

 内蒙古大学数学科学学院

# 泛函分析

Functional Analysis

主讲 孙炯教授

电话: 0471-4992491 (H) , 13947103671  
Emai: masun@imu.edu.cn

# 绪 论

# 绪 论

## § 0 前言

# 绪 论

## § 0 前言

什么是泛函分析(Functional Analysis)

# 绪 论

## § 0 前言

什么是泛函分析(Functional Analysis)

泛函分析综合分析, 代数, 几何的观点和方法来处理数学研究中最关心的一些 **基本问题**.

# 绪 论

## § 0 前言

什么是泛函分析(Functional Analysis)

泛函分析综合分析, 代数, 几何的观点和方法来处理数学研究中最关心的一些 **基本问题**.

高等数学研究的主要对象: 函数、 运算 (微分、 积分)

# 绪 论

## § 0 前言

什么是泛函分析(Functional Analysis)

泛函分析综合分析, 代数, 几何的观点和方法来处理数学研究中最关心的一些 **基本问题**.

高等数学研究的主要对象: 函数、 运算 (微分、 积分)

数学分析—函数, 微分, 积分, 极限

# 绪 论

## § 0 前言

什么是泛函分析(Functional Analysis)

泛函分析综合分析, 代数, 几何的观点和方法来处理数学研究中最关心的一些 **基本问题**.

高等数学研究的主要对象: 函数、 运算 (微分、 积分)

数学分析—函数, 微分, 积分, 极限

基本方法—线性化

# 绪 论

## § 0 前言

什么是泛函分析(Functional Analysis)

泛函分析综合分析, 代数, 几何的观点和方法来处理数学研究中最关心的一些 **基本问题**.

高等数学研究的主要对象: 函数、 运算 (微分、 积分)

数学分析—函数, 微分, 积分, 极限

基本方法—线性化

线性代数—研究线性运算的性质

# 绪 论

## § 0 前言

什么是泛函分析(Functional Analysis)

泛函分析综合分析, 代数, 几何的观点和方法来处理数学研究中最关心的一些 **基本问题**.

高等数学研究的主要对象: 函数、 运算 (微分、 积分)

数学分析—函数, 微分, 积分, 极限

基本方法—线性化

线性代数—研究线性运算的性质

在数学分析, 线性代数, 解析几何中许多概念和方法存在联系, 有许多相似的东西,

# 绪 论

## § 0 前言

什么是泛函分析(Functional Analysis)

泛函分析综合分析, 代数, 几何的观点和方法来处理数学研究中最关心的一些 基本问题.

高等数学研究的主要对象: 函数、 运算 (微分、 积分)

数学分析—函数, 微分, 积分, 极限

基本方法—线性化

线性代数—研究线性运算的性质

在数学分析, 线性代数, 解析几何中许多概念和方法存在联系, 有许多相似的东西,

泛函分析在这些类似的东西中探索更一般的, 属于本质的东西, 把它们抽象并加以 统一处理.

泛函分析是”更广泛的”数学分析.

泛函分析是”更广泛的”数学分析.

泛函分析是上世纪对数学影响最大的一门新兴学科.

泛函分析是”更广泛的”数学分析.

泛函分析是上世纪对数学影响最大的一门新兴学科.

泛函分析是分析系列中最重要, **最困难的一门课程**.

泛函分析是”更广泛的”数学分析.

泛函分析是上世纪对数学影响最大的一门新兴学科.

泛函分析是分析系列中最重要, **最困难的一门课程**.

我们认为要真正理解泛函分析中的一些重要的概念和理论, 灵活运用这一强有力的工具, 其**唯一的途径**就是深入了解它们的**来源和背景**, 注意研究一些重要的、一般性定理的深刻的、具体的含义。不然的话, 如果**只是从概念到概念, 纯形式地理解抽象定理证明的推演**, 那么学习泛函分析的结果只能是“**如入宝山而空返**”, **一无所获**。

——张恭庆 (中科院院士)

泛函分析是”更广泛的”数学分析.

泛函分析是上世纪对数学影响最大的一门新兴学科.

泛函分析是分析系列中最重要, **最困难的一门课程**.

我们认为要真正理解泛函分析中的一些重要的概念和理论, 灵活运用这一强有力的工具, 其唯一的途径就是深入了解它们的**来源和背景**, 注意研究一些重要的、一般性定理的深刻的、具体的含义。不然的话, 如果只是从概念到概念, 纯形式地理解抽象定理证明的推演, 那么学习泛函分析的结果只能是“如入宝山而空返”, 一无所获。

——张恭庆 (中科院院士)

泛函分析是20世纪30年代从变分法、微分方程、积分方程、函数论以及量子物理等的研究中发展起来的一门数学分支学科.

泛函分析是“更广泛的”数学分析.

泛函分析是上世纪对数学影响最大的一门新兴学科.

泛函分析是分析系列中最重要, **最困难的一门课程**.

我们认为要真正理解泛函分析中的一些重要的概念和理论, 灵活运用这一强有力的工具, 其唯一的途径就是深入了解它们的**来源和背景**, 注意研究一些重要的、一般性定理的深刻的、具体的含义。不然的话, 如果只是从概念到概念, 纯形式地理解抽象定理证明的推演, 那么学习泛函分析的结果只能是“如入宝山而空返”, 一无所获。

——张恭庆 (中科院院士)

泛函分析是20世纪30年代从变分法、微分方程、积分方程、函数论以及量子物理等的研究中发展起来的一门数学分支学科.

它综合函数论、几何和代数的观点与方法研究无穷维空间上的函数、算子和极限理论, 解决分析学中的问题. 泛函分析的产生, 使数学的发展进入了一个新的阶段. 泛函分析是20世纪对数学影响最大的新兴学科之一。

泛函分析是“更广泛的”数学分析.

泛函分析是上世纪对数学影响最大的一门新兴学科.

泛函分析是分析系列中最重要, **最困难的一门课程**.

我们认为要真正理解泛函分析中的一些重要的概念和理论, 灵活运用这一强有力的工具, 其唯一的途径就是深入了解它们的**来源和背景**, 注意研究一些重要的、一般性定理的深刻的、具体的含义。不然的话, 如果只是从概念到概念, 纯形式地理解抽象定理证明的推演, 那么学习泛函分析的结果只能是“如入宝山而空返”, **一无所获**。

——张恭庆 (中科院院士)

泛函分析是20世纪30年代从变分法、微分方程、积分方程、函数论以及量子物理等的研究中发展起来的一门数学分支学科.

它综合函数论、几何和代数的观点与方法研究无穷维空间上的函数、算子和极限理论, 解决分析学中的问题. 泛函分析的产生, 使数学的发展进入了一个新的阶段. 泛函分析是20世纪对数学影响最大的新兴学科之一。

二十世纪初，瑞典数学家弗雷德霍姆 (Fredholm, Erik Ivar, 1866~1927) 和法国数学家阿达玛 (Jacques Salomon Hadamard, 1865~1963) 发表的著作中，出现了把分析学一般化的萌芽。随后 Hilbert 创立了“Hilbert 空间”理论，在数学界逐渐形成了一般分析学，也就是泛函分析的基本概念。

二十世纪初，瑞典数学家弗雷德霍姆 (Fredholm, Erik Ivar, 1866~1927) 和法国数学家阿达玛 (Jacques Salomon Hadamard, 1865~1963) 发表的著作中，出现了把分析学一般化的萌芽。随后 Hilbert 创立了“Hilbert 空间”理论，在数学界逐渐形成了一般分析学，也就是泛函分析的基本概念。

目前泛函分析已经成为一门理论完备、内容丰富的数学学科。

二十世纪初，瑞典数学家弗雷德霍姆 (Fredholm, Erik Ivar, 1866~1927) 和法国数学家阿达玛 (Jacques Salomon Hadamard, 1865~1963) 发表的著作中，出现了把分析学一般化的萌芽。随后 Hilbert 创立了“Hilbert 空间”理论，在数学界逐渐形成了一般分析学，也就是泛函分析的基本概念。

目前泛函分析已经成为一门理论完备、内容丰富的数学学科。

弗雷德霍姆 (1866~1927) (Fredholm, Erik Ivar) 瑞典数学家。积分方程理论的创始人之一。1866年4月7日生于斯德哥尔摩，1927年8月17日卒于同地。

二十世纪初，瑞典数学家弗雷德霍姆 (Fredholm, Erik Ivar, 1866~1927) 和法国数学家阿达玛 (Jacques Salomon Hadamard, 1865~1963) 发表的著作中，出现了把分析学一般化的萌芽。随后 Hilbert 创立了“Hilbert 空间”理论，在数学界逐渐形成了一般分析学，也就是泛函分析的基本概念。

目前泛函分析已经成为一门理论完备、内容丰富的数学学科。

弗雷德霍姆 (1866~1927) (Fredholm, Erik Ivar) 瑞典数学家。积分方程理论的创始人之一。1866年4月7日生于斯德哥尔摩，1927年8月17日卒于同地。

1886年进乌普萨拉大学，1888~1893年在斯德哥尔摩大学学习。1898年获乌普萨拉大学物理博士，开始研究积分方程。1899年，他提出弗雷德霍姆型积分方程，并认为它的解可表为两个整函数的商。

二十世纪初，瑞典数学家弗雷德霍姆 (Fredholm, Erik Ivar, 1866~1927) 和法国数学家阿达玛 (Jacques Salomon Hadamard, 1865~1963) 发表的著作中，出现了把分析学一般化的萌芽。随后 Hilbert 创立了“Hilbert 空间”理论，在数学界逐渐形成了一般分析学，也就是泛函分析的基本概念。

目前泛函分析已经成为一门理论完备、内容丰富的数学学科。

弗雷德霍姆 (1866~1927) (Fredholm, Erik Ivar) 瑞典数学家。积分方程理论的创始人之一。1866年4月7日生于斯德哥尔摩，1927年8月17日卒于同地。

1886年进乌普萨拉大学，1888~1893年在斯德哥尔摩大学学习。1898年获乌普萨拉大学物理博士，开始研究积分方程。1899年，他提出弗雷德霍姆型积分方程，并认为它的解可表为两个整函数的商。

1900年，他的论文《关于解决狄利克雷问题的新方法》对今称为第二种弗雷德霍姆积分方程给出了一个定理（即弗雷德霍姆第二定理）第一定理是他1903年发表的论文《关于一类泛函方程》中的重要结果。

二十世纪初，瑞典数学家弗雷德霍姆 (Fredholm, Erik Ivar, 1866~1927) 和法国数学家阿达玛 (Jacques Salomon Hadamard, 1865~1963) 发表的著作中，出现了把分析学一般化的萌芽。随后 Hilbert 创立了“Hilbert 空间”理论，在数学界逐渐形成了一般分析学，也就是泛函分析的基本概念。

目前泛函分析已经成为一门理论完备、内容丰富的数学学科。

弗雷德霍姆 (1866~1927) (Fredholm, Erik Ivar) 瑞典数学家。积分方程理论的创始人之一。1866年4月7日生于斯德哥尔摩，1927年8月17日卒于同地。

1886年进乌普萨拉大学，1888~1893年在斯德哥尔摩大学学习。1898年获乌普萨拉大学物理博士，开始研究积分方程。1899年，他提出弗雷德霍姆型积分方程，并认为它的解可表为两个整函数的商。

1900年，他的论文《关于解决狄利克雷问题的新方法》对今称为第二种弗雷德霍姆积分方程给出了一个定理（即弗雷德霍姆第二定理）第一定理是他1903年发表的论文《关于一类泛函方程》中的重要结果。

他一生仅发表过几篇论文，但内容丰富，引人注目。

他一生仅发表过几篇论文，但内容丰富，引人注目。

他的许多工作引起了后来的D.希尔伯特等人的研究。

阿达玛( Hadamard,Jacques Salomon 1865.12.8-1963.10.17 ) 法国数学家.

他一生仅发表过几篇论文，但内容丰富，引人注目。

他的许多工作引起了后来的D.希尔伯特等人的研究。

阿达玛( Hadamard,Jacques Salomon 1865.12.8-1963.10.17 ) 法国数学家.

他先后任安西学院（1897-1935年）、巴黎综合工科学校（1912-1935年）和中央工艺和制造学院（1920-1935年）的教授。

他一生仅发表过几篇论文，但内容丰富，引人注目。

他的许多工作引起了后来的D.希尔伯特等人的研究。

阿达玛( Hadamard,Jacques Salomon 1865.12.8-1963.10.17 ) 法国数学家.

他先后任安西学院（1897-1935年）、巴黎综合工科学校（1912-1935年）和中央工艺和制造学院（1920-1935年）的教授。

他早期研究复变函数论，对整函数的一般理论以及用级数表示的函数的奇点理论有重要贡献。

他一生仅发表过几篇论文，但内容丰富，引人注目。

他的许多工作引起了后来的D.希尔伯特等人的研究。

阿达玛( Hadamard,Jacques Salomon 1865.12.8-1963.10.17 ) 法国数学家.

他先后任安西学院（1897-1935年）、巴黎综合工科学校（1912-1935年）和中央工艺和制造学院（1920-1935年）的教授。

他早期研究复变函数论，对整函数的一般理论以及用级数表示的函数的奇点理论有重要贡献。

1896年，他与比利时数学家C·J·普森各自独立地证明了素数定理。

他一生仅发表过几篇论文，但内容丰富，引人注目。

他的许多工作引起了后来的D.希尔伯特等人的研究。

阿达玛( Hadamard,Jacques Salomon 1865.12.8-1963.10.17 ) 法国数学家.

他先后任安西学院（1897-1935年）、巴黎综合工科学校（1912-1935年）和中央工艺和制造学院（1920-1935年）的教授。

他早期研究复变函数论，对整函数的一般理论以及用级数表示的函数的奇点理论有重要贡献。

1896年，他与比利时数学家C·J·普森各自独立地证明了素数定理。

他在数学物理偏微分方程方面也取得了重要成果。

他一生仅发表过几篇论文，但内容丰富，引人注目。

他的许多工作引起了后来的D.希尔伯特等人的研究。

阿达玛( Hadamard,Jacques Salomon 1865.12.8-1963.10.17 ) 法国数学家.

他先后任安西学院（1897-1935年）、巴黎综合工科学校（1912-1935年）和中央工艺和制造学院（1920-1935年）的教授。

他早期研究复变函数论，对整函数的一般理论以及用级数表示的函数的奇点理论有重要贡献。

1896年，他与比利时数学家C·J·普森各自独立地证明了素数定理。

他在数学物理偏微分方程方面也取得了重要成果。

他的著作《变分法教程》对于泛函分析近代理论的奠定打下了基础，

他一生仅发表过几篇论文，但内容丰富，引人注目。

他的许多工作引起了后来的D.希尔伯特等人的研究。

阿达玛( Hadamard,Jacques Salomon 1865.12.8-1963.10.17 ) 法国数学家.

他先后任安西学院（1897-1935年）、巴黎综合工科学校（1912-1935年）和中央工艺和制造学院（1920-1935年）的教授。

他早期研究复变函数论，对整函数的一般理论以及用级数表示的函数的奇点理论有重要贡献。

1896年，他与比利时数学家C·J·普森各自独立地证明了素数定理。

他在数学物理偏微分方程方面也取得了重要成果。

他的著作《变分法教程》对于泛函分析近代理论的奠定打下了基础，

“泛函”（Functional）一词就是他首先使用的。

希尔伯特, ( David Hilbert, 1862—1943),

希尔伯特, ( David Hilbert, 1862—1943),

德国数学家, 1862年1月23日生于柯尼斯堡, 1943年2月14日在格丁根逝世。

希尔伯特, ( David Hilbert, 1862—1943),

德国数学家, 1862年1月23日生于柯尼斯堡, 1943年2月14日在格丁根逝世。

希尔伯特1880年入柯尼斯堡大学;1885年获博士学位, 1892年任该校副教授, 翌年为教授; 1895年赴格丁根大学任教授, 直至1930年退休。他自1902年起, 一直是德国《数学年刊》主编之一。

希尔伯特, ( David Hilbert, 1862—1943),

德国数学家, 1862年1月23日生于柯尼斯堡, 1943年2月14日在格丁根逝世。

希尔伯特1880年入柯尼斯堡大学;1885年获博士学位, 1892年任该校副教授, 翌年为教授; 1895年赴格丁根大学任教授, 直至1930年退休。他自1902年起, 一直是德国《数学年刊》主编之一。

希尔伯特是20世纪最伟大的数学家之一, 1900年, 希尔伯特在巴黎举行的国际数学家会议上发表演说, 提出了新世纪数学面临的23个问题。对这些问题的研究有力地推动了20世纪数学发展的进程。

希尔伯特，( David Hilbert, 1862—1943),

德国数学家，1862年1月23日生于柯尼斯堡, 1943年2月14日在格丁根逝世。

希尔伯特1880年入柯尼斯堡大学;1885年获博士学位，1892年任该校副教授，翌年为教授；1895年赴格丁根大学任教授，直至1930年退休。他自1902年起，一直是德国《数学年刊》主编之一。

希尔伯特是20世纪最伟大的数学家之一，1900年，希尔伯特在巴黎举行的国际数学家会议上发表演说，提出了新世纪数学面临的23个问题。对这些问题的研究有力地推动了20世纪数学发展的进程。

希尔伯特同时是一位出色的教师，他讲课富有魅力，重视基础与技巧。他还以一位正直的学者而受到普遍的尊敬。

希尔伯特，( David Hilbert, 1862—1943),

德国数学家，1862年1月23日生于柯尼斯堡, 1943年2月14日在格丁根逝世。

希尔伯特1880年入柯尼斯堡大学;1885年获博士学位，1892年任该校副教授，翌年为教授；1895年赴格丁根大学任教授，直至1930年退休。他自1902年起，一直是德国《数学年刊》主编之一。

希尔伯特是20世纪最伟大的数学家之一，1900年，希尔伯特在巴黎举行的国际数学家会议上发表演说，提出了新世纪数学面临的23个问题。对这些问题的研究有力地推动了20世纪数学发展的进程。

希尔伯特同时是一位出色的教师，他讲课富有魅力，重视基础与技巧。他还以一位正直的学者而受到普遍的尊敬。

所谓“把分析学一般化”，也就是抽象出问题的基本特征。

希尔伯特，( David Hilbert, 1862—1943),

德国数学家，1862年1月23日生于柯尼斯堡, 1943年2月14日在格丁根逝世。

希尔伯特1880年入柯尼斯堡大学;1885年获博士学位，1892年任该校副教授，翌年为教授；1895年赴格丁根大学任教授，直至1930年退休。他自1902年起，一直是德国《数学年刊》主编之一。

希尔伯特是20世纪最伟大的数学家之一，1900年，希尔伯特在巴黎举行的国际数学家会议上发表演说，提出了新世纪数学面临的23个问题。对这些问题的研究有力地推动了20世纪数学发展的进程。

希尔伯特同时是一位出色的教师，他讲课富有魅力，重视基础与技巧。他还以一位正直的学者而受到普遍的尊敬。

所谓“把分析学一般化”，也就是抽象出问题的基本特征。

数学的抽象性，使得数学具有更广泛的应用性。

希尔伯特，( David Hilbert, 1862—1943),

德国数学家，1862年1月23日生于柯尼斯堡, 1943年2月14日在格丁根逝世。

希尔伯特1880年入柯尼斯堡大学;1885年获博士学位，1892年任该校副教授，翌年为教授；1895年赴格丁根大学任教授，直至1930年退休。他自1902年起，一直是德国《数学年刊》主编之一。

希尔伯特是20世纪最伟大的数学家之一，1900年，希尔伯特在巴黎举行的国际数学家会议上发表演说，提出了新世纪数学面临的23个问题。对这些问题的研究有力地推动了20世纪数学发展的进程。

希尔伯特同时是一位出色的教师，他讲课富有魅力，重视基础与技巧。他还以一位正直的学者而受到普遍的尊敬。

所谓“把分析学一般化”，也就是抽象出问题的基本特征。

数学的抽象性，使得数学具有更广泛的应用性。

抽象是指人在认识思维活动中对事物表象因素的舍弃和对本质因素的抽取。

希尔伯特，( David Hilbert, 1862—1943),

德国数学家，1862年1月23日生于柯尼斯堡，1943年2月14日在格丁根逝世。

希尔伯特1880年入柯尼斯堡大学;1885年获博士学位，1892年任该校副教授，翌年为教授；1895年赴格丁根大学任教授，直至1930年退休。他自1902年起，一直是德国《数学年刊》主编之一。

希尔伯特是20世纪最伟大的数学家之一，1900年，希尔伯特在巴黎举行的国际数学家会议上发表演说，提出了新世纪数学面临的23个问题。对这些问题的研究有力地推动了20世纪数学发展的进程。

希尔伯特同时是一位出色的教师，他讲课富有魅力，重视基础与技巧。他还以一位正直的学者而受到普遍的尊敬。

所谓“把分析学一般化”，也就是抽象出问题的基本特征。

数学的抽象性，使得数学具有更广泛的应用性。

抽象是指人在认识思维活动中对事物表象因素的舍弃和对本质因素的抽取。

抽象是从众多的事物中抽取出共同的、本质性的特征，而舍弃其非本质的特征。

抽象是从众多的事物中抽取出共同的、本质性的特征，而舍弃其非本质的特征。

要抽象，就必须进行比较，没有比较就无法找到共同的部分。

抽象是从众多的事物中抽取出共同的、本质性的特征，而舍弃其非本质的特征。

要抽象，就必须进行比较，没有比较就无法找到共同的部分。

所谓的共同特征，是相对的，是指从某一个刻面看是共同的。**抽象的角度取决于分析问题的目的。**

抽象是从众多的事物中抽取出共同的、本质性的特征，而舍弃其非本质的特征。

要抽象，就必须进行比较，没有比较就无法找到共同的部分。

所谓的共同特征，是相对的，是指从某一个侧面看是共同的。**抽象的角度取决于分析问题的目的。**

——百度百科

抽象是从众多的事物中抽取出共同的、本质性的特征，而舍弃其非本质的特征。

要抽象，就必须进行比较，没有比较就无法找到共同的部分。

所谓的共同特征，是相对的，是指从某一个侧面看是共同的。**抽象的角度取决于分析问题的目的。**

——百度百科

抽象是从众多的事物中抽象出共同的、本质性的特征，而舍弃其非本质的特征。

要抽象，就必须进行比较，没有比较就无法找到共同的部分。

所谓的共同特征，是相对的，是指从某一个侧面看是共同的。**抽象的角度取决于分析问题的目的。**

——百度百科

数学的抽象-数学建模...

抽象是从众多的事物中抽取出共同的、本质性的特征，而舍弃其非本质的特征。

要抽象，就必须进行比较，没有比较就无法找到共同的部分。

所谓的共同特征，是相对的，是指从某一个刻面看是共同的。**抽象的角度取决于分析问题的目的。**

——百度百科

数学的抽象-数学建模...

艺术的抽象....

泛函分析不但将古典分析的基本概念和方法一般化，而且还将这些概念和方法几何化.

抽象是从众多的事物中抽取出共同的、本质性的特征，而舍弃其非本质的特征。

要抽象，就必须进行比较，没有比较就无法找到共同的部分。

所谓的共同特征，是相对的，是指从某一个刻面看是共同的。**抽象的角度取决于分析问题的目的。**

——百度百科

数学的抽象-数学建模...

艺术的抽象....

泛函分析不但将古典分析的基本概念和方法一般化，而且还将这些概念和方法几何化.

例如，我们可把多元函数用几何学的语言解释成多维空间的映射.

抽象是从众多的事物中抽取出共同的、本质性的特征，而舍弃其非本质的特征。

要抽象，就必须进行比较，没有比较就无法找到共同的部分。

所谓的共同特征，是相对的，是指从某一个刻面看是共同的。**抽象的角度取决于分析问题的目的。**

——百度百科

数学的抽象-数学建模...

艺术的抽象....

泛函分析不但将古典分析的基本概念和方法一般化，而且还将这些概念和方法几何化.

例如，我们可把多元函数用几何学的语言解释成多维空间的映射.

这种可能性要求把几何概念进一步推广，最后把欧式空间扩充成无穷维空间

抽象是从众多的事物中抽取出共同的、本质性的特征，而舍弃其非本质的特征。

要抽象，就必须进行比较，没有比较就无法找到共同的部分。

所谓的共同特征，是相对的，是指从某一个刻面看是共同的。**抽象的角度取决于分析问题的目的。**

——百度百科

数学的抽象-数学建模...

艺术的抽象....

泛函分析不但将古典分析的基本概念和方法一般化，而且还将这些概念和方法几何化.

例如，我们可把多元函数用几何学的语言解释成多维空间的映射.

这种可能性要求把几何概念进一步推广，最后把欧式空间扩充成无穷维空间  
函数概念也可以赋予更为一般的意义，可以考虑两个任意集合之间的某种对应关系，

抽象是从众多的事物中抽取出共同的、本质性的特征，而舍弃其非本质的特征。

要抽象，就必须进行比较，没有比较就无法找到共同的部分。

所谓的共同特征，是相对的，是指从某一个侧面看是共同的。**抽象的角度取决于分析问题的目的。**

——百度百科

数学的抽象—数学建模...

艺术的抽象....

泛函分析不但将古典分析的基本概念和方法一般化，而且还将这些概念和方法几何化.

例如，我们可把多元函数用几何学的语言解释成多维空间的映射.

这种可能性要求把几何概念进一步推广，最后把欧式空间扩充成无穷维空间  
函数概念也可以赋予更为一般的意义，可以考虑两个任意集合之间的某种对应关系，

我们把这种无限维空间到无限维空间的变换（映射）称为算子.

我们把这种无限维空间到无限维空间的变换（映射）称为算子.

研究无限维线性空间上的泛函和算子理论，就产生了一门新的分析数学——泛函分析.

同类型的函数可以看作是“函数空间”的点或矢量，

我们把这种无限维空间到无限维空间的变换（映射）称为算子.

研究无限维线性空间上的泛函和算子理论，就产生了一门新的分析数学——泛函分析.

同类型的函数可以看作是“函数空间”的点或矢量，

这样最后得到了“抽象空间”这个一般的概念.

我们把这种无限维空间到无限维空间的变换（映射）称为算子.

研究无限维线性空间上的泛函和算子理论，就产生了一门新的分析数学——泛函分析.

同类型的函数可以看作是“函数空间”的点或矢量，

这样最后得到了“抽象空间”这个一般的概念.

它包含了函数空间、算子空间等.

我们把这种无限维空间到无限维空间的变换（映射）称为算子.

研究无限维线性空间上的泛函和算子理论，就产生了一门新的分析数学——泛函分析.

同类型的函数可以看作是“函数空间”的点或矢量，

这样最后得到了“抽象空间”这个一般的概念.

它包含了函数空间、算子空间等.

泛函分析是研究现代物理学的一个有力工具.

我们把这种无限维空间到无限维空间的变换（映射）称为算子.

研究无限维线性空间上的泛函和算子理论，就产生了一门新的分析数学——泛函分析.

同类型的函数可以看作是“函数空间”的点或矢量，

这样最后得到了“抽象空间”这个一般的概念.

它包含了函数空间、算子空间等.

泛函分析是研究现代物理学的一个有力工具.

$n$ 维空间可以用来描述具有 $n$ 个自由度的力学系统，当从质点力学过渡到连续介质力学，就要由有穷自由度系统过渡到无穷自由度系统，现代物理学中的量子场理论就属于无穷自由度系统. 研究无穷自由度的系统需要无穷维空间的几何学和分析学，这正是泛函分析的基本内容.

我们把这种无限维空间到无限维空间的变换（映射）称为算子.

研究无限维线性空间上的泛函和算子理论，就产生了一门新的分析数学——泛函分析.

同类型的函数可以看作是“函数空间”的点或矢量，

这样最后得到了“抽象空间”这个一般的概念.

它包含了函数空间、算子空间等.

泛函分析是研究现代物理学的一个有力工具.

$n$ 维空间可以用来描述具有 $n$ 个自由度的力学系统，当从质点力学过渡到连续介质力学，就要由有穷自由度系统过渡到无穷自由度系统，现代物理学中的量子场理论就属于无穷自由度系统. 研究无穷自由度的系统需要无穷维空间的几何学和分析学，这正是泛函分析的基本内容.

泛函分析也可以看作无穷维空间的几何学和微积分学.

泛函分析一方面以其他众多学科所提供的素材来提取自己研究的对象和某些研究手段，并形成了自己的许多重要分支，例如算子谱理论、巴拿赫代数、拓扑线性空间理论、广义函数论等等；

泛函分析一方面以其他众多学科所提供的素材来提取自己研究的对象和某些研究手段，并形成了自己的许多重要分支，例如算子谱理论、巴拿赫代数、拓扑线性空间理论、广义函数论等等；

另一方面，它也强有力地推动着其他学科的发展.

泛函分析一方面以其他众多学科所提供的素材来提取自己研究的对象和某些研究手段，并形成了自己的许多重要分支，例如算子谱理论、巴拿赫代数、拓扑线性空间理论、广义函数论等等；

另一方面，它也强有力地推动着其他学科的发展。

它在微分方程、概率论、函数论、连续介质力学、量子物理、计算数学、控制论、最优化理论等学科中都有重要的应用。

泛函分析一方面以其他众多学科所提供的素材来提取自己研究的对象和某些研究手段，并形成了自己的许多重要分支，例如算子谱理论、巴拿赫代数、拓扑线性空间理论、广义函数论等等；

另一方面，它也强有力地推动着其他学科的发展。

它在微分方程、概率论、函数论、连续介质力学、量子物理、计算数学、控制论、最优化理论等学科中都有重要的应用。

今天，泛函分析的观点和方法已经渗入到不少工程技术性的学科之中，成为**近代分析的基础之一**。

泛函分析一方面以其他众多学科所提供的素材来提取自己研究的对象和某些研究手段，并形成了自己的许多重要分支，例如算子谱理论、巴拿赫代数、拓扑线性空间理论、广义函数论等等；

另一方面，它也强有力地推动着其他学科的发展。

它在微分方程、概率论、函数论、连续介质力学、量子物理、计算数学、控制论、最优化理论等学科中都有重要的应用。

今天，泛函分析的观点和方法已经渗入到不少工程技术性的学科之中，成为**近代分析的基础之一**。

本课程主要讲述线性泛函分析。

泛函分析一方面以其他众多学科所提供的素材来提取自己研究的对象和某些研究手段，并形成了自己的许多重要分支，例如算子谱理论、巴拿赫代数、拓扑线性空间理论、广义函数论等等；

另一方面，它也强有力地推动着其他学科的发展。

它在微分方程、概率论、函数论、连续介质力学、量子物理、计算数学、控制论、最优化理论等学科中都有重要的应用。

今天，泛函分析的观点和方法已经渗入到不少工程技术性的学科之中，成为**近代分析的基础之一**。

本课程主要讲述线性泛函分析。

了解和掌握空间、线性算子以及线性算子空间、线性算子谱分析中的基本概念和基本理论，

泛函分析一方面以其他众多学科所提供的素材来提取自己研究的对象和某些研究手段，并形成了自己的许多重要分支，例如算子谱理论、巴拿赫代数、拓扑线性空间理论、广义函数论等等；

另一方面，它也强有力地推动着其他学科的发展。

它在微分方程、概率论、函数论、连续介质力学、量子物理、计算数学、控制论、最优化理论等学科中都有重要的应用。

今天，泛函分析的观点和方法已经渗入到不少工程技术性的学科之中，成为**近代分析的基础之一**。

本课程主要讲述线性泛函分析。

了解和掌握空间、线性算子以及线性算子空间、线性算子谱分析中的基本概念和基本理论，

学会将分析中的具体问题抽象到一种更加纯粹的代数、拓扑的形式中加以研究，综合运用分析、代数、几何手段处理问题的方法。

泛函分析一方面以其他众多学科所提供的素材来提取自己研究的对象和某些研究手段，并形成了自己的许多重要分支，例如算子谱理论、巴拿赫代数、拓扑线性空间理论、广义函数论等等；

另一方面，它也强有力地推动着其他学科的发展。

它在微分方程、概率论、函数论、连续介质力学、量子物理、计算数学、控制论、最优化理论等学科中都有重要的应用。

今天，泛函分析的观点和方法已经渗入到不少工程技术性的学科之中，成为**近代分析的基础之一**。

本课程主要讲述线性泛函分析。

了解和掌握空间、线性算子以及线性算子空间、线性算子谱分析中的基本概念和基本理论，

学会将分析中的具体问题抽象到一种更加纯粹的代数、拓扑的形式中加以研究，综合运用分析、代数、几何手段处理问题的方法。

本课程拟从全新的、现代数学的视点审视和处理数学基础课程的内容和问题。

本课程拟从全新的、现代数学的视点审视和处理数学基础课程的内容和问题。

同时为进一步学习近代数学、近代物理、从事数学和应用数学研究打下基础.

本课程拟从全新的、现代数学的视点审视和处理数学基础课程的内容和问题。

同时为进一步学习近代数学、近代物理、从事数学和应用数学研究打下基础.

本课程主要内容包括以下几个部分：

本课程拟从全新的、现代数学的视点审视和处理数学基础课程的内容和问题。

同时为进一步学习近代数学、近代物理、从事数学和应用数学研究打下基础.

本课程主要内容包括以下几个部分：

(1) 距离空间；

本课程拟从全新的、现代数学的视点审视和处理数学基础课程的内容和问题。

同时为进一步学习近代数学、近代物理、从事数学和应用数学研究打下基础.

本课程主要内容包括以下几个部分：

- (1) 距离空间；
- (2)赋范空间和 Banach 空间

本课程拟从全新的、现代数学的视点审视和处理数学基础课程的内容和问题。

同时为进一步学习近代数学、近代物理、从事数学和应用数学研究打下基础.

本课程主要内容包括以下几个部分：

- (1) 距离空间；
- (2)赋范空间和 Banach 空间
- (3)内积空间和 Hilbert 空间；

本课程拟从全新的、现代数学的视点审视和处理数学基础课程的内容和问题。

同时为进一步学习近代数学、近代物理、从事数学和应用数学研究打下基础.

本课程主要内容包括以下几个部分：

- (1) 距离空间；
- (2)赋范空间和 Banach 空间
- (3)内积空间和 Hilbert 空间；
- (4)线性算子和线性泛函；  
Banach 空间、Hilbert 空间中线性算子的基本定理；

本课程拟从全新的、现代数学的视点审视和处理数学基础课程的内容和问题。

同时为进一步学习近代数学、近代物理、从事数学和应用数学研究打下基础.

本课程主要内容包括以下几个部分：

(1) 距离空间；

(2)赋范空间和 Banach 空间

(3)内积空间和 Hilbert 空间；

(4)线性算子和线性泛函；

Banach 空间、Hilbert 空间中线性算子的基本定理；

(5) 共轭空间和共轭算子；

本课程拟从全新的、现代数学的视点审视和处理数学基础课程的内容和问题。

同时为进一步学习近代数学、近代物理、从事数学和应用数学研究打下基础.

本课程主要内容包括以下几个部分：

(1) 距离空间；

(2)赋范空间和 Banach 空间

(3)内积空间和 Hilbert 空间；

(4)线性算子和线性泛函；

Banach 空间、Hilbert 空间中线性算子的基本定理；

(5) 共轭空间和共轭算子；

(6)线性算子的谱理论.

本课程拟从全新的、现代数学的视点审视和处理数学基础课程的内容和问题。

同时为进一步学习近代数学、近代物理、从事数学和应用数学研究打下基础.

本课程主要内容包括以下几个部分：

(1) 距离空间；

(2)赋范空间和 Banach 空间

(3)内积空间和 Hilbert 空间；

(4)线性算子和线性泛函；

Banach 空间、Hilbert 空间中线性算子的基本定理；

(5) 共轭空间和共轭算子；

(6)线性算子的谱理论.

前三部分侧重于线性泛函分析中各种空间等基本概念的引入和 基本性质的讨论, 特别是Hilbert空间的几何特征;

前三部分侧重于线性泛函分析中各种空间等基本概念的引入和 基本性质的讨论, 特别是Hilbert空间的几何特征;

第四部分 简要讲述Banach空间、 Hilbert空间中的线性算子的基本定理及其应用, 即: 一致有界原理, 开映像定理和闭图像定理;

前三部分侧重于线性泛函分析中各种空间等基本概念的引入和 基本性质的讨论, 特别是Hilbert空间的几何特征;

第四部分 简要讲述Banach空间、 Hilbert空间中的线性算子的基本定理及其应用, 即: 一致有界原理, 开映像定理和闭图像定理;

第五部分介绍了Hahn-Banach定理, 共轭空间和共轭算子, 特别是从Riese引理出发, 重点讲述了Hilbert空间的共轭空间, Hilbert空间中的共轭算子;

前三部分侧重于线性泛函分析中各种空间等基本概念的引入和 基本性质的讨论, 特别是Hilbert空间的几何特征;

第四部分 简要讲述Banach空间、 Hilbert空间中的线性算子的基本定理及其应用, 即: 一致有界原理, 开映像定理和闭图像定理;

第五部分介绍了 Hahn-Banach定理, 共轭空间和共轭算子, 特别是从Riese引理出发, 重点讲述了 Hilbert空间的共轭空间, Hilbert空间中的共轭算子;

第六部分介绍了 线性算子谱的定义和谱集的性质, 重点介绍了紧算子、自共轭的有界线性算子谱的基本性质.