三维扫描测量技术在前轴锻造技术中的应用

梁聪明

中国锻造行业发展迅速，产品产出持续扩张，国家产业政策鼓励锻造产业向高技术方向发展，国内企业新增锻造项目投资逐渐增多。投资者对锻造行业的关注越来越密切，这使得锻造行业的发展需求增大。

同时，随着国内汽车产业的投资不断加大，且对产品品质要求的不断提高，尤其对整车保安件的生产方式的改变，高端产品的不断涌现，使得企业为占领市场赢得竞争力，要求我们具备快速响应的能力。随着重型卡车和城市公交系统不断升级，为满足整车配套生产及新品开发需求，公司不得不减短商用车前桥和低门式前桥的开发和生产周期。缩短前轴锻造开发周期则成为公司当前是重中之重，实现了产品及模具CAD/CAM一体化，对产品质量和开发周期，设计效率上提升起到了重要作用。

2004年初，公司引进模具制造项目，使公司逐渐成为集产品开发、模具开发及模具制造为一体的全球专业化的载货汽车前轴和客车前轴零部件供应商。公司主打产品为载货汽车前轴和客车前轴，产品形状左右对称，但其空间几何形状复杂，截面起伏较大，特别是钢板位、限位块部位具有深而窄的截面，因而其成形工艺和模具设计及制造独具特点。

1. 模具现有检测手段及制造工艺优化

目前，公司针对模具的主要检测手段以深度尺为主要测量工具，来检测关键截面的线性尺寸为主，对模具加工带来的型面尺寸误差及生产过程中模具磨损，与设计时的差异化无法验证检测。虽然公司的检测手段是配置了CMM测量设备，但因产品检测任务较重，以及模具体积庞大测量手段不健全带来的检测单一、周期长效率低，数据采集分析有限，致使模具制造后检测只能考卡尺检测线性尺寸，模具状态数据不能有效和设计对比分析，最终在模具生产使用及再设计优化产生了局限性，从而带动了产品质量不能稳步提升。

然而现有的检测手段（样板、卡尺）对实际生产中使用较好的模具（主机模具、辊锻模具）不能有效的进行数据采集和保存不利于对模具在生产中磨损及其他失效部位的优化，对于优化模具的重复性、再现性难以实现。

为很好解决模具检测手段及对模具数据采集分析，公司利用三维扫描设备对模具进行检测，在检测过程中使用了刚加工下线的模具，通过检测人员的扫描前基准点位等方法对模具处理，通过对上述19个点的采集比对，结果显示8个点不符合尺寸要求，且尺寸在径向尺寸±0.3mm范围内浮动。根据公司使用日立刀具厂商提供的技术服务支持得出模具加工完后型面尺寸在侧向尺寸方面因刀具升出长度的不同出现的刀具摆动（见图1）误差基本符合测量的结果。

根据测量分析研究，针对刀具产生的让刀偏差：

第一，对模具制造工艺进行了优化，特别是在精加工工艺中由原先的三维偏置精加工更改为陡峭面精加工、浅滩面精加工相结合，使得模具制造在陡峭面精度更高，大幅降低了因刀具参数因素导致的偏差，从而保证了模具的制造质量，在设计时，针对偏差对设计尺寸做出偏差尺寸补偿。

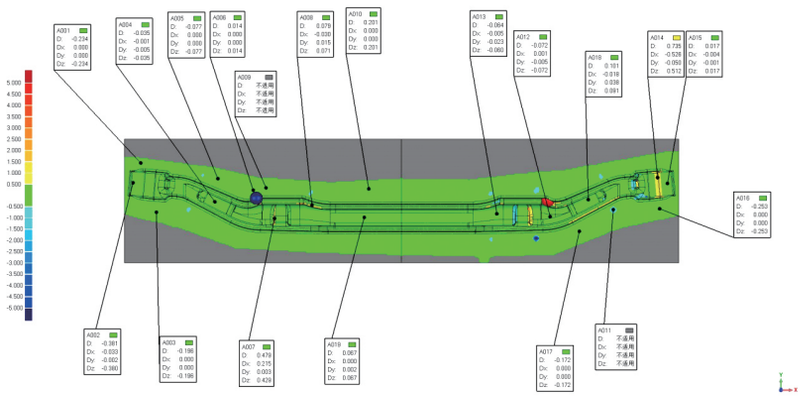
第二、根据检查结果可以对使用较好的模具进行测量分析，利用三维扫描设备及相关软件对模具进行逆向设计，再通过和原有工艺进行分析比较，最终实现模具设计优化，提高工艺设计的有效性及合理性，大幅降低了因无法采集模具数据而对模具修复维护的盲目性，同时也降低了模具维护时间、维护成本。

2. 前轴锻件的全尺寸测量分析

（1）当前锻件全尺寸检测现状　前轴锻件全尺寸检测主要在三坐标中完成，其检测方法为：①测量前准备：被检测前轴及相关辅助工具，被检测前轴的图样，三维CAD模型。②坐标系的建立：在被检测的前轴锻件上找出6个坐标值，使其与理论值相等。③测量：建立基准、定义和构造各测量要素。④评价：按前轴锻件的测量规范及检测要求，定义其距离、角度、行为公差等。⑤出检测报告。

通过上述5个步骤的检测，其中在第②③步骤所用的时间约需1个工作日，周期长，且在圆角尺寸、角度尺寸等的检测及检测结论不能很好地满足客户的要求，使得在提交全尺寸报告时存在诸多问题。

（2）三维扫描在锻件全尺寸的检测应用　通过对某锻件进行全尺寸扫描如图2所示。检测方法通过建立基准点、锻件表面处理、测量扫描三个步骤得出锻件的三维点云状数学模型后，输入检测工具软件并和理论三维CAD模型进行比对，最后形成检



(a)

单位: mm

坐标系: 全局坐标系

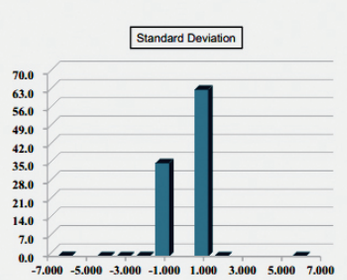
名称	偏差	状态	上公差	下公差	参考 X	参考 Y	参考 Z	偏差半径	偏差 X	偏差 Y	偏差 Z	测试 X	测试 Y	测试 Z	法线 X	法线 Y	法线 Z
A001	-0.234	失败	0.150	-0.150	-964.420	202.542	-7.500	1.000	0.000	0.000	-0.234	-964.420	202.542	-7.734	0.000	0.000	1.000
A002	-0.381	失败	0.150	-0.150	-993.218	129.607	-8.266	1.000	-0.033	-0.002	-0.380	-993.251	129.605	-8.646	0.086	0.006	0.996
A003	-0.196	失败	0.150	-0.150	-906.695	21.042	-7.500	1.000	0.000	0.000	-0.196	-906.695	21.042	-7.696	0.000	0.000	1.000
A004	-0.035	通过	0.150	-0.150	-690.513	59.459	-31.622	1.000	-0.001	-0.005	-0.035	-690.514	59.454	-31.657	0.035	0.133	0.990
A005	-0.077	通过	0.150	-0.150	-679.398	144.763	-7.500	1.000	0.000	0.000	-0.077	-679.398	144.763	-7.577	0.000	0.000	1.000
A006	0.014	通过	0.150	-0.150	-548.759	102.309	-7.500	1.000	0.000	0.000	0.014	-548.759	102.309	-7.486	0.000	0.000	1.000
A007	0.479	失败	0.150	-0.150	-469.659	-1.891	-41.324	1.000	0.215	0.003	0.429	-469.444	-1.888	-40.895	0.448	0.006	0.894
A008	0.079	通过	0.150	-0.150	-331.522	46.737	-65.300	1.000	-0.030	0.015	0.071	-331.552	46.752	-65.229	-0.385	0.195	0.902
A009					-501.260	110.770	-7.500	1.000							0.000	0.000	1.000
A010	0.201	失败	0.150	-0.150	-121.249	107.227	-7.500	1.000	0.000	0.000	0.201	-121.249	107.227	-7.299	0.000	0.000	1.000
A011					782.990	30.543	-7.500	1.000							0.000	0.000	1.000

名称	偏差	状态	上公差	下公差	参考 X	参考 Y	参考 Z	偏差半径	偏差 X	偏差 Y	偏差 Z	测试 X	测试 Y	测试 Z	法线 X	法线 Y	法线 Z
A012	-0.072	通过	0.150	-0.150	549.493	4.778	-27.418	1.000	0.001	-0.005	-0.072	549.495	4.773	-27.490	-0.017	0.071	0.997
A013	-0.064	通过	0.150	-0.150	352.462	15.196	-19.661	1.000	-0.005	-0.023	-0.060	352.457	15.173	-19.721	0.073	0.359	0.931
A014	0.735	失败	0.150	-0.150	946.652	148.634	-34.554	1.000	-0.526	-0.050	0.512	946.126	148.584	-34.043	-0.715	-0.067	0.696
A015	0.017	通过	0.150	-0.150	983.230	127.083	-10.104	1.000	-0.004	-0.001	0.017	983.226	127.083	-10.087	-0.251	-0.035	0.967
A016	-0.253	失败	0.150	-0.150	954.333	33.867	-7.500	1.000	0.000	0.000	-0.253	954.333	33.867	-7.753	0.000	0.000	1.000
A017	-0.172	失败	0.150	-0.150	657.470	-49.121	-7.500	1.000	0.000	0.000	-0.172	657.470	-49.121	-7.672	0.000	0.000	1.000
A018	0.101	通过	0.150	-0.150	690.481	67.342	-33.803	1.000	-0.018	0.038	0.091	690.464	67.380	-33.711	-0.175	0.377	0.909
A019	0.067	通过	0.150	-0.150	-138.075	2.000	-11.206	1.000	0.000	0.002	0.067	-138.075	2.002	-11.139	0.000	0.028	1.000

(b)

标准偏差

分布(+/-)	# 点	%
-6 * 标准偏差	1354	0.131
-5 * 标准偏差	0	0.000
-4 * 标准偏差	218	0.021
-3 * 标准偏差	147	0.014
-2 * 标准偏差	728	0.070
-1 * 标准偏差	370969	35.783
1 * 标准偏差	663020	63.953
2 * 标准偏差	94	0.009
3 * 标准偏差	0	0.000
4 * 标准偏差	0	0.000
5 * 标准偏差	0	0.000
6 * 标准偏差	195	0.019



(c)

图 1

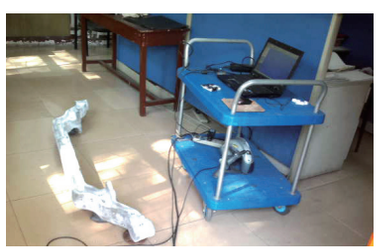
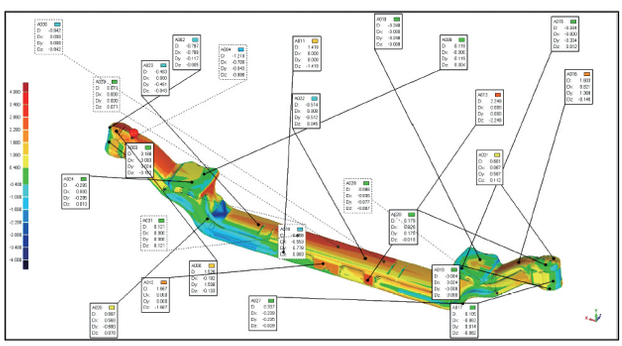


图 2

测报告。检测时间约2.5h，周期短，且能对锻件的各理论尺寸及实际值进行比对分析。

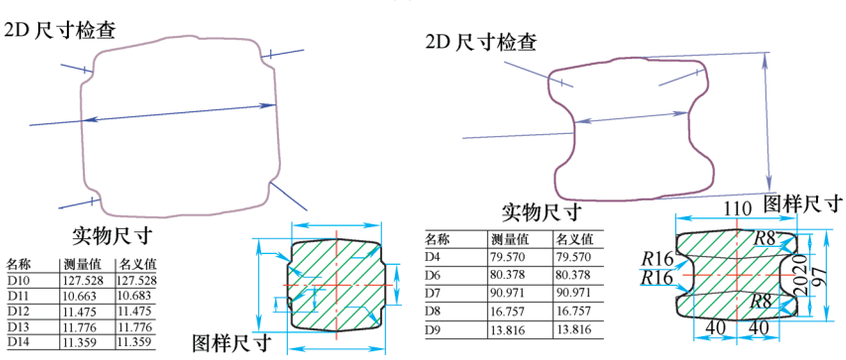
此次对锻件检测我们选取了锻件的31个点进行了分析，如图3所示。

根据对检测的分析可看出，锻件在弯曲，型面尺寸存在超差，并对锻件的几个关键截面取2D检测（见图4）依次对线性尺寸、圆角尺寸、型面尺寸等与设计要求的分析，在锻件弯曲及型面尺寸均符合锻件设计所要求的公差范围，符合图样要求。



名称	偏差	状态	上公差	下公差	参考 X	参考 Y	参考 Z	偏差半径	偏差 X	偏差 Y	偏差 Z	测试 X	测试 Y	测试 Z	法线 X	法线 Y	法线 Z
A017	0.105				-941.817	241.980	-32.240	1.000	-0.063	0.014	-0.082	-941.880	241.995	-32.322	-0.601	0.138	-0.788
A018	-0.084				-932.973	210.217	-44.193	1.000	0.024	-0.009	0.080	-932.949	210.208	-44.113	-0.287	0.102	-0.953
A019	-0.249				-601.721	180.278	31.599	1.000	0.000	-0.248	-0.009	-601.721	180.029	31.590	0.000	0.999	0.035
A020	0.178				-905.912	304.643	-25.926	1.000	0.026	0.176	-0.016	-905.886	304.819	-25.942	0.143	0.986	-0.087
A021	0.601				-916.831	304.009	22.669	1.000	0.067	0.587	0.112	-916.764	304.596	22.781	0.111	0.976	0.186
A022	-0.514				-137.157	45.557	-3.374	1.000	0.000	-0.512	0.045	-137.157	45.045	-3.329	0.000	0.996	-0.087
A023	-0.493				317.856	46.049	0.219	1.000	0.000	-0.491	-0.043	317.856	45.557	0.176	0.000	0.996	0.087
A024	-0.295				586.023	180.303	-30.882	1.000	0.000	-0.295	0.010	586.023	180.008	-30.872	0.000	0.999	-0.035
A026	0.086				-696.650	83.270	-13.024	1.000	-0.036	-0.077	-0.007	-696.686	83.193	-13.031	-0.421	-0.903	-0.087
A027	0.337				-552.011	-21.687	-11.781	1.000	-0.239	-0.235	-0.029	-552.251	-21.922	-11.810	-0.711	-0.698	-0.087
A028	0.897				545.614	-25.808	26.365	1.000	0.568	-0.690	0.078	546.181	-26.498	26.443	0.633	-0.769	0.087
A029	0.071				9.143	2.958	62.579	1.000	0.000	0.000	0.071	9.143	2.958	62.650	0.000	0.000	1.000
A030	-0.942				-184.356	-0.346	63.072	1.000	0.000	0.000	-0.942	-184.356	-0.346	62.130	0.000	0.000	1.000
A031	0.121				181.496	-4.670	63.072	1.000	0.000	0.000	0.121	181.496	-4.670	63.193	0.000	0.000	1.000

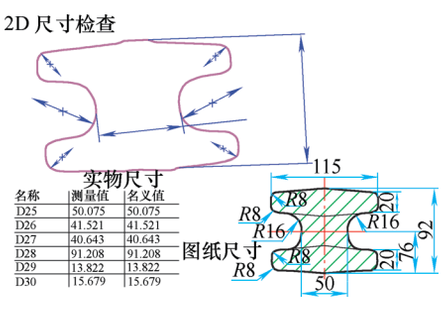
图 3



名称	测量值	名义值
D10	127.528	127.528
D11	10.663	10.683
D12	11.475	11.475
D13	11.776	11.776
D14	11.359	11.359

名称	测量值	名义值
D4	79.570	79.570
D6	80.378	80.378
D7	90.971	90.971
D8	16.757	16.757
D9	13.816	13.816

(a)　　(b)



名称	测量值	名义值
D25	50.075	50.075
D26	41.521	41.521
D27	40.643	40.643
D28	91.208	91.208
D29	13.822	13.822
D30	15.679	15.679

(c)

图 4

3. 结语

综上所述，利用CAD/CAA/CMM软件及检测为技术平台，实现模具CAD系统及前轴锻件设计、全尺寸检测分析，极大提高了设计开发周期及制造效率，再结合CAM技术提高了模具加工精度，保证了产品质量，提高了产品和企业市场竞争力，取了较高经济效益和社会效益，并实现了如下5个方面的应用于研究：①模具：模具设计与加工、模具磨损数据提供预见性补偿，实现模具设计优化。②检测：克服CMM设备对环境的要求，实现数据的快速采集，数据有效保存，实现模具最佳状态的重复性和再现性。③新品开发：新品开发的快速建模，缩短了开发周期。④全尺寸检测：实现产品的全尺寸快速检测，并出分析报告。⑤模具寿命研究：生产过程中模具在锻打寿命各阶段中（1000件→3000件→5000件等）有效三维数据各个截面几何尺寸的变化，带来的多样性数据的记录保存的再现性及各生产阶段模具寿命的研究。

总之，该方法不仅解决了前轴产品开发过程中图样的理解、转换、过程沟通等问题，且速度快、效果好，为今后锻造产品开发提供力有效的新方法。

作者简介：梁聪明，本科，毕业于太原重型机械学院，工作单位：湖北神力锻造有限责任公司模具CAD/CAM工程师，专业方向：汽车前轴锻造模具设计及加工。

MW 20160111