专家1

我国在深空探测领域的发展落后于其他航天国家。行星际空间中的所有物理现象和过程都发生在太阳风的背景环境之中，因此探测太阳风的状态和变化，是开展空间科学研究和应用的基本需求。离子质谱仪可用于获取太阳风的离子成分、速度和能谱等物理参数，是探测太阳风的重要工具。本项工作是在国家自然科学基金的支持下，进行太阳风离子质谱仪的读出电子学的研究。

本论文根据半空间宽能谱太阳风离子探测分析器的设计要求，确定了由前置放大器、恒比定时器、时间—数字转换器等组成的读出电子学方案，详细给出了太阳风离子质谱仪的读出电子学设计和飞行时间测量方案，并实现了包括前端模拟模块、低功耗、高精度、大输入范围的恒比定时（CFD）电路、数字处理（FPGA-TDC）模块和状态监测，和数据压缩算法等部件的原型系统。

最后对该读出电子学原型系统进行了实验室测试。对电流灵敏放大器和CFD电路组成的时间测量链路进行测量，得到了500倍的动态范围；前端模拟模块的定时性能在35~500mV范围内好于200ps；对FPGA-TDC性能测试，得到了约为550ps LSB（时间分辨率）、-0.2LSB~0.2LSB的DNL（微分非线性）和-0.36LSB~0.2LSB的INL（积分非线性），以及修正后好于200ps的时间测量精度。

地面离子束流测试，包括氩离子能谱测试、本底噪声测试以及氮气离子飞行时间谱测试。

论文只谈设计不谈实现，且将最重要的部分放到了附录，似有不妥。但整体来说表达清晰，达到博士论文水平。

专家2

该论文为国家重大科研仪器研制专项--半空间宽能谱太阳风粒子探测器设计了一套完整的电子学读出系统，包括前置模拟放大电路，高精度时间测量电路，和数据获取系统等。特别的是，论文作者设计了一种新型的延迟内插型时间数字转换器并获得发明专利，该设计具有低消耗，低死时间，高时间测量精度和大动态范围等特点，具有广泛的应用。论文首先介绍了太阳风探测的科学意义和国内外的最新进展。在介绍了各种太阳风离子的探测技术和三种太阳风质谱测量方案及其优缺点，并结合半空间宽能谱太阳风粒子探测器的目标和需要，选择了最佳测量方案。在充分调研空间实验常用的电子学设计方案下，该论文设计了一套合适本课题的电子学读出方案。最后，论文介绍了电子学实验室测试和离子束流测试，结果显示性能满足探测器的需求。总的来说，该论文瞄准国家重大仪器需求研发了一套先进的电子学读出系统，完全达到了博士论文要求，是一篇非常优秀的论文。

专家3

论文以国家重大科研仪器设备研制专项—半空间宽能谱太阳风离子探测分析器的研制为背景，针对这个基于静电分析器和飞行时间系统构建的质谱仪设计了一个完整的质谱和能谱读出电子学，对实现面向空间探测领域的高精度大测量范围时间测量具有重要的实用价值。

论文进行了太阳风离子质谱仪的读出方法和电子学设计，通过调研类似空间探测项目的电子学读出方案，结合半空间宽能谱太阳风离子探测分析器的设计要求，确定了太阳风离子质谱仪的读出方法和电子学设计方案。设计了由包括前置放大器的前端模拟模块、恒比定时器、基于FPGA-TDC的时间—数字转换器、数据压缩和数字处理、数据获取软件等组成的读出电子学。对该读出电子学进行了实验室测试,并将读出电子学分别与能谱分析器、TOF质谱仪构建测试系统进行离子束流联合测试，对测量的能谱和质谱进行分析以及对电子学性能的评估。

主要创新性研究成果：

1、设计实现了适应半空间宽能谱太阳风离子质谱仪的飞行时间读出电子学系统。

2、设计了一种基于FPGA延迟单元构成环型延迟链的时间戳型时间数字转换器，实现了大动态范围高精度TDC。

3、实现了一种低功耗、高精度、大输入范围的恒比定时器。

论文紧扣实际需求，采取需求分析牵引，理论分析、关键技术突破、实验室实验、联合测试评估的研究路线，做了大量的关键技术研究工作，技术复杂。研究中掌握文献资料充分，论据可信，计算和实验数据可靠，系统设计合理。

论文结构合理，逻辑性强，写作规范，文笔较流畅。反映作者掌握了本学科宽广坚实的理论基础和系统深入的专门知识，具备了独立从事科研工作的能力。

论文存在的主要不足：对出现的部分电路性能差给出了问题的原因，但是缺少进一步的解决方法研究和论述。读出电子学系统空间适应性需要进行进一步加以分析研究。

论文达到了博士论文要求，建议提交答辩。

专家4

针对我国空间太阳风离子探测项目的需求,研究相应的电子学系统,对电子学自身的发展和支持空间科学研究都有重要意义。

在研究工作中，作者根据项目需求提出了系统的电子学设计方案，深入研究并完成了一个低功耗、高精度、大输入范围的前端电流灵敏放大器和CFD定时电路；提出了由延迟单元构成环型延迟链的时间戳型时间数字转换器（TDC），完成了基于FPGA-TDC的设计和实现，具有资源消耗低、死时间小、时间测量精度高、动态范围大等特点，经过实际测试和联合调试，验证了该电子学系统的优良性能。

上述创新性的研究成果，表明作者已经掌握了扎实的专业基本理论知识和具有独立从事科研工作的能力。论文书写规范、分析合理、逻辑性强，已达到了博士论文的基本要求，建议进行论文答辩。

专家5

空间背景等离子体参数是深空探测中的基本要素之一，离子质谱仪是一种重要的探测仪器。该博士毕业论文的研究工作依托

基金委的重大仪器专项，参与国内技术相对薄弱的太阳风低能离子质谱仪的研制，对读出电子学方案和各个模块设计开展研究，

符合国家在深空探测方向的发展需求，选题重要且及时。

该博士毕业论文在大量调研国际上现有相关探测技术的基础上，结合仪器专项的目标和需求，进行了综合的比较，确定了电子

学读出方案，取得的创新成果包括：1、设计了一个满足半空间款能谱仪的飞行时间质谱仪的读出电子学系统，2、利用高可靠芯片

设计了一个低功耗、高精度、大输入范围的恒比定时器，3、提出时由延迟单元构成环型延迟链的时间戳型时间数字转换器，并

申请了发明专利。这些成果对太阳风低能离子质谱仪的实现奠定了必要的基础。

该博士毕业论文书写规范，结构清晰，研究工作取得了实质性的成果，是一篇优秀的博士学位论文。