

高温棒材轮廓尺寸和表面缺陷激光锁定成像在线监测系统

首钢贵阳特钢
电子科技大学

目 录

- 一、项目需求情况
- 二、项目技术背景
- 三、项目技术方案
- 四、项目完成情况
- 五、项目创新点
- 六、其它问题
 - 1、经费使用情况
 - 2、组织管理
 - 3、存在问题与对策

一、项目需求情况

1.1 必要性

1.2 技术背景



1.1 必要性



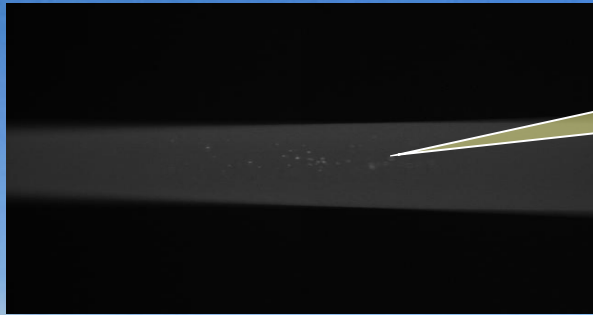
棒材——
主要钢产
品之一

六角钢坯
(贵钢主打产品)

圆钢
(贵钢重要产品)

棒材钢坯生产过程中两个重要问题

表面缺陷
尺寸超差



表面缺陷

大量不合格产品流入市场
批量损失
100万/年

各大钢厂
类似问题



WARNING!
PANEL LIFT ONLY.
NOT FOR GAUGE LIFT

WARNING!
PANEL LIFT ONLY
NOT FOR GAUGE LIFT

ORBIS^e

DANGER!
MOVING PARTS BEHIND PANEL.
PLEASE CONSULT YOUR
USER MANUAL.

WARNING!
DO NOT STEAM CLEAN THIS EQUIPMENT.
DO NOT WELD ON OR NEAR
THIS EQUIPMENT.
PLEASE CONSULT YOUR USER MANUAL.

实时在线监测
钢坯轮廓尺寸
表面缺陷



及时剔除尺寸
超差和表面缺
陷产品

避免流入市场

1.2 技术背景

1. 意大利达涅利自动化公司——钢坯监测轮廓仪
(Danieli Metallurgical Equipment Co., Ltd.)
2. 美国佑捷公司——“热眼”表面缺陷监测系统
(OG Technology, Inc.)
3. 德国西门子公司-西门子奥钢联——测径仪

百年老店

达涅利简介

(Danieli Metallurgical Equipment Co., Ltd.)

百年历史 钢铁工业设备制造商 世界三大知名的冶金
备制造商之一 总部位于意大利 集团在全球17个国家设
有工厂或办事机构 总雇员近6000人

1914年, Mario Danieli -Timo Danieli 兄弟二创建Brescia 建
立Angelini 钢厂, 这是欧洲的第一个电弧炉炼钢 ;

达涅利 中国公司近年成立

达涅利 常熟工厂2008年投产

进军中国

达涅利轮廓仪



原理：线结构光机器视觉

功能：测轮廓

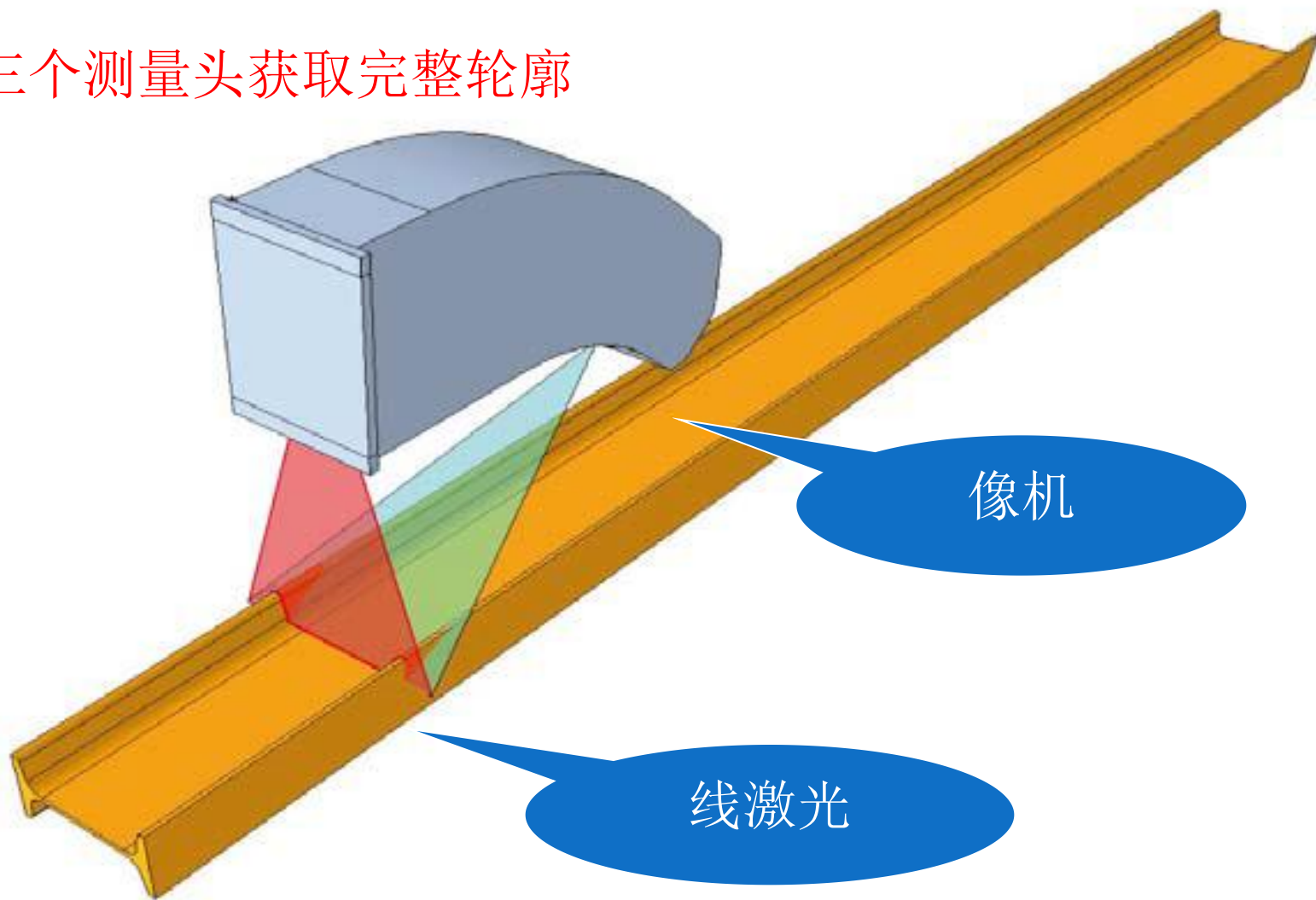
不测表面缺陷

优点：测量速度快

缺点：精度稍差

售价：

三个测量头获取完整轮廓



ROUND 圆钢

Shape 形状	Dimension 尺寸	Minimum 最小 (mm 毫米)	Maximum 最大 (mm 毫米)	Cold accuracy (mm) 冷态精度(毫米)
Round 圆钢	Diameter 直径	80.00	300.00	±0.15

NOTE:

HOT ACCURACY = COLD ACCURACY + 0.20% * M.D.

热态精度=冷态精度 + 0.20% * M.D

Exposure time 曝光时间	0.1ms
No. of profile points acquired in 0.1ms 0.1 毫秒获取的轮廓点数	1.659
No. of profile points acquired per second 每秒获取的轮廓点数	49.770
Capability to interface with higher hierarchy supervisors 与更高层次的管理机的接口能力	

后起之秀

佑捷科技简介

- *OG Technology* 公司于1997年美国密西根创建
- 从事机器视觉钢铁工业检测
- 在上海常州有子公司



佑捷公司热眼系统 (Hot EYE)



技术：机器视觉

功能：表面缺陷监测
不测轮廓

优点：测量速度很快

售价：200万



HotEye® RSB901

专为线材轧钢线设计的系统。通常安装在无扭精轧机或减定径机之后。

适用线材尺寸:	φ5 mm 至 φ38 mm
适用线材过钢速度:	高达 110 m/s (实际测试过)
线材温度限制:	1,350°C 以下
安装最小所需轧钢线长度:	900 mm
最小的可侦测宽度:	0.050 mm 或 0.025 mm

HotEye® RSB902

专为小棒材轧钢线设计的系统。通常安装在棒材精轧机或减定径机之后。

适用棒材尺寸:	φ12 mm 至 φ89 mm
适用棒材过钢速度:	高达 60 m/s
棒材温度限制:	1,350°C 以下
安装最小所需轧钢线长度:	900 mm
最小的可侦测宽度:	0.050 mm 或 0.025 mm

HotEye® RSB903

专为棒材轧钢线设计的系统。

适用棒材尺寸:	$\phi 12 \text{ mm}$ 至 $\phi 150 \text{ mm}$
适用棒材过钢速度:	高达 30 m/s
棒材温度限制:	1,350°C 以下
安装最小所需轧钢线长度:	1,100 mm
最小的可侦测宽度:	0.035 mm

HotEye® RSB904

专为大棒材、钢坯、无缝管等轧钢线设计的系统。

适用条钢尺寸:	$\phi 100 \text{ mm}$ 至 $\phi 300 \text{ mm}$
适用条钢过钢速度:	高达 10 m/s
条钢温度限制:	1,350°C 以下
安装最小所需轧钢线长度:	1,350 mm
最小的可侦测宽度:	0.050 mm

线材厂：

- 阿赛洛米塔尔，印第安那港
2003年安装，摩根精轧机后，尺寸范围 $\phi 7.5 \sim 21$ 毫米；2007年更新。（弹簧钢、易切削钢）
- 查特制钢，威斯康辛州
2003年安装，摩根精轧机后，尺寸范围 $\phi 5.5 \sim 20$ 毫米；2011年更新。（冷镦钢、轴承钢）
- **宝钢高线**
2007年安装，摩根减定径后，尺寸范围 $\phi 5.5 \sim 23$ 毫米；2011年升级。
- 共和制钢，（原日本神户制钢与美钢合资厂）
2007年安装，摩根减定径后，尺寸范围 $\phi 7 \sim 20$ 毫米。（弹簧钢、冷镦钢、轴承钢）
- 新日铁，室兰厂
2008年安装，摩根减定径后，尺寸范围 $\phi 5.5 \sim 25$ 毫米。供应丰田汽车生产
- 萨斯特
2008年安装，SMS-摩根精轧机后，尺寸范围 $\phi 7 \sim 22$ 毫米。
- 住友金属，小仓厂
2009年安装，SMS-摩根精轧机后，尺寸范围 $\phi 5.5 \sim 22$ 毫米。供应丰田雷克萨斯汽车生产
- 艾瓦寇钢厂（加拿大）
2011年安装，摩根减定径后，双线（两台），尺寸范围 $\phi 5 \sim 25$ 毫米。
- **邯郸钢铁**
2011年安装新线，摩根减定径后。

宝钢
邯郸钢铁

棒材厂：

- **斯太尔可 (Stelco, 加拿大)**
 - 2006年安装, 15架轧机, 直棒、大盘卷
 - 尺寸范围 $\phi 12 \sim 62$ 毫米
 - 90%汽车用钢 (弹簧钢、易切削钢、车轴、齿轮坯、转向器用钢)
- **纽柯, 内布拉司加厂**
 - 2006年安装, Kocks, 直棒、大盘卷
 - 尺寸范围 $\phi 12.7 \sim 78.6$ 毫米 (冷拔、弹簧、轴承)
- **萨斯特**
 - 2008年安装, Kocks, 直棒、大盘卷
 - 尺寸范围 $\phi 12 \sim 65$ 毫米
- **亚赛洛米塔尔, 阿新达厂 (阿根廷)**
 - 2009年安装, 摩根棒材减定径, 直棒
 - 尺寸范围 $\phi 18 \sim 120$ 毫米
- **塔塔钢铁英国 (原英钢联棒材厂) |**
 - 预计2012年安装, Kocks, 直棒
 - 尺寸范围 $\phi 16 \sim 110$ 毫米

HotEye® Installations

其他：

- **洛基山钢厂**, 2006年安装, 标准美规钢轨。
- **斯太尔可 (Stelco, 加拿大)**, 2006年安装, 标准轧制小钢坯; 正在改造中。
- **钢铁动力 (西维吉尼亚)**, 2010年安装, 标准美规钢轨与车体用型材 (最大尺寸250mm)。
- **瓦卢瑞克曼内斯曼 (俄亥俄州)**, 2011年, 油田用无缝管 (最大尺寸280mm)。
- **阿赛洛米塔尔印第安纳港 (印第安那州)**, 2011年, 连铸板坯在线表面检测 (最宽尺寸2000mm)。
- **美钢联 (US Steel) (伊利湖厂, 加拿大)**, 2011年, 连铸板坯在线表面检测 (最宽尺寸2000mm)。

美国百年老店

西门子奥钢联冶金技术有限公司简介

- 2008年，西门子集团成功收购摩根工程公司（*Morgan Construction Co.*），成立子公司摩根轧机有限公司，即西门子奥钢联冶金技术有限公司前身，成为西门子集团全资控股子公司。
- 2011年10月，中国公司成立，西门子奥钢联冶金技术（上海）有限公司

中国重要客户：上海宝山钢铁公司、张家港沙钢集团、马鞍山钢铁

德国西门子澳康联公司测径仪（SIROLL Orbis）

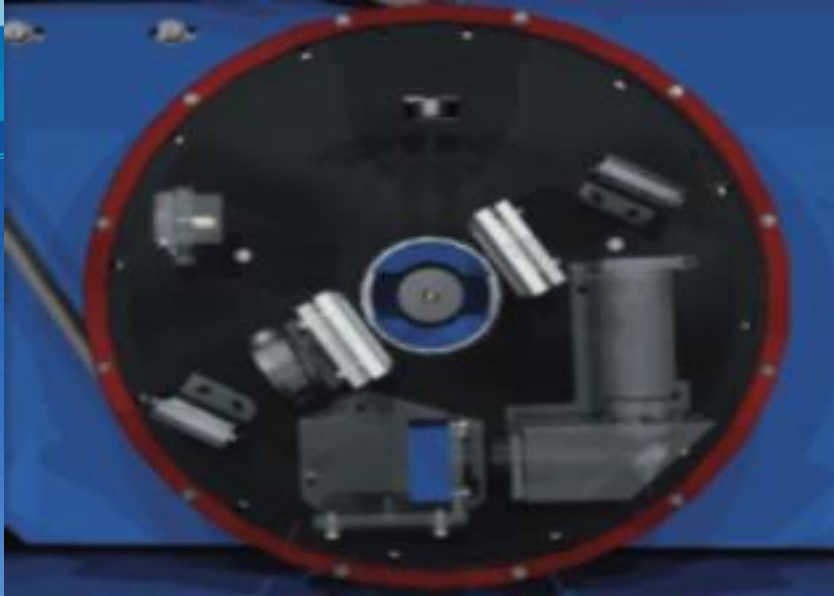


功能：测轮廓尺寸
不监测缺陷

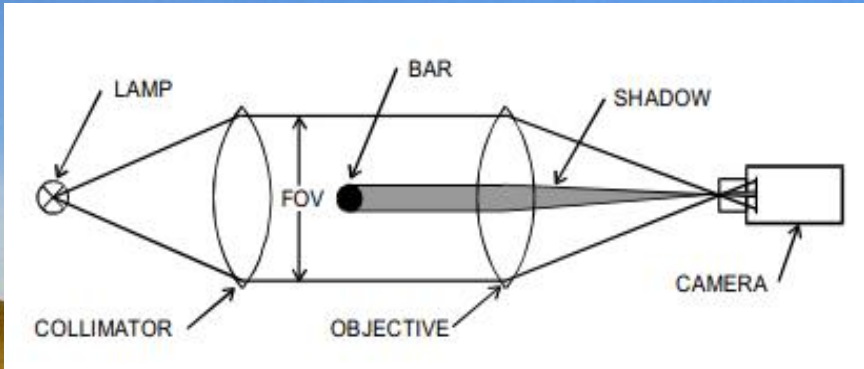
优点：精度高

缺点：测量速度慢

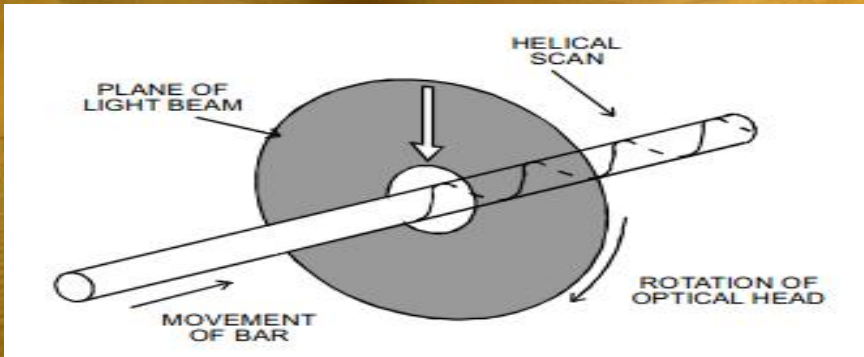
售价：



测量原理



挡光!
旋转!



精度高

精度高

速度慢

速度慢

操作数据

设备性能	SIROLL Orbis+1	SIROLL Orbis+2
可测产品尺寸 (毫米)	4 - 30	4 - 120
可测产品尺寸 (英寸)	$5/32 - 1 \frac{5}{8}$	$5/32 - 4 \frac{23}{32}$
测量精度 (毫米)	+/- 0.01	+/- 0.02
测量精度 (英寸)	+/- 0.0005	+/- 0.0008
旋转速度 (每秒钟圈数)	200	100
完整轮廓测量时间 (秒)	0.15	0.3
每分钟可测完整轮廓数	400	200

三. 本项目研究内容

2.1 技术方案

2.1.1 轮廓测量方案

2.1.2 表面裂纹识别方案

2.1.3 监测系统方案

2.1.4 高温、高粉尘、高振动应对措施

2.1.5 软件方案

2.2 关键技术

2.3 方案实施情况

2.1 技术方案

2.1.1 轮廓测量技术方案

线结构光轮廓

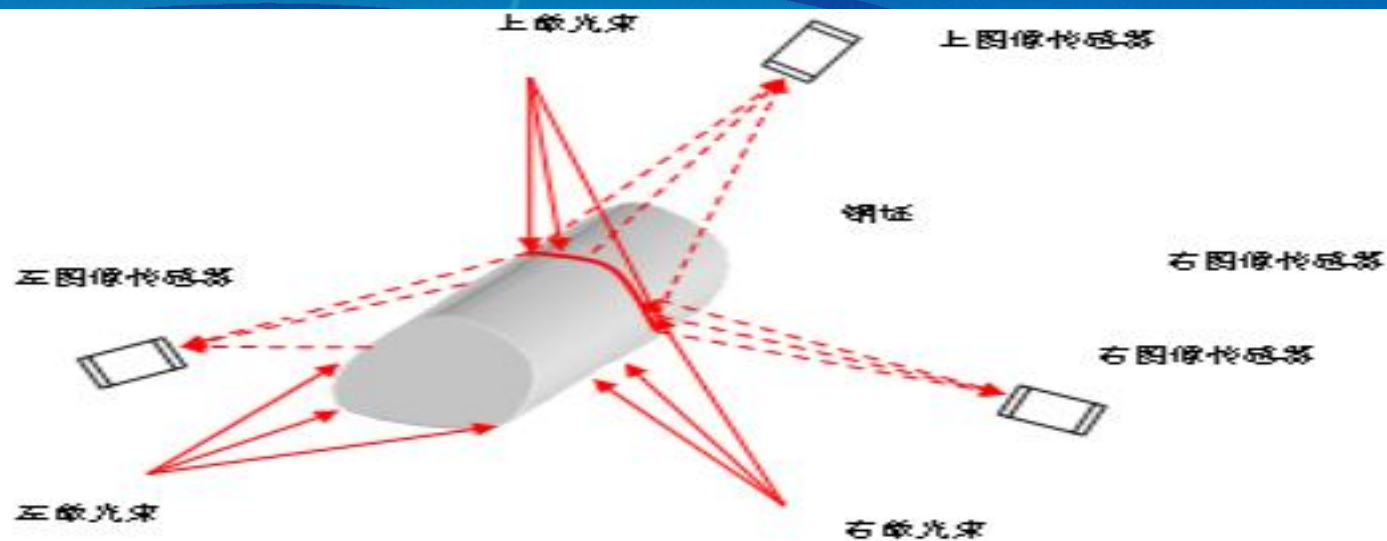
多只激光激光照明轮廓

多个图像传感器

图像融合

图像畸变校正

单像素轮廓骨架获取



左图像传感器获取畸变图像



上图像传感器获取畸变图像



右图像传感器获取畸变图像



校正后的左图像



校正后的上图像



校正后的右图像



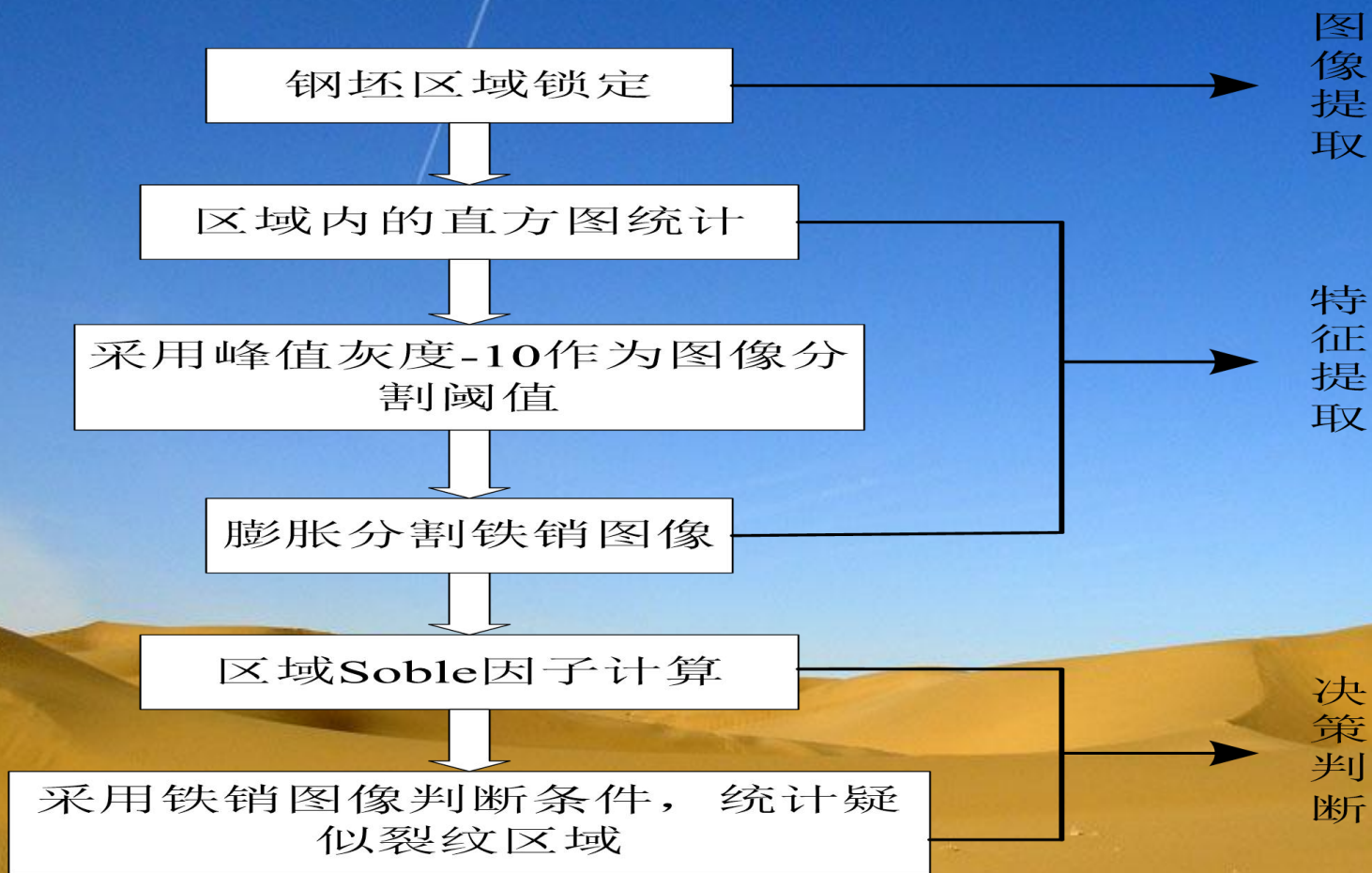
由上、左、右图像融合得到的完整轮廓

2.1.2 表面裂纹识别方案

表面铁屑图像
环境粉尘图像
水滴图像
表面字迹图像

从这些背景图像
中识别出表面裂
纹

表面裂纹识别流程



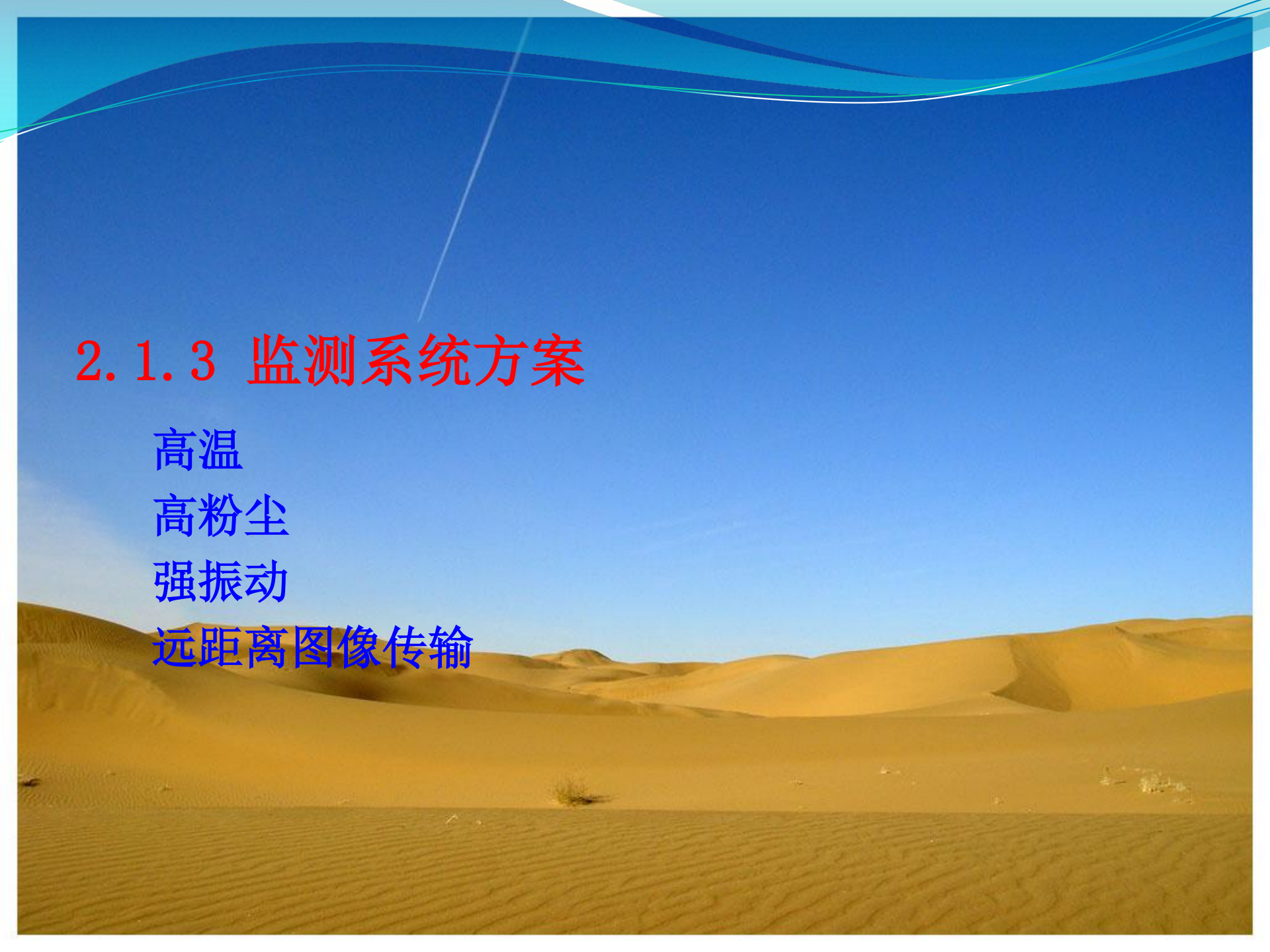
2.1.3 监测系统方案

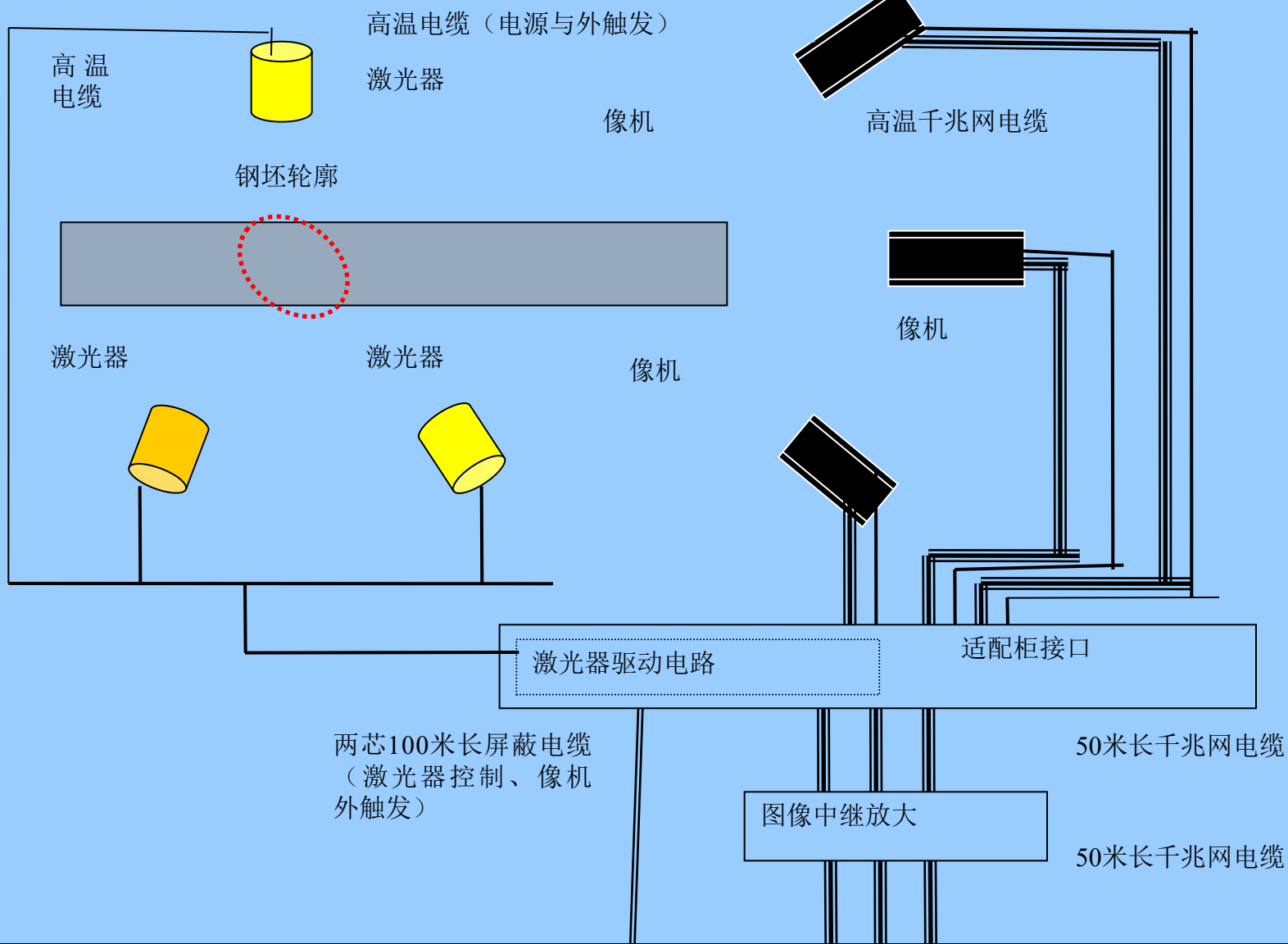
高温

高粉尘

强振动

远距离图像传输





主控室小型计算站

- 系统控制： 并口触发激光器发光，并口触发像机获取图像
- 数字图像处理： 获取轮廓，获取裂纹（图像还原，二值化，多像机图像融合）
- 尺寸计算： 圆钢坯直径计算，六角钢坯对边长计算
- 数据管理： 尺寸与裂纹数据库
- 温度监控： 监控测量现场温度

2.1.4 高温、粉尘、强振动应对措施

高温

所有电缆均采用高温电缆（200度）

水冷罩密闭激光器和图像传感器

温度传感器监测现场温度

粉尘

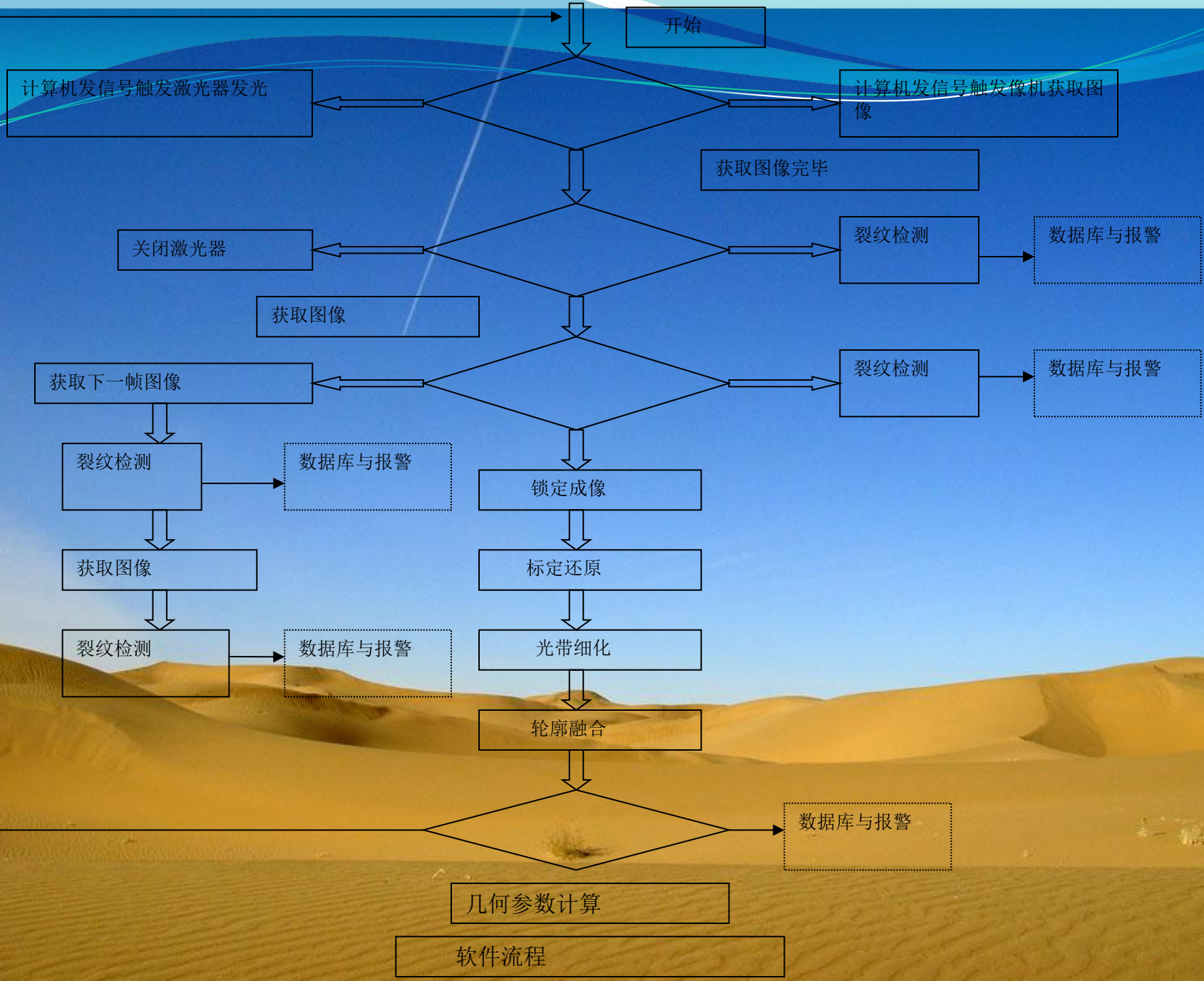
玻璃屏蔽激光器和图像传感器

强振动

激光器和图像传感器之间刚性连接

2.1.5 软件设计方案

多线程处理（节略计算时间）
激光脉冲和图像处理步调一致
多像机图像融合



软件流程

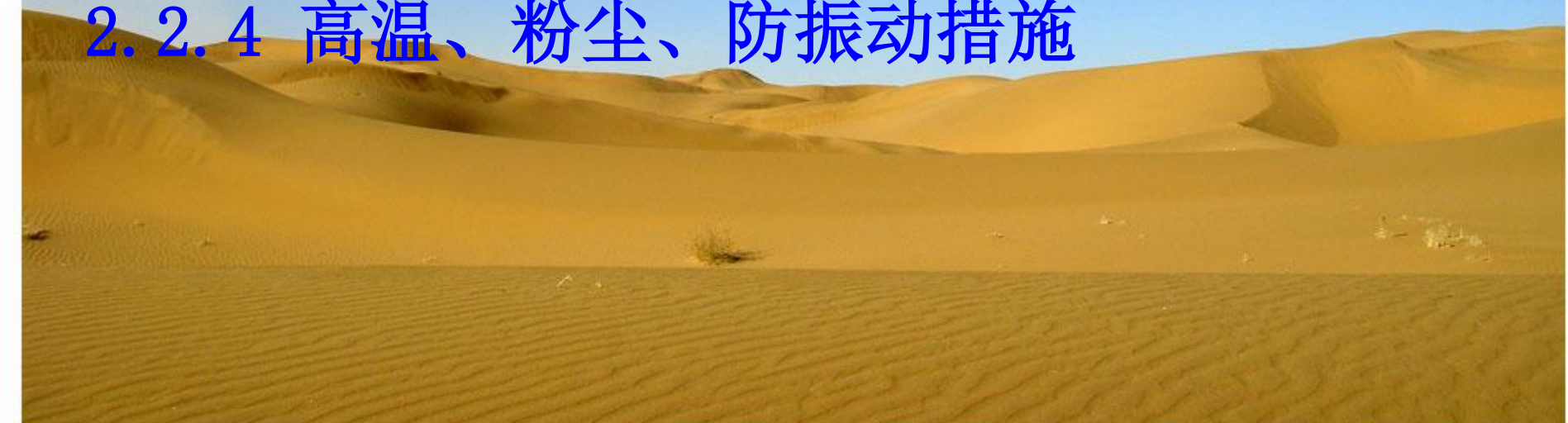
2.2 关键技术

2.2.1 激光锁定成像

2.2.2 多像机线结构光360度轮廓获取技术

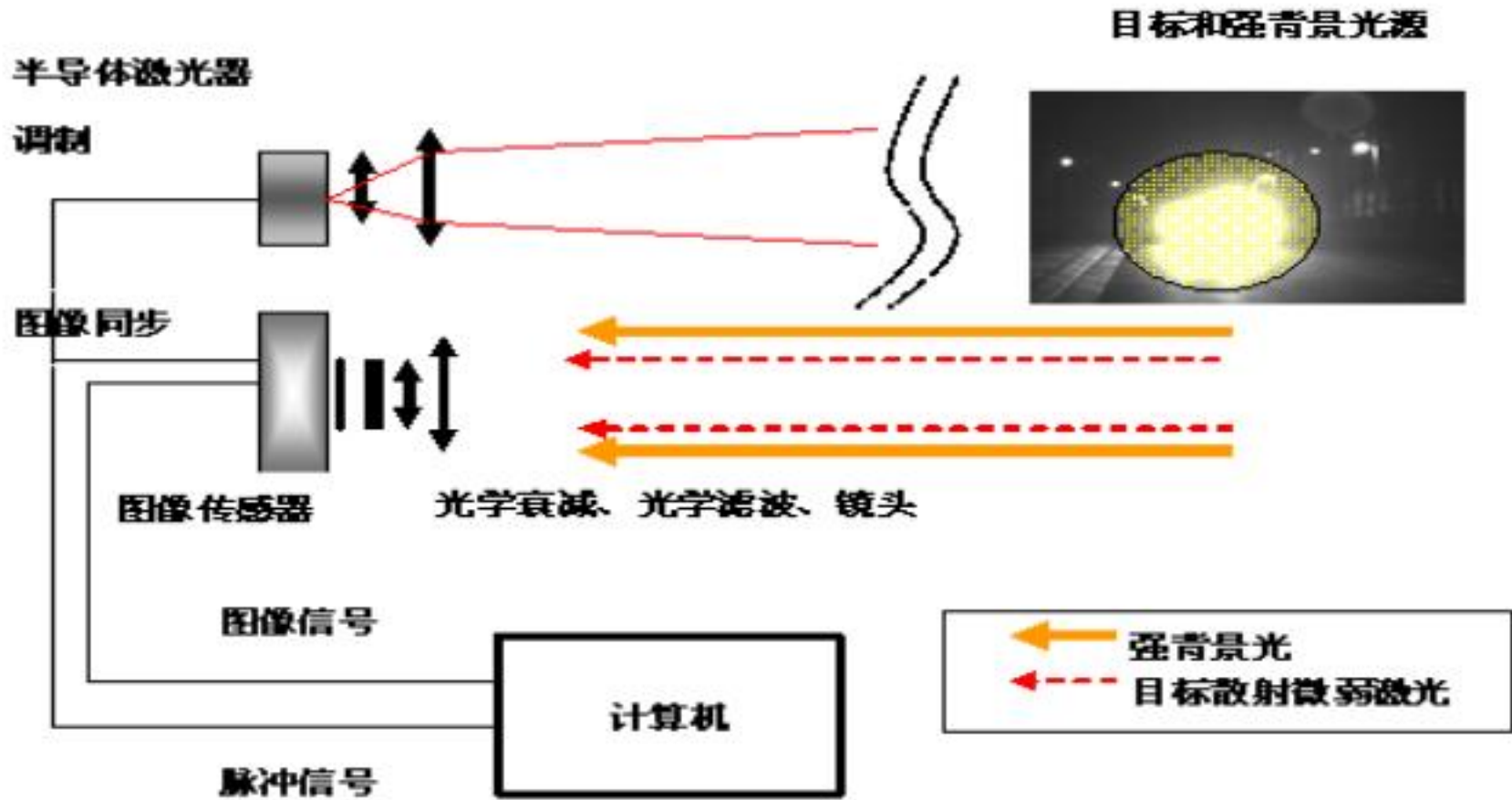
2.2.3 表面裂纹识别算法

2.2.4 高温、粉尘、防振动措施



2.2.1 激光锁定成像

目的：消除钢坯发光对尺寸测量影响



激光锁定成像框图

激光锁定成像原理

数字图像计算



模拟

鉴相过程

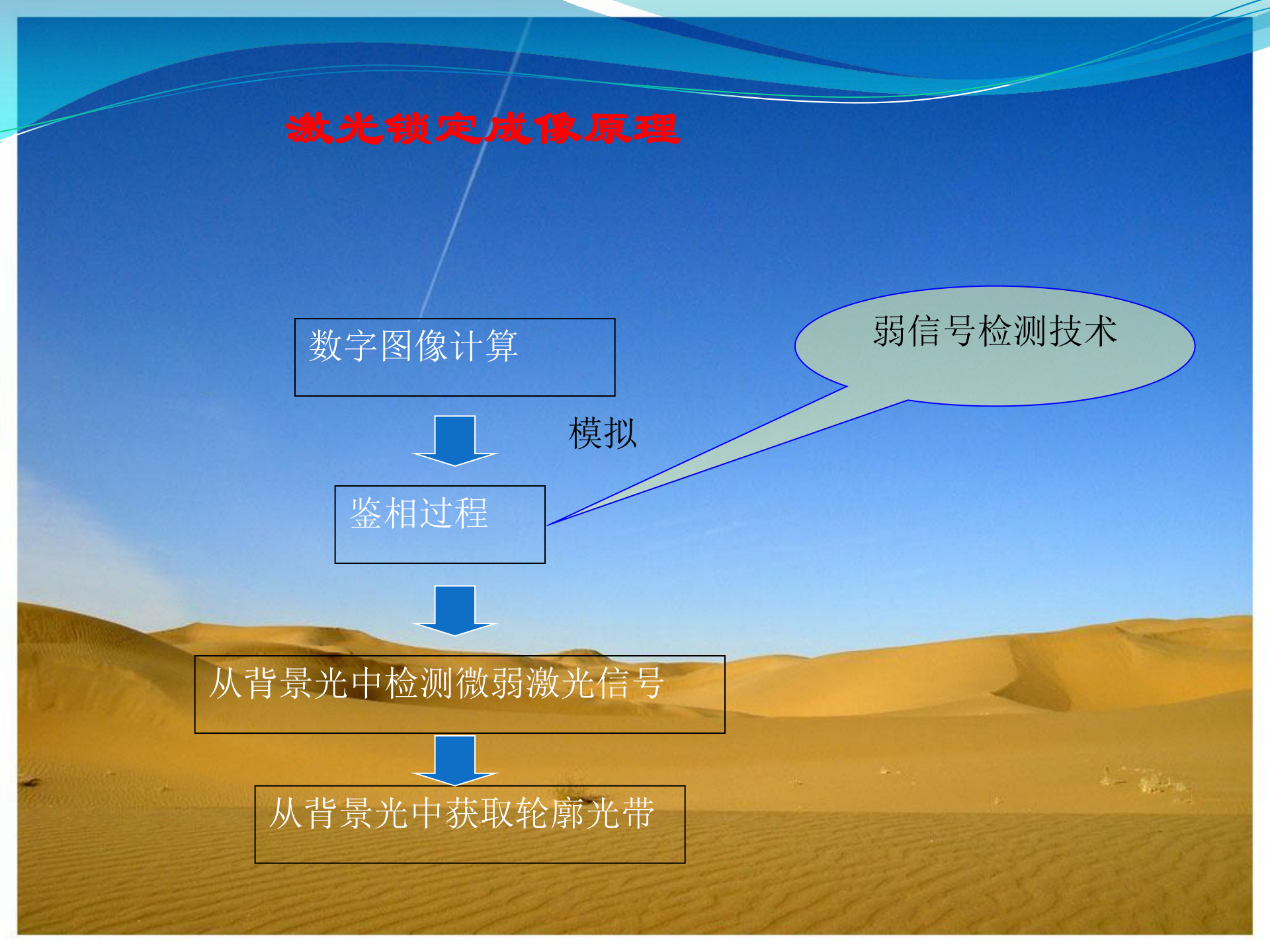


从背景光中检测微弱激光信号



从背景光中获取轮廓光带

弱信号检测技术



证书号第897194号



发明专利证书

发明名称：一种激光锁定成像方法及装置

发明人：余学才

专利号：ZL 2010 1 0028098.3

专利申请日：2010年01月15日

专利权人：电子科技大学

授权公告日：2012年01月11日

本发明经过本局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发本证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。

本专利的专利权期限为二十年，自申请日起算。专利权人应当依照专利法及其实施细则规定缴纳年费。本专利的年费应当在每年01月15日前缴纳。未按照规定缴纳年费的，专利权自应当缴纳年费期满之日起终止。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



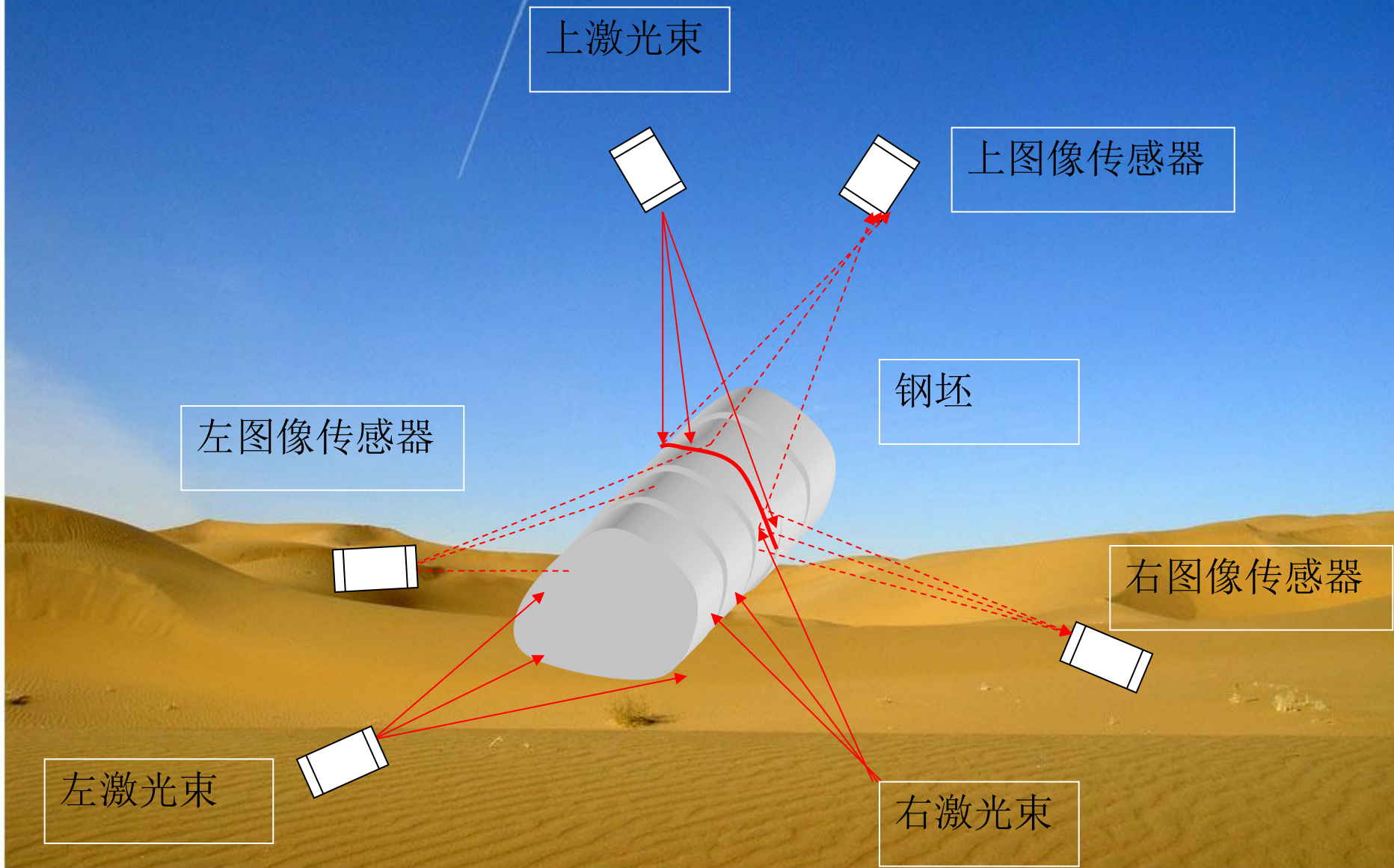
局长

田力普



2012年01月11日

2.2.2 多像机线结构光360度轮廓获取技术



2.2.3 表面裂纹识别算法

排除铁屑图像
排除飘扬粉尘图像
排除滴落水滴图像
排除表面字迹图像

消除虚警!

2.2.4 高温、粉尘、防振动措施

- 激光器—密闭水冷套、防尘气罩
- 像机—密闭水冷套、防尘气罩
- 电缆—耐高温
- 激光器-像机—一体化刚性结构

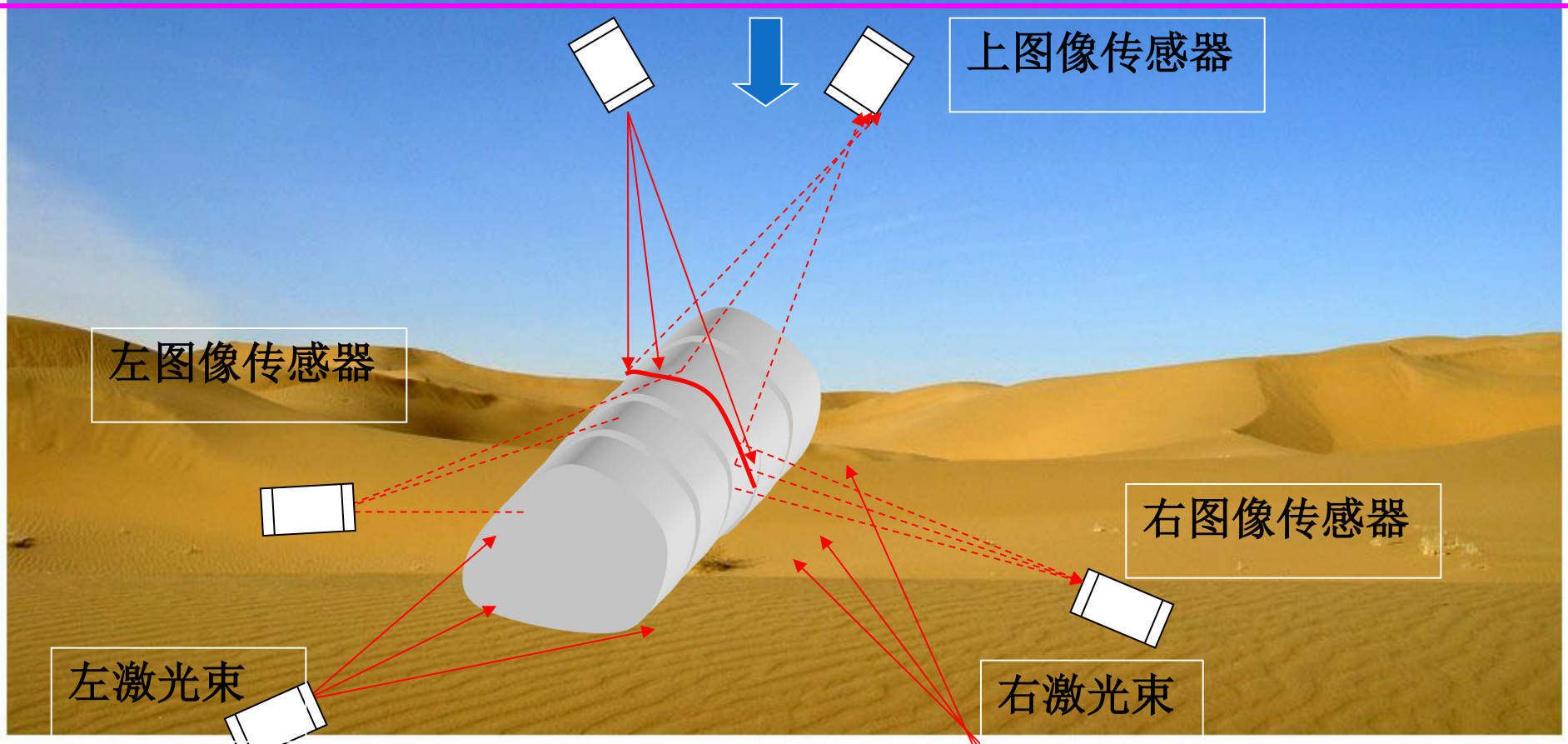
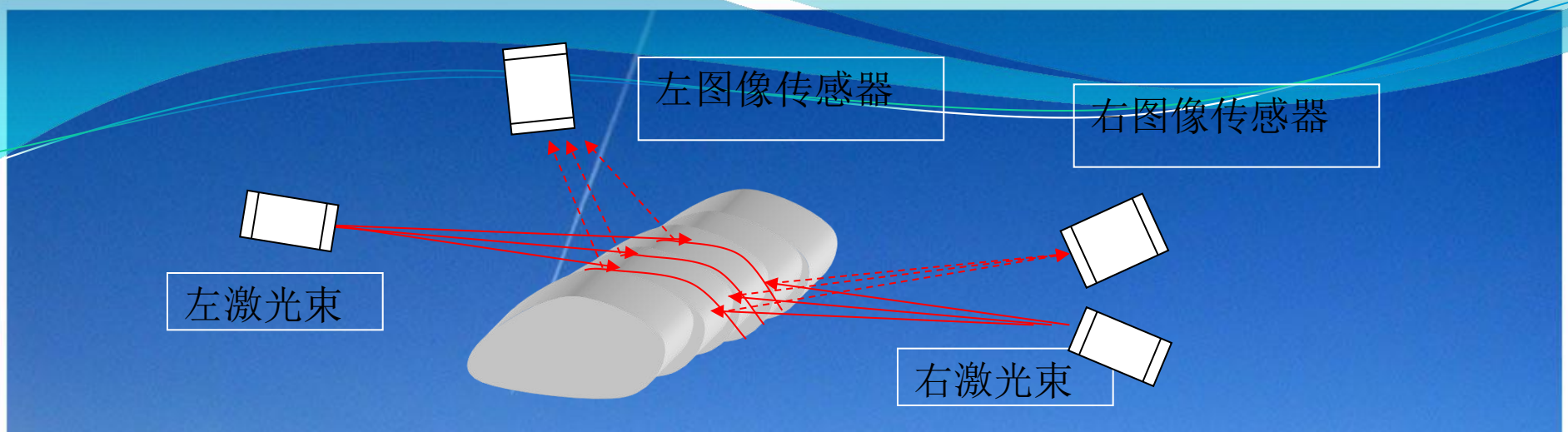
2.3 方案实施情况

- 技术调研
- 方案制定
- 可靠性论证
- 系统研发
- 实验室调试
- 现场调试
- 现场试运行

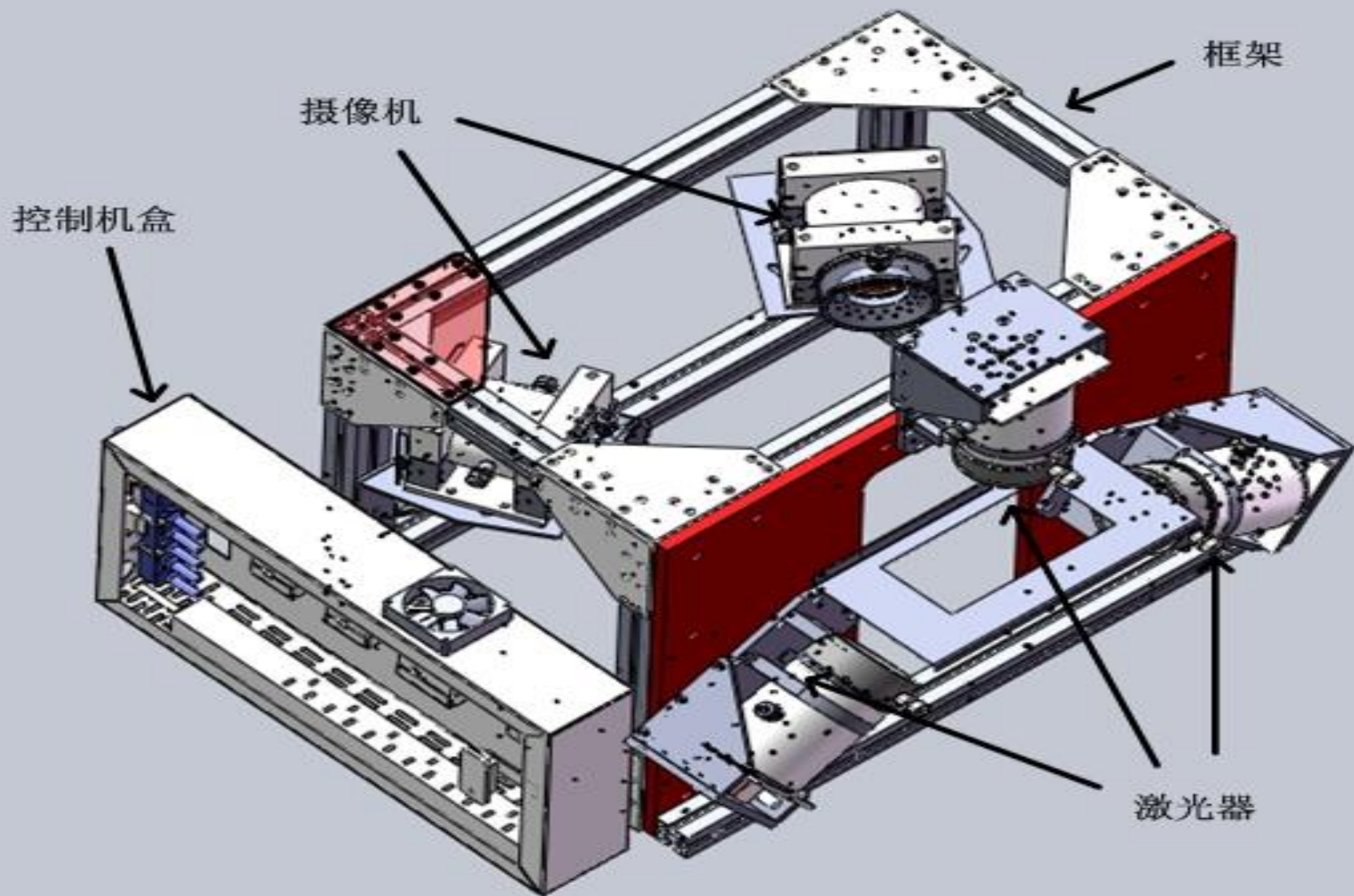
反复多次

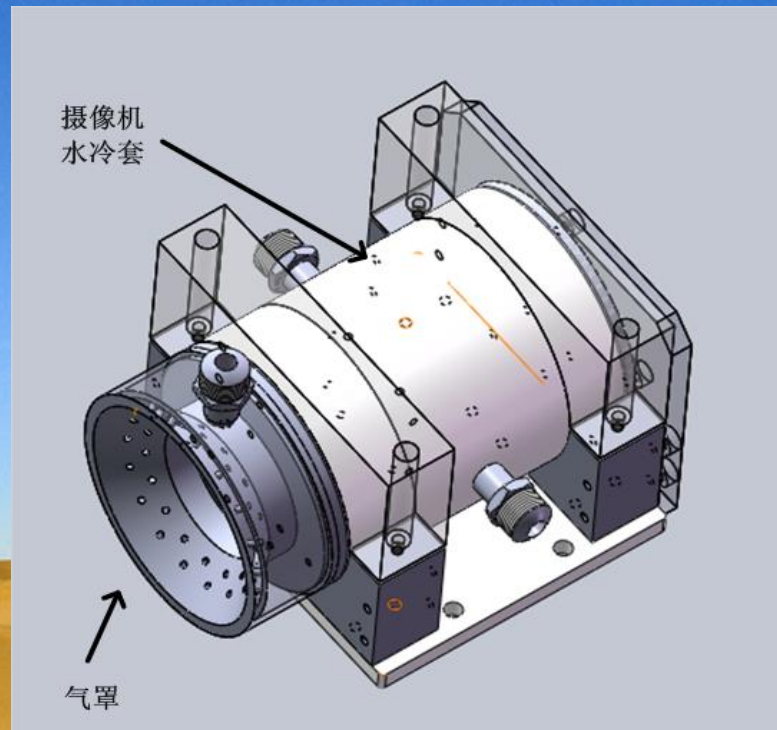
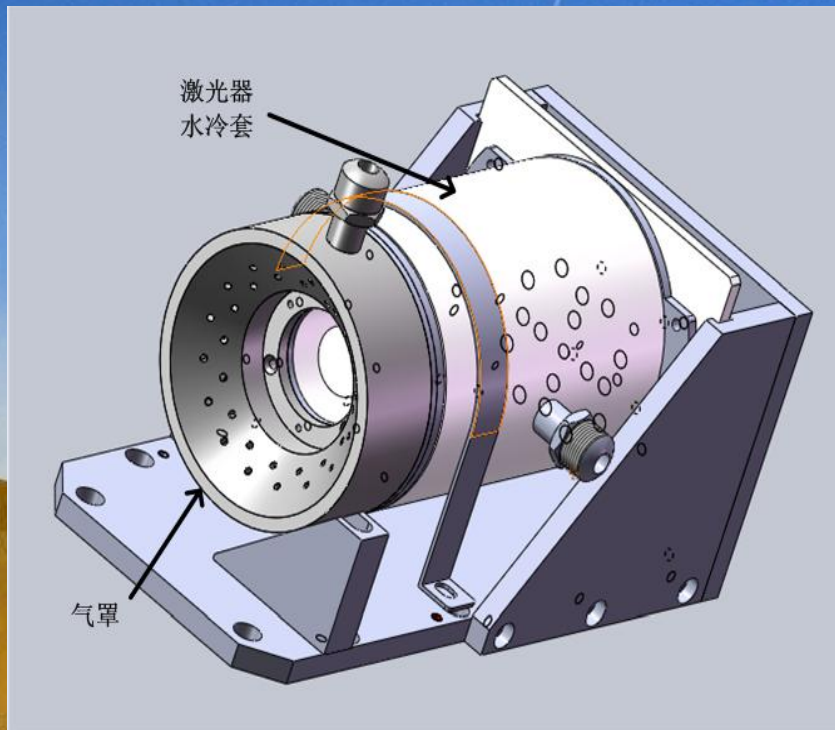
视场不够大，
40mm以上钢坯测不了

重大改变：
两个像机 → 三个像机

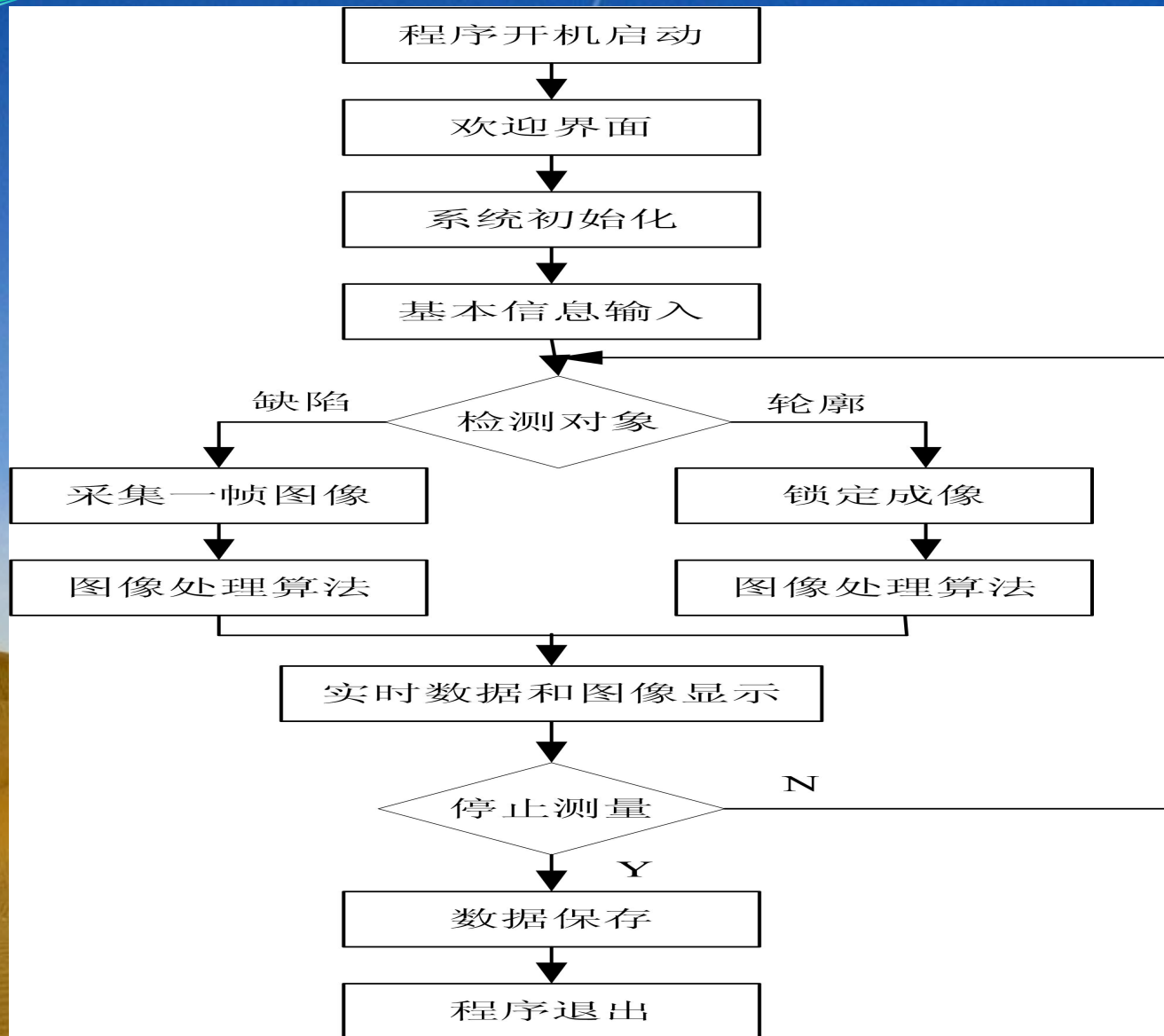


2.3.1 所设计与加工的结构

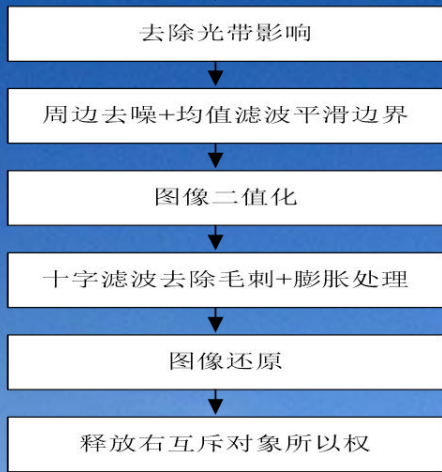




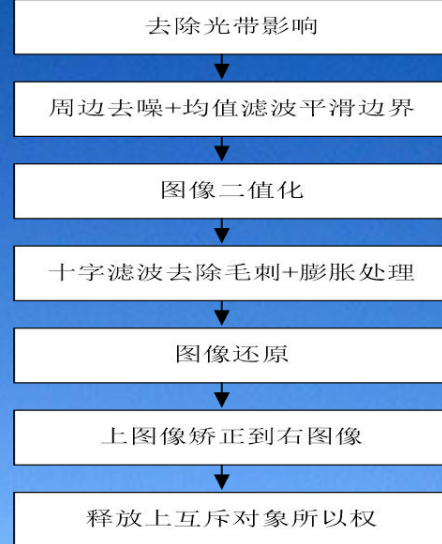
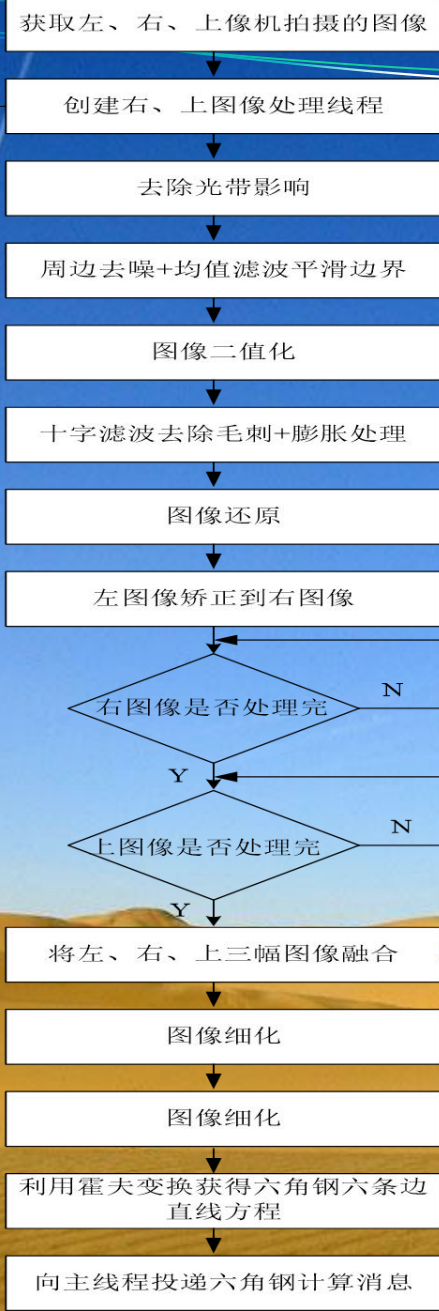
2.3.2 所开发软件



所实现的软件流程图.



右图像处理线程



上图像处理线程

左图像处理线程

所实现的三像机多线程
软流程图



欢迎界面
(首钢商
标)

BilletMeasure-基本信息输入

钢坯型号: mm 精度范围: mm

椭圆度公差: %

信息输
入框

BilletMeasure

轮廓图像 裂纹图像

钢坯类型选择

- 圆形钢坯检查
- 棱形钢坯检查

实时温度监控

左相机 °C

右相机 °C

轮廓检查数据

圆形钢坯A参数: mm

圆形钢坯B参数: mm

圆形钢坯C参数: mm

圆形钢坯D参数: mm

裂纹检查数据

疑似裂纹周长: mm

主界面

BilletMeasure

轮廓图像

裂纹图像



钢环类型选择

- 圆形钢环检查
- 六角钢环检查

实时温度监控

左相机 27.0 °C

右相机 25.8 °C

停止

轮廓检查数据

圆形钢环A参数: 13.74 mm

圆形钢环B参数: 13.64 mm

圆形钢环C参数: 13.88 mm

圆形钢环D参数: 13.75 mm

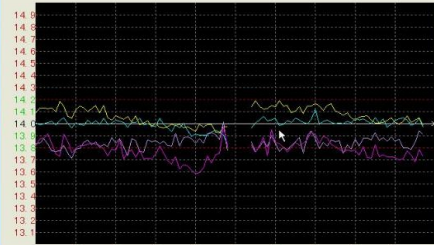
疑似裂纹周长:

BilletMeasure

轮廓图像

裂纹图像

开始时间: 15:47:47 结束时间: 15:46:10 椭圆度: 0.00



圆形A参数:

圆形B参数:

圆形C参数:

圆形D参数:

退出显示

钢环类型选择

- 圆形钢环检查
- 六角钢环检查

实时温度监控

左相机 36.1 °C

停止

轮廓检查数据

圆形钢环A参数: 13.90 mm

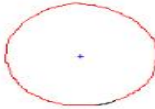
圆形钢环B参数: 13.49 mm

疑似裂纹周长:

BilletMeasure

轮廓图像

裂纹图像



钢环类型选择

- 圆形钢环检查
- 六角钢环检查

实时温度监控

左相机 27.3 °C

右相机 28.8 °C

启动

轮廓检查数据

圆形钢环A参数: 11.64 mm

圆形钢环B参数: 11.22 mm

圆形钢环C参数: 11.26 mm

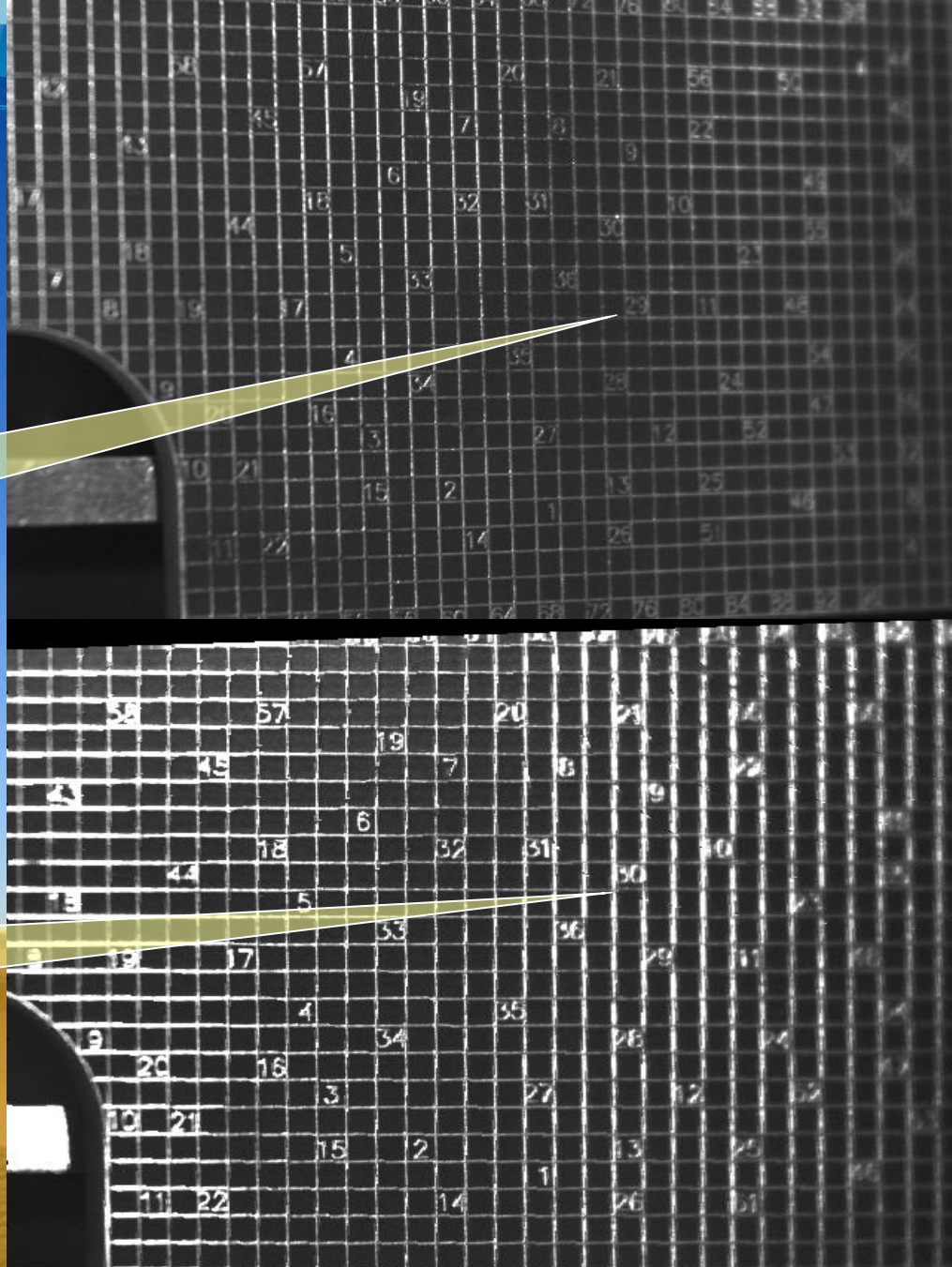
圆形钢环D参数: 11.34 mm

疑似裂纹周长:

标定还原效果

还原前—变形小矩形

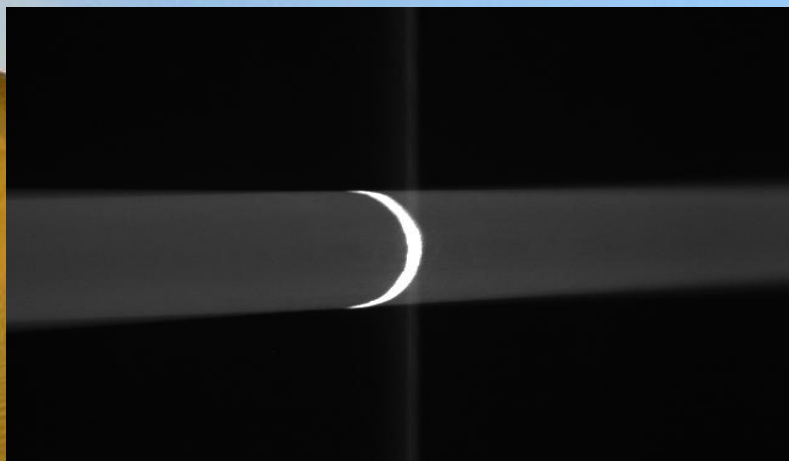
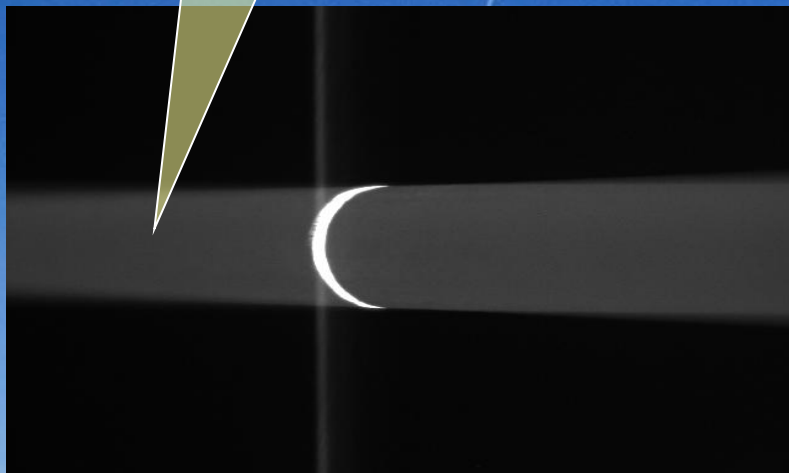
还原后—正方形



钢坯图像

钢坯图像消失

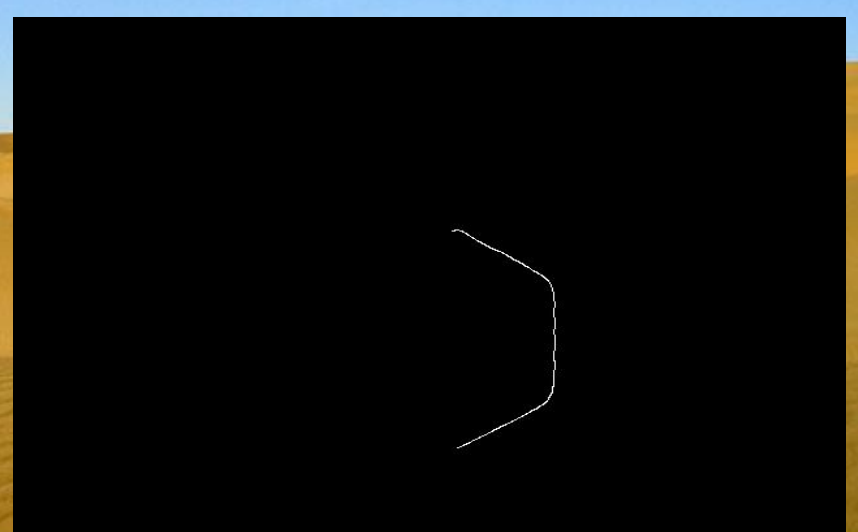
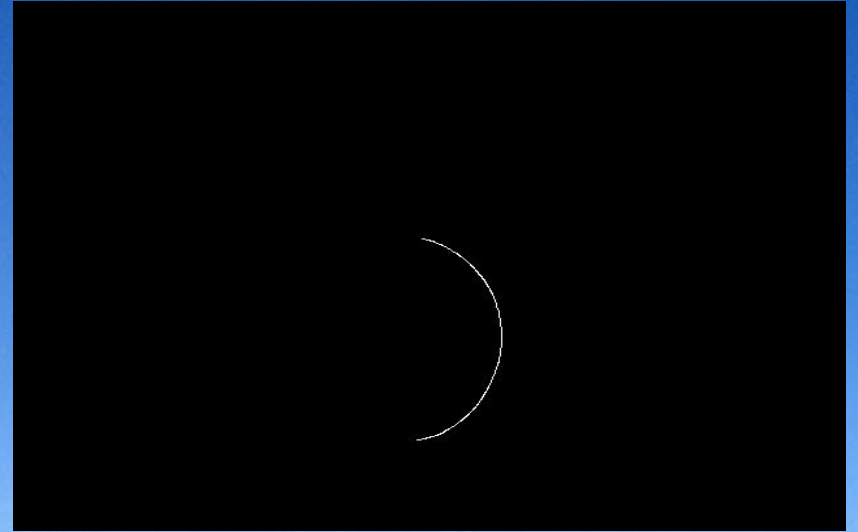
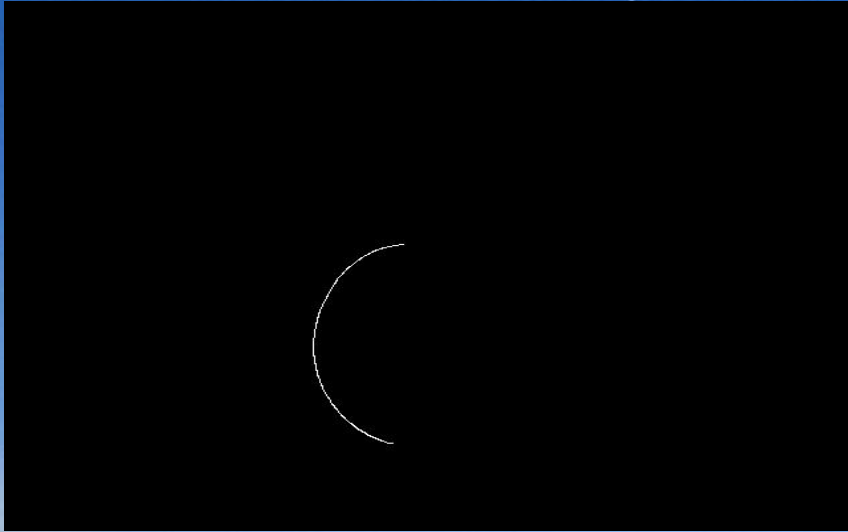
激光锁定成像效果



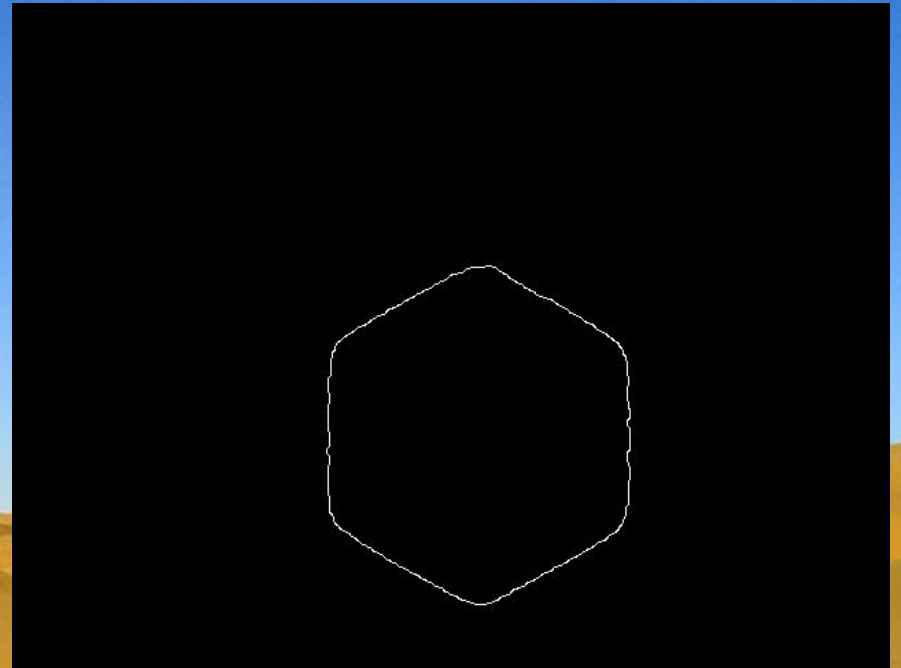
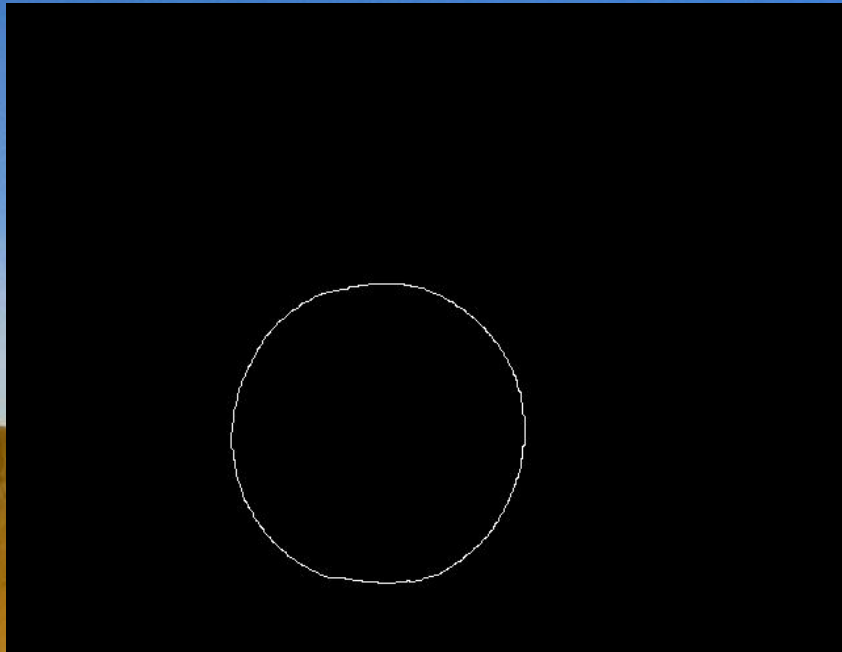
锁定成像后二值化



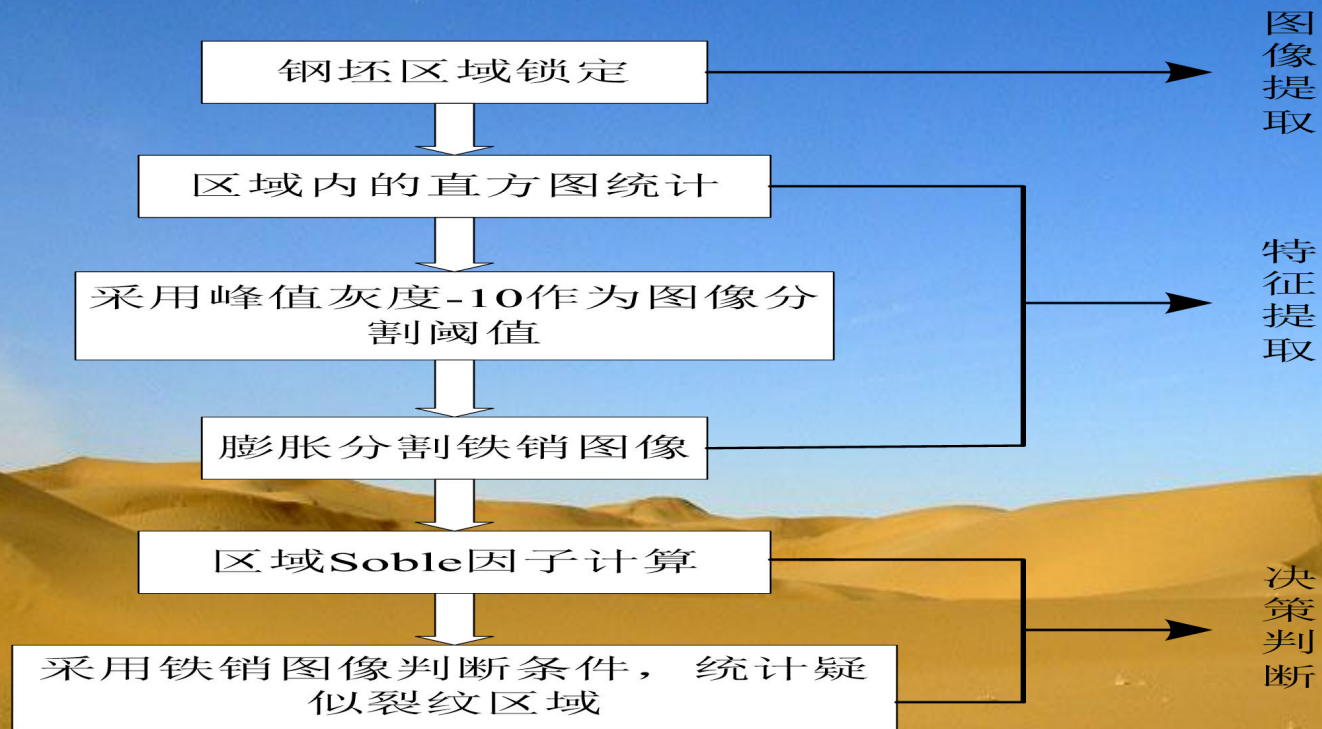
二值化后细化成单像素



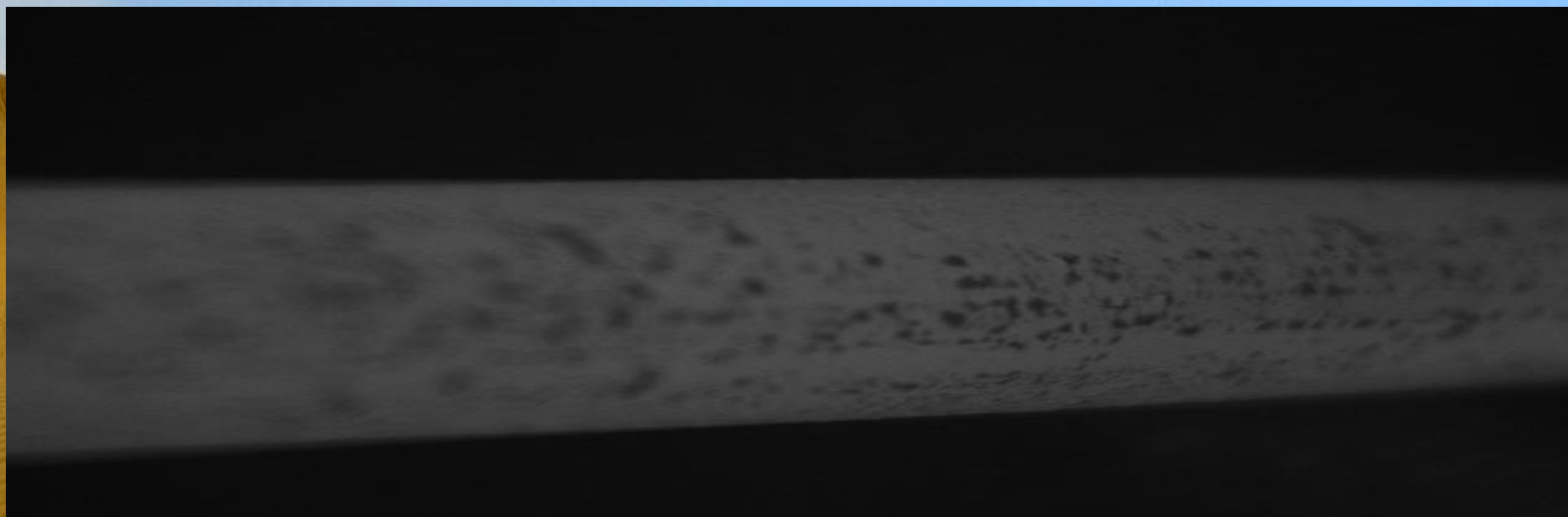
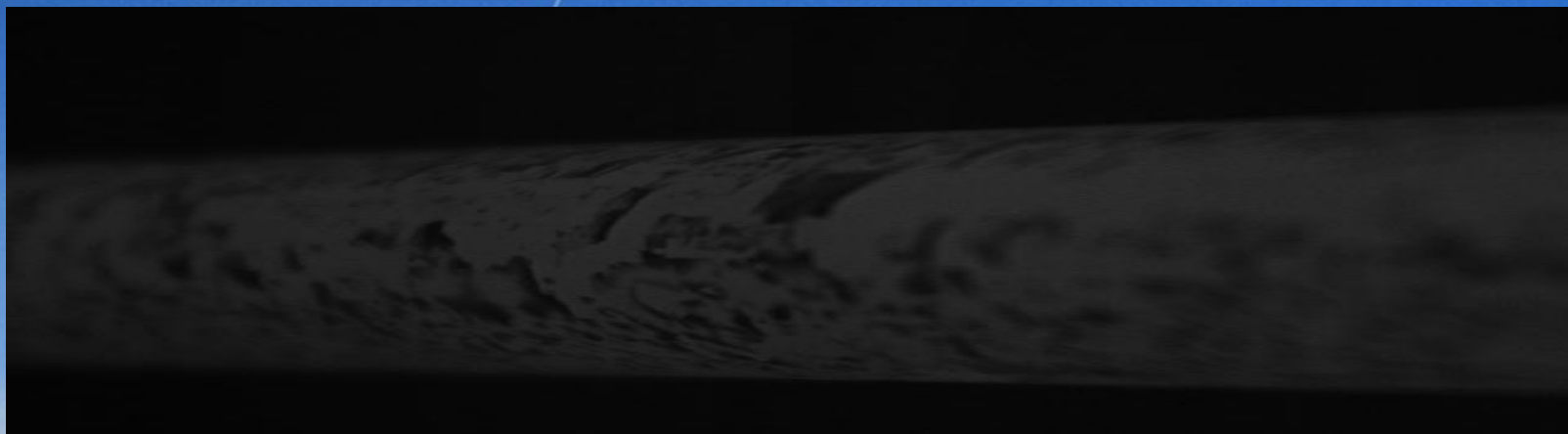
细化后融合成完整360度轮廓



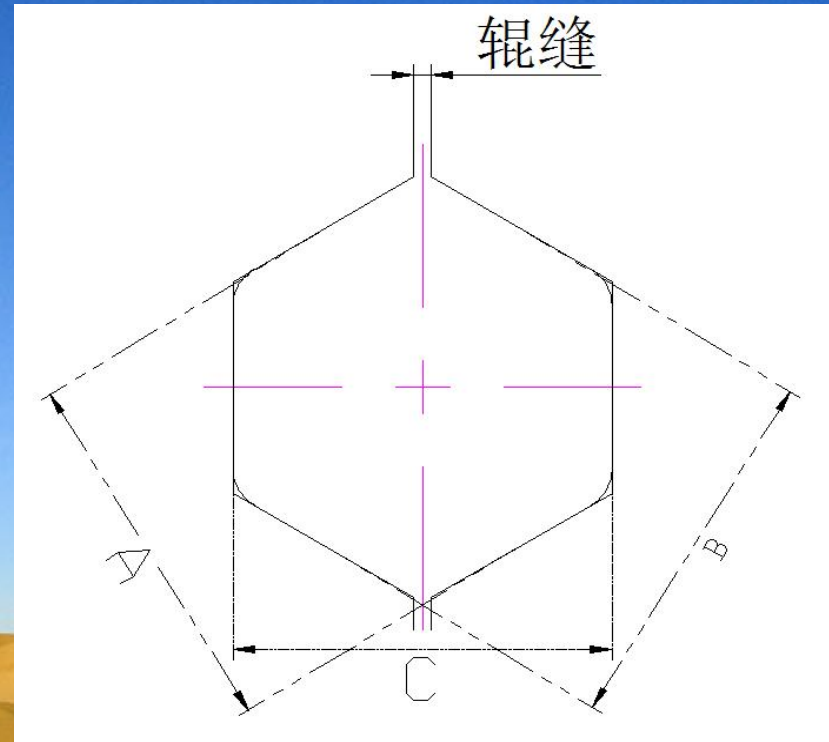
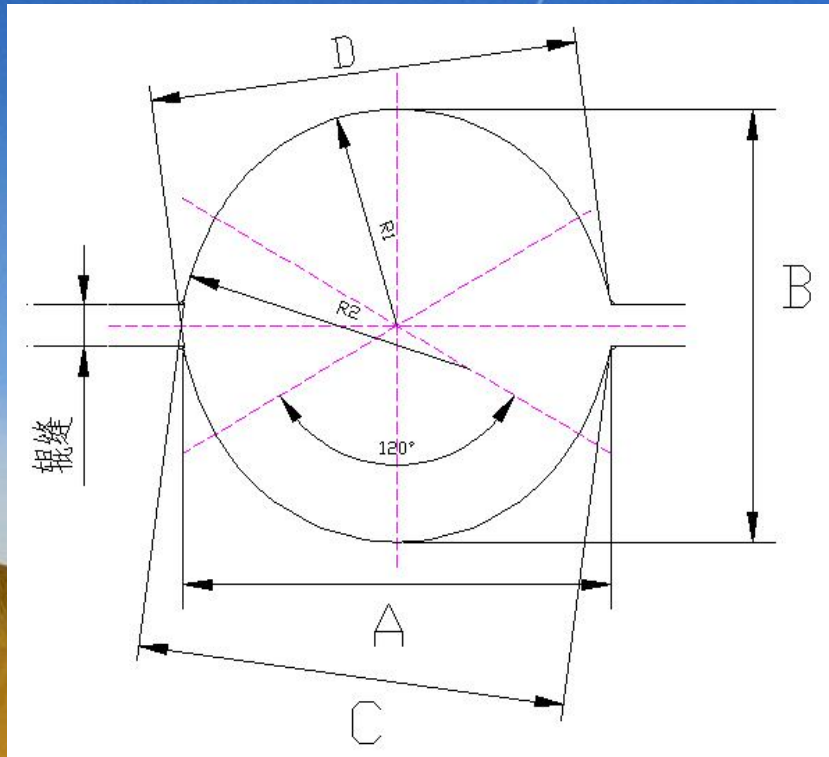
所实现的表面裂纹程序流程



表面铁屑的例子（不是裂纹）



尺寸计算



六角钢对边尺寸计算流程

利用霍夫变换获得六角钢六条边
直线方程

利用霍夫变换获得六角钢
六条边直线方程的具体实
现解析

利用概率霍夫变换获得六角钢的轮廓线
段的起点和终点

求出六角钢的轮廓线段的所在直线的斜
率、倾角、方程 $y=kx+b$ 的参数 b 、线段长
度

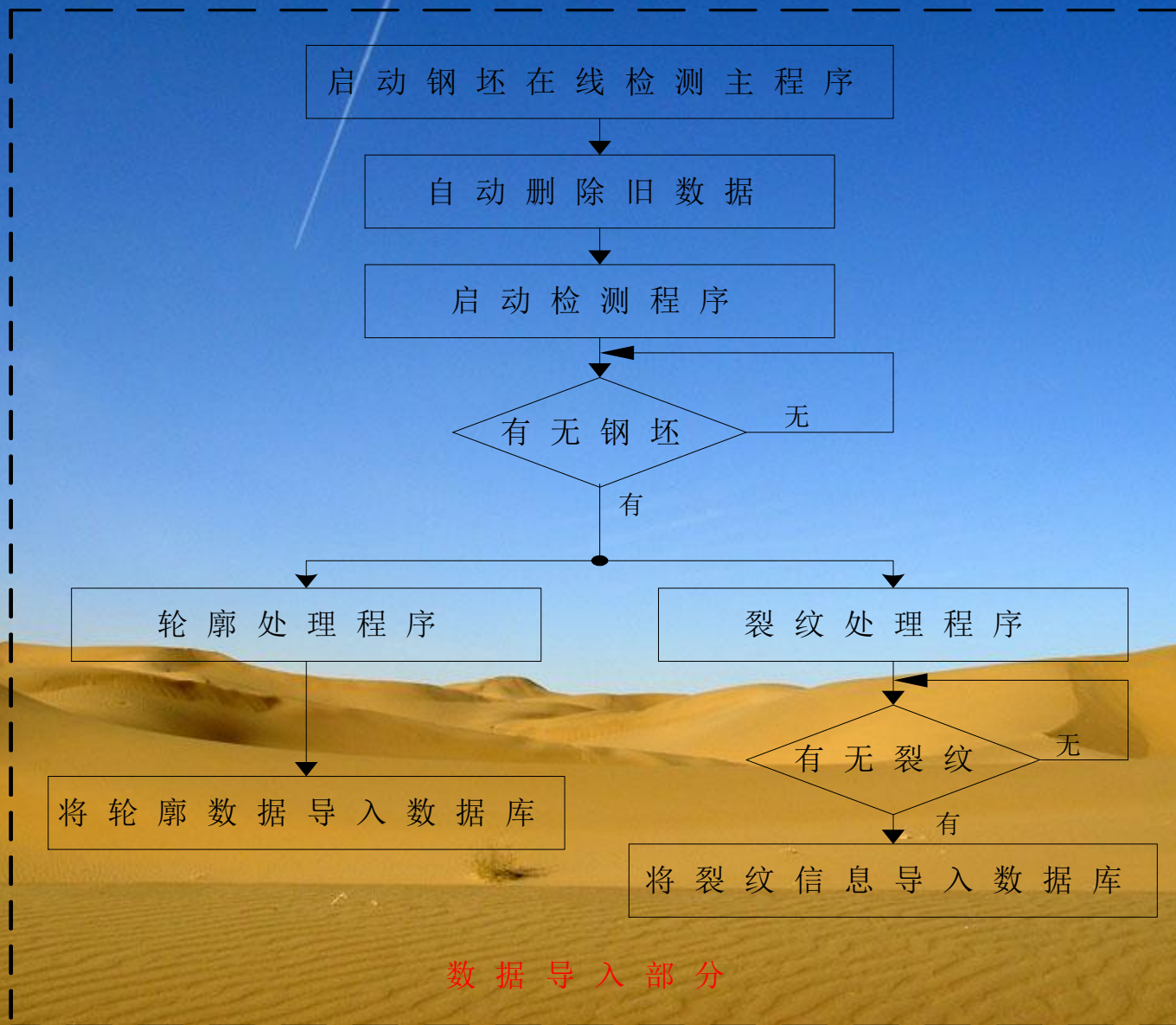
将轮廓线段直线转换为向量，并将向量
的角度置为 $[0^\circ \sim 180^\circ)$

(提取对边) 按直线角度由大到小进行
排序，并将六角钢的平行对边挑选出
来，将三组平行对边分别装入三个不同
容器

(分离对边) 将同一个容器平行对边分
开，分别放入到两个容器中；最后形成
六个容器，每个容器中存放六角形轮廓
的一条边的若干条碎线段

(确定对边) 将每个容器中的最长线段
作为六角钢轮廓的一条边

所实现数据管理流程



数据导入部分

所实现数据管理界面

裂纹数据

尺寸数据

钢坯信息

裂纹检测信息 (前100条)

日期/时间	编号
14-05-24 10:47:02	24732
14-05-24 10:47:37	6732
14-05-24 10:47:03	3737
14-05-24 10:48:56	3196
14-05-24 10:48:45	2226
14-05-24 10:28:13	6800
14-05-24 10:28:12	6724
14-05-24 10:28:07	6294
14-05-24 10:28:05	6098
14-05-24 10:28:04	6069
14-05-24 10:27:51	5124
14-05-24 10:27:43	4516
14-05-24 10:27:28	3258
14-05-24 10:27:20	2670
14-05-24 10:27:18	2560
14-05-24 10:22:17	23146
14-05-24 10:20:37	12480
14-05-24 10:20:35	12345
14-05-24 10:20:33	12206
14-05-24 10:19:13	7390
14-05-24 10:18:35	3969
14-05-24 10:18:28	3304
14-05-24 10:12:02	664
14-05-24 10:10:35	5138
14-05-24 10:10:14	3381
14-05-24 10:09:44	1121
14-05-24 10:09:42	985
14-05-24 10:06:17	82
14-05-24 10:02:04	8796
14-05-24 09:58:18	14468
14-05-24 09:57:47	12222
14-05-24 09:57:45	12066
14-05-24 09:57:44	11996
14-05-24 09:56:37	5986
14-05-24 09:55:58	2424
14-05-24 09:55:42	1106
14-05-24 09:55:41	954
14-05-24 09:55:33	294
14-05-24 09:55:31	174
14-05-24 09:55:29	22
14-05-24 09:54:39	612
14-05-24 09:54:38	509
14-05-24 09:54:37	486
14-05-24 09:54:31	6
14-05-24 09:53:34	784
14-05-24 09:53:28	458

钢坯检测信息 (前100条)

序号	时间	参数A	参数B	参数C	参数D
1	2014-5-24 16:58:39	22.2	22.04	22.11	0
2	2014-5-24 16:58:38	22.15	22.05	22.1	0
3	2014-5-24 16:58:35	22.18	22.05	22.11	0
4	2014-5-24 16:58:33	22.07	21.97	22.1	0
5	2014-5-24 16:58:31	22.17	22.06	22.1	0
6	2014-5-24 16:58:29	22.18	22.11	22.1	0
7	2014-5-24 16:58:26	22.23	22.14	22.11	0
8	2014-5-24 16:58:24	22.19	22.1	22.1	0
9	2014-5-24 16:58:23	22.22	22.15	22.11	0
10	2014-5-24 16:58:21	22.19	22.11	22.1	0
11	2014-5-24 16:58:19	22.15	22.04	22.11	0
12	2014-5-24 16:58:17	22.18	22.13	22.11	0
13	2014-5-24 16:58:14	22.19	22.1	22.1	0
14	2014-5-24 16:58:12	22.1	22.02	22.11	0
15	2014-5-24 16:58:11	22.15	22.04	22.1	0
16	2014-5-24 16:58:09	22.15	22.07	22.1	0
17	2014-5-24 16:58:08	22.19	22.11	22.1	0
18	2014-5-24 16:58:05	22.18	22.13	22.1	0
19	2014-5-24 16:58:03	22.15	22.06	22.11	0
20	2014-5-24 16:58:00	22.19	22.07	22.1	0
21	2014-5-24 16:57:58	22.22	22.15	22.1	0
22	2014-5-24 16:57:55	22.22	22.14	22.11	0
23	2014-5-24 16:57:52	22.15	22.07	22.1	0
24	2014-5-24 16:57:49	22.08	21.96	22.1	0
25	2014-5-24 16:57:46	22.24	22.16	22.1	0
26	2014-5-24 16:57:46	22.24	22.17	22.11	0
27	2014-5-24 16:57:45	22.24	22.17	22.1	0
28	2014-5-24 16:57:44	22.24	22.17	22.11	0
29	2014-5-24 16:57:43	22.24	22.17	22.1	0
30	2014-5-24 16:57:42	22.23	22.17	22.1	0
31	2014-5-24 16:57:41	22.24	22.17	22.1	0
32	2014-5-24 16:57:40	22.24	22.17	22.1	0
33	2014-5-24 16:57:39	22.24	22.16	21.97	0
34	2014-5-24 16:57:39	22.24	22.16	22.1	0
35	2014-5-24 16:57:38	22.24	22.17	22.1	0
36	2014-5-24 16:57:37	22.24	22.17	22.1	0
37	2014-5-24 16:57:36	22.24	22.17	22.1	0
38	2014-5-24 16:57:35	22.24	22.17	22.1	0
39	2014-5-24 16:57:34	22.24	22.17	22.1	0
40	2014-5-24 16:57:34	22.23	22.17	22.11	0
41	2014-5-24 16:57:33	22.23	22.17	22.1	0
42	2014-5-24 16:57:32	22.24	22.16	22.11	0
43	2014-5-24 16:57:31	22.24	22.17	22.1	0
44	2014-5-24 16:57:30	22.24	22.17	22.1	0
45	2014-5-24 16:57:29	22.23	22.17	22.1	0
46	2014-5-24 16:57:28	22.24	22.17	22.1	0

筛选框

起始时间:

截止时间:

记录个数:

筛选

刷新显示

退出显示

2.3.3 现场调试与试运行过程

第一次现场调试

水冷套漏水、橡皮管烤化、导线烤软、结构不稳定、灰尘积累
重新设计和加工水冷套、改橡皮管为金属水冷管、改信号线为耐高温线、结构加固、和激光器前加气罩防护灰尘积累。

第二次现场调试

像机和激光器装载结构不稳定、激光器功率偏低。
重新设计激光器和像机装载结构、提高激光器功率至2W
性能稳定。

第三次现场调试

激光器线长不合适、两个像机视场不够、软件若干问题。
重新设计激光器线长，改为三个像机，相应结构作改动。

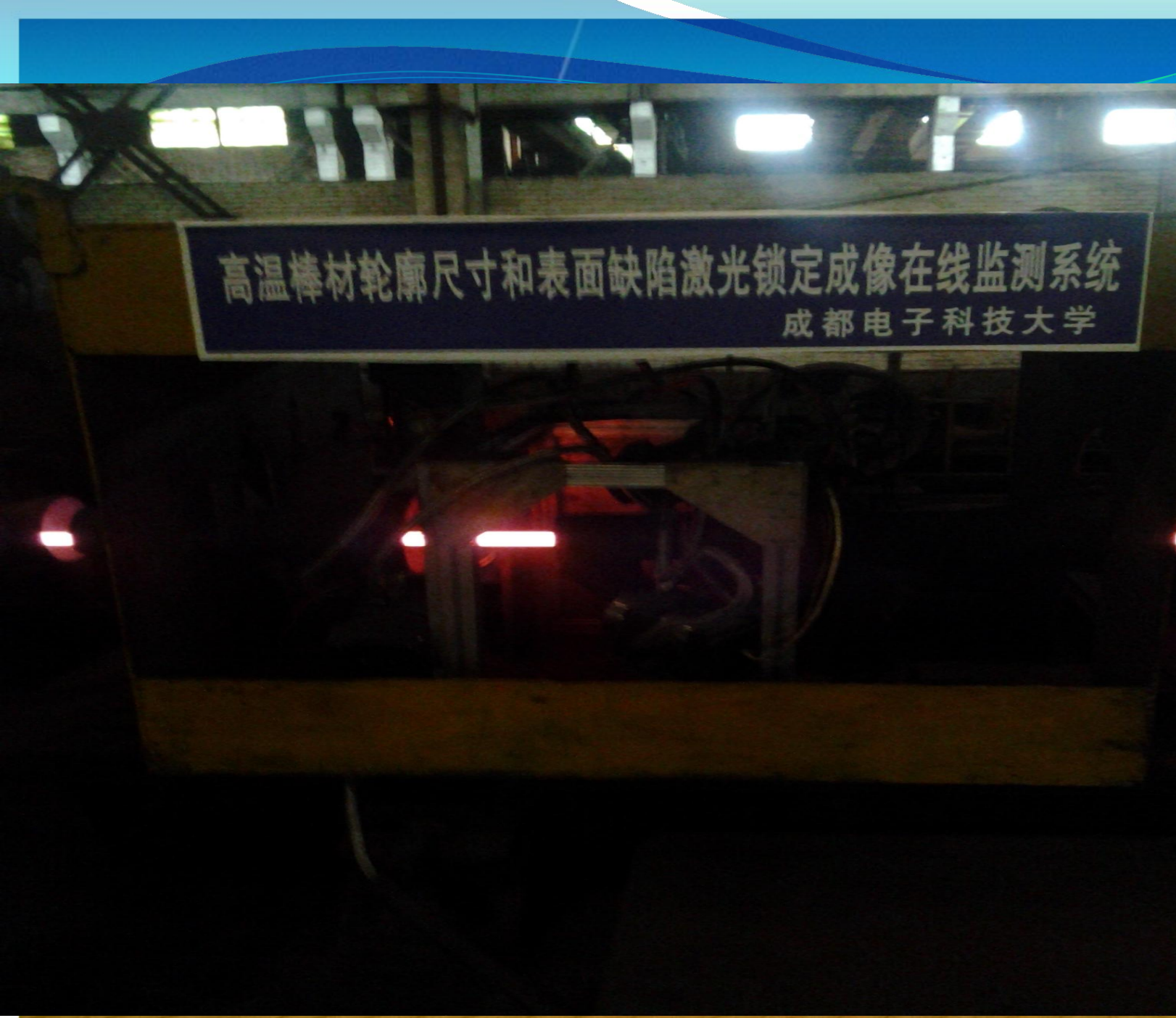


第四次现场调试

强静电干扰、激光器被静电点亮、
激光脉冲和像机时序不对

良好接地、静电干扰消除、改程
序使激光器和像机时序正常、系
统稳定，误判消失。

系统日渐正常。



高温棒材轮廓尺寸和表面缺陷激光锁定成像在线监测系统
成都电子科技大学

2014年7月份现场试运行
高温、高粉尘、强振下长时间安全运行

四、项目完成情况

(与科技局合同规定任务和技术指标对比)

4.1 研究内容的完成情况

4.2 考核指标完成情况

4.3 考核经济指标完成情况

4.4 考核科技产出指标情况



4.1 研究内容的完成情况

序号	合同规定	实际研究内容	完成情况
1	研究激光锁定成像用于高温棒材的表面缺陷和轮廓进行实时在线监测；当产品不合格时，系统输出信号，避免产品流入市场，形成批量不合格。	研究并实现了激光锁定成像在高温棒材监测中的应用，研究并实现了圆钢和六角钢轮廓尺寸测量，研究并实现了报警信号输出。	完成
2	激光锁定成像在高温棒材在高温监测中的应用	实现了激光锁定成像成像获取高温棒材真实轮廓	完成
3	通过所获取的激光锁定成像获得真实完整轮廓，从而准确获取棒材外形轮廓和理想圆轮廓误差。	实现了圆钢和六角钢的轮廓获取和尺寸计算。	完成
4	左右两个图像传感器获得完整轮廓的提取；提取出棒材表面缺陷。	实现了三个图像传感器的轮廓获取；实现热棒材表面缺陷识别和提取。	超额完成
5	满足棒材10米/秒运动速度测量要求。	实现了10米/秒棒材运动速度下稳定监测	完成
6	测量系统满足棒材温度1000度； 测量系统满足高粉尘环境。	实现棒材温度1000度下稳定监测； 实现高粉尘环境下稳定监测； 实现强振动环境下稳定监测； 实现系统远程监测	超额完成

4.2 考核指标完成情况

考核技术指标

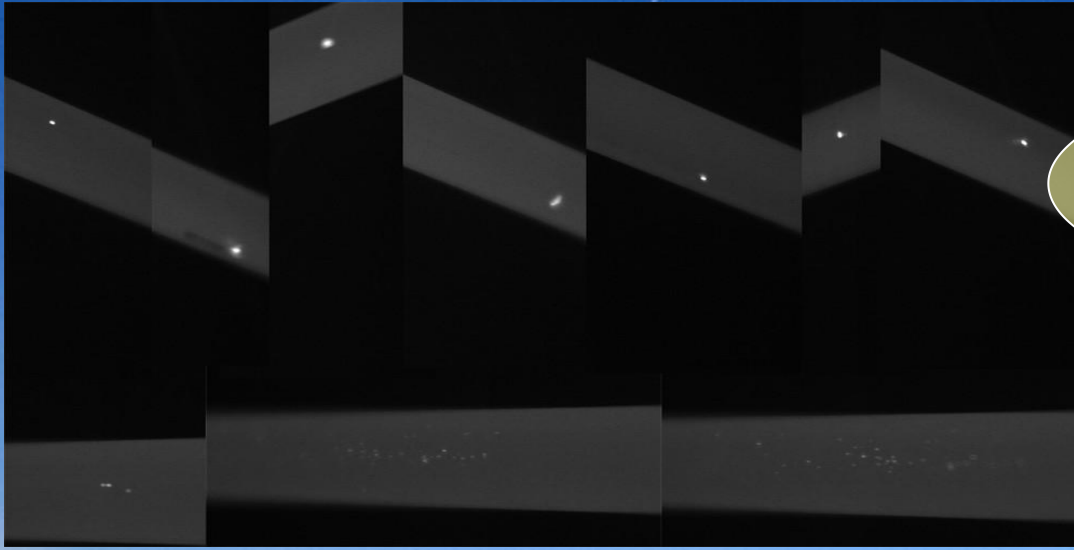
序号	合同规定	实际完成内容	完成情况
1	测量钢材的外形为圆形、六角形；轮廓圆钢直径范围 $\Phi 12$ — $\Phi 55$ mm；六角形对边尺寸范围22—35mm；测量误差： $\leq \pm 0.1$ mm；	实现圆钢直径范围 $\Phi 12$ — $\Phi 55$ mm测量；实现六角钢对边尺寸范围22—35mm测量； 实际测量误差： $\leq \pm 0.10$ mm；	完成
2	裂纹测量 深度 ≥ 0.3 mm； 宽度 ≥ 0.3 mm； 长度 ≥ 5 mm	实现了裂纹测量： 深度 ≥ 0.3 mm； 宽度 ≥ 0.2 mm； 长度 ≥ 0.2 mm	完成
3	棒材运行速度 ≤ 10 m/s； 运行时间：100天	实现了10米/秒棒材运动速度下稳定监测； 实现了4次连续运行，最长连续运行时间20天。	完成
4	当检测出红钢棒材轮廓尺寸超差和表面裂纹时，检测系统立即报警；	实现了三个图像传感器的轮廓超差声音报警； 实现表面缺陷声音报警。	完成

考核经济指标

序号	合同规定	实际完成内容	完成情况
1	降低年生产成本约20万元； 每年可节约生产成本40万元。 。	降低年生产成本约45万元； 每年可节约生产成本110万元。	完成

考核科技产出指标

序号	合同规定	实际完成内容	完成情况
1	申请专利2项； 申请软件著作权1项；	<p>(1) 正在进行专利申请“一种线结构光机器视觉六角棒材轮廓测量方法”；</p> <p>(2) 正在进行专利申请“一种机器视觉热棒材表面裂纹测量方法”；</p> <p>申请并获得中华人民共和国国家版权局软件著作权1个。</p> <p>(3) (软件名称：高温棒材机器视觉轮廓尺寸在线监测软件，登记号：软著登字第058519号；日期：2013年5月</p> <p>发表文章</p> <p>1.黄凯 余学才 唐飞 等，基于OPEN CV的六角棒材尺寸测量研究，计算机测量与控制，Vol.21(5)，1137-1139(2013)</p> <p>2. 万聪灵，余学才 蒋波，李泽思，线结构光双目传感器棒材轮廓测量标定方法，计量学报，Vol. 35(1)，34 - 38(2014)</p>	完成



表面裂纹图片汇集



轮廓尺寸