Progress of Tsinghua OAPS and OAPS Portal 2013/2014

清华大学OAPS项目及OAPS联合网站进展

Tsinghua University Library (Beijing)

The 11th OAPS TASK FORCE MEETING 27-29 Jun 2014, BEIJING

Outline

- Progress of Tsinghua OAPS
- Metadata & Usage for OAPS Portal
- Future development

Progress of Tsinghua OAPS

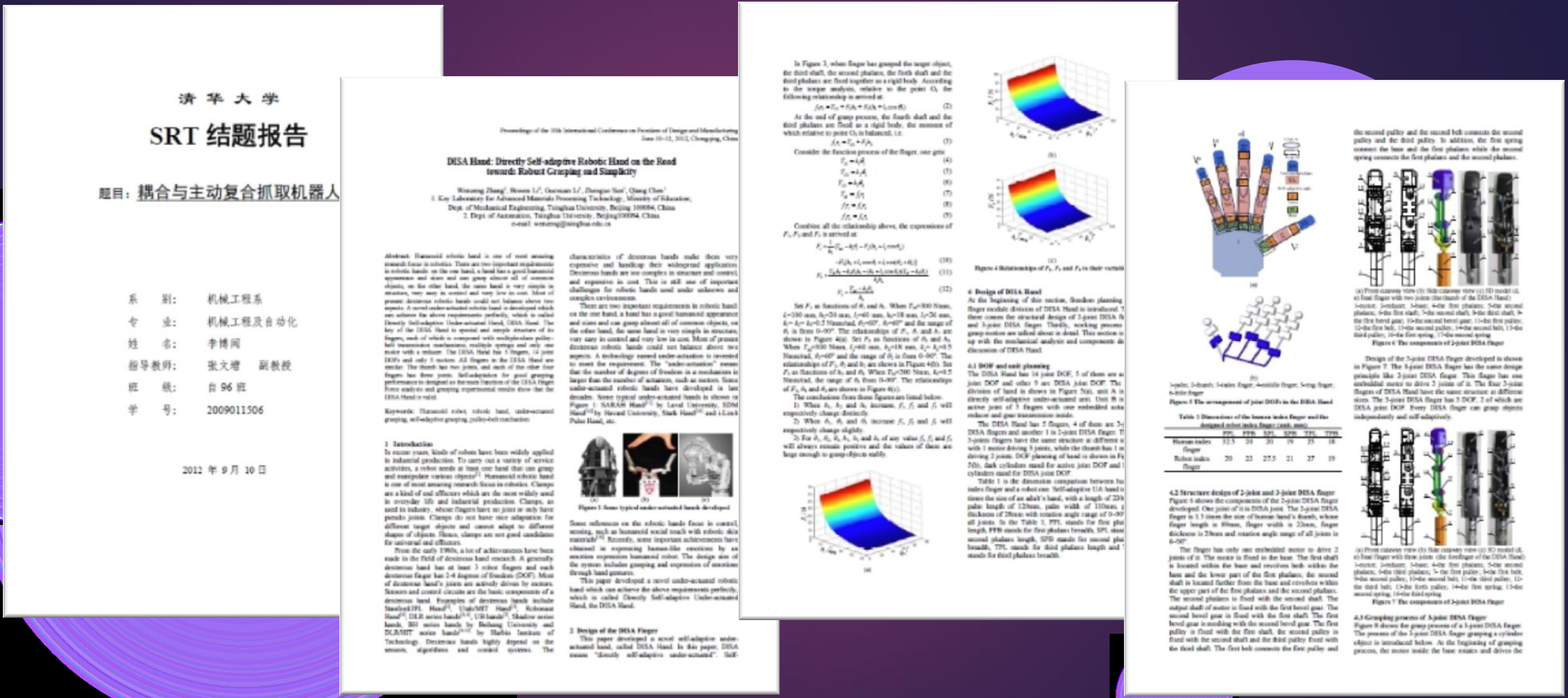
Progress of Tsinghua OAPS

- Two new collections added in 2013

- **Outstanding Students Research Training Reports**
- SRT: Each year, more than 40% of all undergraduate students have participated in the program, 20~30 projects will be the Award Winning SRT.
- Newly added: 39 SRT papers of 2007~2012

- **Student Journal of Tsinghua University 清华大学学生学报**
- Newly added: 21 Journal papers of 2013

SRT Project Report



Student Journal of Tsinghua University

电负载健身器的开发与研究

钟音[1]　张骏琳[2]　武韬[3]

([1]清华大学机械工程系　[2]清华大学自动化系　[3]清华大学精密仪器系)

摘要　传统健身器由于其原理限制，健身时负载不均匀、不可变；我们概念性地提出了电负载健身器思路，希望用电机实现负载均匀、实时可变的健身过程。本文描述电负载健身器项目的研发过程，包括机械结构的设计与搭建、自行设计的交流永磁同步伺服电机驱动器、以及电机控制算法的实现。

关键词　机电　电机控制　电力电子

1　项目理念

目前，电负载健身器主要针对现在健身器材多采用重物作为负载，因其存在启动惯性而无法实现均匀负载的健身过程。为了解决这一问题，本项目概念性的提出利用电负载作为健身负载器的思路。通过将运动传入减速箱-无刷电机系统，之后通过对电机电流的控制（接入电路的电负载），实现对健身器负载的控制和调整。

2　研究过程

2.1　机械结构搭建

- 框架结构：以铝合金型材为主，加上自己设计的连接件。
- 传动系统：减速装置，钢缆绞盘，滑轮组等。
- 三相交流永磁同步伺服电机的控制。
- 购买强电基础组件，组装配电系统，为系统提供可靠供电。
- 伺服电机驱动器的安装，电气连接，参数配置，以及上电调试。
- 搭建电机控制试验电路，连接电机进行测试。
- 试验用实时数据采集系统。
- 实现无线实时采集传感器数据到计算机。
- 可以用于系统试验后的分析工作。
- 第一台试验机总装与测试。

2.2　方案改进

在第一台试验机的测试过程中，我们发现了一个严重的问题：在上行行程，可以按预想的方式控制电机；然而，在下行行程，电机输出扭矩反复大幅度波动，试验被迫停止。经我们反复排查，发现问题是伺服电机配套的驱动器造成的。经过生产商确认，该驱动器并不支持此项目所需的控制方式。

若采用其他驱动器替代，则存在如下问题：

1. 所用的伺服电机自带的高分辨率编码器采用专有的抗干扰通信协议，与其他驱动器均不兼容。

2. 对于该电负载健身器使用的功率级别(1kW)，目前市场上还没有能支持所需控制方式的产品。

进一步研究后，我们初步断定，问题并不在驱动器的硬件设计，而在于驱动器内部的控制算法。但该驱动器是一个不可分割的整体，尽管我们尝试了种种方法，仍未能完全"接管"其核心控制单元。

在查阅了相关的电力电子方面的资料，并请教有相关领域经验的老师之后，我们决定将目标重新设定为"自己设计、制造满足原系统要求的三相永磁交流电机伺服驱动单元"。不仅仅是商业产品，我们看到的有关文献也往往面向的是更大功率的负载（例如采矿装备），使用的技术手段有时并不适用于我们（如反馈电网）。因此基本只能从原理出发，靠自己实践、摸索。

首先，我们调研了三相交流永磁直流电机的驱动方式与控制算法，并进一步设计驱动器原型电路。选购驱动器原型所用到的电力电子器件，并搭建驱动器原型电路。之后完成了测试用控制器设计及驱动器原型测试。最后，通过整合控制器、驱动器，在原型的基础上进一步设计，并改进控制算法，

提高运行效率，最终基本达成恒转矩控制。

3　技术实现

3.1　机械部分

此部分的目的是实现坐姿下拉健身运动。我们选择的方案为：搭建框架，在上面安装电机、减速机等；电机通过减速机、绞盘带动缆绳，通过框架上的滑轮，向手臂施加力。

3.1.1　框架设计

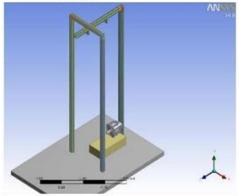


图 1　框架原理

框架采用工业用 T 型槽铝型材及其专用连接件。对其主要部分进行有限元强度分析，刚度、强度均满足要求。

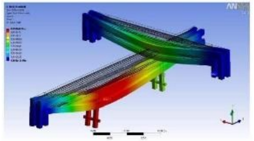


图 2　框架刚度分析

电机直接放置在框架底座上，并与减速机连接在一起，形成一个整体。减速机需要在框架上定位并锁紧，因此设计 L 形连接板：

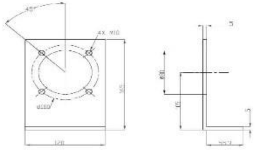


图 3　连接板零件图

减速机输出轴通过绞盘来带动钢缆，设计如下：

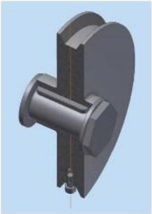


图 4　绞盘三维模型

3.1.2　机械总装

将零件图送至基础工业训练中心加工完毕后，我们购买了足够的铝合金型材以及连接件，开始机械结构的组装，并完成机械结构的联调。

3.2　电路部分

将控制器、驱动器、变频器集成在一起，以实现更底层的对电机的控制。

方案：STM32F1 系列 32 位单片机最小系统运行控制、驱动算法，使用专用电力电子芯片驱动三相 IGBT 全桥，使用电流传感器检测电机相电流进行反馈控制。

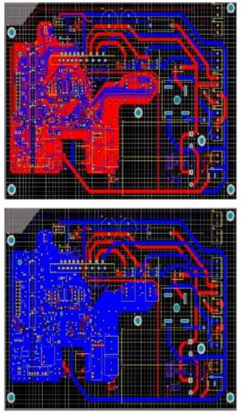


图 7　PCB

检查后，制作、焊接电路，如图 8 所示。

图 8　电路实物

先在弱电条件下测试，通过后，接通强电测试。三相相电压输出良好的马鞍状波形，三相线电压是良好的正弦，说明逆变器整体工作正常。

3.3　算法部分

3.3.1　速度检测器

为了估计转速，我们采用速度检测器对编码器输出进行分析，其原理如图9 所示。

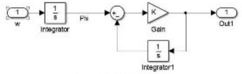


图9　速度检测原理

输入为编码器计数值，输出为估计的转速。K 可调节观测器带宽。速度检测器的转速经积分转化为角度 Phi，再经过速度观测器得到输出。速度观测器的传递函数：$\left(U-\frac{1}{s}Y\right)K=Y$

$$Y\left(1+\frac{K}{S}\right)=KU$$

$$Y=\frac{KsU}{s+K}$$

则有：$Y=\frac{Ks}{s+K}\cdot\frac{w}{s}=\frac{w}{\frac{1}{K}s+1}$

即为低通滤波后的转速信号。

为处理编码器计数器溢出问题，改进了算法，加入了额外的控制逻辑，最终速度检测器如图 10。

即当发生计数器溢出（上溢与下溢）时，当次数据不使用，并更新积分值以使之与计数器当前值匹配。

仿真结果表明，该速度观测器能较好地估计转速。

3.3.2　SVPWM 算法

SVPWM 算法将给定的期望电压向量转化为三相电压 PWM 占空比。算法根据电压向量选择导通的 IGBT 及其导通时间。给定旋转的单位向量作为电压向量的输入，输出占空比为三相马鞍状波形，符合理论估计。

Progress of Tsinghua OAPS

- The characteristics of Tsinghua OAPS

1. 本科生优秀论文、SRT获奖报告等几类作品，都经过教务处或各院系的质量审核与评选，质量有保证，展示清华本科生的科研水平
2. 有效的分工合作：教务处对OAPS项目给予大力支持，图书馆与教务处、学生科技协会密切合作，共同完成作品的授权，图书馆负责作品的收藏与发布、OAPS网站的日常维护

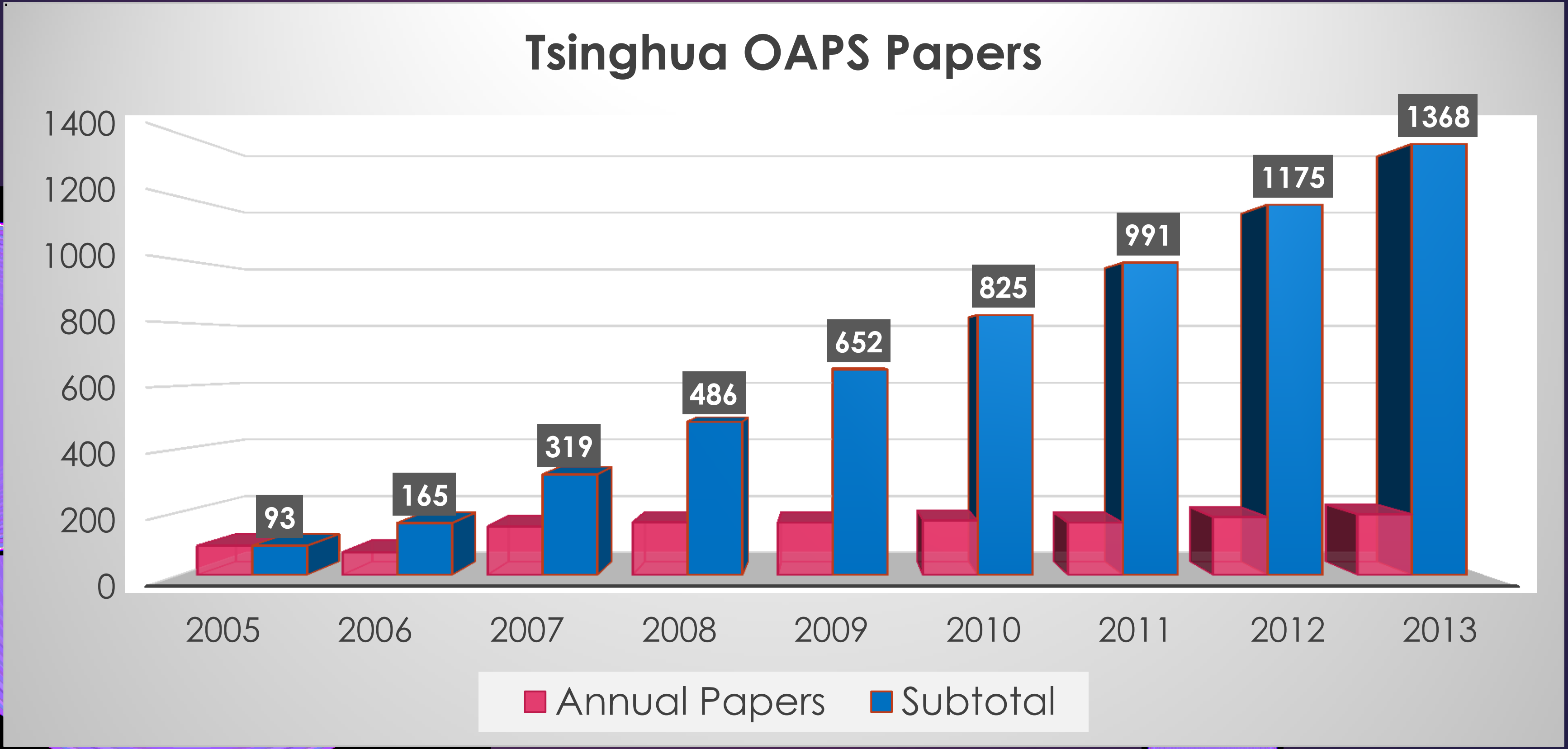
Progress of Tsinghua OAPS

- Historical Statistics of OAPS papers

Year	Thesis VA1	Thesis VA2	Thesis VA3	Other	Total
2005	28	14	41	10	93
2006	23	20	18	11	72
2007	101	27	23	3	154
2008	75	48	40	4	167
2009	48	54	56	8	166
2010	37	58	68	10	173
2011	50	60	49	7	166
2012	90	20	67	7	184
2013	61	40	68	24	193
Subtotal	513	341	430	84	1368

VA1-Campus network access VA2-OAPS members access VA3- Internet access

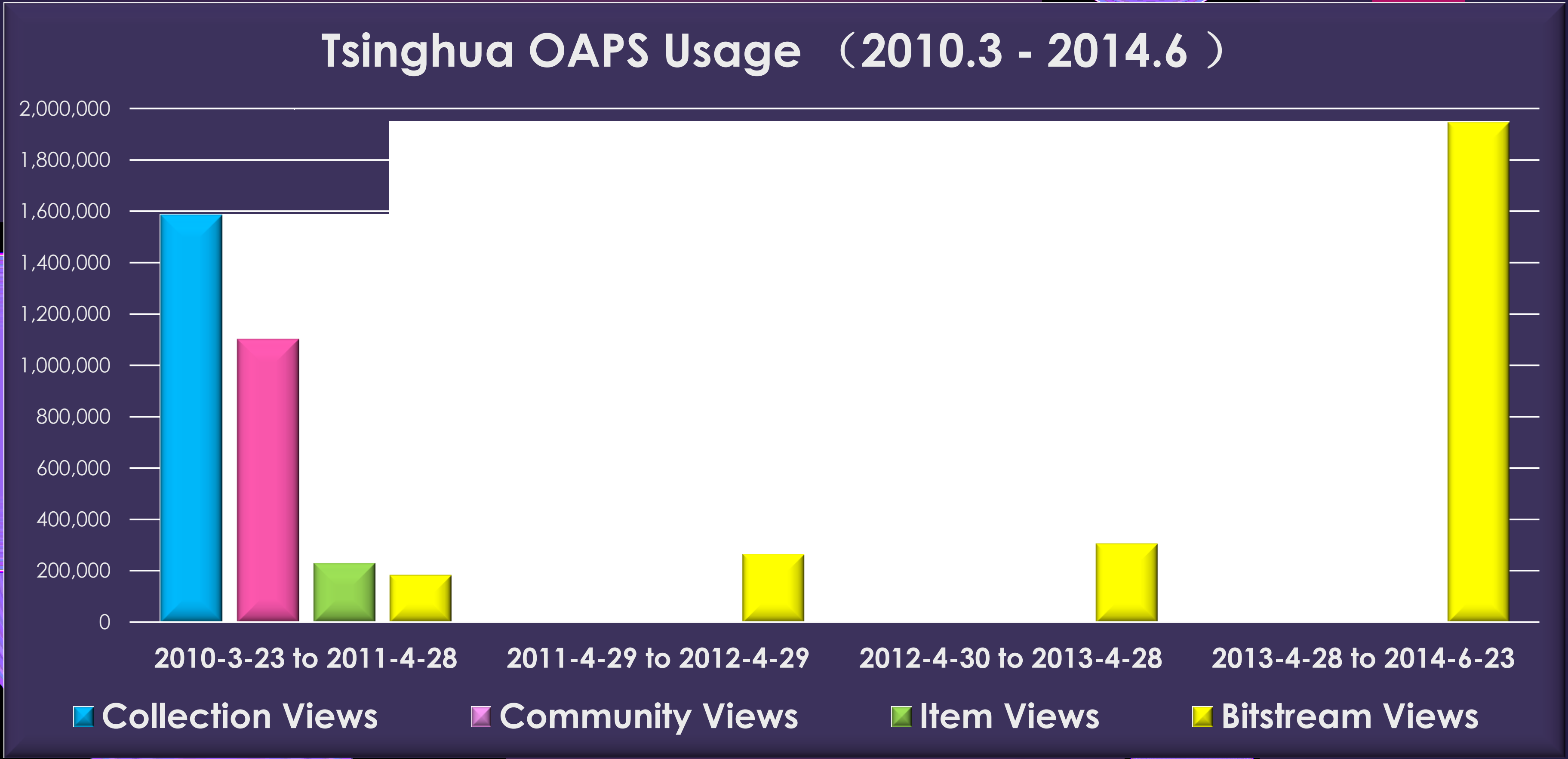
Progress of Tsinghua OAPS



Tsinghua OAPS - Usage Statistics

Usage statistics for Tsinghua OAPS Site: 2013-04-28 to 2014-06-23	
Point of View	Amount
全文浏览篇数 (Bitstream Views)	1,948,091
记录浏览次数 (Item Views)	722,109
从机构途径查看 (Community Views)	136,268
从资源集合途径查看 (Collection Views)	346,672
检索次数 (Searches Performed)	45,344
用户登录 (User Logins)	1,718

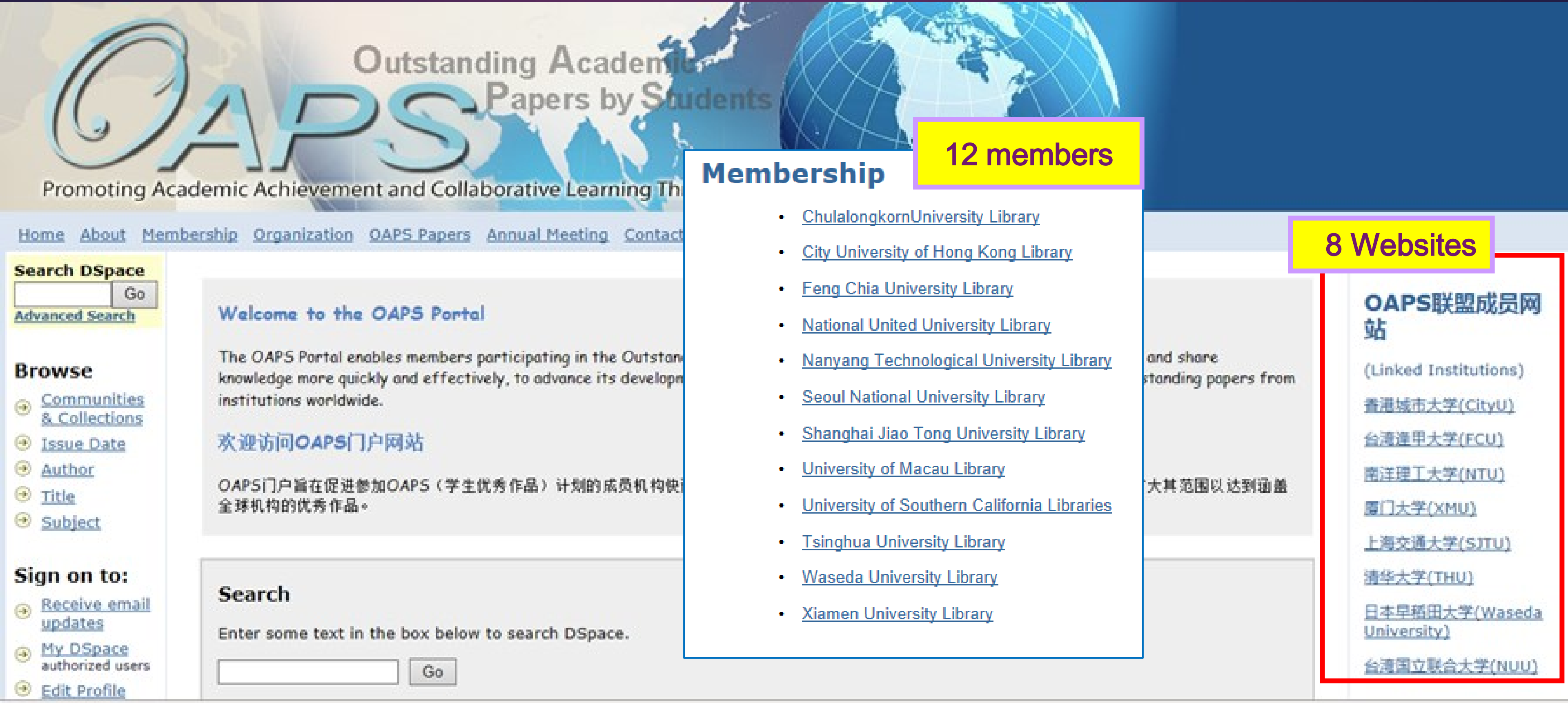
Tsinghua OAPS - Usage Statistics



Metadata & Usage for OAPS Portal

OAPS Outstanding Academic Papers by Students

Metadata and Usage for OAPS portal



Metadata and Usage for OAPS portal

Communities in DSpace

Choose a community to browse its collections.

- City University of Hong Kong 香港城市大学 [365]
- Feng Chia University 台湾逢甲大学 [966]
- Nanyang Technological University 南洋理工大学 [99]
- Shanghai Jiao Tong University 上海交通大学 [236]
- Tsinghua University 清华大学 [1368]
- Waseda University 日本早稻田大学 [2]
- Xiamen University 厦门大学 [116]

Total items:

3295

(Jun 20, 2014)

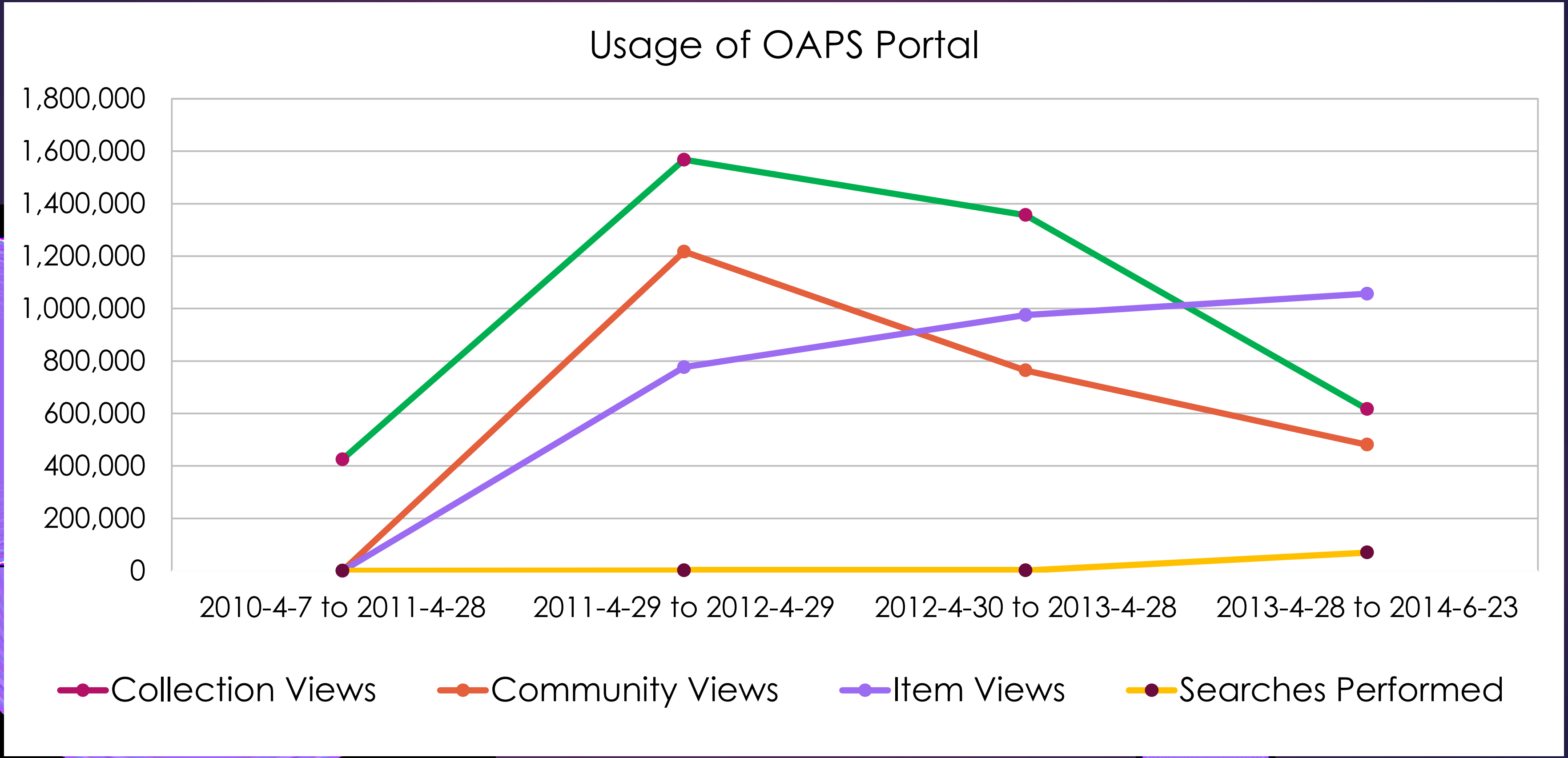
National United University 台湾联合大学 [143]

Metadata and Usage for OAPS portal

Usage statistics for OAPS portal：2013-04-28 to 2014-06-23	
Point of View	Amount
记录浏览次数 (Item Views)	1,056,660
从机构途径查看 (Community Views)	480,949
从资源集合途径浏览 (Collection Views)	616,639
检索次数 (Searches Performed)	69,638

OAPS联合网站上没有论文的全文，所以没有全文的浏览数据

Metadata and Usage for OAPS portal



3

Future development

Future development

一、OAPS联合宣言（马六甲宣言）

Joint Agreement on OAPS, 2013, Malacca

几条需要进一步落实的内容：

◆成立OAPS联盟，……制定组织章程和联盟标准；

◆鼓励各种模式的融合与合作，……积极发展联盟成员；

◆常设联络机构的作用是什么？如何发挥？（中国大陆地区-清华；台湾地区-逢甲；东南亚地区-南洋理工；美洲地区-南加州大学；跨地区联络处-香港城大）

Future development

二、成员：

发展新成员的目标、数量；原有成员的稳定性、参与度

三、OAPS论文数量：

还需要继续提高

四、OAPS作品使用率：

可以采取哪些措施提高OAPS作品的可见度和使用率？

Future development

To play OAPS role, need to take measures to actively promote OAPS Portal：

1. The members need to set up a link of OAPS portal in own website
2. To promote and introduce OAPS via journals or website
3. Pay more attention to improve OAPS usage

Thanks

谢谢大家