

KẾT CẤU CHÂN ĐỠ CẦN TRỤC QUAYSIDE CONTAINER CRANE (QC), SHIP TO SHORE CRANE (STS) VỚI CÁC TÀU CHỖ CONTAINER TRỌNG TẢI LỚN

SUPPORT PORTAL STRUCTURES ON QUAY CRANE (QC), SHIP TO SHORE CRANE (STS) AND MEGA CONTAINER SHIPS

Nguyễn Thị Xuân Hương*, Phạm Thị Yến

Viện Cơ khí, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam (Hải Phòng)

*Email: huongntxvck@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT

Các tàu trọng tải lớn chở container hiện nay có kích thước rất lớn về cả chiều dài, chiều rộng và chiều sâu, chiều cao, nên cũng đặt ra yêu cầu cho các cảng biển tiếp nhận về bố trí bến bãi, cầu tàu làm hàng, cùng các phương tiện, máy, thiết bị xếp dỡ phù hợp. Để tăng chiều cao nâng, tầm với cho các cần trục xếp dỡ container trên các tàu này, hướng nghiên cứu về sử dụng các cần trục này trong thực tế không chỉ giới hạn ở kết cấu bến bãi, mà cả về thay đổi kết cấu cần trục. Bài báo này trình bày các kết cấu thường gặp của cần trục quay crane, ship to shore phù hợp theo nhu cầu sử dụng các tàu container cỡ lớn, siêu trường, siêu trọng.

Từ khóa: Cần trục quay crane; Ship to shore; Container.

ABSTRACT

Mega container ships today are enormous in length, width, depth, and height, thus posing requirements for receiving seaports in terms of berth layout, cargo handling facilities, and appropriate handling equipment. To increase lifting height and reach, research on the practical use of these cranes is not limited to berth structures but also includes modifications to the crane structure itself. This paper presents common structures of ship-to-shore rotating cranes suitable for the needs of large, oversized, and overweight container ships.

Keywords: Quay crane; Ship to shore crane; Container.



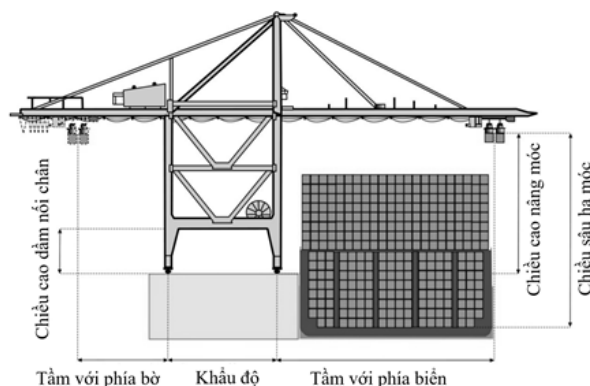
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Các cần trục xếp dỡ hàng container như QC, STS đều có kết cấu được phát triển từ các công trục được sử dụng thông dụng, phổ biến trong xếp dỡ các loại hàng bách hóa, hàng kiện nói chung với chiều cao nâng, sức nâng, tầm với trung bình. Trong các tài liệu giáo trình trước đây đều đưa ra chỉ tiêu cơ bản để phân biệt giữa một công trục thông thường và cần trục xếp dỡ hàng container không phải là sức nâng mà là năng suất, vì thế các vận tốc khai thác như vận tốc nâng hạ hàng, vận tốc di chuyển xe con đều rất lớn. Khi làm hàng, cần trục QC, STS sẽ đứng yên tại chỗ; khi di chuyển giữa các cầu tàu, các cần trục này sẽ không mang hàng [1].

Công trục thông thường có thể là loại không có công xon – dạng kết cấu phổ biến chỉ có dầm chính phía trên, và kết cấu có công xon – 1 phía hoặc 2 phía, công xon cứng hoặc công xon nâng hạ được. Mục đích của công xon là để tăng tầm với cho cần trục. Nếu chỉ cần tăng tầm với ở phạm vi nhỏ, trung bình, thường chiều dài công xon được xác định từ điều kiện biên là nhận được khối lượng nhỏ nhất của cần trục.

Cần trục QC, STS hay có tài liệu gọi là cầu chuyển tải là một dạng phát triển của công trục để có chiều cao nâng, tầm với, tốc độ hoạt động lớn. Cần trục này thường có kết cấu gồm có 1 dầm chính liên kết cứng với hệ chân đỡ. Dầm công xon nâng hạ nối với dầm chính bằng 1 bản lề. Xe con mang tời nâng có sử dụng thiết bị mang hàng container chuyên dụng. Trang bị kết cấu công xon nâng hạ được là cần thiết với các kết cấu cần trục có chiều cao lớn khi phải chịu ảnh hưởng lớn bởi gió bão, rung chấn của mặt đất. Với nhu cầu sử dụng ngày càng tăng các tàu chở container cỡ lớn, các siêu tàu container, nhu cầu tăng chiều cao, tầm với của cần trục cũng yêu cầu cần trục cần có các hệ chân đỡ có kết cấu phù hợp nhưng vẫn đảm bảo

độ bền, ổn định độ tin cậy khi làm việc.



Hình 1.1. Thông số cơ bản của cần trục QC, STS [2]

2. KẾT CẤU HỆ CHÂN ĐỖ CẦN TRỤC QC, STS

• Lịch sử phát triển cần trục QC, STS

Khi các cảng container đầu tiên xuất hiện vào thập niên 1960, cần trục QC, STS cũng được phát triển để đáp ứng nhu cầu xếp dỡ container từ tàu xuống cảng. Cần trục QC, STS được thiết kế để hoạt động dọc theo mép bờ cảng, với cần dài có khả năng vươn tới các tầng container trên tàu. Ban đầu, cần trục QC, STS chủ yếu được điều khiển thủ công, với tốc độ bốc dỡ hạn chế.

Vào những năm 1980 và 1990, với sự phát triển của công nghệ điện tử và cơ khí, cần trục QC, STS bắt đầu tích hợp các hệ thống điều khiển tự động, nâng cao độ chính xác và an toàn trong quá trình vận hành. Những hệ thống này cho phép cần trục QC, STS bốc dỡ với tốc độ nhanh hơn, đồng thời giảm thiểu sự can thiệp của con người. Từ đây, các cảng container hiện đại trở nên hiệu quả hơn, với tốc độ xếp dỡ lên đến hàng trăm container mỗi giờ.

Vào đầu thế kỷ 21, cùng với sự xuất hiện của các tàu container khổng lồ như các

tàu Ultra Large Container Vessels (ULCV), các cần trục QC, STS cũng phải phát triển để đáp ứng kích thước ngày càng lớn của tàu. Các cần trục hiện đại ngày nay có khả năng vươn tới

23 hàng container ngang trên tàu và xếp dỡ từ 6 đến 10 tầng container xếp chồng trên boong tàu.

• **Các thể hệ tàu Container hiện nay**

Bảng 2.1. Các thể hệ tàu container hiện nay

Thể hệ tàu	Sức chở (TEU)	Chiều dài (m)	Chiều rộng (m)	Số hàng Cont (ngang)
Panamax	3,000 - 5,100	< 294	32.3	13
Post-Panamax	5,100 - 10,000	294 - 366	40.0 - 43.0	16 - 17
New-Panamax (Neo-Panamax)	10,000 - 14,500	366	49.0 - 51.2	19 - 20
ULCV (Ultra Large Container Vessel)	14,500 - 21,000	397 - 400	54.0 - 59.0	22 - 23
Megamax-24 (Siêu tàu)	> 24,000	400	61.4	24

• **Thông số cần trục QC, STS theo thể hệ tàu [3]**

Bảng 2.2. Thông số cơ bản của cần trục QC, STS theo thể hệ tàu

Thể hệ tàu phục vụ	Cần trục QC, STS tương ứng	Tầm với biển (Outreach)	Chiều cao nâng (Lifting Height)
Panamax	Panamax Crane	35m - 38m	30m - 32m
Post-Panamax	Post-Panamax Crane	44m - 47m	34m - 38m
Neo-Panamax	Super Post-Panamax	53m - 58m	40m - 46m
ULCV (14k-21k TEU)	Megamax Crane	60m - 65m	46m - 49m
Megamax-24 (>24k TEU)	Megamax-24 / Ultra-Large	68m - 73m	50m - 54m (tối đa 56m)

• **Truyền động cho xe con mang container chạy trên dầm chính của cần trục**

+ **Xe con tự hành:**

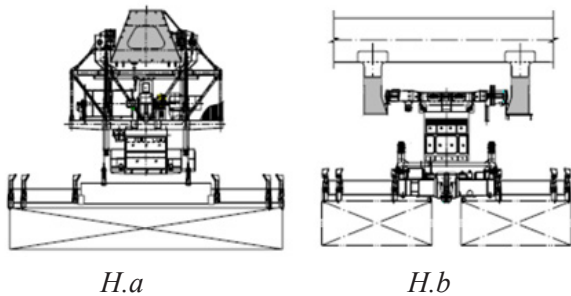
Với kiểu kết cấu này, trên xe con lắp đặt cả cơ cấu nâng với động cơ, tời cáp nâng hạ hàng và cơ cấu di chuyển xe con. Kết cấu này cho khả năng linh hoạt cao, điều khiển chính xác trong quá trình nâng hạ, giảm độ mòn cáp,

giúp tăng tốc độ di chuyển xe con. Tuy nhiên, do trọng lượng xe con nặng nên sức nâng của loại này khó nâng cao, khó áp dụng vận chuyển đồng thời 2 khung chụp container cùng lúc.

+ **Xe con dùng cáp kéo:**

Với loại này, tời kéo xe và tời nâng được đặt cố định ngoài xe. Các tời này cùng các động cơ đặt ở buồng máy phía công son cứng. ➡

Xe con di chuyển dọc dầm chính nhờ cáp kéo. Kiểu kết cấu này cho phép giảm trọng lượng và kích thước của xe con, giảm tải trọng lên cần, dầm chính. Tuy nhiên, dây cáp kéo xe lại rất dài, hệ thống dây cáp công kênh, cáp di chuyển qua nhiều pully chuyển hướng nên mòn nhiều, giảm độ bền mỏi của cáp, tăng thời gian thay cáp. Tốc độ kéo xe bằng cáp cũng thấp hơn là dùng động cơ di chuyển lắp trực tiếp [1].



Hình 2.1. Xe con cần trục QC, STS [2]: H.a - Xe con tự hành, H.b - Xe con dùng cáp kéo

• Số lượng cơ cấu nâng và cách làm hàng của cần trục

+ Xe con có một cơ cấu nâng chính:

Xe con có một bộ cơ cấu nâng chính duy nhất, dùng để xếp dỡ làm hàng một container tại một thời điểm. Cần trục QC dạng này chỉ có khả năng nâng một container duy nhất mỗi lần. Đây là loại cần trục phổ biến và được sử dụng rộng rãi nhất tại các cảng container trên thế giới.

+ Xe con có một cơ cấu nâng chính và kết cấu kẹp khung nâng:

Xe con loại này cũng chỉ có một cơ cấu nâng, nhưng kết hợp với cơ cấu kẹp khung để có khả năng nâng hai container cùng lúc. Cơ cấu kẹp khung cho phép hệ thống kẹp hai container liền kề hoặc chồng lên nhau trong một lần nâng. Cơ cấu kẹp khung cho phép điều chỉnh khoảng

cách giữa các bộ kẹp để phù hợp với khoảng cách giữa các container được xếp trên tàu. Cần trục này có thể nâng hai container cùng lúc, với điều kiện hai container có kích thước tiêu chuẩn giống nhau (thường là container 20 feet hoặc 40 feet). Cơ cấu kẹp khung có thể được điều chỉnh để giữ và nâng các container cùng lúc một cách ổn định.

Loại kết cấu này cho phép nâng hai container cùng lúc, giúp tăng năng suất xếp dỡ, giảm thời gian làm hàng, giải phóng tàu nhanh.



Hình 2.2. Cần trục QC, STS làm hàng [4]: H.a - Loại 1 cơ cấu nâng chính nâng 1 container, H.b & H.c - Loại nâng nhiều container dùng cơ cấu kẹp

+ Xe con có hai cơ cấu nâng độc lập (hoist), cho phép mỗi hoist nâng một container riêng biệt cùng một lúc. Mỗi cơ cấu nâng có thể hoạt động độc lập hoặc kết hợp để nâng đồng thời nhiều container (nâng hai container độc lập trong cùng một thời điểm hoặc kết hợp nâng bốn container khi dùng cơ cấu kẹp khung cùng lúc). Mỗi cơ cấu nâng có thể hoạt động độc lập để xử lý container theo các vị trí khác nhau, hoặc phối hợp để nâng đồng thời nhiều container.

• Kết cấu hệ chân đỡ của cần trục

+ Kết cấu như cổng trục, dầm chính là dạng dầm đơn, cần trục có công son cứng hoặc công son chuyển động ra vào tăng tầm với.

Loại cần trục này có thiết kế đặc biệt với chiều cao thấp hơn so với các loại cần trục QC thông thường, nhưng vẫn yêu cầu tốc độ và

hiệu quả xếp dỡ cao; được sử dụng phổ biến tại các cảng container và các môi trường mà không gian trên cao bị giới hạn, chẳng hạn như ở gần các sân bay, cầu hoặc những khu vực có quy định nghiêm ngặt về chiều cao.

+ Kết cấu có tháp chữ A, dầm chính là dạng dầm đơn, có công son nâng hạ.

Kết cấu có tháp chữ A, có công son nâng hạ được sẽ giúp nâng cao chiều cao nâng và tầm với hàng, nhưng loại dầm đơn này chỉ thích hợp với các cảng container có nhu cầu nâng hạ container ở mức tải trọng vừa và nhỏ, các cảng có không gian hạn chế, vì thiết kế gọn nhẹ và ít tốn diện tích. Do chỉ có một dầm chịu lực, khả năng nâng hạ container của cần trục dầm đơn thường thấp hơn các loại cần trục có dầm đôi.



H.a



H.b

Hình 2.3. Cần trục QC, STS có công son:

H.a - Loại công son cứng; H.b - Công son nâng hạ

- Kết cấu có tháp chữ A, dầm đôi, có công son nâng hạ:

Đây là loại thiết kế phổ biến trong các cảng container hiện đại, đặc biệt là các cảng lớn, vì khả năng chịu tải cao hơn và tính ổn định tốt hơn. Hai dầm chịu lực cung cấp độ ổn định cao hơn cho cần trục khi di chuyển xe con (trolley) và nâng hạ container, giúp cần trục hoạt động an toàn và chính xác hơn ngay cả trong điều kiện thời tiết khắc nghiệt. Cả hai dầm cùng chịu lực, giúp phân phối tải trọng đều hơn và nâng cao khả năng chịu lực của cần trục. So với thiết kế dầm đơn, loại dầm đôi có khả năng nâng tải nặng hơn, do đó thường được sử dụng để xếp

dỡ container từ những tàu container lớn, như Post-Panamax hoặc Super Post-Panamax, nơi yêu cầu khả năng nâng tải lớn và tốc độ làm việc cao để duy trì hiệu suất hoạt động.



H.c



H.d

Hình 2.4. Cần trục QC có dầm chính là loại dầm đơn (H.c) và dầm đôi (H.d)

Hệ chân đỡ cần trục QC, STS thường là hệ thống khung cổng gồm các cột đứng và dầm chạy dọc theo đường ray trên bến cảng. Chiều cao tính không từ mặt bến lên đến dầm chính có thể vượt quá 50 mét để vươn qua các lớp container chất cao trên boong tàu. Khung chân phải vừa cao, vừa rộng nhưng vẫn đảm bảo độ cứng vững, không bị võng hoặc rung lắc quá mức. Kết cấu hệ chân đỡ ở dạng tháp A này thường là dạng hở. Hai chân phía biển và chân phía bờ được bố trí nghiêng vào trong hoặc nghiêng ra ngoài đảm bảo độ cứng vững ngang, chống lại hiệu quả các lực xô ngang do gia tốc phanh của xe con khi mang hàng container nặng, cũng như lực xé của gió bão. Sự nghiêng này biến phần lớn mô-men uốn tại các nút khung thành lực nén và lực kéo dọc trục, giúp giảm thiểu đáng kể mô-men uốn tại các nút khung so với cột thẳng đứng.



Hình 2.5. Cần trục QC có hệ chân đỡ dạng hở [5]

Dạng hệ chân hở không có hệ thanh giằng ở mặt trên của khung chân, chỉ sử dụng

các thanh giằng chéo ở mặt phẳng nâng hàng, hoặc bố trí thêm thanh giằng nối hệ chân bờ và hệ chân biển để hạn chế độ biến hình của hệ chân khi chịu tải trọng lớn như hình H2.5 hoặc H2.4d. Kiểu kết cấu này thường áp dụng cho các cần trục QC hiệu suất cao, ứng dụng cho các tàu chở container thông thường [6].



Hình 2.6. Cần trục QC có hệ chân đỡ dạng kín [5]

- Kết cấu có tháp chữ Π , dầm đôi, có công son nâng hạ:

Kết cấu này sử dụng các chân thẳng đứng. Các tải trọng xô ngang gây ra các mô men uốn rất lớn tại các liên kết chân đứng và dầm ngang phía trên. Do có chiều cao cần trục quá lớn để làm hàng các tàu mega container nên hệ chân cần độ cứng vững cao, chịu sức nâng lớn, gió bão. Kết cấu này sử dụng các hệ chân kín, có hệ thanh giằng ở mặt trên của khung chân. Tùy theo độ ứng dụng cho các hệ tàu siêu trọng tải mà hệ thanh giằng này có các kiểu kết cấu đan thanh giằng bụng khác nhau để đảm bảo độ cứng vững, khi chịu các tải trọng xô ngang, gió bão ở chiều cao hệ chân quá lớn như vậy.

3. KẾT LUẬN

Cần trục xếp dỡ hàng container QC, STS trong khoảng thời gian gần từ thập niên 60 của thế kỷ trước đến nay đã thay đổi quá nhanh để tăng kích cỡ lên gấp đôi, gấp ba; tăng khả năng làm hàng, xếp dỡ container lên rất nhiều lần để đáp ứng kịp với công cuộc logistic toàn cầu của hàng container phát triển như vũ bão hiện nay.

Nhu cầu vận chuyển, làm hàng container ngày càng cao, và tiếp tục tăng. Cần trục xếp dỡ hàng container cũng theo đó thay đổi các dạng kết cấu, các công cụ mang hàng để tăng hiệu quả xếp dỡ thích hợp nhất, giúp giải phóng tàu nhanh. Kết hợp tự động hóa trong xếp dỡ cảng đặt ra yêu cầu cao về điều khiển cần trục, các phương tiện vận tải không người lái, các thao tác làm hàng phù hợp để nâng cao năng suất xếp dỡ thông qua.

Tìm hiểu các dạng kết cấu thường gặp của cần trục container quay crane để từ đó có những nghiên cứu phù hợp trong tính toán thiết kế kết cấu thép, bố trí các cơ cấu, thiết bị, công cụ mang hàng phù hợp là mục tiêu tiếp theo của các dự án thuộc các học phần chuyên ngành của bộ môn.

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số: DT25-26.57.❖

Ngày nhận bài: 23/3/2026

Ngày phản biện: 06/4/2026

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Trần Văn Chiến (2014), “*Máy trục*”. NXB. Hàng hải.
- [2]. A. Bartošek, O. Marek (2013), “*Quay Cranes in Container Terminals*”. Transaction on transport sciences, Vol. 6 No. 1.
- [3]. Liebherr Container Cranes Ltd., “*Technical Description: Ship to Shore Gantry Cranes*”. Killarney, Ireland, Feb. 2020. [Online]. Available: www.liebherr.com
- [4]. Sang-Hei Choi, Hyeonu Im, and Chulung Lee. (2014), “*Development of an Operating System for Optimization of the Container Terminal by Using the Tandem-Lift Quay Crane*”. Lecture Notes in Electrical Engineering, Vol. 276, pp. 399-404.
- [5]. Liebherr Container Cranes Ltd., “*Liebherr Container Cranes*”. Brochure, Killarney, Ireland, Jun. 2018. [Online]. Available: www.liebherr.com
- [6]. Trần Văn Chiến (2005), “*Kết cấu thép máy nâng chuyển*”. NXB. Hải Phòng.