DOI：10.19789/j.1004-9398.2022.02.013
文献引用：李小燕，李九彬，金莉．新高考制度下高等师范院校天球坐标系的创新教学设计[J]．首都师范大学学报（自然科学版），2022，43（2）：81-86. LI X Y，LI J B，JIN L. Innovative teaching design of celestial coordinate system in normal universities under the new college entrance examination system [J]. Journal of Capital Normal University（Natural Science Edition），2022，43（2）：81-86.

新高考制度下高等师范院校天球坐标系的创新教学设计*

李小燕[1]，李九彬[2]，金　莉[3]

（1. 陕西理工大学人文学院，陕西 汉中　723000；2. 西南大学附属中学，重庆　400715；
3. 陕西省汉中中学，陕西 汉中　723000）

摘要：天球坐标系教学是高等师范教育与基础教育阶段的难点．基于新高考和新课标对基础教育阶段天文学知识的迫切需求，论文通过已知地理坐标系和天球概念的引入，搭建知识支架，完成第二赤道坐标系的学习；引导学生利用知识正向迁移完成其他天球坐标系的学习；通过重点强化知识的横纵向联系，贯通基础教育与高等师范教育之间的学段衔接；通过拓展天球坐标系的应用和天文时事，帮助地理师范生树立正确的人宇协调观，促进“对生活有用的地理”教育理念和家国情怀养成，完成高等师范院校人才培养供给侧调整，服务基础教育市场发展需要．

关键词：天球坐标；教学设计；创新；新高考；高等师范
中图分类号：G64

Innovative teaching design of celestial coordinate system in normal universities under the new college entrance examination system*

LI Xiaoyan[1]，LI Jiubin[2]，JIN Li[3]

（1. School of Humanities，Shaanxi University of Technology，Hanzhong Shaanxi　723000；
2. High School Affiliated to Southwest University，Chongqing　400715；3. Hanzhong High School of Shaanxi Province，Hanzhong Shaanxi　723000）

Abstract：Celestial coordinate system teaching is a key problem for higher normal education and elementary education. Based on the urgent needs of astronomical knowledge in the stage of elementary education under the new college entrance examination and the new curriculum standards through the introduction of the known geographical coordinate system and the concept of celestial sphere，the knowledge support is built to complete the learning of the second equatorial coordinate system. Guide students to complete the learning of other celestial coordinate systems by using the positive transfer of knowledge. The connection of learning segments between higher normal education and elementary education is achieved by focusing on strengthening the relationship of horizontal and vertical

收稿日期：2021-02-08
* 陕西省教育规划重点项目（SGH20Z003）；陕西理工大学教育科学研究项目（JYYJ2021-14）；汉中市基础教育科研项目（HZJKY-2021393）；陕西省教育厅哲学社会科学重点研究基地项目（17JZ018）

knowledge. By expanding the application of celestial coordinate system and astronomical current events, the correct concept of human space coordination could be established for geography normal university students to promote the cultivation of the educational concept and national emotion of "geography useful to life". Complete the supply side adjustment of talent training in higher normal education, and serve the needs of the development of the elementary education market.

Keywords: celestial coordinates; teaching design; innovation; new college entrance examination system; higher normal education

CLC: G64

0 引 言

2014年9月,国务院印发《关于深化考试招生制度改革的实施意见》(国发〔2014〕35号),这是恢复高考以来最为全面和系统的一次考试招生制度改革.随后沪、浙启动高考综合改革试点,2017年在全国范围内全面推进,今已初步建成具有中国特色的现代考试招生制度.新高考打破了以往文理科的刻板搭配,学生可依据自己兴趣和未来职业方向选择科目组合,地理也不再是文科生的专属,致力于天文学、航空航天以及测绘测量等领域的中学生也开始选择地理科目.高中地理新课标还增加了天文学基础选修课程,并作为9个选修内容的第一个模块.这些均对高中地理教师天文学教学提出了新的挑战,以前仅在太阳的视运动、日出日落方位等内容有所涉及的天球坐标系教学,已然不能满足选考制度下的新时代中学生学习和未来发展需求.此外,高中地理新课标选择性必修课程中的资源、环境与国家安全和地理信息技术应用、海洋地理以及地理野外实习等也会涉及天球坐标系[1],因此,高中地理教师需结合新教材、新高考改革需要和学生未来发展需求,重视天球坐标的教学工作;相应地,高等师范院校(以下简称高师)地球概论任课教师更需重新定位和认识天球坐标的功能和地位[2],促进地理师范生学好天球坐标系,为后续课程学习搭好支架,为未来教师生涯做好支撑,为中学生地理学习和职业生涯规划做好指引.

天球坐标系作为天体定位和运动表达的主要工具,是高师地球概论课程的教学难点和基础教育的盲区,更是中学地理教师望而却步的内容,更有天球坐标在基础教育无用的说法.由于教学难度大和存在认知偏差[3],相关研究并不是很多,先有刘世楷[4]对天球坐标概算法及其应用进行研究,随后,曹健[5]、张红侠[6]、白絮飞等[7]以及吴得卿等[3]运用不同方法,进行过天球坐标系教学设计尝试,一定程度上促进了高师天球坐标系教学提升,并对中学地理教师、地理师范生及天文爱好者天球坐标系的学习起到了积极作用.前人研究多集中于如何安排教学内容和讲解顺序,且重点关注地平、第一赤道、第二赤道和黄道坐标系4种类型.然而,随着科技手段的不断进步,人类探索宇宙的步伐已经开始向太阳系以外的银河系乃至河外星系拓展,不同天球坐标系也应运而生,大大提高了定位精度和实用性,并开始应用于人民生产、生活以及国防建设,也成为地理基础教育和高师地理教育乃至科普内容中不可回避的重要内容.因此,有必要基于基础教育的迫切需要,更加重视天球坐标系创新教学设计,联系生活实践,提升天球坐标系的学习效果,提高地理师范生毕业达成度和基础教育适应度,服务基础教育市场需要,还可为高师教育同行提供教改靶向和交流案例,为中学地理老师和天文爱好者提供学习参考资料.

1 背景分析

1.1 课程分析

地球概论作为高师地理专业的基础课程,是该专业唯一涉及天文学内容的主修课程,主要讲述地球天文学及行星地球整体性特征的基本理论和方法[8].自1978年金祖孟教授在华东师范大学创立该课程并出版同名教材以来,一直被作为必修课程,绝大多数高校将该课程安排在大学第一学期,也有如:华东师范大学、湖南师范大学以及福建师范大学安排在第二学期及第三学期.不管高师地理培养方案如何调整变化,该课程的课时量一直>36课时,也有西南大学、安徽师范大学以及陕西师范大学等将课时增加到≥52课时,其中,天球坐标系的学时安排均在4~6课时不等,有的甚至达到8课时,足见其重要性和教学难度.因该课程内容对应于高中地理

必修内容——宇宙中的地球,是高中生地理学的启蒙内容,对学科兴趣的激发和专业认知起到至关重要的作用.因此,地球概论课程在高师地理学习和高中地理教学中,都是不可或缺且尤为重要的.

1.2　教材分析

天球坐标系作为宇宙天体定位和观测的主要工具,具有立体性、抽象性和复杂性等特点,成为课程教学难点.金祖孟和陈自悟版《地球概论》[2]教材中,天球坐标被放在全书第2节,通过地理坐标系、天球等知识的铺垫,进行天球坐标统的讲授和学习,并重点讲解了地平、第一赤道、第二赤道和黄道坐标系4种常用天球坐标系统,最后对不同坐标系的区别和联系进行阐述;余明版《地球概论》[9]教材将该内容作为全书第3节,观测天体的主要工具和数据处理,也是基于天球知识进行学习.不同教材编排顺序均体现了天球坐标系的基础性.

1.3　课标分析

不同高师对该内容的教学要求略有差异.由于课时差异、认知偏差和教与学难度较大等原因,部分高师要求,了解4种天球坐标系及相互联系,仅用“了解”来描述,全然未提及应用.也有高师要求在学习地理坐标的基础上,进一步学习天球和4种天球坐标系,并在掌握4种天球坐标系概念的基础上,区别各种坐标系及其用途.课时充足的高校教学要求明显提高,但对不同天球坐标系的应用也仅用“会区别”来表述.足见以往高师地球概论教学中,多对天球坐标系的应用要求不高.结合目前基础教育改革需要、国家立德树人发展需求和未来教师培养使命,本文提出了掌握地平坐标系、第一赤道坐标系、第二赤道坐标系、黄道坐标系和银道坐标系5种坐标系的概念和内涵,能够进行不同坐标系之间的相互换算,清楚不同坐标系的主要应用领域,激发地理师范生宇宙探索精神,培养多维度空间思维能力和地理综合素养,树立正确的人宇协调观的单元教学目标.

1.4　学情分析

新高考制度实施之前,多数高师院校地理专业理科招生,或文理兼招.受传统文理分科影响,理科生虽具有一定的空间概念,但基于多维度的坐标系统空间转换对其来说难度依然较大;文科生地理基础较好,但其空间和逻辑思维相对较弱,很难建立多维度立体空间概念.因此,教学中需要根据生源的地理基础、空间思维能力乃至性别等进行内容组织与教学安排.加之多数学生和家长对地理学科认知不准,入学后存在调整专业的可能,所以教学还需兼顾兴趣培养和专业教育.此外,要学好本节内容,还需学生掌握地理坐标和天球的概念等前置知识.新高考制度全面实行之后,学生地理基础、从教意愿、专业认可度等均会有大幅改善和提高.同时,随着天文探索的不断进步和学科交融的不断深入,未来中学生对天文学的关注、爱好和需求必将大幅提升,天球坐标作为天体定位和运动表达的基本方法,自然成为地理基础教育阶段的重要内容.

2　教学设计

课堂需要解决的基本问题是不同天体如何准确定位和运动表达.所用的教学方法和理论主要有支架教学法和降维处理法.支架式教学理论主要是教师通过有效搭建知识支架,帮助学生建构起已有知识与新知识之间的桥梁,引导学生完成知识推演,提升学习效率.首先,结合支架1和2得出球面坐标模型和天球模型(图1),并将其作为支架3;其次,通过强化天球坐标系的横纵向知识衔接和应用拓展,巧妙渗透思政元素,完成第二赤道坐标系的学习;最后,调动学生的主观能动性,利用知识正向迁移理论和对比学习法,完成其他坐标系的合作讨论和学习.

3　教学过程

3.1　巧妙搭建知识支架

通过对复杂的宇宙环境进行降维处理,使学生

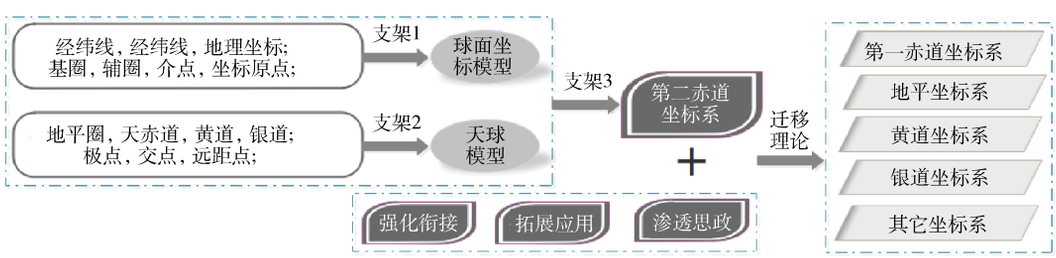


图1　天球坐标系教学设计思路

深刻认识天球,并掌握天赤道、白道、黄道以及银道等重要轨道平面,完成重要圆圈系统的极点、交点以及远距点等的学习,能准确地说出黄赤交角、黄白交角以及各重要轨道之间的夹角情况;借助地理坐标系统构建球面坐标模型(图2);最终完成将运动的、多维度的、多尺度的和复杂的宇宙空间降维并简化成几何模型,帮助学生理解并提高教学效果.

3.2　灵活运用知识迁移

由于第二赤道坐标系与地理坐标有着极强的相似性,相对其他4个天球坐标系,更容易理解和掌握,所以,结合已经构建的知识支架,对照球面坐标模型和地理坐标,引导学生完成第二赤道坐标系的学习;进而运用知识迁移,通过自主学习和小组讨论,对比完成第一赤道坐标系、黄道坐标系、银道坐标系以及地平坐标系的学习,并完成表1填写.虽然不同坐标系的基圈、辅圈以及坐标原点不同,但其纬度度量方法均从基圈向上(+)、下(−)2个方向度量,范围为0°~90°.经度也存在2种度量方向,一种类似于地理坐标中西经的度量方式,关注地球自转;另一种向东度量,与地球公转联系紧密,也据此将天球坐标系分为左旋(东旋)和右旋(西旋)2种模型.

地平坐标系和第一赤道坐标系的始圈都是因地而异的子午圈,即与测站或观测者的地理位置有关,加之天体的周日视运动,导致除赤纬外其他3个坐标值均因时因地而异,即地平坐标系具有直观性和地方性的典型特点;第二赤道坐标系、黄道坐标系和银道坐标系由于基圈、始圈以及坐标原点相对固定(忽略春分点西移),其坐标值均是固定不变的,即该3种坐标系具有稳定性和通用性[5]的特点.由于不同天球坐标系之间存在相互联系的点或面,所以坐标系之间可以相互转换.始圈保持不变,以东、西2点为轴心,让地平圈沿子午圈转动当地余纬的角度,就能使上点取代南点,完成第一赤道坐标系与地平坐标系的转换;第一赤道坐标系和第二赤道坐标系由于共用天赤道作为基圈,其转化更为便捷,只需沿天赤道旋转,让春分点取代上点即可完成转换,但时角和赤经的度量方向则相反;以春、秋分点为轴,沿着二至圈让天赤道旋转23°26′与黄道重合,即可完成第二赤道坐标系与黄道坐标系的转化.

3.3　全面建立知识衔接

天球坐标系作为天体定位的主要工具,对月相

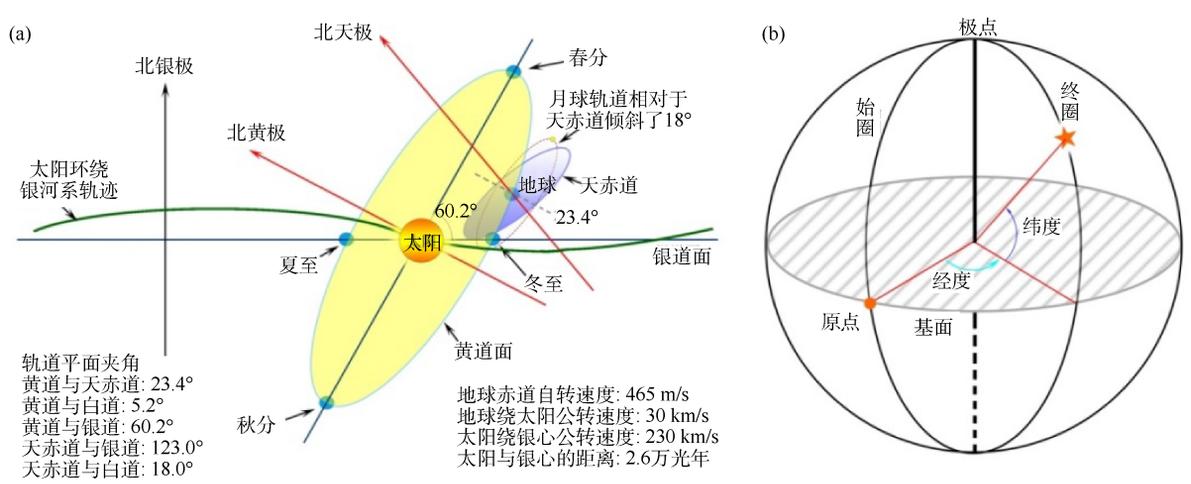


图2　复杂的宇宙环境与简化模型

(a)宇宙环境;(b)球面坐标模型

表1　天球坐标系特点及应用领域

坐标系	基圈	始圈-原点	纬度		经度		应用领域
			名称	度量范围	名称	度量范围	
地平	地平圈	午圈-南点	高度	0°~±90°	方位	0°~360°	太阳及天体周日运动、天文航海航空和大地测量等
第一赤道	天赤道	午圈-上点	赤纬	0°~±90°	时角	0~24 h	昼夜长短、时间度量和天体测量等
第二赤道	天赤道	春分圈-春分点	赤纬	0°~±90°	赤经	0~24 h	恒星、星云、星团等遥远天体观测、定位与表达
黄道	黄道	无名圈-春分点	黄纬	0°~±90°	黄经	0°~360°	太阳周年运动及系内行星观测
银道	银道	过太阳的银经圈-太阳	银纬	0°~±90°	银经	0°~360°	银河系及银河系天体的观测、记录和研究

观测、太阳周日运动表达、历法和时间的推算等该课程后续内容的教学有着重要的支撑作用,同时,对高师阶段地图学、测量学以及遥感、地理信息系统和全球定位系统等其他课程的教学意义重大,通过教学中加强知识的横纵向联系,帮助学生突破课程和学科界限,构建起大学科知识体系,也利于地理师范生综合思维能力培养.

基础教育中的日出日落方位和高度变化、正午太阳高度及变化、不同区域北极星仰角等均要用到地平坐标系;第一赤道坐标系对时区与区时、地方时等的度量以及昼夜长短和不同区域的星空范围的学习至关重要;第二赤道坐标系和黄道坐标系更多地关注地球的周年运动、太阳的回归运动以及四季变化和星空观测,同时还对太阳系行星运行观测及研究具有重要作用;银道坐标系主要用于银河系观测和研究的辅助工具.通过教学中纵向知识衔接,打通学段壁垒,将高师教育与基础教育有效连接,让地理师范生在高师学习期间就接触和了解基础教育市场需要及变化,精准培养师范生,提高毕业达成度和基础教育教学适应性.

3.4　系统提升拓展应用

3.4.1　地平坐标系

地平坐标系表示观测者在特定时刻所见天体在天空中的方位和距离地面的高度.由于该坐标系因时因地而异,即在同一时刻不同地点,同一天体有不同的高度和方位;在同一地点不同的时刻,天体高度和方位随周日运动发生改变.所以,多用于表示太阳、月球及其他近距离天体在天球上的位置及其运动情况.如观测太阳周日运动变化,以赤道上某点春分日太阳活动为例,其太阳高度和方位为日出(0°,270°)—正午(90°,0°)—日落(0°,90°).由于存在地球的公转,所以正午太阳高度存在规律的季节变化,并决定着不同区域的热量获取.此外,地平坐标系还用于大地测量、天文航海与航空和人造地球卫星观测等领域.教学中可结合我国北斗导航系统成功组网、天问一号火星探测器的成功着陆以及天宫空间站的正式开建等天文时事,培养学生的宇宙探索精神、文化自信和国家信息安全意识.

3.4.2　第一赤道坐标系

第一赤道坐标系是测时工具,主要用于时间度量,可推导不同纬度昼夜长短.赤纬是天体相对于天赤道的方向和角距离,天体周日运动始终平行于天赤道,所以赤纬始终不变;但天体的时角却因时刻和经度而不同,同一地点不同时刻,午圈平面不动,但由于地球自转导致的天球周日视运动,使天体的时角每小时增加15°,如赤道某地春分日当天,日出、正午和日落时刻的太阳赤纬为0,时角依次为18、0和6时.不同观测点,具有不同的午圈和上点,导致同一天体的时角不同,这也是引起不同纬度太阳日长短差异的主要原因.该坐标系对时间的计算和历法意义重大,在地球自转周期、太阳日长短变化和晨昏蒙影等学习中频繁使用.

3.4.3　第二赤道坐标系

第二赤道坐标系主要用于编制各类星表、观测恒星和星云等遥远天体,也在天体物理学和天体测量中意义重大.春分点(忽略春分点西移)作为固定的坐标原点,与其他恒星因地球自转做周日运动,春分点与恒星天体之间就没有相对运动,因此,恒星的赤经也不因时间和地点而变化.由于地球绕太阳公转,导致太阳在天球上视运动的赤经和赤纬为春分日(0°,0°)—夏至日(23°26′,90°00′)—秋分日(0°,180°)—冬至日(−23°26′,270°00′)—春分日(0°,0°).此外,还可根据星表中不同恒星的赤纬和赤经准确定位.

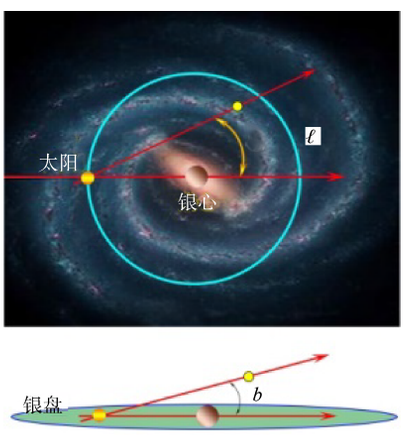
3.4.4　黄道坐标系

黄道坐标系主要用于太阳系内天体观测、定位和运动表达.太阳系八大行星运动具有共面性特点,但并不是完全处于同一平面.可根据不同行星黄纬变化准确掌握行星运动情况,水星、金星、火星、木星、土星、天王星和海王星黄纬极值分别为7.0°、3.4°、1.9°、1.3°、2.5°、0.8°和1.8°,即天王星与地球轨道平面最为接近,水星偏差最大.同时,由于黄白夹角(5°9′)的存在,导致月球也在黄道面附近绕转和运动,即月球及行星均在黄道带附近进行穿行活动,这也是为何能够观测到日食、月食、行星凌日和多星连珠等天文奇观的主要原因.太阳周年回归运动中黄经黄纬年变化情况为春分日(0°,0°)—夏至日(0°,90°)—秋分日(0°,180°)—冬至日(0°,270°)—春分日(0°,0°),即太阳视运动在黄道上.

3.4.5　银道坐标系

银道坐标系主要用于银河系天体观测[10],以太阳为坐标原点,银道面为基圈,银经(ℓ)的起点是太阳到银河中心方向,表示银河系天体相对于太阳的方向和角距离,银纬(b)则表示天体相对于银道面的方向和角距离(图3),即天体距离银道面的高度.银河系成员绝大部分对称分布在银道面两侧.银河

系本身也像地球一样有着自转轴,随着银河系一起自转的绝大部分天体,坐标位置相对固定;不随银河系自转的天体,银道坐标会持续改变;系外天体不随银河系自转,其银经、银纬以银河系的自转周期2亿2千万年(不考虑星系自身运动)为周期发生变化.根据银纬的大小判断天体距离银道面的高度,进而在夜空中更容易定位和寻找,如北银极赤纬+27°7′,赤经12 h 51 m,在后发座靠近牧夫座的大角星附近.银道面和天赤道有123°的夹角,因此,夜空中的银河东北-西南向横贯天穹.



注:ℓ为银经;b为银纬.

图3　银道坐标系模型

除此5种主要的天球坐标系以外,还有超星系坐标系,其赤道校准在超星系平面上,主要用于河外星系的天体定位,随着科技的发展和人类探索宇宙的不断深入,其他类型的天球坐标系统还会应运而生.此外,关于天体定位,我国战国时的石氏《星经》就有"黄道规牵牛初直斗二十度,去极二十五度"等的记载,即古人用"入宿度"和"去极度"[11]进行天体定位;唐代前后的"三垣二十八宿"实际上也发挥着天球坐标的积极作用;元代郭守敬创造并制作了简仪用于测定天体的赤道坐标[12];此外,古人还利用星座、星官、星表和星图等进行相对粗略的天体定位和测量,这些都是我国古人的智慧和在天体定位方面的各种尝试和发明,通过这些古代文明和传统文化坚定学生的民族自信和文化自信.

4　结束语

通过对复杂任务进行分解的支架理论和知识迁移理论,结合多维度空间降维处理方法,有效降低了天球坐标系的学习难度,消除了地理师范生学习天球坐标系的恐惧和障碍;在强化知识衔接、拓展知识应用以及渗透思政的教育理念下,初步提高了地理师范生对5个天球坐标系的准确认知,并重点结合新高考制度下,基础教育市场需要,着重就天球坐标系的应用进行阐述,利于激发学生的航空航天兴趣和学习积极性.天球坐标系作为整个地球概论课程教学提升的突破口,是提升地球概论课程教学深度和内涵的主要抓手,因此,高度重视高师天球坐标系教学工作,既是促进地球概论教学创新和改革尝试的必然选择,更是高师地理教育进行精准化人才培养供给侧调整的迫切需求.

参 考 文 献

[1] 韦志榕,朱翔.普通高中地理课程标准(2017年版)解读[M].北京:高等教育出版社,2019.
[2] 金祖孟,陈自悟.地球概论[M].北京:高等教育出版社,2008.
[3] 吴得卿,杨洪,代稳,等.基于正迁移的天球坐标的教学研究[J].高教学刊,2019(26):67-70.
[4] 刘世楷.天球坐标概算法及其应用(提纲)[J].北京师范大学学报(自然科学版),1956(1):19-31.
[5] 曹健.天球坐标的教学问题[J].苏州教育学院学报,1999(4):78-79.
[6] 张红侠.《地球概论》课程中"天球坐标"的教学探究[J].陕西教育(高教版),2012(3):103-105.
[7] 白絮飞,顾绍琴,杜卫红.基于高阶思维的地理综合思维素养的提升途径探讨:以天球坐标解析地球公转的地理意义为例[J].地理教学,2020(2):7-10.
[8] 李宏芸.运动学原理在地球概论教学中的运用及教法探讨[J].首都师范大学学报(自然科学版),2010,31(5):87-91.
[9] 余明.地球概论[M].北京:科学出版社,2016.
[10] VITYAZEV V V, TSVETKOV A S, Petrov S D, et al. Comparison of XPM and UCAC4 catalogues in the galactic coordinate system[J]. Astronomische Nachrichten, 2017,338(4):489-502.
[11] 李迪.中国古代测量天体赤道坐标的方法[J].内蒙古师大学报(自然科学汉文版),1992(3):85-90.
[12] 刘茜.星辰帝国的地图:中国古老的天球坐标系统[J].科技智囊,2014(3):82-85.

(责任编辑:李拓宇)