

# BJ-54 坐标系与 WGS-84 坐标系 转换方法及精度分析

柳光魁<sup>1</sup>, 王振禄<sup>2</sup>, 赵永强<sup>2</sup>, 杜明成<sup>2</sup>

(1. 大连海天测绘公司, 辽宁 瓦房店 116300; 2. 大连九成测绘信息有限公司, 辽宁 庄河 116400)

**摘要:**根据大连市 C 级 GPS 网中重合 1954 北京坐标系下的 25 个三角点成果, 采用三、七参数转换模型, 完成了我国 54 坐标系与世界 84 坐标系转换参数的计算与精度分析。

**关键词:**BJ-54 坐标系; WGS-84 坐标系; 转换模型; 转换参数; 精度分析

**中图分类号:**P226+.3      **文献标识码:**B      **文章编号:**1672-5867(2007)03-0167-02

## The Conversion Method and Accuracy Analysis between BJ-54 and WGS-84 Coordinate System

LIU Guang-kui<sup>1</sup>, WANG Zhen-lu<sup>2</sup>, ZHAO Yong-qiang<sup>2</sup>, DU Ming-cheng<sup>2</sup>

(1. Dalian Haitian Surveying and Mapping Company, Wafangdian 116300, China;

2. Dalian Jiucheng Surveying and Mapping Information CO., LTD., Zhuanghe 116400, China)

**Abstract:** Based on the results of 25 triangular control points in BJ-54 coordinate system which also within the GPS control network of order C of Dalian city, this paper accomplished the calculation and accuracy analysis from BJ-54 coordinate system to WGS-84 coordinate system using 3 parameters and 7 parameters conversion model.

**Key words:** BJ-54 coordinate system; WGS-84 coordinate system; conversion model; conversion parameter; accuracy analysis

### 0 引言

在 GPS 测量与应用中, 通常采用 GPS 接收机观测, 获得的是 WGS-84 地心坐标系坐标, 而我国测绘系统广泛采用的是 BJ-54 坐标系坐标, 两类坐标不仅坐标原点不一致, 而且相应的各坐标轴之间不平行, 所以在实际应用中, 必须进行坐标转换。本文所研究的 WGS-84 与 BJ-54 坐标之间的坐标转换问题, 是结合大连市 C 级 GPS 网测量而进行的。

### 1 参数与模型

WGS-84 大地坐标系的椭球参数为:

长半轴:  $a = 6\,378\,137\text{ m} \pm 2\text{ m}$

地球引力常数  $C_m = 3\,986\,005 \times 10^8\text{ m}^3/\text{s}^2 \pm 0.6 \times 10^8\text{ m}^3/\text{s}^2$

地球角速度:  $\omega = 7\,292\,115 \times 10^{-11}\text{ rad/s} \pm 0.15 \times 10^{-11}\text{ rad/s}$

协议地球扁率:  $f_{84}^{-1} = 298.257\,223\,563$

BJ-54 坐标系的椭球参数为:

长半轴:  $a_{54} = 6\,378\,245\text{ m}$

椭球扁率:  $f_{54}^{-1} = 298.3$

第一偏心率:

平方  $e^2 = 2f - f^2 = 0.006\,934\,216\,229\,66$

转换采用具有明显几何意义的三参数(3 个平移量)和七参数(布尔沙公式, 顾及 3 个平移量、3 个欧拉角和 1 个尺度比)转换模型进行。

三参数转换模型:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{新}} = \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{旧}} \quad (1)$$

收稿日期: 2006-11-20

作者简介: 柳光魁(1968-), 男, 辽宁瓦房店人, 学士, 高级工程师, 1990年毕业于辽宁工程技术大学工程测量专业, 主要从事 GPS 测量与研究工作。

七参数转换模型:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{新}} = \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix} + (1 + K) \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{旧}} + \begin{bmatrix} 0 & \varepsilon_z & -\varepsilon_y \\ -\varepsilon_z & 0 & \varepsilon_x \\ \varepsilon_y & -\varepsilon_x & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{旧}} \quad (2)$$

在(1)式、(2)式中,新为 1954 北京坐标系,旧为 WGS-84 坐标系。

## 2 坐标转换

在 WGS-84 坐标与 BJ-54 坐标的转换过程中,主要是先求出坐标转换参数。无论使用三参数或七参数方法,只有求出了转换参数,才能进行坐标转换。WGS-84 坐标与 BJ-54 坐标的转换,可用下列步骤实现:

1) 将两个坐标系的坐标都转为直角坐标;  
2) 按所采用的转换方法(三参数或七参数)求解出转换参数;

3) 根据所求参数进行坐标转换;  
4) 根据需要,将直角坐标再转为大地坐标。

直角坐标与大地坐标的互相转换,可以采用以下公式进行:

由大地坐标转换成直角坐标公式:

$$\left. \begin{aligned} X &= (N + H) \cos B \cos L \\ Y &= (N + H) \cos B \sin L \\ z &= [N(1 - e^2) + H] \sin B \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

由直角坐标转换成大地坐标公式:

$$\left. \begin{aligned} L &= \arctan(Y/X) \\ B &= \arctan \left\{ Z(N + H) / [(X^2 + Y^2)^{1/2} (N(1 - e^2) + H)] \right\} \\ H &= Z / \sin B - N(1 - e^2) \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

式中, $L$  为大地经度, $B$  为大地纬度, $H$  为大地高程, $N = a / (1 - e^2 \sin^2 B)^{1/2}$ , $N$  为该点的卯西圈曲率半径; $e^2 = (a^2 - b^2) / a^2$ , $a, e$  分别为该大地坐标系对应椭球的长半轴和第一偏心率。

大连市 C 级 GPS 网由 75 个点组成,其中有 25 个点为原国家一等三角点,根据这 25 个点的分布情况和精度分析,选取了 B001, B004, B008, B010, 0003, 0002, HSL, YJG, TZS, ISBL, PDSH, B003 等 12 个点为重合点,分别使用三参数转换模型和七参数转换模型的布尔沙-沃尔夫(Bursa-wolf)模型求得转换参数。具体解算是利用 12 个具有两套空间坐标的重合点坐标,按同名点空间坐标的差值组成误差方程式和法方程式,解算得到转换参数。

经验算本网三参数转换的中误差为: $m_x =$

$\pm 0.305 \text{ m}, m_y = \pm 0.252 \text{ m}, m_h = \pm 0.206 \text{ m};$

七参数转换的中误差为: $m_x = \pm 0.293 \text{ m}, m_y = \pm 0.104 \text{ m}, m_h = \pm 0.179 \text{ m}。$

## 3 关于坐标转换方法的精度分析

大连市 C 级 GPS 网是在国家 2000 GPS 网基础上布设的。由 75 个点组成,采用美国生产的阿什泰克型双频接收机 8~15 台(套)观测。观测 2 个时段,每个时段长 4 h,净观测时间 8 h。观测基线 1 177 条,平均边长 28 km。在国家 2000 GPS 网点进行约束平差结果:平面坐标中误差为  $m_x = \pm 2.2 \text{ mm}, m_y = \pm 2.1 \text{ mm}, m_h = \pm 4.2 \text{ mm}$ ,应该说是一个精度很高的控制网。但是,利用三参数转换的平面网点点位中误差  $S = \pm 0.4 \text{ m}$ ,利用七参数转换的平面网点点位中误差  $S = \pm 0.3 \text{ m}$ ,转换误差较大。从三参数与七参数转换误差对比看,明显七参数的转换精度高于三参数的转换精度。

产生转换误差的主要原因有 3 个:

1) 大连地区一、二等大地网是在 20 世纪 50 年代施测的,由于地壳运动变化复杂,点位变化不尽相同;

2) 由于当时使用仪器、测量方法落后于现在,致使在大面积长距离传递中误差积累较大;

3) 因 1954 北京坐标系存在椭球参数误差较大、定位偏斜大、定向不明确及没有进行整体平差等缺点。

大连市 C 级 GPS 网覆盖面积为 17 000 km<sup>2</sup>,如果将全网分成 4 部分进行坐标转换,转换误差将缩小 2 倍,转换精度可达厘米级。

## 4 结束语

通过对 WGS-84 与 BJ-54 坐标转换算法的介绍,以及在空间转换模型中大地高对七参数和三参数转换结果影响的比较,我们可得出以下结论:

1) 由于受到我国参心大地高精度不高的影响,在完成参数计算中,重合点越多转换精度越好,边长越短转换精度越好。

2) GPS 测定点通过空间转换,可同时得到平面坐标和高程,通常在测区范围较大时使用。采用空间转换模型时,高程的精度对平面坐标的影响很小,且当测区范围较小时,空间转换模型的七参数中,旋转参数和尺度缩放参数与坐标平移参数具有较强的相关性,使得七参数与三参数转换模型的效果相差较大。

3) 鉴于工程施工中需要的是水准高而非大地高,建议使用水准高代替 54 坐标中的大地高,求得空间转换参数,从而可以使 GPS 测定的坐标直接转换为平面坐标和水准高。但应注意的是,空间转换模型是几何转换,GPS 点通过平移、旋转、缩放变换到 54 坐标系,公共点

(下转第 173 页)

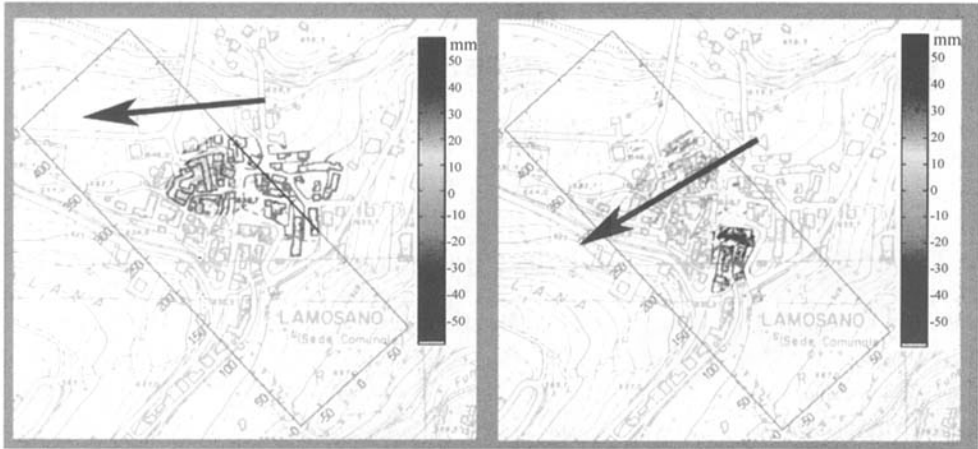


图3 InSAR 和 LIDAR 对意大利阿尔卑斯山同一地区相同时间段扫描后得到的变形量  
 Fig.3 The distortion of the same area of Alps in Italy respectively acquired by LIDAR and InSAR technique scanning at the same time

#### 4 结束语

机载 LIDAR, InSAR 等系统能全天候、高精度、高密度、快速和低成本地获取地面 3 维数字数据, 具有广泛的应用前景。十多年前 GPS 曾对大地测量产生革命性影响, 今天 LIDAR, InSAR 系统似乎正在对普通测量(包括摄影测量)产生革命性的影响。这些新技术必将在我国今后的工程建设中发挥不可估量的作用, 把我国的工程建设提高到一个新的水平。

#### 参考文献:

- [1] 李清泉, 李必军, 陈静. 激光雷达测量技术及其应用研究[J]. 武汉测绘科技大学学报, 2000, 25(5): 387-392.
- [2] 刘经南, 张小红, 李征航. 影响机载激光扫描测高精度的系统误差分析[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2002, 27(2): 111-117.
- [3] Carnec C, King C, Massonnet D. Measurement of land su-

bsidence by means of differential SAR interferometry[A]. In: Proceedings of the Fifth International Symposium on Land Subsidence[C]. The Hague, The Netherlands, 1995. 139-148.

- [4] Massonnet D, Holzer T, Vadon H. Land subsidence caused by the East Mesa geothermal field, California, observed using SAR interferometry[J]. Geophysical Research Letters, 1997, 23(19): 2 677-2 680.
- [5] Achache J, Fruneau B, Delacourt C. Applicability of SAR interferometry for operational monitoring of landslides[A]. In: Proceedings of the Second ERS Applications Workshop[C]. London, 1995. 165-168.
- [6] Fruneau B, Delacourt C, Achache J. Observation and modeling of the Saint - Etienne - de - Tin landslide using SAR interferometry[EB/OL]. FRINGE 96, 1996, <http://www.geo.unizh.ch/rsl/fringe96/papers>.

[责任编辑:王丽欣]

(上接第 168 页)

要分布均匀。用水准高代替大地高时, 尽管转换模型对高程并不敏感, 转换出来的平面坐标不会受较大的影响, 但大地水准面的不规则性将体现在高程转换残差中, 在大地水准面复杂的地区转换出来的水准高精度较低。实际应用时可以通过拟合模型, 对高程转换残差进行拟合, 在转换出来的高程上加一个修正量以获得精确的水准高。

#### 参考文献:

- [1] 周忠谟. 地面网与卫星网之间转换的数学模型[M]. 北

京: 测绘出版社, 1984.

- [2] 郭春喜, 马林波, 张骥, 等. 西安 80 坐标系与 WGS-84 坐标系转换模型的确定[J]. 东北测绘, 2002, 25(4): 34-36.
- [3] 熊介. 椭球大地测量学[M]. 北京: 解放军测绘出版社, 1988.

[责任编辑:王丽欣]

# BJ-54坐标系与WGS-84坐标系转换方法及精度分析

作者: [柳光魁](#), [王振禄](#), [赵永强](#), [杜明成](#), [LIU Guang-kui](#), [WANG Zhen-lu](#), [ZHAO Yong-qiang](#), [DU Ming-cheng](#)

作者单位: [柳光魁, LIU Guang-kui \(大连海天测绘公司, 辽宁, 瓦房店, 116300\)](#), [王振禄, 赵永强, 杜明成, WANG Zhen-lu, ZHAO Yong-qiang, DU Ming-cheng \(大连九成测绘信息有限公司, 辽宁, 庄河, 116400\)](#)

刊名: [测绘与空间地理信息](#)

英文刊名: [GEOMATICS & SPATIAL INFORMATION TECHNOLOGY](#)

年, 卷(期): 2007, 30(3)

引用次数: 2次

## 参考文献(3条)

1. 周忠谟 [地面网与卫星网之间转换的数学模型](#) 1984
2. 郭春喜, [马林波](#), [张骥](#), [毛之琳](#) [西安80坐标系与 WGS-84坐标系转换模型的确定](#) [期刊论文]-[东北测绘](#) 2002(4)
3. [熊介](#) [椭圆大地测量学](#) 1988

## 相似文献(9条)

1. 期刊论文 [张楠](#), [董晓晶](#), [张健](#) [WGS-84坐标系与BJ-54坐标系的转换方法及精度探讨](#) -[制造业自动化](#)2009, 31(12)  
 由于GPS定位技术具有高精度、速度快、成本低的显著优点, 其已被广泛地应用于坐标数据采集的工程活动中. 但GPS定位系统采用的是WGS-84坐标系, 与我国测绘系统中广泛采用的BJ-54坐标系存在着差异. 因此在实际应用中必要进行坐标转换. 本文对二者的转换模型进行了分析, 并分析了不同的转换方法和转换参数对定位精度的影响.
2. 期刊论文 [梁海军](#), [张建伟](#) [空管系统中WGS-84与BJ-54坐标转换](#) -[中国民航飞行学院学报](#)2009, 20(2)  
 阐述了我国地理坐标系与世界大地坐标系统的差别. 由于航空器机载导航设备均是基于WGS-84坐标系的基础上开发应用的, 而我国目前所采用的基准坐标系是BJ-54坐标系, 因此出现了影响航行系统安全现象, 主要表现为: 航空器飞行航迹偏差大; 航空器在边界移交点出现位置跳跃. 随着我国RVSM改造升级后垂直间隔由600 m缩小到300 m, 从而对飞行器的定位点精度要求更加准确. 提出在军民航系统中应用坐标转换, 能够统一坐标系并且其精度能够满足当前飞行安全要求.
3. 学位论文 [王辰](#) [电子海图显示和信息系统在VTS中的应用](#) 2004  
 电子海图显示和信息系统的产生是航海领域的一场革命, 它被广泛地应用于许多领域. 目前, 国际海道组织已经制定了关于电子海图显示和信息系统的标准和规范, 但这些标准和规范主要是基于航海方面的, 用在VTS(Vessel Traffic Services)中的研究还不多. 直接将国际航海领域的标准和规范借用到VTS中来, 在实际应用中暴露出很多不足, 主要表现在: VTS系统传感器与船用设备不同, 多数为高精度设备, 对电子海图显示精度提出了新的要求; 我国海图和雷达主要采用BJ-54坐标系, AIS数据基于WGS-84坐标系的, 这两种坐标系要能够转换、统一; 电子海图存储海况数据, VTS系统存储管理目标的静、动态数据, 这两种数据彼此孤立, 不能充分发挥VTS的综合优势, 造成资源重叠和浪费. 针对以上提出的薄弱点, 结合我国船舶交通管理的实际情况, 该文研究的重点内容包括用在VTS中电子海图显示和信息系统在显示方面的特殊要求及在船舶交通管理中的应用. 具体工作和结论如下: 1、研究电子海图相关标准, 提出标准电子海图显示系统设计方案, 并利用SuperMapIII对其中的符号库模块进行设计实现; 2、对用在VTS中的电子海图显示精度提出要求: 应达到0.1m数量级; 3、研究坐标变换的方法, 提出电子海图坐标系从WGS-84到BJ-54转换的简便算法, 并用MATLAB进行仿真; 4、对VTS中的信息系统进行综合分析, 将电子海图显示和信息系统中的数据与VTS中的数据通过算法实现浮标移位、船舶走错、禁航区和船舶搁浅、船舶避碰等功能.
4. 期刊论文 [刘缨](#), [LIU Ying](#) [一种工程中实用的WGS-84到BJ-54坐标系转换方法](#) -[现代电子技术](#)2005, 28(23)  
 在规划设计等工程应用中经常使用GPS卫星定位系统来确定现状及规划线路, 得到的是以大地坐标系为基础的WGS-84坐标系数据, 而目前规划设计项目中普遍使用的又是以1954年北京坐标系为基础的坐标数据, 因此必须给出WGS-84坐标转换到BJ-54坐标系的转换方法, 本文对这两种坐标系转换模型进行了分析, 并给出了在AutoCAD工程设计中的一个实用LSP插点程序, 通过工程实践, 得到了很好的工程效果.
5. 学位论文 [杜润](#) [全球定位系统的车辆定位问题——GPS动态绝对定位模式的研究](#) 1999  
 随着GPS(全球卫星定位系统)技术的成熟与发展, 利用GPS技术进行车辆定位正在被广泛地应用. 例如金融系统(运钞车)、公安部门(110报警车)、消防部门(119消防车)、(120救护车)等. 但是, 利用GPS进行车辆定位跟踪的传统方法是采用差分GPS技术. 该技术的实现需要大量的资金投入, 不适于中国目前的经济状况. 寻求一种投资少并能实现基本功能的算法从工程角度讲, 具有十分现实的意义. 该文以“沈阳市消防通讯作战指挥系统”为背景, 以单台GPS接收机动态定位模式为实现条件, 对车辆定位的实现进行了详细的讨论. 首先, 建立了WGS-84坐标系到BJ-54坐标系之间的坐标转换模型; 其次, 提出了事种基于类投影的地图匹配算法, 最后基于该算法进行了实际车辆定位实验. 从实验结果看, 该算法基本实现了车辆定位的功能.
6. 期刊论文 [漆燕](#), [黄德修](#), [Qian, Huang Dexiu](#) [基于TMS320C6713坐标转换的实现](#) -[计算机测量与控制](#)2007, 15(4)  
 在GPS定位导航系统中, 我们需要实时的将定位数据进行转换, 而GPS数据属于WGS-84坐标系, 我国采用的是BJ-54坐标系, 文中在基于TMS320C6713最新浮点DSP芯片基础上, 该芯片能够完成多种高性能的数字信号处理算法, 详细讨论了WGS-84和BJ-54坐标转换常用的七参数法、五参数法和三参数法几种算法, 在改进三参数算法的基础上实现了坐标转换参数因子的求解, 利用TMS320C6713芯片编程实现了坐标的转换, 并成功运用于长波接收机中.
7. 学位论文 [王冬晖](#) [城市车辆定位的地图匹配算法的设计与实现](#) 2003  
 随着GPS(全球卫星定位系统)技术的成熟与发展, 利用GPS技术进行车辆定位正在被社会各行业广泛地应用, 例如: 金融系统(运钞车)、公安部门(110报警车)、消防部门(119消防车)、急救中心(120救护车)等. GPS技术的主要特点是: 全球地面连续覆盖, 功能多、精度高, 实时定位速度快. 现今国外广泛应用的差分GPS(DGPS)用于车辆定位跟踪技术已经十分成熟, 但是为了实现差分GPS, 需要建立众多的差分GPS标准基站, 而基站的建设是一笔很大的开销, 故此方式对于中国资金相对缺乏的中小城市实现车辆定位跟踪是不实际的. 值得欣慰的是, 目前国内大多数中小城市都拥有较为详尽的城市GIS(电子地图)系统, 这样就使得在该系统平台上参照GPS接收机接收的数据, 并配合合适的地图匹配算法实现车辆实时定位成为可能. 地图匹配算法基于“车辆行驶在道路上”的设计思想, 将GPS接收机测得的位置数据与电子地图数据相比较, 从而校正GPS定位数据的定位误差, 大大提高了车辆定位的精度. 该文以“沈阳市消防通讯指挥系统”为背景, 对车辆定位的实现进行了详细的讨论. 首先, 建立了沈阳地区的从WGS-84坐标系BJ-54坐标系之间的坐标转换模型; 其次, 在认真分析了直接投影算法的基础上, 设计并实现了一种基于类投影的地图匹配算法. 该算法以中小城市1:10,000的电子地图为GIS环境, 在单台GPS接收机绝对动态定位系统下, 完成了车辆的实时定位跟踪; 最后, 基于该算法进行了实际车辆定位实验. 从实验结果来看, 在GPS信号接收基本正常的情况下, 该算法可达到90%以上的正确匹配效果.

8. 期刊论文 [栾国军, 刘景贵, 张殿臣, 张瑞富](#) [大兴安岭东部林区GPS坐标转换参数的测定与验证](#) - [林业勘查设计](#)

2002(3)

GPS卫星星历是以WGS-84坐标系(经纬度坐标系)为根据建立, 而我国普遍应用的地形图属于1954年BJ-54坐标系或1980年国家大地C-80坐标系, 不同坐标系之间存在着平移和旋转关系, 确立地区性坐标系与全球坐标系转换参数是应用GPS精确定位的。

9. 学位论文 [邢永金](#) [车辆实时定位算法的设计与实现](#) 2004

本文以“沈阳市消防通讯指挥系统”为背景, 立足于成熟的GPS(全球卫星定位系统)技术, 针对GPS定位快, 精度高的特点, 充分结合了目前国内大多数中小城市都拥有的较为详尽的城市GIS(电子地图)系统, 以单台GPS接收机动态定位模式为实现条件, 对车辆的定位进行了详细的讨论。首先, 建立了沈阳地区的从WGS-84坐标系到BJ-54坐标系之间的坐标转换模型; 其次在认真分析了直接投影算法的基础上, 基于“车辆行驶在道路上”的设计思想, 将GPS接收机测得的位置资料与电子地图资料相比较, 从而校正GPS定位资料的定位误差, 在提高了车辆定位的精度基础上设计并实现了一种基于类投影的地图匹配算法; 最后基于该算法进行了实地行车定位实验, 并测试本算法的实际应用效果。

## 引证文献(2条)

1. [刘焱雄, 高兴国, 冯义楷, 兰启贵, 庞尚益](#) [沿海高精度GPS控制网的布设和实施](#)[期刊论文]-[测绘通报](#) 2009(6)

2. [胡耀锋, 胡曙光](#) [坐标转换中地貌重构算法研究](#)[期刊论文]-[测绘通报](#) 2008(01)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_dbch200703049.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_dbch200703049.aspx)

下载时间: 2010年3月3日