## 决议草案3.1(3)/1 (EC-76)的附件

## *《气象和水文教育培训标准实施指南》，第一卷–气象（WMO-No. 1083）*

《气象和水文教育培训标准实施指南》

第一卷 - 气象

2022年版

**序言**

本指南是《气象和水文教育培训标准实施指南》（WMO-No.1083）的新版本。本版指南共历时三年完成，始于2018年11月在日内瓦举行的一次会议，会上讨论了一项调查的结果和几个利益相关方团体的立场文件，还成立了审查组来审议如何实施所确定的变革。

本文件的目的是就《技术规则》（WMO-No. 49）第一卷中定义的气象学家或气象技术人员的资格要求达成共识，并协助国家气象和水文部门（NMHS）制定符合国际标准的人员分类和教育计划。各组织应根据当地和区域情况，调整或扩展本指南基础教学包中的最低核心知识要求。这有助于个人满足其在组织内的岗位要求，是必须执行的特定任务的知识、技能和行为要求。

本版指南的重点是更新气象技术人员的基础教学包（BIP-MT）。以前的版本更加关注气象学家的基础教学包（BIP-M），可能是因为BIP-M较为复杂且对外部驱动因素较为敏感。根据上述调查和利益相关方团体前所未有的反馈意见，本版指南将对BIP-MT和BIP-M投以至少同样的关注。本指南第3部分提供的指导意见旨在统一各NMHS的气象技术人员分类，并帮助NMHS达到《技术规则》（WMO-No. 49）第一卷第五部分中规定的资格标准。

审查组想要感谢所有在指南编写过程中作出贡献的人，特别是各区域培训中心（RTC）主任和审查了初稿和后续草稿的其他人，他们的宝贵意见极大提高了指南质量。WMO秘书长Petteri Taalas教授特别感谢由Colleen Rae（南非）、Steven Callaghan（英国）、Christopher Webster（新西兰）和Winifred Jordaan（南非）领导的审查组。WMO还想要感谢审查组各位成员：Diakaria Kone（尼日尔）、Moira Doyle（阿根廷）、John Peters（英属加勒比地区）、Noer Nurhayati（印度尼西亚）、Anna Timofeeva（俄罗斯联邦）、Peter Odjugo（尼日利亚）、Yao Xiuping（中国）、Somenath Dutta（印度）、Kevin Scharfenberg（美国）、Peter Davidson和Mick Pope（澳大利亚），以及Isabelle Beau和Ludovic Bouilloud（法国）。最后，WMO想要感谢Robert Riddaway、Sally Wolkowski和John Methven（英国）三位顾问，以及教育和培训办公室的Yinka Adebayo、Patrick Parrish（已退休）、Luciane Veeck和Mustafa Adiguzel。

1. **导言**

气象学家基础教学包和气象技术人员基础教学包（以下分别称为BIP-M和BIP-MT）介绍了气象学家和气象技术人员须到达的教育要求。根据《技术规则》（WMO-No. 49）中的定义，只有掌握BIP-M和BIP-MT中的内容，才有资格成为气象学家或气象技术人员。一旦完成基础教学包（BIP），气象学家或气象技术人员便已通过对大气科学的学习和应用，证明其有能力专业地应用、发展和传播大气科学来造福社会。

在研究、咨询和业务预报等不同领域工作的气象学家所需的胜任力和技能往往高度局限于某个区域、国家、服务等。同样，在气象观测、仪器和气候数据控制等不同领域工作的气象技术人员所需的胜任力和技能也往往局限于某个区域、国家、服务等。这些胜任力和技能将随着科学、技术和服务提供的变化而迅速发展。BIP可以帮助所有气象学家和气象技术人员掌握相同的基础知识和技能，在此基础上发展特定角色所须的技能和胜任力，并在整个职业生涯中持续学习。

本版指南仍然侧重于说明所有类型的气象学家和气象技术人员须取得的学习成果，包括WMO胜任力框架中通用的基本知识和技能。与此同时，本指南明确规定各机构、WMO会员和雇主可根据学习课程性质或国家需求调整学习成果。这就产生了一组看似矛盾的要求：如何能够既达到国际标准，又保持必要的实用性和灵活性？

在对BIP的上一次重大审查中，《气象和业务水文人员教育培训指导方针》（WMO-No. 258）被《气象和水文教育培训标准实施指南》（WMO-No.1083）第一卷：“气象”所取代。这一变化的核心是从人员分类和相关教学大纲的制度转向基于学习成果的制度——换句话说，转向以学习效果为中心的制度。本版指南又迈出了新的一步，通过剖析所有气象学家和气象技术人员胜任力的本质，形成了一套总体学习成果，同时明确指出，更详细的学习成果仅为相关机构提供指导，并不具有约束力。

**具体背景下的BIP**

自上一版指导方针发布以来，气象学家（即航空气象预报员或AMF）便被要求完成BIP-M[[1]](#footnote-1)后才能为民航业提供服务，这自然意味着人们会更加关注BIP-M本身的内容。与此同时，气象界在界定工作胜任力和胜任力框架的作用方面做了大量工作，特别是在航空预报和观测、其他预报、气候服务、仪器和观测领域的作用。业界还开始建立卫星和雷达气象等领域的技能框架。WMO将上述内容都纳入了《WMO胜任力框架纲要》（WMO-No. 1209）。

成为称职的专业人员的前提，是掌握胜任力框架所述或雇主或大学等培训机构所界定的技能和胜任力。胜任工作的先决条件，是取得BIP-M或BIP-MT中规定的学习成果。然而，BIP-M和BIP-MT并未界定工作胜任力，因此不足以使人做好从事特定工作的准备。

教育和培训出专业气象学家或气象技术人员的途径多种多样。许多教育和培训计划既包含基础大气科学和（BIP-M和BIP-MT中的）其他成果，也纳入了（技能框架中的）技能。教育和培训计划还可能包括其他（往往关乎机构利益的）补充性学科，甚至包括（胜任力框架中）某些工作所需的大部分胜任力。

机构和雇主必须在BIP-M或BIP-MT的基础上，确定一整套符合国家需要的学习成果。鼓励WMO会员与教育机构合作，考虑纳入胜任力框架中所述的科学应用能力的必要性，以确保教育计划的设计考虑到学生未来的就业能力和NMHS的人力资源需求。

本版BIP-M和BIP-MT的关键目标是：

——将BIP置于教育和培训的总体框架内，包括教育基础、技能和胜任力框架。

——确保BIP满足多种和不断发展的工作岗位的需求，并阐述和指导如何将BIP应用于这些岗位，因为对于许多岗位来说标准技能和胜任力框架十分关键。

——满足整个全球气象界的需要，无论其规模大小或发展水平如何。特别是消除气象学家和气象技术人员在接受教育和培训时面临的障碍，因为他们在向航空等关键行业提供业务服务方面发挥着至关重要的作用。

——保持足够的灵活性，以便满足快速发展的世界的未来需求。

——保持BIP知识的严谨性，如此一来，BIP即便专为研究或业务人员设计，也会持续吸引那些希望在以数学和物理为基础的地球科学专业扎根的人前来学习。

——尽量减少对现有计划的验证或修改工作，但也要明确强调必要的改动。

以下各节将详细讨论如何实现这些目标。

**对上一版本作出的主要改动：**

* + 1. **学习成果的层次结构**

BIP并非由一系列相关但互不联通的专题组成，为避免这种误解，开发了一套总体学习成果[[2]](#footnote-2)，其中总结了气象学家和气象技术人员可展示出的能力。总体成果旨在充当教育学习成果的“粘合剂”，并鼓励发展全面的教育和培训计划，明确各组成部分之间的相互联系，并体现利用科学解决现实世界问题的核心观点。

根据上下文来理解并应用所学知识，有助于学生记忆和迁移知识，这一点众所周知。[[3]](#footnote-3)总体学习成果有助于在学习BIP的过程中促进知识的记忆和迁移，这也符合Rossby（1934）的观点：

因此，任何气象教育和研究机构的主要任务似乎都必须是弥合数学家和[从业者]之间的鸿沟，也就是说，让气象[专家]认识到适度的理论教育的价值，并促使[理论家]偶尔看一眼气象图。[[4]](#footnote-4)

在最近一次对BIP的重大修订中，专题列表被学习成果系统所取代。我们继续推进并拓展了这项工作，阐明了气象学家或气象技术人员在完成符合BIP-M或BIP-MT的学术课程时预期取得的学习成果。这项工作的一部分——特别是有关BIP-M的部分——侧重于高阶认知过程，鼓励学生和教师利用科学知识解决跨领域、跨空间和时间尺度的现实世界的问题。

某些学习成果强调的重点发生了变化，为此，我们增加了简短的一节内容，解释变化背后的理念和在成果描述中某些动词的含义。

* + 1. **减少获得教育的障碍**

WMO会员在调查中反馈的信息包括，必须最大限度地减少BIP给教育工作者、学习者和雇主带来的负担，无论是实际负担还是感知的负担。可以通过减少因地理位置、经济问题或工作和家庭义务而无法参加全日制和岗外课程的负担或障碍，来改善气象领域的教育机会。

一些WMO会员还强调，有些地方的理论化论调过强，与NMHS的人力资源需求脱节。WMO会员的反馈涉及BIP的总体规模问题以及具体章节的相关性和性质问题。

（由于没有对不必要的专题达成共识，）部分专题并未被全盘删除，而是采取了以下几种办法：

——更具体地描述气象学家和气象技术人员所需的知识和思维技能。

——提供一系列教授和评估学习成果的方法，文件有意对此进行了规定。

——介绍取得学习成果的其他办法，例如通过WMO全球校园平台获得参考材料。

减少气象领域职业发展障碍的另一种方法是，如第1.9节（包容性教学与评估）所述，向社会所有成员开放这些教育和培训计划。

* + 1. **使BIP符合国家需要**

第一部分后面几节讨论了如何利用学习成果制定学习计划，包括重申如何取得成果应由机构和教师个人根据具体的国家或区域需要决定，这意味着实施BIP的方式十分多样。例如，BIP-M可以采取高度数学方法或理论方法来培养研究人员，也可以采取偏定性但严谨的方法来满足NMHS的人才培养需要，他们能够在业务环境中应用气象学为客户提供支持。

新增的一节（1.8）简要说明了将BIP纳入适合国家需要的课程体系的步骤。

* + 1. **影响教学、学习和评估中的最佳实践**

新增了简短的一节（1.6），强调将循证教学和评估实践嵌入气象教育和培训的持续需求。

* + 1. **面向未来的BIP**

后面的章节（2.5和3.5）介绍了一套专业学习成果，为机构提供沟通技能和信息技术等领域的指导意见，学生必须学习其中的某些方面才能取得总体成果。

这些章节还介绍了与目前和未来气象学家和气象技术人员的技能相关的成果，这些技能没有单独的胜任力框架。对于气象学家来说，这些技能包括研究和数据科学。这些章节将为讨论和课程开发奠定基础，以满足气象学家和气象技术人员的需要。鼓励各机构为学生提供机会，学习这些技能以及商业和管理等有助于他们未来职业发展的补充专题。

* + 1. **BIP-M和BIP-MT的审查程序**

随着科学、技术和气象实践的发展，必须不断更新BIP和相关指导意见。此外，人们认识到，尽管指南的编写十分谨慎，但在出版后仍可能发现一些错误或遗漏之处。

为满足这些需要，已建立了审查程序，允许WMO会员提出更正和修订建议，并定期开展更积极的保证审核。

《技术规则》（WMO-No. 49）的总则部分介绍了修改标准实践（包括修改BIP）时应遵循的程序。要执行的程序如下：

–教育和培训办公室将征求并整理WMO会员的修订建议。

–如有证据显示有需要或意欲修订BIP，教育和培训办公室会委派专家组研究有关修订，并作出报告。

–如未收到WMO会员的修订建议，则将由指定的专家组定期（每8年一次）开展审查，考虑是否需要更新BIP。

–如果专家组建议修改，则将就经修订的BIP进行广泛协商，如果修改得到支持，则将提交大会批准。

本卷中的指导意见不构成《技术规则》（WMO-No. 49）的一部分，但更正或修订需经执行理事会批准。为便于对指导意见进行必要的修改，教育和培训办公室将：

–整理WMO会员提出的更正或修订建议。

–每两年维护并发布一次更新，以进行较小且无争议的修改。

–如上所述，在对BIP进行八年一次的审查的同时，对指南进行彻底审查。

**过渡到本版指南**

在编制本版BIP-M和BIP-MT时，我们考虑了机构为确保其计划合规而可能需要做的额外工作。许多机构最近才采用上一版指南，再次改用指南对其来说是一项重大任务。

希望在这一版指南出版后，这些机构不必立即改变现有的计划。作为当地质量保证过程的一部分，在对模块、课程或计划进行例行审查时，应采用全面务实的学习理念，这正是总体学习成果和修订后的教育成果所体现的。

**BIP-M和BIP-MT的目的和性质**

BIP-M和BIP-MT介绍了所有专业气象学家和气象技术人员必须掌握的基本知识，以及他们需要如何利用这些知识进行思考和行动。因此，BIP-M和BIP-MT必须反映所有类型的气象学家和气象技术人员的作用，无论是促进气象科学或业务的发展，还是应用气象科学造福社会。

要鉴别一个领域的专业人士，依靠的不是做了什么事，而是*为什么*做这件事。专业人士仔细思考问题，根据自己对该领域的知识和批判性思维技能作出明智的决定，进而采取某些行动，而非其他行动。[[5]](#footnote-5)因此，BIP要求学生除了学习大气科学外，还要学习一系列应用专业知识；BIP-M尤其侧重高阶认知技能，而非在教学大纲中涵盖的陈述性知识。

在NMHS、区域培训中心（RTC）、大学或其他机构学习气象的人，教育背景多元、接触天气和气候科学的方式多样，选择发展道路的理由也不尽相同。他们未来也会从事气象及研究、咨询、仪器和预报等其他领域的各种职业。BIP无法囊括满足所有学习者个人需要或所有职业道路要求的学习内容。本指南必须对学员的总体受教育水平作出某些假设，同时就哪些领域（例如数学和物理）的知识对理解大气科学至关重要提供指导意见。

本指南不能也不打算详细说明预报、观测和研究等特定专业实践分支所需的技能和胜任力。预计需要在BIP之外或与BIP同时提供更多和更具体的教育和培训，以便相关人员能够在无人监督的情况下发挥专业作用。关于如何在某些情况下实现这一目标的更多细节载于WMO的其他出版物，如第1.10节“BIP应用的案例研究”所述。

**满足气象界的需要**

目前修订BIP的一个关键驱动力是希望消除气象学家和气象技术人员在教育和培训方面的障碍——无论是实际障碍还是感知的障碍——以满足社会需要。WMO会员指出，其中一个障碍是BIP中学习成果的范围。一些会员表示成果太多或者太学术化；另一些则希望增加专题或更深入地学习现有专题。

由于可用于教育和培训计划的时间有限，课程设计的广度和深度就变得至关重要。若教学大纲广泛覆盖各种专题，则教育培训成本会变得高昂，而且传授的许多知识只会被简单提及，很快就会被遗忘。发展心理学家Howard Gardner（Brandt, 1993）说：“理解的最大敌人是内容涵盖范围。只要你决心涵盖一切内容，你实际上就确保了大多数人……不会理解。”

目前，WMO会员迫切需要达到BIP-M要求的预报员[[6]](#footnote-6)，特别是在航空部门。最不发达国家（尤其），还有许多其他国家，依靠较发达国家的大学课程来教育和培训人员，满足其对预报员的迫切需要。在BIP-M和BIP-MT的背景下，学习气象学这门学科对于保持气象研究的活力和气象业务的发展仍然至关重要，因此全球教育和培训系统必须足够灵活，以满足研究和业务的人力资源需求。

这一版的BIP在应用上更加灵活，可以充分应对这一难题。某些适用于所有国家的总体学习成果具有强制性，但WMO会员及其教育机构可以灵活调整更具体的成果要求，以满足其特殊需要；下文详细介绍了灵活调整的方法。

全球教育和培训界有责任确保学习课程满足多个服务岗位上人员的需求，即那些应用气象科学满足人民、企业和社会需求的人，包括传统上的预报员或技术人员。就BIP-M而言，少有大学开设预报或其他气象应用领域的课程（Hoffman等人，2017年，第55页），只能靠就业后培训来弥补（如果雇主有能力提供培训）。希望通过提高BIP的灵活性，推出更多课程，弥合学术学习与在职胜任力之间的鸿沟。

**BIP-M和BIP-MT的结构**

制定了一套新的总体学习成果[[7]](#footnote-7)，通过界定所有气象学家共有和所有气象技术人员共有的知识和能力，概括地阐述了BIP-M和BIP-MT的理念。这些成果将通过学习和评估大气科学及相关专题来实现。

之前版本的BIP-M将学习成果分为五类：数学、物理和补充科目；物理气象学；动力气象学；天气学和中尺度气象学；以及气候学的基础专题。上述主要学习成果的分类依旧合乎逻辑和有用，主要为了方便而保留了下来（重点略有变化）。然而，我们从内容和认知水平两个维度修改了这些类别下的成果。

之前版本的BIP-MT将学习成果分为五类：数学、物理和补充科目；基础物理和动力气象学；基础天气学和中尺度气象学；基础气候学；以及气象仪器和观测方法的基础专题。与BIP-M一样，前一版本中的基础专题基本上都保留了下来，但重点有所改变。其余的学习成果被重新归纳为八个必修专题：基础地理学和海洋学；基础水文学；基础物理、动力、天气和中尺度气象学；全球和局地气候学；云的形成；沟通；IT技能；气象参数；以及气候数据质量控制。此外，还可以从以下专业工作中进行选择：气象技术人员（通常根据相关的胜任力标准）、航空气象观察员、气象仪器技术人员、空气质量仪器技术人员、海洋气象观察员、气候数据控制员和公众/海洋预报技术人员。

成果的层次结构见图1(a)和1(b)。《WMO胜任力框架纲要》（WMO-No. 1209）中界定的胜任力框架位于结构顶端。《胜任力指南》（WMO-No. 1205）更全面地描述了特定工作岗位所需胜任力与进入某一职业所需资格之间的关系。胜任力框架应是评估个人是否胜任任何特定岗位的主要指南，应参考《胜任力指南》（WMO-No. 1205）获得框架使用的指导意见。

虽然学习成果分几个不同的章节介绍，但各章节内部和之间都存在联系。例如，气象学家和气象技术人员必须能够超越这些界限，通过整合知识来解决问题和提出解决方案。有必要记住，将学习成果划分为不同的章节并不意味着这些成果互相孤立。应鼓励跨学科思维，并可将这一思维明确纳入课程体系。



**图1(a). 气象学家教育和培训的层次结构**

 **图1(b).** **气象技术人员教育和培训的层次结构**

* + 1. **基于学习成果的方法**

最新版的BIP的主要创新之处是将教学大纲制度改为了学习成果制度。这一变化的原因在今天仍然十分合理，正如2015年版《气象和水文教育培训标准实施指南》（WMO-No. 1083）所解释的那样：

重点是学习者的成绩，而不是教师的意图或教学大纲中规定的科目。具体的学习成果体现了学习课程的目的，对教师和学生双方都有益处。此外，具体的学习成果为评估是否确已进行必要的学习提供了更可靠的基础。

受益于这一变化，BIP能够更好地描述气象学学生应如何展示知识。现行版本的BIP更进一步，采用基于学习成果的方法，界定BIP的总体目标，并明确指出各机构需在自身的计划和课程成果中体现BIP的成果，以及在教学和评估活动中体现课程和BIP的成果。

学习成果被有效地分为以下三个层次（例如，见Krathwohl & Payne (1971)），尽管实际上这三个层次构成了一个连续体：

——总体成果[[8]](#footnote-8)

——教育成果

——教学成果

BIP-M和BIP-MT包括一套总体成果，这些成果共同体现了BIP的理念和愿景。这些总体成果是期望的结果；为实现总体成果，需要学习和评估大气科学方面的教育成果。

为了方便起见，并与以前的版本保持连续性，我们将BIP-M教育成果分为四大专题：物理气象学、动力气象学、天气系统和服务[[9]](#footnote-9)以及气候变率、变化和服务。[[10]](#footnote-10)由于在本版指南需要对BIP-MT做出更多修正，因此BIP-MT的教育成果被分为一系列与气象科学有关的必修专题，以及选修的专项课程，选修的专项课程定义和描述了特定专业工作的关键技能以及基础知识。

BIP由总体学习成果和教育学习成果（如《技术规则》（WMO-No. 49）所述）界定。第2和第3部分引用了《技术规则》中的相关内容，明确区分了总体学习成果和教育学习成果与指示性教学成果，并纳入了解释性说明作为指导意见。

BIP-M和BIP-MT不包括教学成果本身，但本指南第2和第3部分的表格中列出了一些教学成果，以体现成果可达到的广度和深度。教学学习成果是在每个模块或每个学习活动的基础上界定的详细学习内容，是设计学习活动以帮助学生取得课程或模块级成果的过程的一部分。教学学习成果是对教育成果的扩展，包括证明高水平教育成果（定义见下一节）所需的陈述性知识和低水平程序性知识。

表1.1总结了总体、教育和教学学习成果之间的关系。

**表1.1. 学习成果的具体程度。改编自Anderson等人（2001年）。**

|  |  |
| --- | --- |
|  | 成果水平 |
|  | **总体** | **教育** | **教学** |
| 范围 | 广泛 | 适中 | 狭窄 |
| 学习所需时长 | 一年或以上 | 数周或数月 | 数小时或数天 |
| 目的或功能 | 提供愿景 | 设计本地课程体系 | 制作课程/评估计划 |
| 示例 | 规划学习和培训的总体计划 | 规划教学模块或单元 | 规划日常活动、课程、练习 |
| 是否由BIP涵盖？ | 是 | 是 | 否（但给出了指导意见） |

* + 1. **定义学习成果**

如前所述，现代学习理论已将关注重点从教师意图转向了学习者的角色和积极参与。学习者不是通过讲课和教科书等方式被动接受知识的人，而是通过各种认知和元认知[[11]](#footnote-11)过程积极参与学习活动的主体，根据先前的学习和经验理解新知识的意义。

因此，我们必须明确阐述期望气象学家或气象技术人员学习什么知识，以及期望他们通过何种认知过程来利用这些知识。为使用共同的语言来明确描述学习成果，并与前一版本保持一致，我们使用了在该领域得到广泛使用的修订版Bloom分类法（Anderson等人，2001）。

分类法包括两个维度：认知过程维度和知识维度。这两个维度缺一不可，可以充分描述我们期望学生掌握什么知识，以及我们期望学生如何证明已掌握这些知识。在本节中，我们将简要讨论这些维度以及如何将其应用于BIP。

必须注意分类法的两个维度没有优劣之分。获得陈述性和程序性知识同样重要。此外，记忆或理解等认知过程，不应被视为不如应用或评估更有价值；事实上，这些认知过程往往是互补的，因为只有记住了陈述性领域知识，才能迈向更高层次的认知过程。

***知识维度***

最早版本的指导方针主要是大纲——也就是气象学家或气象技术人员在初始教育中应该学习的专题的高级列表。自那时以来，虽然大气科学的基本原理确实发生了改变，但普及计算、雷达和卫星观测、数值建模等技术领域也发生了巨大变革。气象学家和气象技术人员工作的社会和经济环境也发生了根本变化。

随着气象专业知识领域的发展，认知科学改变了我们对人类学习过程的认识，即我们如何组织和构建知识。

**陈述性知识**可以分为事实性知识和概念性知识。

事实性知识由气象学家和气象技术人员用来交流学科知识的基本术语和事实组成。事实性知识非常具体，因为事实性知识片段可以被当作信息的原子“位”分离开来。学习事实性知识对于学习必要的一般知识和在工作场所应用这些知识都至关重要，但需要注意确保学生（或教师）不过分强调此类知识。学生必须学会寻找各种事实之间的联系，建立表征“专家”掌握的科学知识图式。学生和教师都必须能够把事实迁移或应用到专业人员将遇到的更复杂的情况中，而不是简单地获取所谓的“无效”事实性知识。

概念性知识包括更一般的图式、理论和心理或概念模式，其中包括主题事实之间的相互关系。一个领域的专家既对所在领域有着深刻理解，也清晰地记着无数事实性知识，这些有助于他们将知识迁移到新的情况中。BIP-M和BIP-MT中规定的大部分学习成果与概念性知识有关。

**程序性知识**包括我们如何完成某件事的知识，如解二次方程式、判读天气图或使用Python绘制数据的时间序列。

***认知过程维度***

虽然记住知识确实是一个重要的教育目标，但迁移知识对于达到专业资格（如BIP，尤其是BIP-M）来说很重要。迁移知识意味着对知识有深刻的理解，并能够以不同的方式将其应用于一系列任务和问题中，包括新的情况中。

下面给出了分类中每个认知过程的简要说明，包括过程的定义（Anderson, et al., 2001）、简单示例以及我们如何在BIP学习结果中体现这些过程的说明。如前所述，这一系列过程中没有固定的难易之分（心理上，记住复杂的材料比创造简单的东西更加费时费力），成果介绍中使用的动词旨在描述主题知识最常见的应用。

**记住**意味着“从长期记忆中检索相关知识”，如能够将呈现的信息识别为先前的知识或回忆起相关信息。学习成果通常将“记住”的认知过程与事实性知识配对，对于测试学生是否有效学习了一门学科的基本经验事实和术语非常重要。

使用“记住”这一过程的学习成果示例如下：

——“在天气图上找出热带气旋。”

——“回想一下位温的定义。”

虽然我们并未低估记住事实对学习的重要性，但我们已经尝试避免在BIP，特别是BIP-M中纳入此类学习成果。我们关注高阶认知过程，在隐含层面上支持低阶过程，以便清晰呈现专业气象学家和气象技术人员所需的高阶思维。

**理解**意味着“从教学信息中构建意义，包括口头、书面和图形交流”。本指南中的“理解”是指在教学信息中的概念与长期记忆中的现有图式之间建立联系，使学生能够将新概念与现有知识和概念一起应用于诸如解读、举例、分类、总结、推断、比较和解释等认知任务中。

正如这里所定义的，理解概念的能力构成了BIP（特别是BIP-M）中成果的最大子集，特别是在物理气象学等更基础的专题和动力气象学更初级的部分上面。如果既需要理解也需要高阶过程，我们在成果中展示高阶过程，并在隐含层面上支持理解过程。许多这样的成果要求学生能够解释概念。“解释”这个动词不仅仅意味着描述一个概念的组成部分。学生需要理解系统或概念各部分之间的相互联系和反馈，并能够思考因果问题。

许多教育工作者抱怨说，诸如“学生应该理解科里奥利力”这样的学习结果并无帮助。“理解”是一个内在的认知过程，无法被观察和检验，所以我们在成果中没有把这个词作为动词使用。

**应用**意味着“在给定情况下执行或使用程序”。在需要执行任务的能力时，例如在计算中，通常会搭配使用这一成果与程序性知识。这一级别的成果可分为两类。第一类是“执行”或“实施”熟悉任务的已知程序。这是在学习情境下的练习，会提供执行任务的“配方”和示例。第二类是实施未知程序，要求学生确定在构建策略时使用哪些概念性知识，然后再根据策略来制定解决方案。这是在学习情境下的问题，学生会被要求找出解决问题的方法。

**分析**的意思是“把材料分解成多个组成部分，并确定这些部分之间的联系，以及与整体结构之间的联系”。分析可以被视作“理解”的延伸，因为分析是确定观点之间的联系，寻找证据来支撑结论，以及区分相关材料和无关材料的过程。要求学习者动用“分析”过程的动词包括“选择”、“整合”和“概述”。

5.**评估**意味着“根据准则和标准做出判断”。评估在气象教育中的相关用途包括发现预报中的不一致之处以及预报与新获得的数据之间的不一致之处，并确定解决特定问题的最可能的最佳办法。

6.**创造**是一个认知过程，经常被误解为生成新观点或过程的需要。在现实中，创造包含了在气象学甚至教育中普遍存在的功能，例如生成假设来解释观察到的现象，规划开展一项研究，甚至是生成以客户为中心的天气简报。

我们还定义了学习成果中使用的其他一些单词和短语，以帮助读者理解作者们的意图。

**表1.2. 学习成果中使用的词汇的定义。**

|  |  |
| --- | --- |
| **单词或短语** | **内涵意义** |
| 和（用于连接句子中的两个从句） | 为了简洁起见，我们有时会在一个句子中包含不止一个不同的成果，在这种情况下，学生必须取得所有从句中规定的成果。 |
| 例如 | 用于可能的专题或选项列表之前。 |
| 如 |
| 包括 |

***BIP学习成果的演变（与BIP-M相关的示例）***

为说明BIP-M（及其前身）的内容在过去50年中的演变，表1中列出了动力气象学领域的一组成果示例。表1内容明确体现了从专题列表到可评估的学习成果的变化，也明确体现了从学术或理论角度到基于科学应用的角度的变化。最后两行举例说明了上述方法在使用高阶思维技能方面的应用。

该表显示，现在可以按照前面讨论过的从学术性到应用性不等的范围设计BIP-M课程，所有课程都具有同等价值。所有课程的设计都应考虑到雇主的需要，并应采用一系列循证教学方法，以最大限度地实现学习成果的迁移。

**表1.3.** **BIP-M四次迭代版本中所述动态学习成果的分析**

| 版本 | 样本成果/专题 | 知识描述 | 认知水平 | 特点 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| WMO-No. 258, 1969 | 由牛顿第二定律推导的矢量形式的运动方程；有关压力和引力的探讨；从非旋转坐标系转向旋转坐标系；有关向心加速度和科里奥利力的探讨；重力的概念。笛卡尔坐标（切平面近似）和球面坐标中的运动方程；（基于观察的）各种项的数量级，得到简化的方程。 | -（专题列表） | - | 偏理论化 |
| WMO-No. 258, 2001 | 标量场和矢量场；高斯定理和斯托克斯定理；流场运动学；物质导数；欧拉和拉格朗日变化率；质量、动量和能量守恒。纳维尔-斯托克斯方程。旋转参照系；坐标形式的运动方程：球面坐标；球坐标形式的方程的初步近似；科里奥利参数；切面几何学；f-和β-平面近似。 | -（专题列表） | - | 偏理论化 |
| WMO-No. 1083, 2015 | 从力和参照系角度来解释运动方程的物理基础，利用尺度分析来确定平衡流的动力过程，描述平衡流的特点，并利用运动方程来解释准地转和非地转以及大气中波的结构和传播。 | 概念 | 理解 | 理论化 |
| 本版指南 | 概述力、加速度和参考系概念在大气动力学物理学中的应用，如运动方程所示。运用源自动力气象学的概念模式来解释和预测关注区域的大气演变。评估概念模式与现实的相似程度。根据模拟系统特征、所考虑的空间和时间尺度以及表示不确定性的需要的相关知识，使用数值模式输出来表征感兴趣的现象。 | 概念，程序 | 理解，应用，评估 | 理论与应用相结合 |

自第一版《气象人员教育和培训指导方针》（WMO-No. 258）以来，BIP-MT方面的修改要少于BIP-M。其主要原因是，BIP-M的范围更广，因此更有必要加以更新。由于全球气象界对BIP-MT的反馈比1969年BIP-MT形成以来的任何时候都要多——1969年的BIP-MT还叫做“人员类别”制度，现已被取代——因此本版指南给予BIP-MT的关注至少与BIP-M同样多。

**设计教学和学习以及评估活动**

传统上，大学和专业背景下的教育和培训依靠讲课传授信息。讲课辅以辅导课和实验可以加深学生对知识的理解和应用。正如课程设计方法已从描述知识列表的教学大纲演变为以学习者为中心、以成果为基础的方法一样，开展更加多样化的学习活动，鼓励学生积极应用知识已成为标准实践。

根据上一节所述的定义明确的学习成果，应当设计直截了当的教学和学习方法以及评估方法，促使学生取得这些成果。遗憾的是，讲课等传统方法仍然普遍，往往不太适合学习或评估成果。

如图2所示，我们通过一致性建构的概念来说明这个过程（Biggs & Tang, 2011）。[[12]](#footnote-12)一致性建构方法以建构主义为基础，指出有效的学习离不开三个适当且相互关联的要素：

– 学习成果。

– 使学习者能够取得这些成果的学习和教学活动。

– 评估方法——学习者通过这些方法证明已经取得这些成果。



**图2. 成果与活动之间的一致性建构**

* + 1. **学习陈述性知识**

例如，通过名为“运用物理和动力推理来解释气候变率和气候变化的机制”的课程，帮助学生取得气候学领域的一个BIP-M学习成果。这一学习成果使用的动作动词是“解释”，如上所述，“解释”要求学生能介绍气候系统的组成部分如何在复杂的因果链中相互作用，从而产生所观察到的现象。表1.4分析并总结了教师和学生在讲课中分别进行的活动。[[13]](#footnote-13)

**表1.4. 讲课活动分析**

|  |  |
| --- | --- |
| 教师活动 | 学生活动 |
| 介绍 | 听课 |
| 解释 | 记笔记 |
| 详细说明 | 理解（但学生的理解是否正确且足够深入呢？） |
| 播放幻灯片和视频 | 观看，记笔记 |
| 通过幻灯片提问 | 写下问题的答案 |
| 结束课程 | 聆听，也许可以提个问题 |

在本例中，学生的角色是被动的。期望的成果是学生能够“解释”某事，但在这种情况下，学生没有机会或动机去做任何“解释”。教师的“解释”可能是好的，但学生忙于接收并努力“记住”陈述性知识。一个有良好学习技巧和足够空闲认知负荷的自律的学生可以在内部建立图式，包括建立所接收的信息之间的联系，也可以解释整体信息；否则，实际成果将与预期成果完全不同（“记住”与“解释”）。

为尽快掌握气象学所需的陈述性知识，应鼓励学生主动参与和控制的学习活动，而非被动的学习体验。可以采用教师指导和自学相结合的方式。无论学生是在听课、积极阅读还是参与小组讨论，他们都应使用正确的元认知技能来主动检索和使用所需的知识。如果学习成果是回忆某一事实，那么学生就应该“回忆”；如果成果是解释，学生就应该“解释”；无论是哪种情况，教学和学习活动都必须与学习成果保持一致。

* + 1. **学习程序性知识**

BIP（特别是BIP-M）中的许多学习成果表现为高阶认知过程技能；与分类中的“应用”、“分析”、“评估”和“创建”类别相关联的程序性知识真正定义了什么是专业气象学家或气象技术人员。

教学与学习活动必须激活学生的认知过程，使学生既能掌握又能运用知识。鼓励或要求使用这些过程的教学与学习活动的例子包括基于案例研究的学习、小组和个人项目以及基于工作场所的学习（也叫实习）。

发展必要的元认知能力，例如解决问题的能力，可能有利于学习程序性知识，但遗憾的是，这些能力往往没有明确教给学生。

* + 1. **评估**

正如教学与学习的方法必须与学习成果保持一致一样，评估学习的手段也必须如此。应告知学习者明确的学习成果要求，说明所需的知识和认知过程，使其能够评估和衡量自己的进展。在学习成果和评估项目之间进行一致性建构，旨在便利评估项目的设计过程，但可能需要对评估方法进行创新。

如果要求学生解释一个知识点，那么评估项目应该给他们解释的机会。同样，若学习成果要求学生评估某种情况，则必须通过测试学生的批判性思维和分析能力来进行评估。测试学生回忆陈述性知识的能力往往比测试他们运用程序性知识的能力更容易，但如果成果需要的是程序性知识，那么需要测试的就是程序性知识。

如前一小节所述，开发案例研究、个人研究项目等以及呈现研究结果等活动不仅有助于学习，而且有助于评估一系列高阶认知过程。

**课程设计**

各机构仍然必须界定在课程、模块和学习/评估活动一级的详细成果。这些机构将在BIP的基础上，根据区域、国家和地方的需要确定详细成果，同时必须使学生能够取得总体和教育成果。

如图3所示，无论是开发新课程还是审查现有课程，机构均应采用系统性方法设计课程。这是为了确保每项课程都符合BIP的要求，并使招生对象及其未来的雇主清楚了解课程对他们有何益处。全面、系统的课程设计还应明确各组成部分之间的联系和相互依存关系，并确保根据这些联系来设计活动。全面、系统的课程设计有助于学生全面了解天气和气候系统的运作方式，以及NMHS和其他天气和气候服务提供方为社会做贡献的方式。

本指南不提供详细的模块级教学成果，包括编写教学材料和评估方法的教师所需的详细指导意见。这是因为这种成果取决于当地的需要、国家的教育实践和教学方法。学习和评估活动的详细设计至关重要，必须在深思熟虑后利用循证教学和评估实践、教育技术等进行设计。

鉴于课程模式、目标、学生教育背景等多种多样，BIP-M和BIP-MT没有给出建议的课程期限。如前所述，成为气象学家或气象技术人员的标志是取得的成果，而非花了一定时间进行学习和评估的事实。



**图3. 在课程成果中体现BIP**

**包容性教学与评估**

《WMO战略计划2020-2023》（WMO-No.1225）的具体目标5.3是“推进平等、有效及包容性地参与治理、科学合作和决策”。该计划指出：

尊重多样性及重视性别平等的组织展现出更出色的治理、更高的业绩及更强的创造力。性别平等和女性赋权对科学卓越更为关键，且对于应对气候变化、减少灾害风险以及可持续发展的挑战，尤其是对于可持续发展目标5都至关重要。

为实现这一目标并获得所述惠益，必须向所有人提供平等的教育和培训机会，所有人都能充分获得学习和教学材料及评估，并且学习和教学材料及评估能代表潜在学生基础的多样性。包容、接纳非全日制学生（包括需要儿童保育的学生）的课程尤其有利于性别平等，这一点在新冠病毒（COVID-19）大流行期间尤为突出。这同样适用于员工教育和培训。

如前所述，明确的学习成果加上透明和公平的评估政策有利于学生取得成绩，并有助于形成更具包容性的文化。

**BIP应用的案例研究**

BIP-M和BIP-MT的章节并不打算强制规定课程结构或严格定义学习课程的内容。每个WMO会员、NMHS、大学或其他培训机构都有自己的要求、监管制度和教育体制，有必要制定与这些要求和制度体制相一致的课程大纲和成果。课程还将包括其他补充科目等内容，目的是满足机构的研究或业务需求，并确保其毕业生接受均衡的教育。

* + 1. **BIP-M的应用**

下文所述的课程纲要是实施BIP-M的例子，但其他结构也同样有效。

**案例1 -气象学本科课程**

实施BIP-M的一种方法是将其置于三年或四年制气象学本科课程的核心。下面是课程纲要的一个例子。在本例中，假定学生掌握了中学数学和物理知识，可以学习这些领域更高级的本科课程。

若学位课程不包括天气预报或其他专门领域的具体课程，则无论由教学人员授课还是与NMHS合作授课，这些课程都无法使毕业生在未经进一步培训的情况下从事预报工作。

**图4. 气象学本科生课程示意图**

**案例2 -气象学研究生课程**

实施BIP-M的另一种常见方式是将其置于气象学硕士研究生课程的核心，通常为期一年。下面是课程纲要的一个例子。在本例中，假定学生拥有相关学科的学士学位，接受过数学和物理方面的必要教育，能够进一步学习达到硕士研究生水平和学习强度。

若学位课程不包括天气预报或其他专门领域的具体课程，则无论由教学人员授课还是与NMHS合作授课，这些课程都无法使毕业生在未经进一步培训的情况下从事预报工作。

**图5. 气象学研究生课程示意图**

**案例3 - NMHS研究生或在职预报课程**

这个例子是NMHS培训中心或RTC开设的课程。假定学生是物理科学专业的毕业生，或是受雇为气象技术人员或从事其他工作的人员，他们受过必要的教育，可能是在服务中获得的必要教育（例如通过经认可的在线课程或在当地大学接受的教育）。

虽然完成BIP-M专题所需的教育水平必然相当于本科水平，但这些课程一般不授予学分或学位。

**图6. NMHS毕业生或在职预报课程示意图**

**案例4 -混合式个人资格路径**

WMO全球校园倡议鼓励教育机构提供传统学术和工作场所以外的教育和培训机会。得益于当今的技术，学习者可以在最合适的时间和地点自由组合利用各种学习方法——同步和异步学习以及自我指导和教师指导学习。通过从某个提供方或一系列不同的提供方那里获得必要的学习，相关人员有可能获得BIP-M资格。

这条路径将为那些传统上因其所在地、就业状况、照料责任或其他原因而被排除在外的人提供接受气象教育的机会。

由于气象学家没有国际注册系统，因此，提供气象学家已取得BIP-M学习成果的证明仍然是雇用气象学家的组织的责任。为便于提供证明，鼓励各机构通过注册文件、证书和成绩单明确说明通过课程取得了哪些BIP-M成果以及达到何种程度。

* + 1. **BIP-MT的应用**

会员采用不同的教育和培训方法培训其气象技术人员，包括技术学校、RTC、学院或大学的特定正规气象教育培训计划，以及气象观测和测量方面的职业和在职培训（或两者相结合）。无论采用哪种方法，机构都必须符合BIP-MT的要求。

通常是通过在某一机构，例如NMHS培训机构、RTC或继续教育学院，顺利完成中学后学习计划来达到BIP-MT课程的要求。

按照BIP-MT的要求，成功完成学习课程的个人应能够：

– 展示对其学习领域基本概念和原理的了解。

– 提供、评估并解释定性和定量数据，以便根据其学习领域的基础理论和概念作出有充分依据的判断。

– 评估解决其学习领域相关问题的不同方法。

– 准确、可靠地展现其学习的结果。

– 在一个结构化、受管理的环境下，进一步开展培训和开发新技能。

**职业生涯后期的BIP**

个人好像一般都是通过完成早期在大学或培训机构的学习课程来达到BIP-M和BIP-MT的要求。这通常发生在受聘于NMHS之前或之后不久。然而，实际上，达到这些要求以成为一名气象学家或气象技术人员也可能在职业生涯中期实现。

例如，有些气象技术人员在初期培训、持续职业发展和业务经验的基础上已经积累了大量气象知识，但可能想要通过完成学习课程来正式成为气象学家。在这种情况下，他们早已取得BIP-M中规定的许多学习成果。只要先前的学习能够得到正式确认并有记录在案，那么这些气象技术人员只需要取得学习课程中尚未取得的学习成果即可。如果NMHS被指定为“承认先前学习”的中心（如果国家教育监管机构或部门有此要求），则先前学习的确认和记录可由NMHS内负责培训的人员进行。同样的方法也适用于那些接受过早期培训（未涵盖所有BIP-MT成果），但后来在其职业生涯中想成为气象技术人员的个人。

每个国家都有具体的国家或机构法规和要求，这些法规和要求将决定该国是否会接受考虑到先前学习的重新分类。

1. **气象学家的基础教学包**

本指南的这一部分介绍了实施《技术规则》（WMO-No. 49）中包含的BIP‑M学习成果的指导意见。这一部分对书面成果背后的意图作了一些说明，并更详细地介绍了为实现学习成果而可能纳入学习课程的专题。必须记住，本部分的细节内容并未做到详尽无遗，也并非为了限制WMO会员设置的课程内容。换句话说，定义BIP-M的是列表中的学习成果，而非列表下方表格中的解释性细节。

作为专业人员，气象学家需要能够运用高水平、创造性地解决问题的能力，批判性地思考，进行深刻的分析，并自主执行各种例行和非例行任务。BIP-M课程的毕业生必须发展的正是这些高阶认知过程，以及对大气过程的深刻理解。

出于这个原因，尽可能避免与分类法的“记住”级别[[14]](#footnote-14)（识别和回忆）相关的低级思维技能。当然，还有大量的陈述性知识——包括经验知识和术语——对气象学家来说很重要，它们为更高层次的技能打下了至关重要的基础。在大多数情况下，事实性知识是内隐而非明确陈述的。

我们在使用与“理解”认知过程水平相关的动词时也很谨慎，如“解释”和“描述”。这些动词经常被学生和教师误解为简单地背诵解释、推导等，但实际上指的是构建因果系统模型以证明对概念的理解的能力。应使用前一章给出的定义来确定这些成果中的动词在BIP‑M语境中的含义。

**解释**

在本章中，灰色阴影框内的文本（如本示例）包含了将纳入下一版《技术规则》（WMO-No. 49）第一卷第六部分的摘录内容。这些文本将具有规范性标准做法和程序的地位。

第2部分的其余部分包括叙述和建议的学习成果，旨在指导WMO会员实施BIP-M，但不具有规范性地位。

**总体学习成果**

本节描述了专业气象学家（无论承担什么工作）的关键特征和技能。如上所述，这些总体学习成果同样旨在通过描述专业气象学家如何思考以及如何使用他们在专业工作中所掌握的数据和工具，来总结BIP-M的总体理念。

此处描述的成果并不针对任何特定角色，也不对个人最终是否会被雇用做出任何假设。成果并不一定要直接映射到学习的模块或单元中。相反，成果应贯穿整套学习课程，并用于评估课程，以确保单个学习单元有助于实现整套课程的更广泛目标，即嵌入气象思维和实践，并在理论、真实大气层与提供科学和专业服务之间建立联系以造福社会。

**气象学家须能够：**

– 系统地综合现有来源的相关观测数据，以便对所考虑的空间和时间尺度上的大气状况进行连贯的分析。

– 从相关的动力和物理过程以及概念模式的角度，对关切区域的大气演变提出合理的假设。

– 预测大气状态的演变和这些预测的不确定性程度，将相关的数值模式产品与物理和动态思维及经验方法结合起来，达到与所考虑的空间和时间尺度以及已知的不确定性来源相适应的精确程度。

– 使用定性或定量方法，对比预测与观测结果以评估假设，并通过证明假设、产品和服务所需的变更等来保证服务质量。

– 通过各类媒体，以反映不确定性和影响的方式，清晰准确地与同事、客户和其他利益相关方沟通相关信息。

– 确定社会对天气和气候现象的敏感性，必要时利用其他学科知识，以确保气象学家的工作中心是识别和预警天气和气候影响。

– 根据相关标准评估其工作成果，必要时采取纠正措施，并促进工作系统和流程的发展。

– 反思其学习和工作实践，批判性地评估其业绩，并使用一系列方法不断发展其专业知识和能力。

这些学习成果应通过学习和评估下文第2部分所述的大气科学专题来实现，必要时辅之以专业学习成果和满足国家需要所需的其他成果，并辅之以这一部分也载有的关于基础数学和物理学的咨询建议。

**先决条件——数学和物理**

气象学是一门物理科学，建立在基础物理学的基础上，用数学方法描述大气中的各种过程。因此，气象学家在学习大气物理学的细节之前，必须有坚实的数学和物理基础，尤其是因为即使是气象入门文献也使用数学语言来简明地描述这门科学。与此同时，我们应该记住，BIP-M并不是为了教育出数学家或纯粹的物理学家：数学是人们学习气象概念的手段，而不是目的。

基于这些原因，BIP‑M包括数学和物理学习成果，但仅针对那些直接支持其他学习成果的数学和物理成果。所有这些成果对机构来说并非强制要求，各机构可以超越这里所列的内容来支持大气科学的授课，可以提供标准的数学入门课程，也可以为学生进行更高级的学习做准备。

本节所述成果可通过多种方式实现，包括采用以下任何或所有办法：

– 设定学生在开始学习大气科学之前必须达到的门槛。可以结合中学教育[[15]](#footnote-15)和入门级本科课程来设立门槛。

– 将具体的数学和物理学入门课程模块纳入气象学综合课程计划。

– 将培训嵌入气象学核心课程（例如，将基础电磁辐射传输纳入遥感模块）。

**气象学家须能够：**

* 解释和应用气象学入门级文献和教材中使用的数学语言、概念和技术。
* 运用其数学知识合乎逻辑和理性地解决问题；辨别错误的推理；并且用数学的语言清楚地表达自己的推理。
* 应用和解释基本统计方法，以总结气象数据和预报结果，并分析误差。
* 以数学方式表示物理和气象情况，理解真实世界与数学模型之间的关系，并对结果作出合理的解释。
* 运用基本物理学定律解决与力学、热力学、波动和电磁辐射有关的问题。

表2.1和表2.2中的指导意见应有助于确定学习模块中的教学学习成果。指导意见不应是详尽无遗的或限制性的。相反，其目的是阐明满足气象学学习先决条件的知识范围和类型：

**表2.1. 为满足先决条件之一的数学要求而建议的教学成果。**

|  |
| --- |
| **数学** |
| 三角函数 | 使用正弦、余弦、正切及其反函数的定义（以度和弧度为单位）解决简单的几何问题。 |
| 描述正弦、余弦和正切函数及其图形、对称性和周期性。 |
| 解释并应用小角度近似法。 |
| 对数和指数 | 使用和解释包含对数和指数的表达式。 |
| 使用对数图来估计指数方程的系数。 |
| 代数和函数 | 通过去括号、收集相似项和应用因式分解等方法求解多项式方程。 |
| 用消去法或代入法求解两个变量的联立方程。 |
| 阅读并解释函数图和由简单多项式定义的曲线草图。 |
| 测量线性图的斜率和截距。 |
| 向量与线性代数 | 以图形方式表示向量，使用向量符号并在两者之间转换。 |
| 计算向量的大小和方向，并在分量形式和大小/方向形式之间进行转换。 |
| 加减向量，并用标量乘以向量。用代数法和图解法来做这些运算。 |
| 计算二维向量的标量（点）积和向量（叉）积。 |
| 复数 | 求解任何具有实系数的二次方程，包括具有复数根的方程。 |
| 解释术语“实部”和“虚部”。 |
| 微积分 | 将函数的导数解释为图形中某点切线的梯度和该函数的变化率。 |
| 将函数的二阶导数解释为梯度的变化率，并用其来识别最大值、最小值和拐点。 |
| 解释包含空间和时间导数的常微分方程和偏微分方程的物理意义。 |
| 把函数的积分解释为图形下的面积以及和的极限。 |
| 使用泰勒级数来近似感兴趣点周围的函数。 |
| 向量微积分 | 给定函数的标量场和表示平移、变形、散度或涡度的矢量场的简图。 |
| 定义梯度、散度和旋度算子，并解释这些算子在标量场或矢量场上的结果。 |
| 统计 | 解释数据集中趋势、范围和扩散的基本度量。 |
|  | 解释绘制为直方图的数据。 |
|  | 讲解概率和条件概率的概念。 |
|  | 解释概率分布函数、概率质量函数和概率密度函数图。 |
|  | 应用具有一个或多个变量的回归，并评估结果模型与预测问题的拟合度。 |

**表2.2. 为满足先决条件之一的物理要求而建议的教学成果。**

|  |
| --- |
| **物理** |
| 力学 | 描述力的概念；解释和应用牛顿第一定律。 |
| 用图解法或代数法将力相加，求出系统的合力。 |
| 描述并应用牛顿第二运动定律解决简单问题。 |
| 运用(线性)动量守恒原理解决问题。 |
| 解释欧拉和拉格朗日参考系的概念，何时使用两个概念以及如何从一个概念转换到另一个概念。 |
| 解释向心加速度的概念，并通过将合力与向心加速度联系起来来描述系统中的圆周运动。 |
| 将角动量守恒原理应用于旋转系统。 |
| 解释功、动能、势能和内能的概念。 |
| 运用能量守恒原理解决简单问题。 |
| 利用功率、功和力的关系解决简单问题。 |
| 运动学 | 使用运动学语言来描述物理系统：位置、位移、距离、速度、速率和加速度。 |
| 利用描述距离、速度、加速度与匀加速直线运动时间之间关系的方程解题。 |
| 使用向量和微分学来描述一维和二维的运动。 |
| 流体力学 | 解释流体静压力的概念、压力在流体中的传递和帕斯卡定律；解释为什么大气中的压力随高度而减小。 |
| 解释浮力原理和阿基米德原理。 |
| 描述粘度的概念。 |
| 用平移、变形、散度和涡度来描述风场或其它矢量场。 |
| 描述并应用流函数和速度势的概念。 |
| 解释流线和轨迹之间的关系。 |
| 热传递 | 解释通过传导、对流和辐射进行热传递的物理基础。 |
| 基础热力学 | 描述气体的运动学理论并解释温度的物理基础。 |
| 将热力学的基本原理应用于气体系统，包括干空气和湿空气的气体定律、热力学第一和第二定律以及道尔顿定律。 |
| 解释显热、比热、潜热、蒸汽压和饱和度的物理基础。 |
| 解释可逆和不可逆过程的物理基础、熵和焓。 |
| 描述水在气体系统中的相变及其对系统其他部分的影响。 |
| 波 | 描述振荡和波的特性以及解释简谐运动；利用波的速度、频率和长度之间的关系解决问题。 |
| 解释纵波和横波的区别。 |
| 解释波动原理，包括反射、折射、衍射、相位和群速度、波弥散和波解体的概念。 |
| 光学 | 解释光反射、折射、衍射和散射的概念。 |
| 电磁辐射 | 解释电磁辐射的原理，包括电磁波频谱、黑体辐射、普朗克定律、维恩定律和斯忒藩-玻耳兹曼定律以及辐射的散射、吸收和发射。 |

**必修专题**

本节包含BIP-M必修专题的学习成果，涵盖了气象科学的核心知识。

* + 1. **物理气象学**

物理气象学是对基本大气现象的科学解释。物理气象学建立在先前学习的物理学基础上，应用基础物理学定律来解释观测到的大气性质。本节的概念包括大气的热力学结构、太阳和地球辐射、边界层过程、云物理学以及仪器和测量原理。在某些方面，这些概念有助于人们理解大尺度现象，但也直接适用于解决气象学中的许多问题。

**气象学家须能够：**

– 使用大气成分和辐射传输的知识来解释大气结构、全球能量平衡和温室效应以及常见的光学现象。

–使用热力学定律解释大气的稳定分层以及绝热和非绝热过程的影响，包括水的影响；使用热力学图来评估大气的性质和稳定性。

– 总结云、降水和电现象的形成所涉及的微观物理过程，并使用热力学图来诊断和预测这些现象。

– 使用湍流和表面通量的知识来解释大气边界层的结构和特征以及污染物的行为。

– 考虑到物理运行原理、误差和不确定性的来源和特征，以及现行的质量控制实践，选择仪器来观测地表和高空大气现象。

– 使用相关的地基和天基遥感来定性和定量地观测大气和地表现象；解释如何进行辐射测量，如何将其转化为大气数据，以及这些数据的用途和局限性。

表2.3中的指导意见应有助于确定学习模块中的教学学习成果。指导意见旨在介绍取得物理气象学学习成果所需知识的范围和类型，并未做到详尽无遗，也不具有限制性。

**表2.4. 建议在物理气象学方面取得的教学成果**

|  |
| --- |
| **大气成分、辐射和光学现象** |
| 大气结构和成分 | 概述与气象学家关系最密切的大气层区域（对流层、对流层顶、平流层）的特征，包括其主要成分、温度和湿度。 |
| 概述大气层的组成，包括痕量气体、气溶胶、矿物粉尘、火山灰和污染物，也包括这些组成的影响。 |
| 大气辐射 | 解释大气成分（包括气溶胶、水汽、云、温室气体和活性气体）分布的变化和地表条件（湿度、植被、积雪）对入射和出射辐射的影响。 |
| 全球能量平衡 | 解释由于全球辐射能量平衡、太阳光通量变化和地球轨道特征引起的气候纬度和季节变化。 |
| 光学现象 | 解释大气透光度和常见光学现象（例如，彩虹、晕、日冕、天空颜色、云的颜色）的物理特性，并说明有利于其发生的气象条件。 |
| **热力学和云物理学**  |
| 应用热力学 | 基于对气块概念的理解，包括描述绝热和非绝热过程、干和饱和绝热运动，以及相关的守恒量，应用热力学定律来解决基本问题。 |
| 大气湿度 | 解释用于表示大气中湿度含量的常用参数的物理基础和应用；描述如何测量这些量以及它们之间的关系。 |
| 运用热力学知识来描述水的相变过程，包括这些相变对假设的气块和更大尺度过程的影响。 |
| 大气稳定性 | 根据受扰动气块的密度和行为的变化，总结静态稳定、中性和不稳定区域的特征。 |
| 运用热力学知识描述和应用条件性不稳定、潜在不稳定和位势/对流不稳定的概念。 |
| 选择最相关的热力学参数，利用这些参数的物理基础知识，评估数据稳定性的度量。 |
| 预测静态稳定的测量值如何由于非绝热和绝热过程（例如，日射、潜热释放和斜流）而改变。 |
| 热力图 | 使用热力图来确定或计算用于描述大气热力学状态（包括稳定性）的常用参数。 |
| 从热力图推断大气结构（如云和降水的存在）和天气尺度过程的信息。 |
| 云和降水 | 描述导致大气水凝物形成、增长和消散的微观物理过程，包括暖云滴和冷云滴以及降水大小的粒子。 |
| 描述主要类型的冷云和暖云的宏观结构和基本动力学。 |
| 分析天气和中尺度条件，预测各种云类、降水类型、露、冰、霜和各种类型的雾的发展可能性；解释当地条件如何促进或阻碍这些现象的发展。 |
| 电学现象 | 描述在大气中引起电学现象的机制，并评估这些现象在给定天气和中尺度情况下的可能性。 |
| **边界层气象学和微气象学** |
| 湍流过程 | 描述湍流的性质与层流的性质有何不同；描述湍流产生和消散的机制；描述粘性在提供约束边界层流的下边界条件中的作用。 |
| 解释为什么用统计方法来描述湍流，常用的平均法，以及把流动变量分解成平均和波动部分的物理基础。 |
| 定性地解释质量、热量、湿度和动量的湍流通量是如何产生的，以及如何重新分配这些量。 |
| 根据质量、热量、湿度和动量的通量作为其平均值垂直分布的函数，预测质量、热量、湿度和动量边界层的演变。 |
| 边界层能量交换 | 描述地球表面附近的能量收支和与表层的能量（热和动能）交换过程。 |
| 描述有云和无云边界层顶部的能量和质量收支，包括湍流、夹带和辐射传输的作用。 |
| 边界层结构和变化 | 利用湍流、地面过程和边界层顶部过程的知识来解释稳定、中性和不稳定边界层的结构和日变化。 |
| 局地风 | 解释地形、海岸线和城市地区对边界层流的影响，包括热诱导环流（例如，海风和陆风、湖泊效应和山谷风）；在给定的天气和中尺度情况下预测这些影响是否会在某地发生。 |
| 解释埃克曼螺线和混合长度假说的起源、意义和局限性，并在给出相关观测结果的情况下，使用后者来估计地面层风的垂直结构。 |
| 空气污染物 | 利用关于常见污染物及其源、汇、行为和影响的知识，预测污染物会如何根据气象条件（包括稳定性）而扩散，以及扩散可能对空气质量和能见度产生的影响。 |
| **现场观测和仪表装置** |
| 现场地面测量 | 解释在地面测量温度、湿度、压力、降水、风、云高、能见度、日照和辐射以及波高所用观测仪器背后的物理原理，以及这些仪器的局限性和敏感度。 |
| 描述云、能见度和天气类型的分类和观测方法，以及数据的用途和局限性。 |
| 高空测量 | 解释用于记录高空地理位置、压力、温度、湿度和风、臭氧以及其他大气成分（如灰尘和火山灰）的仪器的物理原理。 |
| 根据气球和航空器上的仪器的飞行特点和报告频率，评估这些仪器在提供某一地点的信息方面的效用。 |
| 仪器特性 | 利用对地面和高空仪器特性的知识，选择最佳数据源来观测感兴趣的参数或现象。 |
| 仪器误差和不确定性 | 利用对标准仪器和观测技术中常见误差和不确定性来源的知识，估计特定测量的置信度，包括评估影响观测代表性的局部效应。 |
| 观测资料的用途和局限性 | 描述常规观测在监测天气和气候以及进行预报方面的用途和局限性。 |
| 仪器和协作的全球标准 | 解释国家和国际测量标准的重要性，以及通过遵守最佳实践实现仪器精确校准的重要性。 |
| 描述国际合作在进行和分享观测资料中的作用，重点是WMO全球综合观测系统的组成系统。 |
| **遥感** |
| 这些学习成果旨在使气象学家掌握常用遥感系统的基本知识，并有能力在各种情况下明智地使用这些数据。需要通过进一步学习，才能掌握在工作场所使用遥感数据的方法。围绕BIP-M开设的课程，特别是那些吸引学生选择预报职业的课程，应考虑到《WMO胜任力框架纲要》（WMO-No. 1209）所载的卫星和雷达气象知识和技能框架，而这些知识和技能框架以本指南所述内容为基础。 |
| 遥感原理 | 利用雷达、卫星和其他系统提供的遥感数据以及现场观测、数值天气预报（NWP）和指导意见，综合了解大气状况的全貌，并查明孤立使用单一数据源所造成的误差。 |
| 考虑到不同系统的特点、关切地理区域和所考虑的气象问题，选择相关的遥感数据。 |
| 选择适当的展示形式来最大限度地发挥遥感数据的效益，包括适当的投影、配色方案和动画。 |
| 主动传感 | 解释如何利用雷达、激光雷达和声音探测与测距（SODAR）等主动传感系统提供有关大气参数（例如，降水率和类型、风速和风向、云、湿度、温度、湍流和气溶胶负荷）和现象（例如，雷暴、微暴流和龙卷风）的定量和定性数据。 |
| 被动传感 | 解释如何利用被动传感系统从接收到的辐射（例如，光谱的可见光、红外线或微波部分）提供数字数据。 |
| 描述如何利用被动传感器的数据来获取温度、湿度、大气成分、闪电、波高和土壤水分等信息。 |
| 气象卫星 | 描述用于气象的地球静止卫星和低地球轨道卫星的轨道特征，包括从这些平台获得的数据的益处、局限性和应用。 |
| 描述卫星传感器可提供的普通信道的特点、局限性和应用，包括可见光、近红外线、水汽和红外线。 |
| 解释组合通道的原因（包括通过创建RGB图像）、此图像的应用以及与单通道图像相比的优势。 |
| 选择单通道或多通道图像来观察关切的共同特征，包括天气尺度和中尺度天气系统以及自然灾害。 |
| 雷达 | 利用天气雷达的物理原理知识，解释降水规模、相位变化以及气象条件和非气象目标的衰减效应带来的局限性。 |
| 描述如何处理雷达数据以减轻衰减效应，从雷达网络制作合成数据，并对降水率和类型、风等进行定量估计。 |
| 选择最相关的雷达图像（包括可能的双极化图），以补充特定天气和中尺度情况以及所考虑的气象问题中的其他形式的数据。 |

* + 1. **动力气象学**

如果气象学家要深入了解大气演变，并有能力根据模式和观测之间的误差推断这种演变的后果，他们就需要全面了解大气运动的物理学知识，包括大气不同层面特征之间的相互作用和反馈（Carroll, 1997）。数值模式的发展完全依赖于大气动力学，而数值模式现在是大多数研究和业务气象学的基础。因此，基本动力学和数值模拟是这些学习成果的重要组成部分。

各机构必须注意确保动力学和数值模拟的教学内容满足学生的需要。常见的教学方法以数学为主导，一旦利用动力学思想和NWP处理现实世界的数据，这种方法将变得更加强大。

**气象学家须能够：**

– 概述力、加速度和参考系概念在大气动力物理学中的应用，如运动方程所示。

– 应用源于动力气象学的概念模式来解释和预测关切区域的大气演变。

– 评估概念模式与现实的相似程度。

– 根据对模拟系统特征、所考虑的空间和时间尺度以及表示不确定性的需要的了解，使用数值模式输出来表示关切的现象。

表2.4中的指导意见应有助于确定学习模块中的教学学习成果。指导意见旨在介绍取得动力气象学学习成果所需知识的范围和类型，并未做到详尽无遗，也不具有限制性。

**表2.4. 建议在动力气象学方面取得的教学成果**

|  |
| --- |
| **大气动力学** |
| 运动方程 | 利用牛顿第二运动定律并考虑作用在流体块上的力，概述惯性参考系中的水平和垂直运动方程（动量方程）的推导过程。 |
| 解释表示作用于旋转参照系中的表观力的附加项的物理基础及其影响。 |
| 解释重力势的概念以及使用重力势高度而非几何高度的原因。 |
| 解释为什么在考虑天气尺度大气流动时，压力常被用作原始方程中的垂直坐标。 |
| 运动尺度 | 根据大气现象的长度和时间尺度将其分类为微观、中观、天气或行星尺度的现象。 |
| 利用尺度分析的概念来描述对适合于每一种运动尺度的运动方程的简化。 |
| 平衡流 | 描述在推导主要类型的平衡流（包括地转流、梯度流、回旋流和惯性流）时所作的简化；描述这些平衡流的性质，并找出真实世界的例子。 |
| 解释厚度和热风平衡的概念。 |
| 流体静力学平衡 | 列出推导流体静力学方程时所作的简化，指出大气不处于流体静力学平衡的现象，并解释如何根据流体静力学假设确定垂直运动。 |
| 非地转运动 | 利用运动方程解释非地转运动的成因和影响，包括摩擦力效应。 |
| 涡度和辐散 | 解释散度和涡度的概念，并描述引发参数变化的机制。 |
| 描述水平风辐散和垂直运动之间的关系。 |
| 位势涡度 | 解释位势涡度的概念，包括守恒性和可逆性。 |
| 准地转流[[16]](#footnote-16) | 解释准地转方程组中的近似和假设，并指出这些假设可能不成立的情况。 |
| 概述位势趋势和欧米伽方程的推导过程。 |
| 从物理角度解释这些方程中的强迫项和响应项。 |
| 利用位势趋势方程定性地诊断高空特征（如槽和脊）的演变。 |
| 利用欧米伽方程定性地诊断与理想化急流、槽和脊有关的垂直运动的分布。 |
| 大气波 | 描述大气中不同尺度波动的物理和动力基础及其特征，包括声波、重力波和罗斯贝波。 |
| 斜压和正压不稳定性 | 通过斜压不稳定机制描述波增长，重点是中纬度气旋的发展。 |
| 描述正压不稳定如何导致水平切变流中扰动的增长。 |
| **数值模拟[[17]](#footnote-17)** |
| 数据同化 | 解释如何从观测网络和系统获得信息并在处理后用于NWP模式。 |
| 解释客观分析、数据同化（包括三维和四维变分数据同化和混合方案，其中包括使用集合）和初始化背后的原理。 |
| NWP预报模式 | 描述NWP模式的组成部分，包括动力核心、物理过程的参数化和边界条件问题，其中包括与海洋或陆地表面模式的相互作用。 |
| 解释不同类型模式之间的差异（例如，光谱与网格点的差异，以及流体静力与非流体静力的差异）。 |
| NWP的优缺点 | 描述大气数值模式中不确定性或误差的关键来源，以及这些来源如何限制预报技巧。 |
| 描述全球、区域和对流尺度的典型技巧，在给定的提前期下可能会对特征的空间和时间尺度作出较好的预报。 |
| 集合 | 解释集合建模方法的原理和好处。 |
| 解释如何从集合中获得概率信息，集合大小的影响以及集合在极端天气预报中的作用和局限性。 |
| 描述集合模式输出在时间和空间尺度范围内的应用。 |
| 解释一系列标准集合输出，例如根据超过阈值的概率绘制的地图、概率分布函数和利用统计数据绘制的气象图。 |
| 次季节至季节性（S2S）预报 | 解释月/次季节、季节和年内预报的科学依据。 |
| 获取和利用S2S预报输出，为预报的主导性天气状况的可能影响、固有可预测性的程度和预报系统的表现提供指导意见。 |
| 降尺度 | 根据全球模式的输出描述用于提供区域大气详细信息的技术。 |
| 后处理与应用 | 描述用于NWP输出后处理的技术（例如，卡尔曼滤波或机器学习）以及使用这些技术的好处。 |
| 描述NWP输出驱动的一些应用（如波、水文和作物产量模式）。 |

* + 1. **天气系统和服务**

本节的学习成果旨在使学生能够将物理和动力气象学知识应用于现实世界的天气系统，包括培养学生使用观测数据和NWP分析、诊断和预报天气系统的能力。这将使所有气象学家能够将他们的专业领域与天气对人类和社会的影响联系起来。

前两小节分别介绍了中纬度/极地和热带系统。只要取得其中一小节的所有成果，便视为已满足BIP‑M的要求。同样，关于中尺度气象学的小节应适用于可能出现中尺度现象的责任区。如此一来，热带或中纬度地区的机构和学生便可只取得与未来职业相关的成果，同时符合WMO胜任力框架中的相关要求。

有建议指出，即使是专门介绍中纬度或热带地区的课程，也至少应该给学生学习其他地区入门课程的机会，以便了解全球气象学的性质和语言，并在此基础上开展今后的学习。

最后两小节介绍了观测、分析和预报天气的基础知识。然而，仅仅取得这些学习成果并不足以使学生成为天气预报员，这也不是学习的目的。《WMO胜任力框架纲要》（WMO-No. 1209）应供需要教育和培训气象预报员的机构参考。

**气象学家须能够：**

– 应用天气、中尺度和对流尺度现象的概念模式，将观测和预报数据整合到连贯的结构中；利用物理和动力气象学的知识来解释这些现象的形成、演变和特征。

– 利用模式局限性的知识检测现实世界天气系统偏离概念模式的情况，并提出偏离的原因。

– 预测与天气、中尺度或对流尺度现象相关的极端或灾害性天气条件的发生，并监测观测数据以验证预测结果。

– 使用观测和预报的实时数据或历史数据，包括天气监测和观测数据，生成分析和基本预报。

– 利用社会需求知识、灾害性天气影响、用于满足用户需求的产品和服务以及用于管理质量的过程，总结国家气象部门和其他提供方的作用。

表2.5中的指导意见应有助于定义学习模块中的教学学习成果。指导意见旨在介绍取得天气系统和服务方面的学习成果所需知识的范围和类型，并未做到详尽无遗，也不具有限制性。

**表2.5. 建议在天气系统和服务方面取得的教学成果**

|  |
| --- |
| **中纬度和极地天气尺度天气系统** |
| 天气系统 | 描述中纬度和极地地区大气变率的平均状态和主要模式，并从动力学和物理学角度解释这些变化，包括地形的影响。 |
| 总结热带天气系统与中纬度和极地天气系统之间的关键差异；解释这些差异的原因。 |
| 气团 | 解释气团的特征和形成，以及气团远离其来源区域时，其温度、湿度和稳定性如何变化。 |
| 在考虑地理、每日和季节因素的基础上，应用气团特征和变化的概念预测本地天气的演变。 |
| 锋面 | 描述天气尺度冷锋、暖锋、囚锋和准静止锋的结构和特征。 |
| 通过选择观测（现场和遥感）和模式输出中包含的相关信息，生成锋面位置和运动分析。 |
| 应用物理和动力推理来解释为什么观察到的锋面与理想化的概念模式不同。 |
| 描述导致锋生和锋消的运动学和动力学过程，以及导致高层锋生的过程。 |
| 中纬度低压 | 应用物理和动力推理，根据挪威气旋模式解释中纬度低压的生命期，包括发展过程中低压的三维结构以及低压中的空气流动。 |
| 在系统相对参照系中识别与中纬度低压有关的暖和冷传送带。 |
| 描述基本气旋模式的弱点，并认识到偏离模式或使用其他模式（如Shapiro-Keyser或混合模式）可能更适用的情况。 |
| 运用动力过程的知识来解释气旋生成和造成突发性气旋的因子。 |
| 极地天气系统 | 解释极地天气系统的特征、形成和影响，包括下降风、障碍风、冷空气阻塞和极地低压等现象。 |
| 急流 | 应用物理和动力推理来解释急流的发展、结构和影响，使用简单的四象限模型来解释急流与中纬度流型的发展或持续之间的关系。 |
| 天气尺度垂直运动[[18]](#footnote-18) | 解释垂直运动在天气尺度天气系统的性质和演变中的作用。 |
| 利用适当的技术（例如，通过考虑非地转运动，利用Petterssen或Sutcliffe发展理论，应用传统形式或Q向量形式的准地转欧米伽方程，或使用“PV思维”）诊断中纬度天气系统中的天气尺度垂直运动，注意所用技术的优缺点。 |
| 天气影响 | 描述天气，重点描述可能与中纬度和极地天气系统相关的极端或灾害性条件（如风暴、降水累积量大和寒冷或炎热天气的爆发）。 |
| 说明这些条件可能产生的影响，包括在评估这些影响时需要考虑的非气象因素，以及采取基于影响的办法通报灾害的好处。 |
| 概念模式的局限性 | 分析近期和/或历史天气事件，以评估中纬度和极地天气系统理论和概念模式与现实情况的接近程度。 |
| **热带和亚热带天气系统** |
| 热带地区大气环流 | 使用物理和动力推理，描述热带地区有关变量大气变率的平均状态和主要模式，以及这些变量如何和为什么与更高纬度的地区不同。 |
| 主要热带扰动 | 描述主要热带扰动及其时间变率，包括热带辐合带、热带波、信风逆温、信风、热带/亚热带急流、云团、飑线、热带低压、副热带高压脊和高空反气旋。  |
| 分析热带流 | 描述用于分析热带流的技术，包括描述流线与等风速线，以及确定辐合/辐散的区域。 |
| 热带波 | 描述不同类型的热带波（包括开尔文波，赤道罗斯贝波和马登-朱利安振荡）以及与结构性对流和气旋生成的关系。 |
| 热带气旋 | 利用物理和动力推理，解释热带气旋的发展、结构、特征和影响。 |
| 描述为预报和预警热带气旋及其影响而设立的全球系统。 |
| 季风 | 描述主要季风环流的性质、特征和影响。 |
| 应用物理和动力推理来解释季风的结构和特征，及其发展中所涉及的主要动力过程。 |
| 海洋大气耦合 | 描述海洋-大气耦合的作用，包括其理论基础，重点介绍厄尔尼诺-南方涛动。 |
| 天气影响 | 描述可能与热带天气系统（包括热带气旋和季风）有关的天气，重点放在任何极端或灾害性天气上。 |
| 描述这些天气可能产生的影响，包括在评估这些影响时需要考虑的非气象因素，以及采取基于影响的办法通报灾害的好处。 |
| 概念模式的局限性 | 分析近期和/或历史天气事件，以评估热带系统理论和概念模式与现实情况的接近程度。 |
| **中尺度天气系统** |
| 中尺度系统 | 描述与中尺度现象有关的时空尺度，以及驱动中尺度和天气尺度系统的动力过程的差异。 |
| 与低气压相关的中尺度特征 | 描述与低气压相关的中尺度特征（雨带、无雨线、阵风锋面和飑线等）。 |
| 重力波 | 应用物理和动力推理来解释中尺度重力波的结构和形成。 |
| 对流系统 | 应用物理和动力推理来解释孤立对流的结构、特征和形成，包括单单体、多单体、超级单体风暴和中气旋。 |
| 中尺度对流系统 | 应用物理和动力推理来解释中尺度对流系统的结构和形成。 |
| 地形中尺度现象 | 应用物理和动力推理来解释地形中尺度现象的结构和形成（背风波、转子、上坡风和下坡风、山谷风、间隙流、背风气旋等）。 |
| 极端天气 | 描述可能与对流和中尺度现象有关的天气，重点放在任何极端或灾害性天气上，并描述此类天气的可能影响。 |
| 概念模式的局限性 | 分析近期和/或历史天气事件，以评估对流和中尺度现象理论和概念模式与现实情况的接近程度。 |
| **天气观测、分析与诊断** |
| 天气监测和观测 | 监测天气，包括利用仪器进行基本的地面观测和目视评估（包括确定云类、云量、能见度和天气类型），并解释进行这种评估的理由。 |
| 描述从地球表面观测到的天气现象的基本物理成因。 |
| 处理观测结果 | 描述如何以及为何对观察结果进行质量控制、编码和分发。 |
| 天气分析与释用 | 分析和释用绘制在热力图上的天气图和探空资料。 |
| 描述天气分析中使用的观测资料的局限性以及由业务数据同化系统产生的全球和区域分析的局限性。 |
| 雷达数据释用 | 释用常见的雷达图像，包括增强和动画图像的使用，以确定与对流和中尺度过程相关的特征。 |
| 卫星图像释用 | 释用卫星云图，包括常用波长以及增强和动画云图的使用，以确定云类、天气和中尺度系统以及其他现象（如雾、火山灰、沙尘和火灾）。 |
| 传统和遥感数据的整合 | 将遥感数据与常规观测数据相结合，以确定天气系统和中尺度系统，并通过将各个数据源中发现的特征联系起来，诊断天气状况。 |
| **天气预报** |
| 局地天气 | 描述影响局地天气的因素（例如，地形和大型水体对云和降水的影响，或地表类型的影响）。 |
| 预报过程 | 描述预报过程的主要组成部分，包括观测、分析、诊断、预报分析、产品制作、交付和检验。 |
| 预报方法类型 | 解释基于持续性、气候学、外推法、经验技术和NWP制作预报的优缺点。 |
| 描述预报员的角色以及角色如何通过NWP和其他创新演变。 |
| 临近预报 | 应用高时空分辨率的观测数据，特别是遥感系统，连同概念模式，对高影响天气现象进行探测和临近预报。[[19]](#footnote-19) |
| 概念模式 | 应用概念模式进行短期预报和释用长期预报，注意现实世界的系统并不总是符合这些模式。 |
| 实际预报 | 综合各种来源的信息，判读当前的天气条件；使用基本预报技术，包括释用NWP产品，预报在特定位置的大气变量（例如，最高和最低温度、风、降水类型和强度）。 |
|  | 确定给定预报中不确定性的关键来源，以及随着在更短的提前期内可获得更多数据，这些关键来源可能发生何种变化。 |
|  | 将预报数据与用户脆弱性知识相结合，以确定潜在影响并估计这些影响的程度和可能性。 |
| **服务交付** |
| 服务供应者 | 描述NMHS在监测、预报和传达天气及其影响方面的作用。 |
| 描述其他供应者的作用，包括私营部门和国际组织。 |
| 服务供应 | 以符合不同气象知识水平的用户需要的方式传达天气信息。 |
| 根据时间尺度、情况的不确定性和用户需求，决定是使用确定性方法还是概率性方法。 |
| 关键产品和服务 | 根据向公众和其他用户提供的当前和预报的天气信息来描述关键产品和服务，包括灾害性天气条件的预警。 |
| 描述用于分发天气信息的通信渠道或媒体的范围，包括这些方法的潜在弱点。 |
| 描述公众、政府、企业和其他终端用户如何使用产品和服务（例如，用于决策和风险管理）。 |
| 灾害性天气 | 描述影响责任区的灾害性天气系统可在多大程度上被预报到，并留有足够的时间采取行动。 |
| 解释评估灾害性天气风险的重要性，包括天气和其他自然灾害之间的相互作用，以及发布及时准确的预警的重要性。 |
| 解释根据灾害性天气的潜在影响而非单纯根据天气现象的强度发布预警的好处。 |
| 描述灾害性天气对社会的潜在影响。 |
| 质量管理体系[[20]](#footnote-20) | 解释质量管理体系（QMS）在服务交付中的作用和重要性。 |
| 描述QMS中用于评估产品和服务质量以及纠正质量相关问题的基本技术。 |
| 气象服务的效益与成本 | 确定气象服务对国家及其关键用户行业的经济和社会影响。 |

* + 1. **气候科学与服务**

气候变化是我们这个时代的决定性挑战，也是所有类型的专业气象学家或多或少都要应对的问题。此外，天气预报员的作用还在扩展，包括提供长期预报，其中包括月度和季度预报。

BIP-M本节中的学习成果并不旨在向学习者介绍成为专业气候学家或气候研究人员所需的所有知识和技能。在筹备这一领域的课程时，应参考正在编写的单独的BIP-CS。这些成果旨在确保所有气象学家对地球气候系统、其变率和气候变化有一个基本的了解，以便他们能够可靠地谈论气候，智能地使用长期预报产品，并将这些信息清楚地传达给客户。

**气象学家须能够：**

– 应用地球全球环流、气候系统以及陆地、海洋、大气和冰冻圈之间相互作用的概念模式来解释气候的平均状态。

– 根据气候信息解释产品和服务，同时考虑其固有的不确定性。

– 描述观测到的气候系统变率以及该变率的原因和影响；利用这些知识来解释产品，如气候预测和月度到季节预报。

– 根据对不同尺度的概率、不确定性和可预测性以及受众的敏感性的理解，传达月度、季节和气候预测的结果。

– 使用有关如何观察这些变化的知识来解释气候系统中发生的长期变化，变化的驱动因素是什么，包括系统内的反馈，气候变化的潜在影响是什么，以及可能的适应和减缓策略。

表2.6中的指导意见应有助于定义学习模块中的教学学习成果。指导意见旨在介绍取得气候科学和服务方面的学习成果所需知识的范围和类型，并未做到详尽无遗，也不具有限制性。

**表2.6. 建议在气候科学和服务方面取得的教学成果**

|  |
| --- |
| **地球-大气系统与大气环流** |
| 地球系统组成部分 | 描述地球系统（即大气、海洋、土地、冰冻圈与地球体）的关键组成部分。 |
| 气候和天气 | 描述气候及其和天气有何不同。 |
| 气候数据 | 描述如何估计气候以及气候数据固有的不确定性；解释如何利用统计方法分析气候数据以及如何利用遥感数据测量气候。 |
| 气候系统组成部分 | 描述能量循环、水文循环、碳循环和氮循环的主要特征。 |
| 全球环流的特点 | 基于对所涉及的物理和动力过程的理解，解释全球大气和海洋环流的主要特征。 |
| 描述全球能量平衡以及大气和海洋在平衡赤道和两极之间辐射加热差异方面的作用。 |
| 区域和局地气候 | 评估决定区域和局地气候的因子。 |
| 气候的分类和描述 | 描述用于气候分类的技术，这些技术的原理，以及用于描述气候的标准统计变量的意义和运用。 |
| 局地气候 | 描述责任区的气候和季节变化，以及获取和显示气候信息的方式。 |
| 从基本气候数据的图表中提取和解释信息，以平均值、偏差和极值的形式对当地气候进行描述。 |
| 关键产品和服务 | 根据提供给公众和其他用户的气候信息来描述关键产品和服务。 |
| 描述此类产品和服务的固有不确定性，以及如何使用这些产品和服务（例如，用于决策和风险管理）。 |
| **气候变率和气候变化** |
| 评估气候变率的数据 | 描述用于重建过去气候和评估气候与大气成分变化数据的来源和处理。 |
| 观测到的气候变率 | 描述在过去发生的更普遍的变化背景下，气候在不远的过去发生了什么变化，以及用于归因的技术。 |
| 大气海洋相互作用 | 描述大气和海洋相互影响的各种方式。 |
| 气候变率 | 应用物理和动力推理，解释内部产生气候变率的原因（包括遥相关、异常现象以及马登-朱利安涛动、北大西洋涛动和厄尔尼诺-南方涛动等主要驱动因素的气候影响等实例）。 |
| 气候变化 | 应用物理和动力推理，解释外部强迫的气候变化成因（包括人类活动影响），以及了解这些成因的不确定性根源。 |
| 影响、适应和减缓 | 评估气候变率和变化的主要影响，概述用于应对目前和预估的气候变化的适应和减缓策略。 |
| 气候模式 | 解释气候模式与用于天气预报的模式之间的差异；解释为什么气候预测存在不确定性。 |
| 描述如何验证气候预测；解释统计性年内预报和气候模式预测之间为何存在差异。 |

**专业学习成果**

本节通过建议学习成果来支持实现若干总体学习成果，从而使气象学家掌握他们在职业生涯开始时所需的基本专业技能。下文所列成果并非详尽无遗，各机构将以国家和区域人力资源需求为指导。本节中列出的成果旨在介绍现在或将来可能需要的一些知识，并不具有强制性。

* + 1. **管理技能**

鼓励机构在整体气象学课程中纳入一般商业及管理课程。鼓励纳入的专题建议见《支持国家气象和水文部门管理发展的专题纲要》（ETR-24）（世界气象组织，2018a）。

* + 1. **沟通和团队合作技能**

向一系列受众传达预报、影响和研究发现的能力被纳入了BIP-M关于天气系统和气候部分的几项学习成果。以下成果是对这些成果的扩展，并为学习和评估沟通和团队合作技能打下了基础。

取得沟通技能学习成果的个人应能够：

– 以预报政策讨论和交接简报的形式，传播基于影响且利用预报漏斗的气象信息。

– 确定客户对关键天气和气候的敏感性，并提供量身定制的简报，重点介绍影响、不确定性、信心和决策支持。

– 筹备和开展供媒体采访和社区宣传活动，使用通俗易懂的语言、谈话要点和文件，传达关键信息。[[21]](#footnote-21)

– 使用恰当的语气和肢体语言并借助移情作用来与客户和同事沟通。

– 编写清晰简洁的书面文件。

– 分享知识，并与团队里的其他人开展建设性合作。

表2.7中的指导意见应有助于定义学习模块中的教学学习成果。

**表2.7. 为助力业务气象，建议在通信方面的学习成果**

|  |
| --- |
| **基于影响的天气简报** |
| 汇总天气观测结果 | 总结过去和现在重要的天气现象及其影响。 |
| 说明当前情况 | 利用预报漏斗和大气概念模式，对过去和现在的天气状况进行连贯的叙述。 |
| 汇总当前产品 | 准确、简明地概括当前预报政策、预报产品和预警的内容。 |
| 提供预报分析 | 总结未来的灾害性和高影响天气，包括必要的预警。 |
| 利用预报漏斗和概念模式，对大气的未来演变进行连贯的天气叙述。 |
| 讨论不确定性、信心和替代情景。 |
| 提供方式 | 及时、简洁。 |
| 在与同事交流过程中适时变换语气和声音。 |
| 积极倾听，确保信息得到有效沟通，并且员工意识到自己的责任。 |
| **客户简报和客户决策支持** |
| 评估客户需求 | 通过互动对话了解客户需求。 |
| 研究客户业务，包括业务标准和程序、天气和气候敏感性以及关键决策阈值。 |
| 提供量身定制的预报简报 | 利用客户需求知识，提供基于影响的天气简报来支持客户决策。 |
| 使用适合客户气象知识和简报持续时间的语言和天气概念模式。 |
| 在进行简报时使用恰当的声音和语气，并展现同理心，以吸引客户并满足其需求。 |
| 为当前产品增值 | 根据客户需求向其解释当前的预报政策、预警和预报。 |
| 基于对概念模式和客户敏感性的理解，解释预报的不确定性和替代情景。 |
| **媒体简报和社区宣传** |
| 筹备 | 确定简报内容的角度或宣传活动的目的。 |
| 运用倒金字塔的方法，将媒体简报集中在最重要的信息上，响应目标受众的主要关切或兴趣。 |
| 识别棘手的问题并为其做准备，酌情避免有争议的话题。 |
| 使用或制定谈话要点来进行量身定制的媒体采访。 |
| 语言技能 | 使用通俗易懂的语言表达气象术语。 |
| 利用语气/声音展现共鸣并吸引听众。 |
| 肢体语言 | 使用眼神交流和肢体语言来展现共鸣和吸引听众。 |
| **写作技巧** |
| 预报和预警文件 | 制作书面产品，包括预报、预警、简报和谈话要点。 |
| 使用专业或通俗的语言来满足客户和同事的需求。 |
| 修改以图形方式自动生成的文本，以确保其清晰准确。 |
| 社交媒体 | 使用清晰简洁平实的语言、图片以及预警和预报的链接，撰写基于影响力的简短帖子。 |
| 撰写对评论的回复，保持对天气叙述的强调，避免有争议的话题，坚持NMHS的价值观和行为准则。 |

* + 1. **信息技术**

从气象数据中提取和呈现有意义、有价值的信息的能力一直是气象学家的核心能力。近年来，观测和预报数据的数量急剧增加，这既带来了挑战，也带来了机遇。为了利用这些数据，许多气象学家现在需要掌握计算机编程、数据处理和可视化方面的技能以及应用机器学习技术的知识。

这些成果的目的是使学生能够：

– 查阅、操作及检视以不同格式储存的气象数据。

– 使用统计工具从数据中提取有用信息。

– 了解如何使用机器学习技术来建立天气、气候及其影响的简单预测模型。

表2.8列出了建议在使用信息技术方面取得的学习成果。

**表2.9. 建议在使用信息技术方面的学习成果**

|  |  |
| --- | --- |
| 基本IT技能 | 编写简单的shell脚本来实现进程的自动化，并结合几个程序的功能来完成一项任务。 |
| 使用命令行与操作系统交互，包括运行程序以及管理文件和进程。 |
| 使用文字处理、电子表格和演示软件。 |
| 编程 | 用高级编程语言编写简单的程序，包括变量、循环、流控制、文件输入/输出和命令行的使用。 |
| 通过重用，使用语言功能（如函数）以有效的方式构建代码。 |
| 使用标准语言库提供的功能或从专用库导入的功能。 |
| 利用标准数学库中的数组和数组运算符，并解释使用数组运算符与在数据集上循环的好处。 |
| 使用标准语言功能检查并处理错误和异常。 |
| 通过软件开发生命周期，确保理解要求，精心设计和实现代码、记录代码、并对代码进行同行评审和测试。 |
| 使用版本控制系统来维护代码的完整性并促进协作工作。 |
| 气象数据 | 描述和比较存储气象数据的常用文件格式，包括文本格式和二进制格式。 |
| 解释维护元数据和理解数据来源、有效性和单位的重要性。 |
| 使用标准库加载、操纵和利用结构化气象数据。 |
| 可视化 | 使用折线图、散点图和直方图等各类图表绘制数据，清楚、明确地展现数据中的信息。 |
| 纳入标题、轴、数据标签和其他标准特征，以确保数据得到理解。 |
| 在设计视觉通信时考虑到可及性和用户需求，例如选择感知上统一的色标。 |
| 使用符号、等值线或彩色网格绘制地理空间数据，并采用适当的地图投影、比例尺和色标。 |
| 统计计算 | 使用编程工具（如数学库）计算标准统计参数和分析，以总结和比较数据。 |
| 应用傅立叶变换和经验正交函数等技术来降低数据集的维数，并发现时间序列数据中的时间信号。 |
| 机器学习 | 描述转换原始数据以便对其进行分析的任何必要步骤，包括清理、单位转换、归一化和分类。 |
| 将数据分为训练集和测试集，并解释这样做的原因。 |
| 解释有监督和无监督的机器学习算法，并为给定问题选择合适的方案。 |
| 解释有监督线性回归和分类方案背后的原理，并将其应用于数据以生成简单的预测模型。 |
| 描述如何使用简单的无监督机器学习算法（如k近邻）对数据进行分类。 |
| 描述如何使用神经网络等算法来构建非线性模型。 |
| 解释为什么会出现偏差和方差的问题，有什么策略可以让这些问题最小化，以及对天气和气候预报应用可能有什么影响。 |
| 描述使用机器学习技术可能引起的伦理或法律问题，包括使用个人数据和无法解释算法所做的决定。 |

* + 1. **研究技能**

许多本科课程包括一个毕业模块，学生在此期间进行一些独立的研究，这类研究往往以论文的形式呈现。显然，独立研究的经验会为研究生阶段更全面的研究方法教育打下基础。对其他学生来说，独立开展基础研究的技能同样有助于其职业发展，因为研究的技能可以支持专业的不断发展，并帮助准备案例研究或培训材料。

表2.9列出了建议在基础研究和科学传播方面取得的学习成果。

**表2.10. 建议在基础研究和科学传播方面的学习成果**

|  |
| --- |
| 规划和设计研究 |
| 文献检索和阅读科学文献 | 通过一系列来源规划并开展文献检索。使用图书馆服务来助力文献检索过程。利用不同类型的资源，如评论文章、观点文章、原创研究和书籍。 |
|  | 评估文献结论的背景、可靠性、偏倚、观点冲突和有效性。 |
|  | 总结并批判性地评估论点、结果和结论。 |
|  | 确定现有研究中未开发的方面或进一步研究可能取得成果的领域。 |
| 研究设计和执行 | 提出研究问题。 |
|  | 形成假设。 |
|  | 确定实验性或非实验性研究的适当形式。 |
|  | 制定研究方法，尽量减少偏倚和其他无效结果。 |
|  | 执行研究计划，在出现问题或机会时进行调整，但注意不要偏离最初的研究问题或假设。 |
|  | 解释结果，使用适当的统计学方法确保结果具有显著性，并确定假设是否得到支持。 |
| **科学交流[[22]](#footnote-22)** |
| 论文写作 | 找准策略来确定论文结构或大纲，既要包含标准论文结构所需的内容，又要有力地呈现研究发现。 |
|  | 论文文本、表格、图形和相关标题需要清晰可读并产生影响力。 |
|  | 使用经批准的方案来引用所有参考或引用的作品。 |
| 同行评审过程 | 在了解评审过程的基础上，为同行评审做准备。在同事、编辑等的帮助下，确保论文达到要求的标准。 |
|  | 积极听取评审员的意见，并制定计划更正论文或按照建议改进论文。 |
| 科学报告 | 通过非正式或更正式的活动，如内部研讨会和大会，寻找探讨科学工作的机会。 |
|  | 利用清晰的视觉辅助工具来帮助观众观看和理解报告，而不是用太多的文本或混乱的内容来分散其注意力。 |
|  | 通过练习口头报告，提高清晰度、音量和语速，加强对时间的把控能力，以及处理问题和意外事件的能力。 |
|  | 通过海报以清晰易懂的方式总结研究的关键部分。 |

* + 1. **气象学的历史和科学背景**

为了帮助气象学工作者在整个职业生涯中不断学习，并使气象学与相关科学相结合，建议将下列专题纳入学习课程：

– 科学、技术和服务供给的发展史，因为这些对气象学及其应用的发展作出了贡献。

– 气象领域面临的当代挑战，以及可能影响研究或业务需要演变的新兴科学和技术创新。

– 相关领域的发展——可能有助于跨学科共同解决问题以造福社会。

**选修的专项课程**

如第1.6节（“BIP-M和BIP-MT的结构”）所述，为发展选修的专项课程所需的技能和胜任力，气象学家需要掌握基本知识和技能，具体见第2部分前面所述的学习成果和每个专业工作的胜任力框架。《WMO胜任力框架纲要》（WMO-No. 1209）中对其中许多胜任力作了说明。

希望在天气预报、广播气象学和气象教育等领域工作的个人，需要接受继续教育和培训，以获得这些领域的专业工作胜任力。此外，个人还应在整个职业生涯中不断参加职业发展教育和培训，从而不断提高其知识和技能。

1. **气象技术人员基础教学包**

本指南的这一部分给出了实施《技术规则》（WMO-No. 49）中BIP-MT学习成果的指导意见。本部分首先概括了BIP-MT的目标，之后列出了与基础专题相关的学习成果。第3部分的其余内容涉及必修的一般气象学专题的学习成果，以及为发展选修的专项课程所需的技能和胜任力，气象技术人员需掌握的基本知识和技能。

BIP-MT的总体目标是让学员了解大气现象和过程的基础知识，以及与运用这些知识有关的技能。

为了达到BIP-MT的各项要求，学员须取得以下学习成果：

– 基础地理和海洋学、基础水文学、基础物理和动力气象学、基础天气学和中尺度气象学、全球和地方气候学、云的形成、沟通（口头和书面）、IT技能（基本计算机知识和气象信息的使用）、气象参数和气候数据质量控制，以及气象仪器和观测方法。

– 应用基础知识观测并监测大气，并解释常用的气象图和产品。

– 掌握至少一个选修的专项课程的知识。

上述要求旨在让学员获取知识和技能，提高学员信心，以继续积累专业知识并进一步提高专业化水平。

凡希望在天气观测、气候监测、网络管理以及向用户提供气象信息和产品等领域工作的学员，将需要接受继续教育和培训以达到这些领域的专业工作胜任力。此外，个人还应在整个职业生涯中不断参加职业发展教育和培训，从而不断提高知识和技能。

**解释**

在本章中，灰色阴影框内的文本（如本示例）是将纳入下一版《技术规则》（WMO-No. 49）第一卷第六部分的摘录内容。这些文本将具有规范性标准做法和程序的地位。

第3部分的其余内容包括叙述和建议的学习成果。这些成果旨在指导WMO会员实施BIP-MT，但不具有规范性地位。

**总体学习成果**

本节介绍了专业气象技术人员（无论最终承担什么工作）的关键特质和技能。这些总体学习成果还旨在通过描述气象技术人员如何思考和使用他们所掌握的数据和工具来开展专业工作，总结BIP-MT的总体理念。

此处描述的成果并不针对任何特定角色，也不对个人最终是否会被雇用做出任何假设。成果并不一定要直接映射到学习的模块或单元中。相反，成果应贯穿整套学习课程，并用于评估课程，以确保单个学习单元有助于实现整套课程的更广泛目标，即嵌入气象思维和实践，并在理论、真实大气层与提供科学和专业服务之间建立联系以造福社会。

**气象技术人员须能够：**

– 应用气象学、地理学和相关科学的基本知识来观测和监测大气。

– 解释可用的观测数据源以及常用的气象图和产品，以对所考虑的空间和时间尺度上的大气状态进行连贯的描述。

– 识别、分析和解决责任区内建立和维护气象仪器所涉及的问题。

– 通过一系列相关、清晰和准确的媒体渠道，与同事、客户和其他利益相关方进行沟通。

– 确定社会对天气和气候现象的敏感性，必要时借助其他学科的力量，以确保天气和气候对人和社会的影响成为核心工作。

– 根据相关标准评估其工作产出，必要时采取纠正措施，并推动工作系统和流程的发展。

– 反思其学习和工作实践，批判性地评估其业绩，并使用一系列方法不断发展其专业知识和能力。

这些学习成果应通过学习和评估本部分下文所述的大气科学专题来实现，必要时辅之以专业学习成果和满足国家需求所需的其他成果，并参考本部分有关基础专题的咨询建议。

**先决条件——数学和物理**

预期可以通过以下某/多种方法获得基础知识。

– 在某个机构学习大气科学专题之前，已在学校或在学院完成基础专题的课程学习。

– 在某一机构学习一般大气专题之前，已在同一机构完成基础或必修专题入门课程的学习。

– 把获取与基础或必修专题有关的基础知识纳入一般气象学的必修专题。

表3.1和表3.2中的指导意见应有助于定义学习模块中的教学学习成果。指导意见旨在介绍学习气象学前需掌握的基础知识的范围和类型，并未做到详尽无遗，也不具有限制性。

**气象技术人员须能够：**

– 展示成功完成BIP-MT气象课程所需的数学和物理知识。

**表3.1. 为满足先决条件之一的数学要求而建议的教学成果**

|  |
| --- |
| **数学** |
| 三角函数 | 定义正弦，余弦和正切，描述它们与反函数的关系，并掌握基本三角函数方程。 |
| 对数和指数 | 掌握对数和指数。 |
| 向量 | 加减向量，并用标量乘以向量。 |
| 代数 | 掌握多项式方程并能求解基础代数方程，包括二次方程。 |
| 几何 | 计算直角和等腰三角形的面积、圆周长和面积，以及长方形、圆柱体和球体的面积和体积；描述弧度和度之间的关系。 |
| 坐标几何 | 解释线性图的斜率和截距；了解抛物线、椭圆、双曲线等标准曲线；在笛卡尔坐标系和极坐标系之间进行转换。 |
| 统计 | 选择展示统计数据和解释结果的适当方式；使用集中趋势（平均值、中位数和众数）和变异（极差、四分位差和标准差）等不同度量方法；解释抽样、最小二乘线性回归、相关性、正态分布、百分位数和假设检验的概念。 |

**表3.2. 为满足先决条件之一的物理要求而建议的教学成果**

|  |
| --- |
| **物理学** |
| 运动学 | 利用描述距离、速度、加速度与匀加速直线运动时间之间关系的方程解题。 |
| 动力学 | 当系统处于平衡时，利用牛顿第二运动定律以及动量守恒原理解决基本问题。 |
| 功、能量和功率 | 解释功、动能、位能、内能的概念，并利用能量守衡原理以及功率、功和力之间的关系来解决问题。 |
| 圆周运动 | 解释向心加速度的概念，并通过建立重力和向心加速度的关系式来描述圆周轨道。 |
| 物质相态 | 描述固态、液态和气态之间的物理差异；解释相变潜热的概念；并描述与相变有关的过程，重点在凝结和蒸发。 |
| 温度与热量 | 解释温度和热量的概念；描述物质随温度变化的物理特性如何用于测量温度；解释热是如何通过传导、对流和辐射传递的。 |
| 热力学和气体运动理论 | 用理想气体的状态方程解题；对热力学第一定律进行定性描述；解释绝热过程的含义，重点在气体的绝热膨胀；描述气体分子运动理论的概念； |
| 振荡与波 | 描述振荡和波的特性并解释简谐运动；利用波的速度、频率和波长之间的关系解决问题；解释纵波和横波之间的差异，以及反射、折射、衍射和干涉的概念。 |
| 电磁辐射 | 描述电磁辐射的特征和电磁频谱的关键特性；描述辐射的反射、吸收和散射的过程（包括光的反射和折射）；解释黑体的含义；概述斯特藩-玻尔兹曼定律和维恩定律的意义。 |
| 电与电磁感应 | 描述电流、电压和电阻的物理基础以及如何测量这些物理量；利用欧姆定律和基尔霍夫定律来解决电路问题（包括有两个以上电阻的电路）；描述电磁感应过程。 |

**必修专题**

本节包含BIP-MT必修专题的学习成果。成果涵盖气象学和相关科学的核心方面。

* + 1. **基础地理学、海洋学和水文学**

**气象技术人员须能够：**

– 描述责任区的基本地理、海洋和水文特征。

表3.3应有助于确定教学学习成果，以满足地理学、海洋学和水文学的基本要求。表3.3旨在介绍所需知识的范围和类型，并未做到详尽无遗，也不具有限制性。

**表3.3. 达到基础地理学、海洋学和水文学要求的教学成果**

|  |
| --- |
| **基础地理学、海洋学和水文学** |
| 基础地理学和海洋学 | 描述责任区内的地形特征和站点位置。 |
| 描述当地地形。 |
| 描述海洋的大气环流和热结构。 |
| 解释如何测量温度、盐度和海况。 |
| 基础水文学 | 描述水文循环，确定决定径流、地下水和地表水资源以及水平衡的关键因素。 |
| 解释水文测量（降水、蒸发、土壤水分、河流流量、地下水等）的方法。 |

* + 1. **基本物理和动力气象学**

**气象技术人员须能够：**

– 解释大气中发生的基本物理和动力过程。

– 解释大气参数测量仪器所利用的物理原理。

表3.4中的指导意见应有助于定义学习模块中的教学学习成果。表3.4旨在介绍在基础物理和动力气象学方面取得学习成果所需知识的范围和类型，并未做到详尽无遗，也不具有限制性。

**表3.4. 满足基本物理和动力气象学要求的教学成果**

|  |
| --- |
| **基本物理和动力气象学** |
| 大气成分和结构 | 描述大气成分并解释其垂直结构。 |
| 辐射 | 解释到达地球表面的辐射的日变化、纬度变化和季节变化；描述短波（太阳）和长波（陆地）辐射之间的差别；描述影响短波和长波辐射的过程（即辐射的反射、散射和吸收）；概述地球大气层的热量收支；解释温室效应和臭氧对紫外线辐射的影响；描述地球表面的热平衡及其随纬度的变化。 |
| 大气压 | 解释气压随高度变化的原因，温度和湿度对于气压随高度变化的影响，以及为什么气压通常要换算为平均海平面气压。 |
| 大气温度 | 描述对流、平流、湍流和蒸发/凝结的加热和冷却效果；解释水汽、云和风对地面气温的影响；解释地面气温的日变化；描述影响全球地面气温分布的主要因素。 |
| 大气湿度 | 解释湿度的重要性；定义蒸汽压、饱和蒸汽压、湿球温度、露点和相对湿度；描述影响蒸发速率的因素。 |
| 大气稳定性 | 描述大气稳定性变化的原因；解释干绝热直减率、饱和绝热直减率和环境直减率的概念；描述各种类型的稳定性（例如，绝对稳定性、有条件稳定性和中性稳定性）；解释温度反转的作用以及稳定性和不稳定性是如何发展的。 |
| 风 | 解释风形成的原因；描述气压梯度力和科里奥利力，并解释与地转风和梯度风有关的概念；描述摩擦力对风的影响，并解释由地形引起的常见本地风的成因（例如，海陆风、焚风及下降/上升风）。 |
| 露、霜和雾 | 描述影响能见度的因素；解释露和霜的形成以及雾的起因，重点放在辐射雾和平流雾上。 |
| 大气光电 | 解释虹、晕、碧空和闪电的形成。 |

**3.4.3 基本天气学和中尺度气象学**

**气象技术人员须能够：**

– 描述天气尺度和中尺度热带、中纬度和极地天气系统的形成、发展和特征；并分析天气观测资料。

– 描述预报过程以及对相关产品和服务的使用。

下面的指导意见应该有助于定义学习模块中的教学学习成果。指导意见旨在介绍在基本天气学和中尺度气象学方面取得学习成果所需知识的范围和类型，并未做到详尽无遗，也不具有限制性。

**表3.5. 满足基础天气学和中尺度气象学要求的教学成果**

|  |
| --- |
| **基础天气学和中尺度气象学** |
| 具体地点的天气 | 解释具体地点的天气为何是不同时间和空间尺度上所产生影响的组合。 |
| 空气体 | 描述和解释空气体的源地、特征、运动和变化。 |
| 中纬度和极地天气系统 | 描述低气压、反气旋、槽和脊的特征及其相关天气，重点是影响责任区的特征；描述暖锋、冷锋和囚锋的特征，以及与其过境有关的天气；描述急流和天气系统之间的关系。 |
| 主要热带扰动 | 描述主要的热带扰动及其相关天气，包括热带辐合带，热带低压、季风和厄尔尼诺南方涛动。 |
| 中尺度系统 | 描述影响责任区的重要中尺度系统的形成和特征。 |
| 灾害性天气 | 描述影响责任区内的灾害性天气系统的形成和特征（例如，雷暴和热带气旋），可预报程度及其对社会的影响。 |
| 地面气压图 | 确定地面气压图及相关卫星和雷达图像的主要天气特点，并描述与这些特点相关的典型天气。 |
| 高空图 | 描述不同类型的高空图，包括恒压面上的高度图；确定高空图上的主要天气特征以及相关的卫星和雷达图像；描述与这些特征相关的典型天气。 |
| 高空气象图 | 描述构成高空气象图基础的物理概念，并掌握高空气象图的基本使用方法。 |
| 显示和制图系统 | 讨论气象服务中用于展示和绘制数据的常用系统以及这些系统的优缺点，并为用户制作产品和服务。 |
| 预报过程 | 描述NWP的预报过程和基本原理，解释NWP基本业务产品。 |
| 关键产品和服务 | 根据向公众和其他用户提供的当前和预报的天气信息，来描述关键产品和服务，包括灾害性天气条件的预警。 |
| NMHS的职能 | 描述NMHS在监测和预报天气方面的职能以及其他服务提供方的作用。 |

**3.4.4 全球和局地气候学**

**气象技术人员须能够：**

– 描述全球大气环流、责任区域的气候以及关键气候产品和服务。

– 概述气候变率和气候变化背后的基本概念。

表3.6中的指导意见应有助于定义学习模块中的教学学习结果。指导意见旨在介绍在全球和局地气候学方面取得学习成果所需知识的范围和类型，并未做到详尽无遗，也不具有限制性。

**表3.6. 满足全球和局地气候学要求的教学成果**

|  |
| --- |
| **全球和局地气候学** |
| 全球环流的特点 | 解释全球大气和海洋环流的主要特点及其时间（每日、季节、年度）变率。 |
| 区域和局地气候 | 解释区域和局地气候的决定性因素。 |
| 气候的分类和描述 | 描述气候分类技术，包括柯本法。 |
| 局地气候 | 描述责任区内的气候和季节变化以及该区域的气候趋势。 |
| 气候变率和气候变化 | 陈述气候变率和气候变化之间的差异；描述温室效应背后的基本概念；描述人为气候变化的影响和所涉的基本科学；概述气候预测的基础。 |
| 季节预报 | 概述季节预报的过程和科学基础。 |
| 气候数据 | 描述在责任区内如何获取、收集气候数据并控制数据质量。 |
| 气候统计 | 描述如何根据气候数据的分布（例如，频率和累积频率）、集中趋势和变化来分析这些数据。 |
| 关键产品和服务 | 根据提供给公众和其他用户的气候信息来描述关键产品和服务。 |

**3.4.5 云的形成**

**气象技术人员须能够：**

描述主要云和降水类型的形成和特征。

表3.7中的指导意见应该有助于定义学习模块中的教学学习结果。指导意见旨在介绍在云的形成方面取得学习成果所需知识的范围和类型，并未做到详尽无遗，也不具有限制性。

**表3.7. 满足****云的形成要求的教学成果**

|  |
| --- |
| **云的形成** |
| 云的识别 | 描述主要的云类和云种；描述其特征；描述其通常的高度范围；描述相关的天气现象。 |
| 水凝物 | 描述各种水凝物以及如何对其进行观测。 |
| 云的形成 | 解释为什么上升运动会导致云的形成；描述云形成的主要机制；描述不同的云类；描述云类最可能形成的地理位置。 |
| 降水和雷暴 | 描述产生降水的过程、雷暴的触发过程及两者的生命周期。 |

**3.4.6 气象参数、仪器和观测方法**

**气象技术人员须能够：**

- 描述如何用地基、空基和天基仪器测量天气现象。

- 基于对地基、空基和天基仪器提供的数据的评估和释用，开展基本天气观测。

表3.8中的指导意见应该有助于定义学习模块中的教学学习成果。指导意见旨在介绍在气象参数、仪器和观测方法方面取得学习成果所需知识的范围和类型，并未做到详尽无遗，也不具有限制性。

**表3.8. 满足气象参数、仪器和观测方法要求的教学成果**

|  |
| --- |
| **气象参数、仪器和观测方法** |
| 天气现象 | 描述进行目视地面观测时考虑的各种天气现象；说明其特征并解释其形成。 |
| 天气监测和观测 | 监测天气；利用遥控和直读式仪器以及目测评估（包括确定云类、云量和天气类型）进行地面观测，并解释此类评估的理由； |
| 温度 | 讨论不同的温度测量方法及其与仪器/传感器的使用和局限性的关系。 |
| 湿度 | 讨论不同的湿度测量方法及其与仪器/传感器的使用和局限性的关系。 |
| 风向和风速 | 讨论不同的风向和风速测量方法，以及它们与仪器/传感器的使用和局限性的关系。 |
| 降雨 | 讨论不同的降雨测量方法及其与仪器/传感器的使用和局限性的关系。 |
| 直接和间接辐射 | 讨论不同的直接和间接辐射测量方法，以及它们与仪器/传感器的使用和局限性的关系。 |
| 压力 | 讨论不同的压力测量方法及其与仪器/传感器的使用和局限性的关系。 |
| 日照记录仪 | 讨论不同的日照测量方法及其与仪器/传感器的使用和局限性的关系。 |
| 蒸发 | 讨论不同的蒸发测量方法及其与仪器/传感器的使用和局限性的关系。 |

**3.4.7 基本气候数据质量控制**

**气象技术人员须能够：**

描述和应用气候数据质量控制程序。

表3.9中的指导意见应有助于定义学习模块中的教学学习成果。指导意见旨在介绍在气候数据质量控制方面取得学习成果所需知识的范围和类型，并未做到详尽无遗，也不具有限制性。

**表3.9. 满足气候数据质量控制要求的教学成果**

|  |
| --- |
| **气候数据质量控制** |
| 气候数据组 | 实施气候数据保存和抢救程序；根据气候观测基准网络的要求，评估观测站点的位置和特点；在相关数据库中收集和存储气候数据和元数据；对气候数据和由此产生的时间序列应用质量控制程序；评估气候数据的同质性并调整不同质的时间序列；建立、存档和记录气候数据集；应用空间和时间插值以确保数据连续性。 |
| 气候信息和服务的质量 | 建立和应用气候服务的质量管理程序；监督气候服务的功能，包括对数据、产品和服务的验证；通过收集客户意见、建议和投诉，评估气候服务给客户带来的影响和效益。 |
| 向用户传达气候信息 | 与气候服务的用户建立有效的沟通渠道，并建设宣传能力，如区域气候展望论坛，遵守全球气候服务框架（GFCS）的界面要求和WMO信息系统（WIS）内的整合。 |
| 气候数据的质量控制 | 监测所有观测结果，以检查错误和不一致之处，按照规定程序纠正错误或标记数据，并采取后续行动；在元数据储存库中记录更正、标记行为和后续行动；在发布之前检查观测信息的格式和内容，并在必要时进行更正；确保成功发送和接收所有观测结果。 |

**专业学习成果**

本节包含的学习成果有助于实现若干总体学习成果，使气象技术人员掌握职业生涯初期所需的基本专业技能。表3.10和表3.11并未详尽列出所有成果；各机构将以国家和区域人力资源需求为指导来确定成果。

**表3.10. 传达对于气象技术人员角色来说有益的学习成果**

|  |
| --- |
| **沟通和团队合作** |
| 书面沟通 | 使用文字处理软件来编写文本；使用演示软件制作高质量的显示画面或图形；在规定时间内，以简明、准确、易懂的方式，面向不同客户撰写针对性的书面沟通稿。 |
| 以预报政策讨论和交接简报的形式，传播基于影响且利用预报漏斗的气象信息；确定客户对关键天气和气候的敏感性，并提供量身定制的简报，重点介绍影响、不确定性、信心和决策支持。 |
| 筹备和开展媒体采访和社区宣传活动，使用通俗易懂的语言传达关键信息；使用恰当的语气和肢体语言并借助共鸣来与客户和同事沟通。 |
| 口头报告 | 在规定时限内，以听众易懂的方式准确地传达报告内容；使用不同的沟通风格和技巧。 |
| 团队合作 | 分享知识，并与他人开展建设性的合作。 |

**表3.11. 利用信息技术方面的学习成果**

|  |
| --- |
| **信息技术** |
| 计算机基础知识 | 使用文字处理软件编辑和调整书面文件格式；使用演示软件编辑和调整显示画面或图形格式。 |
| 用于发布的材料 | 创建、发布和更新基本的网页；理解使用CSS和HTML的网页（表格和图像）的特点。 |
| 访问和获取信息 | 使用图书馆、数据库和互联网搜索工具获取气象信息；创建用于发布的材料。 |
| 气象资料的使用 | 描述气象信息是如何用于空中交通管理和控制、机组人员和灾害风险管理人员等方面的。 |

**选修的专项课程**

表3.12中的指导意见应有助于在基于BIP-MT的学习和培训课程模块中定义教学学习成果和绩效标准。指导意见旨在介绍选修的专项课程所需知识和技能的范围和类型，并未做到详尽无遗，也不具有限制性。

**表3.12. 一般气象技术人员角色的学习成果和业绩标准**

|  |
| --- |
| **一般气象技术人员** |
| 监测气象形势 | 参见《WMO胜任力框架纲要》（WMO-No. 1209），气象观测员的胜任力框架，胜任力1：监测气象形势。 |
| 编码（《电码手册》（WMO-No. 306）） | 概述如何对观测结果进行编码。 |
| 概述如何传输观测结果。 |
| 描述不同类型信息（SYNOP、SHIP、CLIMAT、METAR等）之间的差异。 |
| 云的识别 | 根据云的特征和高度识别不同的云的类型。 |
| 识别各种云的类型及相关的天气现象（参见《国际云图：云和其他大气现象观测手册》（WMO-No. 407））。 |
| 地表观测 | 参见《WMO胜任力框架纲要》（WMO-No. 1209），气象观测员的胜任力框架，胜任力2：进行地表观测。 |
| 视需要观测其他参数，如太阳辐射、蒸发、土壤温度、地面状况、土壤水分、海洋状况、大气成分、风切变、树叶湿度和物候。 |
| 观测信息的质量 | 参见《WMO胜任力框架纲要》（WMO-No. 1209），气象观测员的胜任力框架，胜任力6：保持观测信息的质量。 |
| 列出GFCS的界面要求和WIS内的集成。 |
| 仪器和系统性能 | 参见《WMO胜任力框架纲要》（WMO-No. 1209），气象观测员的胜任力框架，胜任力5：监控仪器和系统性能。 |
| 监控自动天气观测系统的功能，并让员工熟习当系统出现故障时应采取的步骤。 |
| （如果可行）利用遥感技术进行观测 | 解释从遥感观测结果中获得的信息（例如，在天气观测和气象机场报告中利用云高计获得的云底高数据）。 |
| 使用替代观测技术（例如，遥感与现场测量）交叉核对观测结果，以确保一致性（例如，将能见度计记录的能见度信息与卫星图像（雾、沙尘暴）和人工观测结果进行比较）。 |
| 参见《WMO胜任力框架纲要》（WMO-No. 1209），气象观测员的胜任力框架，胜任力4：利用遥感技术进行观测。 |
| 气球高空观测 | 参见《WMO胜任力框架纲要》（WMO-No. 1209），气象观测员的胜任力框架，胜任力3：进行气球高空观测。 |
| 维护安全的工作环境 | 参见《WMO胜任力框架纲要》（WMO-No. 1209），气象观测员的胜任力框架，胜任力7：维护安全的工作环境。 |

对于表3.13所列的成果和标准，有关航空气象观测员的胜任力标准和相关背景材料，请参考《WMO胜任力框架纲要》（WMO-No. 1209）。

**表3.13. 适用于航空气象观测员角色的学习成果和业绩标准**

|  |
| --- |
| **航空气象观测员** |
| 监测气象形势 | 概述如何对观察结果进行编码和传输。 |
| 描述不同类型消息（METAR和SPECI）之间的差异。 |
| 服务于航空的云的识别 | 描述主要的云类、其特征、通常的高度范围以及相关的天气现象。 |
| 系统性能和气象信息的质量 | 列出GFCS的界面要求和WIS内的集成。 |
| （如果可行）利用遥感技术进行观测 | 解释从遥感观测结果中获得的信息（例如，在天气观测和气象机场报告中利用云高计获得的云底高数据）。 |
| 使用替代观测技术（例如，遥感与现场测量）交叉核对观测结果，以确保一致性（例如，将能见度计记录的能见度信息与卫星图像（雾、沙尘暴）和人工观测结果进行比较）。 |
| 安全的工作环境 | 在电气危险区安全工作。 |
| 安全地执行所有观测任务，同时尽量减少暴露在灾害性环境条件下（灾害性天气、闪电、洪水、飓风、火灾等）的可能性。 |
| 维护危险品登记簿并执行危险品管理。 |

对于表3.14-3.17所列的成果和标准，有关仪器、校准、气象观测、观测计划和网络管理的胜任力标准和相关背景材料，请参考《WMO胜任力框架纲要》（WMO-No. 1209）。

**表3.14. 适用于气象仪器技术人员角色的学习成果和业绩标准**

|  |
| --- |
| **气象仪器技术人员** |
| WMO全球综合观测系统 | 描述WMO全球观测系统和WIS（包括全球电信系统）的主要组成部分，这些系统可以利用地基和空基系统进行全球尺度的气象和其它环境观测，并传输观测结果。 |
| 仪器选址 | 描述在地面仪器选址时需加以考虑的各项因素。 |
| 地面仪器 | 解释地面温度、湿度、压力、降水、风、云高、能见度、日照和辐射测量仪器（包括自动气象站所用仪器）的物理原理；描述如何操作这些仪器，并概述可能出现的各种误差。 |
| 自动气象站仪器和基本电子设备 | 识别自动气象站的仪器 |
| 识别自动气象站仪器的各个组件。 |
| 仪器及通信设备安装 | 参见《WMO胜任力框架纲要》（WMO-No. 1209），仪器安装和维护人员的胜任力框架，胜任力1：安装仪器和通信系统。 |
| 仪器维护和系统性能 | 参见《WMO胜任力框架纲要》（WMO-No. 1209），仪器安装和维护人员的胜任力框架，胜任力2：维护仪器和系统性能。 |
| 故障诊断 | 参见《WMO胜任力框架纲要》（WMO-No. 1209），仪器安装和维护人员的胜任力框架，胜任力3：诊断故障。 |
| 监控仪器和系统性能 | 参见《WMO胜任力框架纲要》（WMO-No. 1209），气象观测员的胜任力框架，胜任力5：监控仪器和系统性能。 |
| 维修故障仪器和系统 | 参见《WMO胜任力框架纲要》（WMO-No. 1209），仪器安装和维护人员的胜任力框架，胜任力4：维修故障仪器和系统。 |
| 雷电探测网络和雷达维护（选修课） | 维护仪器和系统性能。 |
| 诊断故障。 |
| 维护安全的工作环境。 |
| 安全 | 参见《WMO胜任力框架纲要》（WMO-No. 1209），仪器安装和维护人员的胜任力框架，胜任力5：维护安全的工作环境。 |

**表3.15. 适用于空气质量仪器技术人员角色的学习成果和业绩标准**

|  |
| --- |
| **空气质量仪器技术人员** |
| 空气质量理论 | 描述空气污染的类型、特征及其对气候变化的影响。 |
| 描述空气质量监测站的组成部分。 |
| 维持空气质量监测站的运作。 |
| 描述一氧化氮（NO）、一氧化碳（CO）、臭氧（O3）、钷（Pm）的测量原理和基本维护要求。 |
| 描述测井技术。 |
| 仪器性能 | 制定用于检查仪器性能的标准。 |
| 适当决定标准和项目。 |
| 将仪器与标准进行比较并评价其功能。 |
| 记录并分析测量误差。 |
| 按要求编制仪器性能报告。 |
| 仪器及通信设备安装 | 将仪器运输至现场前，组装并测试仪器。 |
| 将仪器运输至现场。 |
| 安装仪器和通信系统（包括简单的现场准备）。 |
| 培训观测和技术人员操作和维护仪器（包括提供标准操作规程、标准操作说明、系统手册、接线图等）。 |
| 在正式操作仪器前，充分测试现场仪表和通信性能。 |
| 完成所有有关变量的台站分类，编制仪器和变量元数据，并通过观测系统能力分析和审查工具提交给WMO全球综合观测系统。 |
| 将仪器切换至运作模式。 |
| 仪器维护和系统性能 | 参见《WMO胜任力框架纲要》（WMO-No. 1209），仪器安装和维护人员的胜任力框架，胜任力2：维护仪器和系统性能。 |
| 故障诊断 | 参见《WMO胜任力框架纲要》（WMO-No. 1209），仪器安装和维护人员的胜任力框架，胜任力3：诊断故障。 |
| 监控仪器和系统性能 | 参见《WMO胜任力框架纲要》（WMO-No. 1209），气象观测员的胜任力框架，胜任力5：监控仪器和系统性能。 |
| 安全 | 参见《WMO胜任力框架纲要》（WMO-No. 1209），仪器安装和维护人员的胜任力框架，胜任力5：维护安全的工作环境。 |

**表3.16. 适用于海洋气象观测员角色的学习成果和业绩标准**

|  |
| --- |
| **海洋气象观测员** |
| 监测海洋气象形势 | 评估不断变化的局地气象形势。 |
| 解释不断变化的气象形势对后续观测的潜在影响。 |
| 识别可能导致出现重大天气的气象征兆。 |
| 海洋编码（《电码手册》（WMO-No. 306）） | 概述如何对观察结果进行编码和传输；描述SHIP格式、海况（涌浪和风浪）、海冰和船冰。 |
| 服务于海洋观测的云的识别 | 根据云的特征和高度识别不同的云类。 |
| 将云类与相关的天气现象联系起来。 |
| 地表观测 | 观测并准确记录气压、温度、湿度、风、云、现在和过去的天气、能见度、海况、涌浪高度和周期。 |
| 使用规定的代码和方法对地面观测值进行编码和传输。 |
| 观测信息的质量 | 监测所有观测结果，以检查错误和不一致之处，根据规定程序纠正错误或标记数据，并采取后续行动。 |
| 在元数据存储库中记录更正、标记的行为和后续行动。 |
| 在发布观测信息之前评估其格式和内容，并在必要时进行更正。 |
| 确保成功发送和接收所有观测结果。 |
| 监测仪器和系统的性能 | 定期检查气象仪器（如雨量计、湿球温度计）、自动观测系统（如自动气象站、天气雷达故障状况）、通信系统及备用系统（例如，电源）。 |
| 按照规定执行日常维护任务（例如，更换湿球灯芯）。 |
| 进行首次故障诊断并提醒技术人员。 |
| 在远程技术人员的指导下采取行动。 |
| 在维护日志或元数据存储库中记录干预和异常情况。 |
| 气球高空观测 | 参见《WMO胜任力框架纲要》（WMO-No. 1209），气象观测员的胜任力框架，胜任力3：进行气球高空观测。 |
| 安全 | 参见《WMO胜任力框架纲要》（WMO-No. 1209），气象观测员的胜任力框架，胜任力7：维护安全的工作环境。 |

**表3.17. 适用于专业气候数据控制员角色的学习成果和业绩标准**

|  |
| --- |
| **专业气候数据控制员** |
| 气候数据控制 | 参见《WMO胜任力框架纲要》（WMO-No. 1209），提供气候服务的胜任力框架，胜任力4：确保气候信息和服务的质量 |

关于气象技术人员扮演的其他角色的指导意见参见下列WMO出版物中。

|  |
| --- |
| **水文气象技术人员** |
| 参见《气象和水文业务人员教育培训指导方针》（WMO-No. 258），第二卷：水文，第四版。 |

|  |
| --- |
| **农业气象技术人员** |
| 参见《农业气象业务指南》（WMO-No. 134），第2章：农业气象变量及其观测。 |

|  |
| --- |
| **公共/海洋预报技术人员** |
| 参见《WMO胜任力框架纲要》（WMO-No. 1209）。如《WMO胜任力框架纲要》（WMO-No. 1209）所述，建议公共气象服务的预报员和海洋气象预报员成功完成《技术规则》（WMO-No. 49）第一卷第五部分和附录A：“基础教学包”中的BIP-M课程（或其中的部分课程）。 |

**参考文献**

Anderson, L. et al., 2001. *A Taxonomy for Learning and Teaching and Assessing: A Revision of Bloom’s Taxonomy of Educational Objectives.* Harlow, United Kingdom: Pearson Education Ltd.

Biggs, J. & Tang, C., 2011. *Teaching for Quality Learning at University.* 4th ed. Maidenhead: Open University Press.

Brandt, R., 1993. On Teaching for Understanding: A Conversation with Howard Gardner. *Educational leadership,* 50(7), p. 4–7.

Carroll, E. B., 1997. Use of dynamical concepts in weather forecasting. *Meteorological Applications,* 4(4), p. 345–352.

Hoffman, R. et al., 2017. *Minding the Weather: How Expert Forecasters Think.* Cambridge, Massachusetts: MIT Press.

Imperial College London, n.d. *ILOs and constructive alignment.* [Online]
Available at: https://www.imperial.ac.uk/staff/educational-development/teaching-toolkit/intended-learning-outcomes/ilos-and-constructive-alignment/
[Accessed 19 January 2021].

Krathwohl, D. & Payne, D., 1971. Defining and assessing educational objectives. *Educational Measurement,* Volume 2, p. 17–45.

Rossby, C.-G., 1934. Comments on meteorological research. *Journal of the Aeronautical Sciences,* 1(1), p. 32–34.

Schraw, G., 1998. Promoting general metacognitive awareness. *Instructional Science,* Volume 26, p. 113–125.

Schultz, D. M., 2009. *Eloquent Science: A Practical Guide to Becoming a Better Writer, Speaker, and Atmospheric Scientist.* 1st ed. Boston, Massachusetts: American Meteorological Society.

World Meteorological Organization, 2015. *Guide to the Implementation of Education and Training Standards in Meteorology and Hydrology,* (WMO-No. 1083). Geneva: WMO.

World Meteorological Organization, 2017a. *Guide to the Implementation of Quality management systems for NMHSs and other relevant service providers,* (WMO-No. 1100). Geneva: WMO.

World Meteorological Organization, 2017b. *Guidelines for Nowcasting Techniques,* (WMO‑No. 1198). Geneva: WMO.

World Meteorological Organization, 2017c. [Online]
Available at: https://cloudatlas.wmo.int/en/home.html
[Accessed [Add day accessed] [Add month accessed] [Add year accessed]].

World Meteorological Organization, 2018a. *A Compendium of Topics to Support Management Development in National Meteorological and Hydrological Services,* (ETR‑24). Geneva: WMO.

World Meteorological Organization, 2018b. *Guide to Competency,* (WMO-No. 1205). Geneva: WMO.

World Meteorological Organization, 2019a. *Compendium of WMO Competency Frameworks,* (WMO-No. 1209). Geneva: WMO.

World Meteorological Organization, 2019c. *WMO Strategic Plan 2020–2023,* (WMO‑No. 1225). Geneva: WMO.

World Meteorological Organization, 2019d. *Technical Regulations, General Meteorological Standards and Recommended Practices,* (WMO-No. 49, Volume I). Geneva: WMO.

World Meteorological Organization, 2003. *Guidlelines for the Education and Training of Personnel in Meteorology and Operational Hydrology,* (WMO-No. 258), Volume II. Geneva: WMO.

World Meteorological Organization, 2009. Agricultural Meteorological Variables and their Observations. In: *Guide to Agricultural Meteorological Practices.* (WMO-No. 134.) Geneva: WMO.

World Meteorological Organization, 2019b. *Manual on Codes,* (WMO-No. 306). Geneva: WMO.

*注：可在WMO图书馆中在线查阅WMO出版物，网址为：https://library.wmo.int。*

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1. 或至少是与航空气象预报员的工作直接相关的课程。见《技术规则》（WMO-No. 49）第一卷第五部分。 [↑](#footnote-ref-1)
2. 短语“总体学习成果”的定义见第1.6节。 [↑](#footnote-ref-2)
3. 例如，见Hoffman等人，2017。 [↑](#footnote-ref-3)
4. 这段引文中的方括号改善了原文的性别平衡问题。 [↑](#footnote-ref-4)
5. 例如，见Biggs和Tang，2011年，第160-161页。 [↑](#footnote-ref-5)
6. “预报员”和“业务气象工作者”这两个术语在这里被视为同义词。使用“预报员”和“预报”两个词是为了简洁起见。人们普遍承认，预报员的作用已经发生了变化。预报员现在承担着更广泛的任务，其中许多超出了传统意义上认为的预报任务范围。 [↑](#footnote-ref-6)
7. 第1.6.1节定义了“总体学习成果”的概念。 [↑](#footnote-ref-7)
8. Krathwohl & Payne称之为“全球成果”。此处使用“总体成果”一词是为了避免与所使用的“全球”一词的其他含义相混淆。 [↑](#footnote-ref-8)
9. 以前是“天气学和中尺度气象学”。 [↑](#footnote-ref-9)
10. 以前是“气候学”。 [↑](#footnote-ref-10)
11. 也就是“对思考进行思考”，或者说人们所拥有的关于自己作为学习者的知识，关于可以用来学习的过程和技巧的知识，以及关于什么时候使用那些技巧的知识。元认知受学习过程中有意识的计划、监控和评估的调节。（Schraw, 1998）。 [↑](#footnote-ref-11)
12. 伦敦帝国理工学院（n.d.）。 [↑](#footnote-ref-12)
13. Biggs和Tang（2011年，第134页）。 [↑](#footnote-ref-13)
14. 参见第1.6.2节（“定义学习成果”）。 [↑](#footnote-ref-14)
15. 这里需要的许多数学和物理学习成果是中学教育资格的一部分，如A-Level课程证书、国际中学毕业会考和高级先修考试。 [↑](#footnote-ref-15)
16. 参见天气系统和服务中关于准地转理论应用的相关成果。 [↑](#footnote-ref-16)
17. 参见第2.4.3节中NWP应用的建议成果。 [↑](#footnote-ref-17)
18. 参见动力气象学中有关其中一些专题的理论方面的相关成果。本节的目的是通过将理论应用于中纬度天气系统的成果来加强这两节之间的联系。 [↑](#footnote-ref-18)
19. 《临近预报技术指导方针》（WMO-No. 1198）详细阐述了临近预报所需的知识和培训要求，在设计天气预报员的培训课程时应参考该指导方针。 [↑](#footnote-ref-19)
20. 关于帮助维持QMS的培训的更多信息，见《国家气象和水文部门及其他相关服务提供方质量管理体系实施指南》（WMO-No. 1100）。 [↑](#footnote-ref-20)
21. WMO在《WMO胜任力框架纲要》（WMO-No. 1209，第21-25页）中介绍了广播员和传播员的胜任力详情。 [↑](#footnote-ref-21)
22. 关于科学交流的更多细节，见（例如）Schultz（2009）。 [↑](#footnote-ref-22)