

柴油机排放标准升级 对我国曲轴市场的影响

国务院办公厅2013年2月6日下发《国务院办公厅关于加强内燃机工业节能减排的意见》，对乘用车用发动机、轻微型车用柴油机、中重型商用车用柴油机、非道路移动机械用柴油机、船用柴油机等的技术路线和升级重点给予明确规定，要求到2015年，节能型内燃机产品要占全社会内燃机产品保有量的60%。曲轴作为发动机关键的零件之一，在实现内燃机节能减排目标中的变化成为业界关注的焦点。鉴于前期的市场表现，柴油机排放标准升级对曲轴影响最大的应该是轻型机和非道路机型。

曲轴市场的“钢铁之争”

作为发动机中承受冲击载荷、传递动力的重要零件，曲轴在工作中要承受交变载荷所引起的弯曲应力和剪切应力，对疲劳、耐磨和强度等性能都有非常高的要求，能否满足这些指标要求，能否在成本上占据优势，成为铁轴（球墨铸铁曲轴）和钢轴（锻钢曲轴）赢得市场的重点。业内人士指出，目前我国曲轴的技术标准是以钢轴的性能为基础，这意味着铁轴如果想取代钢轴，必须充分满足钢轴所能够达到的性能。

资料表明，珠光体基体的组织较铁素体基体组织具有更好的疲劳强度性能，而这正是曲轴所必须具有的重要使用性能之一。同时，珠光体基体组织具有更高的常温抗拉强度和耐磨性。球铁曲轴在生产中，其基体组织以珠光体基体为主，通常为QT600、QT700、QT800甚至QT900牌号，一般要求伸长率在2%以上。

对于QT600、QT700来说，采用铸态生产即可以稳定地达到性能要求，而对于QT800、QT900等较高牌号的生

产，很多工厂是通过热处理来实现的。自1947年球墨铸铁出现以来，国内外就开始尝试并大规模采用球墨铸铁制造曲轴。美国福特公司首先应用了球墨铸铁曲轴，美国克莱斯勒公司、瑞士GF公司、法国雷诺公司、法国雪铁龙公司、意大利菲亚特公司以及罗马尼亚布拉索夫汽车厂等先后成功地将球墨铸铁应用于曲轴的生产。我国20世纪50年代后期，南京汽车制造厂率先批量生产跃进牌汽车球铁曲轴，60年代，二汽（现为东风汽车）首先成为国内按照球铁曲轴生产工艺进行设计和投产的汽车厂，到了七八十年代，中小型柴油机在我国迅速发展。由于球铁在制造和经济方面的优势，大多数中小型柴油机都采用球铁曲轴，极大地推动了我国球铁曲轴的应用与发展。

我国发动机曲轴从引进之初就有铁轴和钢轴两种生产线，其中，铁轴占据绝对领导地位，在很长一段时间，两者并不存在竞争，直到我国规范汽车尾气排放法规进入第二阶段，这种争执才开始凸显并呈现逐渐加剧之势。20世纪80年代初期，我国开始实施汽车尾气排放标准。第一阶段，1983年颁布了第一批机动车尾气污染控制排放标准，这一批标准的制定和实施，标志着我国汽车尾气法规从无到有，并逐步走向法制治理汽车尾气污染的道路；第二阶段，1989~1993年又相继颁布了一些测量方法和标准，形成了

一套较为完善的汽车尾气排放标准体系；第三阶段，以北京市《轻型汽车排气污染物排放标准》的出台和实施，拉开了我国新一轮尾气排放法规制订和实施的序幕。可以说，在实施国Ⅰ排放标准期间，各柴油机厂经过技术攻关，较容易就完成了排放升级，铁轴发动机基本上没有受到任何冲击，但由国Ⅰ排放标准向国Ⅱ升级时，铁轴就难以承受升级之重，经常出现断轴等现象，为锻钢曲轴大规模进入柴油机市场提供了机会。20世纪90年代前后，一些曲轴锻造企业就开始有意识地进行产品结构转移，从而加快了曲轴“锻钢化”进程，特别是进入21世纪之后，在汽车业蓬勃发展的道路上，锻钢曲轴一度成为中重型柴油机的主导力量。例如，锡柴曾是当时国内率先推广曲轴锻钢化的发动机厂之一，短短几年内，锻钢曲轴需求从无到有，年需求量迅速攀升至10万件以上。玉柴为了适应大功率发展方向，先是尝试从国外购买锻钢曲轴，后加大锻钢曲轴的国产化进程，事实上成就了现在的桂林福达股份有限公司、桂林福达重工锻造有限公司等。

面对原本属于自己的市场被锻钢产品分食，铁轴生产企业一直在努力“以铁代钢”。他们认为，与锻钢材料比较，球墨铸铁曲轴既制造简便、成本低廉，又有吸振、耐磨、对表面裂纹不敏感等锻钢材料所不具备的优良特性，具备了代替锻钢制造曲轴的可能性。他们通过技术攻关，采用感应淬火或氮化工艺，对曲轴表面进行强化处理，特别是通过圆角滚压技术，使铁轴强度提高80%~120%，为铁轴重振雄风提供了技术支持。例如，滨州海得公司采用圆角滚压工艺和离子氮化技术开发复合强化的球墨铸铁曲轴，不仅使其寿命延长，而且疲劳强度比普通曲轴增加70%以上，且价格只有钢曲轴的70%。天润公司的《高强度高韧性QT90-5新材料研制及在大功率高速增压柴油机上的应用开发》2009年4月通过了中国科学院的鉴定，把球铁曲轴使用范围由中小功率段向更高功率段延伸，2013年1月18日与山东理工大学合作完成的“微锡高强度球墨铸铁关键技术及动力机械核心部件产业化”项目获得国家科技进步奖。玉柴QT800-6淬火滚压强化曲轴获国家专利，稳定生产QT800-6牌号的球铁曲轴，为曲轴由“锻”向“铸”提供了基础。

目前，发动机曲轴主要采用球墨铸铁和钢两类。车用发动机曲轴采用球墨铸铁材质的比例在美国为

90%，英国为85%，日本为60%。由于国内球墨铸铁工艺技术水平与国外的差异，汽油机曲轴多数采用锻钢曲轴，中小型功率柴油机曲轴85%以上采用球墨铸铁。

排放标准持续升级对铁轴提出新挑战

早在1999年北京举行的“全国技术创新项目交易洽谈会”上，贵州当时最新发明专利——球墨铸铁曲轴铸造新工艺就已经开发出来。资料介绍，这种主要应用于汽车领域的汽油和柴油发动机曲轴铸造行业工艺，最大特点是铸造原料不局限于高质生铁，使其推广应用前景广阔。以每年全国生产30万t汽车汽油机、柴油机曲轴计算，可为国家节约生铁7.5万t、锰铁1650t、稀土合金1650t、焦油1.5万t、电750万kW·h。

球墨铸铁具有很好的节能性和切削性，可获得较理想的结构形状，并且和钢质曲轴一样可以进行各种热处理和表面强化处理来提高曲轴的抗疲劳强度、硬度和耐磨性，成本只有调质钢曲轴成本的1/3左右。从理论上讲，球铁曲轴可以满足更大功率的发动机需求。例如，早在2007年，山东大学就曾刊登署名孙军的论文《获取最新WD615球墨铸铁曲轴的开发》。文中指出，WD615系列柴油机是国内当前已经非常成熟的、应用最广泛、市场保有量最大的重型柴油机，该发动机的曲轴采用合金钢模锻锻造后加工而成，制造成本高，加工复杂，零件成本以及价格居高不下，而利用球墨铸铁铸造和热处理工艺，对曲轴关键部位的形状进行优化设计，利用气体氮化对曲轴进行表面处理，加上采用目前世界上最先进的圆角变力滚压对所有轴颈圆角进行滚压强化，使采用球墨铸铁铸造方式生产的WD615曲轴的疲劳强度以及使用寿命能够满足WD615系列发动机的使用要求，还能大大降低生产成本。

尽管铁轴具备这些优势，但从主机厂的态度看，因为需要大量的验证，并且在验证过程中可能出现太多的风险，所以谁也不愿冒这个风险。事实表明，多年来潍柴一直采用锻钢曲轴而非铁轴。同时，中国重汽、玉柴、锡柴、上柴、康明斯等主流柴油机生产企业从未在大功率机型上使用铁轴，也就造成这些已经开发成功的技术主要停留在实验室阶段，或者是在曲轴配件市场销售。

业内专家认为：随着载货车向大功率重型载重车发展，轿车向高速、轻量化发展，对发动机的各项性

能要求也越来越高,铸造曲轴不得不面临严峻考验。因为曲轴大部分是由于弯曲疲劳而损坏,锻钢曲轴的最大优点是钢材具有较高的弯曲疲劳强度,而且基本上与抗拉强度成正比。而球墨铸铁曲轴由于存在石墨孔穴、磷化物与合金元素的晶界偏析,因此其疲劳强度较低,而不与抗拉强度成正比。随着高功率、低油耗、低排放的要求,发动机的爆发压力从8~9MPa上升到12MPa,甚至14MPa,球墨铸铁曲轴难以承受。

从曲轴的使用变化看,柴油机排放标准升级初期,面对柴油机厂要求变化,铁轴出现了种种不适应,使柴油机生产厂家对球铁曲轴的性能能否达到要求表示担忧,也使得他们在曲轴采购上开始有重点地向锻钢曲轴转移,例如,2003~2008年,一拖锻造厂在锡柴市场曲轴发货量从3万件提高到10万件,增长势头强劲,2009年之后快速回落,2012年回到10年前的发货量水平。锡柴曲轴出现如此大规模的减少,一个很重要的原因就是锡柴铁轴的替代。为了降低柴油机的成本,锡柴也学习其他柴油机生产厂家,大力度推广铁轴。

从轻型车发动机曲轴看,经过技术攻关,应用在锡柴轻型车上的球铁滚压曲轴已能满足国Ⅲ排放标准。锡柴将传统的4100、4102发动机系列命名为“富威”,将传统的485、490系列命名为“康威”,直接将增压技术用到了轻型发动机上,采用电控技术,使柴油机实现了柴油喷射量、喷射定时、喷射规律的最优控制,与传统喷射系统相比,大大改善了柴油机低速区、大负荷的性能,满足了国Ⅲ排放法规。2006年装机1万台、2007年4万台,2008年10万台,2009年达到21万台,与北汽福田、江淮汽车、山东凯马、一汽哈轻、沈阳金杯和山东时风等30余家知名轻型车厂成功配套。但从最近的市场反应看,在雾霾天气长时间横行、国家加快排放升级标准的情况下,在升级国Ⅳ、国Ⅴ标准中出现的种种不适应,使相关企业对铁轴能否达到新标准表示担忧,并开始再度尝试重新使用锻钢曲轴,以解决可能出现的新问题,这些变化对铁轴生产企业提出了新的挑战。

球墨铸铁曲轴在非道路柴油机升级国Ⅲ中的影响

《国务院办公厅关于加强内燃机工业节能减排的意见》明确提出“非道路移动机械用柴油机大力推广

应用增压及增压中冷技术,推动以高效节能多缸小缸径直喷柴油机替代单缸大缸径柴油机。船用柴油机重点推进船用中速柴油机电控燃油喷射系统、智能化控制技术和高压比增压器等先进设备和技术的应用”。

球铁曲轴能不能在升级过程中满足实现增压等技术需求?如果在这个技术壁垒面前不能顺利适应升级步伐,将为锻造曲轴创造新的市场机会,那么,事实上的情况又是如何?

资料表明,《非道路移动机械用柴油机排气污染物排放限值及测量方法(国Ⅲ阶段)》标准征求意见稿与《非道路移动机械用柴油机排气污染物排放限值及测量方法(国Ⅰ、国Ⅱ阶段)》标准有比较大的差别,不仅提高了污染物的排放限值要求,增加了耐久性的要求,且对很多内容进行了更改。如对最大功率130~560kW的发动机,要求采用共轨、单体泵等,成本单台增加2000~5000元;最大功率37~130kW的发动机,主要为大中农机、叉车、挖机配套,要求对自然吸气进行改造,采用增压或增压中冷技术,成本单台增加1000元等,并未显示对曲轴升级指标要求,也难以从数据上判断对铸铁曲轴的影响。

一拖(洛阳)柴油机有限公司是中国一拖集团有限公司控股的子公司,专业生产东方红系列柴油机,功率覆盖60~260kW的LR-V、N、M、B、A、R多系列黄金产品链,配套领域涉及农业机械、工程机械、收获机械、车辆机械、水运机械和发电机械等非道路领域,是国内最著名的非道路柴油机制造商之一。2012年11月28日,具有里程碑意义的第100万台东方红LR系列柴油机顺利下线。

结语

针对柴油机排放标准升级对曲轴市场的影响,柴油机企业的国Ⅲ产品早已开发并且成熟,但因为实施国Ⅲ成本增加,产品价格稍高,销量一直处于攀升阶段。究竟球铁曲轴能不能彻底取代钢轴,公司还需要进一步进行工艺验证,但有人认为,柴油机排放标准升级对改变现有曲轴格局影响不大。

关键词:

柴油机 排放标准 曲轴 市场

(收稿日期20130215)