## 选题依据及研究目的意义

本论文的研究是基于云制造二期课题关于“集团企业云制造平台关键技术研究应用”的相关研究要求。该课题主要是针对集团企业航天复杂产品研制的特点，围绕集团企业内部复杂产品全生命周期阶段的并行和协同制造过程、集团内部多企业间分散制造资源与服务的共同利用等问题，研究集团企业内部复杂产品云制造应用模式。

为了提高集团企业复杂产品研制的云资源调度的有效性，帮助集团企业通过资源共享完成复杂项目任务的调度。本论文将从整个项目的角度，结合企业自身资源使用情况研究集团企业复杂产品研制制造服务建模方法，研究适合集团企业

资源自主优化调度方法以及研究集团企业项目任务选择决策方法，搭建出云制造环境下集团企业资源自主调度框架，并开发出相应的支持系统，其主要意义在于：

1. 实现云制造环境下的众多企业海量制造服务的规范表达、组织及其高效搜索匹配、共享，并且使得不同企业能够方便快捷地针对复杂产品全生命周期各项制造资源和服务进行建模和协同。目前云平台聚集着海量的制造服务，要从海量的制造资源动态数据库中快速、合理地匹配到合适的制造资源。因此需要研究云制造环境下复杂产品标准服务（BOSS）的建模方法，实现资源和服务的合理化建模，有利于制造资源的共享、企业间的任务协同。

2. 实现企业资源自主优化调度。云平台聚集着各种不同的企业以及海量的制造资源，要使得平台企业合理化调度其内部资源并且利用平台资源共同完成外协任务。因此平台需要建立企业资源自主优化调度模型，实现制造资源的合理化配置，有利于集团企业云制造模式的构建。

3. 增强云平台企业核心竞争力，优化产业链。平台企业在实现资源调度的过程中，按照核心制造能力优先的原则，逐步建立起核心任务为主，非核心任务为辅的决策模式，实现企业核心制造能力的提升，提高企业的竞争力，优化云制造产业服务链。

## 相关技术国内外研究现状

### 2.1 国内研究现状

云制造概念由李伯虎院士及其团队于2009年首先提出。他将云制造定义为“是一种利用网络和云制造服务平台，按用户需求组织网上制造资源（制造云），为用户提供按需制造服务的一种网络化制造新模式”，同时分析了云制造模式与其它应用模式如制造网格、应用服务提供商等的不同点，然后提出了云制造平台及其体系架构，将其划分为物理资源层、云制造虚拟资源层、云制造核心服务层、应用接口层以及云制造应用层共五层结构，最后对云制造涉及的关键技术做了介绍同时给出了初步研究成果及典型应用[[[1]](#endnote-1)][[[2]](#endnote-2)]。

罗永亮[[[3]](#endnote-3)]等对制造能力模型及描述机制等关键技术做了深入的探讨，给出了云制造模式下的制造能力的概念与分类，构建了制造能力多维信息模型，并给出了针对模型的制造能力描述框架，为最终实现制造能力形式化描述提供了支持。最后开发了一个支持用户按需使用的制造能力服务化原型系统。王海丹[[[4]](#endnote-4)]等提出了一种云制造服务分类及描述的方法，文章围绕产品制造全生命周期对中小企业云制造服务进行分类，从云制造服务本身、主题能力以及所含有的制造资源等对云制造服务进行描述，并建立模型。

王时龙[[[5]](#endnote-5)]等为有效地对云服务资源进行优化配置以降低制造服务成本，构建了以成本和实践最小化、质量最优化为目标的资源优化配置模型，并采用最大继承法对资源配置模型进行求解。王正成[[[6]](#endnote-6)]等为实现时序约束关联任务驱动的云制造环境下面向服务链构建的制造资源集成共享，研究了一种促进云制造环境下制造资源快速共享、广域集成和分散服务特点的服务过程模型，有效地解决了云制造环境下已购资源描述、虚拟化、检索匹配与服务组合等问题。

Zhang[[[7]](#endnote-7)]等对制造资源和制造能力进行了语义建模形成制造云服务，在此基础上建立了基于本体的云制造平台，并研究了制造云发现和制造云组合技术。Wu[[[8]](#endnote-8)]等提出了云制造环境下的资源虚拟化模型，包括制造资源层、Web服务层、逻辑服务层和应用层，从而实现适用于云制造复杂大规模协作制造。

宋庭新[[[9]](#endnote-9)]等基于云制造服务模式和思维开发了一种面向中小企业的云制造服务平台，设计了云制造服务平台的工作流程和核心功能。并且对供需智能匹配引擎、交易协同逻辑引擎和信用评估引擎等关键问题进行了研究，实现了基于关键字的寓意智能搜索、订单追踪、交易任务引导以及全流程化管理。

赵诗奎[[[10]](#endnote-10)]对云制造环境下的柔性制造资源调度进行了研究，构建了云制造环境下以最大完成时间和总成本为目标，具有网状结构复杂产品和考虑运输的柔性资源调度优化数学模型，并且基于遗传算法对问题进行求解，实现了云制造环境下复杂产品的建模以及云制造资源的优化调度。

李功波[[[11]](#endnote-11)]对制造流程建模、网络工作流任务调度算法以及系统进行了研究，通过利用有向无环图（DAG）进行制造流程建模，用DAG描述制造流程的任务之间的执行先后顺序，并且针对先行的网络工作流任务调度算法，提出了一种改进的基于任务分割的资源匹配任务调度算法，并开发了相应的调度系统。

杨财[[[12]](#endnote-12)]研究了云制造环境下的企业生产管理模式，对云制造任务的分解和建模，分析云制造环境下的项目任务执行模式，提高了企业的生产能力，提升了企业的信息化水平。郑卫[[[13]](#endnote-13)]构建了以交货期、成本、质量为目标的任务服务调度优化模型，完整分析了一种云制造模式下的资源调度与传统车间调度的异同。

通过对上述文献的分析可知，云制造是由云计算的思想衍生出来的，其核心思想是将制造领域的与产品全生命周期相关的论证、设计、制造、检验等阶段的软件、硬件资源采用web共享的形式来进行统一的管理与调度，构成一个即用即取的云制造资源服务池。云制造的发展是基于文献[1]所述的五层体系架构，其中，对云制造资源的虚拟化和云制造服务模式研究的文献较多。

### 2.2国外研究现状

Chen[[[14]](#endnote-14)]等针对时间敏感产品所面临的问题，对该类制作企业所提出的外包和调度问题进行研究。提出了一个外包和作业调度的决策模型。在模型中，制造商需要对订单进行分析来决定订单的去向，并且在满足订单时间等约束的情况下使得制造和外包成本最小的需求。实现了时间敏感产品对时间的要求，并且优化产业链，增强核心竞争力。

Mokhtari[[[15]](#endnote-15)]等对市场需求超过生产公司的产能的情况进行分析，建立了混合整数规划的生产调度模型。为最大限度地减少外包成本和加权平均流水时间，模型提出了制造业务分包的方法，以确保满足客户的截止时间。并且针对上述模型提出了一种改进的团队进步算法。通过实例分析，验证了其建议方案的合理性以及算法的有效性。

Zhong[[[16]](#endnote-16)]、Ou[[[17]](#endnote-17)]等研究了制造资源外协过程中资源的可用性约束问题。通过分析实际的资源占用情况下建立模型，提出了制造资源的接受域和拒绝域的思想。模型设定资源只提供若干个不连续的时间间隔来外协外部订单，通过调度实现制造资源的合理化利用以及收益最大化。

Bo[[[18]](#endnote-18)]等对外包供应商选择决策问题进行了研究，提出了一种为不同的服务流程和任务提供供应商的决策方法，同时开拓性的提出了不同供应商选择的合作伙伴企业之间的协作效用，并且开发了基于禁忌多目标搜索算法求解该问题。最后通过实例证明了所提出模型和算法的适用性。

## 主要研究内容与拟解决的关键问题

在复杂的云制造环境下，集团企业为了能够在竞争激烈的市场环境下求得生存的空间，则必须要提升自身的核心竞争力。而对于集团企业而言，发展核心业务摒弃非核心业务往往是提升自身优势的关键。本文的研究目标是设计开发集团企业云平台资源优化配置系统，为集团企业项目任务和资源提供合理的资源配置解决方案。同时通过企业业务核心化，实现云制造环境下产业服务链优化。

论文结合云制造二期 “集团企业云制造服务平台关键技术研究应用”，在前期云制造技术的基础上，研究云制造集团企业资源优化配置方法，主要研究内容如下：

1. 集团企业复杂产品标准服务（BOSS）的建模方法研究

针对航天集团企业复杂产品的特点，规范云平台集团加盟企业众多复杂的制造服务和外协任务的建模注册，平台需要提供规范、便捷的资源服务和任务创建方法，确保输入方法方便；并尽可能保证服务和任务的关键信息同构，保证任务和服务的快速匹配。本论文需要研究产品多阶段、多粒度、多维度的标准制造服务结构BOSS模型，研究分析产业链制造服务分类及其规范。

1. 云平台企业资源自主优化调度方法研究

在云制造环境下，平台企业都是自主决策主体，企业需要根据其自身众多资源占有情况以及项目任务的承接情况等，对资源和任务进行自主的统筹配置安排，

将企业资源尽可能的去完成企业核心的业务，而对于非核心业务通过云平台外协，从而达到企业内部资源的优化利用，提升企业的核心竞争力。因此需要研究云平台企业资源自主优化调度系统。

1. 云制造环境下的云制造任务选择模式研究

主要研究集团企业云制造任务选择决策模型。平台企业为了能够对企业内部资源优化配置，优先发展其核心业务，摒弃非核心业务，发挥其资源的最大效用，本文在平台已建立的云制造资源和任务匹配模型的基础上，分析研究云制造任务的选择机制，确定云制造项目任务选择决策模型。

1. 集团企业云制造调度系统的设计与开发

结合集团企业自主调度的最终目标及其总体要求，并以此为基础进行企业自主调度系统功能的模块设计，包括系统的主要模块构成以及逻辑框架等，研究开发相应的云制造集团企业自主调度系统。

本文拟解决的关键问题是在复杂云制造环境下，通过对集团企业云制造资源调度模式进行详细的分析和设计，建立符合集团企业的云制造调度资源模型，为加盟企业提供合适的云资源调度方案。

## 关键技术方法

1. 基于集团企业复杂产品标准制造服务建模方法研究：

为了使产业集群中不同企业能够规范方便快捷地针对产品全生命周期的各项制造服务进行建模和共享，参考常用的BOM技术，提出面向集团企业复杂产品全生命周期的标准制造服务建模方法。每个树节点对应复杂产品全生命周期不同层次、粒度、阶段的制造服务，并具有特定的服务属性结构。不同的服务提供商根据其拥有的资源和能力，确定其所能承担的某产品制造服务结构树BOSS上的某些节点服务，通过实例化相应的服务属性数据，形成一个属于该企业的制造服务。对于制造服务的需求企业根据需要外协的任务所处的BOSS上的位置，选择所需购买的服务类型，并实例化相关的服务（任务）属性数据，形成一个实例化服务，以购买服务的形式表述并注册其外协任务。

1. 云制造环境下集团企业自主优化调度方法研究

云制造的目标是将制造过程中的空闲资源以服务的形式提供给用户，充分发挥市场空闲资源的利用率，节省企业运营成本，从而为云用户创造更多的利润。为了提高云平台集团企业资源的利用率、同时提升平台企业的产业核心竞争力，云平台研究开发加盟企业自主优化调度系统。该系统基于企业内部资源的占有情况以及平台项目任务获得初步的生产调度计划；如果企业内部资源能够完成所有任务，则本次调度结束；否则通过外协任务的时间、功能等约束条件，启动云平台选配/推送模块，获得若干候选制造服务；平台企业输入候选资源，再次进行自主优化调度，直到所有项目任务安排完成。当然如果企业内部项目和外协项目存在资源占有冲突，为了保证企业收益最大化，同时优先完成核心业务，则需要通过决策方法决定该资源的归属，而对于没有得到该资源的任务通过再次自主调度完成。具体调度流程图如下：



1. ## 参考文献

   [1] 李伯虎, 张霖, 王时龙. 云制造-面向服务的网络化制造新模式 [J]. 计算机集成制造系统, 2010, 16(1): 1-7. [↑](#endnote-ref-1)
2. [2] 李伯虎, 张霖, 任磊, 等. 再论云制造[J]. 计算机集成制造系统, 2011, 17(3): 449-457. [↑](#endnote-ref-2)
3. [3] 罗永亮, 张霖, 陶飞, 等. 云制造模式下制造能力建模关键技术[J]. 计算机集成制造系统, 2012, 18(7): 1357-1367. [↑](#endnote-ref-3)
4. [4] 王海丹, 李金村, 黎晓东, 等. 中小企业云制造服务描述与本体建模研究[J]. 制造业自动化, 2012, 34(8): 30-33. [↑](#endnote-ref-4)
5. [5] 王时龙, 宋文艳, 康玲, 等. 云制造环境下的制造资源优化配置研究[J]. 计算机集成制造系统, 2012, 18(7): 1396-1405. [↑](#endnote-ref-5)
6. [6] 王正成, 黄洋. 面向服务链构建的云制造资源集成共享技术研究 [J]. 中国机械工程, 2012, 23(11): 1324-1331. [↑](#endnote-ref-6)
7. [7] Zhang Z N, Zhong P S. Key issues for cloud manufacturing platform[J]. Advanced Materials Research. 2012, 472: 2621-2625. [↑](#endnote-ref-7)
8. [8] Wu L. Resource virtualization model in cloud manufacturing[J]. Advanced Materials Research, 2011, 143: 1250-1253. [↑](#endnote-ref-8)
9. [9] 宋庭新, 张成雷, 李成海, 等. 中小企业云制造服务平台的研究与开发[J]. 计算机集成制造系统, 2013, 19(5): 1147-1154. [↑](#endnote-ref-9)
10. [10] 赵诗奎. 基于遗传算法的柔性资源调度优化方法研究[D].浙江大学,2013. [↑](#endnote-ref-10)
11. [11] 李功波. 基于工作流的网格制造调度算法研究[D]. 华南理工大学, 2010. [↑](#endnote-ref-11)
12. [12] 杨财. 云制造环境下的企业生产管理模式研究[D]. 浙江大学, 2014. [↑](#endnote-ref-12)
13. [13] 郑卫. 云制造环境下的云资源服务优化调度研究[D]. 浙江大学, 2015. [↑](#endnote-ref-13)
14. [14] Chen Z L, Li C L. Scheduling with subcontracting options[J]. IIE Transactions, 2008, 40(12): 1171-1184. [↑](#endnote-ref-14)
15. [15] Mokhtari H, Abadi I N K, Amin-Naseri M R. Production scheduling with outsourcing scenarios: a mixed integer programming and efficient solution procedure[J]. International Journal of Production Research, 2012, 50(19): 5372-5395. [↑](#endnote-ref-15)
16. [16] Zhong X, Ou J, Wang G. Order acceptance and scheduling with machine availability constraints[J]. European Journal of Operational Research, 2014, 232(3): 435-441. [↑](#endnote-ref-16)
17. [17] Ou J, Zhong X, Wang G. An improved heuristic for parallel machine scheduling with rejection[J]. European Journal of Operational Research, 2015, 241(3): 653-661. [↑](#endnote-ref-17)
18. [18] Feng B, Fan Z P, Li Y. A decision method for supplier selection in multi-service outsourcing [J]. International Journal of Production Economics, 2011, 132(2): 240-250. [↑](#endnote-ref-18)