

国家自然科学基金委员会

内蒙古自然科学基金项目

论文集

1991—1995

Academic Theses
Supported by
Inner Mongolia Foundation
for
Natural Sciences

内蒙古自治区自然科学基金委员会

责任编辑 陈羽云

封面设计 赵齐坤

内新国准字 (1999) 第 08 号

工本费: 35.00 元

内蒙古自然科学基金项目

论文集

(1991—1995)

主编 方天祺

一九九九年

内蒙古自然科学基金项目

论文集

(1991—1995)

主编 方天祺

内蒙古新闻出版局内新图准字(1999)第08号

内蒙古大学傲云新技术公司排版

内蒙古大学印刷厂印刷

开本:787×109216K 字数:485千字

1999年6月第1版 1999年6月第1次印刷

印数:1—1000册

工本费:35.00元

前 言

本集是《内蒙古自然科学基金项目论文集》第二册,它收录了基金资助项目于1991年至1995年间公开发表的论著。本书的编辑原则仍循前例,内容分为论文全文、论文摘要和标题三部分。全书计收论文36篇,摘要82篇,标题626条。由于种种原因,本书可能未将发表的全部论著收入集内,遗漏恐难避免,但基本上收入了这五年中内蒙古自然科学基础研究和应用基础研究的主要工作。

从本书内容可以看出,由于我区科技工作者的辛勤努力,五年来我们在自然科学研究的领域中取得了显著的成绩。基础研究有了新的进展,不少论文发表在国内有影响的学术刊物上。一些应用基础研究成果具有良好的应用前景。同时,通过基金项目的开展也培养了许多科技人才。这表明内蒙古自然科学基金的实施对促进我区科教事业的发展,贯彻“科教兴区”的方针发挥了重要作用。

我们相信,本集的出版将为自治区各级领导和科技人员了解我区自然科学研究的概况和发展趋势,为进一步推进我区的自然科学基础研究,提供一本有益的资料。

在内蒙古科委的领导、支持和内蒙古大学科技处同仁的全力协助下,《内蒙古自然科学基金项目论文集》顺利编辑出版,谨向他们致以诚挚的感谢。

编 者

1998年12月

内蒙古自然科学基金项目论文集

(1991—1995)

主 编 方天祺

副 主 编 刘学敏 李铁生 张治务 斯力更

编 委 冯启元 李逢泽 张鹤龄 邵金旺

孙慧宽 阿 牧

参编人员 周林平 康宝军 侯富英 李晓萍

齐海春

目 录

前言..... (1)

论 文 全 文

数 学

Differential-Difference Inequalities with Unbounded Delays and Their Applications
..... Ligeng Si and Wanbiao Ma (1)
常微分算子谱的定性分析 孙炯 王忠(15)
有界平均振动特征的随机幂级数 乌兰哈斯(31)
求解 Navier-Stokes 方程的 Gauss-Seidel 型格式 俞崇庆 侯建民(38)
Connectivity Relationships Between a Graph and Its Double Vertex Graph
..... Biwen Zhu, Jiuqiang Liu, Don R. Lick and Yousef Alavi (44)
On Shinbrot's Conjecture for the Navier-Stokes Equations Kewei Zhang(48)

物 理 学

外电场影响酶活性机制初探 郭维生 冯启元 李炜疆(52)
Boundary Element Analysis of Low-Reynolds-Number Viscous Fluid Flow
..... Changsheng Lin and Qingshu Han(55)
A Stochastic Evolutionary Model of Molecular Sequences
..... Liaofu Luo and L. E. H. Trainor(61)
Hierarchical Mobility Edges in a Class of One-Dimensional Generalized Fibonacci Quasilat-
tices Xiujun Fu, Youyan Liu, Zizheng Guo, Peiqin Zhou and Xiuqing Huang (72)
Apodization of the Instrumental Function Curve of Sisam with a Single Grating
..... Yang Xingyu, Feng Qiyuan and Li Runlin(78)

化 学

汞代 N-乙烯基吡啶-丙烯酸共聚物的合成与研究 博·格日勒图(84)

- 用平炉尘制备磁性超微粉 格日勒 刘启旺 张玉红 余采兰(90)
- 合成 α -酮酸的新方法 李增春 李冰心 郭生 张春华(96)
- The Numbers of Constitutions, Configurations, Chiral and Achiral Configurations of Polyhaloalkanes $C_iH_{2i+2-j}X_j$ Jianji Wang and Qiang Wang(100)
- Synthesis and Crystal Structure of Dinuclear Iron Carbonyl Derivative $(\mu-Sc_6H_5)(\mu-P(Sc_6H_5)_2)Fe_2(CO)_5$
 Wu Binfang, Su Hanquan, Yan Xiuying, Hu Xing and Liu Qiwan(110)

生物学

- 提高牛体外受精核移植胚胎发育率的研究 廖洪武 李荣凤 旭日干(115)
- 中国缘蝽属一新种(半翅目:缘蝽科) 刘强 郑乐怡(121)
- 寄生药用有花植物锁阳在寄主体内的繁殖
 李天然 苏格尔 刘基焕 许月英 阎国(123)
- 内蒙古盲蝽科三新种和中国新纪录记述 能乃扎布 杨勇奇(130)
- Untersuchungen über in-vitro-Entwicklung und Transfer von Mäusezygoten nach MT-hGH-Gen-Mikroinjektion Wang Dazhen, Zhang Zhaoying, Hu Tingmao, Li Xuefeng, Liu Mingqiu, Guo Jitong und Lu Meixia(136)
- 抗卷叶病毒(PLRV)转基因马铃薯栽培种及其抗病性研究
 张鹤龄 李天然 哈斯阿古拉 额尔敦 张彤 孙燕 庞瑞杰(145)

农学

- "Ch 型"谷子显性核不育的遗传及其应用研究(*Setaria italica*)
 胡洪凯 石艳华 王朝斌 赵虎臣(156)
- 低剂量 CO_2 激光对青椒、茄子生物学刺激效应的研究
 郝丽珍 赵富宝 崔世茂 马立国 李雨润(167)
- 内蒙古自治区鸡 ND、MD、IBD 系列免疫程序的研究
 李少英 郝永清 乌尼 张爱荣 孟和毕力格(174)
- 马铃薯高淀粉生理基础的研究——块茎淀粉含量与植株若干生理特性
 门福义 郭淑敏 刘梦芸 蒙美莲(182)
- 梭梭抗旱的生理生态水分关系研究 杨文斌 包雪峰 杨茂仁 杨明(187)

工学

- Damage Process in Hardened Cement Paste Cai Xuanhui and Luo Yongqi (194)
- 熔模铸造金属与型壳界面作用的研究 佟天夫 张大辉(208)

摆动从动件盘状凸轮机构基本尺寸对推程压力角影响规律的探讨…… 汪萍 侯慕英(217)
 声发射技术在凸模胀形摩擦问题中的应用…… 张守苗 朱金泉 朱景宝(222)

医 学

一种新的 δ 链异常血红蛋白 HbA₂ 凉城($\delta 117(G19)Asn \rightarrow Asp$) ……
 …… 睢天林 秦文斌 岳秀兰 秦良谊 阎秀兰(226)
 人胃癌特异性 DNA 结合蛋白质 …… 刘淑萍 袁艳华 韩复生(227)
 呼和浩特市某地慢性砷中毒流行因素探讨 ……
 …… 马亮 张玉敏 张阁有 范成万 岱沁 李浩 罗振东(233)
 蒙药那如注射液对 L615 白血病的治疗作用 …… 田国才 李兰英 刘朝 田锐(238)
 几种孕妇禁忌中药对早孕绒毛的组织化学及超微结构的影响…… 王建军 李成林(245)

论 文 摘 要

数 学

不动点扩张及 n 阶 BCK-代数计算方法 …… 白根柱(249)
 一类高阶发展方程初值问题的局部解及其一个性质…… 朝 鲁(249)
 关于 H. W. Hethcote 的一个猜想 …… 郝敦元(250)
 Oscillation Theorems for Certain Nth-Order Neutral Functional Differential Equations ……
 …… Hu Yongzhen(250)
 L-Fuzzy 拓扑空间中的 S-闭性 …… 吉智方(251)
 序线性拓扑空间中非凸多目标规划成立弱鞍点准则的几个条件…… 戎卫东(251)
 等谱和非等谱 TD 族, Lax 表示与零曲率表示 …… 斯仁道尔吉(252)
 局部凸空间的一致光滑性、一致凸性及有关逼近问题 …… 苏雅拉图 特古斯(252)
 On Approximation by Polynomials in Orlicz Spaces …… Wu Garidi(253)
 半线性方程 $U_t + a(-1)^m D^{2m} u = D^2 \varphi(u)$ 初值问题 …… 王云波 阿拉坦仓 范恩贵(253)
 农业生态经济的生产函数分析…… 王振禄 包阿拉坦 何满喜 赵廷芳 奈民夫(254)
 非线性 Boltzmann 方程 Cauchy 问题解的整体存在性对位势 $U(r) = r^{-s}, S > 2$ ……
 …… 袁妙恩(254)

物理学

- 厚膜 ZrO_2 氧敏元件的制备及特性研究 丁铁柱 李蓉萍 季秉厚(255)
- 电场对作物种子影响的研究 郭维生 李凤敏(255)
- 铁酸镧酒敏元件的研制 季秉厚 张玉仙(256)
- 双油叶轴承的边界元分析 林长圣 邹牧岐 杨桂芝(256)
- The Origin of Chirality of Biological Polymer Luo Liaofu(257)
- 音乐的分形结构 刘永信 郑美红 马克健(258)
- Surface Exciton in Polyatomic Polar Crystals Jinglin Xiao(258)
- Investigation of the Diffraction and Vortex Phenomenon of a Dam Break Wave
..... Yang Dequan, Yang Xinyu and Wunenboyin(259)
- 量子阱中极化子结合能和有效质量 赵凤岐 赵晓晶(260)
- 一维准晶系统中具有套层结构的局域性 周培勤 傅秀军 郭子政(260)

化 学

- 黄河中游内蒙三个地段水体中天然配体与重金属络合容量研究
..... 嘎日迪 曲筱梅 郭博书 刘颖(261)
- CeO_2 还原表面水煤气变换反应机理的研究 金恒芳 胡延平 李 灿 辛 勤(261)
- 稀土二茂铁甲酸配合物的研究 李 梅 孙元洪 刘景心(262)
- 2,3-二氢葱并(1,2-b)(1,4)恶嗪-7,12-二酮的合成 马西赛 图布信(263)
- 四核钴羰基簇合物 $Co_4(CO)_8(\mu-CO)_2(\mu_4-PSR)_2$ 的合成和晶体结构
..... 吴宝山 刘启旺 胡襄 苏海全 刘树堂 金祥林(263)
- 负载型 Ru-Co 羰基簇催化剂的 XPS 和 TPD 表征 乌乐 陶克 索全伶(264)
- HTTA 和九种有机磷对三种稀土三价离子的协同萃取 王至堂 林波 焦献云(265)
- CPA 矩阵计算—分光光度法同时测定动植物细胞赋活剂中有机组分
..... 杨文斌 赛 音(265)
- Quantum Chemical Studies on the Mechanism of Producing Oxygenates in Fischer-Tropsch
Synthesis on M/SiO_2 ($M=Ni, Ru, Rh, Pd$) Zhu Tianwei and Hao Zhengping(266)
- 一种新型结构的七核钴原子羰基簇合物的合成与结构研究
..... 张文韬 李兵心 张淑艳 徐秀廷 朴贵金(266)
- 三核钨钼簇合物对苯乙烯氧化反应的催化 赵玉英 照日格图 乌 迪 郝日沫(267)

生物学

- 内蒙古苔藓植物区系 白学良(268)

| | |
|--|--|
| Detection of PSTVd with ³² P-cDNA Probe by Nucleic Acid Spot Hybridization | Cao Xianwei and Zhang Heling(268) |
| 用聚合酶链式反应扩增抗冻肽基因并在双元表达载体中克隆 | 达来 刘小强 阚锐 刘顺先(269) |
| Study on Culture of Mesophyll Protoplasts from Wild Sickle Alfalfa | He Maotai, Bai Jingren, Yuan Qing, Sha Ren, Li Yonggan and Yu Linqing(270) |
| 内蒙古蝉类二新种记录 | 韩效中 李庆安 刘小元 田勇 李慕英(270) |
| 马铃薯卷叶病毒外壳蛋白基因的合成、分子克隆和全序列分析 | 哈斯阿克拉 施一桑 张鹤龄(271) |
| MT-hGH 基因注入小鼠受精卵的研究 | 扈廷茂 刘明秋 王达珍 张肇英 李雪峰 扈惠平 卢美霞(271) |
| 裸燕麦不同发育时期的茎尖外植体中内源激素与体细胞胚胎发生的关系 | 李天然 马绍文 高致 杨平(272) |
| 中国内蒙古齿爪盲蝽亚科新种和新纪录(半翅目:异翅亚目:盲蝽科) | 齐宝瑛 能乃扎布(272) |
| 草鱼与青鱼、鳊鱼与团头鲂之间的细胞核移植 | 齐福印 许桂珍(273) |
| 肌肽棉酚对绵羊精子运动及超微结构的影响 | 谭竹钧 韩雅利(273) |
| 中国蒙新区土蝽科一新种及四新纪录(半翅目:土蝽科) | 照日格图 能乃扎布(274) |
| 干扰素 α -2b 的高效表达及原核增强子效应研究 | 张彤 吴淑华 张鹤龄 侯云德(274) |
| The Applied Research of Superovulation and Embryo Transfer on Inner Mongolia White Goats | Zhang Suo-lian, Liu Dongjun, Wang Jianguo, Chan Hongwu, Hai Qinglan, Siqin and Bou Shorgan (275) |

农 学

| | |
|--|--------------------------|
| 古地中海孑遗植物——半日花(Helianthemum soongolicum)的组织培养 | 慈忠玲 张衡 刘玲玉(276) |
| 内蒙古河套灌区中、低产田土壤有机质平衡量化指标 | 崔志祥 樊润成 张三粉 郜翻身 董进亚(276) |
| 荞麦愈伤组织培养及其分化的研究 | 侯建华 耿庆汉(277) |
| 雄性不育和可育大麦花药和花粉的细胞学比较研究 | 刘凤珍 韩海 栗仲兴 屠骊珠 李勇(277) |
| 马铃薯带毒种薯生理变化的研究 | 刘梦芸 刘奎彬 门福义(278) |
| 白音花水库冰下水生维管束植物的研究 | 刘国才(279) |

| | |
|----------------------------------|------------------------------|
| 高粱——苏丹草杂交种干物质积累分配及光合性能的研究 | 孙守钧 李凤山 王 云 郑根昌 张文新 马鸿图(279) |
| 人工柠条固沙林生长期水量平衡的模拟 | 杨文斌 韩德儒(280) |
| 阴山西部地区天然松柏资源的生态分布 | 谢素琴 李云章 杜 盛 刘志忠 达布希勒图(280) |
| 放射土壤杆菌 MI15 菌株生物防治葡萄根癌病的研究 | 谢学梅 游积峰 陈培民 郭俊梅(281) |
| 内蒙古地区小麦籽粒工艺学特性分析 | 吴文惠 包 斌 张文艳(281) |
| 显性核不育亚麻的雄性不育性研究 | 张 辉 陈鸿山 王宜林(282) |
| 冬季舍内捻转血矛线虫的生态学研究 | 郑润宽 耿万恒 赵世华 何秀贤 高海英 郝文俊(282) |
| 烤烟光合作用与产量形成的生理指标研究 | 郑克宽 任有志 吴云霞 吕凤山(283) |

工 学

| | |
|--|-----------------------------------|
| 水泥石微裂纹损伤的电镜观察 | 蔡玄晖 史志铭(284) |
| 弹性机械臂的灵敏度分析 | 冯志勇(284) |
| 矩形平板中动态裂纹扩展的数值模型 | 侯晓宁(285) |
| 列管换热器固定管板的应力计算与分析 | 刘晨曦 郭广和(285) |
| 可锻铸铁退火后硬件处理工艺的探讨 | 梁文心 沈 光 李进福 齐洪仁(286) |
| 碳钢精铸件铸态脱碳的研究 | 佟天夫 张增艳(286) |
| Experimental Analysis on the Compression Process of Agricultural Fibrous Materials | Yang Mingshao and Li Xuying (287) |

医 学

| | |
|--|--------------------------|
| 足背逆转皮瓣的应用解剖学 | 陈茂林 姚乃中 尹维刚 刘秀清 史增元(288) |
| 单剂量口服甲硝唑在唾液中的药代动力学 | 焦效兰 爱 民 杨毓章 童乐歌 云皓(288) |
| 内蒙古蒙古族等少数民族生育模式的研究 | 金阳荪 苏 俐 赵守仁(289) |
| 孕妇禁忌中药(商陆)抗早孕作用的实验研究 | 李成林 王建军 郝 奋 张佩林(290) |
| 中国北方五群体 EsD、PGM、Hp 型的分布比较 | 刘 牧 沈淑萍 陈秋凉(290) |
| 血红蛋白 A ₂ 现象发生机制的研究——“红细胞 HbA ₂ ”为 HbA ₂ 与 HbA 的结合产物 | 秦文斌(291) |
| 红细胞外 HbA ₂ 与 HbA 间的相互作用 | 秦文斌(291) |

| | |
|---|------------------------------|
| 噻奥麻黄碱对大鼠血小板聚集,血栓素 B ₂ 和 6-酮-前列腺素 F _{1α} 的影响 | 曲韵智 李希贤 王月娥 吴宏伟(292) |
| 那如注射液活化小鼠腹腔巨噬细胞的研究 | 田国才 刘朝 王秋菊(292) |
| 3,15-二乙酰苯甲酰乌头原碱镇痛的作用部位 | 张慧灵 杨煜荣 王勇 郑平 王洪诚 劳爱娜(293) |
| 3,15-二乙酰苯甲酰乌头宁镇痛作用与中枢去甲肾上腺素能系统的关系 | 张慧灵 杨煜荣 王勇 郑平 王洪诚 劳爱娜(294) |
| 呼和浩特盆地西部大面积富砷地下水水质检测分析 | 张玉敏 马亮 罗振东 张阁有 范成万 娜仁高娃(294) |
| 蒙古族的体格、体型和半个多世纪来的变化 | 朱钦 刘文忠 李志军 张静 秦格勒扎布 张兴来(295) |

环境科学

| | |
|---------------------------------------|--------------|
| 遥感技术在呼和浩特市城市规划、建设及环境调查中的应用研究与实验 | 王维珍 杨云峰(296) |
|---------------------------------------|--------------|

论文和专著目录

| | |
|--------------------|-------|
| 数学 160 篇 | (297) |
| 物理学 83 篇 | (305) |
| 化学 57 篇 | (310) |
| 生物学 124 篇 | (314) |
| 农学 66 篇 | (321) |
| 工学 27 篇 | (325) |
| 医学 94 篇 | (327) |
| 环境科学(地学)15 篇 | (333) |

$+ B$) is an M -matrix; $\bar{p}(t) = \text{col}(\bar{p}_1(t), \dots, \bar{p}_n(t))$.

$(p_i(t) = \sup_{-\Delta(t) \leq s \leq t} p_i(t+s), \Delta(t); [t_0, +\infty] \rightarrow [0, \infty))$ is continuous such that $\Delta(t) < t$ and $t - \Delta(t) \rightarrow +\infty$ as $t \rightarrow +\infty$.

Then there exists a constant $M_1 \geq 1$ such that

$$p_i(t) \leq M_1 \|p\| \quad \text{for } t \geq t_0, i = 1, 2, \dots, n, \quad (2.2)$$

$$\lim_{t \rightarrow +\infty} p_i(t) = 0, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (2.3)$$

where

$$\|p\| = \sum_{j=1}^n \sup_{(-\infty, t_0]} p_j(s) < +\infty.$$

Proof. First, we prove (2.2). If $k_i > 0$, from (2.1) we have

$$\dot{p}_i(t) \leq k_i^{-1} g_i(t) \sum_{j=1}^n (a_{ij} p_j(t) + b_{ij} \bar{p}_j(t)) \quad \text{for } t \geq t_0. \quad (2.4)$$

Substituting s for t in (2.4), then multiplying both its sides by $\exp(k_i^{-1} a_{ii} \int_{t_0}^t g_i(u) du)$ and integrating with respect to s from t_0 to t , we obtain

$$p_i(t) \leq p_i(t_0) \exp\left(k_i^{-1} a_{ii} \int_{t_0}^t g_i(u) du\right) + \sum_{j=1}^n \int_{t_0}^t k_i^{-1} g_i(s) (a_{ij} \delta_{ij}^* p_j(s) + b_{ij} \bar{p}_j(s)) \exp\left(k_i^{-1} a_{ii} \int_{t_0}^s g_i(u) du\right) ds \quad \text{for } t \geq t_0, \quad (2.5)$$

where $\delta_{ii}^* = 0, \delta_{ij}^* = 1, i \neq j$.

Let

$$m_i(t) = \sup_{t_0 \leq s \leq t} p_i(s), \quad w_{ij} = \frac{a_{ij}}{|a_{ii}|} \delta_{ij}^* + \frac{b_{ij}}{|a_{ii}|}, \quad i, j = 1, 2, \dots, n.$$

In view of (2.5) we have

$$p_i(t) \leq \|p\| + \sum_{j=1}^n \int_{t_0}^t k_i^{-1} g_i(s) (a_{ij} \delta_{ij}^* m_j(t) + b_{ij} (m_j(t) + \|p\|)) \exp\left(k_i^{-1} a_{ii} \int_{t_0}^s g_i(u) du\right) ds \leq \|p\| + \sum_{j=1}^n w_{ij} m_j(t) + M_0 \|p\| \quad \text{for } t \geq t_0, \quad (2.6)$$

where $M_0 = \max_{1 \leq i \leq n} (\sum_{j=1}^n b_{ij} / |a_{ii}|)$.

Note that the right hand of (2.6) is nondecreasing, we obtain

$$m_i(t) \leq \sum_{j=1}^n w_{ij} m_j(t) + (1 + M_0) \|p\| \quad \text{for } t \geq t_0. \quad (2.7)$$

if $k_i = 0$, from (2.1) we have

$$p_i(t) \leq \sum_{j=1}^n \left(\frac{a_{ij}}{|a_{ii}|} \delta_{ij}^* p_j(t) + \frac{b_{ij}}{|a_{ii}|} \bar{p}_j(t) \right) \quad \text{for } t \geq t_0. \quad (2.8)$$

Similar arguments apply to (2.8), we can also obtain

$$m_i(t) \leq \sum_{j=1}^n w_{ij} m_j(t) + (1 + M_0) \|p\| \quad \text{for } t \geq t_0. \quad (2.9)$$

Since $(A + B)$ is an M -matrix, by [12, theorem 2.3] there exists a group of positive numbers d_1, \dots, d_n such that $\sum_{i=1}^n (a_{ij} + b_{ij}) d_i d_j^{-1} < 0$ for $j = 1, 2, \dots, n$. Namely $\sum_{i=1}^n w_{ij} d_i d_j^{-1} < 1$ for $j = 1, 2, \dots, n$.

Set

$$\alpha = \max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n w_{ij} d_j^{-1} d_i < 1, \quad \bar{M} = (1 + M_0) \sum_{j=1}^n d_j,$$

$$d_0 = \max\{d_1, \dots, d_n\}, \quad M_1 = \frac{\bar{M}}{d_0(1 - \alpha)} \geq 1.$$

Then, from (2.7) and (2.9) we have

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n d_i m_i(t) &\leq \sum_{j=1}^n \left(\sum_{i=1}^n w_{ij} d_i d_j^{-1} \right) d_j m_j(t) + \bar{M} \|p\| \\ &\leq \alpha \sum_{j=1}^n d_j m_j(t) + \bar{M} \|p\| \quad \text{for } t \geq t_0. \end{aligned}$$

Namely

$$\sum_{i=1}^n m_i(t) \leq \frac{\bar{M}}{d_0(1 - \alpha)} \|p\| \leq M_1 \|p\| \quad \text{for } t \geq t_0.$$

Thus

$$p_i(t) \leq m_i(t) \leq M_1 \|p\| \quad \text{for } t \geq t_0, i = 1, 2, \dots, n.$$

Secondly, let us conclude that (2.3). Since $-(A + B)$ is an M -matrix, we can choose a positive number T which is sufficiently large such that $(a_{ij} + b_{ij} + |a_{ii}| \delta_{ij} \exp(-\delta T))_{n \times n}$ is an M -matrix, where $\delta_{ij} = 1 - \delta_{ij}^*$, $i, j = 1, 2, \dots, n$, $\delta = (\min_{1 \leq i \leq n} |a_{ii}|) \sigma / (1 + \max_{1 \leq i \leq n} k_i)$. Hence there exists a group of positive number d_1, \dots, d_n such that

$$\sum_{j=1}^n (a_{ij} + b_{ij} + |a_{ii}| \delta_{ij} \exp(-\delta T)) d_j d_i^{-1} < 0 \quad \text{for } i = 1, 2, \dots, n.$$

Namely,

$$\sum_{j=1}^n (w_{ij} + \delta_{ij} \exp(-\delta T)) d_j d_i^{-1} < 1 \quad \text{for } i = 1, 2, \dots, n.$$

Let

$$\alpha_0 = \max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n (w_{ij} + \delta_{ij} \exp(-\delta T)) d_j d_i^{-1} < 1,$$

$$\lim_{t \rightarrow +\infty} (d_i^{-1} p_i(t)) = \sigma_i \quad \text{for } i = 1, 2, \dots, n.$$

Obviously, $\sigma_i \geq 0$ for $i = 1, 2, \dots, n$, and $\sigma_i = \max\{\sigma_1, \dots, \sigma_n\} < +\infty$. We claim that $\sigma_i = 0$. If $\sigma_i > 0$, let η satisfy $0 < \eta < (1 - \alpha_0) \sigma_i / (1 + \alpha_0)$, by $t - \Delta(t) \rightarrow +\infty$ as $t \rightarrow +\infty$ and the properties of superior-limait we can choose a sufficiently large $T_1 \geq t_0 + T$ such that

$$d_i^{-1} p_i(s) < \sigma_i + \eta \quad \text{for } t - T \leq s \leq t, t \geq T_1, i = 1, 2, \dots, n, \quad (2.10)$$

$$d_i^{-1} p_i(T_1) > \sigma_i + \eta. \quad (2.11)$$

If $k_i > 0$, replacing t in (2.4) by s , then multiplying its both sides by $\exp(k_i^{-1} a_{ii} \int_i^s g_i(u) du)$ and integrating with respect to s from $t - T$ to t , we obtain

$$\begin{aligned} p_i(t) &\leq p_i(t - T) \exp\left(k_i^{-1} a_{ii} \int_{t-T}^t g_i(u) du\right) \\ &\quad + \sum_{j=1}^n \int_{t-T}^t k_i^{-1} g_i(s) (a_{ij} \delta_{ij}^* p_j(s) + b_{ij} \bar{p}_j(s)) \exp\left(k_i^{-1} a_{ii} \int_i^s g_i(u) du\right) ds \end{aligned} \quad (2.2)$$

for $t \geq t_0 + T$. Hence, from (2.10), (2.11) and (2.12), we have

$$\begin{aligned} \sigma_i - \eta &< d_i^{-1} p_i(T_1) \leq (\sigma_i + \eta) \exp(-\delta T) + (\sigma_i + \eta) d_i^{-1} \sum_{j=1}^n w_{ij} d_j \\ &= (\sigma_i + \eta) \sum_{j=1}^n (w_{ij} + \delta_{ij} \exp(-\delta T)) d_j d_i^{-1} \end{aligned}$$

$$\leq \alpha_0(\sigma_t + \eta).$$

Thus $\eta > (1 - \alpha_0)\sigma_t / (1 + \alpha_0)$, which contradicts the choice of η . If $k_i = 0$, we can also conclude the contradiction from (2.8), (2.10) and (2.11). These contradictions show that the above claim is true. This completes the proof of theorem 1.

Remark 1. (i) By different choosing of k in theorem 1, we can obtain some important differential-difference inequalities.

(ii) If $\Delta(t)$ in theorem 1 is bounded, by making use of the methods of [10], we can obtain the following more exact estimation,

$$\sum_{i=1}^n p_i(t) \leq \|p\|_{\Delta} M_0 \exp(-a(t - t_0)) \quad \text{for } t \geq t_0,$$

where $M_0 \geq 1$ and $a > 0$ are constants, $\|p\|_{\Delta} = \sum_{i=1}^n \sup_{-\Delta \leq s \leq 0} p_i(t_0 + s)$, Δ is the bound of $\Delta(t)$

(iii) We can obtain the following nonlinear differential-difference inequalities by making use of the similar methods.

Assume that the functions $p_j(t) (j = 1, 2, \dots, n); R \rightarrow R_+$ are continuous and satisfy the nonlinear inequality

$$k_i p_i(t) \leq g_i(t) f_i(p_1(t), \dots, p_n(t), \bar{p}_1(t), \dots, \bar{p}_n(t); \\ \int_0^{\infty} A_1(u) p_1(t - u) du, \dots, \int_0^{\infty} A_n(u) p_n(t - u) du)$$

for $t \geq t_0, i = 1, 2, \dots, n$, where

(a) k_i are nonnegative constants;

(b) $g_i(t) > 0$ are continuous for $t \geq t_0$, and $\lim_{t \rightarrow \infty} \int_{t_0}^t g_i(s) ds = +\infty$ for $t \geq t_0$ are uniform;

(c) $\bar{p}_i(t) = \sup_{-\Delta(t) \leq \theta \leq 0} p_i(t + \theta), \Delta(t): [t_0, +\infty) \rightarrow [0, \infty]$ is continuous such that $\Delta(t) < t$ and $t - \Delta(t) \rightarrow +\infty$ as $t \rightarrow +\infty$;

(d) $A_i(u) \geq 0$ are continuous for $u \geq 0$ such that $\int_0^{\infty} A_i(u) du < +\infty$;

(e) the functions f_i are continuous such that

$$f_i(x_1, \dots, x_n; y_1, \dots, y_n; z_1, \dots, z_n) \leq f_i(\bar{x}_1, \dots, \bar{x}_n; \bar{y}_1, \dots, \bar{y}_n; \bar{z}_1, \dots, \bar{z}_n)$$

for $x_i = \bar{x}_i, x_j \leq \bar{x}_j (i \neq j); y_j \leq \bar{y}_j; z_j \leq \bar{z}_j (j = 1, 2, \dots, n)$;

(f) there exist a continuous function $\bar{f}(\alpha_i)$ and constants $\alpha_i > 0$ such that $\bar{f}(0) = 0$ and

$$f_i(\alpha_1 \theta, \dots, \alpha_n \theta; \alpha_1 \theta, \dots, \alpha_n \theta; \alpha_1 s_1 \theta, \dots, \alpha_n s_n \theta) \leq -\bar{f}(\theta) < 0$$

for $\theta \neq 0$ and $s_i = \int_0^{\infty} A_i(u) du, i = 1, 2, \dots, n$.

Then there exists a constant $M \geq 1$ such that

$$P_i(t) \leq M \|p\| \quad \text{for } t \geq t_0, i = 1, 2, \dots, n;$$

$$\lim_{t \rightarrow +\infty} p_i(t) = 0, \quad i = 1, 2, \dots, n,$$

when

$$\|p\| = \max_{\theta \leq 0} \{ \sup p_i(t_0 + \theta), \quad s = 1, 2, \dots, n \}.$$

THEOREM 2. If the function $p(t) = \text{col}(p_1(t), \dots, p_n(t)); R \rightarrow R_+^n$ is continuous and satisfies the differential-difference inequality

$$p(t) \geq f(t)(Ap(t) + B\bar{p}(t)) \quad \text{for } t \geq t_0, \quad (2.13)$$

or

$$p(t) \geq f(t)p^{1/2}(t)(Ap^{1/2}(t) + B\bar{p}^{1/2}(t)) \quad \text{for } t \geq t_0. \quad (2.14)$$

where $p_i(t)$ are positive and nondecreasing on $(-\infty, t_0), i = 1, 2, \dots, n$;

$$f(t) = \text{diag}(f_1(t), \dots, f_n(t))$$

is positive and continuous for $t \geq t_0$ such that $\int_{t_0}^{\infty} f_i(t)dt = +\infty, i = 1, 2, \dots, n$;

$$p^{1/2}(t) = \text{diag}(p_1^{1/2}(t), \dots, p_n^{1/2}(t)),$$

$$p^{1/2}(t) = \text{col}(p_1^{1/2}(t), \dots, p_n^{1/2}(t)),$$

$$\bar{p}(t) = \text{col}(\bar{p}_1(t), \dots, \bar{p}_n(t)),$$

$$p^{1/2}(t) = \text{col}(\bar{p}_1^{1/2}(t), \dots, \bar{p}_n^{1/2}(t)),$$

$$\bar{p}^{1/2}(t) = \text{col}(\bar{p}_1^{1/2}(t), \dots, \bar{p}_n^{1/2}(t)),$$

$$\bar{p}(t) = \sup_{-\delta(t) \leq s \leq 0} p_i(t+s), \quad i = 1, 2, \dots, n;$$

$\Delta(t): [t_0, +\infty] \rightarrow [0, +\infty)$ is continuous such that $\Delta(t) < t$ and $t - \Delta(t) \rightarrow +\infty$ as $t \rightarrow \infty$; $A = (a_{ij})_{n \times n}$ and $B = (b_{ij})_{n \times n}$ constant matrices such that $a_{ii} > 0, a_{ij} \leq 0, i \neq j, b_{ij} \leq 0, i, j = 1, 2, \dots, n$, and that $A + B$ is an M -matrix.

Then

$$\lim_{t \rightarrow +\infty} (p_1(t) + p_2(t) + \dots + p_n(t)) = +\infty.$$

Proof. Assume that (2.13) hold. Since $A + B$ is an M -matrix, there exists a group of positive numbers d_1, \dots, d_n such that

$$a_i = \sum_{j=1}^n (a_{ij} + b_{ij})d_j d_i^{-1} > 0 \quad \text{for } i = 1, 2, \dots, n. \quad (2.15)$$

Set

$$y(t) = \max\{d_1^{-1}p_1(t), \dots, d_n^{-1}p_n(t)\} \quad \text{for } t \in R.$$

Obviously, $y(t)$ is continuous for $t \in R$ and non-decreasing for $t \leq t_0$, we claim that $y(t)$ is nondecreasing for $t \geq t_0$. If the above claim is false, we can choose $t_1 > t_0$, a sufficiently small constant p and integer k such $y(t)$ is nondecreasing on $(-\infty, t_1]$ and monotonically decreasing on $[t_1, t_1 + p]$. furthermore

$$y(t) = d_k^{-1}p_k(t) \quad \text{for } t_1 \leq t \leq t_1 + p. \quad (2.16)$$

Thus, we have

$$d_k^{-1}p_k(t_1) = y(t_1) \leq 0, \quad (2.17)$$

$$d_i^{-1}p_i(t) \leq y(t) \quad \text{for } -\infty < t \leq t_1, i = 1, 2, \dots, n. \quad (2.18)$$

On the other hand, by (2.13), (2.15), (2.16) and (2.18) we obtain

$$\begin{aligned} d_k^{-1}p_k(t_1) &\geq d_k^{-1}(f_k(t_1)) \sum_{j=1}^n (a_{kj}p_j(t_1)d_j^{-1} + b_{kj}\bar{p}_j(t_1)d_j^{-1})d_k \\ &\geq f_k(t_1) \sum_{j=1}^n (a_{kj} + b_{kj})d_j d_k^{-1}y(t_1) \\ &= a_k f_k(t_1)y(t_1) > 0. \end{aligned}$$