# 第六章 总结

## 第一节 全文回顾

在这个数字化变革的时代企业要想生存，企业要能够生存发展，势必面临着各种各样的挑战，要做出各种各样的变革。技术只是企业发展的必要条件之一，其真正的发展，必须依赖于企业采购业务流程与数字技术的充分集成。业务流程再造就是要树立企业的竞争优势，降低企业成本，提高生产效率。业务流程再造势必会吸引包括中国商用飞机有限公司在内的企业的关注。然而，目前并没有一种特别有效的工具来指导业务流程再造的过程，使得这一过程 往往流于形式，无法验证和回顾，改造方式也没有规律可选，完全依靠人工决策，对着现有流程没有充分的分析，改造过程基本上是摸着石子过河。

本文以业务流程再造的理论研究为基础，把这种管理理念与常用于计算机、数学领域的建模工具 Petri 网相结合，得出了下面几方面的研究结论。

首先，本文讨论了 航空企业流程的建模，特别是航空产业的背景和行业特色，以及采购在其中的独特位置，比较了航空企业采购特有的流程，以及业务流程再造所面临的挑战。对包括波音、空客和中国商飞在内的企业的内部流程，尤其是采购内部流程进行详细的了解，比较深入地探究到航空企业流程的输出和输入，以及实现后的真正建立企业的流程图，为下文的建模和流程再造奠定了基础，这就让本文的工作更加的可控、可信和科学。

其次，本文分析了业务流程再造（BPR ）在执行上的优势,强调了流程再造的目标和原则。本文对于目前常用的几种业务流程再在和流程建模工具进行了分析比较，通过文献比较和实践，最终选择了Petri网作为基本的工具

再次，本文建立了企业采购业务流程的Petri网模型。从Petri网络的基本概念和基本性质出发，探讨了其在工作流程和网络中应用，然后运用了一系列静态或者动态的Petri网络分析方法，以及多个Petri网络的扩展模型，对现有的采购流程进行了分析，修复和改造，验证了模型的正确性。 企业的业务流程改造后，要分析其改造结果是否满足企业的需求，这个要求更加需要依靠严密的数学计算来实现，才能够保证改造的精准性与可靠性。为了保证使用工具的一致性，计算得到优化流程的性能是否符合公司要求，

最后，并以这些模型作为业务流程再造指导，以中国商飞采购业务流程为研究对象，将业务流程分解，从而建立了从Petri网络前期采购登记流程、出库入库流程和全网采购流程的模型。改造了其中的一些流程针对建立的流程模型，进行基于 Petri 网的采购业务流程仿真与优化，解决了原本流程不够并行，有死锁可能发生推诿扯皮，有多余的步骤，。这些优化和再造并不是通过人员思维得到的，而是利用Petri网络的理论工具发现的，并且得到了基于随机Petri网络仿真的验证。

## 第二节 本文的创新工作

本文在以下几点上得到了创新的研究成果：

首先，本文创新地将Petri网络方法运用到航空制造业中，用来指导采购领域的业务流程再造，这在航空制造工业领域内并未查阅到类似文献。诚如第二章所述，国内外的大型航空制造企业都在业务流程再造领域进行了尝试，但是对于采购流程这个生产制造的重要环节，并没有太多的实践可供咨询。也没有相关的文献表明这些企业采用了Petri网络理论来指导流程再造。可以说，本文将Petri网络应用于该领域，是一种大胆的新尝试。纵观国内的航空制造业，业务流程再造并没有被大规模地运用，导致了企业无法适应当今时代的发展。作者在国内知名的航空制造企业中，使用Petri网络对采购流程进行了建模、分析、优化和验证，并且提出了可以改进的重要环节，优化后的流程即将在该企业的金属采购部门付诸实践，有望获得良好的收益。

其次，本文在对业务流程进行再造的过程中，创造性地采用了先进的增广Petri网络来评价工作流网络的稳健性指标，在进行流程的拆分、删除、并发、合并和保留的同时，分析了这些步骤能否保持稳健性，保证了在运用优化和再造规则的同时，对稳健性没有损害，从而保证了业务流程有一定完成的可能，当且仅当流程完成时，所有的资源都已经到达终点，流程中也没有死锁的情况发生。同类文献中，再造过程大多通过分析Petri网络的关联矩阵和不变量来保证优化的质量，重复的计算量比较大，而且并没有针对工作流Petri网络进行特别的处理，再造的质量得不到保证，容易构造出一个包含冗余步骤的流程，或者构造出一个有死锁或者不可以实践的纸上流程，从而达不到业务流程再造的根本目的。

最后，本文在Petri网络分析仿真软件的辅助下，对随机Petri网络进行了深入的探索。可查阅到的大量文献在仿真中，将随机的因子运用到时间Petri网络的变迁延时中去，却并没有考虑将Petri网络不同变迁激发的顺序和优先级建模成随机过程，也没有将不同变迁激发顺序导致的等待延时建模成随机过程。本文通过将随机的时间因素引入到流程仿真的多个环节中去，更加真实全面地模拟了业务流程的全过程，使得仿真的结果更加具有说服力。针对航空制造业采购流程的特点，本文引入了一系列经典的随机参数，对每一个采购流程步骤的细节数据进行了长期的收集，理清了步骤本身所占用的时间、空闲等待的时间和等待上游任务完成的时间，统计了各种选择条件可能发生的随机概率。从现有的业务流程中提取真实参数，并且将其运用到随机Petri网络的分析和仿真中去，取得了良好的效果。仿真结论和最终实践的结果的吻合度也得到了提高。

## 第三节 本文研究的不足和展望

当然，作为一种工作流方法，本文的研究过程中也发现了Petri网络有着自身的不足。由于时间和数据的局限，本文的研究成果也存在诸多不足和不完善之处，许多问题有待进一步的改进和研究。

Petri网工作流模型及其扩展形式具有较强的逻辑性、抽象能力、可理解性及和数字化能力，它不仅能够用来分析模型的定性属性，还能分析模型的定量属性，已在流程的建模和优化方面得到广泛的应用。但对于大型流程用Petri网往往比较复杂，对于非计算机或者数学专业人员理解的时候有一定的难度，在航空企业的普及性不如传统的工作流技术。传统的流程图简洁性由于，分析力不足，因此需要采用简化的Petri网络，如对某些术语进行融合和删除，对应用根据实际需要进行一些约束的设定。Petri网作为工作流描述语言，但不能直观地向人们显示流程的结构，并且难以帮助理解流程的实际执行。也是基于这些不足，在我们企业的实际应用中，大多员工对Petri网比较陌生。

在使用Petri网络建模的过程中，发现了对于通常的流程图，可以导出为BPNM语言表达的XML文件。流程图和Petri网络的互相转换，往往是有规律可循的。在本文的研究过程中，作者对多个流程图进行了流程图的Petri网络手工转换，转换过程费时费力，并且经常发生错误。理论上，将BPNM通过计算机软件自动转换为PRML的Petri网络XML格式并不是不可行，实际上作者未能找到成熟的自动转换软件。可见这两个领域的交流还不甚通畅，Petri网络建模在工作流领域还不是很成熟。如果有这类软件，则能够大大方便Petri网络的工作流应用，提高流程再造的效率。

模型容易变得很庞大，如果不引入层次Petri网络的话，就不能支持构造大规模模型，如自顶向下或自底向上的模型。在实践过程中，发现对稍稍大一些的Petri网络分析，发生了 状态空间爆炸（State Space Explode）的现象。软件处理仿真或者分析的时候，时间非常慢，效率比较低，往往一个中等规模的流程需要超过10分钟的仿真时间，不利于敏捷快速地处理流程变化问题。在作者使用的PIPE和CPN Tools两个这个工具的时候，都发生了软件对于中等规模的网络分析失败的情况，这可能是有软件缺陷的问题，也体现了Petri网络运算膨胀快，难以分析大型网络的问题，只能通过人工层次化Petri网络的做法来化解。

本文的研究没有利用有色Petri网络的理论，因此无法在令牌上。对于资源分配在流程再造中的作用分析不足，除了对库所拥有令牌的数量对资源分配有指导意义以外，没有过多涉猎。每个部门分配多少人员，人员的效率如何，对于流程再在也相当重要。Petri网能够描述系统结构，但不能覆盖业务流程系统的全貌。我们需要尊重资源有限的事实。实际上，变迁发生所需的前置资源往往是有限的，而库所里的容量也应是非常有限的。如果有一种完整的Petri网模型，就应该对资源一开始的初始状态有所展示，另外变迁和库所之间的互动原则不应该只是消费令牌和产生令牌那么简单，应该可以建立库所容量、变迁所需令牌数量和现有令牌数量之间的复杂数学关系。另外，时间扩展的Petri网络基本上也使用了通常的平稳过程随机模型，这个模型并不吻合实际的流程现状，尤其对同步语义和冲突语义表达欠佳，因此轻微影响了仿真结果的准确性。