

# 城市遥感



武 汉 大 学 学 术 丛 书  
Wuhan University Academic Library

邵振峰 编著



WUHAN UNIVERSITY PRESS  
武汉大学出版社

邵振峰 编著

# 城市遥感



图例索引(CIP)数据

城市遥感(邵振峰编著,武汉大学出版社,2008年11月第1次印刷)

武汉大学学术丛书

ISBN 978-7-307-07410-1

I. 城... II. 邵... III. 城市遥感—环境遥感—W. 遥感—城市遥感—环境遥感—W.

中国版本图书馆(CIP)数据核字(2008)第111111号

武汉大学出版社

地址: 湖北省武汉市武昌区珞珈山武汉大学出版社

电话: 027-68752710

邮编: 430072

网址: www.whu.edu.cn

定价: 38.00元

折扣: 8折

ISBN 978-7-307-07410-1

印刷: 2008年11月第1次印刷

开本: 787mm×1092mm

字数: 248千字

印张: 17.2

定价: 38.00元

折扣: 8折

ISBN 978-7-307-07410-1

印刷: 2008年11月第1次印刷

开本: 787mm×1092mm

字数: 248千字

印张: 17.2

定价: 38.00元



WUHAN UNIVERSITY PRESS  
武汉大学出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

城市遥感/邵振峰编著. —武汉: 武汉大学出版社, 2009. 11

武汉大学学术丛书

ISBN 978-7-307-07410-1

I. 城… II. 邵… III. 城市环境—环境遥感 IV. X87

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 194701 号

责任编辑: 王金龙

责任校对: 王 建

版式设计: 支 笛

---

出版发行: 武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件: cbs22@whu.edu.cn 网址: www.wdp.com.cn)

印刷: 武汉中远印务有限公司

开本: 720 × 980 1/16 印张: 17.5 字数: 248 千字 插页: 3

版次: 2009 年 11 月第 1 版 2009 年 11 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-307-07410-1/X · 26 定价: 38.00 元

---

版权所有, 不得翻印; 凡购我社的图书, 如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 请与当地图书销售部门联系调换。

# 序

---

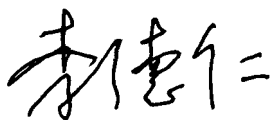
《城市遥感》这部专著即将问世了,我有幸先睹一遍。作者曾经在遥感领域随我攻读博士学位,毕业后一直从事城市遥感和城市信息科学的科研和教学工作。作者自 2004 年以来,一直担任武汉大学遥感新专业城市遥感课程的主讲老师,在自编教材的基础上,提炼出这本专著。

21 世纪是空间时代和信息社会的新世纪。为了迎接新世纪的挑战和机遇,城市化仍在加速地进行,城市化问题在社会经济持续发展更加突出。在节约能源、控制水污染、缓解热岛效应、提高绿带成活率及清洁生产、文明施工等现代化城市的动态监测与管理中,遥感将发挥更加重要的作用,并将成为规划决策与工程管理部门的常规技术和规范化业务。行业部门需要了解遥感究竟从哪些方面可以为他们提供信息服务,工程部门需要搞清楚遥感应用的方法、程序和数据精度。可以说,了解城市遥感的理论与方法,对提高城市管理水平和监管效率,是事半功倍的最佳选择。

正如作者指出的那样,十多年来我国城市遥感的经验十分丰富,技术方法逐步走向成熟,应用需求十分旺盛。本书对城市遥感影像的特点、数据处理与操作程序、分析方法等作了较深入的探讨,并具

体应用于城市目标解译、特征提取、三维重建、变化检测、精细化管理、城市规划和生态环境等的动态监测中。内容深入浅出,便于阅读,也可以实际操作;是基础性的研究成果,也是实用性的技术指南。无论对于希望了解城市遥感的教学、科研工作者,或是工程人员都是一部值得推荐的佳作。

希望通过本书的出版,能与广大读者和相关专业大学生产生交流和沟通,以促进我国城市信息化的发展。

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized Chinese characters '李 Zhengren'.

2009 年 10 月

# 前 言

---

城市的发展,一方面为人类生产生活带来了极大的便利,并造就了现代社会文明和经济繁荣;另一方面剧烈地改变着原有的城市自然环境,并带来了一系列矛盾和问题:人地矛盾突出、城市环境污染、大气污染、水资源匮乏和生物多样性丧失等,使城市环境问题成为当今世界所面临的人口、资源与环境三大问题中的重要内容。因此,如何采取合理有效的措施对城市环境进行监测和治理并实现城市的可持续发展,成为人类亟待解决的问题之一。随着遥感技术在城市地区应用成果的日益丰硕及理论研究的不断深入,遥感技术的一个新的应用领域——“城市遥感”便应运而生。

我国目前的城市总数已达 570 座,其中 15% (主要为大中城市,约 90 座)的城市自 20 世纪 80 年代已相继开展了航空遥感调查工作,并进行了城市遥感综合信息的开发与应用。近 20 年来的工作证明,城市遥感无论在理论上还是在技术上都日趋成熟,城市遥感技术及由它支持的城市遥感信息系统在城市的规划、监测和管理中已经占有愈来愈重要的地位。遥感以其快速、准确和实时地获取资源环境状况及其变化数据的优越性,成为城市建设和城市环境监测的主要手段。

城市遥感是遥感技术在城市建设各领域的具体应用,涉及遥感影像获取、预处理、数据存储和管理、信息提取、专题图制作、网络传输、与 GIS 的集成应用等过程,是一个从遥感数据到城市空间信息到城市管理知识的一体化处理和应用过程。

为了满足城市各领域建设对遥感新技术的要求,本书重点阐述在解决城市建设的具体问题中进一步学习遥感影像处理的基本理论方法,进一步巩固遥感影像的应用。让读者感受在城市建设的实践中运用所学的遥感学科的知识,解决实际问题,适应科学技术发展的迫切性。本书是按照遥感在城市中的不同应用领域为线索组织编写的。主要内容包括城市遥感基础、城市遥感传感器和遥感平台、城市遥感影像解译与判读、城市遥感影像分类、城市线状地物的提取、城市基础空间数据更新、城市人工目标的三维重建、城市目标的变化检测、城市地质遥感监测、遥感在城市规划中的应用、遥感在城市环境监测中的应用、遥感在城市数字园林中的应用、城市遥感影像分类和遥感在未来城市发展中的应用前景等 17 章。

第 1 章介绍城市遥感基础,重点阐述遥感物理基础、遥感影像的获取模式,城市遥感影像特性,城市遥感影像处理基础。

第 2 章介绍城市遥感传感器和遥感平台。作者介绍了两类主要的传感器:被动传感器和主动传感器;遥感平台则主要介绍了地面、航空和航天三类。探讨了城市遥感数据选择标准。

第 3 章围绕城市遥感影像解译与判读,从介绍城市遥感影像解译标志出发,总结了目视解译和数字解译的区别,阐述了城市遥感影像解译的基本框架和判读流程,归纳城市主要目标的影像特性,剖析了高分辨率卫星遥感影像半自动判读方法,并就遥感影像判读中影像如何超分辨率处理这一关键环节进行了详细介绍。

第 4 章介绍城市遥感影像分类,作者剖析了遥感影像的三种理解模式,重点阐述了城市遥感影像的非监督分类方法、监督分类方法和新型分类方法。

第 5 章讲述城市线状地物的提取。从分析城市线状地物的特性出发,介绍了城市线状地物的提取方法和提取流程,重点论述遥感影像上城市道路、城市铁路和立交桥的提取方法。

第6章是基于遥感影像的城市基础数据更新,作者从城市基础空间数据更新的需求出发,讲述了从基于地面测量的更新方法到基于遥感技术的城市空间基础空间数据更新方法,归纳了基于遥感影像的城市空间基础空间数据生产和更新流程,并详细阐述了基于航空影像的城市基础空间数据更新实例和基于实景影像的城市基础部件更新实例。

第7章是城市目标的三维重建,本章针对不同类型人工目标,介绍了不同的三维重建方法和流程,重点阐述了简单房屋、复杂房屋和立交桥的三维重建方法,随后介绍了基于三维激光扫描技术的城市古建筑三维重建新方法,并探讨了三维重建的质量控制策略。

第8章是城市目标的变化检测,具体分析了城市人工目标像素级检测、特征级检测和整体检测的各种方法,重点阐述了城市典型目标变化检测方法。

第9章讲述城市遥感影像检索,主要探讨了基于纹理特征的城市遥感影像检索方法和基于多目标空间方位关系的城市遥感影像检索方法。

第10章首先介绍了城市遥感影像融合的常规方法,探讨了基于多尺度几何分析和基于空间-光谱投影算法的融合新方法,并用实验结果示例验证了各类方法的效果。最后,归纳了城市遥感影像融合的定性和定量质量评价方法。

第11章主要介绍城市遥感专题图的概念定义、分类和特征,总结了城市遥感专题图的制作问题,并重点探讨了几种典型类型的城市遥感专题图及其制作过程。

第12章是城市数字园林遥感应用,本章探讨遥感在数字园林建设过程中的业务流程和数据流程,用实例阐释了具体的数字园林遥感应用系统的建设。

第13章是城市地质遥感监测,本章以遥感在城市地质监测中的应用方法和流程为主线,重点介绍城市地质灾害体遥感信息的分类与提取,并剖析了具体应用系统建设的内容。

第14章是城市市政精细化管理遥感应用,作者对比探讨了基于电子地图的城市市政精细化管理方法和基于遥感影像的城市网格化



管理与服务方法。

第 15 章阐述遥感技术在城市规划中的应用,介绍遥感技术在城市规划中的应用现状和内容,分析遥感技术用于城市规划动态监管的框架和步骤,并展望了城市规划动态监测信息系统建设。

第 16 章是遥感技术在城市环境监测中的应用,本章重点分析遥感在城市水资源监测、大气环境监测、热岛效应监测中的应用,并展望了面向服务架构的城市生态环境遥感监测网。

第 17 章是遥感技术在未来城市发展中的应用前景,介绍遥感传感器的发展方向,展望遥感技术在城市中的新的应用领域。

本书采用图文并茂的方式,以大量的算法研究作为直观素材,便于启发读者的思维,把读者引导到具体的应用研究领域。

由于城市遥感在我国城市发展中的应用时间还不长,可供参考的资料有限。为了确保本书的基础技术体系及相关应用流程的完整,本书对编者承担的城市各领域遥感应用项目以及相关国际合作项目的成果和经验进行了总结。具体资助项目包括:国家 973 项目“遥感几何物理成像模型与一体化求解方法(No. 2004CB318206)”;国家 863 项目“基于遥感数据的航行情报应用技术(No. 2006AA12A115)”;测绘基金项目“基于空间信息网格的基础数据更新与服务”(No. 1469990711111)。

感谢李德仁院士欣然为本书作序,感谢武汉大学出版社王金龙编辑的认真审稿并提出了宝贵的修改意见。

本书作者原则上力求系统全面,但由于受时间和作者水平之限,书中难免存在缺点和不足之处,敬请读者批评指正!

作者

2009 年 11 月

# 目 录

|                    |    |
|--------------------|----|
| 第 1 章 城市遥感基础       | 1  |
| 1.1 城市遥感物理基础       | 1  |
| 1.2 遥感影像的获取模式      | 5  |
| 1.3 城市遥感影像特性       | 6  |
| 1.4 城市遥感影像处理基础     | 8  |
| 第 2 章 城市遥感传感器和遥感平台 | 10 |
| 2.1 城市遥感传感器        | 10 |
| 2.1.1 被动遥感传感器      | 11 |
| 2.1.2 主动遥感传感器      | 13 |
| 2.2 城市遥感平台         | 14 |
| 2.2.1 地面遥感平台       | 15 |
| 2.2.2 航空遥感平台       | 16 |
| 2.2.3 航天遥感平台       | 16 |
| 2.3 城市遥感数据选择标准     | 17 |
| 第 3 章 城市遥感影像解译与判读  | 19 |
| 3.1 城市遥感影像解译标志     | 19 |

|            |                  |           |
|------------|------------------|-----------|
| 3.2        | 城市遥感影像的目视解译      | 24        |
| 3.3        | 城市遥感影像数字解译       | 24        |
| 3.4        | 城市遥感影像解译与判读的基本框架 | 25        |
| 3.5        | 城市主要地物目标特性       | 26        |
| 3.5.1      | 城市房屋影像特征         | 26        |
| 3.5.2      | 城市道路影像特征         | 27        |
| 3.5.3      | 城市绿地影像特征         | 28        |
| 3.5.4      | 城市水体影像特征         | 29        |
| 3.6        | 城市遥感影像数字判读方法     | 31        |
| 3.6.1      | 人工目视判读           | 31        |
| 3.6.2      | 人机交互判读           | 32        |
| 3.6.3      | 自动判读             | 35        |
| 3.7        | 城市遥感影像数字判读流程     | 35        |
| 3.8        | 城市遥感影像的超分辨率重建    | 37        |
| <b>第4章</b> | <b>城市遥感影像分类</b>  | <b>41</b> |
| 4.1        | 遥感影像的三种理解模式      | 41        |
| 4.2        | 城市遥感影像非监督分类方法    | 43        |
| 4.2.1      | k 均值分类           | 43        |
| 4.2.2      | ISODATA 分类       | 45        |
| 4.3        | 城市遥感影像监督分类方法     | 48        |
| 4.3.1      | 最小距离法分类          | 48        |
| 4.3.2      | 最大似然法分类          | 49        |
| 4.3.3      | 马氏距离法分类          | 52        |
| 4.4        | 城市遥感影像新型分类方法     | 54        |
| 4.4.1      | 人工神经网络分类法        | 54        |
| 4.4.2      | 面向对象的分类方法        | 56        |
| <b>第5章</b> | <b>城市线状地物的提取</b> | <b>63</b> |
| 5.1        | 城市线状地物的特性        | 63        |
| 5.2        | 城市线状地物提取方法       | 65        |

|                                           |           |
|-------------------------------------------|-----------|
| 5.2.1 城市线状地物自动提取方法 .....                  | 65        |
| 5.2.2 城市线状地物半自动提取方法 .....                 | 66        |
| 5.3 城市线状地物提取流程 .....                      | 68        |
| 5.4 城市道路的提取 .....                         | 69        |
| 5.5 城市铁路的提取 .....                         | 73        |
| 5.6 城市立交桥的提取 .....                        | 75        |
| <b>第6章 基于遥感影像的城市基础空间数据更新 .....</b>        | <b>78</b> |
| 6.1 城市基础空间数据更新的内容 .....                   | 79        |
| 6.2 从基于地面测量方法到基于遥感方法的城市基础<br>空间数据更新 ..... | 80        |
| 6.2.1 基于地面测量的更新方法 .....                   | 80        |
| 6.2.2 基于遥感技术的更新方法 .....                   | 82        |
| 6.3 基于遥感影像的城市基础空间数据生产和更新流程 .....          | 82        |
| 6.4 基于遥感影像的城市基础数据更新实例 .....               | 83        |
| 6.4.1 基于航空遥感影像的城市基础空间数据更新方法 .....         | 83        |
| 6.4.2 基于实景影像的城市基础部件数据更新方法 .....           | 86        |
| <b>第7章 城市人工目标的三维重建 .....</b>              | <b>88</b> |
| 7.1 城市简单人工目标的三维重建 .....                   | 88        |
| 7.1.1 简单房屋半自动重建策略 .....                   | 89        |
| 7.1.2 基于平差模型的简单房屋模型三维重建 .....             | 90        |
| 7.1.3 物方空间几何约束的房屋模型三维重建 .....             | 94        |
| 7.2 城市复杂房屋的三维重建 .....                     | 101       |
| 7.2.1 复杂房屋三维拓扑关系描述 .....                  | 101       |
| 7.2.2 复杂房屋三维重建方法 .....                    | 102       |
| 7.3 城市立交桥的三维重建 .....                      | 107       |
| 7.3.1 基于模糊边缘检测算法的立交桥匝道边缘自动提取 .....        | 107       |
| 7.3.2 基于样条函数的立交桥边缘提取 .....                | 111       |
| 7.3.3 基于核线约束的立交桥三维重建——从二维到三维 .....        | 112       |
| 7.4 基于激光扫描技术的城市古建筑三维重建 .....              | 114       |

|                                           |            |
|-------------------------------------------|------------|
| 7.5 三维重建的质量控制策略 .....                     | 117        |
| <b>第8章 城市目标的变化检测 .....</b>                | <b>119</b> |
| 8.1 城市人工目标变化检测方法 .....                    | 120        |
| 8.1.1 分类比较法 .....                         | 120        |
| 8.1.2 像素级变化检测 .....                       | 122        |
| 8.1.3 特征级变化检测 .....                       | 129        |
| 8.1.4 整体特征变化检测 .....                      | 129        |
| 8.2 城市人工目标变化检测的一般流程 .....                 | 130        |
| 8.3 城市目标变化检测及分析 .....                     | 131        |
| <b>第9章 城市遥感影像检索 .....</b>                 | <b>134</b> |
| 9.1 基于纹理特征的城市遥感影像检索 .....                 | 135        |
| 9.1.1 基于 Gabor 小波滤波器的城市遥感影像纹理特征提取 .....   | 135        |
| 9.1.2 基于树状小波分解的城市遥感影像纹理特征提取 .....         | 137        |
| 9.1.3 基于 Contourlet 变换的城市遥感影像纹理特征检索 ..... | 138        |
| 9.2 基于多目标空间方位关系的城市遥感影像检索 .....            | 142        |
| <b>第10章 城市遥感影像融合 .....</b>                | <b>147</b> |
| 10.1 城市遥感影像融合的常规方法 .....                  | 148        |
| 10.1.1 加权融合方法 .....                       | 148        |
| 10.1.2 Brovey 变换方法 .....                  | 148        |
| 10.1.3 IHS 变换方法 .....                     | 150        |
| 10.1.4 PCA 变换方法 .....                     | 151        |
| 10.2 基于多尺度几何分析方法的遥感影像融合 .....             | 152        |
| 10.2.1 小波变换方法 .....                       | 152        |
| 10.2.2 Curvelet 变换方法 .....                | 154        |
| 10.3 基于空间—光谱投影算法的城市遥感影像融合 .....           | 156        |
| 10.3.1 空间投影融合算法 .....                     | 157        |
| 10.3.2 光谱投影融合算法 .....                     | 158        |
| 10.4 城市遥感影像融合方法的质量评价 .....                | 160        |

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| <b>第 11 章 城市遥感专题图</b> .....      | 162 |
| 11.1 城市遥感专题图的概念及其特点 .....        | 162 |
| 11.2 城市数字正射影像图的制作 .....          | 163 |
| 11.2.1 城市正射影像图制作难点及注意事项 .....    | 164 |
| 11.2.2 基于航空影像的正射影像图制作 .....      | 165 |
| 11.2.3 基于卫星影像的正射影像图制作 .....      | 165 |
| 11.3 城市影像地图的制作 .....             | 169 |
| 11.3.1 影像地图的概念 .....             | 170 |
| 11.3.2 影像地图的分类 .....             | 170 |
| 11.3.3 影像地图的特征 .....             | 171 |
| 11.3.4 影像地图的制作方法 .....           | 173 |
| <b>第 12 章 城市数字园林遥感应用</b> .....   | 176 |
| 12.1 城市数字园林遥感应用需求 .....          | 176 |
| 12.2 城市数字园林遥感数据获取 .....          | 179 |
| 12.2.1 园林数据库设计 .....             | 179 |
| 12.2.2 城市园林数据采集 .....            | 180 |
| 12.3 城市园林地物分类 .....              | 184 |
| 12.4 城市数字园林遥感应用系统 .....          | 185 |
| <b>第 13 章 城市地质灾害遥感监测</b> .....   | 188 |
| 13.1 利用遥感技术进行城市地质灾害监测的可行性 .....  | 188 |
| 13.2 基于遥感技术的城市地质灾害体特征提取 .....    | 192 |
| 13.3 城市地质灾害遥感监测信息系统 .....        | 194 |
| <b>第 14 章 城市市政精细管理遥感应用</b> ..... | 200 |
| 14.1 基于电子地图的城市市政精细管理 .....       | 200 |
| 14.1.1 从城市 GIS 到城市网格化管理与服务 ..... | 200 |
| 14.1.2 电子地图在城市管理中的作用及其局限性 .....  | 203 |
| 14.2 基于遥感影像的城市网格化管理与服务 .....     | 204 |

|                                      |            |
|--------------------------------------|------------|
| 14.2.1 基于正射影像的城市网格化服务 .....          | 204        |
| 14.2.2 基于可量测实景影像的城市网格化服务 .....       | 205        |
| <b>第15章 遥感在城市规划中的应用 .....</b>        | <b>208</b> |
| 15.1 遥感技术在城市规划中的应用现状 .....           | 208        |
| 15.2 遥感技术用于城市规划和建设的内容 .....          | 210        |
| 15.3 遥感技术在城市规划和建设中的应用框架 .....        | 212        |
| 15.4 城市规划遥感监测应用 .....                | 213        |
| 15.5 城市规划遥感监测系统建设 .....              | 216        |
| 15.5.1 自动提取变化信息 .....                | 216        |
| 15.5.2 人机交互解译提取变化信息 .....            | 217        |
| 15.5.3 城市规划动态监测信息系统建设 .....          | 218        |
| <b>第16章 城市环境遥感监测 .....</b>           | <b>222</b> |
| 16.1 城市水资源遥感监测 .....                 | 222        |
| 16.1.1 城市湖泊变迁遥感监测 .....              | 223        |
| 16.1.2 城市水质遥感监测 .....                | 227        |
| 16.2 城市大气污染遥感监测 .....                | 234        |
| 16.3 城市热岛效应遥感监测 .....                | 237        |
| 16.4 面向服务架构的城市生态环境遥感监测网 .....        | 239        |
| <b>第17章 遥感在未来城市发展中的应用前景 .....</b>    | <b>242</b> |
| 17.1 遥感传感器的发展方向 .....                | 242        |
| 17.2 遥感在城市中的新的应用领域 .....             | 243        |
| 17.3 城市遥感的未来发展方向 .....               | 245        |
| 17.3.1 城市遥感平台组网 .....                | 245        |
| 17.3.2 城市遥感传感器组网 .....               | 247        |
| 17.3.3 城市遥感数据组网并实现共享 .....           | 248        |
| 17.3.4 从影像地图产品到面向服务架构的影像城市共享服务 ..... | 253        |
| <b>参考文献 .....</b>                    | <b>261</b> |

## 第 1 章

# 城市遥感基础

---

遥感科学与技术主要研究在一定高度观测地球表面并解译影像以获取地球上特定物体特性的科学问题、基础理论、应用方法和技术设备。遥感技术作为一门随着空间技术、无线电电子技术、光学技术、传感器技术、计算机技术以及现代通信技术的发展而发展起来的应用科学,在城市建设 and 城市管理中发挥着重要的技术支撑作用。本章讲述城市遥感基础,简要介绍与遥感物理基础相关的基本概念,总结当前常用的遥感器图像获取模式,分析城市遥感影像的特性,探讨城市遥感影像处理基础。

### 1.1 城市遥感物理基础

遥感作为一门科学技术是随着摄影技术和空间荷载技术的发展而发展起来的。1910 年怀特第一次成功地从飞机上拍摄了意大利 Centocelli 地区的航空像片,从此便开始有了航空遥感。1957 年前苏联发射了第一颗人造地球卫星,3 个月后美国也发射了一颗人造地球卫星,航天遥感便拉开了竞争的序幕。空间技术、无线电电子技术、光学技术、传感器技术、计算机技术以及现代通信技术的发展,



客观上推动了遥感技术的飞速发展。伴随着遥感技术在城市各领域的应用推广和普及,城市遥感作为一门应用技术,便应运而生了。

本节将介绍城市遥感物理基础,包括电磁波与电磁波谱的概念、太阳辐射和大气对电磁波传输过程的影响、地物的波谱特征、遥感传感器、遥感影像等基本概念。

### 1. 电磁波与电磁波谱

在真空中或介质中通过传播电磁场的振动而传输电磁能量的波叫做电磁波,如光波、热辐射波、微波、无线电波等。电磁波是空间传播的交变电磁场,是能量的一种动态形式。从客观上讲,凡是温度高于绝对零度( $-273^{\circ}\text{C}$ )的物体都在发射电磁波。各种类型的电磁波,由于波长范围不同,性质也有很大差别,因此常将电磁波谱划分成若干波段。按照在真空中的波长或频率依顺序将电磁波划分成不同的波段,排列成谱即为电磁波谱,参见图 1-1。依波长顺序可分为  $\gamma$  射线、X 射线、紫外线、可见光、红外线与无线电波(或称射电波)。无线电波又可进一步细分成微波、超短波、短波和长波。红外线有时也细分为近红外线、远红外线与次毫米波。

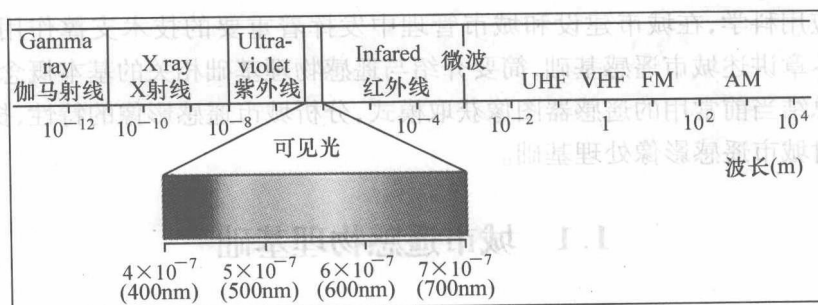


图 1-1 电磁波谱

电磁波是取得遥感影像的物理基础,遥感器是通过探测或者感测电磁波谱的不同波段的发射、反射辐射能级而成像的,遥感采用的电磁波可以从紫外波段一直延伸到微波波段。