

# 机器人标准化领域研究进展和趋势

杨书评, 刘颖

北京机械工业自动化研究所, 北京 100120



简要介绍了国际国内机器人标准化组织及其历史, 综述了机器人标准化领域的研究现状及中国实质性参与国际标准化的情况, 展望了机器人技术国际国内标准化的未来发展趋势。

自2013年以来, 中国已经连续两年成为全球最大的机器人市场, 世界各主要机器人生产商也开始关注中国的机器人标准。机器人技术及其标准化又是“中国制造2025”的重要内容, 因此, 机器人的标准化工作对规范国内机器人市场以及占领国际市场起着非常重要的作用, 对中国重振制造业至关重要。

## 1 机器人国际标准化组织

机器人技术起步于20世纪60年代, 而国际机器人的标准化研究工作开始于20世纪80年代。当前, 制定机器人标准的国际组织主要有国际标准化组织(International Organization for Standardization, ISO), 另外国际电工委员会(The International Electrotechnical Commission, IEC)和美国电气和电子工程师协会(Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE)也制定少量机器人标准。

ISO是最早进行机器人标准化研究的国际标准化组织, 1983年12月, 国际标准化组织第184技术委员会第2分技术委员会(编号为ISO/TC184/SC2)成立, 主要目的是满足汽车行业机器人自动化和制造环境要求, 名称为“制造环境用机器人(Robots for Manufacturing Environments)”。当时ISO/TC184/SC2只有工业机器人安全一个工作组, 后来, 由于机器人开始服务于人类, 国际

机器人联合会(IFR)服务机器人定义出现, 从2006年起, ISO/TC184/SC2更名为“机器人与机器人装备(Robots and Robotic Devices)”, 这种改变使得自动化系统与集成标准化技术委员会(编号为ISO/TC184)的工作范围从工业领域扩展到非工业领域, 随后出现了很多新型服务机器人的定义和工作组, 以支持新兴的机器人市场的发展。当前, ISO/TC184/SC2的工作范围包括除了军用和玩具之外的所有机器人, P成员(participating countries)已经达到22个, O(observing countries)成员7个, 机器人的国际标准化工作进入了一个新的快速发展的时期。

## 2 机器人国际标准化现状

ISO/TC184/SC2的工作重心一直在机器人本体方面, 安全与性能测试标准是工作重点。

截至2015年10月, ISO/TC184/SC2发布的国际标准(IS)和指导性技术文件(TR)只有12项, 内容涉及机器人词汇、安全与测试方法、接口等方面, 2012年后, 发布了2项与服务机器人相关的标准。以下为所有标准<sup>[1]</sup>:

- 1) ISO 8373: 2012, Manipulating industrial robots – Vocabulary;
- 2) ISO 9283: 1998, Manipulating industrial robots – Performance criteria and related testing methods;
- 3) ISO 9409-1: 2004, Manipulat-

ing industrial robots – Mechanical interfaces – Part 1: Plates;

4) ISO 9409-2: 2002, Manipulating industrial robots – Mechanical interfaces – Part 2: Shafts;

5) ISO 9787: 2013, Robots and robotic devices – Coordinate systems and motion nomenclatures;

6) ISO 9946: 1999, Manipulating industrial robots – Presentation of characteristics;

7) ISO 10218-1: 2011, Robots and robotic devices – Safety requirements – Part 1: Industrial Robot;

8) ISO 10218-2: 2011, Robots and robotic devices – Safety requirements – Part 2: Industrial robot systems and integration;

9) ISO 11593: 1996, Manipulating industrial robots – Automatic end effector exchange systems – Vocabulary and presentation of characteristics;

10) ISO 13482: 2014, Robots and robotic devices – Safety requirements for personal care robots;

11) ISO 14539: 2000, Manipulating industrial robots – Object handling with of grasp-type grippers – Vocabulary and presentation of characteristics;

12) ISO/TR 13309: 1995, Manipulating industrial robots – Informative guide of test equipment and metrology



methods of operation for robot performance evaluation in accordance with ISO 9283。

当前,ISO/TC184/SC2共8个工作组,工作组名称和工作内容<sup>[2]</sup>为:

1) ISO/TC184/SC2/WG1:词汇和特性(vocabulary and characteristics)。2012年,完成修订了机器人词汇,定义了与机器人相关的新词汇,如服务机器人、医疗机器人、自治程度等,正在制定移动服务机器人词汇标准,此工作组主要是韩国专家主导。新的机器人定义正在修订中,“具有一定程度的自主能力,可在其环境内运动以执行预期的任务的可编程的执行机构”这个新的机器人定义在2015年6月ISO/TC184/SC2年会已达成共识,表明机器人的范围得到进一步的扩展。

2) ISO/TC184/SC2/WG3:工业安全(industrial safety)。主要是美国工业机器人协会(American Industrial Robot Association)主导。目前,工业机器人的标准已经比较完善,本体安全与集成安全的安全标准已经修订完成,协同机器人的安全要求有望2015年底发布。将来的《工业机器人末端执行器安全要求》和《工业机器人手动负荷站安全要求》分别是对协同安全和集成系统安全标准的补充。可以看到,工业机器人安全标准正在形成一个较为完善的体系。

ISO/TC184/SC2/WG7:个人护理机器人安全(personal care robot safety)。完成了服务机器人领域第一个安全标准——ISO 13482:2014《个人护理机器人的安全要求》。此标准涉及电动平衡车、外骨骼机器人、移动机器人等服务机器人产品(图1)<sup>[3]</sup>。英国行走与爬行机器人协会(CLAWAR)、日本机器人制造企业生化人公司(Cyberdyne)、德国库卡机器人公司(KUKA)和弗朗霍夫研究所(Fraunhofer)等公司和研究单位都参加了此项国际标准制定。现在工作组正在进行与个人护理机器人安全相关的测试方法和指导性文件的编写,纳恩博(北京)科技有限公司在此领域也作出了贡献。将把在某些特定条件下的移动机器人的人工测试方法

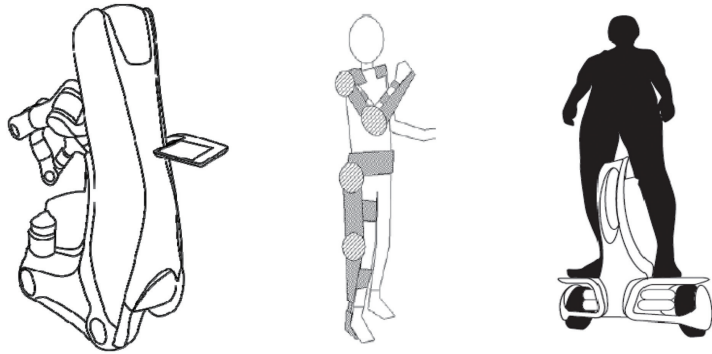


图1 ISO 13482涉及的机器人类型

(manual test methods for mobile robots) 写进国际标准。

3) ISO/TC184/SC2/WG8:服务机器人(service robots)。正在制定服务机器人性能及相关测试方法的系列标准,包括移动机器人及导航等。IEC方面,IEC/TC59(家用和类似用途电器的性能)和IEC/TC61(家用和类似用途电器的安全)标准主要集中在家用清洁机器人等领域,它们主要从家用吸尘器工作发展而来。

4) JWG9:应用机器人技术的医疗设备的安全,Joint ISO/TC184/SC 2-IEC/TC62/SC 62A: Safety for medical devices using robotic technology。

5) JWG35: ISO/TC184/SC2 和 IEC/TC62/SC62D 联合: 医疗手术机器人(medical robots for surgery)。

6) JWG36: ISO/TC184/SC2 和 IEC/TC 62/SC62D 联合: 医疗康复机器人(medical robots for rehabilitation)。

4)~6)工作组<sup>[4]</sup>正在进行包括应用机器人技术的医疗设备安全自治程度指南,手术机器人和康复机器人的基本安全要求和性能的特殊要求的制定。

7) ISO/TC184/SC2/WG10 服务机器人的模块化(modularity for service robots)。正在进行服务机器人模块化软硬件系列标准的制定。中国一直是倡导者和主导者。

总之,机器人国际标准化组织研究的热点集中在工业机器人安全标准完

善,服务机器人标准安全与测试方法的开发与研制。

### 3 机器人国内标准现状

中国从1992年就开始了国内机器人的标准化工作,国家编号:SAC/TC159/SC2。秘书处设在北京机械工业自动化研究所。国内的机器人技术归口单位标准化的框架与国际一致,机器人标准化工作一直比产业的发展早。中国现行机器人国家标准体系中含标准47项,标准体系相对完整。已经发布的国家标准和行业标准26项。ISO/TC184/SC2发布的国际标准已全部转化为国家标准。另外,各种工业机器人通用技术条件等整机标准具有中国特色。近年来,配合国家项目,开发机器人模块化系列标准,正在全面推向国际。SAC/TC159/SC2已经成立机器人模块化、医疗机器人及服务机器人工作组,并进行相应国家标准的制定和国际标准的跟踪,SAC/TC46也成立了家用机器人工作组,相应的国家标准也是由苏州科沃斯机器人有限公司主导起草。新成立的特种作业机器人工作组,正在制定相应的词汇等基础标准。

另外,在工业机器人领域,安全标准会持续得到修订,各类工业机器人的测试方法标准也会陆续出台。

在国内服务机器人标准化领域,已经形成了良好布局,在服务机器人基础标准领域,已经出版了国家标准《机器

人与机器人装备词汇》和行业标准《机器人与机器人装备分类和型号》，规范了服务机器人的词汇及分类，在安全标准化领域，正在制定《教育机器人安全要求》、《个人护理机器人安全》以及《锄草机器人的安全》等国家标准，另外医疗机器人、外骨骼机器人、电动平衡车以及农业机器人等产品的安全标准也即将启动，在服务机器人模块化领域，一系列的国家标准即将发布。

#### 4 实质性参加国际标准化活动

过去，在ISO机器人国际化的舞台上，美国、德国、英国、日本、韩国掌握话语权，经过中国专家多年艰苦努力，现在情况已经大为改观。2010年起，ISO/TC184/SC2已经派团参加了13次国际会议，承办1次年会及多次工作组会议，中国代表团派代表出席境外会议70人次，参加国际标准制定的专家20多人。

SAC/TC159/SC2正全力以赴努力把具有自主知识产权的国家项目成果推向国际标准，2014年6月，中国专家第一次成功当选服务机器人模块化(ISO/TC184/SC2/WG10)联合工作组组长，主导机器人模块化的标准化。2014年10月，中国专家当选为个人护理机器人工作组(ISO/TC184/SC2/WG10)个人护理机器人安全指南项目的联合负责人。在国际标准化工作方面已经初见成效，形成良好的布局，在IEC方面，中国主导家用和类似用途电器的智能移动机器人平台标准起草。2013年1月，IEC/SMB成立特别工作组ahg47——家用和类似机器人技术(household and similar robot technologies)<sup>[1]</sup>调研家用机器人标准化活动，中国专家任组长。

#### 5 发达国家机器人标准化现状

各发达国家的标准化现状<sup>[1]</sup>如下：

美国机器人的国家标准(ANSI)有22项，除了工业机器人的安全标准外，基本自成一体，主要内容是军用，集中在军用机器人和工业机器人及机器人

系统、焊接机器人的标准。

韩国机器人的国家标准(KSB)有31项，除了采用国际标准外，服务机器人标准就有12项，这也是当今国际组织中服务机器人的大部分召集人由韩国专家担任的原因之一。

日本机器人的国家标准(JIS)有26项，除了采用国际标准外，另外的标准集中在智能机器人、可移动机器人、服务机器人和焊接相关的词汇上。

欧洲标准有个显著特点，一个是直接采用ISO标准，一个是直接采用EN的标准。

英国机器人的国家标准(BS)有35项，由于语言的原因，国际标准(ISO)的标准加上BS就全部变成了英国国家标准，另外的标准集中在喷涂、焊接等的安全和性能要求上，主要是直接采用欧盟的标准。

法国机器人的国家标准(NF)有19项，除了采用国际标准外，只制定了少量与包装家用电器安全要求相关的国家标准。

德国机器人的国家标准(DIN)有13项，基本采用ISO和EN的标准。

各个国家的机器人标准化有个显著特点，主要标准全部采用ISO/TC184/SC2国际标准。与其他国家相比，中国的标准数量不比美国、英国、德国、日本、韩国和法国等各发达国家少，但在标准的实施和宣贯方面要加强。

#### 6 国际机器人标准化发展趋势

1978年，自日本广岛发生第一起机器人杀人事故开始，机器人安全标准就一直一直是国际机器人标准化工作的重点。虽然近年来机器人的应用领域不断扩展，安全依旧是近10年来ISO/TC184/SC2的战略发展方向。接下来，工业机器人的安全标准会日益完善，也会扩展到工业机器人设备的安全。各种服务机器人的安全要求和测试方法标准也会陆续出台。

机器人模块化也是国际机器人标准的发展方向之一，机器人模块化正处于非常关键的时期，在国家“863”项目

的支持下，中国在此领域的技术研究已有多年的积累，积累了不少技术成果，一直是此领域国际标准的倡导者和推动者，当前也是主导者。而机器人模块化标准涉及面广、难度非常大、周期长，需要政府资金的持续支持和研究院所、企业的一批高层次人才的有力推动与积极参与。在此领域，尤其是美国医疗仪器促进协会(The Association for the Advancement of Medical Instrumentation, AAMI)也希望对医疗机器人某些产品进行模块化，此领域的国际标准的竞争也将日趋激烈。

社会、法律和伦理问题的研究也是机器人标准的一个热点，英国出版了机器人和机器人系统伦理设计和应用指导(BS8611: Guide to the ethical design and application of robots and robotic systems)，欧洲也有相关项目(Robolaw project)支持。中国在此领域标准化的研究还是空白，应尽快启动。

#### 7 中国机器人标准化发展趋势

中国部分服务机器人拥有核心技术，在清洁机器人、电动平衡车和无人机等领域市场发展很好。这些领域要加快各级标准的制定过程，为将来占领并争取更多的市场做准备。

在中国，工业机器人产业的现状稍滞后于标准发展，尤其是精度较高的机器人功能部件对外依存度高，成本和精度是中国工业机器人产业需要解决的主要问题，希望机器人模块化标准，尤其是功能部件标准能助推中国工业机器人产业化发展。另外，各个应用领域的机器人检测标准也将完善。

当前，ISO和IEC政策鼓励发展中国家参加国际标准的制定。中国积极参加国际标准的制定符合ISO“提高发展中国家对标准化的认知和能力”战略规划。中国应该抓住这个难得的契机，推动中国自主知识产权的国家标准成为国际标准，培养一批机器人领域的标准化人才，最大限度地争夺机器人国际标准化领域的话语权。



### 参考文献 (References)

- [1] International Organization for Standardization. ISO/TC 184/SC 2 Robots and robotic devices[EB/OL]. [2015-10-20]. [http://www.iso.org/iso/home/standards\\_development/list\\_of\\_iso\\_technical\\_committees/iso\\_technical\\_committee.htm?commid=54138](http://www.iso.org/iso/home/standards_development/list_of_iso_technical_committees/iso_technical_committee.htm?commid=54138).
- [2] International Organization for Standardization. Standards and projects under the direct responsibility of ISO/TC184/SC2 Secretariat[EB/OL]. [2015-10-20]. [http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue\\_tc/catalogue\\_tc\\_browse.htm?commid=54138&published=on](http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_tc_browse.htm?commid=54138&published=on).
- [3] ISO 13482: 2014 Robots and robotic devices—Safety requirements for personal care robots, Annex C Functional tasks for personal care robots[S]. International Organization for Standardization.
- [4] International Electrotechnical Commission. List of IEC technical committees and subcommittees[EB/OL]. [2015-10-20]. <http://www.iec.ch/dyn/www/f?p=103:6:0##ref=menu>.
- [5] 国家标准文献共享服务平台(EB/OL). [2015-10-20]. [http://www.cssn.net.cn/pagesnew/search/search\\_base.jsp](http://www.cssn.net.cn/pagesnew/search/search_base.jsp).

## Recent Progress and Trend on Robotics Standardization

YANG Shuping, LIU Ying

Beijing Research Institute of Automation for Machinery Industry, Beijing 100120, China

**Abstract** This paper briefly introduces the international and domestic robot standardization organizations and their histories, summarizes the research status in this field, as well as the international standardization with China's substantive participation. Finally the future development trend of the robotics standardization is prospected.

**Keywords** robot; standardization; organization; history; research status

基金项目:国家高技术研究发展计划(863计划)项目(2012AA041601-5)

作者简介:杨书评,研究员级高级工程师,研究方向为自动化领域标准化,电子信箱:yangshp@riamb.ac.cn

(责任编辑 王媛媛)