

目錄

目錄	i
圖表目錄	ii
誌謝	iv
Abstract	v
中文摘要	vi
Chap1 鈉鉀離子幫浦的傳輸原理	1
Chap2 鈉鉀離子幫浦模型的動力分析	2
2.1 鈉鉀離子幫浦動力模型	2
2.2 三階系統點源的動力行爲	8
2.3 n 階系統點源的動力行爲	16
2.4 系統狀態和系統點源項動力行爲的比較	19
Chap3 一些可解的特殊系統狀態解	29
3.1 一個類似的動力系統----速率係數不爲指數函數之情形	29
3.2 化學速率係數中 d 都相同的情形	36
Chap4 傅立葉級數展開求解	44
4.1 傅立葉級數展開(Fourier series expansion)	44
4.2 外加交流電場振幅很小的近似	50
Chap5 結論與展望	57
附錄 A Master equation and Detailed balance condition	58
附錄 B 點源解平均流量不隨頻率改變之證明	60
參考資料	64

圖表目錄

Fig2.1 二階模型示意圖(Michaelis-Menten model) E*S 為蛋白質和受質接合的狀態，E 為沒有和受質接合的狀態， α 為速率係數，S1 為系統所接合的受質，S2 為系統所釋放的受質。	2
Fig2.2 四階模型示意圖 藍色綠色部分為鈉鉀離子幫浦蛋白質，圓形為受質鉀離子， k 為速率係數，E1 表示蛋白質構型為向細胞膜外接合，E2 則為向內；L 為受質，EL 表示蛋白質已和受質接合。	2,19
Fig.2.3 三階模型(Briggs-Haldane model)速率係數示意圖 E _i 為各系統狀態，K _{ij} 為由 i 往 j 方向之反應速率係數。	4,8
Fig.2.4 三階模型(Briggs-Haldane model)瞬時流量示意圖 E _i 為各系統狀態，j _i 為各狀態間之瞬時流量。	4,8
Fig.2.5 n 階模型系統狀態示意圖 E _i 為各系統狀態，K _{ij} 為由 i 往 j 方向之反應速率係數。	16
Fig2.6 系統狀態解的酵素濃度震盪 此處外加電場頻率取為 10Hz，外加電場振幅取為 1V/cm。	20
Fig2.7 系統點源解的酵素濃度震盪 此處外加電場頻率取為 10Hz，外加電場振幅取為 1V/cm。	20
Fig2.8 系統狀態解的酵素濃度震盪 此處外加電場頻率取為 1kHz，外加電場振幅取為 1V/cm。	21
Fig2.9 系統點源解的酵素濃度震盪 此處外加電場頻率取為 1kHz，外加電場振幅取為 1V/cm。	21
Fig2.10 系統狀態解的瞬時流量震盪 此處外加電場頻率取為 10Hz，外加電場振幅取為 1V/cm。	22
Fig2.11 系統點源解的瞬時流量震盪 此處外加電場頻率取為 10Hz，外加電場振幅取為 1V/cm。	22
Fig2.12 系統狀態解的瞬時流量震盪 此處外加電場頻率取為 1kHz，外加電場振幅取為 1V/cm。	23
Fig2.13 系統點源解的瞬時流量震盪 此處外加電場頻率取為 1kHz，外加電場振幅取為 1V/cm。	23
Fig2.14 系統狀態解的酵素濃度震盪 此處外加電場頻率取為 1kHz，外加電場振幅取為 0.01V/cm。	24
Fig2.15 系統點源解的酵素濃度震盪 此處外加電場頻率取為 1kHz，外加電場振幅取為 0.01V/cm。	24

Fig2.16 系統狀態解的瞬時流量震盪 此處外加電場頻率取為 1kHz，外加電場振幅取為 0.01V/cm。	25
Fig2.17 系統點源解的瞬時流量震盪 此處外加電場頻率取為 1kHz，外加電場振幅取為 0.01V/cm。	25
Fig2.18 系統狀態解的總流量震盪變化 此處外加電場頻率取為 1kHz，外加電場振幅取為 1V/cm。	26
Fig2.19 系統狀態解的總流量變化 此處外加電場頻率取為 10Hz，外加電場振幅取為 1V/cm。	27
Fig2.20 系統點源解的總流量變化 此處外加電場頻率取為 1kHz，外加電場振幅取為 1V/cm。	27
Fig2.21 系統點源解的總流量變化 此處外加電場頻率取為 10Hz，外加電場振幅取為 1V/cm。	28
Fig3.1 不含指數項系統狀態解的酵素濃度變化 此處外加電場頻率取為 1kHz，外加電場振幅取為 1V/cm。	34
Fig3.2 不含指數項系統狀態解的總流量變化 此處外加電場頻率取為 1kHz，外加電場振幅取為 1V/cm。	35
Fig3.3 受電場影響相同系統狀態解的酵素濃度變化 此處外加電場頻率取為 1kHz，外加電場振幅取為 1V/cm。	42
Fig3.4 受電場影響相同系統狀態解的總流量變化 此處外加電場頻率取為 1kHz，外加電場振幅取為 1V/cm。	42
Fig4.1 系統狀態解的酵素濃度震盪 此處外加電場頻率取為 1kHz，外加電場振幅取為 0.1V/cm。	55
Fig4.2 傅立葉級數展開的酵素濃度震盪 此處外加電場頻率取為 1kHz，外加電場振幅取為 0.1V/cm。所取的級數項為 A0,A1,B1。	55
Fig4.3 傅立葉級數展開法與電腦模擬的平均流量比較 J 為用傅立葉級數展開法所得之平均流量(各態的值皆相同)，J2、J3、J4 為電腦模擬所得的平均流量。此處外加電場振幅取為 0.1V/cm。	56
Table2.1 四階 TEC 模型之化學速率係數數值	19
Table3.1 不含指數項之化學速率係數數值	34
Table3.2 受電場影響相同之化學速率係數數值	41

誌謝

經過了兩年左右的時間，期間遭遇到很多的困難，終於將”生物馬達的動力特性”這篇碩士論文完成，也讓我了解了學術研究的過程與方法。能夠將論文完成，得力於許多人的支持和幫助，首先要感謝父母親精神上支持我繼續研究不要放棄，也感謝指導老師張正宏教授常常花時間和我一起討論研究上的問題，以及督促指導我繼續前進。除了和指導老師討論後解決了很多研究時的困難以外，還有很多地方也仰賴了和其他師長跟同學的討論：感謝吳天鳴教授能和我討論有關化學速率平衡態時中各態瞬時流量 detailed balance 的問題；也感謝石至文教授從數學的觀點出發來探討這個生物馬達模型；感謝蔡政展同學，葉永順同學，柯勝藍同學，陳光胤同學，皮旭庭同學能和我討論撰寫程式計算上遭遇到的困難；感謝劉宗哲學長，唐平翰同學，魏銘延同學，能和我討論研究中物理的概念以及數學運算的技巧上的問題。沒有上面這些人的幫助，這篇論文便很難予以完成，在此非常的感謝他們。



Abstract

In 1983, Tsong, T. Y. indicated that we could perform an experiment which Na^+ K^+ ATPase pump cations could be caused by an applied alternating electric field. Then people establish the theory of electroconformational coupling (TEC) according to experimental data. Afterward many theoretical and experimental research results were arose, e.g., the dynamical behavior of the two-states kinetic model and the four-states kinetic model, the optimum efficiency problems of the transport of cations activated by different applied field like constant electric field, oscillating electric field and electric noise, etc. In the thesis we focus on the four-states kinetic model. We introduce the physiological representation of Na^+ K^+ ion pumps and use the point source terms of the kinetic equations to approach the dynamical behavior of the system, and the relation between the average flux of the transmission of cations and the frequency of applied oscillating electric field can be derived by Fourier series expansion method as well.



中文摘要

在 1983 年 Tsong(鄭天佑)指出可在實驗上運用交流電場來驅動鈉鉀離子幫浦(Na^+, K^+ ATPase)的方法，並根據實驗結果建立了電構型耦合理論(Theory of electroconformational coupling, TEC)，之後便有許多針對這個系統的相關實驗和理論方面的研究，如簡化的二階動力模型，四階動力模型，外加直流、交流電場以及有不同類型噪聲環境下系統的傳輸效率問題等等。

本文主要研究的系統為鈉鉀離子幫浦四階動力系統模型，第一章是鈉鉀離子幫浦原理的簡介，第二章探討 TEC 理論的四階模型建構過程，並比較系統狀態與點源項的動力行為，最後將分析的結果推廣至類似情形的高階環狀動力系統。第三章考慮兩種特殊且易於求解的狀況——去除速率係數的指數項，以及速率係數受電場影響相同的情形，並討論在系統中離子能夠產生傳輸的成因。第四章討論在外加交流電場振幅不大的情形，利用傅立葉級數展開的方法來求出該模型的系統狀態解以及系統離子傳輸的平均流量和外加電場頻率之間的關係。第五章是總結以及展望，我們得出了點源解逼近點源項的動力行為以及系統可以存在淨流量的條件，也得出了外加電場頻率跟淨流量之間的關係，未來的研究則可以探討外加噪聲項和系統傳輸之間的關係。

