



## Reducing CO<sub>2</sub> Emissions in a Production Plant

### Background

Environmental, social, and corporate governance (ESG) has become a core agenda that more and more enterprises are paying attention to. Through effective ESG practices, enterprises can not only contribute to addressing increasingly urgent global issues, but also gain long-term business value and competitive advantages. In the pursuit of sustainable development, reducing carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions has become a critical objective for industries worldwide. By considering various optimization strategies, we seek to identify the most effective combination of measures to achieve the lowest achievable CO<sub>2</sub> emission level.

A production plant that manufactures electronic devices has actively implemented plans to reduce CO<sub>2</sub> emissions. There were several measures implemented including mainly the following:

#### 1. Reduction of Site Area

One strategy is to change the original sequential production line layout (Figure 1) to a cellular production line layout (Figure 2).



Figure 1. Sequential production line

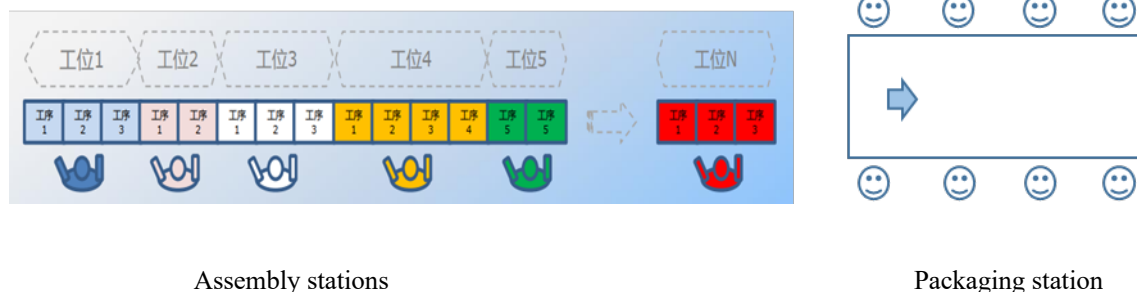


Figure 2. Cellular production line

By implementing this measure, the area required for the production line reduced from 800  $m^2$  to 400  $m^2$ .

## 2. Reduction of Labor

After changing the layout from a sequential production line to a cellular production line, the labor's productivity increased. Subsequently, the labor required were also reduced from 100 people to 50 people.

## 3. Provision of Comfortable and Cost-efficient Working Conditions

Creating a comfortable working environment not only improved employee well-being but could also indirectly impact CO<sub>2</sub> emissions. This measure has been conducted since 2021. The plant believed after evaluation that their gradual improvement (e.g. redesign of workstations and provision of air conditioning) in working conditions contributed to the following sales efficiency and savings in energy usage (Table 1)

Table 1. Sales versus Energy Consumption

Year	Sales (RMB Yuan )	Energy consumption per year (KWH)
2020	¥58,100,000	1,670,000
2021	¥60,495,000	1,760,000
2022	¥73,100,000	1,580,000
2023	¥69,120,000	1,400,000

## 4. Reduction and Recycling of Packaging Materials

Implementing a circular economy approach by reducing and recycling packaging materials could significantly reduce CO<sub>2</sub> emissions associated with their disposal. The production plant found that the annual plastic savings were as follows:

Table 2. Annual Plastic Savings

Material	Original Packaging Method	Improved Packaging Method	Annual Plastic Saving (kg)
Hardware	Disposable plastic bag packaging	Vacuum-formed turnover, recycling	100
Internal magnetic horn	Disposable foam box	Foam board turnover, recycling	200
Batteries	2-pack packaging	10-pack packaging	800
Total			1100

## **Tasks**

The production plant claimed that implementing certain measures was effective in reducing CO<sub>2</sub> emissions. To evaluate the effectiveness of these measures, mathematical models were required to establish the relationship between the factors changed by these measures and the resulting reduction in CO<sub>2</sub> emissions. Analyze and discuss with your model the effectiveness of the measures claimed by the production plant for reducing CO<sub>2</sub> emissions. Based on your modeling, do you have any further measures you may suggest for reducing CO<sub>2</sub> emissions in a production plant?

## **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.



## 减少生产厂的 CO<sub>2</sub> 排放

### 背景

环境、社会和管治 (ESG) 已成为越来越多企业关注的核心议题。透过有效的 ESG 实践, 企业不仅能够为应对日益严峻的全球问题做出贡献, 还能够获得长期的商业价值和竞争优势。在追求可持续发展的过程中, 减少二氧化碳 (CO<sub>2</sub>) 排放已成为全球各行业的重要目标。一家生产电子设备的工厂, 通过考虑各种优化策略, 寻求最有效的措施组合, 以实现最低可达到的 CO<sub>2</sub> 排放水平。该工厂实施了包括以下几项在内的措施。

#### 1. 减少场地面积

一种策略是将原来的顺序生产线布局 (图 1) 改变为单元生产线布局 (图 2)。



图 1. 顺序生产线



图 2. 单元生产线

通过实施这项措施, 生产线所需面积从 800 平方米减少到 400 平方米。

## 2. 减少劳动力

将布局从顺序生产线改变为单元生产线后，劳动生产率提高了。随后，所需的劳动力也从 100 人减少到 50 人。

## 3. 提供舒适和具成本效益的工作环境

创造舒适的工作环境不仅改善了员工的福利，还可以间接影响 CO<sub>2</sub> 排放。改革措施从 2021 年起实施，生产工厂评估认为他们逐步改善（例如重新设计工作站和提供空调）的工作条件对能源使用的节约和销售效益的提升做出了贡献（表 1）。

表 1. 年度销售额与能源消耗

年份	销售额（人民币元）	年度能源消耗 (KWH)
2020	58,100,000	1,670,000
2021	60,495,000	1,760,000
2022	73,100,000	1,580,000
2023	69,120,000	1,400,000

## 4. 减少和回收包装材料

通过减少和回收包装材料，实施循环经济的方法可以显著减少与其处理相关的 CO<sub>2</sub> 排放。生产工厂发现年度塑料节省如下：

表 2. 年度节省塑料

材料	原包装方式	改良后包装方式	年度节省塑料 (kg)
五金类	一次性塑料袋包装	吸塑周转，循环利用	100
内磁喇叭	一次性泡沫盒	泡棉板周转，循环利用	200
电池	2 颗封装	改为 10 颗封装	800
合计			1100

## 任务

生产工厂表示，实施包括上述的各项措施可以有效减少 CO<sub>2</sub> 排放。为评估这些措施的有效性，请你的团队建立数学模型，以确定这些措施改变的因素与减少的 CO<sub>2</sub> 排放之间的关系。分析并讨论你们的模型对生产工厂声称的减少 CO<sub>2</sub> 排放措施的有效性。根据您的建模，你们是否有任何进一步的措施建议，以减少生产工厂的 CO<sub>2</sub> 排放？

## 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 2024 中華賽 D 題（冬季賽）（English 簡體 繁體）

## 減少生產廠的 CO<sub>2</sub> 排放

### 背景

環境、社會和管治（ESG）已成為越來越多企業關注的核心議題。透過有效的 ESG 實踐，企業不僅能夠為應對日益嚴峻的全球問題做出貢獻，還能夠獲得長期的商業價值和競爭優勢。在追求可持續發展的過程中，減少二氧化碳（CO<sub>2</sub>）排放已成為全球各行業的重要目標。一家生產電子設備的工廠，通過考慮各種優化策略，尋求最有效的措施組合，以實現最低可達到的 CO<sub>2</sub> 排放水準。該工廠實施了包括以下幾項在內的措施。

#### 1. 減少場地面積

一種策略是將原來的順序生產線佈局（圖 1）改變為單元生產線佈局（圖 2）。



圖 1. 順序生產線



圖 2. 單元生產線

通過實施這項措施，生產線所需面積從 800 平方米減少到 400 平方米。

## 2. 減少工作力

將佈局從順序生產線改變為單元生產線后，勞動生產率提高了。隨後，所需的工作力也從 100 人減少到 50 人。

## 3. 提供舒適和具成本效益的工作環境

創造舒適的工作環境不僅改善了員工的福利，還可以間接影響 CO<sub>2</sub> 排放。改革措施從 2021 年起實施，生產工廠評估認為他們逐步改善（例如重新設計工作站和提供空調）的工作條件對能源使用的節約和銷售效益的提升做出了貢獻（表 1）。

表 1. 年度銷售額與能源消耗

年份	銷售額（人民幣元）	年度能源消耗 (KWH)
2020	58,100,000	1,670,000
2021	60,495,000	1,760,000
2022	73,100,000	1,580,000
2023	69,120,000	1,400,000

## 4. 減少和回收包裝材料

通過減少和回收包裝材料，實施循環經濟的方法可以顯著減少與其處理相關的 CO<sub>2</sub> 排放。生產工廠發現年度塑料節省如下：

表 2. 年度節省塑膠

材料	原包裝方式	改良後包裝方式	年度節省塑膠 (kg)
五金類	一次性塑膠袋包裝	吸塑周轉，循環利用	100
內磁喇叭	一次性泡沫盒	泡棉板周轉，循環利用	200
電池	2 顆封裝	改為 10 顆封裝	800
合計			1100

## 任務

生產工廠表示，實施包括上述的各項措施可以有效減少 CO<sub>2</sub> 排放。為評估這些措施的有效性，請你的團隊建立數學模型，以確定這些措施改變的因素與減少的 CO<sub>2</sub> 排放之間的關係。分析並討論你們的模型對生產工廠聲稱的減少 CO<sub>2</sub> 排放措施的有效性。根據您的建模，你們是否有任何進一步的措施建議，以減少生產工廠的 CO<sub>2</sub> 排放？



## 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。