

# 중국의 광학 디자인과 제조업 현황

글 | Yongtian Wang, Lin Li, Qiming Xin Beijing Institute of Technology, 광전자 공학과 중국, 북경 100081

최근 몇 년간 중국의 광학 산업은 합작투자기업, 민간 기업, 정부 지원 투자 등의 형태로 놀라운 속도로 발전해 왔다. 본 고에서는 현재 중국의 광학 디자인 및 제조업 발전 현황을 살펴보고 현재 중국에서 일반적으로 사용되는 광학 디자인 소프트웨어 패키지와 이들의 특징을 요약하여 제시하였다. 또한 광학 유리, 렌즈 요소 및 망원경, 현미경, 카메라 렌즈 등과 같은 상용화된 제품을 비롯한 다양한 부문에서 일반 기업들의 생산 규모의 사례를 제시하였다. 그리고 비구면 렌즈 제조 및 회절 광학 소자 연구와 같은 최근의 발전 상황도 제시하였다. 광학 산업에서 보다 긴밀하고 효율적인 국제 협력을 촉진하기 위해 Beijing Institute of Technology가 기울이고 있는 노력도 설명하였다.

최근 수년간 중국의 광학 산업은 놀라운 속도로 발전해 왔다. 2000년 중국 광학 및 광전자공학 제조업체 연합(China Optics & Optoelectronics Manufacturer Association)의 통계에 따르면, 광학 자재, 소자 및 장비 디자인, 개발 및 제조를 하고 있는 중국 내 대학, 연구소, 기업 및 공장이 730개에 달하고 있는 것으로 나타났다. 하지만 최근 들어 실제 숫자는 훨씬 더 늘어났을 것이다.

이러한 견고한 성장의 주요 원동력은 해외 및 민간 투자라고 할 수 있다. 해외 투자 및 합작 광학 기업들은 광동성, 복건성 등 동남부 연안에서부터 절강성 및 강소성과 같은 중국 동부에 이르기까지 넓게 확산되어 있으며, 이들 가운데 수백개의 업체들이 주로 대만 및 홍콩에서, 일부는 기타 선진국에서 자본을 유치하고 있다. 대부분 중소

기업인 민간 광학 업체들은 대체로 동남부 지역과 북경 및 장춘 지역에 집중되어 있다. 동시에 광학 산업 내 오래된 분야 가운데 일부는 개혁을 실시하거나 주식회사로의 변경을 추진하고 있는 다수의 국영 공장에서 새로운 활력을 찾고 있으며, 이를 통해 이들 기업들은 생산성을 대폭 향상시키는 경우가 많다.

본 고에서는 중국 광학 디자인 및 제조 현황을 살펴보고자 한다.

## 광학 디자인

대부분의 합작 기업과 민간 기업들은 초기에 해외 및 국내 고객들로부터 주문을 받고 디자인 의뢰를 받아 시작하는 경우가 대부분이지만, 이 가운데 대다수 업체들이 후에 자체적인 최종 상품을 개발하기로 결정한다. 이미 자리를 잡은 광학 공장들 또한 시장 점유율을 유지하기 위해서는 제품의 품질과 사양을 향상시켜야 할 필요가 있다. 광학 디자인은 중국의 광학 산업 발전에 중요한 역할을 하고 있다.

표 1에서는 중국에서 널리 사용되고 있는 광학 디자인 소프트웨어

패키지를 열거하고 있으며, 대체로 중국에서 상당 수의 사용자를 확보한 시기의 순서대로 열거하였다. 이 표에 열거된 모든 중국 프로그램은 학술적인 용도의 소프트웨어이다. Beijing Institute of Technology가 개발한 SOD88은 구형 텍스트 사용자 인터페이스를 사용하고 있지만 가장 많은 사용자 수를 자랑하고 있다. 오랜 동안 학부 학생들에게 사용된 주요 학습 수단으로 비용이 저렴하다는 점에서 이 프로그램은 인기를 얻고 있다. 이 소프트웨어의 두드러진 특징은 감쇠 최소 자승법(damped least squares method)과 적응적 방법(adaptive method) 등 2개의 다른 최적화 알고리즘을 사용하고 있다는 것이다. 적응적 방법은 여전히 많은 중국 엔지니어들이 사용하고 있다. CAOD<sup>2</sup>는 Changchun Institute of Technology가 개발했다. SOD88과 마찬가지로 이 소프트웨어 또한 회전 대칭(rotational symmetry)을 이용해 전통적 광학 시스템을 설계 및 분석하기 위해 사용된다. 감쇠 최소 자승법은 최적화를 실현하기 위한 알고리즘이며 훌륭한 공차 설정 기능을 가지고 있다. 그림 1에 제시되어 있으며, 초기 이름이 GOSA<sup>3</sup>이었던 GOLD는 1990년대 초 사용자들에게 선보였으며,

대칭 없이 그리고/또는 비구면, DOEs, GRINs, 스캐닝 요소 등 혁신적인 광학 소자를 이용해 일반 광학 시스템을 분석 및 최적화할 수 있는 최초의 중국 광학 CAD 프로그램이었다. 이 프로그램은 줌 스테레오 현미경, FLIR 화상기 등과 같은 제품 디자인에 중추적인 역할을 하였다. 또한 현재에도 지속적으로 개발되고 있는 프로그램이기도 하다. 최근에 추가된 기능들로는 탈출 기능 알고리즘(escape function algorithm)<sup>4</sup>에 기반한 글로벌 최적화 기능도 포함되어 있다. 현재는 이 소프트웨어에 윈도우 인터페이스를 구축하기 위한 노력이 진행 중이다.

숙련된 엔지니어들이 충분히 확보되지 않은 중국 기업들은 일반적으로 연구소나 대학과 협력하여 디자인 및 개발 프로젝트를 추진한다. 최근에는 유명한 외국기업에 난이도가 높고 중요한 디자인을 의주하는 경우도 있다.

표 1. 중국 광학 업계에서 보편적으로 사용되는 광학 디자인 소프트웨어

| 소프트웨어 패키지           | 개발자  |
|---------------------|--|
| SOD88(구 제품명 ODP841) | Beijing Institute of Technology                  |
| CAOD                | Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics |
| GOLD(구 제품명 GOSA)    | Beijing Institute of Technology                  |
| CODE V <sup>®</sup> | Optical Research Associates                      |
| ZEMAX <sup>®</sup>  | Focus-Software, Inc.                             |

광학 재료

일부 OEM 제품들은 예외이지만 중국 광학 업계는 주로 중국에서 제조된 광학 유리를 사용한다. 중국의 다양한 공장에서는 중국 국가 표준(GB903-87)을 준수하여 광학 유리를 생산하고 있으며, 이 표준은 약 135종의 유리 및 이들의 광학, 물리, 기계 및 화학적 특성을 규제하고 있다. 그림 2는 각 유리의  $n_d$  및  $V_d$ 의 값을 보여주고 있다. 국가 표준은 또한 제조 과정에서 다양한 유리의 품질 변수를 조절할 수 있는 등급을 제시한다. 표 2는 일반 광학 소자<sup>5</sup>의 중요한 유리 품질 변수의 권장 등급을 제시하고 있다.

중국에는 여러 광학 재료 제조업체가 있으며, Chengdu Guangmin Material Plant, Hubei Huangguang New Matrls Co., Ltd 및 Shanghai Xinhua Glass Factory

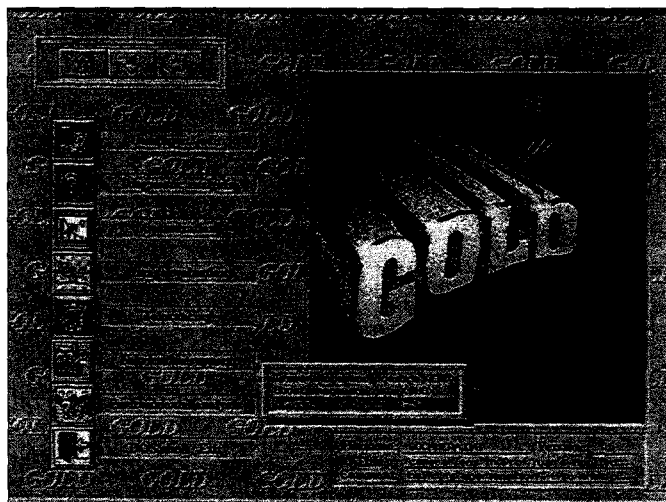


그림 1 GOLD 프로그램의 주 메뉴

등이 대표적이다. Chengdu Guangmin Material Plant는 이들 업체 가운데 최대 규모로 광학 유리 연간 총 생산 규모가 8,000톤에 달한다. 그림 2의 모양(barker ring)은 이 공장이 정기적으로 생산하고 있는 유리를 보여주고 있다. 재료 기술의 발전과 함께 이 공장은 또한 국가 표준 사양 이외의 새로운 유리 제품, 특히 몇 가지 새로운 유형의 란탄(Lanthanum) 유리를 생산하고 있다. Chengdu Guangmin Material Plant가 생산하는 일반적인 종류의 광학 유리의 연간 생산량과 참조 가격이 표 3에 제시되어 있다.

다수의 대규모 중국 연구소 및 대형 광학 업체들 또한 탁월한 품질의 광학 유리 생산 능력을 보유하고 있다.

**광학 제품 제조**

다이아몬드 연삭기를 이용한 연마, 미세 연마 및 다이아몬드 펠리트(pellet)를 이용한 선연마(prepolishing) 및 연마 펠리트(polishing pellet)를 이용한 연마와 같은 기술은 이제 중국 광학 공장에서 일반적으로 이

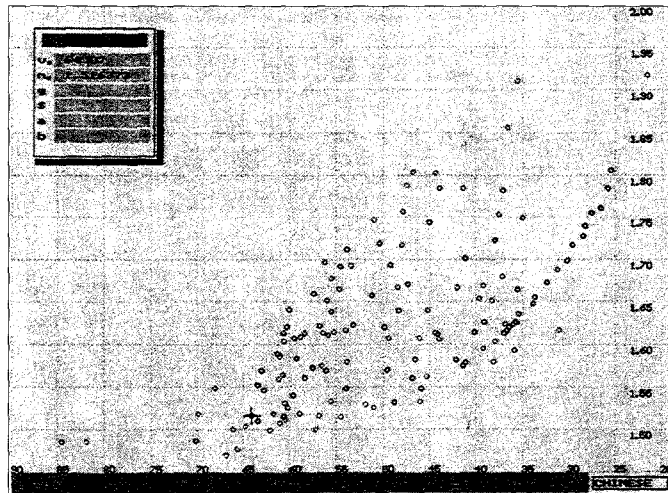


그림 2. 중국 유리 제품 표

용되고 있다. 선진 기술과 기계가 지속적으로 선진국에서 수입되거나 중국 연구소나 기업들에 의해 개발되고 있으며, 이는 표 4에서 제시한 바와 같이 광학 소자 공정의 효율성을 대폭 향상시키고 있다.

모든 분야에서의 투자와 제조 기술의 빠른 발전으로, 중국은 광학 부품뿐 아니라 중·저급 상용 광학 제품 면에서 세계에서 가장 중요한 제조기지로서 빠르게 성장하고 있다. 예를 들어 표 5의 각 열은 일반 광학 제품, 해당 제품의 선두 중국 제조업체명 및 해당 기업의 연간 생산 규모를 보여주고 있다.

표 2. 다양한 광학 소자에 대한 유리 품질 변수의 권장 등급

| 품질 변수           | 목표  |     |     | 접안 렌즈    |          | 십자선 | 프리즘 | 집광 렌즈 | 유리  |
|-----------------|-----|-----|-----|----------|----------|-----|-----|-------|-----|
|                 | 고정밀 | 중정밀 | 저정밀 | 2θ > 50° | 2θ < 50° |     |     |       |     |
| 4n <sub>d</sub> | 1B  | 2C  | 3C  | 3C       | 3D       | 3D  | 3D  | 3D    |     |
| 4V <sub>d</sub> | 1B  | 2C  | 3C  | 3C       | 3D       | 3D  | 3D  | 3D    |     |
| 동질성             | 3   | 3   | 4   | 4        | 4        | 4   | 3   | 5     | 3   |
| 복굴절성            | 2   | 2   | 3   | 3        | 3        | 3   | 3   | 4     | 2-3 |
| 흡수성             | 3   | 3   | 4   | 3        | 4        | 4   | 3   | 5     |     |
| 줄무늬 결점          | 1C  | 1C  | 2C  | 1B       | 1C       | 1C  | 1A  | 2C    |     |
| 큰 기포            | 1C  | 1C  | 1C  | 1B       | 1C       | 1A  | 1C  | 1D    |     |

표 3. Chengdu Guangmin Material Plant의 일반 광학 유리 연간 생산량

| 유리 종류 | 쇼트(Schott)사의 해당 제품 | 연간 총 생산량(톤) | 참조 가격(USD/Kg) |
|-------|--------------------|-------------|---------------|
| K9    | BK7                | 3000        | 4.50          |
| ZF2   | SF5                | 800         | 7.65          |
| 란탄 유리 | LaF, LaSF          | 200         | 다양함           |

표 4. 대형 중국 광학 업체의 광학 소자 처리 공정의 1일 생산량

| 요소 종류 | 생산              | 연마                | 센터링                 |
|-------|-----------------|-------------------|---------------------|
| 렌즈    | 1600개(생산 기계 2대) | 800개(4축 연마 기계 4대) | 1000개(자동 센터링 기계 2대) |
| 프리즘   | 8000면           | 4400면             |                     |

표 5. 대표적 업체의 일반 제품 생산 규모

| 제품             | 대표적 기업   | 종류 및 사양  | 기업의 연간 생산 규모 |
|----------------|--|--|--------------|
| 유리 렌즈 요소 및 프리즘 | Henan Zhongnan Optical & Electronic Instrument Plant | Ø2~150mm(코팅 포함)                                | 40,000,000   |
| 플라스틱 렌즈 요소     | Genius Electronic Optical(Xiamen) Co., Ltd.          | Ø2~10mm(코팅 포함)                                 | 240,000,000  |
| 망원경            | Yunnan North Optical & Electron Group Co., Ltd.      | 7x35, 8x40, 줌, 40x천문학 망원경용 등                   | 2,400,000    |
| 현미경            | Micro-Optic Industrial Group Co., Ltd.               | 디지털, 스테레오, 생물, 편광기, 위상차 현미경                    | 200,000      |
| 라이플총 망원 조준기    | Hubei Changjiang Optoelectronic Instruments Factory  | 고정 초점, 줌, 리포커싱(refocusing) 등                   | 1,000,000    |
| SLR 카메라 줌 렌즈   | Jiangxi Optical Instrument General Factory           | f18-28mm, f28-70mm, f28-135mm, f70-300mm 등     | 1,000,000    |
| 디지털 카메라        | Shanghai Seagull Camera Co., Ltd.                    | F2.8/6.45mm, 1600x1200:F2.2/7.1mm, 1024x768: 등 | 600,000      |

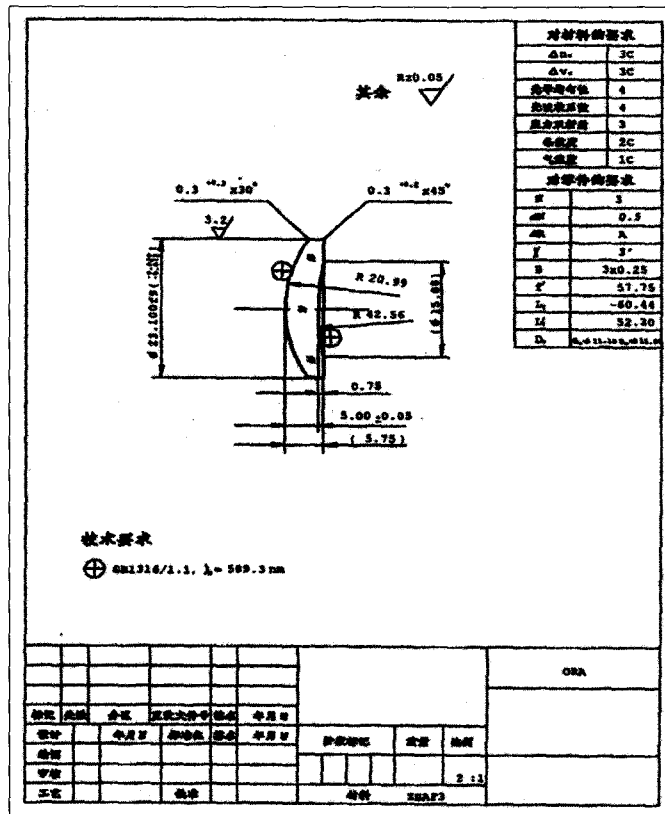


그림 3. CODE V용으로 중국 국가 표준에 따라 매크로로 그린 부품 도면

비구면 렌즈 및 회절 광학 소자

중국 광학 업체는 비구면 렌즈 및 회절 광학 소자 제조 기술을 빠르게 받아들이지 못했으며, 이것이 바로 중국이 여전히 고급 상용 광학 제품 면에서 선진국과 경쟁할 수 없는 이유 가운데 하나이다. 불과 몇 달 전만 해도 Genius Electronic Optical (Xiamen) Co., Ltd와 같은 해외 투자를 유치한 소수의 기업들만이 소형 비구면 플라스틱 렌즈를 생산할 수 있는 정밀 주물 설비를 가지고 있었다. 하지만 이제 상황은 급변하고 있다. 2002년 3월 운남성의 Kunming High-tech Accr-optical Technology Co., Ltd는 비구면 렌즈 연간 생산규모 1천2백만개를 자랑하는 비구면 렌즈 생산 기지를 설립했다고 발표했다. 현재 생산되는 제품들은 대형 스크린 프로젝션 TV 렌즈에서 CD, DVD 픽업(pickup)에 이르기까지 다양하다. 또 국내 업체 및 정부로부터 대규모의 투자를 유치하고 미국, 독일, 일본의 선진 기술을 사용하여 사천성

에서 또 다른 공장이 현재 건설되고 있다. 이 새로운 업체의 업체명은 Chengdu Crystal Technology Co., Ltd.로 예정되어 있다.

굴절 광학 소자에 역점을 둔 많은 연구 활동이 중국 대학 및 연구소에서 이루어져 왔으며, 특히 중국 ICF(Inertial Confinement Fusion) 시스템<sup>6</sup> 및 실험적인 원격 감지 CCD 카메라<sup>7</sup>에 굴절 광학 소자들을 사용하기 시작한 것은 이러한 연구 활동의 성과이다. 현재까지 이 기술을 상용화 제품에 성공적으로 적용한 사례는 없다. 하지만 곧 새로운 돌파구가 마련될 것으로 보인다.

### Beijing Institute of Technology의 활동

Beijing Institute of Technology의 광전자 공학과는 중국 대학 가운데 최초로 1995년 별도로 독립된 광학 공학 및 기술 학과로 설립되었다. 그리고 현재 탄탄한 교수 및 연구진이 광학 디자인, 제조, 테스트 및 박막 코팅 등 광학 기술에 대한 연구 및 교수 활동을 진행하고 있다. 다양한 주제를 가진 세미나를 통해 광학 업계의 엔지니어들을 교육하고 이들이 빠른 기술 발전을 따라갈 수 있도록 돕고 있다. 현재는 관련 기업들과 긴밀히 협조하여 중국 최대의 비구면 광학 및 디지털 카메라 제조 기지의 설립을 추진 중이다. Optical Research Associates의 중국 대표로 광학 산업에서 보다 긴밀하고 효율적인 국제 협력을 촉진

하기 위해서, 또한 중국 유리 카탈로그가 CODE V 소프트웨어 패키지에 추가될 수 있도록 했다. 매크로 도면이 다음 CODE V 릴리스에 포함될 예정이며, 이를 통해 중국 국가 표준에 따라 자동으로 요소 도면을 그릴 수 있게 된다. 그림 3에서 제시한 바와 같이 도면을 영어(혹은 기타 언어) 운영 시스템에서 표시하거나 인쇄할 수 있도록 모든 중국 문자들은 한 획 한 획 그려진다. 도면 및 표의 문자와 기호를 설명하기 위해 차후에 상세 내용이 제공될 것이다. 향후에는 어느 국가에서나 중국에서 광학 부품이나 시스템 제조를 원하는 모든 이들이 CODE V에서 도면을 손쉽게 그려서 중국의 어느 공장이나 간편하게 보낼 수 있게 될 것이다.

### REFERENCE

1. *Directory of China Optics & Optoelectronics Enterprises 1999-2000*, China Optics and Optoelectronics Manufacturers Association, Beijing, 2000.
2. Zhicheng Weng, and Guoliang Sun, "CAOD - computer-aided optical design software", *Optics and Mechanics*, No.4-5, pp.1-193, 1987.
3. Yongtian Wang, and Sijiong Zhang, "GOSA - a software package for the analysis and optimization of general optical systems", *Proc. OSA(Internation Optical Design Conference)*, 22, pp.95-97, 1994.
4. Yongtian Wang, Masaki Isshiki, Huilan Liu, Qun Hao and Tong Xu, "Global and local optimization in GOLD program", *Proc. SPIE*, 3780, pp.33-39, 1999.
5. Shixian Li, and Lin Li, *Optical Design Handbook*, Beijing Institute of Technology, Beijing, 1996.
6. Xuezhe Zheng, Yingbai Yan, Guofan Jin, and Minxian Wu, "Diffractive optical elements for inertial confinement fusion (ICF)", *Proc. SPIE*, 2866, pp.99-103, 1996.
7. Zhicheng Weng, Zengwu Lu, and Xin Zhang, "Lighweight, remote-sensing CCD camera with binary optical element", *Proc. SPIE*, 3482, pp.616-626, 1998.