

T/ZJEI

浙江省企业信息化促进会团体标准

T/ZJEI xx—xx

单纹理单色织物视觉检测系统技术要求

Technical requirements for single texture and monochrome fabric visual inspection system

（征求意见稿）

2024 - xx - xx 发布

2024 - xx - xx 实施

目 次

前 言	II
1 范围	3
2 规范性引用文件	3
3 术语和定义	3
4 缩略语	4
5 基本架构	4
6 功能要求	5
6.1 图像采集	5
6.2 产线配置	6
6.3 图像检测	6
6.4 产线运维管理	7
6.5 后台管理	7
7 性能要求	7
7.1 检测性能要求	7
7.2 系统性能要求	8
8 测试方法	8
8.1 系统检测时间测试评价	8
8.2 精确度	9
8.3 特效度	9
8.4 误检率	9
8.5 漏检率	9
8.6 马修斯相关系数	10
8.7 平均交并比	10
8.8 色差计算公式	10
8.9 CCD 扫描约定	11
8.10 吞吐率	11

单纹理单色织物视觉检测系统技术要求

1 范围

本文件规定用于单纹理单色织物色差、缺陷及尺寸等的在线检测系统的基本架构、功能要求、性能要求及测试方法。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 3978-2008 标准照明体和几何条件

GB/T 5698-2001 颜色术语

GB/T 7921-2008 均匀色空间和色差公式

JJG 595-2002 测色色差计检定规程

3 术语和定义

GB/T 5698-2001界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

LAB 颜色空间 LAB color space

LAB颜色空间是基于人的生理特征的颜色系统，用数字化的方法描述人的视觉感应。

注：Lab颜色空间中的L分量用于表示像素的亮度，取值范围是[0, 100]，表示从纯黑到纯白；a表示从红色到绿色的范围，取值范围是[127, -128]，红色调为正值，绿色调为负值；b表示从黄色到蓝色的范围，取值范围是[127, -128]，黄色调为正值，绿色调为负值。LAB颜色空间致力于感知均匀性，它的 L 分量密切匹配人类亮度感知，a 和 b 分量的输出阶做精确的颜色平衡。

3.2

标准光源 standard light source

国际照明委员会为统一颜色测量时的照明所规定的光源。

3.3

吞吐量 throughput

单位时间内处理的数据量。

3.4

收敛时间 convergence time

达到一定的收敛精度所需的时间。

3.5

示值误差 indication error

对白、红、绿、蓝、黄5种标准色板的 Y, x, y进行测量，每块色板重复测量多次，每块色板检测值与色板的各自标准值之差的绝对值定义为示值误差。

3.6

重复性 repeatability

测量同一位置的Y, x, y数据最大差值。

3.7

复现性 eproducibility

设备与白板对量值的综合复现能力的指标。连续测量专用工白板多次，测量中，每次都要以白板中心为轴转动约45°。

3.8

稳定性 stability

连续测量专用工作白板多次。在测量中，白板保持不动。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

DP: 数据并行 (Data Parallel)

FNR: 假阴性率, 又称漏检率 (False Negative Rate)

FPR: 假阳性率, 又称误检率 (False Positive Rate)

TNR: 特效度 (True Negative Rate)

MCC: 马修斯相关系数 (Matthews Correlation Coefficient)

PPV: 精度, 阳性预测值 (Positive Prediction Value)

MIoU: 平均交并比 (Mean Intersection Over Union)

5 基本架构

基于单纹单色织物的视觉检测系统架构和框图见下图, 包含车间配置管理部分和织物在线检测模块, 如下:

- 产线配置管理部分包含成像配置、成像控制、产线标识等功能模块, 一般部署在产线端, 需要设置登录账号及权限, 只允许车间管理员进行操作;
- 织物在线检测模块包含图像采集模块、图像预处理、NG 图像缺陷标定、织物缺陷识别并定位。模型算法既能支持后台端算力训练和推理, 也可支持边端训练和推理;
- 产线运维管理包含系统协同、系统配置、系统性能监控、系统管理功能;
- 后台管理包含模型训练、模型管理、数据管理以及数据存储服务;
- 报表及缺陷的显示、执行单元操作等内容须供需双方互相约定。

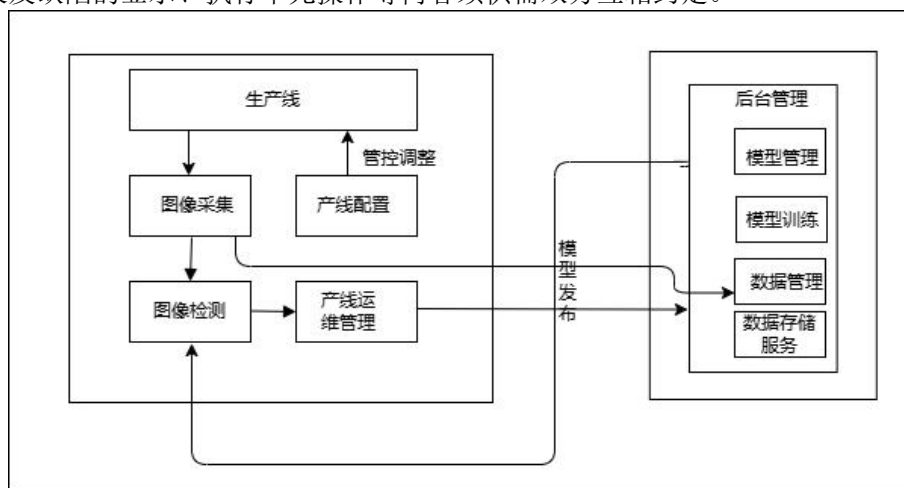


图 1 单纹单色织物视觉检测系统基本架构

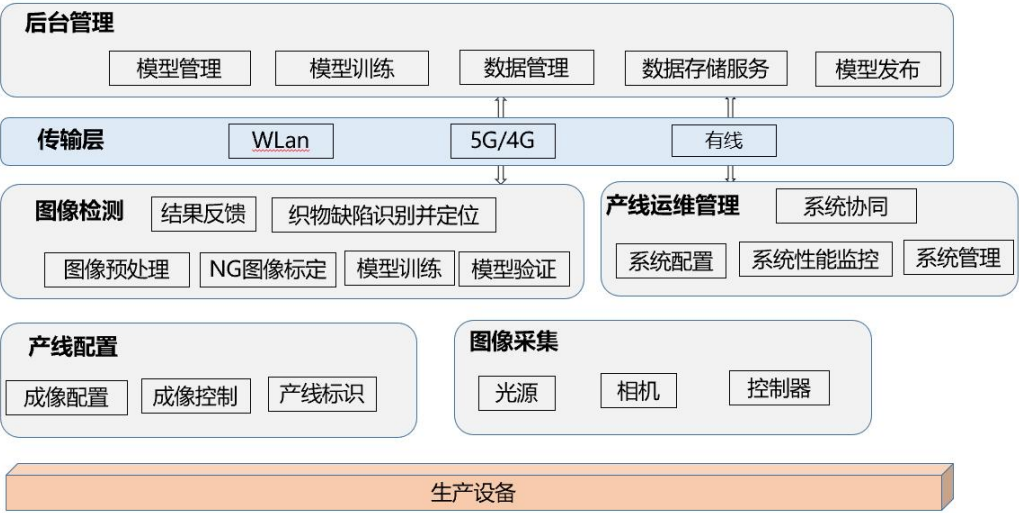


图 2 单纹单色织物视觉检测系统框图

6 功能要求

6.1 图像采集

- a) 织物图像拍摄应满足按生产节拍进行采集，可满足同时多台成像设备的同步抓拍，图片需满足配准、拼接的功能，对同一缺陷的识别不能因为连续拍照而误识别成多个缺陷。
- b) 对于织物的颜色识别产线，需要标准照明体系 D65 的多组光源，光通量需满足在线采集织物颜色的要求。照明应符合 GBT3978-1994《标准照明体及照明观测条件》中的规定，即应符合 45/0，0/d，d/0，0/45 四种条件的任一种。

不同颜色的光源照射会对成像效果产生不同的影响，光源对颜色的特性表现在以下两个方面：

- a) 色表：光源发出光的颜色；
- b) 显色性：光源发出的光照射到物体上时，反（透）射光表现出的颜色的特性。

常用人造光源列表：

表 1 常用人造光源列表

光源	特性	范围
CWF	美国冷白商店光源	多用于同色异谱测试
D65	国际标准人工日光	平均北方日自然日光，代替自然光对色
A(Incandescent)	典型的卤钨灯（白炽灯），色温 2856K。	家庭或商场主要的使用光源，同色异谱测试用的典型白炽灯。
C(Sunlight)	过滤卤钨灯，色温 6770K。	早期的平均日光灯，但它在近紫外区的相对光谱功率分布不符合平均昼光，目前已逐渐被 D65 取代。
D50	色温 5000K	
D55	色温 5500K	
D75	色温 7500K	
F1-F12		12 种不同类型的荧光灯，由于加入了荧光物质，与日光和钨丝灯相比，会在某些波长处呈现出带状辐射，为非连续谱。
CWF	色温 4150K	美国商业荧光灯，典型的美国商场和办公室用灯，同色异谱测试用的典型荧光灯。
WWF	色温 3000K	美国商业荧光灯，典型的美国商场和办公室用灯，同色异谱测试用的典型荧光灯。

表1 常用人造光源列表（续）

U30	色温 3000K	美国商业荧光灯，稀土商用荧光灯，用于商场照明。
HOR	色温 2300K	卤钨灯（白炽灯），模拟早上日升，下午日落的日光，与 A 同属于家庭或商场使用的光源。同色异谱测试用灯，俗称黄昏日光灯。
UV	紫外灯	检测织物上的荧光材料

- c) 图像传输应支持 TCP/IP、FTP、CXP、GIGE 等一种或者多种传输协议。
- d) 图像成像按实际需求可灵活调整相机的高度，相机的拍摄角度，像素应支持多种分辨率，图像成像像素需能在线设置。
- e) 图像成像格式应支持 jpeg、tiff 等多种格式。
- f) 应支持图像的旋转、缩放、抠图以及 ROI 等功能。
- g) 图像帧率应满足业务应用需求，支持 20FPS 以上。
- h) 经图像信息输入系统获取的源图像通常含有各种各样的噪声和畸变，这些噪声会影响图像质量，系统应支持图像增强处理：光照预处理、对比度增强、中值滤波等。
- i) 应支持对采集的图片进行人工或者自动标注。
- j) 应能识别相机的制式（PAL 或者 NTSC），并根据相机的制式选择不同的算法。
- k) 图像采集卡是控制相机拍照、完成图像采集与数字化，协调整个系统的重要设备，图像采集精度须与相机的输出信号匹配，采集卡需对多台相机进行同步或异步控制。

6.2 产线配置

- a) 接收挡车车间管理信息中的批次信息、规格、二维码、RFID 等信息，并支持流程操作，配置流程的检测项目。
- b) 应支持与产线上的自动化设备连接，并根据车间的工作情况触发相机拍照，调用推理服务，对分析结果进行处理等。
- c) 产线上应设置相机控制面板，能调整图像扫描参数，应支持控制相机调整参数和光源，如焦距和亮度。
- d) 产线能设置光源信息，应支持光源的开关控制，能设定光源强度，能设置光源工作模式，如常亮或者频闪等，可支持光源的远程控制及独立控制。

6.3 图像检测

- a) 图像检测功能是面向单色织物的主要缺陷，色差检测的稳定性、重复性、复现性、以及测定误差应符合要求。测量范围为：1) 当处理色织物时，应对经线和纬线分别计算待测织物色差的每个分割区域指标值平均值 X' 和任意的最大差值 Y' 和相对偏差值 Z' 。算法需要分别处理 X' 、 Y' 、 Z' 、和 $A_{标准}$ ，当超出阈值就需要执行相应的措施及显示相关的记录，警示操作人员实时处理，在经线出现色差时，应停机操作，防止布匹出现连续色差。2) 检测染色布时，首先根据纹理特征和图像分辨率，确定以目标像素点为中心的领域 $m1*n1$ 的大小，然后取邻域内所有像素点的中值，计算平均值 X' 和任意的最大差值 Y' 和相对偏差值 Z' 。算法需要分别处理 X' 、 Y' 、 Z' 、和 $A_{标准}$ ，当超出阈值就需要执行相应的措施及显示相关的记录，警示操作人员实时处理；3) 测量待测织物的尺寸；4) 能够显著标识具体的缺陷的位置及显示相关的记录；5) 对主要缺陷门幅异常、破边、破洞、断经断纬必须 100%能检出及显示。

注： X' 为包含 $(x1, x2...xn)$ 的特征值空间。

Y' 为包含 $(y1, y2...yn)$ 的特征值空间。

Z' 为包含 $(z1, z2...zn)$ 的特征值空间。

$A_{标准}$ 为标准样本空间。

- b) 应支持容器化部署，能适应不同操作系统运行环境。
- c) 应响应产线配置端的检测流程的设置，包括数据接入、数据处理、模型训练、模型验证等。

- d) 应能读取外部图片，并对缺陷的织物做定位，并和生产线上的自动化设备和巡检设备等进行数据请求和返回结果的交互，显示工作台信息及批次号和规格等具体的内容。
- e) 图像的内容不是单一的图像，每块被测区域存在杂质的数量、大小、颜色、位置、形状各异，另由于布匹的快速运动对光线进行反射，图像存在大量噪声，图像的处理需考虑效率、预处理。
- f) 支持图片实例分割，应支持小样本训练，模型部署后能够对存疑的图片进行再训练，提高模型识别的准确率。

6.4 产线运维管理

- a) 应支持数据输出功能，并将模型推理的结果和图片进行显示、汇总并和其他生产系统进行交互。
- b) 应对检测平台的服务性能如吞吐量和吞吐率、收敛时间、检测速度和资源开销、PCIe 传输速度进行评测和监控。以一个模型使用单卡训练为例，假设训练时单卡最大能支持的 local batch size 为 256，训练一个 step 的耗时为 1 秒。则单卡训练时的吞吐为 256 imgs/s。如果我们使用 32 张卡做数据并行训练，假设没有损耗，那么理论上的训练吞吐量可达到 $32 \times 256 = 8192$ imgs/s。
注：CPU 图片数据流通过 PCIe 读进显存，然后 GPU 核心的计算结果通过 PCIe 从显存送回内存。所以 PCIe 的传输速度可以产生影响，比如说一个 batch 的数据 (tensor shape: (32, 224, 224, 3)) 通过 PCIe3.0 16 (带宽为 15.754GB/s) 传输到 GPU 理论所需时间为 2.44ms。(float32 的 tensor 的 size 为 $32 \times 224 \times 224 \times 3 = 0.0385\text{GB}$)。
- c) 应对产线及流程的算法进行统管，支持模型的训练，并和边侧协同完成数据标注、边缘推理和边缘部署。
- d) 应快速部署新的算法，具备算法的可靠性评估等功能。
- e) 支持边端和后台中心管理端协同。
- f) 边端设备的原始图片、标注数据、数据集、推理结果等信息应在当天和后台设备进行交互。防止数据丢失。
- g) 边端设备上的流程配置及模型算法应每天和后台设备进行交互备份。
- h) 边端设备的软件运行日志、审计错误等应当天传输给后台设备备份。
- i) 注：网络传输的设备及部署等本文档不作说明。

6.5 后台管理

- a) 模型管理具有管理模型的版本，关联数据集，配置节点硬件规格、运行时依赖、超参文件、工作站信息。
- b) 模型训练具有调用在线的模型进行训练，展示模型训练完成的结果信息，评估模型的性能。
- c) 数据管理提供数据标注、数据清洗、分组、特征分析功能。
- d) 模型发布提供在线模型发布到工作站，并记录日志信息。
- e) 数据存储服务存储疵点、布匹、设备等多维度数据，数据与分析结果可汇总到大数据平台。

7 性能要求

7.1 检测性能要求

- a) 色差的稳定性、重复性及复现性以及示值误差，如图所示。

指 标		级 别	一 级	二 级
项 目				
稳定性	$\Delta h(Y)$		≤ 0.2	≤ 0.4
重复性	$s(Y)$		≤ 0.3	≤ 0.5
	$s(x), s(y)$		≤ 0.001	≤ 0.003
	$s(\Delta E)$		≤ 0.2	≤ 0.4
复现性	$\Delta l(Y)$		≤ 1.0	≤ 2.0
	$\Delta l(x), \Delta l(y)$		≤ 0.002	≤ 0.006
	$\Delta l(\Delta E)$		≤ 0.5	≤ 0.7
示值误差	ΔY		≤ 1.5	≤ 3
	$\Delta x, \Delta y$		≤ 0.020	≤ 0.025

图 3 色差的稳定性、重复性及复现性以及误差等级表

- 产线图像设备的采集应符合生产节拍的要求，传输装置应该和待测织物的运动速度保持一致，扫描频率应该按照待测织物的运动速度及待扫描的待测织物的宽幅等进行设置，保持光照均匀、稳定、不影响织物的色差和缺陷、尺寸等的检测。
- 待测织物的多次测量的结果应保持一致。
- 模型的测量推理验证速度应满足生产的要求。

7.2 系统性能要求

- 系统应满足生产线 24 小时运行要求，按系统保障机制，应有实时切换的备份系统和数据能响应厂区的突发情况。
- 系统的所有数据的显示及页面响应满足生产线实时生产的要求。
- 系统的数据及页面展示应满足一致性要求，产线对采集设备的设置和设备之间交互响应应保证实时生效。
- 系统的维护性及易用性应满足实际的生产要求，保持所见即为所得，交互信息应保持没有歧义，简洁和准确，并且提示和警告的展示能够醒目、准确、方便定位故障。系统应提供完备的文档和操作手册。
- 为应对突发情况，系统应满足远程操控的要求。同时，系统应明确设置权限级别，防止不当操作。

8 测试方法

8.1 系统检测时间测试评价

系统检测时间测试评价方法如下：

- 创建并配置检测任务，选取 N 个测试对象，图像采集设备进行图像采集，接入测试系统进行推理；
- 统计 N 个测试对象从图像采集、AI 图像处理进行缺陷分析，最终输出检测结果所消耗的时间 $t(i=1, 2, \dots, N)$ ，通过如下公式计算系统平均检测时间 T ：

$$T = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t \quad (1)$$

式中：

T ——系统检测时间；

t ——第 i 个测试对象检测时间；

N——测试对象总数
i——第i个测试对象

8.2 精确度

精确度测试评价方法如下：

- 创建并配置检测任务，选取 N 个测试对象，从图像采集设备进行图像采集，接入测试系统进行推理；
- 针对 N 个测试对象从图像采集、AI 图像处理进行缺陷分析，统计预测为缺陷的样本，体现预测为缺陷的样本中有多少是正确的。通过公式（2）计算精确度，其中正检数为 TP，FP 为预测正向，实际上预测错误，误检数，精确度记为 PPV。

$$PPV = \frac{TP}{TP+FP} \quad (2)$$

式中：

PPV——精确度
TP——正检数
FP——误检数

8.3 特效度

特效度测试评价方法如下：

- 创建并配置检测任务，选取 N 个测试对象，从图像采集设备进行图像采集，接入测试系统进行推理；
- 针对 N 个测试对象从图像采集、AI 图像处理进行缺陷分析，统计负样本被准确预测。通过公式（3）计算特异度，其中负检数为 TN，FP 为误检数，特效度记为 TNR，公式为：

$$TNR = \frac{TN}{TN+FP} \quad (3)$$

式中：

TNR——特效度
TN——负检数
FP——误检数

8.4 误检率

误检率测试评价方法如下：

- 创建并配置检测任务，选取 N 个测试对象，从图像采集设备进行图像采集，接入测试系统进行推理；
- 针对 N 个测试对象从图像采集、AI 图像处理进行缺陷分析，统计负样本被预测为正样本占总的负样本的比率。通过公式（4）计算误检率，其中误检数为 FP，TN 为负检数，误检率记为 FPR，公式为：

$$FPR = \frac{FP}{TN+FP} \quad (4)$$

式中：

FPR——误检率
TN——负检数
FP——误检数

8.5 漏检率

漏检率测试评价方法如下：

- 创建并配置检测任务，选取 N 个测试对象，从图像采集设备进行图像采集，接入测试系统进行推理；
- 针对 N 个测试对象从图像采集、AI 图像处理进行缺陷分析，统计正样本被预测为负样本占总的正样本的比率。通过公式（5）计算漏检率，其中漏检数为 FN，TN 为负检数，漏检率记为 FNR，公式为：

$$FNR = \frac{FN}{FN+TP} \quad (5)$$

式中：

FNR——漏检率

FN——漏检数

TP——正检数

8.6 马修斯相关系数

马修斯相关系数测试评价方法如下：

- 创建并配置检测任务，选取 N 个测试对象，从图像采集设备进行图像采集，接入测试系统进行推理；
- 针对 N 个测试对象从图像采集、AI 图像处理进行缺陷分析，统计样本平衡下的缺陷检测模型性能。通过公式（6）计算马修斯相关系数 MCC，公式为：

$$MCC = \frac{TP*TN-FP*FN}{\sqrt{(TP+FP)(FP+FN)(TN+FP)(TN+FN)}} \quad (6)$$

式中：

MCC——马修斯相关系数

FN——漏检数

TP——正检数

TN——负检数

FP——误检数

8.7 平均交并比

平均交并比测试评价方法如下：

- 创建并配置检测任务，选取 N 个测试对象，从图像采集设备进行图像采集，接入测试系统进行推理；
- 针对 N 个测试对象从图像采集、AI 图像处理进行缺陷分析，统计标注的准确性。通过公式（7）计算平均交并比 MIOU，公式为：

$$MIOU = \frac{1}{k+1} \sum_{i=0}^k \frac{p_{ii}}{\sum_{i=0}^k p_{ij} + \sum_{j=0}^k p_{ji} - p_{ii}} \quad (7)$$

式中：

MIOU——平均交并比

k——缺陷总类别数

k+1——缺陷总类别数加背景

p_{ij} ——第 i 类像素被判为 j 类的数量

p_{ji} ——第 j 类像素被判为 i 类的数量

8.8 色差

测色仪器是模拟人眼对颜色感应的光学测量仪器，通过测色器对颜色进行物理测量后，其数据应能预测人眼所看到情况，因此需要色差计算公式来预测目视色差。

色差的计算过程先由 RGB 颜色空间转换成 XYZ 颜色空间，然后再由 XYZ 颜色空间转换为 LAB 颜色空间，最后再计算色差。

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.412453 & 0.357580 & 0.180423 \\ 0.212671 & 0.715610 & 0.072169 \\ 0.019334 & 0.119193 & 0.950227 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} \quad (8)$$

LAB 颜色空间可以由 CIE XYZ 色度系统通过数学的方法转换而得到。如下：

$$L = \begin{cases} 116 * (\frac{Y}{Y_n})^{\frac{1}{3}} - 16, & \frac{Y}{Y_n} > 0.008856 \\ 903.3 * \frac{Y}{Y_n}, & \frac{Y}{Y_n} \leq 0.008856 \end{cases} \quad (9)$$

$$a = 500 * \left[f\left(\frac{X}{X_n}\right) - f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) \right] \quad (10)$$

$$b=200*\left[f\left(\frac{Y}{Y_n}\right)-f\left(\frac{Z}{Z_n}\right)\right] \quad (11)$$

经过技术委员会成员的紧密协作，在2001年被推荐了名为CIEDE2000的色差公式。色差公式如下：

$$\nabla E = \sqrt{\left(\frac{\nabla L}{K_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\nabla C}{K_C S_C}\right)^2 + R_T \left(\frac{\nabla C}{K_C S_C}\right) \left(\frac{\nabla H}{K_H S_H}\right) + \left(\frac{\nabla H}{K_H S_H}\right)^2} \quad (12)$$

其中， ∇E 为色差值， ∇L ， ∇C ， ∇H 分别表示明度差，彩度差和色相差； S_L 、 S_C 和 S_H 为权重函数，定义椭圆半轴的长度，可以在CIELAB颜色空间中根据区域不同而进行调整，以校正该空间的均匀性； K_L 、 K_H 和 K_C 为使用条件相关的差数因子，并且是诸如颜色检测和照明条件等相关的校正系数。

8.9 CCD 扫描约定

设织物宽度方向的分辨率为 θ_x ，其值计算公式如下：

$$\theta_x = W/n \quad (13)$$

式中：W---织物宽度

n---CCD的扫描原件性

设织物运动方向分辨率为 θ_y ，其值计算公式如下：

$$\theta_y = v*T \quad (14)$$

式中：v---织物运行速度

T---行扫描周期

要保证采集图像的各部分比例相同，就要满足 $\theta_x = \theta_y$ ，当织物宽度方向与运行方向的检测分辨率为1mm*1mm时，输送带输送速度为1-1.5m/s，扫描周期公式为：

$$T = \theta_y/v = 1\text{mm}/(1.0\text{m} * \text{s}^{-1}) = 1.0\text{ms} \quad (15)$$

织物宽度 $\leq 1500\text{mm}$ ，线阵CCD的光敏元件数如下：

$$n = 1500/1.0 = 1500 \quad (16)$$

线阵CCD的扫描频率如下：

$$f = (1500/1.0\text{ms}) * 3 = 4.5\text{MHz} \quad (17)$$

8.10 吞吐率

神经网络的吞吐率定义为网络模型在单位时间（例如1s）内可以处理的最大输入的训练样本数据。

$$\text{sample}_{\text{throughput}} = \frac{BS * N}{\text{step_time}} \quad (18)$$

式中：BS为Batch Size per DP，即每个数据并行维度的Batch Size大小。

N为集群中数据并行维度的大小。

step_time为在分布式集群中，执行完一个total Batch Size的时间（单位为s）

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/797133046200006150>