



IMMC 2023 Problem F (Greater China, Winter) (English 简体 繁體)
(For Teams of Junior Secondary School Only)

Lifting Path Optimization for Hydraulic Crane

Background

Cranes are one of the most common construction equipment used on construction sites for transporting materials and building components. Recently, Hong Kong has actively introduced MiC (Modular Integrated Construction) into various construction projects (e.g., university dormitories, community isolation facilities, light public housing). It is expected that cranes will be more widely used in new construction, renovation, and maintenance projects in Hong Kong. Crane-related accidents (collisions, rollovers, falling objects, etc.) in construction projects occur from time to time. For example, in 2015, a worker at the construction site of the Hong Kong-Zhuhai-Macao Bridge in Tuen Mun was suspected of being hit by a loose crane hook and died. In 2020, two tower cranes collided at a site in Austin, Texas, and more than 20 people were sent to a hospital for treatment. In December 2022, at a construction site on the Tolo Harbor Highway in Tai Po, a crane's hook was loose and hit a worker, resulting in a serious injury requiring amputation. As one of the important machineries on the site, the safety and effective operation of the crane directly affects the success or failure of the project. In order to analyse and eliminate construction risks related to cranes, construction projects usually carry out lifting planning in advance (including crane selection, location planning, lifting path planning, etc.). Due to the complex environment of the construction site, lifting path planning is the most complex and challenging among the various tasks of lifting planning. This problem will focus on the lifting planning of a mobile crane.

Scenarios

At the construction site, the use of the crane must follow the safety guidelines in the relevant lifting safety manual and the operation manual provided by the crane supplier. To simplify the crane lifting planning problem, the following assumptions can be made:

- When the crane is lifting heavy objects, the location of the crane must be fixed, and the location must not be changed.
- When the crane is hoisting heavy objects, do not extend or retract the boom to change the length of the boom.
- The crane cannot control the horizontal rotation of heavy objects during lifting.
- Constant speed for each operation of the crane (boom luffing, slewing and hook lifting).
- Obstacles can be assumed to remain static during lifting.
- Try to keep heavy objects within the crane driver's field of vision during hoisting.

Task

The pictures below show a construction site involving equipment replacement. The crane operator needs to lift a 2900mmX3500mmX1400mm air conditioning unit weighing 1.3 tons from the initial point (16000, 15000, 0) on the ground to the installation point (45000, 16000, 4000) on the top of the building for workers to install the unit. The construction team plans to rent a Liebherr LTM 1040-2.1 hydraulic crane (if not applicable, other models of Liebherr cranes can be suggested to the construction party) for on-site hoisting work.

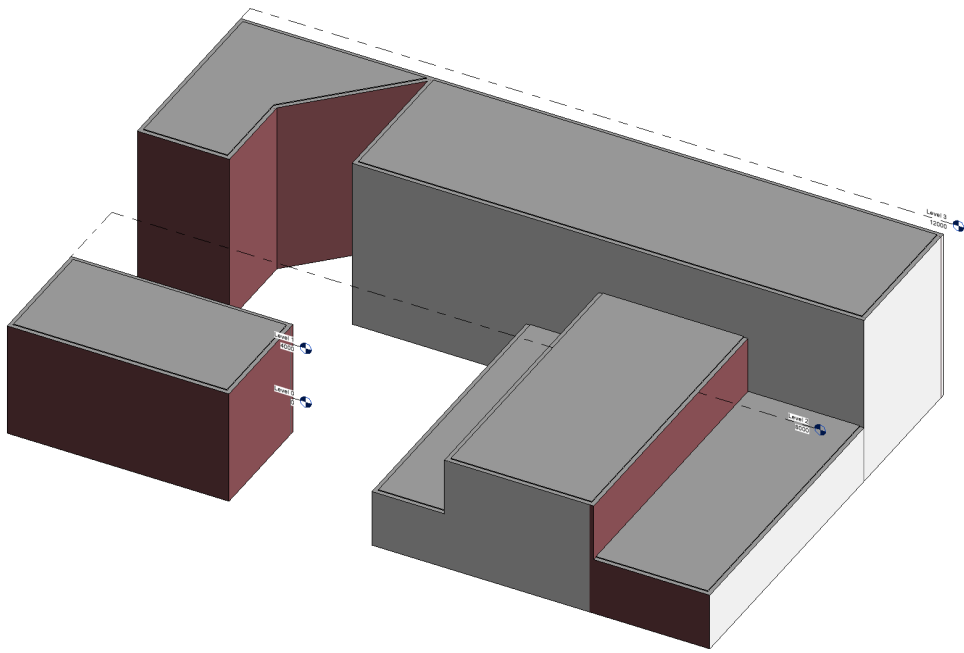


Figure 1. 3D view of the construction site BIM model

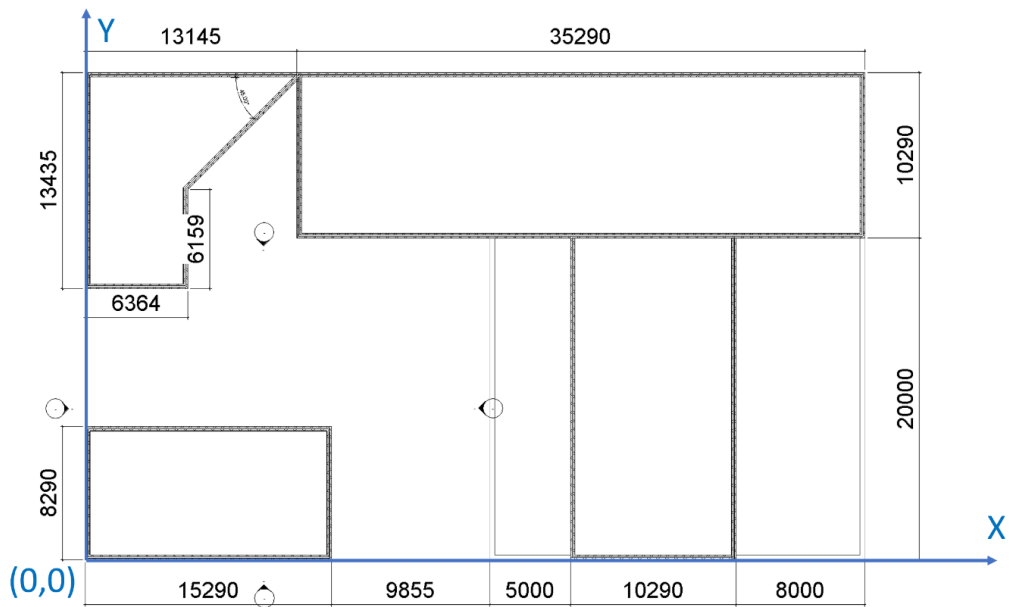


Figure 2. Floor plan of the construction site

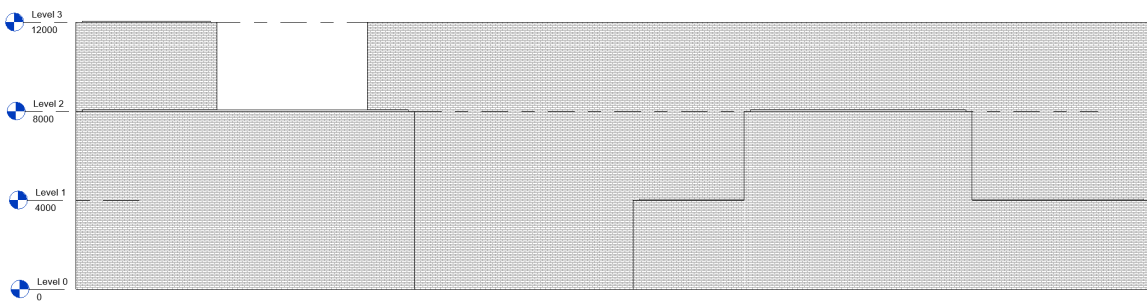


Figure 3. South view of the construction site

For the optimization problem of crane lifting path:

- 1) Establish a cost function for cranes to lift heavy objects;
- 2) Identify and model the constraints during the lifting process;
- 3) Design the algorithm, solve the problem, and evaluate the performance of the optimal lifting path obtained.

Submission

Report submitted by your team should contain a 1-page abstract and the main text should not exceed 20 pages. Appendices and references should follow the main text and do not count towards the 20-page limit



IMMC 2023 中华赛 F 题 (冬季赛) (English 简体 繁體)
(初中组别专用)

液压吊机吊运路径优化

背景

吊机是建筑施工现场用于材料及建筑构件运输的最为常见的施工设备之一。近年香港积极把 MiC (组装合成建筑法) 引入各项工程 (包括大学学生宿舍、社区隔离治疗设施、简约公屋等), 吊机也将更为广泛的应用于香港新建、翻新及维护项目。施工项目上吊机相关意外 (碰撞、侧翻、高空坠物等) 时有发生。例如 2015 年屯门港珠澳大桥工程地盘一名工人怀疑被高处松脱的吊钩击中死亡。2020 年美国德州奥斯汀某地盘内两台塔机碰撞, 超过 20 人送院接受治疗。2022 年 12 月大埔吐露港公路某地盘内, 一个吊机怀疑吊勾松脱, 击中一名工人, 造成伤势严重需要进行截肢。作为地盘重要机械之一, 吊机的安全及有效运行直接影响项目的成败。为了分析及消除吊机相关施工风险, 建筑项目通常会事先进行吊运规划 (包括吊机选择、位置规划及吊运路径策划等)。由于工地现场的复杂环境, 因此在吊运规划各项任务中吊运路径策划是最为复杂且具有挑战性的。本赛题将关注移动吊机的吊运规划问题。

问题及情景

在建筑施工现场, 吊机使用必须遵循相关的吊运安全手册及设备供应商提供操作手册中的安全指引。为简化吊机吊运规划问题, 可以做出以下假设:

- 吊机在吊运重物过程中, 必须固定吊机所在位置不得调换所在位置。
- 吊机在吊有重物时, 不得伸缩吊臂以改变吊臂长度。
- 吊机在吊运重物过程中, 无法对重物的水平旋转进行控制。
- 吊机每种操作 (吊臂变幅、回转及吊钩起降) 速度恒定。
- 障碍物在吊运过程中可假定静态不变。
- 吊运过程中尽可能保证重物在吊机司机的视野范围内。

任务

下图为一个设备更新的施工工地。现在需要从地面初始点 (16000, 15000, 0) 吊运一台 2900mmX3500mmX1400mm, 重 1.3 吨的空调机组到建筑物顶部的安装点 (45000, 16000, 4000) 以便工人进行机组安装。施工方计划租用 Liebherr LTM 1040-2.1 油压吊机 (如不适用, 可以向施工方建议 Liebherr 其他型号吊机) 进行现场吊装工作。

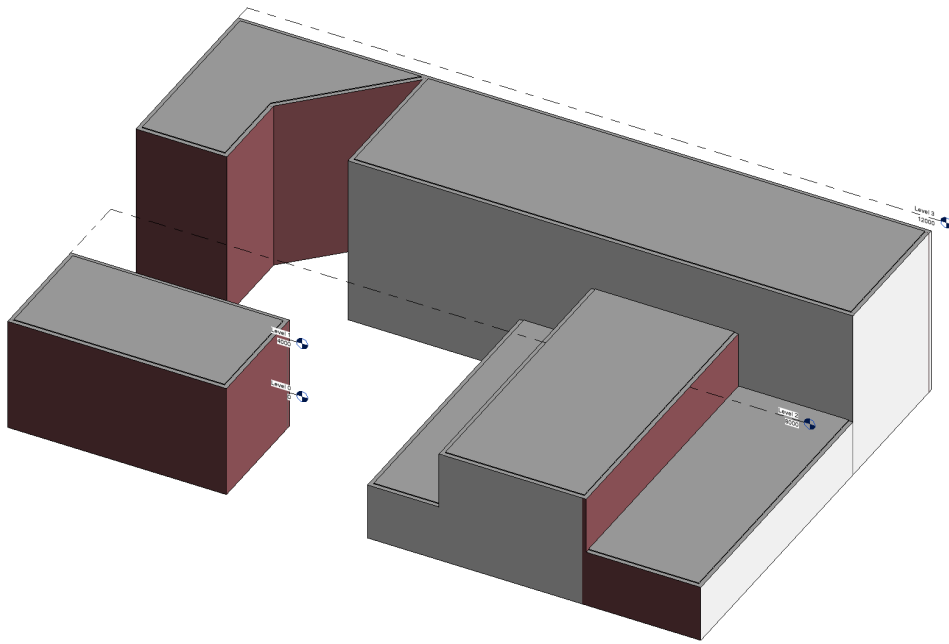


图 1 施工现场 BIM 模型三维视图

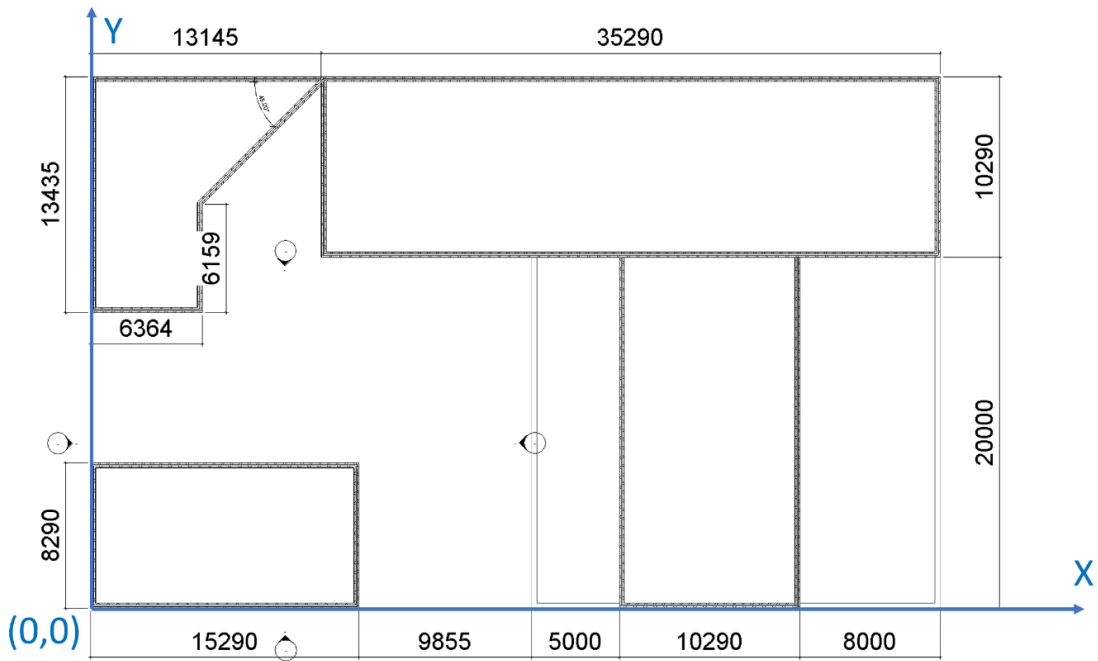


图 2 施工现场平面图

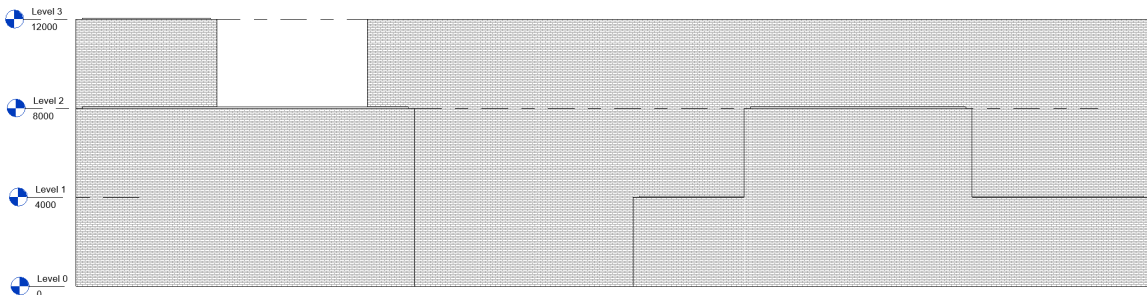


图 3 施工现场南视图

针对吊机吊运路径优化问题:

- 1) 建立吊机进行重物吊运的成本函数;
- 2) 识别吊运过程所收到的约束并进行建模;
- 3) 设计并求解算法, 并评价所得出的最优吊运路径的性能。

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。附录和参考文献应置于正文之后, 不计入 20 页之限。



IMMC 2023 中華賽 F 題 (冬季賽) (English 简体 繁體)
(初中組別專用)

液壓吊機吊運路徑優化

背景

吊機是建築地盤用於材料及建築構件運輸的最為常見的施工設備之一。近年香港積極把 MiC (組裝合成建築法) 引入各項工程 (包括大學學生宿舍、社區隔離治療設施、簡約公屋等)，吊機也將更為廣泛的應用於香港新建、翻新及維護項目。地盤項目上吊機相關意外 (碰撞、側翻、高空墜物等) 時有發生。例如 2015 年屯門港珠澳大橋工程地盤一名工人懷疑被高處鬆脫的吊鉤擊中死亡。2020 年美國德州奧斯汀某地盤內兩台塔機碰撞，超過 20 人送院接受治療。2022 年 12 月大埔吐露港公路某地盤內，一個吊機懷疑吊勾鬆脫，擊中一名工人，造成傷勢嚴重需要進行截肢。作為地盤重要機械之一，吊機的安全及有效運行直接影響項目的成敗。為了分析及消除吊機相關施工風險，建築項目通常會事先進行吊運規劃 (包括吊機選擇、位置規劃及吊運路徑策劃等)。由於地盤現場的複雜環境，因此在吊運規劃各項任務中吊運路徑策劃是最為複雜且具有挑戰性的。本賽題將關注移動吊機的吊運規劃問題。

問題及情景

在地盤現場，吊機使用必須遵循相關的吊運安全手冊及設備供應商提供操作手冊中的安全指引。為簡化吊機吊運規劃問題，可以做出以下假設：

- 吊機在吊運重物過程中，必須固定吊機所在位置不得調換所在位置。
- 吊機在吊有重物時，不得伸縮吊臂以改變吊臂長度。
- 吊機在吊運重物過程中，無法對重物的水平旋轉進行控制。
- 吊機每種操作 (吊臂變幅、迴轉及吊鉤起降) 速度恆定。
- 障礙物在吊運過程中可假定靜態不變。
- 吊運過程中盡可能保證重物在吊機司機的視野範圍內。

任務

下圖為一個設備更新的地盤。現在需要從地面初始點 (16000, 15000, 0) 吊運一台 2900mmX3500mmX1400mm，重 1.3 噸的空調機組到建築物頂部的安裝點 (45000, 16000, 4000) 以便工人進行機組安裝。地盤計劃租用 Liebherr LTM 1040-2.1 油壓吊機 (如不適用，可以向地盤建議 Liebherr 其他型號吊機) 進行現場吊裝工作。

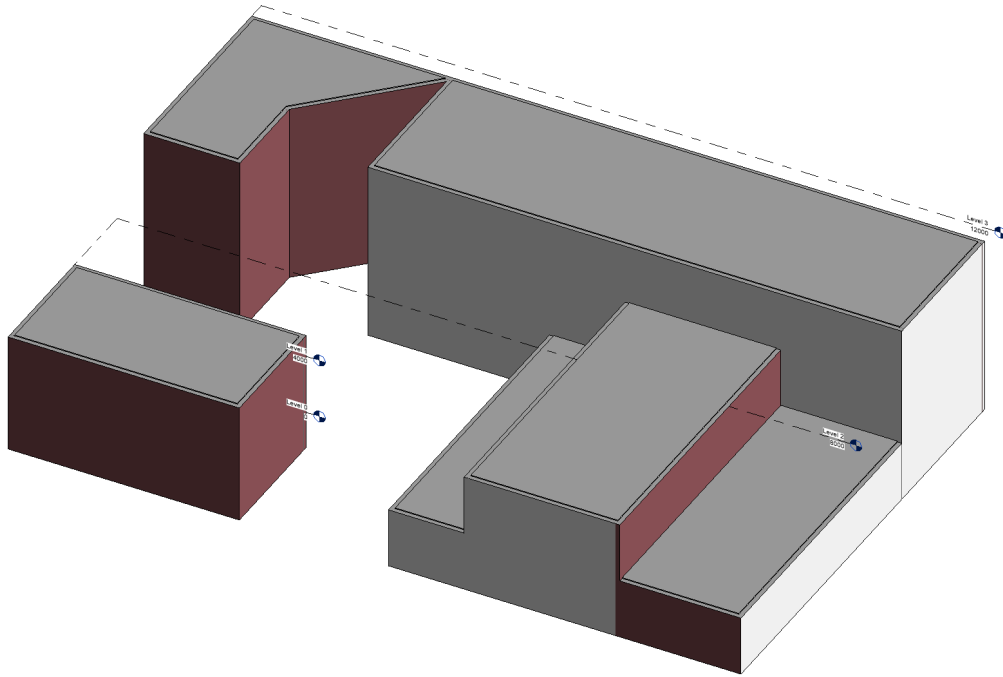


圖 1 地盤 BIM 模型三維視圖

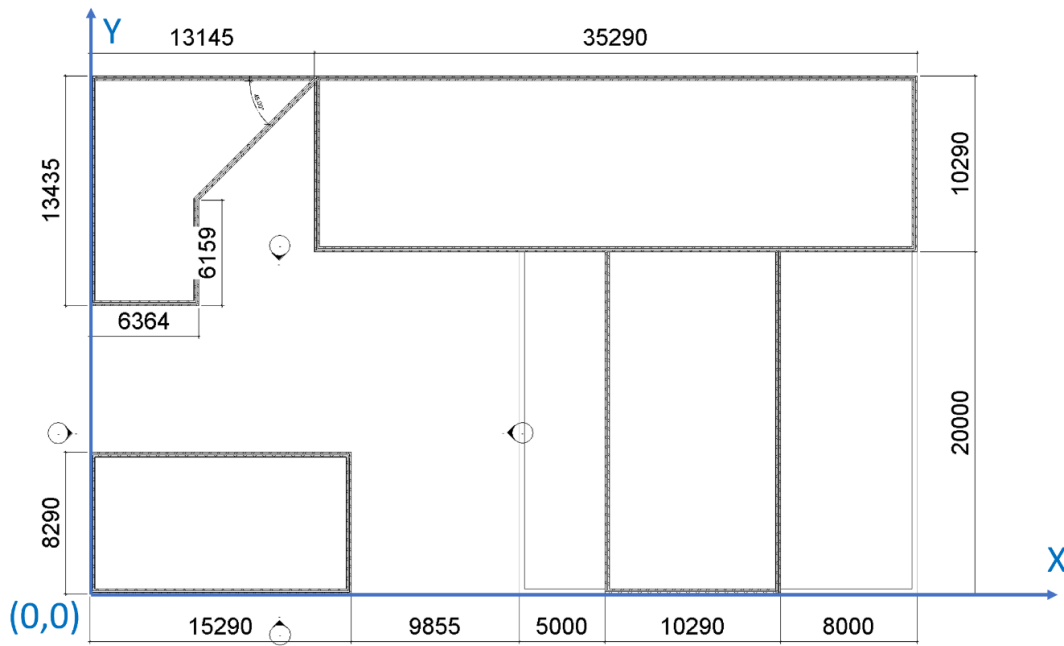


圖 2 地盤現場平面圖

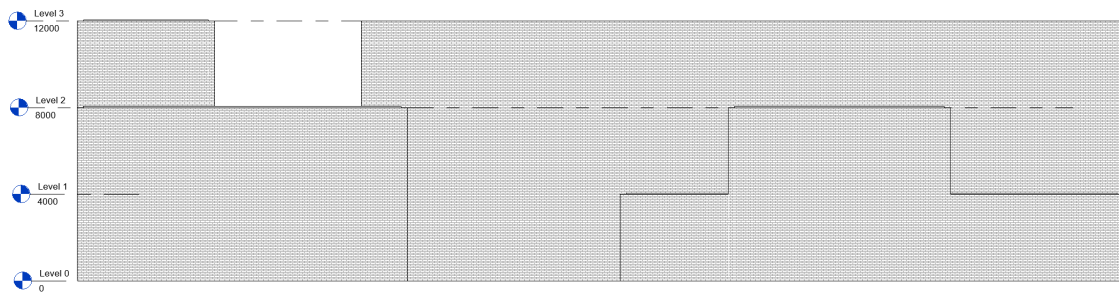


圖 3 地盤現場南視圖

針對吊機吊運路徑優化問題：

- 1) 建立吊機進行重物吊運的成本函數；
- 2) 識別吊運過程所受到的約束並進行建模；
- 3) 設計並求解算法，並評價所得出的最優吊運路徑的性能。

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。附錄和參考文獻應置於正文之後，不計入 20 頁之限。