- [4] Phòng Thí nghiệm trọng điểm quốc gia về động lực học sông biển (2016-2023), Thí nghiệm mô hình thủy lực đập tràn xả lũ có mũi phun hai tầng.
- [5] Quy phạm thiết kế đập tràn nước Cộng hòa nhân dân Trung Hoa số DL/T566-2002, bản dịch.
- [6] Tập đoàn điện lực Việt Nam (1990-2023), Thiết kế và thi công các đập tràn xả lũ có mũi phun hai tầng.
- [7] Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam (2008), Thí nghiệm mô hình thủy lực đập tràn thủy điện

Sông Bung 4.