



Water-saving basins on locks

Background



The typical locks on rivers and water channels are powered by water: when the lock chamber is filled with water to lift the ships inside, the water comes from the higher-level water body; and when the ships are lowered in the lock chamber, the water is simply released to the lower-level side of the lock. So, each cycle of the lock uses up – or “wastes” – the amount of water equal to the full capacity of the lock’s chamber (see Fig.1). In places where water is scarce, these losses can be critical and may stop the navigation completely.

*Fig.1 The Eisenhower Locks in Massena, New York
(a “simple” lock) (Image from Internet)*

The famous Panama Canal is one of those water-deficient waterways (see Fig.2). In 2016, the Panama Canal expansion project was completed, and it included upgraded locks with water-saving basins (also known as “side ponds”): special basins were added alongside the lock chambers at different heights, and they were used as intermediate storages for water. Instead of being released downstream when the main chamber was drained, some water was moved to those “side ponds”; and when the main chamber was refilled, it was partially refilled from the “side ponds”. No pumps are involved, all water movement is just by gravity and differences in water levels.



Fig.2 Conceptual view of the expanded Panama Canal locks with “side ponds” (Image from Internet)

For a more detailed description of the system, refer to “Water-saving basins” in the [Wikipedia article 1](#), and the video by “[Casual Navigation](#)”. In the Panama Canal expansion, each new lock had three water-saving basins at different heights.

In China, the Pinglu Canal between the Yu River and the Beibu Gulf is currently being built. With the 65m water level drop along the Canal, three locks will be constructed along it, and they will use the water-saving basin technology. As it is reported in the media, 63% of water will be saved. See more information on the Canal in the [Wikipedia article 2](#), [Baidu post](#) and [Xinhua news](#).

Obviously, if the number of different-height “side ponds” is increased, or their area is increased

(thus increasing their capacity for the same vertical change of water level), then the fraction of water saved per lock cycle is increased. Yet, more “side ponds” or bigger “side ponds” obviously mean higher construction and maintenance costs.

Tasks

1. For a single-stage lock (with just one chamber), determine what fraction of water is saved per cycle as a function of the number, height, and area of water-saving basins.
2. For a single-stage lock, determine the economically optimal number, height, and size of the water-saving basins; you can assume that the lock is situated on the Panama Canal, or on the Pinglu Canal, or on any other water-deficient waterway:
 - a. Determine the optimal parameters of the basins as a function of the “cost of water”.
 - b. Estimate the “cost of water” in the waterway system that you chose.
 - c. What is the optimal configuration of single-stage locks in the waterway system?
3. The locks may be organized as a “stairs”, or a multi-chamber lock with reusing water from the upper chambers in the lower chambers – see the explanation in the video by “[Casual Navigation](#)”. How would your recommendations for the water-saving basins change if the lock had three consecutive chambers (like the [expansion locks](#) in the Panama Canal) and the water from “side ponds” could be not only returned to the chamber where it was filled from, but also returned to any chamber or basin below?

Submission

Your team's solution paper should include a 1-page Summary Sheet. The body cannot exceed 20 pages for a maximum of 21 pages with the Summary Sheet inclusive. The appendices and references should appear at the end of the paper and do not count towards the 21 pages limit.

Special Note

The principles of *Honor System* of IMMC also applies to the use of LLMs (large language models) or generative AI tools. If a team uses any large language model or generative AI tool in completing the modeling tasks, from problem research, model development, programing to paper/report writing, the team must make honest, open and transparent disclosure, including making in-text citations and detailing relevant content in the "References" section. It should be recognized that although large language models or generative AI have the advantages of productivity tools, they also have obvious shortcomings and pose risks to users (such as AI-generated content containing AI hallucinations or possible plagiarism in the produced content). Whether or not using large language models or generative AI tools itself in the team's work has no impact on judges' evaluation; the judges seriously remind every team that if any AI tool would be used, use it correctly, honestly, open and transparently.



IMMC 2025 中华赛 A 题 (秋季赛) (English 简体 繁体)

船闸上的节水池

背景



典型的河流和水道上的船闸是由水驱动的：当船闸室充满水以提升内部船只时，水来自上游水体；而当船只在船闸室内下降时，水则简单地释放到船闸的下游侧。因此，每个船闸的循环使用的水量等于船闸室的满容量（见图-1）。在水资源匮乏的地方，这些损失可能是关键的，甚至可能完全终止航行。

图 1 纽约马塞纳的艾森豪威尔船闸 (简单船闸)
(图片来自互联网)

著名的巴拿马运河就是这样一个水资源短缺的水道（见图-2）。2016 年，巴拿马运河扩建项目完成，其中包括升级的带有节水池（也称为“侧池”）的船闸：在不同高度的船闸室旁边增加了特殊的池塘，作为水的中间储存。主室排水时，不是将水释放到下游，而是将部分水转移到这些“侧池”；而当主室重新注水时，部分水来自“侧池”。这一过程不涉及泵，所有水的移动仅靠重力 and 水位差。



图-2 巴拿马运河扩建带侧池船闸概念图 (图片来自互联网)

有关该系统的更详细描述，请参见维基百科文章中的[“节水池”](#)部分和 B 站上的[“Casual Navigation”](#)视频。在巴拿马运河扩建中，每个新船闸都有三个不同高度的节水池。

在中国，连接郁江与北部湾的平陆运河正在建设之中。随着运河沿线水位下降 65 米，将沿线建造三个船闸，并将采用节水池技术。媒体报道显示，63%的水将被节省。有关运河的更多信息，请参见[维基百科文章](#)、[百度帖子](#)和[新华网报道](#)。

显然，如果增加不同高度的“侧池”数量，或增加其面积（从而在相同的水位变化下增加其容量），则每个船闸循环节省的水量比例会增加。然而，更多的“侧池”或更大的“侧池”显然意味着更高的建设和维护成本。

任务

1. 对于单级船闸（仅有一个船闸室），确定每个循环节省的水量比例，作为节水池的数量、高度和面积的函数。
2. 对于单级船闸，确定节水池的经济最优数量、高度和大小；可以假设船闸位于巴拿马运河、平陆运河或任何其他水资源匮乏的水道：
 - a. 确定水池的最优参数作为“水的成本”的函数；
 - b. 估算您选择的水道系统中的“水的成本”；
 - c. 水道系统中单级船闸的最优配置是什么？
3. 船闸可以组织成“阶梯”或多舱室船闸，利用上舱室的水在下舱室中重复使用——请参见 [“Casual Navigation”](#) 视频中的解释。如果船闸有三个连续的舱室（如巴拿马运河的 [扩建船闸](#)），且“侧池”的水不仅可以返回到填充的舱室，还可以返回到任何下方的舱室或池塘，您的节水池建议会如何改变？

提交

你的团队所提交的论文应包含 1 页摘要，其正文不可超过 20 页，包括摘要则最多不超过 21 页。附录和参考文献应置于正文之后，不计入 21 页之限。

特别说明

IMMC“诚信赛制”的原则同样适用于大语言模型或生成式 AI 工具的使用。如果团队在完成建模任务过程中有使用任何大语言模型或生成式 AI 工具，从问题研究、模型开发、程序编写到论文写作等建模工作的方方面面，团队必须诚实和公开透明地做披露，包括做出文内标注和在“参考文献”部分详细列出相关内容。应认识到大语言模型或生成式 AI 虽具有生产力工具的优势，亦具有明显的不足，并对使用者构成风险（例如 AI 生成的内容存在 AI 幻觉，也可能构成剽窃）。团队使用或不使用大语言模型或生成式 AI 工具本身，对评审没有影响；评委严肃地提醒团队，若果有任何 AI 工具的使用，都应当是正确、诚实和公开透明的使用。



IMMC 2025 中華賽 A 題（秋季賽）（English 簡體 繁體）

船閘上的節水池

背景



典型的河流和水道上的船閘是由水驅動的。當船閘室充滿水以提升內部船隻時，水來自上游水體；而當船隻在船閘室內下降時，水則簡單地釋放到船閘的下游側。因此，每個船閘的迴圈使用的水量等於船閘室的滿容量。在水資源匱乏的地方，這些損失可能是關鍵的，甚至可能完全終止航行。

圖 1 紐約馬賽那的艾森豪船閘（簡單船閘）
（圖片來自互聯網¹）

著名的巴拿馬運河就是這樣一個水資源短缺的水道（見圖-2）。2016 年，巴拿馬運河擴建專案完成，其中包括升級的帶有節水池（也稱為“側池”）的船閘：在不同高度的船閘室旁邊增加了特殊的池塘，作為水的中間儲存。主室排水時，不是將水釋放到下游，而是將部分水轉移到這些「側池」；而當主室重新注水時，部分水來自「側池」。這一過程不涉及泵，所有水的移動僅靠重力和水位差。



圖-2 巴拿馬運河擴建帶側池船閘概念圖（圖片來自互聯網）

有關該系統的更詳細描述，請參見維琪百科文章中的[“節水池”](#)部分和[“Casual Navigation”](#)視頻。在巴拿馬運河擴建中，每個新船閘都有三個不同高度的節水池。

在中國，連接鬱江與北部灣的平陸運河正在建設之中。隨著運河沿線水位下降 65 米，將沿線建造三個船閘，並將採用節水池技術。媒體報導顯示，63% 的水將被節省。有關運河的更多資訊，請參見[維基百科文章](#)、[百度帖子](#)和[新華網報導](#)。

顯然，如果增加不同高度的側池數量，或增加其面積（從而在相同的水位變化下增加其容量），則每個船閘迴圈節省的水量比例會增加。然而，更多的“側池”或更大的“側池”顯然意味著更高的建設和維護成本。

任务

1. 對於單級船閘（僅有一個船閘室），確定每個迴圈節省的水量比例，作為節水池的數量、高度和面積的函數。
2. 對於單級船閘，確定水-saving basins 的經濟最優數量、高度和大小；可以假設船閘位於巴拿馬運河、平陸運河或任何其他水資源匱乏的水道：
 - a. 確定水池的最優參數作為“水的成本”的函數；
 - b. 估算您選擇的水道系統中的“水的成本”；
 - c. 水道系統中單級船閘的最優配置是什麼？
3. 船閘可以組織成“階梯”或多艙室船閘，利用上艙室的水在下艙室中重複使用——請參見 [“Casual Navigation”](#) 視頻中的解釋。如果船閘有三個連續的艙室（如巴拿馬運河的擴建船閘），且“側池”的水不僅可以返回到填充的艙室，還可以返回到任何下方的艙室或池塘，您的節水池建議會如何改變？

提交

你的團隊所提交的論文應包含 1 頁摘要，其正文不可超過 20 頁，包括摘要則最多不超過 21 頁。附錄和參考文獻應置於正文之後，不計入 21 頁之限。

特別說明

IMMC “誠信賽制”的原則同樣適用於大語言模型或生成式 AI 工具的使用。如果團隊在完成建模任務過程中有使用任何大語言模型或生成式 AI 工具，從問題研究、模型開發、程序編寫到論文寫作等建模工作的方方面面，團隊必須誠實和公開透明地做披露，包括做出文內標註和在“參考文獻”部分詳細列出相關內容。應認識到大語言模型或生成式 AI 虽具有生產力工具的優勢，亦具有明顯的不足，並對使用者構成風險（例如 AI 生成的內容存在 AI 幻覺，也可能構成剽竊）。團隊使用或不使用大語言模型或生成式 AI 工具本身，對評審沒有影響；評委嚴肅地提醒團隊，若果有任何 AI 工具的使用，都應當是正確、誠實和公開透明的使用。