结构化双极论证中基于怀疑驳斥论证

Michael A. Müller*、Srdjan Vesic† 和 Bruno Yun‡

2026年2月4日

arXiv:2602.03286v1 [cs.AI] 3 Feb 2026

摘要

本文提出了一种新的计算论证方法，该方法借鉴了哲学和语言学观点。具体而言，本文考虑了计算论证文献中鲜少受到关注的两个理念：第一，主体可能会基于单纯的怀疑而理性地驳斥某个论证，因此，并非所有其能够防御的论证都必须被接受；第二，在辩论中，考虑主体接受哪些单独的句子或主张，有时比考虑其接受哪些论证更为自然。为将这两个理念纳入计算方法，我们首先定义结构化双极论证框架（SBAF）的概念，其中论证由句子构成，且论证之间既存在攻击关系，也存在支持关系。随后，我们为 SBAF 提供了具有两个特征的语义：（1）不同于基于完备性的语义，我们的语义不强制主体接受所有受防御的论证。（2）除了给出可接受论证集的论证扩展外，我们还为语言扩展提供语义，以规定可接受句子集。这些语义刻画了主体在辩论中可能持有的合理立场。我们的语义介于抽象论证的可接受语义与完备语义之间。此外，我们的方法还可用于为现有方法提供新的视角。例如，我们可以明确主体忽略论证间支持关系的条件（即使用抽象论证何时有理据），并证明演绎支持语义是我们方法的一个特例。

抽象论证；怀疑双极；《论证》；结构化论证；解释语义

1 引言

对大多数人来说，接触论证的主要途径是讨论和辩论，无论是面对面还是在线进行。在这些情境中，他们会遇到以下

*弗里堡大学，瑞士；CRIL 法国国家科学研究中心阿图瓦大学，朗斯，法国。

†CRIL 法国国家科学研究中心阿图瓦大学，朗斯，法国。

‡里昂大学，里昂第一大学，法国国家科学研究中心，里昂国立应用科学学院，LIRIS，UMR5205，F-69622 维勒班，法国。

核心问题：面对所有论证，你应该相信什么？回答这一问题的一种方式是通过计算论证 [22, 5]。我们可以构建辩论模型，并用它们来评估主体在考虑这场辩论时应接受哪些论证集合，这些集合称为扩展。这有助于主体应对复杂且可能相互矛盾的信息。相关文献提出了多种语义，用于确定论证的可接受性（见 [4]）。其中许多方法源于这样一种研究兴趣：基于特定逻辑、逻辑程序设计，或主体如何针对不一致或不确定的知识进行推理，来模拟不同形式的形式推理 [33, 1, 22, 3, 14, 38, 40]。

本文以抽象 [22], 结构化 [11],和双边 [15] 论证等计算方法为出发点，同时也纳入了哲学 [42, 25, 27, 49], 语言学 [28], 和传播学 [45, 46]等非形式论证方法的某些方面。在这些方法中，我们可以发现两种一般性观点，而形式化方法并不总是明确地将其纳入考量：(1) 形式化方法假设理性智能体会自动接受所有受防御论证，而非形式化方法则允许其拒绝此类论证，例如，当论证依赖于主体认为极不可信的前提时。(2) 形式化方法通常要求主体整体评估论证，这意味着它们往往只考虑论证中的句子（其前提和结论），以确定该论证与其他论证之间的关系。相比之下，非形式化方法通常假设主体会直接评估自己应该接受哪些句子。尽管某些计算方法已实现了这些观点的某些方面[37, 24, 41, 9, 17], ，但我们将二者都充分纳入考量。

拒绝受防御论证这一想法源自批判性反应的概念 [29, 47]。主体必须对某个论证作出批判性反应才能拒绝它，但批判性反应不一定要以反论证的形式出现。例如，主体除了攻击某个论证，也可以质疑它。这种质疑表达了对该论证某个前提的怀疑；如果这种怀疑无法消除，就可以拒绝该论证。因此，即使不存在任何攻击，只要受到怀疑的前提未得到支持，主体也可以拒绝论证。因此，我们采用的是双极论证 [15], 方法，其中论证既可以受到攻击，也可以得到支持。明确使用支持关系，也符合关于我们如何直觉地处理论证的实证结果 [28, 36]。以下示例展示了我们方法的新颖性和表达能力。

例1。考虑以下情境，其灵感大致来自 *[2],* 其中，某个主体考虑一场包含以下论证的辩论：a_1：“这把小提琴是斯特拉迪瓦里，因为 *Alex* 是这么说的”，a_2：“这把小提琴很贵，因为它是斯特拉迪瓦里”，a_3：“我们知道，*Clara* 说 *Anne-Sophie* 拥有这把小提琴，因为报纸上引用了她的话，她也这么说。”，a_4：“*Anne-Sophie* 拥有这把小提琴，因为 *Clara* 是这么说的”，以及a_5：“*Hilary* 拥有这把小提琴，因为 *Diego* 是这么说的”。由此得到以下双极论证情境，其中 $\rightarrow$ 表示攻击，$\twoheadrightarrow$ 表示支持。

$$a_1 \dashrightarrow a_2 \qquad a_3 \dashrightarrow a_4 \twoheadleftarrow\!\!\!\!\twoheadrightarrow a_5$$

如果主体采用任何一种完备语义 *[22, 50],* ，就必须接受所有受防御论证。因此，任何这样的主体都必须至少接受 a_1 和 a_2。然而，

人们或许有理由怀疑 *Alex* 是否真的提出了 a_1中的主张。主体可能会怀疑 *Alex* 对小提琴一无所知，因此觉得他的主张很奇怪。这种怀疑还不足以构成一个可以加入框架的完整反论证，但足以让主体怀疑 a_1 ；如果没有支持来消除他们的疑虑，主体就会拒绝它。

接下来介绍的是基于可接受性的较弱语义 *[22]*。可接受性允许主体对 a_1持怀疑态度，但也消除了对 a_2的任何支持概念，因为两个论证可以完全独立地被接受。采用演绎支持语义的 *d*-可接受性（见 *[13, 16]* 和第*4.2*节），则会将支持纳入考量，且 a_1 只能与 a_2一同被接受，从而得到以下扩展：$\emptyset$、$\{a_1, a_2\}$、$\{a_3, a_4\}$、$\{a_5\}$、$\{a_1, a_2, a_5\}$以及$\{a_1, a_2, a_3, a_4\}$。但现在， a_3 也只能与 a_4一同被接受。然而，由于 a_4 和 a_5 相互矛盾，人们或许会希望不接受其中任何一个，同时仍接受 a_3。也就是说，主体或许想接受这样一个主张：*Clara* 根据报纸声称 *Anne-Sophie* 拥有这把小提琴，同时对她是否真的拥有它暂不作判断。*d*-可接受性不允许这种选择。

我们定义的语义之一——弱一致性（见第*3.2*节）——通过允许主体接受扩展 $\{a_3\}$，刻画了基于完备性的语义和 *d*- 可接受性都无法捕捉的这些动态。例 *10* 对此情形进行了完整分析。

怀疑单个句子的想法也说明，非正式方法通常会在句子层面评估论证。面对论证时，人们往往更直观地考虑自己接受哪些句子，而不是接受哪些论证 [12]。后者可能是复杂的结构，分析它们并弄清接受它们意味着承诺什么，可能颇具挑战。考虑句子有助于解释为什么某个主体接受（或应该接受）某个论证扩展，即通过指明他们认同的句子集合。这需要考虑论证的结构，因此我们的方法采用结构化论证的视角。

例2. 主体不直接考虑论证，而是指出自己接受哪些单个句子，这或许更符合直觉。在例*1*中，我们可能接受以下句子 Str ： *“*这把小提琴是斯特拉迪瓦里*”*， Exp: *“*这把小提琴很贵*”*， Cla: *“Clara* 说 *Anne-Sophie* 拥有这把小提琴*”*，以及 Hil : *“Hilary* 拥有这把小提琴 *”*（完整翻译见例 *3* ）。$\{Str, Exp, Cla, Hil\}$ 是一个可接受的句子集合吗？用我们在第*3.2*节引入的术语来说，我们可以将其理解为一个弱相容语言扩展，它对应于论证扩展 $\{a_2\}$。

本文定义了结构化双极论证框架（SBAF），并为其提供了一系列语义。在论证层面，我们定义了两种称为协调语义的版本。它们与基于完备性的语义不同，因为有时会允许拒绝受防御论证；但它们也与（抽象）可接受语义不同，因为会将论证之间的支持关系纳入考量。此外，我们还提供了两种适当语义

这两种语义直接作用于句子集合。通过这种方式，我们为计算论证提供了一种受非形式理论启发的新视角。

本文组织如下。我们首先简要回顾抽象论证中的常见预备知识（第2节），然后在第3节介绍SBAF。第3.2节定义了论证语义和语言语义：前者评估论证集合，后者评估句子集合。随后，我们在第4节利用这些语义解释抽象论证和双极论证中的现有语义。最后，我们讨论文献中的相关方法（第5节）。

2 预备知识

我们简要回顾抽象论证的定义 [22, 4]。

定义 1 (抽象论证框架)。 抽象论证框架（*AF*）是一个元组 $A = \langle A, \rightarrow \rangle$，其中 A 是有限的论证集合，$\rightarrow \subseteq A \times A$ 是攻击关系。

我们在 $(a, b) \in \rightarrow$ 的情况下写作 $a \rightarrow b$，并将其推广到论证集合，即 $E \rightarrow b$在某个 $a \in E$ 满足 $a \rightarrow b$ 的情况下成立，而 $a \rightarrow E$ 在某个 $b \in E$满足 $a \rightarrow b$ 的情况下成立。此外，若 $(a, b) \notin \rightarrow$，则记作 $a \not\rightarrow b$。对于两个论证集合， $E \rightarrow E'$ 表示存在某个 $a \in E$ 和 $b \in E'$ 使得 $a \rightarrow b$。若论证集合 $E \subseteq A$ 为.....辩护 论证 $a \in A$，则$\forall b \in A$: $b \rightarrow a \implies E \rightarrow b$。

语义与通常定义相同。设 $\mathcal{A} = \langle A, \rightarrow \rangle$ 为一个 AF。扩展 $E \subseteq A$ 称为无冲突，当且仅当 $\forall a, b \in E$: $a \not\rightarrow b$；称为可接受，当且仅当它无冲突且为其所有论证辩护；称为完备，当且仅当它可接受且包含所有它所辩护的论证；称为优选，当且仅当它在可接受扩展中按 $\subseteq$ 极大。

请注意可接受语义与完备语义之间的区别。可接受扩展从不被强制要求纳入某个论证，而完备语义要求接受所有受防御论证，包括任何未受攻击的论证。即使在双极语义中（见第4.2节），关注重点仍然是完备语义的各种变体（参见 [50]）。我们在第3.2节定义的语义介于可接受语义与完备语义之间。

3 结构化双极论证

本节首先介绍结构化双极论证框架，然后定义其语义。

3.1 框架

现在我们开始介绍结构化双极论证的框架。我们采用结构化方法，因此首先必须定义用于表示论证的语言。

定义 2 （语言）。 语言 $L = \langle L, \ \overline{n} \rangle$ 由一个非空句子集合 L、一个（部分）不相容函数： $L \rightarrow 2^L$ 以及一个（部分）命名函数 $\overline{n}$： $2^L \times L \rightarrow L$ 构成。

我们假设其具有对称性，即 $\forall s、\ t \in L:\ \ s \in t \Leftrightarrow t \in s$。此外，我们假设 $n(\langle \{t\}\ t\rangle) = \emptyset$.

句子集可以是任意对象集合。表示论证所需的全部结构由不相容关系和命名函数给出。不相容关系用于建模句子之间的冲突：它将每个句子与所有和它不相容的句子组成的集合关联起来。这是一种对称的对立关系，参见 [41]。直观而言，两个不相容的句子不应同时被接受。命名函数使我们能够在语言中谈论论证。我们将论证表示为一个元组，其中包含一个句子集（前提）和另一个句子（结论），参见定义3。因此，n 接收论证并为其赋予名称，这些名称表达了可以从前提推出结论这一主张，参见 [32]。这主要用于使用与论证名称不相容的句子来定义削弱攻击（定义4）。最后，条件 $n(\langle\{t\}\ t\rangle) = \emptyset$ 指出，若某论证将同一个句子既用作唯一前提又用作结论（参见定义3），则它不可能受到削弱攻击，因为不存在无法从句子自身推出该句子的情形。请注意，我们不假设句子集具有任何逻辑结构或后承关系。

例3. 让我们继续例*1*，并考虑一种语言，其 $L = \{Ale, Str, Exp, New, Cla, Ann, Die, Hil\}$，分别对应：$Ale$：“*Alex*说这把小提琴是斯特拉迪瓦里”，$Str$：“这把小提琴是斯特拉迪瓦里”，$Exp$：“这把小提琴很昂贵”，$New$：“*Clara*在一篇报纸文章中被引用，该文章提到*Anne-Sophie*拥有这把小提琴”，Cla：“*Clara*说*Anne-Sophie*拥有这把小提琴”，Ann：“*Anne-Sophie*拥有这把小提琴”，Die：“*Diego*说*Hilary*拥有这把小提琴”，以及 Hil：“*Hilary*拥有这把小提琴”，其中 $Ann \in Hil$ 和 $Hil \in Ann$。我们还可以添加 $n(\langle\{Ale\}\ Str\rangle)$：“人们可以从 *Alex* 如此说推断出这把小提琴是斯特拉迪瓦里 ”。

与抽象论证一样，我们并不构造论证。相反，我们将它们视为给定的，例如通过一场辩论。这意味着我们不需要任何逻辑或推理规则来确定可以从哪些句子推断出其他句子。形式上，前提与结论的任何组合都可以是一个论证。在以下定义中，我们使用 $Prem$ 作为从论证到句子集的函数，以表示一个论证的前提，并使用 $Conc$作为从论证到句子的函数，以表示一个论证的结论。对于一个论证 a，$Prem(a)$是其句子集，$Conc(a)$是其结论。

定义3（论证）。语言 $L = \langle L, , n\rangle$中的论证是一个元组$a = \langle Prem(a)\ \ Conc(a)\rangle$，其中 $Prem(a)$ 是 L 的非空有限子集，并且$Conc(a) \in L$.

我们还将论证 a 的句子集定义为 $Sent(a) := Prem(a) \cup \{Conc(a)\}$。句子集可推广到论证集 $Sent(E) = \bigcup_{a \in E} Sent(a)$。

如果 $a = \langle \{s\}\ s\rangle$（例如参见 *[32]*），我们称 a 是句子 $s \in L$ 的极小论证。

例4. 在例*3*中，我们已经看到了一个论证：a_1：$\langle \{Ale\}\ Str\rangle$，它对应于“这把小提琴是斯特拉迪瓦里，因为 *Alex* 是这么说的”。其他

论证为： a_2：⟨{Str} Exp⟩、 a_3：⟨{New} Cla⟩、 a_4：⟨{Cla} Ann⟩，以及 a_5：⟨{Die} Hil⟩。极小论证的一个例子是⟨{Str} Str⟩，即“这把小提琴是斯特拉迪瓦里，因为这把小提琴是斯特拉迪瓦里”。它是论证的一种边界情况，因为它不包含任何实际的推理步骤，但它们有助于在框架中表示单个句子。

接下来，我们定义论证之间的支持关系和攻击。当一个论证的结论与另一个论证的某部分不相容时，前者便攻击后者 [32]。我们将针对某个论证名称的攻击称为削弱攻击，并称论证 E 的集合包含针对论证 a 的削弱信息，当且仅当 $n(a) \cap Sent(E) \neq \emptyset$。请注意，攻击仅通过论证的结论来定义。因此，一个论证集合可能包含针对某个论证的削弱信息，却并不攻击该论证；而包含与另一个论证前提不相容的前提的论证，也不一定会攻击它。例如，论证 $a : \langle \{r\}\ x \rangle$ 和$b : \langle \{y\}\ z \rangle$ 之间不存在攻击，因为冲突仅发生在它们的前提之间；这里 $r \in n(b)$和 $y \in r$。不过， a 包含针对 b的削弱信息。尽管文献中还存在更细粒度的攻击概念 [19], ，但它们通常只是这里定义的攻击的变体。

支持关系需要进一步说明。我们希望刻画这样的情形：接受某个论证集合会使你不得不接受另一个论证：如果你接受论证 $a_1 : \langle \{s\}\ t \rangle$ ，并且存在论证 $a_2 : \langle \{t\}\ u \rangle$，那么你也应该接受 a_2 ，因为你接受了它的全部前提。对于具有多个前提的论证，只有一个论证集合才可能迫使其被接受。例如，接受 a_1 并不会迫使接受 $a_3 : \langle \{t, v\}\ w \rangle$。但如果你也接受 $a_4 : \langle \{v\}\ v \rangle$，那么你就应该接受 a_3。因此，我们并不把支持定义为论证之间的二元关系，而是定义为论证集合与论证之间的关系。由此，我们刻画了一种前提支持 [18]的概念。

但还有更多情形：接受某些论证会使你不得不接受另一个论证。假设还存在一个论证 $a_5 : \langle \{s\}\ r \rangle$。那么，接受 a_1 就意味着接受 a_5 的全部前提，因此 a_5 也应被接受。这是一种前提共享支持，有时也称为穷尽 [43]。在此意义上，我们的支持概念将前提支持与前提共享支持结合起来，以刻画所有接受一个论证集合会使你同时接受另一个论证的情形。由此得出如下定义。

定义 4 (支持与攻击)。 设 a, b 是语言 L 中的论证。若 $Prem(a) \subseteq Sent(E)$，则称论证集合 E 支持 a 。若 $Conc(a) \in s$ 对某个 $s \in Sent(b)$ 成立，或者 $Conc(a) \in n(b)$，则称 a 攻击 b 。

示例 5。 使用示例 *1*、*3* 和 *4* 中的设定，我们有一个支持关系，从a_1：⟨{Ale} Str⟩ 指向 a_2：⟨{Str} Exp⟩，并且 a_4：⟨{Cla} Ann⟩ 与 a_5：⟨{Die} Hil⟩ 之间存在相互反驳。

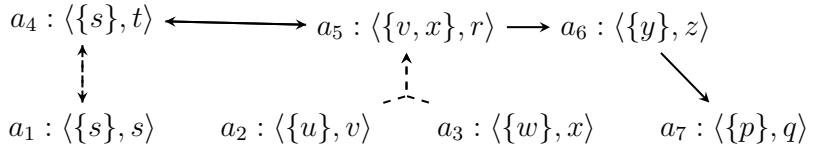
以下定义将上述内容汇总起来。

定义 5 （结构化双极论证框架）。 结构化双极论证框架（*SBAF*）是一个元组 $\mathcal{SB} = \langle \mathcal{L}\ A, \rightarrow, \rightarrow\ \rangle$ 其中 A 是一个有限的

语言中的论证集合 $\mathcal{L}$ 以及 $\rightarrow, \twoheadrightarrow$ 是相应的攻击关系与支持关系。

我们记作 $a \rightarrow b$ 以防 $(a, b) \in \rightarrow$ 并采用与攻击相同的记号约定。直观的贯穿示例将在例 10 中再次讨论。这里我们介绍一个技术性更强的例子。

例6。 以下示例基于 $t \in r$, $r \in t$, $r \in n(a_6)$和 $z \in p$（相应地也基于 $\overline{p \in z}$）。请注意， a_5 对 a_6 发动前提攻击，因为它攻击了其推理主张。



定义（强）饱和框架很有用。这类框架包含与其他句子不相容的句子的极小论证。这样可以确保句子之间所有重要的关系都能体现为论证之间的关系。

定义 6 (饱和 SBAF)。 如果 $\forall s \in Sent(A)\ \ s.t.\ \exists t \in Sent(A) \cap s$， 则称 ***SBAF SB*** 为饱和的（分别为强饱和的）：对于 s或（分别为且）对于 $\bar{}t$ ，在 $\overline{A}$ 中存在一个极小论证；并且对于某个 $a \in A$， $\forall u \in Sent(A)\ \ s.t.\ u \in n(a)$ ，在 A 中存在一个针对 u 的极小论证。

例6中的SBAF并非饱和，但可以通过添加例如$\langle\{r\}\ r\rangle$ 和$\langle\{z\}\ z\rangle$使其饱和。若要使其强饱和，还必须添加$\langle\{t\}\ t\rangle$ 和$\langle\{p\}\ p\rangle$。

3.2 语义

现在，我们着手为SBAF构建语义，目标有二：允许拒绝某些受防御论证，并评估论证的可接受集和句子的可接受集。这种双重视角有助于能力各异的主体进行交流并解决潜在分歧。也就是说，它使那些以句子形式存储知识的主体能够与只关注论证的主体交流和互动。

对于论证语义，我们在可接受语义和完全语义之间寻求折中。主体不必接受所有受防御论证，但拒绝这些论证受到支持关系的限制。一种简单的做法是从可接受语义出发，增加一个条件，确保扩展在支持关系下封闭（参见 [16, 43]）。不应仅仅因为某个论证受到防御就接受它；只有当你已经接受了它的所有前提时，才应接受该论证。

不过，在某些情况下，这一条件可以放宽。第一种例外是，你已经接受了针对受支持论证的削弱信息。在这种情况下，你承认该论证中的推理不成立，因此可以拒绝该论证，即使你接受它的所有前提。另一种例外则可能适用于你接受某个未受辩护的论证的所有前提时。根据你对支持关系的解读有多严格，你可能必须接受该论证，也可能不必接受。

我们根据是否允许第二种例外，给出两种语义。这分别对应于对支持的强 解释和弱 解释。

定义7 (相干论证扩展)。 $SBAF = \langle \mathcal{L}\ A, \rightarrow, \rightarrow\ \rangle$ 中的强一致论证扩展是一个可接受扩展 $E \subseteq A$，且满足：

强支持闭包： $\forall a \in A$：如果 E 支持 a，且 E 不包含针对 a的削弱攻击信息，那么 $a \in E$。

弱相容论证扩展是一个可接受扩展 E，且满足：

弱支持闭包： $\forall a \in A$: 如果 E 支持 a， E 不包含针对 a的削弱攻击信息，并且 E 为 a辩护，那么 $a \in E$。

观察1。 强一致扩展是弱相容的。

例7。 考虑例*6*中的*SBAF*。扩展$\{a_1, a_2, a_3, a_4, a_6\}$是弱相容的，但不是强一致的。根据强一致性，不可能同时接受 a_1、 a_2和 a_3，因为强支持闭包会迫使接受 a_4 和 a_5，从而违反可接受性。

强一致性与弱一致性的区别在于，它们对“支持是否能迫使你接受未受辩护的论证”这一问题给出了不同答案。强一致性回答“是”，弱一致性回答“否”。弱一致性允许你拒绝某个论证，即使你接受了它的所有前提，只要接受该论证会违反防御。从某种意义上说，即使没有明确的削弱信息，它也允许你推断该论证的推理必定有误。相比之下，强一致性要求有明确的削弱信息才能拒绝某个推理。否则，就假定该推理成立。

更形式化地揭示强一致性与弱一致性之间差异的一种方式，是考察方向性这一性质 [6, 50]：只有当论证通过支持和攻击形成有向路径相连时，它们才应影响其他论证的可接受性。弱一致性满足这一性质，但强一致性不满足。

方向性：设 SB 为一个 SBAF， $U \subseteq A$ 使得 $A \backslash U \rightarrow\cdot\cdot / U$ 且 $A \backslash U \not\rightarrow U$，并定义 $\mathrm{SB}^{\downarrow U} = \mathrm{L}\ U$, $\rightarrow \cap (U \times U)$ $\rightarrow\cdot\cdot\ \cap (U \times U)$。如果某个扩展 $E \subseteq U$ 根据 σ 在 $\mathrm{SB}^{\downarrow U}$ 中可接受，当且仅当 SB 中存在一个 σ-可接受扩展 $E' \subseteq A$，使得 $E = E' \cap U$，则称语义 σ 满足方向性。

命题2。 强一致性不满足方向性。
弱一致性满足方向性。

从语言视角来看，语义是什么样的？如果我们关注的是可接受句子集，首先要求它们不包含不相容的句子。我们称一个句子集为 S 相容 $\forall s,\ t \in S: s \notin t$。但除了这一条件之外，限制我们可以接受哪些句子的，是论证本身——这正是进行论证的意义所在。为此，我们需要知道，接受某些句子时会承诺接受哪些论证，反之亦然。

给定一个论证扩展，我们可以简单地说，相应的语言扩展由所有被接受的论证中的句子组成。然而，当我们从语言扩展出发时，被接受的句子如何转化为被接受的论证，就不那么明确了。例如，也许可以接受某个论证的所有前提和结论，却不接受该论证本身——人们只需不相信能够从这些前提推导出该结论即可。我们定义了两种将语言扩展转化为论证扩展的方式，它们分别类似于强一致性和弱一致性。

第一种方式类似于强一致性：将所有前提已被接受且不存在削弱信息的论证都视为被接受。这就得到<sty le id='1'>强论证集。从一个被接受的句子集出发，它根据支持的强解释，将所有应被接受的论证汇集起来。

定义 8（强论证集）。给定句子集 S 属于 $\mathcal{SB}$ $=\langle \mathcal{L}\ A,\ \rightarrow,\ \rightarrow\ \rangle$，我们定义其强论证集 $Arg_s(S) := \{a \in A \mid Prem(a) \subseteq S$ 以及 $n(a) \cap S = \emptyset\}$。

类似地，我们可以定义一个弱论证集。给定 SBAF 中的句子集 $S\mathcal{SB}$，我们定义其弱论证集，该集合汇集了 $\mathcal{SB}$ 中的所有论证，这些论证根据支持的弱解释应被接受。由于我们只要求接受受防御论证，因此使用一种类似于抽象论证中完备扩展所采用的不动点构造来定义它 [22, 4]。我们首先定义抽象论证中特征函数的对应概念。

定义 9 (特征函数**)**。给定一个 *SBAF* $\mathcal{SB} = \langle \mathcal{L}\ A, \rightarrow, \rightarrow\ \rangle$ 以及一个句子集 $S \subseteq Sent(A)$，我们将特征函数定义为 $R^S_{\mathcal{SB}} : 2^A \rightarrow 2^A$如下

$$R^S_{\mathcal{SB}}(E) := \{a \in A \mid a \in Arg_s(S)\ and\ E\ defends\ a\}.$$

由此，我们可以定义弱论证集。

定义 10 (弱论证集**)**。若 S 相容，则其初始集 $Init(S)$ 定义为 ***{***$a \in \underline{A \mid Sent(a)} \subseteq S$ 和 $n(a) \cap S = \emptyset$***}*** 的最大可接受子集。相容的 S、$Arg_w(S)$ 的弱论证集，是包含 $Init(S)$ 的 $R^S_{\mathcal{SB}}$ 的最小不动点。

我们需要确保弱论证集包含 $Init(S)$，否则 $R^S_{\mathcal{SB}}$ 的最小不动点有时会过小。例如，对于两个论证 a_1：$\langle\{s\}\ t\rangle$ 和 a_2：$\langle\{u\}\ u\rangle$，其中 $\underline{u} \in t$ 和 $t \in u$，语言扩展 $S = \{s, t\}$ 的最小不动点将为空。然而，我们希望它包含 a_1，因为其中所有句子都被接受，并且它为自身辩护。

命题 3。弱论证集定义明确。

引入语言扩展的一个动机是，主体可能觉得判断自己接受哪些句子比判断哪些论证更容易。定义弱论证集所涉及的形式复杂性印证了这一点。此外，这也使我们能够通过论证所依据的句子来解释为何某些论证会被接受或拒绝。

例8。再次考虑例*6*中的 *SBAF*，并取语言扩展 $S = \{s, t, u, v, w, x, y\}$。其强论证集为 $Arg_s(S) = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6\}$，这不是无冲突的。对于弱论证集，我们有：$Init(S) = \{a_1, a_2, a_3, a_4\}$ 和 $Arg_w(S) = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_6\}$。

另请考虑 $S' = \{s, u, v, w, x, r\}$，其中 $Arg_w(S') = \{a_1, a_2, a_3, a_5\}$。尽管 S 和 S' 最终都接受了 a_1、a_2和 a_3，因而同时支持 a_4 和 a_5，但它们接受的对象并不相同。在论证层面上，情况看似对称；但从句子视角来看，我们可以通过 S 对 a_4 结论的先前承诺，以及 S'对 a_5结论的先前承诺，解释这种差异。

命题4。 对于相容语言扩展 S， $Arg_w(S)$ 是可接受的。

现在我们可以明确 SBAF 中哪些句子集合应当被接受。根据我们认为语言扩展承诺于其强论证集还是弱论证集，我们同样得到强语义和弱语义。对于这两种语义，我们都要求语言扩展包含被接受论证的结论。此外，由命题4可知，弱论证集是受防御的；而对于强论证集，我们必须明确提出这一要求。

定义11 (充分语言扩展)。 *SBAF* $\mathcal{SB} = \langle \mathcal{L}\ A, \to, \to\ \rangle$ 中的强充分语言扩展是相容句子集 $S \subseteq Sent(A)$，满足 $Arg_s(S)$ 为其所有论证辩护，且满足：

句子闭包： $\forall a \in Arg_s(S) : Sent(a) \subseteq S$。

弱充分语言扩展 $S \subseteq Sent(A)$ 是一个相容句子集，它相对于 $Arg_w(S)$ 满足句子闭包。

例9。 如例*8*所示， $S = \{s, t, u, v, w, x, y\}$并非强充分，因为句子闭包要求将 r 加入其中，这会违反相容性。然而，它是弱充分的，因为 $Arg_w(S)$ 不包含 a_5。相反，$S' = \{u, v, w, x, r, y, z\}$具有 $Arg_s(S') = \{a_2, a_3, a_5\}$，因此是强充分的。注意，$S'$ 包含关于 a_6 的削弱信息（即 r），并且不必接受它。

命题 5。 强充分语言扩展也是弱充分的。

例 10。 现在我们可以对例*1*进行完整分析。语言在例*3*中给出。我们得到如下 *SBAF*。

$$a_1 : \langle \{Ale\}, Str \rangle \dashrightarrow a_2 : \langle \{Str\}, Exp \rangle$$
$$a_3 : \langle \{New\}, Cla \rangle \dashrightarrow a_4 : \langle \{Cla\}, Ann \rangle \dashleftarrow\dashrightarrow a_5 : \langle \{Die\}, Hil \rangle$$

我们可以看到，$\{a_3\}$是弱一致的，但不是强一致的；而$\{Str, Exp, Cla, Hil\}$是弱充分的，但不是强充分的。这是因为，强充分的扩展必须加入 Ann，因为 a_4 属于其强论证集，但这样就会违反相容性。在这个例子中，强一致性与 *d*-可接受性相吻合（第*4.2*节将进一步讨论这一观察）。然而，弱一致性揭示了论证中怀疑所带来的新动态。

充分语言扩展和相干论证扩展表达了相似的思想。不过，正如下例所示，存在一些 SBAF，在其中这两个概念并不一致。

例11. 考虑一个包含两个论证的 *SBAF*：a_1：⟨*{s}* t⟩ 和 a_2：⟨*{u}* v⟩，且 $s \in u$。那么，*{*$\overline{a_1}$, a_2*}* 是一个强一致（因而也是弱一致）的论证扩展，但其句子集不相容，因此既非强充分，也非弱充分。

不过，我们可以证明，对于一大类 SBAF，充分语言扩展与相干论证扩展之间存在直接对应关系。这表明，即使我们关心的是主体是否接受一个可接受的论证扩展，也可以直接评估其接受的句子集。

命题 6. 设 $\mathcal{SB} = \langle \mathcal{L}\ A, \to, \to\ \rangle$ 是一个饱和 *SBAF*。那么，对于每个强充分语言扩展 S，其强论证集 $Arg_s(S)$ 都是一个强相干论证扩展。

此外，对于每个强相干论证扩展 E，其句子集$Sent(E)$是一个强充分语言扩展。

命题7。 设 $\mathcal{SB} = \langle \mathcal{L}\ A,\ \to,\ \to\ \rangle$ 是一个饱和 *SBAF*。那么，对于每个弱充分语言扩展 S，其弱论证集 $Arg_w(S)$ 都是一个弱相干论证扩展。

此外，对于每个弱相干论证扩展 E，其句子集$Sent(E)$ 都是一个弱充分语言扩展。

至此，SBAF 的语义部分告一段落，它兼顾了对怀疑的批判性反应和语言视角。

4 在 SBAF 中诠释抽象语义与双极语义

现在，我们将对优选语义和演绎支持语义给出新的诠释 [13, 16], ，因为二者分别是弱相干语义和强相干语义的特殊情形。因此，在某些情况下，可以将 SBAF 视为这些语义的实例。

4.1 SBAF 与优选语义

现在，我们将我们的语义与 Dung式抽象论证的语义进行比较。这些语义既不考虑论证之间的支持，也不考虑论证结构，因此，以下结果表明，在何种情况下我们可以忽略 SBAF 的这些方面。下面的观察表明，Dung式语义与弱一致性有关。

观察8. 完备扩展是弱相容的，而弱相容扩展是 $\subseteq$-极大的，当且仅当它是优选的。

不过，我们可以从语言视角得出一个更有趣的结果。优选扩展对应于尽可能接受更多论证的主体，那么，尽可能接受更多句子的主体会得到什么样的扩展呢? 我们首先定义自信扩展来表达这一想法。

定义12 (自信扩展**)**。 设 *SB* 为一个 *SBAF*。若一个语言扩展 $S \subseteq Sent(A)$在所有强（分别为弱）充分语言扩展中是 $\subseteq$-极大的，则称其为自信强（分别为弱）充分语言扩展。

若一个论证扩展 $E \subseteq A$ 是强（分别为弱）相干的，并且存在一个自信强（分别为弱）充分语言扩展 $S \subseteq Sent(A)$ 使得 $E = Arg_s(S)$ （分别为 $E = Arg_w(S)$），则称该论证扩展为自信强（分别为弱）相干论证扩展。

例12。在例*6*的 *SBAF* 中，我们有以下自信强相干扩展：*{*a_1, a_2, a_4, a_6*}*、*{*a_1, a_3, a_4, a_6*}* 和 *{*a_2, a_3, a_5, a_7*}*。以及以下自信弱相干扩展：*{*a_1, a_2, a_3, a_5, a_7*}* 和 *{*a_1, a_2, a_3, a_4, a_6*}*。

我们再次注意到论证扩展与语言扩展之间的对应关系。这一次，从论证到句子的方向只能间接成立，因为确信相干论证扩展中的句子集本身可能并非确信充分。

命题 9. 设 *SB* 是一个饱和 *SBAF*。对于每个确信强（分别为弱）充分的语言扩展，其强（分别为弱）论证集都是确信强（分别为弱）相干的。

此外，对于每个确信强（分别为弱）相干的论证扩展 E，都存在一个确信强（分别为弱）充分的语言扩展 S，使得 $Arg_s(S) = E$ （分别为 $Arg_w(S) = E$）。

在例12中，确信弱相干扩展对应于优选扩展。因此，在该例中，使论证最大化与使句子最大化是一回事。但情况并非总是如此。

例13. 在下列 *SBAF* 中（其中 $s \in u$），$\emptyset$ 是确信弱相干的，因为 *{t, u}* 是确信弱充分的，但它并非优选。

$$a_1 : \langle \{s\}, s \rangle \longrightarrow a_2 : \langle \{t, u\}, t \rangle$$

尽管如此，我们发现在饱和 SBAF 中，优选扩展是确信弱相干的。对于另一方向，我们需要强饱和框架。因此，只有在添加了许多极小论证的强饱和框架中，最大化论证与最大化句子才会重合。置信弱相干扩展与优选扩展之间的对应关系也表明，在强饱和 SBAF 中，前者并不考虑支持，因为后者可以在纯攻击框架中计算。

命题10。 设 $\mathcal{SB} = \langle \mathcal{L}\ A, \rightarrow, \rightarrow\ \rangle$ 是一个饱和 *SBAF*。那么，任何优选扩展 $E \subseteq A$ 都是确信弱相干的。

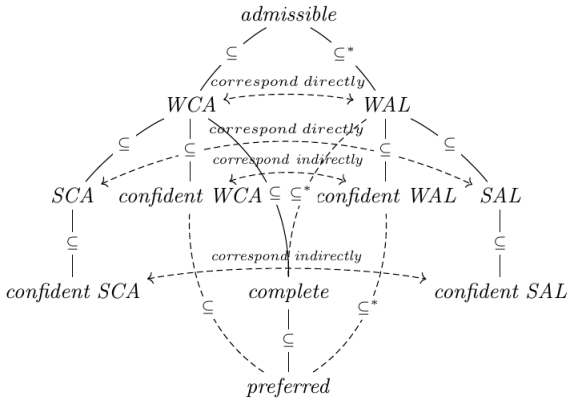


图 1： SCA：强一致论证扩展， WCA：弱一致论证扩展， WAL：弱充分语言扩展， SAL：强充分语言扩展。$SCA \subseteq WCA$ 表示每个强一致扩展同时也是弱相容的。“$\subseteq^*$”将论证扩展与语言扩展的论证集合联系起来。虚线关系仅在饱和 SBAF 中成立。

命题 11。 设 $\mathcal{SB} = \langle \mathcal{L}\ A, \to, \to\ \rangle$ 是一个强饱和 *SBAF*。那么，任何确信的弱一致论证扩展 $E \subseteq A$ 都是优选的。

这两个命题表明，至少在一大类 SBAF 中，希望最大化论证或句子的主体可以放心地忽略论证之间的支持，而只关注攻击。因此，从某种意义上说，如果我们使用优选式语义，支持就会变得冗余。尽管我们能否在弱相容与完备语义之间找到完全对应仍是一个开放问题，但这表明，如果我们想考虑支持关系，确实应该使用可接受式语义。图 1 展示了我们的全部语义及其关系。

4.2 SBAF 与演绎支持语义

我们对双极语义的讨论基于演绎支持[13, 16]这一概念。该方法体现了这样一种思想：接受一个支持论证即意味着同时也接受被支持的论证。我们表明，它与强一致性相关。

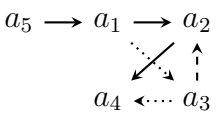
定义 13 （双极论证框架）。双极论证框架（*BAF*）是一个元组 $\mathcal{B} = \langle A, \to, \to\ \rangle$ 其中 A 是一个有限的论证集合，$\to \subseteq A \times A$ 是一个攻击关系，并且 $\to\ \subseteq A \times A$ 是一个支持关系。

定义 14 （支持攻击与中介攻击）。 设 $\mathcal{B} = \langle A, \to, \to\ \rangle$ 为一个双极论证框架，并取 a, $b \in A$。

我们称存在从 a 到 b 的支持攻击，如果存在 $c \in A$ 使得$a \to\ c$ 并且 $c \to b$。

我们称存在从 a 到 b 的中介攻击，当且仅当存在 $c \in A$ 使得$b \to\ c$ 且 $a \to c$。

例14。 在下面的 *BAF* 中，从 a_1 到 a_3 的攻击是中介攻击，而从 a_3 到 a_4 的攻击是支持攻击。新增的攻击用虚线箭头表示。



定义15（演绎支持语义）。 设 $\mathcal{B} = \langle A, \rightarrow, \rightarrow \rangle$ 是一个双极论证框架。我们定义复杂攻击的集合，

$$\rightarrow^{co} := \bigcup_{i \in \mathbb{N}} \rightarrow^{i},$$

其中 $\rightarrow^{0} := \rightarrow$ 以及 $\rightarrow^{i+1} := \rightarrow^{i} \cup \{(a, b) \in A \times A \mid$ 存在从 a 到 b 的支持或中介攻击（相对于 $\rightarrow^{i}$）。$\}$。

扩展 $E \subseteq A$ 被称为 *d*-可接受、*d*-完备或 *d*-优选，当且仅当它是可接受的，并且在 $\rightarrow$ 下封闭；分别在 $\mathcal{A} = \langle A, \rightarrow^{co} \rangle$ 中是完备或优选的。

例15。 在例*14*的 *BAF* 中，唯一的 *d*-完备且 *d*-优选扩展为 $\{a_2, a_3, a_5\}$。在 *d*-可接受方面，我们有 $\emptyset$，$\{a_5\}$、$\{a_2, a_5\}$以及 $\{a_2, a_3, a_5\}$。注意，$\{a_3, a_5\}$ 不是 *d*-可接受的，因为它在以下内容下不封闭：$\rightarrow$ 。

我们现在可以看到，在某些条件下，强一致性的表现类似于 d-可接受性。因此，SBAF 可以精确描述在什么情况下无需考虑论证的结构。

命题12。 设 $\mathcal{SB} = \langle \mathcal{L}\ A, \rightarrow, \rightarrow \rangle$ 是一个 *SBAF*，其中 $\forall a \in A\colon |Prem(a)| = 1$ 且 $\neg \exists t \in Sent(A)\ \exists a \in A\colon t \in n(a)$。那么，强一致的扩展 $E \subseteq A$ 也是 *d*-可接受的。

若进一步有 $\forall a, b \in A$，且 $Prem(a) \neq Prem(b)$，则 *d*-可接受的扩展 $E \subseteq A$ 也是强一致的。

这一结果表明，如果每个论证恰好有一个唯一的前提，且框架中不存在削弱攻击信息，那么强一致性与 d-可接受性等价。因此，只有当论证的结构比单一且唯一的前提更复杂时，我们才需要考虑论证结构方面的信息。由此，强一致性可视为 d-可接受性在这些更复杂情形下的推广。

5 相关方法

5.1 双极论证

本文提出的语义依赖于强支持闭包与弱支持闭包这两个概念。这两种变体都能在文献中找到对应物，尽管其背景假设有所不同。

强支持闭包的一种形式可见于穷尽前提增强型双极论证框架（pBAF）的概念中 [43]。pBAF 在一定程度上为双极论证提供了一种结构化

方法，即通过添加有关论证前提的信息来实现这一点。这使我们能够跟踪论证扩展承诺接受哪些前提。因此，*p*-可接受扩展必须既可接受又穷尽，也就是说，它包含所有前提均已被接受的论证。由于未受辩护的论证没有例外，这与强支持闭包的概念相对应，但不考虑削弱信息。

关键在于，pBAF 不考虑论证的结论，只考虑其前提。因此，某些框架作为 pBAF 可以正常运作，但如果考虑结论，就会变得不可实例化。

例16. 考虑以下 *pBAF*，其中 π 表示论证的前提。

$$a_1,\ \pi(a_1) = \{s\} \dashrightarrow a_2,\ \pi(a_2) = \{t\}$$
$$\vdots$$
$$a_3,\ \pi(a_3) = \{\neg t\} \qquad a_4,\ \pi(a_4) = \{u\}$$

一旦考虑 a_1的结论，这个框架就无法实例化。也就是说，它必须同时支持 t 和 $\neg t$。如果a_1 的结论本身自相矛盾，这或许是可能的；但那样一来，它就必须支持所有内容，包括 a_4。因此，这个框架无法实例化，但只有考虑论证的结论时，我们才能看出这一点。这正是 *SBAF* 所补充的信息。

弱支持闭包这一概念出现在双极集合论证框架（BSAF） [10] 的 Γ-可接受性定义中。BSAF 不考虑论证的结构，但与 SBAF 一样，允许集体支持。此外，可以证明，在饱和 SBAF 中，弱一致性无需显式考虑削弱信息，因为防御要求已涵盖这一点。这使得弱一致性类似于 Γ-可接受性；后者要求扩展包含所有同时受到支持且得到辩护的论证。

BSAF（以及 pBAF）与 SBAF 的区别在于防御的概念。也就是说，BSAF 和 pBAF 只要求防御闭合论证集合，即对支持关系下闭合的论证集合进行防御。相比之下，SBAF 要求防御所有攻击性论证。

例17. 考虑以下 *SBAF*，其中包含 $s \in r$、 $r \in s$ 和 $t \in n(a_3)$。

$$a_1 : \langle \{s\}, t \rangle \longleftarrow a_2 : \langle \{r\}, r \rangle$$
$$\searrow \quad \vdots$$
$$a_3 \langle \{r\}, u \rangle$$

论证 a_1 为自己抵御闭合集合 $\{a_2, a_3\}$，因为它攻击 a_3，但它没有受到对 a_2 的防御。因此，$\{a_1\}$ 不是弱相容的，但它将是 Γ- 可接受的。

我们还可以在证据论证系统 [35, 37]中找到怀疑这一概念的一种实现。在这些框架中，只有当论证

得到证据支持时，它才相关。任何缺乏证据支持的论证都可以被拒绝。这使得未受攻击的论证也可以被拒绝，因此可以视为怀疑的一种表达。不过，这种怀疑实现方式至少在两个方面与我们的方法截然不同：首先，在证据论证系统中，怀疑需要以缺乏证据为依据来论证，而论证是否缺乏证据由论证系统决定。同一个系统中，不同主体无法像在 SBAF 中那样怀疑不同的论证。我们的方法则由主体决定怀疑什么，而不是由框架决定。我们也不对怀疑在何种情况下合理作任何外部假设。其次，证据论证系统依赖于必要支持这一概念 [34, 33], ，而我们在命题 12中证明，我们的支持概念是演绎支持的推广形式。在必要支持下，只有当某个论证的所有支持者都被接受时，该论证才能被接受。从这个意义上说，接受支持者是接受受支持的论证的必要条件。在 SBAF 中，从不要求接受支持论证；支持只能促使受支持的论证被接受。因此，方向恰好相反，相应地，SBAF 中也不存在与必要支持自然对应的概念。

5.2 结构化论证

我们的论述与 ASPIC$^+$ [31, 32, 39] 或 ABA [14, 41] 等结构化论证方法有相似之处。这两种方法都会将论证组织为前提和结论，而这种结构进而决定论证之间的关系。不过，我们对论证的理解与它们不同。首先，我们将论证视为既定的，而 ASPIC$^+$ 和 ABA 则使用知识库（分别为假设）以及一组推理规则来构造论证。这保证了论证中的推理具有一定的合理性，因为它们必须由某条规则许可。相比之下，SBAF 论证原则上可以将任意前提与结论组合起来，正如抽象论证原则上可以将任意陈述视为论证一样。其次，我们对论证结构的描述不如 ASPIC$^+$ 或 ABA 复杂。我们的论证是简单的前提—结论结构，而其他结构化论证方法中的论证则是完整的推理树：它们通过可能涉及许多推理规则和中间步骤的推导，从前提得出结论。我们的支持关系体现了这种差异，而 ASPIC$^+$ 和 ABA 只处理攻击。在 SBAF 中，以另一个论证的某个前提为结论的论证被视为支持论证（或支持集中的一个元素）；但在 ASPIC$^+$ 中，它会被视为一个更大、更复杂论证的子论证。第三，ABA 可以通过可接受句子集来评估框架，这与我们的语言扩展类似。不同之处在于，语言扩展会考虑参与论证的所有句子，而 ABA 只给出假设集，这些假设代表其推理树论证的原始前提。

最后，主张增强论证框架（CAFs） [9, 23] 将每个论证与一个主张关联起来，以表示其结论，并提供仅在主张层面运作的语义。它们还比较了最大化被接受主张与最大化被接受论证这两种策略，并得出结论

在良构 CAF 中，这两种策略是相同的。由于 SBAF 根据定义是良构的，其结果与我们的不同：确信弱相干扩展与优选扩展通常并不一致，因为 SBAF 也将前提纳入考量。

6 结论

实践中的《论证》具有许多特征和方面，因此也衍生出许多建模方式。本文借鉴了非形式化《论证》方法中的思想，提出了一种结构化双极论证方法。该方法的特点是采用弱于典型基于完备性的语义：并非所有受防御论证都必须被接受；同时，论证视角与语言视角之间存在对应关系。我们不仅能够指出主体应该接受哪些论证，还可以直接评估主体应该接受哪些句子。正如我们的研究结果所示，取决于框架的性质（即是否为饱和框架），这两种视角可能相互吻合，也可能有所不同。此外，我们可以比较最大化被接受的论证（即选择一个优选扩展）与最大化被接受的句子（即选择一个确信弱相干扩展）这两种策略。同样，这些策略可能得出不同结果，但在强饱和框架中二者一致。在双极论证的各种语义中，我们发现了一种与 d-可接受性的对应关系。

我们的方法允许主体怀疑任何无法从已被接受的句子中推断出来的句子。这实现了一种非常宽泛的怀疑概念，因此可能难以迫使某些主体接受某个论证，因为原则上他们总是可以怀疑我们的前提。因此，或许有必要区分可以自由怀疑的句子，以及属于某种共同基础、应由所有主体接受的其他句子。我们的方法可以通过要求所有扩展都包含代表共同基础的句子，来体现这种共同基础的强版本。不过，若能实现一种较弱的共同基础也会很有用：在受到攻击时，共同接受的句子可以被拒绝；否则则必须被接受。

SBAF 与其他结构化论证方法之间的比较也值得进一步探讨。例如，研究如何将怀疑的概念引入 ASPIC$^+$ 或 ABA 等框架，会很有意思。另一个比较方向是研究那些无法确定哪些论证存在的论证方法。在这类方法中，可以通过移除某个论证来建模怀疑，因此可能为我们提出的观点提供一种替代方案。这类方法包括概率论证 [30, 26]或不完备框架下的论证 [8, 7]。最后，进一步采用论证的实证方法 [21, 20, 48, 44]，考察允许怀疑以及基于句子评估框架这两种非正式构想是否符合普通推理者的直觉，也会很有意思。

致谢

Srdjan Vesic 获得了法国国家研究署（ANR）AGGREEY ANR-22-CE23- 0005 项目的资助。Bruno Yun 获得了里昂第一大学（UniversityClaude Bernard, Lyon1）的 AAP Accueil 资助。

参考文献

[1] Leila Amgoud 和 Claudette Cayrol。《基于偏好的论证中论证的可接受性》。载于 Gregory F. Cooper 和 Serafín Moral 编，《不确定性推理中的人工智能（UAI98）》，第 1–7 页。Morgan Kaufmann 出版社，1998 年。[2] Leila Amgoud 和 Srdjan Vesic。《修复基于偏好的论证框架》。载于 Craig Boutilier 编，《国际人工智能联合大会（IJCAI09）》，第 665–670 页。IJCAI组织，2009年。[3] Ofer Arieli、AnneMarie Borg、Jesse Heyninck 和 Christian Straßer。《基于逻辑的形式论证方法》。《应用逻辑杂志》，8(6):1793–1898，2021年。[4] Pietro Baroni、Martin Caminada 和 Massimiliano Giacomin。《抽象论证框架及其语义》。载于 Pietro Baroni、Dov Gabbay、Massimiliano Giacomin 和 Leendert Van Der Torre 编，《形式论证手册：第1卷》。College Publications，2018年。[5] Pietro Baroni、Dov Gabbay、Massimiliano Giacomin 和 Leendert van der Torre 编。《形式论证手册：第1卷》。College Publications，2018年。[6] Pietro Baroni 和 Massimiliano Giacomin。《基于扩展的论证语义的原则评估》。《人工智能》，171(10-15):675–700，2007年。[7] Dorothea Baumeister、Matti Järvisalo、Daniel Neugebauer、Andreas Niskanen 和 Jörg Rothe。《不完整论证框架中的接受》。《人工智能》，295:103470，2021年。[8] Dorothea Baumeister、Daniel Neugebauer、Jörg Rothe 和 Hilmar Schadrack。《不完整论证框架中的验证复杂性》。《AAAI人工智能大会论文集（AAAI18）》，32(1):1753–1760，2018年。[9] Michael Bernreiter、Wolfgang Dvořák、Anna Rapberger 和 Stefan Woltran。《主张中心视角下偏好对抽象论证的影响》。《人工智能研究杂志》，81:203–262，2024年。

[10] Matti Berthold、Anna Rapberger 和 Markus Ulbricht。《用双极S ETAF刻画非平坦基于假设的论证》。载于 Pierre Marquis、Magdalena Ortiz 和 Maurice Pagnucco 编，《知识表示与推理原则（KR24）》，第 128–133 页。人工智能促进会，2024年。[11] Philippe Besnard、Alejandro J. García、Anthony Hunter、Sanjay Modgil、Henry Prakken、Guillermo R. Simari 和 Francesca Toni。《结构化论证导论》。《论证与计算》，5(1):1–4，2014年。[12] Gregor Betz。《辩证结构理论》。Klostermann，2010。[13] Guido Boella、Dov Gabbay、Leendert van der Torre 和 Serena Villata。《抽象论证中的支持》。载于 Pietro Baroni、Federico Cerutti、Massimiliano Giacomin 和 Guillermo R. Simari 编，《论证计算模型（COMMA10）》，第 111–122 页。IOS出版社，2010年。[14]Andrei Bondarenko、Francesca Toni 和 Robert Anthony Kowalski。《用于非单调推理的基于假设的框架》。载于 Luís Moniz Pereira 和 Anil Nerode 编，《第二届逻辑程序设计与非单调推理国际研讨会论文集》。麻省理工学院出版社，1993年。[15] Claudette Cayrol 和 Marie-Christine Lagasquie-Schiex。《双极论证框架中论证的可接受性》。载于 Lluis Godo 编，《不确定性推理的符号与定量方法（EC-SQARU05）》，第 378–389 页。施普林格，2005。[16] Claudette Cayrol 和 Marie-Christine Lagasquie-Schiex。《论证图中的双极性：迈向更深入的理解》。《近似推理国际期刊》，54:876–899，2013年。[17] Oana Cocarascu 和 Francesca Toni。《从自然语言文本中挖掘双极论证框架》。载于 Floris Bex、Floriana Grasso 和 Nancy Green 编，《自然论证计算模型研讨会（CMNA@ICAIL17）》，第 65–70 页。CEUR，2017。[18] Andrea Cohen、Simon Parsons、Elizabeth I. Sklar 和 Peter McBurney。《结构化论据之间支持类型的刻画及其与抽象论证中支持的关系》。《近似推理国际期刊》，94:76–104，2018年。[19] Esther Anna Corsi。《基于序列的论证中的攻击原则》。《逻辑与计算期刊》，35(3)，2025。[20] Marcos Cramer 和 Mathieu Guillaume。《自然语言论证中的攻击方向性》。《CEUR研讨会论文集》，2261:40–46，2018年。[21] Marcos Cramer 和 Leendert van der Torre。《SCF2——一种用于理性人类判断论证可接受性的论证语义》。载于 Christoph

Beierle、Marco Ragni、Frieder Stolzenburg 和 Matthias Thimm（编），《第八届知识与信念动态研讨会（*DKB-2019*）暨第七届人工智能与认知研讨会（*KIK-2019*）论文集》，第24–35页，2019年。[22] Phan Minh Dung。《论论证的可接受性及其在非单调推理、逻辑程序设计和n人博弈中的基础作用》。《人工智能》，77：321–357，1995年。[23] Wolfgang Dvořák、Anna Rapberger 和 Stefan Woltran。《抽象论证语义的主张中心视角：主张击败、原则与表达能力》。《人工智能》，324：104011，#no 2023。[24]Melisa Esca Ñuela Gonzalez、Maximiliano Budán、Gerardo Simari 和 Guillermo Simari。带标签的双极论证框架。《人工智能研究期刊》，70：1557–1636，2021年。[25] Charles Leonard Hamblin。《谬误》。Methuen and Co，1970年。[26] Anthony Hunter、Sylwia Polberg 和 Matthias Thimm。用于表示和推理论证正负影响的认知图。《人工智能》，281（103236），2020年。[27] Ralph H. Johnson 和 J. Anthony Blair。《逻辑自卫》。国际辩论教育协会，2006年。[28] Marcin Koszowy、Katarzyna Budzynska、Barbara Konat、Steve Oswald 和 Pascal Gygax。《论辩中的改述：一种语用学解释——语言学与认知证据》。《非形式逻辑》，42（1）：49–82，2022年。[29] Erik C.W. Krabbe 和 Jan Albert van Laar。批评方式。《论证》，25（2）：199–227，2011年。[30] Hengfei Li、Nir Oren 和 Timothy J. Norman。概率论证框架。载于Sanjay Modgil、Nir Oren 和 Francesca Toni（编），《可扩展不确定性管理（*SUM13*）》，第120–133页。施普林格，2013年。[31] Sanjay Modgil 和 Henry Prakken。带偏好的论证的一般解释。《人工智能》，195：361–397，2013年。[32] Sanjay Modgil 和 Henry Prakken。用于结构化论证的ASPIC+框架：教程。《论证与计算》，5（1）：31–62，2014年。[33] Farid Nouioua。带必要条件的论证框架：进一步的语义与标签刻画。载于 Weiru Liu、V. S. Subrahmanian 和 Jef Wijsen（编），《可扩展不确定性管理（*SUM13*）》，第120–133页。施普林格，2013年。[34] Farid Nouioua 和 Vincent Risch。带必要条件的论证框架。载于Salem Benferhat 和 John Grant（编），《可扩展不确定性管理（*SUM11*）》，第163–176页。施普林格，2011年。

[35] Nir Oren 和 Timothy J. Norman。基于证据的论证语义。载于Philippe Besnard、Sylvie Doutre 和 Anthony Hunter（编），《论证计算模型（*COMMA08*）》，第276–284页。IOS出版社，2008年。[36] Sylwia Polberg 和 Anthony Hunter。抽象论证的实证评估：双极方法与概率方法之必要性的支持证据。《国际近似推理杂志》，93：487–543，2018年。[37] Sylwia Polberg 和 Nir Oren。重新审视抽象论证系统中的支持关系。载于 Simon Parsons 、 Nir Oren、Chris Reed 和 Federico Cerutti（编），《论证计算模型（*COMMA 2014*）》，第369–376页。IOS出版社，2014年。[38] Nico Potyka。用于加权双极论证的连续动力系统。载于《知识表示与推理原理（*KR18*）》，第148–157页。人工智能促进协会，2018年。[39] Henry Prakken。用于结构化论据论证的抽象框架。《论证与计算》，1（2）：93–124，2010年。[40] Fuan Pu、Jian Luo、Yulai Zhang 和 Guiming Luo。抽象论证的攻击者与防御者计数方法。载于 David C. Noelle、Rick Dale、Anne S. Warlaumont、Jeff Yoshimi、Teenie Matlock、Carolyn D. Jennings 和 Paul P. Maglio（编），《第*37*届认知科学学会年会论文集（*CogSci15*）》，第1913–1918页，2015年。[41] Francesca Toni。基于假设的论证教程。《论证与计算》，5（1）：89–117，2014年。[42] Stephen E. Toulmin。《论证的用途：更新版》。剑桥大学出版社，2003年。[43] Markus Ulbricht、Nico Potyka、Anna Rapberger 和 Francesca Toni。非扁平ABA是双极论证的一个实例。载于《*AAAI*人工智能大会论文集（*AAAI24*）》，第38卷，第10723–10731页，2024年。[44] Frans van Eemeren、Bart Garssen 和 Bert Meuffels。《谬误与合理性判断：关于语用辩证法讨论规则的实证研究》。施普林格，2009年。[45] Frans H. van Eemeren 和 Rob Grootendorst。《论辩式讨论中的言语行为：旨在解决意见分歧的讨论分析理论模型》。Foris出版社，1984年。[46] Frans H. van Eemeren 和 Rob Grootendorst。《论证系统理论：语用辩证法方法》。剑桥大学出版社，2004年。[47] Jan Albert van Laar 和 Erik C.W. Krabbe。《批评的负担：采取批判立场的后果》。《论证》，27（2）：201–224，2013年。

[48] Srdjan Vesic、Bruno Yun 和 Predrag Teovanovic。《图形表示提升人类对分级论证语义原则的遵循》。载于 Catherine Pelachaud、Matthew E. Taylor、Piotr Faliszewski 和 Viviana Mascardi 编，《自主智能体与多智能体系统（AA-MAS22）》，第1319–1327页。国际自主智能体与多智能体系统基金会，2022年。[49] Douglas Walton、Chris Reed 和 Fabrizio Macagno。《论证图式》。剑桥大学出版社，2008年。[50] Liuwen Yu、Caren Al Anaissy、Srdjan Vesic、Xu Li 和 Leendert van der Torre。《基于原则的双极论证语义分析》。载于 Sarah Gaggl、Maria Vanina Martinez 和 Magdalena Ortiz 编，《人工智能逻辑（JELIA23）》，第209–224页。施普林格，2023年。

A 证明

命题2。 强一致扩展不满足方向性。弱一致扩展满足方向性。

证明。 图2给出了强一致扩展不具方向性的反例。对于弱一致扩展，首先，设 $E \subseteq U$ 满足：对于某个弱一致的 $E' \subseteq A$，有 $E = E' \cap U$。那么， E 显然满足弱支持闭包。此外，它也是可接受的，因为 E 无冲突，且在 U内能够抵御任何攻击。因此， E是弱一致的。现在假设 E在$\mathcal{SB}^U$中是弱一致的。注意，根据引理4， E在$_{\mathcal{SB}}$下的闭包是弱一致的。因此，存在一个弱一致扩展 $E' \subseteq A$ ，使得 $E = E' \cap U$。

□

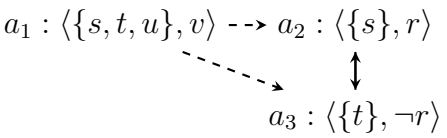


图2：$\{a_1\}$ 在忽略论证 a_2 和 a_3时是强一致的。然而，若这些论证存在，根据强支持闭包，接受 a_1 就必须同时接受 a_2 和 a_3。但这样一来，该扩展就会变成有冲突的。因此，在完整框架中，不存在包含 a_1 的强一致扩展。

引理 1。 设 $\mathcal{SB} = \langle \mathcal{L}\ A,\ \rightarrow,\ \rightarrow\ \rangle$是一个 *SBAF*， $S \subseteq Sent\ (A)$ ，且 $E,\ E' \subseteq A$。如果$E \subseteq E'$，则 $R^S\ (E)\ \subseteq R^S\ (E')$ 。

证明。 任取 $E,\ E' \subseteq A$ 使得 $E \subseteq E'$。令 $a \in R^S(E)$。于是我们知道$a \in Arg_s(S)$，且 E 为.....辩护 a。因此立即得到 E' 为.....辩护 a，这足以说明 $a \in R^S(E')$，如所要求。

□

引理 2。 设 $\mathcal{SB} = \langle \mathcal{L}\ A,\ \rightarrow,\ \rightarrow\ \rangle$是一个 *SBAF*，且 $S \subseteq Sent\ (A)$ 是一个相容语言扩展。则存在 $\{a \in A \mid \underline{Sent\ (a)\ \subseteq S}$ 和 $n\ (a)\ \cap S = \emptyset\}$的唯一极大可接受子集。

证明。 我们首先证明，$\{a \in A \mid \overline{Sent(a)\ \subseteq S}$ 和 $n(a) \cap S = \emptyset\}$ 是无冲突的。假设其中包含论证 a, b 使得 $a \rightarrow b$。那么，要么 $Conc(a) \in s$对于某个 $s \in Sent(b)$成立，这与 S的相容性矛盾；要么 $Conc(a)\ \underline{\in n}(b)$，这与 $n(b) \cap S = \emptyset$矛盾。因此，该集合是无冲突的。

现在我们证明，该集合的所有可接受子集的并集也是可接受的，因此显然是其唯一极大可接受子集。由于整个集合是无冲突的，因此它的所有子集也都是无冲突的，它们的并集自然也无冲突。此外，受防御集合的并集仍然受防御，因此所有可接受子集的并集也受防御，因而其本身也是可接受的。

□

引理 3. 设 $\mathcal{SB} = \langle \mathcal{L}\ A, \rightarrow, \rightarrow\ \rangle$是一个 *SBAF*，且 $S \subseteq Sent(A)$ 是一个相容语言扩展。那么，存在一个包含 R^S 的最小不动点 $Init(S)$。

证明。 集合$\{E \subseteq A \mid Init(S) \subseteq E\}$ 是一个完备格。此外，由引理 1 可知， R^S 是一个单调函数。因此，该主张由 Knaster-Tarski 不动点定理得出。 □

命题 3. 弱论证集是定义良好的。

证明。 由引理 2 和引理 3 可得。 □

引理 4。 设 $\mathcal{SB} = \langle \mathcal{L}\ A, \to, \to\ \rangle$ 是一个 *SBAF*， $S \subseteq Sent(A)$。那么对于任意可接受扩展 $E \subseteq A$，若对所有 $a \in E$： $a \in Arg_s(S)$，则有$E \subseteq R^S(E)$ 和 $R^S(E)$ 是可接受的。

证明。 设 E 是可接受的，并且对所有 $a \in E$， $a \in Arg_s(S)$。任取 $a \in E$，那么，由于 E 是可接受的，它为 a辩护，因此 $a \in R^S(E)$，如所需。

注意， $E \subseteq R^S(E)$表明 $R^S(E)$是受防御的。此外， $R^S(E)$是 E所受防御论证集合的子集，而该集合已知是无冲突的。因此， $R^S(E)$也是无冲突的。 □

引理 5. 设 $\mathcal{SB} = \langle \mathcal{L}\ A, \to, \to\ \rangle$ 是一个 *SBAF*，且 $S \subseteq Sent(A)$ 是一个兼容的语言扩展。那么对于每个 $i \in \mathbb{N}$， $R_i^S(Init(S)) \subseteq R_{i+1}^S(Init(S))$，以及$R_{i+1}^S(Init(S))$ 都是可接受的。

证明。 我们对 i 进行归纳法。

对于基例，我们知道 $Init(S)$ 是可接受的，并且从其构造可知，对于所有 $a \in Init(S)$，都有 $Prem(a) \subseteq S$ 且 $n(a) \cap S = \emptyset$，即 $a \in Arg_s(S)$。因此，引理 4 给出 $Init(S) \subseteq R^S(Init(S))$，且 $R^S(Init(S))$ 是可接受的。

对于归纳步骤，注意引理 4 适用于所有 $R_{i+1}^S(Init(S))$，因为根据归纳假设，$R_i^S(Init(S))$ 是可接受的；又根据 R^S 的定义，对于所有 $a \in R_i^S(Init(S))$，都有 $a \in Arg_s(S)$。 □

引理 6. 设 $\mathcal{SB} = \langle \mathcal{L}\ A, \to, \to\ \rangle$ 是一个 *SBAF*，且 $S \subseteq Sent(A)$ 是一个相容语言扩展。则

$$Arg_w(S) = \bigcup_{i \in \mathbb{N}} R_i^S(Init(S)).$$

证明。 注意到引理 5 给出了 $\bigcup_{i\in\mathbb{N}} R^S(R_i^S(Init(S))) = \bigcup_{i\in\mathbb{N}} R_i^S(Init(S))$。因此，我们可以通过证明 $\bigcup_{i\in\mathbb{N}} R_i^S(Init(S))$ 是一个不动点来证明

$$R^S(\bigcup_{i \in \mathbb{N}} R_i^S(Init(S))) = \bigcup_{i \in \mathbb{N}} R^S(R_i^S(Init(S))).$$

$\subseteq$: 设 $a \in R^S(\bigcup_{i\in\mathbb{N}} R_i^S(Init(S)))$。则 $a \in Arg_s(S)$，且 a 受到$\bigcup_{i\in\mathbb{N}} R_i^S(Init(S))$的防御。由于根据引理 5， $R_i^S(Init(S)) \subseteq R_{i+1}^S(Init(S))$，这就给出了某个 i，使得 a 受到 $R_i^S(Init(S))$的防御，这意味着$a \in R^S(R_i^S(Init(S)))$，并且 $a \in \bigcup_{i\in\mathbb{N}} R^S(R_i^S(Init(S)))$，正如所需。

$\supseteq$: 令 $a \in \bigcup_{i\in\mathbb{N}} R^S(R_i^S(Init(S)))$。再次根据引理 5，可得某个 i，使得 $a \in R^S(R_i^S(Init(S)))$，这意味着 $a \in Arg_s(S)$，并且 a 受 $R_i^S(Init(S))$ 防御。由此可知，a 受 $\bigcup_{i\in\mathbb{N}} R_i^S(Init(S))$ 防御，综上可得 $a \in R^S(\bigcup_{i\in\mathbb{N}} R_i^S(Init(S)))$。

接下来要证明 $\bigcup_{i\in\mathbb{N}} R_i^S(Init(S))$ 是包含 $Init(S)$ 的最小不动点。反设存在某个不动点 E，使得 $E \subsetneq \bigcup_{i\in\mathbb{N}} R_i^S(Init(S))$。根据引理 5，可得某个 i，使得 $E \subsetneq R_i^S(Init(S))$。注意，我们还有 $Init(S) \subsetneq E$，否则 $Init(S)$ 本身就会是最小不动点，从而有 $Init(S) = \bigcup_{i\in\mathbb{N}} R_i^S(Init(S))$。但是，根据引理 1 的 i 次应用，$R_i^S(Init(S)) \subseteq R_i^S(E) = E \subsetneq R_i^S(Init(S))$，这就产生了矛盾。

因此，我们得出结论：$\bigcup_{i\in\mathbb{N}} R_i^S(Init(S))$ 是包含 $Init(S$ 的最小不动点).

□

命题4. 对于相容语言扩展 S， $Arg_w(S)$ 是可接受的 .

证明。 由引理4和引理6。 □

命题 5. 强充分语言扩展也是弱充分的。

证明。设 S 为强充分语言扩展。我们证明 $Arg_s(S) = Arg_w(S)$。显然有 $Init(S) \subseteq Arg_s(S)$。此外，由于 R^S 是单调的（引理 1），且 $R^S(Arg_s(S)) \subseteq Arg_s(S)$（强支持闭包），我们还有$Arg_w(S) \subseteq Arg_s(S)$。现考虑任意 $a \in Arg_s(S)$。则由句子闭包，我们有 $Sent(a) \subseteq S$，并且由 $Arg_s(S)$ 的条件，亦有 $n(a) \cap S = \emptyset$。因此$a \in \{a \in A \mid Sent(a) \subseteq S$ 且 $n(a) \cap S = \emptyset\}$。由此得到 $Arg_s(S) \subseteq \{a \in A \mid Sent(a) \subseteq S$ 且 $n(a) \cap S = \emptyset\}$，并且由于 $Arg_s(S)$ 是可接受的（参见命题7证明中不依赖于饱和性的部分），我们进一步有$Arg_s(S) \subseteq Init(S) \subseteq Arg_w(S)$。

□

命题 6. 设 $\mathcal{SB} = \langle \mathcal{L}\ A, \to, \to\ \rangle$ 是一个饱和 *SBAF*。则对于每个强充分语言扩展 S，其强论证集 $Arg_s(S)$ 都是一个强一致论证扩展。

此外，对于每个强一致论证扩展 E，其句子集$Sent(E)$是一个强充分语言扩展。

证明。 设 S 是一个强充分语言扩展。我们检验 $Arg_s(S)$满足强一致性的所有条件。

无冲突： 假设存在论证 $a, b \in Arg_s(S)$，使得 $a \to b$。由于 $b \in Arg_s(S)$，我们知道 $n(b) \cap S = \emptyset$, 因此，根据句子闭包，$Conc(a) \notin n(b)$。由此我们知道 $Conc(a) \in Sent(b)$，但随后句子闭包会导致 S的相容性遭到破坏。因此， $Arg_s(S)$是无冲突的。

防御： 这是根据定义得出的。

强支持闭包：首先，我们证明 $Sent(Arg_s(S)) \subseteq S$。因此，先任取 $s \in Sent(Arg_s(S))$。那么存在某个 $a \in Arg_s(S)$，使得$s \in Sent(a)$。根据句子闭包，我们有 $Sent(a) \subseteq S$，这意味着 $s \in S$，正如所需。现在假设对于某个 $a \in A$，我们有 $Arg_s(S)$ 支持 a，且不包含削弱信息，即 $Prem(a) \subseteq Sent(Arg_s(S))$ 且 $n(a) \cap Sent(Arg_s(S)) = \emptyset$。由于 $Sent(Arg_s(S)) \subseteq S$，我们可以直接得到$Prem(a) \subseteq S$。剩下要证明的是 $n(a) \cap S = \emptyset$。反设存在某个 $t \in n(a) \cap S$，则会产生矛盾。根据 SB 的饱和性，存在一个关于 t 的极小论证 $b \in A$。由于 $t \in S$，我们也知道 $b \in Arg_s(S)$。但这样一来，$t \in Sent(Arg_s(S))$，这与 $n(a) \cap Sent(Arg_s(S)) = \emptyset$ 矛盾。因此，我们得出结论： $n(a) \cap S = \emptyset$，从而 $a \in Arg_s(S)$，正如所需。

现在令 E 为一个强一致论证扩展。我们检验 $Sent(E)$ 是否满足强适足性的所有条件。

相容性：假设存在 s，$t \in Sent(E)$，使得 $s \in t$。那么存在论证 $\bar{a}$，$b \in E$，使得 $s \in Sent(a)$ 且 $t \in Sent(b)$。此外，由于 $\mathcal{SB}$ 是饱和的，存在一个极小论证 c，对应于 s 或 t。由于我们假设对于极小论证有 $n(c) = \emptyset$，强支持闭包给出 $c \in E$。但这样一来，$c \to a$ 或 $c \to b$，这与 E 的无冲突性相矛盾。因此我们得出结论：$Sent(E)$ 是相容的。

防御：我们证明 $Arg_s(Sent(E)) = E$，由此可直接得出防御性质。因此，取 $a \in Arg_s(Sent(E))$。于是我们知道 $Prem(a) \subseteq Sent(E)$ 且 $n(a) \cap Sent(E) = \emptyset$。强支持闭包由此给出所需的 $a \in E$。现在取 $a \in E$。于是我们知道 $Prem(a) \subseteq Sent(E)$。我们需要证明 E 不包含削弱信息，即 $n(a) \cap Sent(E) = \emptyset$，以便得到 $a \in Arg_s(Sent(E))$。因此，假设存在某个 $t \in n(a) \cap Sent(E)$。由 SB 的饱和性可得一个对应于 t 的极小论证 b。强支持闭包给出 $b \in E$，但由于 $b \to a$，这与 E 的无冲突性相矛盾。我们得出结论：$n(a) \cap Sent(E) = \emptyset$，并且 $a \in Arg_s(Sent(E))$，如所需。总之，$Arg_s(Sent(E)) = E$。

句子闭包：回忆一下，$Arg_s(Sent(E)) \subseteq E$。因此，对于任意 $a \in Arg_s(Sent(E))$，我们知道 $a \in E$，并且 $Sent(a) \subseteq Sent(E)$，这意味着 $Sent(E)$满足句子闭包。

□

引理 7. 设 $\mathcal{SB} = \langle \mathcal{L}\ A, \to, \to\ \rangle$ 是一个饱和 *SBAF*，E 是一个可接受扩展，且 $a \in A$ 是任意论证。如果 E 为.....辩护 a，那么 E 不包含削弱信息，即 $n(a) \cap Sent(E) = \emptyset$。

证明。 假设 E 为.....辩护 a。进一步，反设 E包含削弱信息，即存在某个 $t \in n(a) \cap Sent(E)$。根据$\mathcal{SB}$的饱和性，存在一个关于 t的极小论证 b。由于 E 为.....辩护 a，我们有$E \to b$。这意味着存在某个论证 $c \in E$，使得 $Conc(c) \in t$。但我们还有 $t \in Sent(E)$，因此存在一个论证 $d \in E$，使得 $t \in Sent(d)$。然而 $c \to d$，这与 E的无冲突性矛盾。 □

引理 8. 设 $\mathcal{SB} = \langle \mathcal{L}\ A, \to, \to\ \rangle$ 是一个饱和 *SBAF*。那么，对于任意弱相干论证扩展 E，有 $R^{Sent(E)}(E) = E$。

证明。 E 的弱支持闭包直接给出 $R^{Sent(E)}(E) \subseteq E$。对于另一个方向，任取 $a \in E$。则 $Prem(a) \subseteq Sent(E)$，且 E 为 a 辩护，因此根据引理 7，有 $n(a) \cap Sent(E) = \emptyset$，这意味着 $a \in R^{Sent(E)}(E)$，如所需。

□

引理 9。 设 $\mathcal{SB} = \langle \mathcal{L}\ A, \to, \to\ \rangle$ 是一个 *SBAF*，且 S 是一个弱充分语言扩展。则 $Arg_w(S) = Init(S)$。

证明。根据定义，我们知道 $Init(S) \subseteq Arg_w(S)$。对于另一个方向，我们证明 $Arg_w(S) \subseteq \{a \in A \mid Sent(a) \subseteq S$ 和 $n(a) \cap S = \emptyset\}$。任取 $a \in Arg_w(S)$。根据句子闭包，$Sent(a) \subseteq S$。现在假设存在某个 $t \in n(a) \cap S$。那么显然 $a \notin Init(S)$。回忆 $Arg_w(S) = \bigcup_{i\in\mathbb{N}} R_i^S(Init(S))$（引理 6）。因此存在某个 i，使得 $a \notin R_i^S(Init(S))$，但 $a \in R_{i+1}^S(Init(S))$。然而，$R_{i+1}^S = R^S(R_i^S(Init(S))) = \{a \in A \mid a \in Arg_s(S)$，且 $R_i^S(Init(S))$ 为 a 辩护$\}$。由于 $a \cap S \neq \emptyset$ 意味着 $a \notin Arg_s(S)$，我们有 $a \notin R_{i+1}^S(Init(S))$，矛盾。因此我们得出结论，$n(a) \cap S = \emptyset$，即 $a \in \{a \in A \mid Sent(a) \subseteq S$ 和 $n(a) \cap S = \emptyset\}$。因此同样有$Arg_w(S) \subseteq \{a \in A \mid Sent(a) \subseteq S$ 和 $n(a) \cap S = \emptyset\}$，并且由于 $Arg_w(S)$ 是可接受的（命题 4），我们得到 $\overline{Arg_w}(S) \subseteq Init(S)$，如所需。

□

命题7。 设 $\mathcal{SB} = \langle \mathcal{L}\ A,\ \rightarrow,\ \rightarrow\ \rangle$ 是一个饱和 *SBAF*。那么对于每个弱充分语言扩展 S，其弱论证集 $Arg_w(S)$ 都是一个弱相干论证扩展。

此外，对于每个弱相干论证扩展 E，其句子集$Sent(E)$ 都是一个弱充分语言扩展。

证明。 设 S 是一个弱充分语言扩展。我们检查$Arg_w(S)$的所有条件。

无冲突性： 由命题4得出。

防御： 由命题4得出。

弱支持闭包：假设对于某个 $a \in A$， $Arg_w(S)$ 支持 a，即 $Prem(a) \subseteq Sent(Arg_w(S))$，不包含削弱信息，即 $n(a) \cap Sent(Arg_w(S)) = \emptyset$，并为 a 辩护。我们需要证明$a \in Arg_w(S)$。首先注意到 $Sent(Arg_w(S)) \subseteq S$，因为引理 9 表明 $Arg_w(S) = Init(S)$，且出现在 $Init(S)$ 论证中的所有句子都已包含在 S 中。因此我们有 $Prem(a) \subseteq S$。此外，我们可以证明 $n(a) \cap S = \emptyset$。反设存在某个 $t \in n(a) \cap S$。根据 SB 的饱和性，存在一个针对 t 的极小论证 b，并且我们知道 $b \rightarrow a$。由于 $Arg_w(S)$ 为 a辩护，我们知道存在某个$c \in Arg_w(S)$，使得 $c \rightarrow b$。由于 b 是一个极小论证，我们知道$Conc(c) \in t$；并且根据句子闭包，我们还知道 $Conc(c) \in S$。但这与 S 的相容性矛盾，因为还有 $t \in S$。因此我们得出$n(a) \cap S = \emptyset$。现在可以利用 $Arg_w(S)$ 是 R^S 的不动点这一事实得出：由于 $Arg_w(S)$ 也为 a 辩护，因此如所需，我们有 $a \in Arg_w(S)$。

现在，设 E 是一个弱相干论证扩展。我们检查 $Sent(E)$ 的所有条件。

相容性： 假设存在 s，$t \in Sent(E)$ 使得 $s \in t$。于是我们有论证 a，$b \in E$ 使得 $s \in Sent(a)$ 且 $t \in Sent(b)$。此外，由 $\mathcal{SB}$ 的饱和性，不失一般性，存在一个针对 s 的极小论证 c（注意 $c \rightarrow b$）。现在，我们还需要证明 E 为 c 辩护。注意，由于 $s \in Sent(a)$，对 c 的任何攻击也是对 a 的攻击。并且由于 E 为 a 辩护， E 因而也为 c 辩护。弱支持闭包随后给出 $c \in E$。但由于

$c \to b$，这与 E 的无冲突性相矛盾。因此我们得出结论： $Sent(E)$ 是相容的。

防御： 我们证明 $E = Arg_w(Sent(E))$，由此可直接得出防御。根据引理 8，我们知道 $R^{Sent(E)} = E$，因此只需证明 $E = Init(S)$（因为这样一来， $Init(S)$ 本身就会是包含它的最小不动点）。

$\subseteq$: 任取 $a \in E$。于是有 $Sent(a) \subseteq Sent(E)$。此外，我们知道 E 为.....辩护 a ，且 SB 是饱和的，因此根据引理 7，我们知道$n(a) \cap Sent(E) = \emptyset$。由此可得 $a \in \{a \in A \mid Sent(a) \subseteq Sent(E)$ 且 $n(a) \cap Sent(E) = \emptyset\}$。但请注意，我们刚刚已经证明 $E \subseteq \{a \in A \mid Sent(a) \subseteq Sent(E)$ 且 $n(a) \cap Sent(E) = \emptyset\}$；由于 E 是可接受的，我们可以直接推断出 $E \subseteq Init(Sent(E))$，因为后者是 $\{a \in A \mid Sent(a) \subseteq Sent(E)$ 且 $n(a) \cap Sent(E) = \emptyset\}$ 的最大可接受子集。

$\supseteq$: 任取 $a \in Init(Sent(E))$。于是有 $Sent(a) \subseteq Sent(E)$，且 $n(a) \cap Sent(E) = \emptyset$。如果我们能证明 E 为 a 辩护，那么根据弱支持闭包即可得到所需的 $a \in E$。因此，任取攻击者 b of$a$。分两种情况。(1) 对某个 $s \in Sent(a)$，有 $Conc(b) \in s$ 。由于$Sent(a) \subseteq Sent(E)$，存在某个论证 $c \in E$ ，使得 $s \in Sent(c)$。于是 $b \to c$，并且由于 E 为 c辩护，我们也有 $E \to b$。也就是说， E针对 b为 a 辩护。(2) $Conc(b) \in n(a)$。根据 SB 的饱和性，存在一个关于 $Conc(b)$ 的极小论证 c。注意 $c \to a$ ，并且由于 a 受到 $Init(Sent(E))$ 的防御，存在某个论证 $d \in Init(Sent(E))$，使得 $d \to c$。由此特别可得 $Conc(d) \in Sent(E)$；又由于 c 是一个极小论证，我们还有 $Conc(d) \in Conc(b)$。此外，$Conc(d) \in Sent(E)$ 使我们得到某个论证 $e \in E$ ，使得 $Conc(d) \in Sent(e)$。回想一下，不相容关系具有对称性，因此 $b \to e$。最后，由于 E 为 e辩护，我们有 $E \to b$，也就是说， E 针对 b为 a 辩护。总之， E 为 a 辩护，而根据弱支持闭包即可得到所需的 $a \in E$ 。

句子闭包： 任取 $a \in Arg_w(Sent(E))$。由于 $Arg_w(Sent(E)) \subseteq E$，我们有 $a \in E$ ，因此 $Sent(a) \subseteq Sent(E))$，如所求。

□

命题 9。 设 $\mathcal{SB} = \langle \mathcal{L}\ A, \to, \to\ \rangle$ 是一个 *SBAF*。若语言扩展 $S \subseteq Sent(A)$ 在强（分别为弱）充分语言扩展中是 $\subseteq$-极大的，则称其为自信强（分别为弱）充分语言扩展。

若论证扩展 $E \subseteq A$ 是强（分别为弱）相干的，且存在一个自信强（分别为弱）充分语言扩展 $S \subseteq Sent(A)$ ，使得 $E = Arg_s(S)$ （分别为 $E = Arg_w(S)$），则称其为自信强（分别为弱）相干论证扩展。

证明。 命题的第一部分直接由命题 6 和命题 7 得出。第二部分根据定义可立即得出。

□

命题10. 设 $\mathcal{SB} = \langle \mathcal{L}\ A, \to, \to\ \rangle$ 是一个饱和 *SBAF*。那么任意优选扩展 $E \subseteq A$ 都是确信弱相干的。

证明. 设 E 是一个优选扩展。由于它也因此是完备的，根据观察8可知它是弱相容的。因此，接下来只需证明存在一个自信弱充分语言扩展 S，使得 $E = Arg_w(S)$。

考虑集合$\{S \subseteq Sent(A) \mid E = Arg_w(S)$且 S 是弱充分的$\}$。注意它是非空的，因为 $Sent(E)$是弱充分的，且 $Arg_w(Sent(E)) = E$（命题7）。回想我们只考虑有限框架，因此存在一个$\subseteq$-极大元素 S'，它是弱充分的，且 $Arg_w(S') = E$。尚需证明 S' 在弱充分语言扩展中也是 $\subseteq$-极大的。

任取弱充分的 S''，使得 $S' \subsetneq S''$。由于 S' 在满足 $Arg_w(S) = E$的弱充分扩展中是 $\subseteq$-极大的，我们知道 $Arg_w(S'') \neq E$。我们首先证明 $E \subsetneq \{a \in A \mid Sent(a) \subseteq S''$ 且 $n(a) \cap S'' = \emptyset\}$。任取$a \in E$。于是显然，$Sent(a) \subseteq Sent(E) \subseteq S' \subsetneq S''$。现假设存在某个 $t \in n(a) \cap S''$。则由饱和性，存在一个针对 t的极小论证b。注意 $b \to a$，且由于 E 是受防御的，存在某个 $c \in E$ 使得 $c \to b$，即 $Conc(s) \in t$。但由于 $Sent(c) \subseteq \overline{Sent(E)} \subseteq S' \subseteq S''$，这与 S''的相容性矛盾。因此，$n(a) \cap S'' = \emptyset$，并且我们可以注意到$E \subsetneq \{a \in A \mid Sent(a) \subseteq S''$ 且 $n(a) \cap S'' = \emptyset\}$。由于 E 是可接受的，这给出$E \subseteq Init(S'') \subseteq Arg_w(S'')$。

总之，$E \subsetneq Arg_w(S'')$，但由于 $Arg_w(S'')$ 是可接受的（命题7），这与 E 是优选的相矛盾。因此，不存在弱充分的 S'' 使得 $S' \subsetneq S''$，由此我们得出 E 是确信弱相干的。□

命题 11. 设 $\mathcal{SB} = \langle \mathcal{L}\ A, \to, \to\ \rangle$ 是一个强饱和 *SBAF*。那么，任何确信的弱一致论证扩展 $E \subseteq A$ 都是优选的。

证明。设 E 是弱相容的，并假设它不是优选的。我们证明 E 并非自信。我们需要证明，对于任意满足 $Arg_w(S) = E$ 的 $S \subseteq Sent(A)$，都存在一个充分语言扩展 S' 使得 $S \subsetneq S'$。

由于 E 是可接受的，存在一个优选扩展 E' 使得 $E \subsetneq E'$。根据命题10，我们知道 E' 是确信弱相干的。因此，存在一个自信弱充分语言扩展 S' 使得 $Arg_w(S') = E'$。

现在任取满足 $Arg_w(S) = E$ 的 $S \subseteq Sent(A)$。我们证明 $S \subsetneq S'$。任取 $s \in Sent(A) \backslash S'$。于是 $s \notin S'$，并且由于 S' 是确信的，我们知道$S' \cup \{s\}$ 并非弱充分。我们可以证明 $S' \cup \{s\}$ 不相容。假设它相容。那么 $Arg_w(S' \cup \{s\})$ 是可接受的（命题4），并且我们知道$E' \not\subseteq Arg_w(S' \cup \{s\})$（否则，若 $E' = Arg_w S' \cup \{s\}$，则 $S' \cup \{s\}$ 将是弱充分；若 $E \subsetneq Arg_w S' \cup \{s\}$，则 E' 将不是优选）。这使我们可以取一个论证 $a \in E' \backslash (S' \cup \{s\})$，并且我们知道 $s \in n(a)$（否则$a \in \overline{Init}(S' \cup \{s\})$）。根据 SB 的饱和性，我们于是得到一个以 s 为结论的极小论证b。注意 $b \to a$，并且由于 E' 受防御，存在某个 $c \in E'$，使得 $Conc(c) \in s$。但注意，$Sent(c) \subseteq Sent(E) = Sent(Arg_w(S')) \subseteq S'$（见命题7的证明），这与 $S' \cup \{s\}$ 的相容性矛盾。因此，我们知道$S' \cup \{s\}$ 不可能相容。于是存在某个 $t \in S'$，使得 $t \in s$。根据强饱和性，存在一个以 t 为结论的极小论证 d。由于它是一个极小论证，$\{d\}$ 是可接受的，因此 $d \in Init(S') \subseteq E'$。由于 $d \to b$，我们也有 $E' \to b$。但由于 $E \subseteq E'$，我们知道 $b \notin E$（否则 E' 将不是无冲突的）。最后，由于 b 是一个以 s 为结论的极小论证，我们知道 $s \notin S$（否则 $b \in Arg_w(S) = E$）。总之，$S \subseteq S'$。

还需指出 $S \neq S'$，否则 $E = Arg_w(S) = warg(S') = E'$。因此 $S \subsetneq S'$，且 E 并非确信的。这就证明了该结论，因为我们知道任何优选的 $E \subseteq A$ 都是弱相容的。□

命题12. 设 $\mathcal{SB} = \langle \mathcal{L}\ A, \rightarrow, \rightarrow\ \rangle$ 为一个 *SBAF*，其中 $\forall a \in A\colon |Prem(a)| = 1$ 且 $\neg\exists t \in Sent(A)\ \exists a \in A\colon\ t \in n(a)$。则扩展 $E \subseteq A$ 若为强一致，则也是 *d*-可接受的。

若进一步有 $\forall a, b \in A$，则我们有 $Prem(a) \neq Prem(b)$，则扩展 $E \subseteq A$若为 *d*-可接受，则也是强一致的。

证明。设 E 为强一致。我们首先检验在 $\rightarrow\cdot\cdot$ 下的闭包。假设存在某个 $a \in E$ 和 $b \in A$ 使得 $a \rightarrow\cdot\cdot\ b$。由于 $|Prem(a)| = 1$，我们知道 $Prem(a) \subseteq Sent(E)$，并且由于不存在前提攻击，我们知道$n(a) \cap Sent(E) = \emptyset$。因此，由强支持闭包，我们有 $b \in E$ 且 E 在 $\rightarrow\cdot\cdot$ 下是封闭的。

现在我们归纳证明，根据 $\rightarrow^{ded}$，E 是可接受的。根据定义，我们知道 E 关于 $\rightarrow$ 是可接受的，因此只需证明：假设 E 关于 $\rightarrow^i$ 是可接受的，则 E 关于 $\rightarrow^{i+1}$ 也是可接受的。我们先证明防御性。任取 $a \in E$，使得存在某个 $b \in A$ 满足 $b \rightarrow^{i+1} a$。分三种情况：（i）如果同时有 $b \rightarrow^i a$，那么根据假设可得 $E \rightarrow^i b$。（ii）如果 b 对 a 发起支持攻击，那么存在 $c \in A$，使得 $b \rightarrow\cdot\cdot\ c$ 且 $c \rightarrow^i a$。根据假设，我们有 $E \rightarrow^i c$，因此 E 对 b 发起中介攻击，即 $E \rightarrow^{i+1} b$。（iii）如果 b 对a 发起中介攻击，那么存在 $c \in A$，使得 $a \rightarrow\cdot\cdot\ c$ 且 $b \rightarrow^i c$。根据对 $\rightarrow\cdot\cdot$ 的闭包性，我们有$c \in E$；根据假设，$E \rightarrow^i b$，因此也有 $E \rightarrow^{i+1} b$。总之，E 受到防御。对于无冲突性，任取 a、$b \in E$。根据假设，我们知道 $a \not\rightarrow^i b$。此外，由于两个论证都属于 E，且 E 对 $\rightarrow\cdot\cdot$ 封闭，因此从 a 到 b 的支持攻击或中介攻击都会与 E 在 $\rightarrow^i$ 下的无冲突性相矛盾。总之，对于每个 $\rightarrow^i$，E 都是可接受的，因此对于 $\rightarrow^{ded}$ 也同样如此。结合对 $\rightarrow\cdot\cdot$ 的闭包性，这意味着 E 是 d-可接受的。

现在假设 $\forall a$、$b \in A$，我们有 $Prem(a) \neq Prem(b)$，并令 E 为 d-可接受。显然，E 在 SB 中是可接受的。接下来只需检查强支持闭包。因此，任取 $a \in A$，使得 $Prem(a) \in Sent(E)$（回想一下，这里不存在前提攻击）。我们的假设保证存在某个 $b \in E$，使得 $b \rightarrow\cdot\cdot\ a$；根据对 $\rightarrow\cdot\cdot$ 的闭包性，我们得到所需的 $a \in E$。□

第二个方向确实需要额外条件。如果我们只有两个论证，$a_1\colon \langle \{s\}\ t \rangle$ 和 $a_2\colon \langle \{s\}\ u \rangle$，那么仅接受 a_1就会是 d-可接受的。然而，这并不强一致，因为这将意味着接受 s，从而接受 a_2的所有前提（且不存在前提攻击）。因此，强一致扩展要么为空，要么必须包含两个论证。