

如何做有效的天气个例研究

David M. Schultz*

赫尔辛基大学物理系大气科学和地球物理学部, 赫尔辛基, 芬兰;

芬兰气象研究所, 赫尔辛基, 芬兰;

英国曼彻斯特大学地球、大气和环境科学学院大气科学中心, 曼彻斯特, 英国

孔海江¹ 译 韩佳芮² 赵斐苗³ 王友贺¹ 校

1 河南省气象台 郑州 450003

2 中国气象局发展研究中心 北京 100081

3 河南省气象学会 郑州 450003

摘要 个例研究是气象工作的主题之一, 但能做好的气象学者很少。本文提出 16 项在研究和写作方面可以帮助科研人员提高个例研究水平的基本原则。这些原则包括研究设计, 组织和研究方法, 论文写作和图表设计。其他包括引用和参考文献、术语和格式。

1 引言

个例研究在气象工作中必不可少。通过描述某个特定天气过程的演变, 可以从整体上改进天气预报, 可以揭示未知的中尺度现象。我们都能回想起那些经典的个例研究, 其有趣的选题、新颖的方法、通俗易懂的论述、简洁明了的图表和具体的结论都对我们大有启发。

没有哪个学科的专家比业务气象学家更适合做好个例研究。他们每天都在与天气打交道, 研究天气的发生机理并制作天气预报。当我们想起那些优秀气象论文的作者, 我们佩服他们能提出有趣的问题并给予解决。一些不同年代的优秀预报员的名字进入脑海: Joseph Galway (Lewis, 1996), Leonard Snellman (MacDonald, 2000; www.nwas.org/members/snellman.php), Robert Johns (Lewis, 2007), Bradley Colman 和 Matthew Bunkers。

有了这些榜样做参考, 写一篇个例研究应该相对简单一些。要知道其他气象学者在描述“发生了什么”和“是如何发生的”时是多么困难啊! 笔者作为一名编辑、审稿人或有兴趣的读者通过阅读其他人做的个例研究所获得的经验表明, 很少有人能做好这项工作。让读者知道这些事实没有其他目的。做出这样的论证看似缺乏证据。给读者几十个未做标记的图, 希望读者能够看懂, 这仅仅是许多个例研究中存在诸多问题的一小部分, 不论这些个例研究的作者是预报员、学生、研究人员, 抑或是终身教授。

本文的目的是通过为做个例研究的人提供一些指导, 来帮助提高个例分析的质量。我提出 16 项公认的标准方法、最佳范例和简单指导的原则或规则, 帮助作者表达他们的研究。很难说这篇文章回答了这些问题, 不过我知道怎样做比较好, 如何让同行认可, 什么是有效的科学研究。事实上, 好的科学论文的确遵循了这些原则中的大多数。尽管有些因遵守这 16 项原则获得成功, 这些原则也不是让作者设定一个约束自己个性和创造力的框框。引用 Strunk 和 White 写的书《风格的要素》(2000, 66) 中的话: “这些告诫、这些微妙而又常易忽略的体会, 就以规则的形式提示出现。这些规则实质上仅起到提示的作用。其实, 这些

* 通讯作者地址: David M. Schultz, 芬兰气象研究所, 邮政信箱 503, 埃里克帕门尼广场 1, FI-00101, 赫尔辛基, 芬兰, E-mail: david.schultz fmi.fi

提示阐述的内容，我们大多知道，只是时而忘记罢了。”**我想听听您的意见。希望您能向 EJSSM 科学讨论论坛提交对本文的评论，以及您对写好个例研究的经验和建议。

在第 2 节以探讨一个个例研究的目的开始，在第 3 节阐述了为什么作者要做有效的个例研究，来探讨写作本文的目的。接着第 4 节通过讨论个例研究中不需要做什么，来缩小这篇文章可能的讨论范围。接着通过研究设计（第 5 节），组织和方法（第 6 节），撰写文章（第 7 节），数值模拟（第 8 节），图表设计和制作（第 9 节）等几部分提出写一篇高质量个例研究的 16 个原则；第 10 节讨论参考文献；第 11 节提出其他各项建议。最后，第 12 节对本文做出总结。

2 为什么写个例研究？

个例研究常常是描述在一生中可能只发生一次的极端天气事件。研究一个单一极端天气个例的价值和它的代表性息息相关。记录一个可能再也不会发生的极端天气事件到底有什么样的价值？这是一个合理的疑问，将在第 5 节中进一步讨论。

相比之下，个例研究比文献记录有更强的目的性。例如，国家天气服务科学和业务官员 Jon Zeitle 在查找个例研究时有三个标准：(i)独特或罕见的天气事件，(ii)示范如何利用新的或不常见的观测资料来确定、分析或者预报一个天气事件，(iii)示范理论如何应用于研究，特别是对于不常见的个例。一个有意义的个例研究需要满足以上标准中的两条或三条。

第一条标准也可以按国家气象局退休预报员 Jim Johnson 的话说，“那到底是什么？”当大气中的一些现象尚未被理解时，一个高质量的个例研究可能会引起其他可能提供帮助的气象学家的注意。这样一个有关观测的个例研究也可能为搜集与此有关的详细观测资料的研究计划或者为未来数值模拟研究奠定基础。详见 Bosart (1983)，McNulty (1991)，以及 Schultz 和 Knox (2007)。

文章不应该限制在一个单一的个例。实际上，对照、对比两个或更多个例可以使作者怎样控制观测差异。因为对比两个或更多个例会使文章更长，这种文章需要加以提炼以避免不必要的细节。对比两个不同个例的文章的例子有 Pagnotti 和 Bosart (1984)，Rogers 和 Bosart (1991)，Schultz (2004b)，以及 Doswell 和 Haugland (2007)。

最后，发表个例研究的文章能帮助作者收集满足某一标准个例的文献，对既定题目做合成分析。这种分析可以作为挑战传统观念的有力手段。这样的例子有 Schultz 和 Mass (1993，他们的附录)所做的锢囚锋的合成分析，分析说明存在很少见的冷型锢囚，有 Bryan 和 Fritsch (2000，表 2)的合成分析表 2 显示，有湿绝对不稳定层存在。

3 为什么要把它做好？

尽管个例研究对气象很重要，但其声誉却并不好。我认为部分原因是很多研究没有遵循本文后面提到的 16 项原则。为什么作者要关注个例研究或科学论文的质量？

1. 一篇简洁、写得很好的文章更易于被预报员阅读和理解。预报员就有更大的机会学习其经验，从而在未来遇到类似情况时提高天气预报质量。
2. 写作的过程常常会使您的思路更为清晰。头脑中看似可靠的结论在写作中不断改进和完善。
3. 如果向一个需要同行评议的期刊投稿，不严谨的个例研究会经历较长的评议过程甚至被退稿。这会造成作者、审稿人和编辑在时间上巨大的浪费。
4. 如果一篇有缺陷或不严谨的文章发表了，会导致文化的平庸，缺乏经验的读者会相信那是正常和可以接受，从而降低我们的科学素养 (Batchelor, 1981, 16)。
5. 质量差的个例研究如果发表，会使他人误入歧途。比如，例如，在 20 世纪 80 年代末和 90 年代初，越来越多的个例研究声称条件对称不稳定 (CSI) 对预报雨带有明显的作用 (图 1 Schultz 和 Schumacher, 1999; Schultz, 2004a)。此时，无论条件不稳定或惯性不稳定

** 摘自陈一鸣先生译的《英文写作指南》，上海译文出版社，1992:133-134.

是否存在, CSI 都是雨带或强降水出现的流行的解释, 一些研究错误地没有诊断。事实上, 正如 Schultz 和 Schumacher (1999) 所指出的, 在形成雪带过程中 CSI 甚至都不存在, 并证明是一些美国东北气旋所造成的 (Novak 等, 2010)。如果能够更彻底地研究这些初始的案例, 许多后来的作者可能就不会在无意中被误导。

6. 预报员尤其有责任把观测和研究联系起来。正如 Jim Johnson 在《为什么预报员应该发表论文》(Schultz, 2009, 217) 中所提到的: “预报员是研究人员, 他们的工作需要不断研究常见特征的可用数据。这样做时, 预报员经常会看一些不熟悉的特征后来在大气演变中变得很重要。预报值班结束后记下的一些想法能最终更好地帮助理解这些不熟悉的特征和它们对当前大气问题的影响。通过这种方式, 把一个可能是重要的大气现象写成文章并最终发表, 使查询类似文献也变得相当简单且有用。

综上所述, 我们有责任提高个案研究的质量。通过正确撰写个案研究与他人有效地沟通, 可以提高我们的预报质量, 培训同行, 并推动科学发展。

4 三个假设

如果说一篇文章能包含所有作者需要知道的写一篇好的个案研究的信息, 那是言过其实。因此, 我会在文章中阐明我不涉及的内容。

a. 如何做科学研究

假设您对科学探索感兴趣, 也懂得科学方法, 并假定您知道如何构造一个假说, 评估其正确性, 对其他假设进行批驳, 并支持您的论点。若不符合以上假设, 我建议您阅读 Valiela (2001), Booth 等 (2003) 和 Weston (2009)。

b. 科学论文的结构

假设您知道科学论文的基本结构: 摘要, 引言, 数据和方法, 结果, 讨论, 结论。若不符合以上假设, 请阅读 Day 和 Gastel (2006) 这本书第 9-13 章, Schultz (2009) 的书第 4 章和《青年科学家期刊》出版的《科学写作指南》(www.jyi.org)。

c. 科学写作

最后, 假设您可以写出连贯、清晰、准确的科学论文。从一个论点到下一个论点的过度应符合逻辑, 而不是一系列毫不连贯的句子堆砌。不管能力如何, 大多数人都可以通过一些指导提高自己的写作水平。要提高科学写作水平, 如果不是写概括性文章, 建议您阅读 Gopen 和 Swan (1990), Strunk 和 White (2000) 以及 Williams (2006) 的文献。

5 研究设计

优秀的个案研究应遵循的 16 个原则如下 (用蓝色突出显示)。

#1: 有一个明确的目的。

在考虑写作之前, 准确地说, 在研究之始就应该问个问题: “我研究这个个案的目的是什么?” 很多时候, 失败的预报, 破坏性的风暴, 或有趣的气象观测都是研究项目确立的原因。另外, 该个案可能是困扰预报员很长一段时间的典型的天气现象, 但从来没有人研究过。不管什么原因, 一个具有较强目的性的研究项目会有更大的成功机会。

除动机外, 您希望能与其他人分享什么结果。最好的个案研究不仅仅是对一些新事件和新特征的描述: 以前从未观测到的天气现象的演变, 一些对揭示一种不常见的结构的物理过程研究, 或者一些个案研究是作为理解一种特殊天气现象发生频率的气候研究的一部分。

避免仅给出一个天气概述, 即仅仅描述发生了什么。读者不能从一个个例的单纯的记录中得到有用信息。读者应该从这个天气个案中学到什么? 读者将如何运用从这个个案得到的经验教训? 不是只提供天气概述, 而是把目标集中在这个个案的某些有价值的方面, 根据天气图做出旨在深刻理解基础上的批判和科学评估的讨论。

如果没有目标就做个案研究, 作者往往会漫无目的地东拉西扯, 只做天气实况概述, 而没有针对天气图的讨论。在文章引言结束前最好明确做这个研究的目的。明确的目的更容易

吸引读者，也给他们提供一个评价这篇论文是否好坏的标准。

下面有三个简洁明了地说明写作目的的例子：

- “本文的目的是确定 1987 年 12 月 15 日的气旋在美国中部造成一个强雪带的形成、维持和消散的物理过程。”

- “本文的目的是要了解发生在 2004 年 5 月 20 日的龙卷风为何会影响这么大区域的原因。”

- “本文的目的是要确定为什么干线在两个季节都是这种天气的情况下却没有加强的原因。”

要避免标“第 1 部分”和“第 2 部分”这样一个个例多篇论文，这样做很少会得到审稿人好评。审稿人经常发现这种多篇论文通常只有一篇论文的价值。如果您有类似主题的材料足够写两篇或两篇以上论文，最好根据材料发表独立的文章。Schultz (2009) 的书第 3.3 节进一步讨论为什么要劝大家不要写这类稿件。

#2: 写一个清晰、简洁、内容翔实、准确的标题。

标题是读者最先读到的，它可以吸引读者，也可以让读者厌恶。一个好的标题应能够“用最少的字就能够充分说明文章内容 (Day 和 Gastel, 2006, 39)。”标题还应该措辞清楚、简洁、内容翔实、准确 (Lipton, 1998)。注意标题也不能冲突。

标题应反映文章的目的。一个标题为“2003 年 4 月 4 日北卡罗莱纳州冷空气堆的研究”是不全面的。“降水蒸发导致 2003 年 4 月 4 日北卡罗莱纳州冷空气堆增强”，虽然这个题目有点长，但是它的说明性更强，传达了主要研究结果的信息。如果个例发生的日期或地点对读者来讲不重要，那么最好删除掉。在标题中尽量避免用像“研究”或“调查”这样明显不必要的词。Schultz (2009) 在第 3 章讨论了更多确定标题需要注意的地方，在网页 www.eloquentscience.com/2009/08/excerpt-chapter-3-writing-an-effective-title 上可以查到。

#3: 讨论个例发生的频率。

读者了解研究目的之后，接下来会想知道类似个例再次发生的可能性。这是一次百年不遇的山洪或是每年发生的呢？如果该个例是破纪录的，那要说明打破了什么记录，打破了多长时间的记录。如果这种个例发生更加频繁，研究其发生的小气候，做合成分析，搜索类似的个例，或者列举可以确定给出一些典型指示的其他相似个例。这样的合并个例研究气候文章的例子包括 Colman 和 Dierking (1992), Colle 和 Mass (1995), Dean 和 Bosart (1996), Novak 等 (2004), Schultz 等 (2004)。一个个例研究类比的文章的例子有: Gyakum 和 Roebber (2001), McTaggart-Cowan 等 (2006)。对于很多天气事件，作者可能并不知道事件的发生频率。因此，上述问题的简单的结论可以提醒研究人员需要做更多的工作。

6 组织和方法

#4: 使用合适的数据集和方法。

大多数作者认为在开展研究项目之前做好计划是大有裨益的。在讨论文章初稿内容及写作大纲时，需要考虑所用的数据集、方法、分析技术和要使用的各种图表。您采用的数据集能否解决所要讨论问题吗？是否有其他可用数据集可以帮助您来验证一些结论或解释个例被忽略的方面？您的方法适合解决提出的问题吗？下面是两个例子。

例一，许多自动锋面分析和一些手工锋面分析使用相当位温 θ_e 或湿球位温 θ_w 。严格来讲，锋面应该使用气温（如果地表是相对平坦的）、位温 θ 或虚位温 θ_v 来定义 (Sanders 和 Doswell, 1995; Sanders, 1999)。

例二，偶尔作者会用准地转 ω 方程 (Holton 的书第 6.4 节, 2004) 作为诊断工具来诊断锋面气旋发展。 ω 方程用在这是不对的。在这用准地转位势倾向方程 (Holton 的书第 6.3.1

节，2004）更为合适。

#5: 在可能的情况下，使用配料法来介绍您的结果。

要分析一个个例，需要用到很多图。有些作者试图把所有的图都放到一篇论文稿件中！但是，知道用哪种图，可能不会很明显。问题是您怎么知道需要什么图呢？

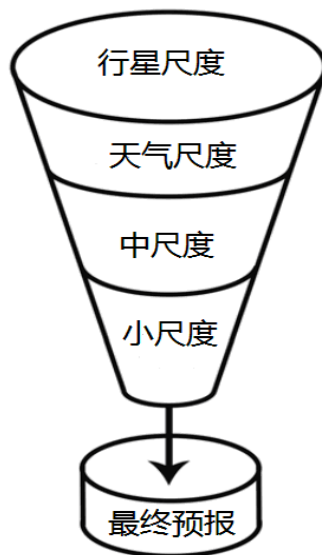
许多作者在他们的研究报告中使用了配料法。配料就是一种天气个例发生的充分必要的要素。比如，McNulty (1978)、Johns 和 Doswell (1992) 研究明确指出，深厚湿对流产生的配料有：抬升运动，不稳定和湿度。Doswell 等 (1996) 分析了暴洪发生的配料。Schultz 等 (2002) 讨论了冬季降水发生的配料。

不用配料法，作者往往没有一个架构来组织研究和展示数据。没有组织结构，论文就会缺乏重点，作者展示图形也只是为了展示而不是作为说明个例的最好选择。配料法限制了讨论和图的数量，使论述更加集中和紧凑。

#6: 按照从大尺度到小尺度的预报漏斗原则来组织您的文章结构。

一旦配料被人所知，在通常情况下，个例研究最好的组织方式是与预报员的思路一致。Snellman (1982)提出了一种称为“预报漏斗”天气预报方法：首先，了解最大的尺度，然后逐步了解尺度较小的现象（图 1 所示）。

这种方法对写一个个例分析非常有用。例如，先把对流风暴放到一个大尺度的环境中，读者可以更好地理解风暴的生成环境和控制这种环境的大尺度过程。



预报漏斗

(摘自 Snellman, 1982)

图 1. 作者在总结个例研究时一般应遵循的“预报漏斗”原则（改编自 Snellman (1982)）

#7: 控制图表的数量，只保留最需要的。

使用配料法和预报漏斗的一个好处是这些图形保持以个例研究为目的。把图形的数量限制到最低，以事实和论据来说服读者。不严谨的个例研究往往包含太多不必要或离题的图形。附加一两则与这个个例有关的有趣的小故事，虽然无助于研究的主要目的，但确实可以为文章增色，太多了就会分散读者注意力，让读者产生厌倦情绪。甚至读者可能忘记该个例研究的目的，面对太多无关紧要的事实和数据而不知所措。

要让读者集中注意力，作者需要有的放矢。在开始写作前就要明确重点。找一张大会议桌，把您打算要用到的所有图形按将要在文中出现的顺序排列，或者在电脑屏幕上显示。这些图形能按既定的顺序陈述一个事实吗？重新安排顺序会不会更好呢？有没有多余的或遗

漏的图？最好采用配料法和预报漏斗的方法来陈述。

我犹豫是否提供文章所用图形数量的标准，因为每个研究需要图形的总数不同。不过，我认为一个合理的指标为 50 个版不超过 20 幅图。如果超过 25 幅图或 100 个版，即使是对最有耐心的读者也是挑战。

最后，作者在文稿中限制图的数量还有一个自私的理由，精心设计的图表是相当费时的，构造拙劣的图表往往引起审稿人的不满。减少这些潜在的因素会节省时间，也可能让您的稿件让审稿人觉得更具吸引力。

7 稿件的写作

#8: 提供所有论点的论证。

在面对资料不足，数值预报不一致，混沌的大气与预报发布的最后期限等不利情况下，预报员在日常工作中必须依靠直觉（例如 Doswell, 2004; Steenburgh 等第 2 节, 2010）。直觉在预报中 useful，但在科研论文中则是不可取的，在论文中需要有说服力的论据。

同样，特别是那些使用业务数据的基于观测的个例研究，往往缺乏得到明确结论的所有数据。必要信息的缺乏并不会妨碍做好科学研究，但作者需要明确告诉读者哪些结论是可靠的，哪些结论是合理推断。

请看下面的例子。如果您认为某日与边界层水平对流涡旋有关的垂直环流是有组织的深对流出现的原因，您必须附上观测证据：涡旋（比如雷达图像显示出的成熟的环流）；例如涡旋引起的环流（也就是水平对流涡旋条件事先满足），环流在对流之前，而且对流最终发生在涡旋产生的上升运动的区域。如果没有这些论证，您的论证也相应减弱。

如果证据不足，推测其原因是比较适当的，以“我/我们推测……”开头。但是，文章的主要观点不能依靠推测。尽可能少地使用推测，这样才能保证文章中的论证合理。

通常情况下，作者可能会说，他们的个例研究的目标是为改进预报。对于读者（预报员）来讲，要达到此目的仅做一个个例研究明显是不够的。例如卫星或雷达图像上的一个信号出现在一次重大天气事件出现之前，这个信号可能与该天气事件相关，但该信号不一定导致该事件发生或出现在所有重大严重的天气事件之前。此外，单纯一个个例研究并不足以证明这个信号是不是全部重大天气事件都有，或者全部未产生强天气的个例都不具备。只有去做更全面的气候方面研究，才可以提供这样的证据。因此，对基于一个单独个例提出的所谓预报一种特殊天气的“高招”的说法要小心。

#9: 避免使用专业术语、不精确的措辞和不正确的科学概念。

专业术语可能是气象学家为了方便创造的，用来描述更为复杂科学现象所使用的有趣或幽默的语言。虽然有一些专业术语在科学交流中是必不可少的，但有些术语在科学论述中是不恰当的。以下五种不同类型的专业术语最好不要在您的写作和报告中使用。

1. 避免使用仅有少数人知道的有趣的或特定学科的术语；或者，如果是必须使用的术语，第一次使用时要给出这个术语的定义。例子包括查理末端、炸弹和火环。

2. 空洞的或含义不确切的术语最好不用。比如“雷暴活动”（可以测量的更为具体的量：“云对地闪率”），“强动力”（更准确地说：“强大的 500 百帕绝对涡度最大值”），在背风坡的辐合中山脉起了重要作用（“重要作用”的描述是模糊的，应该更具体地谈谈山脉是如何产生的辐合的）。

3. 避免使用不好界定科学意义的术语。不使用晦涩的物理术语，而是对物理过程进行描述。例子包括“超曳现象”，“触发”，“低平顶对流”和“水汽池”。

4. 有些短语，从字面上看，是不合适的或毫无意义的。例子包括“浅层水汽”，“干冲”，“槽底”，“加深的短波槽”，“东北向抬升”。

5. 最后，一些在科学上是不正确的短语。下面的例子中就有这样的陈述：

- “高层辐散区移到低层辐合区上空，会产生强烈的上升运动。”因为上升运动直

接与

通过连续性方程的质量辐散的垂直分布相关,这句话意味着质量辐散和上升运之间存在因果关系,这歪曲了一个单一的过程到底是什么。

• “北美中尺度模式的分辨率是 8 公里”。分辨率实际上比网格间距大几倍 (例如, Pielke 1991, 2001; Laprise 1992; Grasso 2000a, b)。因此,作者应该使用网格间距或格点间隔来代替。

• “在未来 36 小时冷锋将从南达科他州传播到俄克拉荷马州。”传播是经常用来描述波的词。严格地说,特征运动由一个平流分量和一个非平流分量组成。由于冷锋, Rossby 波和飚线通常既有平流运动分量又有非平流运动分量,“传播”这个词专门用来表示非平流分量。

• “对流之前是地面水气通量辐合区。”水气通量辐合作为对流启动的诊断工具是不恰当的 (Banacos 和 Schultz, 2005)。

附录 B “通常被滥用的科学词语” (Schultz, 2009), 有更多的例子说明如何使语言更精确, 可从网页 www.eloquentscience.com/ 上查到。

#10: 明确界定地理位置。

因为科学 (包括天气) 是全球性的, 来自美国的研究成果可能与世界各地的预报员和研究人员有关, 反之亦然。正如大多数美国科学家不一定能够识别中国各省一样, 美国人也不应该指望中国读者知道美国各州和它们的位置。一些地区的特定术语 (例如, 首都区、金三角) 或当地地理位置 (如河流, 小山脉) 可能即使自己的国家的读者也不知道。

您可以做几件事情以帮助读者了解文章的地理环境。首先, 尽量减少使用可能不广为人知的地理名词, 或第一次使用该地理名词时就对它做定义。第二, 附上当地地图, 其目的是指明文中所描述的地方 (图 2)。如果这种注释不会引起混乱, 更好的方式是直接在图中 (图 3) 标记出来。每张地图也应该有水平比例尺, 并标注哪个方向是北 (如果省略指北针, 可能会引起歧义, 如果有指北针则对图示有利)。

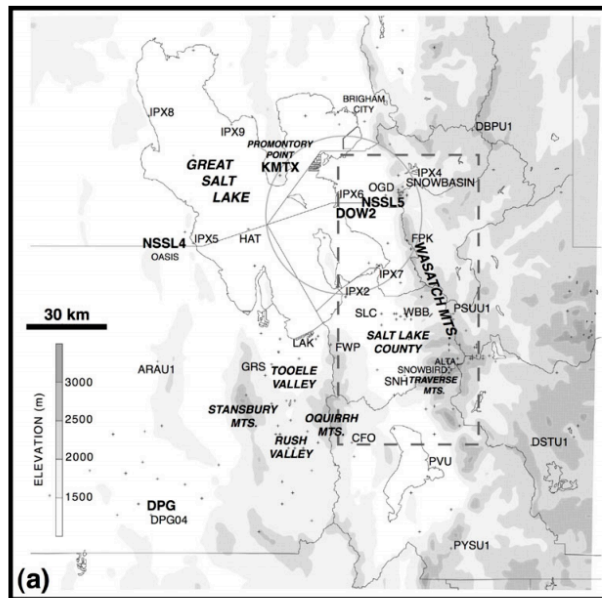


图 2: 用来定义文章中描述的地理位置图。用阴影表示海拔高度 (米) 高于海平面的等级。加号表明 MesoWest 站的位置。粗体罗马字体标注出特殊观测系统 (例如, 移动实验室, 雷达)。常规的罗马字体标注的是观测站、滑雪胜地和城市。粗体斜体字体标出地理和政治区域。细实线代表县和湖泊的边界。DOW2 周围的灰色圆圈代表了 30 公里范围内的环带。虚线框代表的插入图的位置, 这里没有显示。[图和文字改编自 Schultz 和 Trapp (2003) 的图 1a]

8 数值模拟研究的特别准则

#11: 模型模拟应该做的不仅仅是再现观测。

随着计算资源的价格越来越便宜，中尺度数值模式 WRF（天气研究与预报模式）和 MM5（宾夕法尼亚州立大学国家大气研究中心的中尺度模式，第 5 版）允许免费使用，目前模拟一个天气事件的 Eta 工作站几乎人人都买得起。模拟一个事件要看模型是否可以再现它，但对于一个要发表的个例研究来讲是不够的。

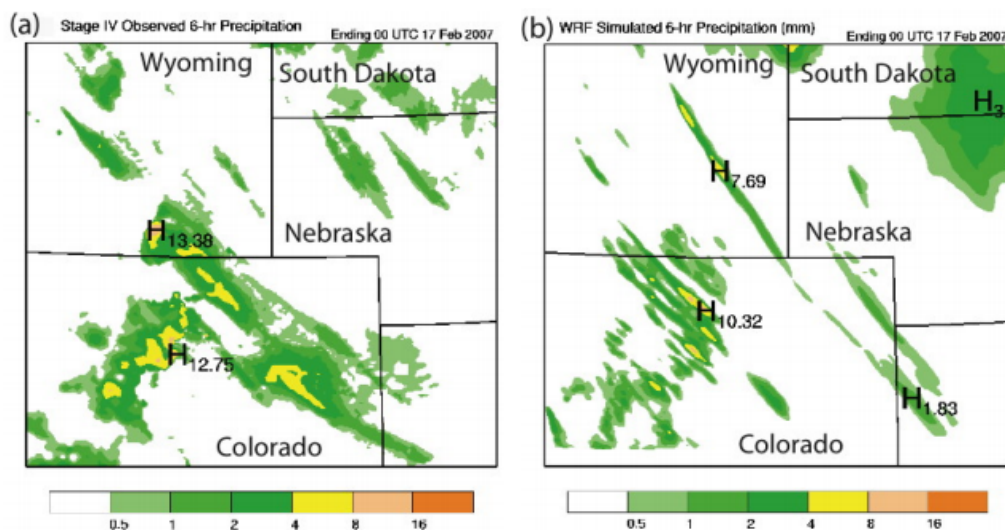


图 3: 表示截至 2007 年 2 月 17 日 00 时 (UTC) 的 6 小时降水 (单位, mm, 填色图)。a) 第四阶段产品 (雨量计和雷达估测降水的资料融合) 和 b) WRF 模式输出。 [改编自 Schumacher 等, 2010)。感谢 Russ Schumacher 对图中色标的贡献。]

一个能够成功模拟所研究天气事件的模式在理解所包含的相关物理过程方面是一个强有力的工具。但是，模拟仅是发表科学论文的第一部分，合理的诊断是第二部分。模式的输出产品是一个四维、动力协调的数据集。该产品常常作为观测数据缺值的替代（当然，假设有一完美的模式）。

例如，用模型输出计算如湿位涡诊断量 (Novak 等, 2006; Schultz 和 Knox, 2007)，锋生 (Schultz, 2004b; Novak 等, 2006)，或动量方程中的各量 (Colle 和 Mass, 1995) 可以提供对相关物理过程的理解。另外，改变地形 (Onton and Steenburgh, 2001)、水温 (Onton and Steenburgh 2001)、云层对太阳辐射的透明度 (Roebber 等, 2002) 或者某些数据点的同化 (Zhang 等, 2002) 后重新运行模式，可以说明一些物理过程的重要性及其对这种天气事件预报的敏感性。

#12: 全面评价模式输出产品。

接下来的任务是验证该模式输出是否“如实”再现了观测。“如实”加引号表明不同的人对模式如何“如实”地再现观测会有不同的意见。有些人可能会很关心模式对降水或风的预报能力，虽然其他人可能不这么想，他们宁愿把重点放在大尺度预报是否能够令人满意上。有些人可能会想得到模型输出和数据之间近乎完美的对应，而另一些人则要求相对较低。

图 3 所示，初看上去，WRF 模式预报的降水区域大致正确：内布拉斯加州北部和南达科他州南部，在科罗拉多州中部的地形降水，科罗拉多州东部的西北-东南向带状降水。因此，作者可能会写，“模式模拟再现了观测到的降水特征。然而，如果没有更多的说明，作者的信誉将受到影响。

相反，（模式预报和实况的）差别是显而易见的。模式预报的科罗拉多州东部的带状降水比观测到的窄得多。在内布拉斯加州北部和南达科他州南部，令人关注的降水落区，模式模拟的相对较大。模式模拟的降水量的最大值比观测值要小，（模拟的）地形降水没有观测

的范围大。

尽管有这么显著的区别,模式模拟对这一天气事件的诊断和对为什么降水带出现在科罗拉多州东部的理解还是足够精准的,正如 Schumacher 等(2010)所做的模拟。用挑剔的眼光看待模式的输出结果是向读者说明,模式确实并不完美,但用它来写文章是可以接受的。

9 图表

做研究的时候,我们经常设计图表,用软件默认设置做出的草图,在细节上还未做调整。这些图不经过认真编辑和重新设计不能用在文章中。需要从更清晰、更易于理解和更美观方面来修改图表以达到可供出版的要求。制作达到出版要求的图表可能需要相当长的时间和精力,这些通常是来自审稿人的善意提醒。

#13: 设计刊印尺寸变小后易读的图表。

设计将刊印在期刊上的图表的尺寸。保证所有的字体和风羽图清晰可读。当图缩小印在杂志上时要谨防虚线消失。使用无衬线字体(如 Helvetica, Arial),因为他们比衬线字体(如 Times New Roman)更易于保存复制。

#14: 类似的图表前后一致。

在多数个例研究的稿件中,一种共同的图形可以被重复使用。例如,整个稿件中地面图或探空图可能会在三个不同的时间、不同的地点使用。要尽可能地把这些图设计成前后一致。如果可能的话,使用相同的地图背景,线宽,填色方案等。变量名称,符号,单位,等值线的间隔,也应该与惯例一致。例如,地面气压场应每隔 4 百帕画线(或中尺度分析每隔 1 或 2 百帕),而不是 2.5 或 5 百帕。为便于比较,类似的图表应绘制成相同大小。

另外,设计一幅多图图表(如图 3),有助于类似图的比较。需标注 (a), (b), (c), 等。

#15: 标注图表时要突出重要的特征。

一旦图形设计好,标注有助于引导读者关注重点区域(例如,突出特定的最大涡度,雷达图像中后侧入流缺口的位置,在散点图画 1: 1 线,包括误差柱状图,标记地理位置)。此外,计算机生成的图表可能会生成一个默认的标题,需要换成更容易理解的标题。尽量直接做标记而不用缺省的图例。

避免 Tufte (2001, 第 5 章)称为图表垃圾的东西: 多余的网格线、注释、二维图形的立体效果和不必要的图形装饰,这些图表垃圾会有损于图的主要内容,使图中数据模糊而不是补充或加强。图上的数据是最重要的,应尽一切可能来突出数据。例如,用微软 Excel 做的图表在发表前需要严格进行全面修订 (su, 2008)。

其他有关图表的建议包括以下内容,

1. 避免浪费一幅多图之间或图内空白区域。合理安排空间,使印在杂志上的图标尺寸最大化。
1. 用文字和合适的单位标注坐标轴[“温度 ($^{\circ}\text{C}$),” 而不是 “T”]。坚持使用标准单位,并尽可能采用国际单位制。对图进行定量标注以使读者不必读图例就能理解。
2. 如果绘制风羽,按惯例在说明中描述:“三角旗,满格,半格分别表示 25, 5, 2.5 ms^{-1} 。”
3. 小心使用红绿的配色方案(如美国多普勒雷达网上的标准风产品),因为这对有红绿色盲的人(约 10% 的男性和 2% 或低于 2% 的女性)解释起来很困难。向 www.vischeck.com 或 www.ryobi-sol.co.jp/visolve/en/deflector.html 上传您的图表,看是否会引起患色盲症的人的麻烦。
4. 许多网上期刊出版的动画(包括 EJSSM),是推广您的观点的一个有效工具。美国气象学会期刊将在其网站上展示动画作为补充。

有关有效地设计特定类型的图表(例如,线图,散点图,柱状图,平面图)的更多信息,请参阅 Schultz (2009 年)的书第 11.7 节。

#16: 在文章和图例中详细描述和引用所有的图表。

简而言之，如果您的文章中用到一幅图或一幅多图，最好在文章中引用并做解释。如果图在文章中没有解释，就应该被删除掉。在文章中频繁地引用图表，让读者知道用到什么具体的图表。

描述图表时，首先讨论最明显的方面，即使这些都不是主要关注点。这样做可以让读者确信他们能够正确地理解图并准备给读者更多的细节。

不要在文章中重复图表说明中的信息。例如，“图 5 显示了 500 百帕高度和相对涡度，表明短波槽在 1200 UTC 移到艾奥瓦州。”这句话可以更简单地写为“短波槽在 1200 UTC 移到艾奥瓦州（图 5）。”说明应包括图中所有元素的描述。要说明图中各种线条的意义，并应包括物理量的单位和等值线的间隔。如果有必要，所有的阴影和配色方案都应该加以说明并配上图例。

10 参考文献

许多来稿缺乏引用和参考文献目录的基本规范。提交您的稿件之前，您需要做的最终检查应包括以下几点：

1. 确保参考文献中的所有文献在文稿中都被引用。
2. 确保在文稿中出现的所有引用都在参考文献中。
3. 再三检查参考文献的准确性。确保作者姓名、文章题目、发表年份、期刊名称、卷号、页码和引用排序的正确性。确保所有作者的名字拼写正确（以免由于那些拼写错误被审稿人或编辑退稿）。

11 其他格式和术语问题

1. 按照您所投稿期刊的格式要求编辑稿件。许多期刊在它们的网站上都有格式指南。例如，EJSSM 在它们网站 www.ejssm.org 主页右侧有针对作者、审稿人和编辑的指南，美国气象学会在网站的作者资源中心（www.ametsoc.org）上有作者指南。如果您的稿件打算向对格式并没有特别要求的期刊投稿，您要选择使用一种格式并贯穿始终。
2. 使用正确的日期和时间格式：1225 UTC 8 March 2006，而不是 March 8th，也不是 08.03.06，这可能会造成混淆（2006 年 8 月 3 日还是 2008 年 3 月 6 日）。如果在稿件中使用当地时间（LST），列出转换为 UTC 的时间。例如，“海风在当地时间 14 点（UTC = LST+6h）后开始加强。”
3. 考虑使用“向极地的”和“向赤道的”这些中性词汇，而不用“朝南的”、“朝北的”。这样做将使在南半球的读者更容易地阅读您的稿件。同样，使用“气旋性涡度”而不使用“正涡度”。
4. 首次使用缩略词和缩略语时，应先给出定义，除非期刊另有规定。另外，如果您对一个长术语或参考文献[例如，Salt Lake Valley 缩写为 SLV，Sanders 和 Doswell（1995）缩写为 SD95]引入缩写时，尤其是如果它只是用几次的话，要重新考虑考虑。虽然这样的缩写可能使作者写作更容易一些，读者会发现记忆不常使用的缩略词比简单拼写出来更令人不习惯。
5. 在科学写作中，第一人称代词（我，我们）正在被更普遍接受，并有很好的理由。它们可以改善像“据推测，”[谁推测？]和“作者选取了五年的数据”带来的尴尬。在数据和方法部分避免过度使用第一人称代词的稿件，听起来不太专业。相反，使用第一人称代词捍卫您选择的研究，可能会影响结果。例如，“我们推测.....”和“两种可选方案中，我们选择了第二种作为我们的方法，因为.....”
6. 尽量减少使用 it 或 there 开头的叙述（例如，“it is well known that”，“it can be shown that”，“it is very likely that”，“there are”）。大多数这些短语可以被删除而不丧失语义，或替换为单个单词（例如，“it can be noted that”可以省略；“it is possible that”可以替换为“possibly”）。

7. 尽可能使用国际单位制单位。如果需要使用非国际单位制单位，在括号中列出换算成国际单位制的数据。例如，“雨量器测量单位为 0.01 英寸（0.25 毫米）。”
8. 最后，在提交之前，通过拼写检查、语法检查程序检查您的稿件。不要指望用这些软件就能保证完美，但使用它们可以确保您可以发现大多数的严重错误。

12 结论

虽然遵循这 16 项原则（如表 1 所示）并不能保证您的论文会发表，但这些原则将有助于避免别人易犯的常见错误。提交一份条理清晰、组织出色、科学合理的个例研究，您会得到一个严谨的作者的声誉。甚至您会被邀请在会议和培训课程上做发言。

写一个例研究，并把它做好是一项很费力的工作，因此，要做好它需要花费大量时间去准备。（稿件完成后）不要急于投稿。在研究和写作阶段，找别人帮忙指导，尤其是找那些有经验和有声誉的科学家。在预报室、大学、实验室或者在一个区域天气研讨会上介绍自己的成果。这些机会可以带来改善您的稿件和增强您的科学技能的反馈意见。此外，它们还可能带来在未来的研究中合作的机会。这些成就需要很长的路要走，但潜在的回报确实是相当大的。

表 1：撰写有效的个例研究须遵循的 16 项原则。

#1: 有一个明确的目的。
#2: 写一个清晰、简洁、内容翔实、准确的标题。
#3: 讨论个例发生的频率。
#4: 使用合适的数据集和方法。
#5: 在可能的情况下，使用配料法来介绍您的结果。
#6: 按照从大尺度到小尺度的预报漏斗原则来组织您的文章结构。
#7: 控制图表的数量，只保留最需要的。
#8: 提供所有论点的论证。
#9: 避免使用专业术语、不精确的措辞和不正确的科学概念。
#10: 明确界定地理位置。
#11: 模型模拟应该做的不仅仅是再现观测。
#12: 全面评价模式输出产品。
#13: 设计刊印尺寸变小后易读的图表
#14: 类似的图表前后一致。
#15: 标注图表时要突出重要的特征。
#16: 在文章和图例中详细描述和引用所有的图表。

致谢

本文脱胎于我写的书——《有说服力的科学：成为一个更好的作家、演说家和大气科学家的实用指南》(Schultz, 2009)，把太多有关写出优秀个例研究的好建议放到一章中，促成了本文。

我要感谢我过去的顾问和导师：Clifford Mass, Lance Bosart, Daniel Keyser 和 Charles Doswell，是他们教我如何进行研究和写论文。我要特别感谢 Charles Doswel，感谢他对我的著作中附录 B 的启发。我也要感谢我的两个最亲密的合作者 Paul Roebber 和 Jim Steenburgh，感谢他们在合著期刊论文过程中对我多年的鼓励、鞭策和友谊。我要感谢三个正式评审（John Lewis、Paul Markowski 和 Greg Mann）和编辑 Roger Edwards、Ryan McCammon，以及以下对这篇稿件的早期版提出宝贵意见的同事们：Thomas Andretta、Peter Banacos、Matthew Bunkers、Jay Charney、Stephen Corfidi、Chris Davis、Nikolai Dotzek、Jim Johnson、Paul Roebber 和 Jon Zeitler。感谢来自 Vaisala Oyj（维萨拉公司）的部分资金支持。

参考文献

- Banacos, P. C., and D. M. Schultz, 2005: The use of moisture flux convergence in forecasting convective initiation: Historical and operational perspectives. *Wea. Forecasting*, **20**, 351–366.
- Batchelor, G. K., 1981: Preoccupations of a journal editor. *J. Fluid Mech.*, **106**, 1–25.
- Booth, W. C., G. G. Colomb, and J. M. Williams, 2003: *The Craft of Research*. 2nd ed. University of Chicago Press, 329 pp.
- Bosart, L. F., 1983: Analysis of a California Catalina eddy event. *Mon. Wea. Rev.*, **111**, 1619–1633.
- Bryan, G. H., and J. M. Fritsch, 2000: Moist absolute instability: The sixth static stability state. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **81**, 1207–1230.
- Colle, B. A., and C. F. Mass, 1995: The structure and evolution of cold surges east of the Rocky Mountains. *Mon. Wea. Rev.*, **123**, 2577–2610.
- Colman, B. R., and C. F. Dierking, 1992: The Taku wind of southeast Alaska: Its identification and prediction. *Wea. Forecasting*, **7**, 49–64.
- Day, R. A., and B. Gastel, 2006: *How to Write and Publish a Scientific Paper*. 6th ed. Cambridge University Press, 302 pp.
- Dean, D. B., and L. F. Bosart, 1996: Northern Hemisphere 500-hPa trough merger and fracture: A climatology and case study. *Mon. Wea. Rev.*, **124**, 2644–2671.
- Doswell, C. A. III, 2004: Weather forecasting by humans—Heuristics and decision making. *Wea. Forecasting*, **19**, 1115–1126.
- , and M. J. Haugland, 2007: A comparison of two cold fronts—Effects of the planetary boundary layer on the mesoscale. *Electronic J. Severe Storms Meteor.*, **2** (4), 1–12.
- , H. E. Brooks, and R. A. Maddox, 1996: Flash flood forecasting: An ingredients-based methodology. *Wea. Forecasting*, **11**, 560–581.
- Gopen, G. D., and J. A. Swan, 1990: The science of scientific writing. *Amer. Sci.*, **78**, 550–558. [Available online at www.americanscientist.org/issues/feature/the-science-of-scientific-writing/1.]
- Grasso, L. D., 2000a: The differentiation between grid spacing and resolution and their application to numerical modeling. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **81**, 579–580.
- , 2000b: Reply. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **81**, 2479.
- Gyakum, J. R., and P. J. Roebber, 2001: The 1998 ice storm—Analysis of a planetary-scale event. *Mon. Wea. Rev.*, **129**, 2983–2997.
- Holton, J. R., 2004: *An Introduction to Dynamic Meteorology*. 4th ed. Elsevier, 535 pp.
- Johns, R. H., and C. A. Doswell III, 1992: Severe local storms forecasting. *Wea. Forecasting*, **7**, 588–612.
- Laprise, R., 1992: The resolution of global spectral models. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **73**, 1453–1454.
- Lewis, J. M., 1996: Joseph G. Galway. *Wea. Forecasting*, **11**, 263–268.
- , 2007: A forecaster’s story: Robert H. Johns. *Electronic J. Severe Storms Meteor.*, **2** (7), 1–19.
- Lipton, W. J., 1998: *The Science Editor’s Soapbox*. 93 pp. [Available from Science Soapbox, P. O. Box 16103, Fresno, CA 93755-6103.]
- MacDonald, A. E., 2000: Leonard W. Snellman 1920–1999. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **81**, 847–848.
- McNulty, R. P., 1978: On upper tropospheric kinematics and severe weather occurrence. *Mon. Wea. Rev.*, **106**, 662–672.
- , 1991: Downburts from innocuous clouds: An example. *Wea. Forecasting*, **6**, 148–154.
- McTaggart-Cowan, R., L. F. Bosart, C. A. Davis, E. H. Atallah, J. R. Gyakum, and K. A. Emanuel, 2006: Analysis of Hurricane Catarina (2004). *Mon. Wea. Rev.*, **134**, 3029–3053.
- Novak, D. R., L. F. Bosart, D. Keyser, and J. S. Waldstreicher, 2004: An observational study of cold

- season-banded precipitation in northeast U.S. cyclones. *Wea. Forecasting*, **19**, 993–1010.
- , J. S. Waldstreicher, D. Keyser, and L. F. Bosart, 2006: A forecast strategy for anticipating cold season mesoscale band formation within eastern U.S. cyclones. *Wea. Forecasting*, **21**, 3–23.
- , B. A. Colle, and A. R. Aiyyer, 2010: Evolution of mesoscale precipitation band environments within the comma head of northeast U.S. cyclones. *Mon. Wea. Rev.*, 138, doi:10.1175/2010MWR3219.1.
- Onton, D. J., and W. J. Steenburgh, 2001: Diagnostic and sensitivity studies of the 7 December 1998 Great Salt Lake-effect snowstorm. *Mon. Wea. Rev.*, **129**, 1318–1338.
- Pagnotti, V., and L. F. Bosart, 1984: Comparative diagnostic case study of East Coast secondary cyclogenesis under weak versus strong synoptic-scale forcing. *Mon. Wea. Rev.*, **112**, 5–30.
- Pielke, R. A., Sr., 1991: A recommended specific definition of “resolution.” *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **72**, 1914.
- , 2001: Further comments on “The differentiation between grid spacing and resolution and their application to numerical modeling.” *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **82**, 699.
- Roebber, P. J., D. M. Schultz, and R. Romero, 2002: Synoptic regulation of the 3 May 1999 tornado outbreak. *Wea. Forecasting*, **17**, 399–429.
- Rogers, E., and L. F. Bosart, 1991: A diagnostic study of two intense oceanic cyclones. *Mon. Wea. Rev.*, **119**, 965–996.
- Sanders, F., 1999: A proposed method of surface map analysis. *Mon. Wea. Rev.*, **127**, 945–955.
- , and C. A. Doswell III, 1995: A case for detailed surface analysis. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **76**, 505–521.
- Schultz, D. M., 2004a: Historical research in the atmospheric sciences: The value of literature reviews, libraries, and librarians. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **85**, 995–999.
- , 2004b: Cold fronts with and without prefrontal wind shifts in the central United States. *Mon. Wea. Rev.*, **132**, 2040–2053.
- , 2009: *Eloquent Science: A Practical Guide to Becoming a Better Writer, Speaker, and Atmospheric Scientist*. Amer. Meteor. Soc., 412 pp. [Excerpts available online at www.eloquentscience.com .]
- , 2010: Rejection rates for multiple-part manuscripts. *Scientometrics*, submitted.
- , J. V. Cortinas Jr., and C. A. Doswell III, 2002: Comments on “An operational ingredients-based methodology for forecasting midlatitude winter season precipitation.” *Wea. Forecasting*, **17**, 160–167.
- , and R. J. Trapp, 2003: Nonclassical cold-frontal structure caused by dry subcloud air in northern Utah during the Intermountain Precipitation Experiment (IPEX). *Mon. Wea. Rev.*, **131**, 2222–2246.
- , D. S. Arndt, D. J. Stensrud, and J. W. Hanna, 2004: Snowbands during the cold-air outbreak of 23 January 2003. *Mon. Wea. Rev.*, **132**, 827–842.
- , and J. A. Knox, 2007: Banded convection caused by frontogenesis in a conditionally, symmetrically, and inertially unstable environment. *Mon. Wea. Rev.*, **135**, 2095–2110.
- , and C. F. Mass, 1993: The occlusion process in a midlatitude cyclone over land. *Mon. Wea. Rev.*, **121**, 918–940.
- , and P. N. Schumacher, 1999: The use and misuse of conditional symmetric instability. *Mon. Wea. Rev.*, **127**, 2709–2732; Corrigendum, **128**, 1573.
- Schumacher, R. S., D. M. Schultz, and J. A. Knox, 2010: Convective snowbands downstream of the Rocky Mountains in an environment with conditional, dry symmetric, and inertial instabilities. *Mon. Wea. Rev.*, submitted.
- Snellman, L. W., 1982: Impact of AFOS on operational forecasting. Preprints, *Ninth Conf. on Weather Forecasting and Analysis*, Seattle, WA, Amer. Meteor. Soc., 13–16.
- Steenburgh, W. J., D. M. Schultz, B. Snyder, and M. Meyers, 2010: Bridging the gap between operations and research to improve weather prediction in mountainous regions. *Mountain Weather and Forecasting*

- Monograph*, Amer. Meteor. Soc., submitted.
- Strunk, W., Jr., and E. B. White, 2000: *The Elements of Style*. 4th ed. Allyn and Bacon, 105 pp.
- Su, Y.-S., 2008: It's easy to produce chartjunk using Microsoft®Excel 2007 but hard to make good graphs. *Computational Statistics and Data Analysis*, **52**, 4594–4601.
- Tufte, E. R., 1983: *The Visual Display of Quantitative Information*. Graphics Press, 197 pp.
- Valiela, I., 2001: *Doing Science: Design, Analysis, and Communication of Scientific Research*. Oxford University Press, 294 pp.
- Weston, A., 2009: *A Rulebook for Arguments*. 4th ed. Hackett Publishing, 88 pp.
- Williams, J. M., 2006: *Style: Lessons in Clarity and Grace*. 9th ed. Longman, 304 pp.
- Zhang, F., C. Snyder, and R. Rotunno, 2002: Mesoscale predictability of the “surprise” snowstorm of 24–25 January 2000. *Mon. Wea. Rev.*, **130**, 1617–1632.