

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学号: 21720061152145

UDC _____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

红树植物秋茄与汞污染土壤相互作用研究

The interaction between mangrove plant(*Kandelia
candel*) and soil polluted by mercury

指导老师姓名: 丁振华 教授

专业名称: 微生物学

论文提交时间: 2009年4月

论文答辩时间: 2009年5月

学位授予时间: 2009年6月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2009年5月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下，独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果，均在文中以适当方式明确标明，并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范（试行）》。

另外，该学位论文为（）课题（组）的研究成果，获得（）课题（组）经费或实验室的资助，在（）实验室完成。（请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称，未有此项声明内容的，可以不作特别声明。）

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

目录

摘要

Abstract

第一章 绪论.....	1
1 土壤中汞对植物的危害	1
1.1 汞对土壤理化性质的影响.....	1
1.2 汞对植物种子萌发和幼苗生长的影响.....	2
1.3 汞对植物生长发育的影响.....	2
2 植物生理活动对土壤中汞的影响	3
2.1 植物对汞的吸收和累积.....	4
2.2 植物凋落物对土壤汞积累的影响.....	5
2.3 植物根际分泌物对汞生物地球化学行为的影响.....	5
3 研究意义	7
第二章 样品采集与分析	9
1 实验材料	9
2 种苗培养及胁迫处理实验	9
3 分析样品的制备	9
4 主要试剂和仪器	10
5 测定方法	10
5.1 叶绿素含量的测定.....	10
5.2 可溶性蛋白含量的测定.....	10
5.3 超氧化物歧化酶（SOD）活性的测定.....	11
5.4 过氧化物酶（POD）活性的测定.....	12
5.5 过氧化氢酶（CAT）活性的测定.....	12
5.6 土壤总汞含量分析.....	12
5.7 植物中总汞含量分析.....	13

5.8 汞形态分析.....	13
5.9 土壤中甲基汞分析.....	13
5.10 植物中甲基汞的分析.....	14
6 数据处理	15
第三章 Hg 污染土壤对秋茄生理生态的影响	16
1 Hg 污染土壤对秋茄幼苗生理生长的影响	16
1.1 Hg 胁迫对秋茄幼苗外部形态的影响.....	16
1.2 Hg 胁迫对秋茄幼苗根系生长的影响.....	17
1.3 Hg 胁迫对幼苗高度生长的影响.....	18
1.4 Hg 胁迫对幼苗叶片大小的影响.....	19
1.5 Hg 胁迫对幼苗各组织含水量的影响.....	22
2 Hg 污染土壤对秋茄幼苗叶片光合系统的影响	24
2.1 Hg 胁迫对秋茄叶绿素的影响.....	24
2.2 Hg 胁迫对秋茄 Fv/Fm 和 Fv'/Fm' 的影响.....	26
3 Hg 污染土壤对秋茄幼苗可溶性蛋白含量的影响	28
4 Hg 污染土壤对秋茄幼苗抗氧化系统的影响	31
4.1 Hg 胁迫对秋茄幼苗超氧化物歧化酶 (SOD) 活性的影响.....	31
4.2 Hg 胁迫对幼苗根尖和叶片 POD 活性的影响.....	34
4.3 Hg 胁迫对秋茄幼苗 CAT 活的影响	36
4.4 秋茄幼苗中 SOD、POD 和 CAT 三者的关系.....	37
第四章 种植秋茄后土壤中 Hg 的变化	39
1 种植秋茄前后土壤 Hg 形态分布	39
2 秋茄对汞的吸收	46
2.1 不同 Hg 含量土壤中秋茄根叶总汞含量.....	46
2.2 不同 Hg 含量土壤中秋茄根叶甲基汞含量.....	48
3 种植秋茄后, 不同 Hg 含量土壤中总汞和甲基汞的变化	51
3.1 不同汞含量土壤中总汞含量的变化.....	51
3.2 不同 Hg 含量土壤中甲基汞含量的变化.....	51
第五章 秋茄生理生化特征与总汞的关系研究	55

1 秋茄幼苗叶片光合系统和总汞的关系	55
1.1 秋茄幼苗叶绿素和叶总汞的关系.....	55
1.2 秋茄 Fv/Fm 和 Fv'/Fm'同叶总汞的关系	56
2 秋茄幼苗抗氧化系统和总汞的关系	58
2.1 秋茄幼苗叶根 SOD 和总汞的关系.....	58
2.2 秋茄叶根 CAT 和总汞的关系.....	60
2.3 秋茄根 POD 和总汞的关系.....	61
第六章 结论.....	63
参考文献.....	65
致谢	72

Content

Abstract (in Chinese)

Abstract (in English)

Chapter1: Introduction..... 1

1 Damage of mercury in soil to plants..... 1

1.1 Effect of mercury to phy-chemical property of soil..... 1

1.2 Effect of mercury on seed germination and growth..... 2

1.3 Effect of mercury on plant growing development 2

2 Effect of plant physiological activity on mercury in soils..... 3

2.1 Absorption and accumulation of mercury by plants..... 4

2.2 Effect of plant litterfall on mercury 4

2.3 Effect of rhizospheric secretion of plant roots on mercury..... 5

3 Study purpose 7

Chapter2: Materials and methods..... 9

1 Experimental materials 9

2 Seedling culture and pollutant disposal experiment..... 9

3 Production of analytical sample 9

4 Reagents and instruments 10

5 Analytical methods..... 10

5.1 Measurement of chlorophyll content 10

5.2 Measurement of content of soluble protein 10

5.3 Measurement of SOD total activity 11

5.4 Measurement of POD total activity 12

5.5 Measurement of CAT total activity..... 12

5.6 Analysis of total Hg concentrations in sediments 12

5.7 Analysis of total Hg concentrations in plants 13

5.8 Analysis of mercury species in sediment..... 13

5.9 Analysis of methyl mercury in sediment 13

5.10 Analysis of methyl mercury in plants	14
6 Data treatment	15
Chapter3: Effect of Hg in soils on biochemistry and ecology of <i>K. candel</i> seedlings.....	16
1 Effect of Hg on physiology and growth of <i>K. candel</i> seedlings.....	16
1.1 Effect of Hg on external form of seedlings.....	16
1.2 Effect of Hg on the root growth of seedlings.....	17
1.3 Effect of Hg on the high growth of seedlings.....	18
1.4 Effect of Hg on the size of leaves of seedlings.....	19
1.5 Effect of Hg on water content of tissues of seedlings.....	22
2 Effect of Hg on photosynthetical system of <i>K. candel</i> seedlings.....	24
2.1 Effect of Hg on the chlorophyll of seedlings.....	24
2.2 Effect of Hg on Fv/Fm and Fv'/Fm'of seedlings.....	26
3 Effect of Hg in soils on soluble protein of <i>K. candel</i> seedlings	28
4 Effect of Hg in soils on antioxidant system of <i>K. candel</i> seedlings.....	31
4.1 Effect of Hg on SOD activity in roots and leaves of seedlings.....	31
4.2 Effect of Hg on POD activity in roots and leaves of seedlings.....	34
4.3 Effect of Hg on CAT activity in roots and leaves of seedlings.....	36
4.4 Relationship among SOD,POD and CAT in seedlings	37
Chapter4: Change of Hg in soil after planting <i>K. candel</i> seedlings.....	39
1 Distribution of mercury species in soils before and after planting seedlings	39
2 Absorption of Hg by <i>K. candel</i> seedlings.....	46
2.1 Total Hg in roots and leave of seedlings cultivated in soils containing different amount of Hg.....	46
2.2 MeHg in roots and leave of seedlings cultivated in soils containing different amount of Hg.....	48
3 Change of total Hg and MeHg cultivated in soils after planting seedlings.	51
3.1 Change of total Hg in soils containing different amount of Hg.....	51

3.2 Chang of MeHg in soils containing different amount of Hg	51
Chapter5: Study on relationship between total Hg and biochemistry and physiology of <i>K. candel</i> seedlings	55
1 Relationship between photosynthetical system and total Hg of seedlings ...	55
1.1 Relationship between the chlorophyll and total Hg in leave	55
1.2 Relationship between Fv/Fm with Fv'/Fm' and total Hg in leave	56
2 Relationship between antioxidant system and total Hg of seedlings	58
2.1 Relationship between SOD and total Hg in leave and roots	58
2.2 Relationship between CAT and total Hg in leave and roots	60
2.3 Relationship between POD and total Hg in leave and roots	61
Chapter6: Conclusion.....	63
References.....	65
Acknowledge.....	72

摘要

本文阐述了Hg的影响下,植物各生理生态参数的变化,以及在植物的影响下,污染土壤中汞、甲基汞以及汞的各种形态的变化,从而揭示了红树植物和汞污染土壤的相互作用关系,为进一步研究重金属汞和植物之间的内在关系奠定基础。本研究以红树植物秋茄(*Kandelia candel*)为实验材料,在不同汞含量的土壤中栽种秋茄,设置三个Hg梯度胁迫组,为54mg/kg、93mg/kg和145mg/kg,以未污染土壤为对照,培养期分为58d、84d和101d。实验期间全程记录及观测各胁迫组秋茄种苗萌发及幼苗生长状况,定期记录幼苗的高度生长、叶片大小,并分别在胁迫栽培58d、84d和101d采样测定幼苗根系生长以及幼苗含水量、叶绿素含量、最大光化学效率和实际光化学效率、可溶性蛋白含量、抗氧化酶活性等指标参数,测定植物样根、叶的总汞和甲基汞含量。采集植物样的同时,采集各胁迫组的土样,测定各土样的总汞,甲基汞含量以及汞的不同形态。得出的结论如下:

1. 随着栽培时间的延长和土壤汞含量的增加,根端有不同程度的膨大变粗,主根变细变黑,汞含量高的处理组,甚至出现明显的烂根现象。汞胁迫对秋茄幼苗苗高生长、叶片大小和各组分含水量均有明显的抑制作用。

2. 汞会抑制PSII的光合活性, F_v/F_m 和 F_v'/F_m' 随着汞胁迫浓度的增加而降低,呈负相关。叶绿素a和b含量以及可溶性蛋白含量均随土壤汞含量的增加而减少。低浓度的汞胁迫对秋茄幼苗叶片SOD活性起到一定的促进作用,而高浓度表现为抑制作用。秋茄叶片POD活性和汞含量呈显著负相关。三种保护酶对汞敏感性表现为 $CAT > POD > SOD$,三种酶与甲基汞敏感性表现为 $SOD > POD > CAT$ 。三种酶与汞浓度呈曲线回归关系,其相关性程度依次为 $CAT > POD > SOD$ 。

3. 种植秋茄后,各胁迫组的可挥发态Hg含量增加,均高于对照。随着培养时间的延长和汞污染程度的增加,B1形态汞(由Hg(II)离子形态和一些简单的有机、无机Hg(II)络合物以及以弱极性键与土壤组成成分结合的汞)和铁锰氧化物结合态汞含量均表现为不断增加而有机质硫化汞的含量先增加后降低。随着秋茄生长时间的延长,残渣态汞含量呈下降趋势,表明秋茄根际存在着残渣态汞的活化效应。各胁迫组的土壤中总汞不断下降,甲基汞则表现为先升高后降低。

4. 随着栽培时间的延长,秋茄的根汞和叶汞变化趋势类似,都是随着土壤

汞含量的增加而增加。秋茄根和叶片甲基汞变化规律相似，不同汞含量土壤中栽种的秋茄，都是随着培养时间的延长，先增加后下降，下降幅度很大，表明植物中甲基汞的百分含量与植物的年龄呈负相关。

5. 通过相关分析可知，秋茄叶汞和B1态汞成呈显著正相关，而秋茄根以吸收土壤中的可挥发态汞和B1态汞为主。叶总汞和土壤总汞也存在显著正相关；根总汞和叶总汞也存在显著正相关；叶甲基汞和土壤甲基汞的相关程度非常密切，而根甲基汞和土壤甲基汞不存在显著相关。

关键词：秋茄；汞污染土壤；生理生态；汞形态；甲基汞

Abstract

The paper talked about changes of physiological and ecological parameters in *K. candel* under the influence of Hg, as well as changes of mercury, methylmercury and mercury species in soils under the influence of *K. candel*, which revealed the interaction between mangrove plants and mercury-contaminated soil, which would lay the foundation for further study of the intrinsic relationship between heavy metals mercury and plants. In this paper, mangrove *Kandelia candel* was experimental material. *K. candel* were cultivated in soils containing different amount of Hg, Set three Hg gradient stress group: 54mg/kg, 93mg/kg and 145mg/kg. Cultivation time is 58d, 84d and 101d. During the experiment, record seedlings germination, the height of seedling growth, leaf size. In 58d, 84d and 101d, sample seedlings and measure root growth and water content, chlorophyll content, the largest and actual photochemical efficiency, soluble protein content, activity of antioxidant enzymes, total Hg and MeHg content of roots and leave. Simultaneously, collect soil samples and measure the total Hg, methylHg and Hg species and content. Conclusions are as follows:

1. With the extension of cultivation time and the increase of Hg content in soil, roots became large and coarse, even rot. Hg obviously inhibited height growth, leaf size and water content of seedlings.

2. Hg inhibit PSII photosynthetic activity. With the increase of Hg concentration, F_v/F_m , F_v'/F_m' and content of chlorophyll and soluble protein decreased. Low concentrations of Hg promoted SOD activity while high concentrations of Hg inhibited SOD activity. POD activity of leave and Hg content was negatively correlated. Sensitivity of three protective enzymes to Hg was $CAT > POD > SOD$, and the sensitivity of three protective enzymes to methylHg was $SOD > POD > CAT$. Curves analysis showed their relevance with Hg was $CAT > POD > SOD$.

3. After planting *candel*, volatile Hg increased, higher than the control. With the extension of cultivation time and increase of Hg concentrations, B1 form of Hg (combinations of Hg (II) ions and some simple organic, inorganic Hg (II))

complexes,as well as components of bond polarity combined with the soil) and Fe-Mn oxide-bound Hg increased,while organic substance-bound decreased.The decrease of residual Hg indicated rhizosphere of candle can activate Hg.Total Hg in the soil continuously decline,while MeHg decreased first and then increase.

4. With the extension of cultivation time and increase of Hg concentrations,total Hg content of roots and leaf increased,while MeHg content increased first and then decreased significantly.The results showed there was negative correlation between MeHg content and cultivation time.

5. Correlation regression analysis showed Hg content in leaf was significantly positively correlated with B1 form Hg,while Hg content of root came mainly from volatile Hg and B1 form Hg.There was a significant positive correlation between total Hg content in the soil and Hg content in leaf,Hg content in roots and Hg content in leaf was also significantly positively correlated;MeHg content in leaf and MeHg content in roots was also significantly positively correlated.

Key words: Candle; Mercury-contaminated soil; Physiological ecology;
Mercury species; Methylmercury

第一章 绪论

20 世纪 50 年代初由甲基汞污染引起的水俣病给人类带来的灾害，在世界范围内引起了人们对汞污染的重视，汞污染的研究日益增多。由于水俣病的直接原因是渔民长期食用汞污染水体中的鱼、贝类而发生，对汞在环境中迁移富集的研究着重在湖泊、河流的水生态系统中进行，这方面的研究工作内容丰富，并取得了大量成果（王德铭，1997；朱嘉森等，1992）。随着研究的深入，人们发现北欧、北美内陆偏远地区无明显工业污染源的湖泊中鱼体内汞含量升高是由大气汞经长距离传输和沉降造成的（Watras et al., 1994; Lindberg et al., 1991），大气汞及汞的生物地球化学循环研究才逐渐成为学术界关心的热点之一（Lamborg et al., 1994；方凤满，2001）。近年来，由于环境重金属污染给人们的生产和生活带来严重影响，人们的注意力逐渐转向对陆地生态系统汞的研究（方凤满等，2000；戴前进等，2002；丁疆华等，2001；何江华等，2001）。

1 土壤中汞对植物的危害

汞是植物非必需的有毒元素，当环境汞污染严重，植物体中汞浓度达到一定限值时，植物就会受到汞的毒害。有机汞、无机汞化合物和汞蒸气，都会引起植物汞中毒。其毒害的症状是叶、茎、花蕾等会变成棕色或黑色，严重时会引起叶片和幼蕾的脱落。在植物细胞内，无机汞的结合比有机汞牢固，植物体内大部分汞无机汞是与细胞壁结合的，而有机汞主要和细胞质结合等（Rugh et al., 1996）。因此，有机汞如甲基汞、乙基汞对生物的毒性比无机态的汞强。然而，通常的植物对汞毒害并不十分敏感，在一般污染情况下植物都未能表现出汞的毒害症状，但此时植物体往往已富集了较高水平的汞，这对主要靠陆生食物链生活的人类来说，是一个非常严重的问题（牟树森等，1997）。

1.1 汞对土壤理化性质的影响

土壤是植物营养和水分的来源，是植物赖以生存的基础，土壤内部理化机制的改变会影响植物的生长和发育。土壤中微生物群落对营养元素的来源、物质的转化起着十分关键的作用（池振明，1999）。汞是重金属中对微生物毒性最强的一种，会破坏微生物群落的结构和多样性（Miller et al., 2001）。汞的污染还会造成土壤中原生动物物种的减少、多样性下降，进而影响到土壤生态系统物质的循环和能量的流动（牛世全等，2002）。汞的污染还会严重抑制酶的活性（和

文祥等, 2002), 导致氮、磷和有机物的正常转化失调, 影响植物的生长和发育 (关松萌, 1987)。

1.2 汞对植物种子萌发和幼苗生长的影响

低浓度汞 (1×10^{-5} mol/L) 可一定程度地增强豌豆 (杜兰芳等, 2004)、拟南芥 (李伟强等, 2005)、小麦 (马成仓等, 1998) 种子的活力, 促进种子的萌发, 对大豆种子 (马成仓等, 1995) 活力无影响, 促进这几种植物幼苗的生长。但当汞浓度大于一定程度 (1×10^{-4} mol/L) 时, 降低种子活力, 抑制幼苗生长; 浓度超过 1×10^{-3} mol/L 时, 种子不能萌发。同样, 随着胁迫浓度的增加, 萝卜 (张杏辉等, 2004) 和小白菜 (郁达等, 2004) 种子的发芽率和发芽指数均明显下降, 胁迫时间越长, 萝卜种子萌发率和发芽指数越低, 幼苗的长势和生长量均明显下降。可能的原因是汞抑制了植物细胞的分裂和根系伸长, 刺激和抑制一些酶的活性; 此外汞还能作用于细胞膜上的磷脂, 改变细胞膜透性, 导致细胞膜脂质过氧化水平升高, 引起细胞膜结构损伤, 使细胞膜透性增大。

1.3 汞对植物生长发育的影响

低浓度汞可一定程度地刺激植物的生长 (杨保华等, 2004), 但高浓度的汞会抑制种子的萌发, 降低根部和茎部的长度和重量, 减少叶面积以及植物的干重 (Ganesan&Manoharan, 1983), 同时叶子被破坏的特征更明显 (Mhatre&Chaphekar, 1984)。高浓度汞还会诱导根部表面粘性物质的分泌, 抑制根的分化, 除此之外, 茎宽和管束的数量, 以及表皮和皮下的细胞数量减少, 细胞壁增厚 (Setia et al., 1994)。在低浓度 Hg^{2+} (200mg/L) 处理条件下, 随着处理时间的延长和浓度的增加, 油菜根的生长速率递减, 抑制作用逐渐增强。在处理 72h 时, 油菜根长为 $0.54\text{cm} \pm 0.24\text{cm}$, 根伸长抑制率为 90.46%, 在高浓度 (500mg/L) 条件下处理至 72h 时, 根伸长抑制率达 96.02%, 任何浓度的汞处理都使叶绿素含量下降 (张义贤等, 2004)。大豆幼苗也有同样反应 (马成仓等, 1999): 当 $Hg^{2+} > 0.1\text{mmol/L}$ 时, 随着汞浓度的升高, 大豆幼苗根系活力明显下降, 除此之外, 汞还抑制了根系发育, 使幼苗根鲜重大大减少。王新 (2001) 等的试验也说明了同样的结论: 当汞浓度大于 10mg/kg 土时, 大豆根伸长明显受到抑制, 且根端形态发生扭曲变形, 根毛稀疏, 幼苗地上部生长比根缓慢, 叶绿素含量下降。有研究认为有机汞和无机汞暴露都会导致 K、Mg、Mn 等营养元素的损失, 而 Fe 出现累积, 根冠细胞

中K的急剧减少可能是由于汞损伤细胞膜的完整性 (Dean, 2000)。然而, 有机和无机汞对细胞的伤害不一样, 无机汞主要影响质膜, 有机汞则可能是通过影响细胞器官的新陈代谢而破坏了膜的完整性。汞对植物叶片生理过程的影响是根部受损而导致地上部分的营养物质和水分供应减弱。研究发现甲基汞明显地降低了根的长度, 而 HgCl_2 对根的长度没有影响 (Godbold, 1986, 1991)。杨保华 (2004) 等人的研究表明: 随着汞浓度的增加, 沼生水马齿的生节量加大, 植株增高加快, 在汞浓度为 0.001mg/L 前后增节和增长达到高峰, 随后随着汞浓度增加两项指标迅速下降, 当汞浓度为 0.01mg/L 时, 两项指标均已低于对照组水平, 植株鲜重的增长幅度持续缓慢下降, 到汞浓度为 0.05mg/L 时, 植株鲜重增幅约为对照组的一半。汞胁迫对植物超微结构也有影响, 影响线粒体、叶绿体和细胞核结构的完整性 (尤文鹏等, 1999)。

高等植物汞暴露, 将使叶片光合作用和蒸腾作用减弱, 叶绿素合成和吸水能力降低 (Godbold et al., 1986), 生物量也会明显降低 (Su Y. H et al., 2005)。不同浓度 Hg^{2+} 处理玉米10d后, 叶片中的叶绿素a、叶绿素b以及叶绿素a+b, 在质量浓度为 0.2mg/L 时, 含量均高于对照, 这可能是叶绿素合成系统的一种应激性反应; 汞质量浓度大于 0.2mg/L 时, 叶绿素a、b及a+b均随浓度的增大而呈下降趋势, 在浓度为 5mg/L 时, 比对照下降了 9.75% 。且蛋白质的合成速度减慢, 根系活力严重下降 (刘玲等, 2004)。李大辉等 (1999) 用不同浓度 Cd^{2+} 、 Hg^{2+} 处理菱幼苗, 发现 Cd^{2+} 、 Hg^{2+} 的各处理浓度均抑制菱幼苗生长, 使叶绿素含量下降, Cd^{2+} 、 Hg^{2+} 对SOD (超氧化物歧化酶)、POD (过氧化物酶) 活性有不同的影响效果: Cd^{2+} 处理最初诱导SOD、POD活性升高, 但随浓度加大时间延长酶活性急剧下降; Hg^{2+} 处理的酶活性变化相对平缓, 其中 5mmol/L 和 10mmol/L Hg^{2+} 处理的POD活性持续上升。

2 植物生理活动对土壤中汞的影响

植物对金属污染的抗性, 多年来一直是污染生态学研究的热点。有关植物生态系统重金属污染的研究主要包括: 植物对重金属的耐性和吸收以及植物对重金属污染的净化作用等。根际环境特别是重金属污染下的根际环境与土体存在着显著的差异。植物根系分泌物通过改变根际的酸度, 螯合、络合和氧化还原电位等作用直接影响根际的理化性质, 并通过改变根际微生物的活性及其群落结构, 间

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库