(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国 际 局

(43) 国际公布日
2025 年 1 月 9 日 (09.01.2025)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2025/007516 A1

(51) 国际专利分类号:
G06T 7/00 (2017.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2023/138847

(22) 国际申请日: 2023 年 12 月 14 日 (14.12.2023)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202310806554.X 2023年7月4日 (04.07.2023) CN

(71) 申请人: 宁德时代新能源科技股份有限公司 (**CONTEMPORARY AMPEREX TECHNOLOGY CO., LIMITED**) [CN/CN]; 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。

(72) 发明人: 吴凯 (**WU, Kai**); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。 江冠南 (**JIANG, Guannan**); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。 王智玉 (**WANG, Zhiyu**); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。 束岸楠 (**SHU, Annan**); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。

(74) 代理人: 北京华进京联知识产权代理有限公司 (**ACIP LAW OFFICES**); 中国北京市海淀区知春路7号致真大厦A1403, Beijing 100191 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明，要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明，要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

(54) **Title:** DEFECT DETECTION METHOD AND APPARATUS, COMPUTER DEVICE, AND STORAGE MEDIUM

(54) 发明名称: 缺陷检测方法、装置、计算机设备和存储介质

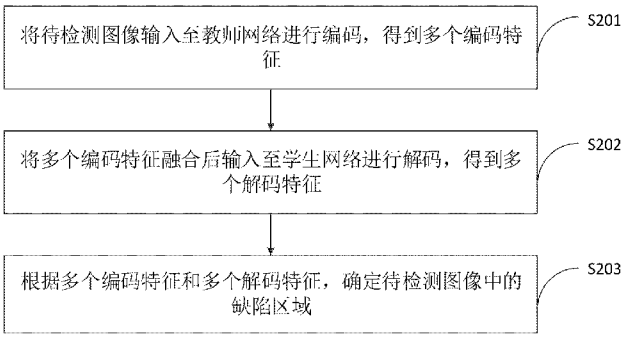


图 2

S201 Input an image to be detected into a teacher network for encoding to obtain a plurality of encoded features

S202 Fuse the plurality of encoded features and then input the fused features into a student network for decoding to obtain a plurality of decoded features

S203 Determine a defect area in said image on the basis of the plurality of encoded features and the plurality of decoded features

(57) **Abstract:** The present application relates to a defect detection method and apparatus, a computer device, and a storage medium. According to the method, an image to be detected is inputted into a teacher network for encoding to obtain a plurality of encoded features, the plurality of encoded features are fused and then inputted into a student network for decoding to obtain a plurality of decoded features, and a defect area in said image is determined on the basis of the plurality of encoded features and the plurality of decoded features. According to the defect detection method, unsupervised learning is carried out by establishing an asymmetric student network based on the output of a teacher network, and thus, compared with conventional detection algorithms where teacher networks and student networks carry out learning independently, the defect detection method can reduce sensitivity to noise to a certain extent in respective learning processes of the teacher network and the student network, thereby improving the accuracy of defect detection.

WO 2025/007516 A1

[见续页]

本国际公布:
— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要: 本申请涉及一种缺陷检测方法、装置、计算机设备和存储介质。所述方法通过将待检测图像输入至教师网络进行编码，得到多个编码特征，以及将多个编码特征融合后输入至学生网络进行解码，得到多个解码特征，并根据多个编码特征和多个解码特征，确定待检测图像中的缺陷区域。上述缺陷检测方法通过将非对称的学生网络建立在教师网络的输出上进行无监督学习，相比于传统教师网络和学生网络独立进行学习的检测算法，可以使教师网络和学生网络各自在学习过程中能够在一定程度上降低噪声的敏感性，从而提高缺陷检测的准确性。

缺陷检测方法、装置、计算机设备和存储介质

交叉引用

[0001] 本申请引用于2023年7月4日递交的名称为“缺陷检测方法、装置、计算机设备和存储介质”的第202310806554X号中国专利申请，其通过引用被全部并入本申请。

技术领域

[0002] 本申请涉及电池检测技术领域，特别是涉及一种缺陷检测方法、装置、计算机设备和存储介质。

背景技术

[0003] 密封钉焊接是动力电池生产过程中不可或缺的环节，密封钉焊接是否达标直接影响电池的安全。密封钉焊接区域称为焊道，由于焊接时候的温度、环境等变化，焊道上常常存在针孔、爆点、爆线（虚焊）、缺焊、融珠等缺陷。而焊道上的缺陷会直接影响密封钉焊接的质量，因此，针对焊道的缺陷检测是十分重要的。

[0004] 然而，现有的焊道的缺陷检测方法存在检测不准确的问题。

发明内容

[0005] 基于此，有必要针对上述技术问题，提供一种能够提高检测准确性的缺陷检测方法、装置、计算机设备和存储介质。

[0006] 第一方面，本申请提供了一种缺陷检测方法。该方法包括：

[0007] 将待检测图像输入至教师网络进行编码，得到多个编码特征；

[0008] 将多个编码特征融合后输入至学生网络进行解码，得到多个解码特征；

[0009] 根据多个编码特征和多个解码特征，确定待检测图像中的缺陷区域。

[0010] 本申请实施例提供的缺陷检测方法，通过将待检测图像输入至教师网络进行编码，得到多个编码特征，以及将多个编码特征融合后输入至学生网络进行解码，得到多个解码特征，并根据多个编码特征和多个解码特征，确定待检测图像中的缺陷区域。上述缺陷检测方法通过将非对称的学生网络建立在教师网络的输出上进行无监督学习，相比于传统教师网络和学

生网络独立进行学习的检测算法，可以使教师网络和学生网络各自在学习过程中能够在一定程度上降低噪声的敏感性，从而提高缺陷检测的准确性。

[0011] 在其中一个实施例中，教师网络包括：第一卷积模块和多个编码模块，多个编码模块级联连接，将待检测图像输入至教师网络进行编码，得到多个编码特征，包括：

[0012] 将待检测图像输入至所述第一卷积模块，得到卷积特征；

[0013] 将卷积特征输入至多个编码模块进行编码，得到多个编码特征。

[0014] 本申请实施例提供的教师网络，通过编码网络实现不同阶段或同一阶段的编码，得到多个不同尺寸或相同尺寸的编码特征，可以为后期基于多个编码特征进行缺陷检测提供丰富的特征信息，进而在一定程度上可以提高检测准确度。

[0015] 在其中一个实施例中，将卷积特征输入至多个编码模块进行编码，得到多个编码特征，包括：

[0016] 将卷积特征输入至多个编码模块进行编码，得到多个初始编码特征；

[0017] 对各初始编码特征进行尺寸调整，得到多个编码特征。

[0018] 本申请实施例提供的编码网络，通过多个级联连接的编码模块实现不同阶段的编码，得到多个不同尺寸或相同尺寸的编码特征，可以为后期基于多个编码特征进行缺陷检测提供丰富的特征信息，进而在一定程度上可以提高检测准确度。

[0019] 在其中一个实施例中，编码网络包括多个编码模块，多个编码模块级联连接，将卷积特征输入至编码网络进行编码，得到多个编码特征，包括：

[0020] 将卷积特征输入至多个编码模块进行编码，得到多个编码特征。

[0021] 本申请实施例提供的编码网络，通过多个级联连接的编码模块实现不同阶段的编码，得到多个相同尺寸的编码特征，可以为后期对多个编码特征进行融合提供便利，便于之后基于融合后的编码特征进行缺陷检测，进而在一定程度上可以提高检测准确度。

[0022] 在其中一个实施例中，将卷积特征输入至多个编码模块进行编码，得到多个编码特征，包括：

[0023] 将卷积特征输入至多个编码模块进行编码，得到多个初始编码特征；

[0024] 对各初始编码特征进行尺寸调整，得到多个编码特征。

[0025] 本申请实施例提供的编码网络，通过多个级联连接的 N 个编码模块实现 N 个阶段的编码，得到 N 个相同尺寸的编码特征，可以为后期对 N 个编码特征进行融合提供便利，便于之后基于融合后的编码特征进行缺陷检测，进而在一定程度上可以提高检测准确度。

[0026] 在其中一个实施例中，编码网络包括：N 个编码模块和 N 个第二卷积模块，第 N 个编码模块的输出端与第 N 个第二卷积模块的输入端连接，对各初始编码特征进行尺寸调整，得到多个编码特征，包括：

[0027] 将每个编码模块输出的初始编码特征输入至对应的第二卷积模块进行尺寸调整，得到多个编码特征；每个编码特征的尺寸一致。

[0028] 本申请实施例提供的编码网络，通过多个级联连接的 N 个编码模块实现 N 个阶段的编码，得到 N 个相同尺寸的编码特征，可以为后期对 N 个编码特征进行融合提供便利，便于之后基于融合后的编码特征进行缺陷检测，进而在一定程度上可以提高检测准确度。

[0029] 在其中一个实施例中，编码网络包括：M+1 个编码模块和 M 个第二卷积模块，第 M 个编码模块的输出端与第 M 个第二卷积模块的输入端连接，对各初始编码特征进行尺寸调整，得到多个编码特征，包括：

[0030] 将 M 个编码模块输出的初始编码特征分别输入至对应的第二卷积模块进行尺寸调整，得到 M 个编码特征；

[0031] 将 M 个编码特征和第 M+1 个编码模块输出的初始编码特征，确定为多个编码特征。

[0032] 本申请实施例提供的编码网络，通过多个级联连接的 M 个编码模块实现 M 个阶段的编码，得到 M 个相同尺寸的编码特征，且使 M 个编码特征的尺寸与第 M+1 个编码模块输出的编码特征的尺寸一致，可以为后期对 M+1 个编码特征进行融合提供便利，便于之后基于融合后的编码特征进行缺陷检测，进而在一定程度上可以提高检测准确度。

[0033] 在其中一个实施例中，学生网络包括：变换模块和多个解码模块，将多个编码特征融合后输入至学生网络进行解码，得到多个解码特征，包括：

[0034] 将多个编码特征融合后输入至变换模块，得到抽象特征；

[0035] 将抽象特征输入至多个解码模块进行解码，得到多个解码特征。

[0036] 本申请实施例提供的学生网络，通过多个解码模块实现不同阶段的解码，得到多个解码特征，使这多个解码特征可以与多个编码特征一一对应，以便后期能够通过分析多个编码特征和多个解码特征之间的相似程度进行缺陷检测，实现了一种准确且效率高的缺陷检测方法。

[0037] 在其中一个实施例中，多个解码模块进行级联连接，将抽象特征输入至多个解码模块进行解码，得到多个解码特征，包括：

[0038] 将抽象特征输入至多个解码模块进行解码，得到多个解码特征。

[0039] 本申请实施例提供的学生网络，通过多个级联的解码模块实现不同阶段的解码，得到多个解码特征，使这多个解码特征可以与多个编码特征一一对应，以便后期能够通过分析多个编码特征和多个解码特征之间的相似程度进行缺陷检测，实现了一种准确且效率高的缺陷检测方法。

[0040] 在其中一个实施例中，多个解码模块包括 K 个解码模块，K 个解码模块中第 1 个解码模块至第 K-1 个解码模块级联连接，将抽象特征输入至多个解码模块进行解码，得到多个解码特征，包括：

[0041] 将抽象特征输入至第 1 个解码模块至第 K-1 个解码模块进行解码，得到第 1 个解码模块至第 K-1 个解码模块中每一个解码模块输出的解码特征；

[0042] 将教师网络中第二个编码模块输出的编码特征输入至 K 个解码模块中第 K 个解码模块中进行解码，得到第 K 个解码模块输出的解码特征。

[0043] 本申请实施例提供的学生网络，通过多个解码模块实现不同阶段的解码，得到多个解码特征，使这多个解码特征可以与多个编码特征一一对应，以便后期能够通过分析多个编码特征和多个解码特征之间的相似程度进行缺陷检测，实现了一种准确且效率高的缺陷检测方法。另一方面，其中最后一个解码模块的输入是教师网络中的编码模块输出的编码特征，可以在一定程度上弥补解码过程中图像重建丢失的细节特征，进而提高解码特征的质量。

[0044] 在其中一个实施例中，根据多个编码特征和多个解码特征，确定待检测图像中的缺陷区域，包括：

[0045] 根据每个编码特征和每个解码特征之间的相似度值，得到多个相似特征图像；

[0046] 对多个相似特征图像进行融合，得到目标检测图像；

[0047] 对目标检测图像进行缺陷检测，得到缺陷区域。

[0048] 本申请实施例通过融合多个相似特征图像后，基于融合后的相似特征图像进行缺陷检测，由于多个相似特征图像反应教师网络和学生网络多个阶段的学习过程，即反应多种尺度的特征，实现了基于多尺度特征的缺陷检测，在一定程度上可以提高检测的准确性。

[0049] 在其中一个实施例中，对目标检测图像进行缺陷检测，得到缺陷区域，包括：

[0050] 将大于预设灰度阈值的灰度值对应的像素点确定为目标像素点；

[0051] 将连通目标像素点形成的区域确定为缺陷区域。

[0052] 本申请实施例通过连通大于预设灰度阈值的像素点来检测缺陷区域，此方法简单高效，可以在一定程度上提高检测准确性。

[0053] 在其中一个实施例中，所述方法还包括：

[0054] 对多个相似特征图像进行尺寸调整，得到多个调整尺寸后的相似特征图像；每个调整尺寸后的相似特征图像的尺寸与待检测图像的尺寸一致；

[0055] 对多个相似特征图像进行融合，得到目标检测图像，包括：

[0056] 对多个调整尺寸后的相似特征图像进行融合，得到目标检测图像。

[0057] 本申请实施例通过调整各相似特征图像的尺寸，使多个相似特征图像的尺寸一致，可以在一定程度上提高后期对多个相似特征图像进行融合的融合质量，从而提高后期的检测准确性。

[0058] 在其中一个实施例中，所述方法还包括：

[0059] 根据样本图像对检测网络进行训练，得到多级的教师网络和多级的学生网络；样本图像为不存在缺陷区域的图像；检测网络包括多级的初始教师网络和多级的初始学生网络。

[0060] 本实施例所述的训练方法可以基于不包含缺陷的样本图像进行训练，该类型的样本图像比较好获取，可以在一定程度上通过获取大量样本图像提高训练效果。

[0061] 在其中一个实施例中，根据样本图像对检测网络进行训练，得到教师网络和学生网络，包括：

[0062] 将样本图像输入至初始教师网络进行编码，得到多个样本编码特征；

[0063] 将多个样本编码特征融合后输入至初始学生网络进行解码，得到多个样本解码特征；

[0064] 根据多个样本编码特征和多个样本解码特征，确定目标图像；

[0065] 根据目标图像和样本图像确定目标损失，并根据目标损失对初始教师网络和初始学生网络进行训练，得到教师网络和学生网络。

[0066] 本实施例所述的训练方法通过同时训练教师网络和学生网络，使教师网络和学生网络相互学习，形成一种自蒸馏结构，可以在一定程度上有效抑制学生网络对噪声的敏感性，从而提高训练效果，进而提升训练好的教师网路和学生网络组成的检测网络的检测准确性。

[0067] 第二方面，本申请还提供了一种缺陷检测装置。所述装置包括：

[0068] 编码模块，用于将待检测图像输入至教师网络进行编码，得到多个编码特征；

[0069] 解码模块，用于将多个编码特征融合后输入至学生网络进行解码，得到多个解码特征；

[0070] 检测模块，用于根据多个编码特征和多个解码特征，确定待检测图像中的缺陷区域。

[0071] 第三方面，本申请还提供了一种计算机设备。所述计算机设备包括存储器和处理器，所述存储器存储有计算机程序，所述处理器执行所述计算机程序时实现以下步骤：

[0072] 将待检测图像输入至教师网络进行编码，得到多个编码特征；

[0073] 将多个编码特征融合后输入至学生网络进行解码，得到多个解码特征；

[0074] 根据多个编码特征和多个解码特征，确定待检测图像中的缺陷区域。

[0075] 第四方面，本申请还提供了一种计算机可读存储介质。所述计算机可读存储介质，其上存储有计算机程序，所述计算机程序被处理器执行时实现以下步骤：

[0076] 将待检测图像输入至教师网络进行编码，得到多个编码特征；

[0077] 将多个编码特征融合后输入至学生网络进行解码，得到多个解码特征；

[0078] 根据多个编码特征和多个解码特征，确定待检测图像中的缺陷区域。

[0079] 第五方面，本申请还提供了一种计算机程序产品。所述计算机程序产品，包括计算机程序，该计算机程序被处理器执行时实现以下步骤：

[0080] 将待检测图像输入至教师网络进行编码，得到多个编码特征；

[0081] 将多个编码特征融合后输入至学生网络进行解码，得到多个解码特征；

[0082] 根据多个编码特征和多个解码特征，确定待检测图像中的缺陷区域。

[0083] 上述说明仅是本申请技术方案的概述，为了能够更清楚了解本申请的技术手段，而可依照说明书的内容予以实施，并且为了让本申请的上述和其它目的、特征和优点能够更明显易懂，以下特举本申请的具体实施方式。

附图说明

[0084] 为了更清楚地说明本申请实施例的技术方案，下面将对本申请实施例中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面所描述的附图仅仅是本申请的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据附图获得其他的附图。在附图中：

[0085] 图 1 为一个实施例中计算机设备的内部结构图；

[0086] 图 2 为一个实施例中缺陷检测方法的流程示意图；

[0087] 图 3 为另一个实施例中缺陷检测方法的流程示意图；

[0088] 图 4 为一个实施例中教师网络的一种实现方式的结构示意图；

[0089] 图 5 为一个实施例中编码网络的一种实现方式的结构示意图；

[0090] 图 6 为另一个实施例中缺陷检测方法的流程示意图；

[0091] 图 7 为一个实施例中编码网络的一种实现方式的结构示意图；

[0092] 图 8 为一个实施例中编码网络的另一种实现方式的结构示意图；

[0093] 图 9 为另一个实施例中缺陷检测方法的流程示意图；

[0094] 图 10 为另一个实施例中缺陷检测方法的流程示意图；

[0095] 图 11 为一个实施例中学生网络的一种实现方式的结构示意图；

[0096] 图 12 为一个实施例中学生网络的另一种实现方式的结构示意图；

[0097] 图 13 为另一个实施例中缺陷检测方法的流程示意图；

[0098] 图 14 为另一个实施例中缺陷检测方法的流程示意图；

[0099] 图 15 为另一个实施例中训练方法的流程示意图；

[00100] 图 16 为一个实施例中检测网络的结构示意图；

[00101] 图 17 为一个实施例中缺陷检测装置的结构框图。

具体实施方式

[00102] 下面将结合附图对本申请技术方案的实施例进行详细的描述。以下实施例仅用于更加清楚地说明本申请的技术方案，因此只作为示例，而不能以此来限制本申请的保护范围。

[00103] 除非另有定义，本文所使用的所有的技术和科学术语与属于本申请的技术领域的技术人员通常理解的含义相同；本文中所使用的术语只是为了描述具体的实施例的目的，不是旨在于限制本申请；本申请的说明书和权利要求书及上述附图说明中的术语“包括”以及它的任何变形，意图在于覆盖不排他的包含。

[00104] 在本申请实施例的描述中，技术术语“第一”“第二”等仅用于区别不同对象，而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量、特定顺序或主次关系。在本申请实施例的描述中，“多个”的含义是两个以上（包括两个），除非另有明确具体的限定。

[00105] 目前，针对焊道缺陷进行检测的方法，主要基于人工智能（Artificial Intelligent，AI），可以自动化的检测焊道上是否存在缺陷或缺陷的类型。而现有的方法通常使用同向传播的教师-学生结构，即，将待检测图像分别输入至教师网络和学生网络进行图像处理，并利用教师网络和学生网络各自输出的图像之间的相似度进行待检测图像中焊道缺陷区域的检测。该教师网络和学生网络在结构上通常是相似的，这样的相似性会损害整个网络无法覆盖全部的焊道缺陷区域或焊道缺陷区域的位置预估错误，导致最终检测出的焊道缺陷区域并不准确。本

申请提供了一种缺陷检测方法，旨在解决上述技术问题。下面实施例将详细说明本申请所述的缺陷检测方法。

[00106] 本申请实施例提供的缺陷检测方法，可以应用于如图 1 所示的计算机设备中。该计算机设备可以是终端，其内部结构图可以如图 1 所示。该计算机设备包括通过系统总线连接的处理器、存储器、通信接口、显示屏和输入装置。其中，该计算机设备的处理器用于提供计算和控制能力。该计算机设备的存储器包括非易失性存储介质、内存储器。该非易失性存储介质存储有操作系统和计算机程序。该内存储器为非易失性存储介质中的操作系统和计算机程序的运行提供环境。该计算机设备的通信接口用于与外部的终端进行有线或无线方式的通信，无线方式可通过 WIFI、移动蜂窝网络、NFC（近场通信）或其他技术实现。该计算机程序被处理器执行时以实现一种缺陷检测方法。该计算机设备的显示屏可以是液晶显示屏或者电子墨水显示屏，该计算机设备的输入装置可以是显示屏上覆盖的触摸层，也可以是计算机设备外壳上设置的按键、轨迹球或触控板，还可以是外接的键盘、触控板或鼠标等。

[00107] 本领域技术人员可以理解，图 1 中示出的结构，仅仅是与本申请方案相关的部分结构的框图，并不构成对本申请方案所应用于其上的计算机设备的限定，具体的计算机设备可以包括比图中所示更多或更少的部件，或者组合某些部件，或者具有不同的部件布置。

[00108] 在一个实施例中，如图 2 所示，提供了一种缺陷检测方法，以该方法应用于图 1 中的计算机设备为例进行说明，包括以下步骤：

[00109] S201，将待检测图像输入至教师网络进行编码，得到多个编码特征。

[00110] 其中，待检测图像为焊道区域的图像，其中可能包含了焊道上的缺陷。教师网络为一种预先训练好的神经网络或编码器，其可以用于对输入的图像进行多阶段的图像编码，输出每一阶段的编码特征，即多个编码特征可以是教师网络在不同编码阶段输出的编码特征。每个编码特征可以使用特征图表示。在一些实施例中，教师网络也可以用于对输入的图像进行一次编码，直接得到多个编码特征，即多个编码特征可以是教师网络在同一编码阶段输出的编码特征。

[00111] 本申请实施例中，计算机设备可以先获取电池生产过程中，焊道区域的图像，即待检测图像。该待检测图像中可能包含了焊道缺陷，也可能未包含焊道缺陷。之后，计算机设备也可以将待检测图像输入至预先训练好的教师网络中进行不同阶段的编码，且在每个阶段或其中几个阶段输出不同尺寸或相同尺寸的编码特征，得到多个编码特征。在一些实施例中，

计算机设备还可以将待检测图像输入至预训练好的教师网络进行同一阶段的编码，一次得到多个相同尺寸或不同尺寸的编码特征。

[00112] S202，将多个编码特征融合后输入至学生网络进行解码，得到多个解码特征。

[00113] 其中，学生网络为一种预先训练好的神经网络或解码器，其用于对输入的特征图像进行多阶段的图像解码，输出每一阶段的解码特征，即多个解码特征可以是学生网络在不同解码阶段输出的解码特征。每个解码特征可以使用特征图表示。多个编码特征与多个解码特征为一一对应的关系。

[00114] 本申请实施例中，当计算机设备获取到教师网络输出的多个编码特征后，可以先将该多个编码特征在图像的通道维度进行融合，得到融合特征，再将融合特征输入至预先训练好的学生网络中进行不同阶段的解码，且在每个阶段或其中几个阶段输出不同尺寸或相同尺寸的解码特征，得到多个解码特征。在一些实施例中，计算机设备还可以将融合特征输入至预训练好的学生网络进行同一阶段的解码，即将融合特征拆解为多个不同尺寸或相同尺寸的解码特征。

[00115] S203，根据多个编码特征和多个解码特征，确定待检测图像中的缺陷区域。

[00116] 本申请实施例中，当计算机设备基于前述步骤获取到多个编码特征和多个解码特征后，即可计算得到各编码特征与对应解码特征之间的相似特征图，然后根据所有编码特征和所有解码特征之间的相似特征图计算得到目标相似特征图，最后根据目标相似特征图确定待检测图像中的缺陷区域；在一些实施例中，计算机设备在得到各编码特征与对应解码特征之间的相似特征图，即多个相似特征图时，也可以先从多个相似特征图中根据筛选条件筛选出部分的相似特征图，然后根据部分的相似特征图得到目标相似特征图，最后根据目标相似特征图确定待检测图像中的缺陷区域。其中，当相似特征图中各像素点对应的相似度值比较大时，说明待检测图像中可能包括缺陷，此种场景中，筛选条件可以为：将相似特征图中各像素点对应的相似度值大于第一预设相似度阈值的相似特征图筛选出来，此种可以增强最后目标相似特征图中缺陷区域对应像素点的强度，便于后期基于该目标相似特征图进行检测；当相似特征图中各像素点对应的相似度值比较小时，说明待检测图像中可能不包括缺陷，此种场景中，筛选条件可以为：将相似特征图中各像素点对应的相似度值均小于第二预设相似度阈值的相似特征图筛选出来，此种可以增强目标相似特征图中非缺陷区域对应像素点的强度，便于后期基于该目标相似特征图进行检测。

[00117] 本申请实施例提供的缺陷检测方法，通过将待检测图像输入至教师网络进行编码，得到多个编码特征，以及将多个编码特征融合后输入至学生网络进行解码，得到多个解码特征，并根据多个编码特征和多个解码特征，确定待检测图像中的缺陷区域。上述缺陷检测方法通过将非对称的学生网络建立在教师网络的输出上进行无监督学习，相比于传统教师网络和学生网络独立进行学习的检测算法，可以使教师网络和学生网络各自在学习过程中能够在一定程度上降低噪声的敏感性，从而提高缺陷检测的准确性。

[00118] 在一个实施例中，提供了一种教师网络的结构，如图 4 所示，该教师网络包括：第一卷积模块和编码网络，基于该教师网络，上述 S201“将待检测图像输入至教师网络进行编码，得到多个编码特征”，如图 3 所示，包括：

[00119] S301，将待检测图像输入至第一卷积模块，得到卷积特征。

[00120] 其中，第一卷积模块用于对输入的图像进行卷积处理，即对输入的图像进行尺寸调整或降维卷积处理。

[00121] 本申请实施例中，当计算机设备获取到待检测图像时，可以将待检测图像输入至教师网络中的第一卷积模块进行卷积处理，得到卷积处理后的卷积特征，此处的卷积特征可以使用卷积特征图表示。在一些实施例中，计算机设备还可以将待检测图像输入至教师网络中的第一卷积模块进行卷积处理，得到卷积处理后的多个卷积特征，此处多个卷积特征可以使用多个卷积特征图表示。

[00122] S302，将卷积特征输入至编码网络进行编码，得到多个编码特征。

[00123] 本申请实施例中，当计算机设备获取到卷积特征时，可以将该卷积特征输入至预训练好的编码网络进行不同阶段的编码，且在每个阶段或其中几个阶段输出不同尺寸或相同尺寸的编码特征，得到多个编码特征。在一些实施例中，当计算机设备获取到多个卷积特征时，还可以将多个卷积特征同时输入至预训练好的编码网络进行同一阶段的编码，一次得到多个相同尺寸或不同尺寸的编码特征。

[00124] 本申请实施例提供的教师网络，通过编码网络实现不同阶段或同一阶段的编码，得到多个不同尺寸或相同尺寸的编码特征，可以为后期基于多个编码特征进行缺陷检测提供丰富的特征信息，进而在一定程度上可以提高检测准确度。

[00125] 在一些实施例中，在一个实施例中，还提供了一种编码网络的结构，如图 5 所示，该编码网络包括多个编码模块，多个编码模块级联连接，在此场景下，计算机设备执行上述 S302

“将卷积特征输入至编码网络进行编码，得到多个编码特征”时，具体执行步骤：将卷积特征输入至多个编码模块进行编码，得到多个编码特征。

[00126] 本申请实施例中，当计算机设备获取到卷积特征时，可以将该卷积特征输入至多个级联连接的编码模块进行逐级编码，且每个编码模块均输出编码特征，得到多个编码特征，或者其中几个编码模块输出编码特征，得到多个编码特征。在一些实施例中，当计算机设备获取到多个卷积特征时，还可以将多个卷积特征同时输入至多个编码模块进行逐级编码，且每个编码模块均输出多个编码特征，或者其中几个编码模块输出多个编码特征。

[00127] 本申请实施例提供的编码网络，通过多个级联连接的编码模块实现不同阶段的编码，得到多个不同尺寸或相同尺寸的编码特征，可以为后期基于多个编码特征进行缺陷检测提供丰富的特征信息，进而在一定程度上可以提高检测准确度。

[00128] 在一些实施例中，在一个实施例中，还提供了一种利用多个编码模块进行编码的方法，即计算机设备在执行上述步骤“将卷积特征输入至多个编码模块进行编码，得到多个编码特征”时，如图 6 所示，具体执行步骤：

[00129] S401，将卷积特征输入至多个编码模块进行编码，得到多个初始编码特征。

[00130] 本申请实施例中，当计算机设备获取到卷积特征时，可以将该卷积特征输入至多个级联连接的编码模块进行逐级编码，且每个编码模块均输出初始编码特征，得到多个初始编码特征，或者其中几个编码模块输出初始编码特征，得到多个初始编码特征。在一些实施例中，当计算机设备获取到多个卷积特征时，还可以将多个卷积特征同时输入至多个编码模块进行逐级编码，且每个编码模块均输出多个初始编码特征，或者其中几个编码模块输出多个初始编码特征。

[00131] S402，对各初始编码特征进行尺寸调整，得到多个编码特征。

[00132] 其中，多个编码特征的尺寸一致。

[00133] 计算机设备在获取到每个编码模块输出的初始编码特征，或者几个编码模块输出的初始编码特征时，可以将各编码特征的尺寸调整至目标尺寸，该目标尺寸可以根据实际检测需求或编码需求确定，在一些实施例中，该目标尺寸可以与多个初始编码特征中任一初始编码特征的尺寸一致，根据本申请的一个方面，目标尺寸可以与最后一级的编码模块输出的初始编码特征的尺寸一致。

[00134] 本申请实施例提供的编码网络，通过多个级联连接的编码模块实现不同阶段的编码，得到多个相同尺寸的编码特征，可以为后期对多个编码特征进行融合提供便利，便于之后基于融合后的编码特征进行缺陷检测，进而在一定程度上可以提高检测准确度。

[00135] 基于上述实施例所述的编码方法，本申请还提供了一种编码网络的结构，如图 7 所示，该编码网络包括：N 个编码模块和 N 个第二卷积模块，第 1 个编码模块的输出端与第 1 个第二卷积模块的输入端连接，第 2 个编码模块的输出端与第 2 个第二卷积模块的输入端连接，....，第 N-1 个编码模块的输出端与第 N-1 个第二卷积模块的输入端连接，第 N 个编码模块的输出端与第 N 个第二卷积模块的输入端连接，在此场景下，计算机设备执行上述 S402“对各初始编码特征进行尺寸调整，得到多个编码特征”时，具体执行步骤：将每个编码模块输出的初始编码特征输入至对应的第二卷积模块进行尺寸调整，得到多个编码特征；每个编码特征的尺寸一致。

[00136] 其中，第二卷积模块用于对输入的图像进行卷积处理，即对输入的图像进行尺寸调整或降维卷积处理。

[00137] 本申请实施例中，计算机设备在获取到第 1 个编码模块输出的初始编码特征时，将第 1 个编码模块输出的初始编码特征输入至对应的第 1 个第二卷积模块进行尺寸调整，得到第 1 个尺寸调整后的编码特征；计算机设备在获取到第 2 个编码模块输出的初始编码特征时，将第 2 个编码模块输出的初始编码特征输入至对应的第 2 个第二卷积模块进行尺寸调整，得到第 2 个尺寸调整后的编码特征，如此执行，直到计算机设备在获取到第 N-1 个编码模块输出的初始编码特征时，将第 N-1 个编码模块输出的初始编码特征输入至对应的第 N-1 个第二卷积模块进行尺寸调整，得到第 N-1 个尺寸调整后的编码特征；计算机设备在获取到第 N 个编码模块输出的初始编码特征时，将第 N 个编码模块输出的初始编码特征输入至对应的第 N 个第二卷积模块进行尺寸调整，得到第 N 个尺寸调整后的编码特征，调整尺寸后的第 1 个编码特征至调整尺寸后的第 N 个编码特征的尺寸一致。

[00138] 本申请实施例提供的编码网络，通过多个级联连接的 N 个编码模块实现 N 个阶段的编码，得到 N 个相同尺寸的编码特征，可以为后期对 N 个编码特征进行融合提供便利，便于之后基于融合后的编码特征进行缺陷检测，进而在一定程度上可以提高检测准确度。

[00139] 基于上述实施例所述的编码方法，本申请还提供了另一种编码网络的结构，如图 8 所示，该编码网络包括：M+1 个编码模块和 M 个第二卷积模块，第 1 个编码模块的输出端与第 1 个第二卷积模块的输入端连接，第 2 个编码模块的输出端与第 2 个第二卷积模块的输入端

连接，....，第 M 个编码模块的输出端与第 M 个第二卷积模块的输入端连接，第 M+1 个编码模块并无对应的第二卷积模块，在此场景下，计算机设备执行上述 S402“对各初始编码特征进行尺寸调整，得到多个编码特征”时，如图 9 所示，具体执行步骤：

[00140] S501，将 M 个编码模块输出的初始编码特征分别输入至对应的第二卷积模块进行尺寸调整，得到 M 个编码特征。

[00141] 本申请实施例中，计算机设备在获取到第 1 个编码模块输出的初始编码特征时，将第 1 个编码模块输出的初始编码特征输入至对应的第 1 个第二卷积模块进行尺寸调整，得到第 1 个尺寸调整后的编码特征；计算机设备在获取到第 2 个编码模块输出的初始编码特征时，将第 2 个编码模块输出的初始编码特征输入至对应的第 2 个第二卷积模块进行尺寸调整，得到第 2 个尺寸调整后的编码特征，如此执行，直到计算机设备在获取到第 M 个编码模块输出的初始编码特征时，将第 M 个编码模块输出的初始编码特征输入至对应的第 M 个第二卷积模块进行尺寸调整，得到第 M 个尺寸调整后的编码特征，调整尺寸后的第 1 个编码特征至第 M 个编码特征的尺寸一致。

[00142] S502，将 M 个编码特征和第 M+1 个编码模块输出的初始编码特征，确定为多个编码特征。

[00143] 当计算机设备获取到 M 个编码特征时，再加上第 M+1 个编码模块输出的初始编码特征，可以一起作为多个编码特征，且 M 个编码特征的尺寸与第 M+1 个编码模块输出的初始编码特征的尺寸一致。

[00144] 本申请实施例提供的编码网络，通过多个级联连接的 M 个编码模块实现 M 个阶段的编码，得到 M 个相同尺寸的编码特征，且使 M 个编码特征的尺寸与第 M+1 个编码模块输出的编码特征的尺寸一致，可以为后期对 M+1 个编码特征进行融合提供便利，便于之后基于融合后的编码特征进行缺陷检测，进而在一定程度上可以提高检测准确度。

[00145] 在一个实施例中，提供了一种教师网络的结构，如图 11 所示，该学生网络包括：变换模块和多个解码模块，基于该学生网络，上述 S201“将多个编码特征融合后输入至学生网络进行解码，得到多个解码特征”，如图 10 所示，包括：

[00146] S601，将多个编码特征融合后输入至变换模块，得到抽象特征。

[00147] 其中，变换模块用于对输入的图像进行抽象特征提取。变换模块可以为一种神经网络模型。

[00148] 本申请实施例中，当计算机设备获取到多个编码特征后，可以先将该多个编码特征在图像的通道维度进行融合，得到融合特征，再将融合特征输入至变换模块中进行特征提取，得到抽象特征，此处抽象特征可以使用抽象特征图表示。具体在融合多个编码特征时，可以采用预先训练好的融合网络实现，也可以采用相应的融合算法实现。

[00149] S602，将抽象特征输入至多个解码模块进行解码，得到多个解码特征。

[00150] 其中，解码模块为一种预先训练好的神经网络或解码器，其用于对输入的特征图像进行图像解码。

[00151] 本申请实施例中，当计算机设备获取到抽象特征时，可以将该抽象特征输入至多个解码模块进行解码，且每个解码模块均输出解码特征，得到多个解码特征，或者其中几个解码模块输出解码特征，得到多个解码特征。在一些实施例中，当计算机设备获取到抽象特征时，还可以将抽象特征分别输入至多个解码模块进行编码，且每个解码模块输出解码特征，或者其中几个解码模块输出解码特征。

[00152] 本申请实施例提供的学生网络，通过多个解码模块实现不同阶段的解码，得到多个解码特征，使这多个解码特征可以与多个编码特征一一对应，以便后期能够通过分析多个编码特征和多个解码特征之间的相似程度进行缺陷检测，实现了一种准确且效率高的缺陷检测方法。

[00153] 在一些实施例中，上述多个解码模块可以级联连接，也可以非级联连接。当多个解码模块级联连接时，计算机设备执行上述 S602“将抽象特征输入至多个解码模块进行解码，得到多个解码特征”时，具体执行步骤：将抽象特征输入至多个解码模块进行解码，得到多个解码特征。

[00154] 本申请实施例中，当计算机设备获取到抽象特征时，可以将该抽象特征输入至多个级联连接的解码模块进行逐级解码，且每个解码模块均输出解码特征，得到多个解码特征，或者其中几个解码模块输出解码特征，得到多个解码特征。

[00155] 本申请实施例提供的学生网络，通过多个级联的解码模块实现不同阶段的解码，得到多个解码特征，使这多个解码特征可以与多个编码特征一一对应，以便后期能够通过分析多个编码特征和多个解码特征之间的相似程度进行缺陷检测，实现了一种准确且效率高的缺陷检测方法。

[00156] 基于上述实施例所述的编码方法，本申请还提供了多个解码模块的具体连接方式，如图 12 所示，该多个解码模块包括：K 个解码模块，K 个解码模块中第 1 个至第 K-1 个解码模

块级联连接，在此场景下，计算机设备执行上述 S602“将抽象特征输入至多个解码模块进行解码，得到多个解码特征”时，如图 13 所示，具体执行步骤：

[00157] S701，将抽象特征输入至第 1 个解码模块至第 K-1 个解码模块进行解码，得到第 1 个解码模块至第 K-1 个解码模块中每一个解码模块输出的解码特征。

[00158] 本申请实施例中，计算机设备在获取到变换模块输出的抽象特征时，可以将该抽象特征输入至第 1 个解码模块进行解码（特征图像重建），得到第 1 个解码模块输出的解码特征；再继续将到第 1 个解码模块输出的解码特征输入至第 2 个解码模块进行解码(特征图像重建)，得到第 2 个解码模块输出的解码特征，如此执行，直到计算机设备将第 K-2 个解码模块输出的解码特征输入至第 K-1 个解码模块进行解码（特征图像重建），得到第 K-1 个解码模块输出的解码特征，最终得到第 1 个解码模块至第 K-1 个解码模块中每一个解码模块输出的解码特征，即得到 K-1 个解码特征。

[00159] S702，将教师网络中第二个编码模块输出的编码特征输入至 K 个解码模块中的第 K 个解码模块进行解码，得到所述第 K 个解码模块输出的解码特征。

[00160] 上述 K 个解码模块中第 K 个解码模块在工作时，将之前教师网络中第 2 个编码模块输出的编码特征输入至第 K 个解码模块进行解码（特征图像重建），得到第 K 个解码模块输出的解码特征。需要说明的是，该步骤可以在之前 S701 的步骤之前执行，也可以与 S701 的步骤同时执行，还可以在 S702 的步骤之后执行。

[00161] 本申请实施例提供的学生网络，通过多个解码模块实现不同阶段的解码，得到多个解码特征，使这多个解码特征可以与多个编码特征一一对应，以便后期能够通过分析多个编码特征和多个解码特征之间的相似程度进行缺陷检测，实现了一种准确且效率高的缺陷检测方法。另一方面，其中最后一个解码模块的输入是教师网络中的编码模块输出的编码特征，可以在一定程度上弥补解码过程中图像重建丢失的细节特征，进而提高解码特征的质量。

[00162] 在一个实施例中，当计算机设备基于前述任一实施例得到多个编码特征和多个解码特征后，可以在一些实施例中使用多个编码特征和多个解码特征对待检测图像进行缺陷检测，因此，本申请还提供了一种缺陷检测方法，如图 14 所示，该方法包括：

[00163] S801，根据每个编码特征和每个解码特征之间的相似度，得到多个相似特征图像。

[00164] 当计算机设备获取到多个编码特征和多个解码特征时，由于多个编码特征和多个解码特征是一一对应的关系，因此将各解码特征与其对应的编码特征进行相似度计算，具体的，可以计算解码特征对应的特征图上各像素点与编码特征对应特征图上对应各像素点之间的相

似度，然后根据计算得到的各像素点的相似度确定相似特征图像，最后得到每个编码特征和每个解码特征对应的相似特征图像。

[00165] S802，对多个相似特征图像进行融合，得到目标检测图像。

[00166] 计算机设备获取到多个相似特征图像后，可以采用相应的融合算法，将多个相似特征图像进行融合，得到融合后的目标检测图像；在一些实施例中，计算机设备也可以先从多个相似特征图像中根据筛选条件筛选出部分的相似特征图像，然后将部分的相似特征图像进行融合，得到目标检测图像。当相似特征图像中各像素点对应的相似度值比较大时，说明待检测图像中可能包括缺陷，此种场景中，筛选条件可以为：将相似特征图像中各像素点对应的相似度值均大于第一预设相似度阈值的相似特征图像筛选出来，此种可以增强最后目标检测图像中缺陷区域对应像素点的强度，便于后期基于该目标检测图像进行检测；当相似特征图像中各像素点对应的相似度值比较小时，说明待检测图像中可能不包括缺陷，此种场景中，筛选条件可以为：将相似特征图像中各像素点对应的相似度值均小于第二预设相似度阈值的相似特征图像筛选出来，此种可以增强目标检测图像中非缺陷区域对应像素点的强度，便于后期基于目标检测图像进行检测。

[00167] 在一些实施例中，对上述多个相似特征图像进行融合之前，还需要执行步骤：对多个相似特征图像进行尺寸调整，得到多个调整尺寸后的相似特征图像；每个调整尺寸后的相似特征图的尺寸与待检测图像的尺寸一致。

[00168] 对应的，计算机设备执行步骤“对多个相似特征图像进行融合，得到目标检测图像”的步骤时，具体执行步骤：对多个调整尺寸后的相似特征图像进行融合，得到目标检测图像。

[00169] S803，对目标检测图像进行缺陷检测，得到缺陷区域。

[00170] 当计算机设备得到目标检测图像时，可以在一些实施例中确定该目标检测图像中各像素点的灰度值，再根据各像素点的灰度值确定目标检测图像中的缺陷区域。具体的，可以将目标检测图像中非 0 的灰度值对应的像素点连通起来，形成的区域即为缺陷区域；在一些实施例中，也可以将目标检测图像中大于预设灰度阈值的灰度值对应的像素点确定为目标像素点，再将连通目标像素点形成的区域确定为缺陷区域。

[00171] 本申请实施例通过融合多个相似特征图像后，基于融合后的相似特征图像进行缺陷检测，由于多个相似特征图像反应教师网络和学生网络多个阶段的学习过程，即反应多种尺度的特征，实现了基于多尺度特征的缺陷检测，在一定程度上可以提高检测的准确性。

[00172] 基于上述缺陷检测方法，本申请还提供了一种训练上述教师网络和学生网络的方法，即图 2 实施例所述的方法还包括步骤：

[00173] 根据样本图像对检测网络进行训练，得到教师网络和学生网络。

[00174] 其中，样本图像为不存在缺陷区域的图像；检测网络包括初始教师网络和初始学生网络。本申请实施例涉及训练方法，即先根据初始教师网络和初始学生网络构建检测网络，再获取不包含缺陷区域的样本图像，然后将样本图像输入至检测网络进行训练，得到训练好的教师网络和学生网络。本实施例所述的训练方法可以基于不包含缺陷的样本图像进行训练，该类型的样本图像比较好获取，可以在一定程度上通过获取大量样本图像提高训练效果。

[00175] 在一些实施例中，上述训练方法，如图 15 所示，包括：

[00176] S901，将样本图像输入至初始教师网络进行编码，得到多个样本编码特征。

[00177] 其中，样本图像为焊道区域的图像，其中不包含焊道上的缺陷。初始教师网络为一种预先训练好的神经网络或编码器，其可以用于对输入的图像进行多阶段的图像编码，输出每一阶段的样本编码特征，即多个样本编码特征可以是初始教师网络在不同编码阶段输出的样本编码特征。每个样本编码特征可以使用特征图表示。在一些实施例中，初始教师网络也可以用于对输入的图像进行一次编码，直接得到多个样本编码特征，即多个样本编码特征可以是初始教师网络在同一编码阶段输出的样本编码特征。

[00178] 本申请实施例中，计算机设备可以先获取样本图像，再样本图像输入至构建好的初始教师网络中进行不同阶段的编码，且在每个阶段或其中几个阶段输出不同尺寸或相同尺寸的样本编码特征，得到多个样本编码特征。在一些实施例中，计算机设备还可以将样本图像输入至构建好的初始教师网络进行同一阶段的编码，一次得到多个相同尺寸或不同尺寸的样本编码特征。

[00179] 在一些实施例中，在将样本图像输入至检测网络进行训练之前，还可以对样本图像进行预处理，比如进行下采样等处理，比如，将样本图像下采样到 1024*1024 大小作为检测网络输入。在训练时，也可以随机选取 32 张样本图像的数量作为一批次的样本图像进行训练，初始学习率可以设置为 10-4。

[00180] S902，将多个样本编码特征融合后输入至初始学生网络进行解码，得到多个样本解码特征。

[00181] 其中，初始学生网络为一种神经网络或解码器，其用于对输入的特征图像进行多阶段的图像解码，输出每一阶段的样本解码特征，即多个样本解码特征可以是初始学生网络在不

同解码阶段输出的样本解码特征。每个样本解码特征可以使用特征图表示。多个样本编码特征与多个样本解码特征为一一对应的关系。

[00182] 本申请实施例中，当计算机设备获取到初始教师网络输出的多个样本编码特征后，可以先将该多个样本编码特征在图像的通道维度进行融合，得到样本融合特征，再将样本融合特征输入至初始学生网络中进行不同阶段的解码，且在每个阶段或其中几个阶段输出不同尺寸或相同尺寸的样本解码特征，得到多个样本解码特征。在一些实施例中，计算机设备还可以将样本融合特征输入至初始学生网络进行同一阶段的解码，即将样本融合特征拆解为多个不同尺寸或相同尺寸的样本解码特征。

[00183] S903，根据多个样本编码特征和多个样本解码特征，确定目标图像。

[00184] 计算机设备获取到多个样本编码特征和多个样本解码特征时，可以根据每个样本编码特征和每个样本解码特征之间的相似度，得到多个样本相似特征图像。再对多个样本相似特征图像进行融合，得到目标图像。

[00185] S904，根据目标图像和样本图像确定目标损失，并根据目标损失对初始教师网络和初始学生网络进行训练，得到教师网络和学生网络。

[00186] 当确定了目标图像后，即可根据该目标图像和样本图像确定一个目标损失，具体确定目标损失时，可以通过计算目标图像和样本图像之间的相似度来确定目标损失，然后即可开始根据目标损失调整初始教师网络和初始学生网络各自的模型参数，直到完成训练，得到训练好的教师网络和学生网络。

[00187] 本实施例所述的训练方法通过同时训练教师网络和学生网络，使教师网络和学生网络相互学习，形成一种自蒸馏结构，可以在一定程度上有效抑制学生网络对噪声的敏感性，从而提高训练效果，进而提升训练好的教师网路和学生网络组成的检测网络的检测准确性。

[00188] 综合上述所有实施例，本申请还提供了一种检测网络，如图 16 所示，该检测网络包括第一卷积模块、第二卷积模块、第三卷积模块、第一编码模块、第二编码模块、第三编码模块、融合模块、转换模块、第一解码模块、第二解码模块、第三解码模块，其中，第一卷积模块的输出端与第一编码模块连接，第一编码模块的输出端分别与第二编码模块和第二卷积模块连接，第二编码模块的输出端分别与第三编码模块和第三卷积模块连接，第二卷积模块的输出端、第三卷积模块的输出端与第三编码模块的输出端均与融合模块连接，融合模块的输出端与变换模块连接，变换模块的输出端与第一解码模块连接，第一解码模块的输出端

与第二解码模块连接，第二解码模块的输出端，第二编码模块的输出端还与第三解码模块的输入端连接。

[00189] 上述检测网络的工作原理为：将待检测图像 I 输入至第一卷积模块中进行卷积，得到第一卷积特征 J1t,将第一卷积特征 J1t 输入至第一编码模块进行编码,得到第一编码特征 F1t,将第一编码特征 F1t 分别输入至第二编码模块进行编码，得到第二编码特征 F2t，以及将第一编码特征 F1t 输入至第二卷积模块进行卷积，得到第二卷积特征 J2t，再将第二编码特征 F2t 输入至第三编码模块进行编码，得到第三编码特征 F3t，以及将第二编码特征 F2t 输入至第三卷积模块进行卷积，得到第三卷积特征 J3t，然后将第三编码特征 F3t、第二卷积特征 J2t 和第三卷积特征 J3t 输入至融合模块进行通道维度融合，得到融合特征 R，然后将融合特征 R 输入至转换模块进行抽象特征提取，得到抽象特征 C，最后将抽象特征 C 输入至第一解码模块进行解码，得到第一解码特征 FS1，并将第一解码特征 FS1 输入至第二解码模块进行解码，得到第二解码特征 F2S；在一些实施例中，将第二编码模块输出的第二编码特征 F2t 输入至第三解码模块进行解码，得到第三解码特征 F3S。然后，计算第一解码特征 FS1 对应特征图与第一编码特征 F1t 对应特征图之间的相似度，以确定第一解码特征 FS1 和第一编码特征 F1t 对应的第一相似特征图像；计算第二解码特征 F2S 对应特征图与第二编码特征 F2t 对应特征图之间的相似度，以确定第二解码特征 F2S 和第二编码特征 F2t 对应的第二相似特征图像；计算第三解码特征 F3S 对应特征图与第三编码特征 F3t 对应特征图之间的相似度，以确定第三解码特征 F3S 和第三编码特征 F3t 对应的第三相似特征图像，最后将第一相似特征图像、第二相似特征图像和第三相似特征图像进行融合，得到目标检测图像，并基于目标检测图像进行缺陷检测，确定待检测图像中的缺陷区域。需要说明的是，上述计算各特征图之间的相似度时，可以逐点计算余弦相似度，比如，计算 FiS 与征 Fit 之间的逐点余弦相似度 Cos（FiS，Fit），再基于逐点余弦相似度确定对应的相似特征图像。利用上述方法进行缺陷图像检测，在焊道区域定位方面的准确率可以提升约 20%左右，在抑制噪声方面，也可以将焊道区域定位的准确性提升约 10%~15%。之后利用检测出的缺陷区域的图像可以辅助相关人员对真实焊道图像进行缺陷标注，且可以将人工的标注耗时降低约 50%左右。

[00190] 本申请实施例提供的缺陷检测方法，通过将待检测图像输入至逐级连接的多个编码模块进行编码，得到多个编码特征，以及将多个编码特征融合后输入至逐级连接的多个解码模块进行解码，得到多个解码特征，并根据多个编码特征和多个解码特征，确定待检测图像中的缺陷区域。上述缺陷检测方法通过将非对称的解码模块建立在编码模块的输出上进行无监

督学习，可以使编码模块和解码模块各自在学习过程中能够在一定程度上降低噪声的敏感性，从而提高缺陷检测的准确性。

[00191] 应该理解的是，虽然如上所述的各实施例所涉及的流程图中的各个步骤按照箭头的指示依次显示，但是这些步骤并不是必然按照箭头指示的顺序依次执行。除非本文中有明确的说明，这些步骤的执行并没有严格的顺序限制，这些步骤可以以其它的顺序执行。而且，如上所述的各实施例所涉及的流程图中的至少一部分步骤可以包括多个步骤或者多个阶段，这些步骤或者阶段并不必然是在同一时刻执行完成，而是可以在不同的时刻执行，这些步骤或者阶段的执行顺序也不必然是依次进行，而是可以与其它步骤或者其它步骤中的步骤或者阶段的至少一部分轮流或者交替地执行。

[00192] 基于同样的发明构思，本申请实施例还提供了一种用于实现上述所涉及的缺陷检测方法的缺陷检测装置。该装置所提供的解决问题的实现方案与上述方法中所记载的实现方案相似，故下面所提供的一个或多个缺陷检测装置实施例中的具体限定可以参见上文中对于缺陷检测方法的限定，在此不再赘述。

[00193] 在一个实施例中，如图 17 所示，提供了一种缺陷检测装置，包括：

[00194] 编码模块 10，用于将将待检测图像输入至教师网络进行编码，得到多个编码特征；

[00195] 解码模块 11，用于将所述多个编码特征融合后输入至学生网络进行解码，得到多个解码特征；

[00196] 检测模块 12，用于根据所述多个编码特征和所述多个解码特征，确定所述待检测图像中的缺陷区域。

[00197] 上述缺陷检测装置中的各个模块可全部或部分通过软件、硬件及其组合来实现。上述各模块可以硬件形式内嵌于或独立于计算机设备中的处理器中，也可以以软件形式存储于计算机设备中的存储器中，以便于处理器调用执行以上各个模块对应的操作。

[00198] 在一个实施例中，提供了一种计算机设备，包括存储器和处理器，存储器中存储有计算机程序，该处理器执行计算机程序时实现以下步骤：

[00199] 将待检测图像输入至教师网络进行编码，得到多个编码特征；

[00200] 将所述多个编码特征融合后输入至学生网络进行解码，得到多个解码特征；

[00201] 根据所述多个编码特征和所述多个解码特征，确定所述待检测图像中的缺陷区域。

[00202] 上述实施例提供的一种计算机设备，其实现原理和技术效果与上述方法实施例类似，在此不再赘述。

[00203] 在一个实施例中，提供了一种计算机可读存储介质，其上存储有计算机程序，计算机程序被处理器执行时实现以下步骤：

[00204] 将待检测图像输入至教师网络进行编码，得到多个编码特征；

[00205] 将所述多个编码特征融合后输入至学生网络进行解码，得到多个解码特征；

[00206] 根据所述多个编码特征和所述多个解码特征，确定所述待检测图像中的缺陷区域。

[00207] 上述实施例提供的一种计算机可读存储介质，其实现原理和技术效果与上述方法实施例类似，在此不再赘述。

[00208] 在一个实施例中，提供了一种计算机程序产品，包括计算机程序，该计算机程序被处理器执行时实现以下步骤：

[00209] 将待检测图像输入至教师网络进行编码，得到多个编码特征；

[00210] 将所述多个编码特征融合后输入至学生网络进行解码，得到多个解码特征；

[00211] 根据所述多个编码特征和所述多个解码特征，确定所述待检测图像中的缺陷区域。

[00212] 上述实施例提供的一种计算机程序产品，其实现原理和技术效果与上述方法实施例类似，在此不再赘述。

[00213] 本领域普通技术人员可以理解实现上述实施例方法中的全部或部分流程，是可以通过计算机程序来指令相关的硬件来完成，所述的计算机程序可存储于一非易失性计算机可读取存储介质中，该计算机程序在执行时，可包括如上述各方法的实施例的流程。其中，本申请所提供的各实施例中所使用的对存储器、数据库或其它介质的任何引用，均可包括非易失性和易失性存储器中的至少一种。非易失性存储器可包括只读存储器（Read-Only Memory，ROM）、磁带、软盘、闪存、光存储器、高密度嵌入式非易失性存储器、阻变存储器（ReRAM）、磁变存储器（Magnetoresistive Random Access Memory，MRAM）、铁电存储器（Ferroelectric Random Access Memory，FRAM）、相变存储器（Phase Change Memory，PCM）、石墨烯存储器等。易失性存储器可包括随机存取存储器（Random Access Memory，RAM）或外部高速缓冲存储器等。作为说明而非局限，RAM 可以是多种形式，比如静态随机存取存储器（Static Random Access Memory，SRAM）或动态随机存取存储器（Dynamic Random Access Memory，DRAM）等。本申请所提供的各实施例中所涉及的数据库可包括关系型数据库和非关系型数据库中至少一种。非关系型数据库可包括基于区块链的分布式数据库等，不限于此。本申请所提供的各实施例中所涉及的处理器可为通用处理器、中央处理器、图形处理器、数字信号处理器、可编程逻辑器、基于量子计算的数据处理逻辑器等，不限于此。

[00214] 以上实施例的各技术特征可以进行任意的组合，为使描述简洁，未对上述实施例中的各个技术特征所有可能的组合都进行描述，然而，只要这些技术特征的组合不存在矛盾，都应当认为是本说明书记载的范围。

[00215] 以上所述实施例仅表达了本申请的几种实施方式，其描述较为具体和详细，但并不能因此而理解为对本申请专利范围的限制。应当指出的是，对于本领域的普通技术人员来说，在不脱离本申请构思的前提下，还可以做出若干变形和改进，这些都属于本申请的保护范围。因此，本申请的保护范围应以所附权利要求为准。

权利要求书

1、一种缺陷检测方法，其中，所述方法包括：

将待检测图像输入至教师网络进行编码，得到多个编码特征；

将所述多个编码特征融合后输入至学生网络进行解码，得到多个解码特征；

根据所述多个编码特征和所述多个解码特征，确定所述待检测图像中的缺陷区域。

2、根据权利要求 1 所述的方法，其中，所述教师网络包括：第一卷积模块和编码网络，所述将待检测图像输入至教师网络进行编码，得到多个编码特征，包括：

将所述待检测图像输入至所述第一卷积模块，得到卷积特征；

将所述卷积特征输入至所述编码网络进行编码，得到所述多个编码特征。

3、根据权利要求 2 所述的方法，其中，所述编码网络包括多个编码模块，所述多个编码模块级联连接，所述将所述卷积特征输入至所述编码网络进行编码，得到所述多个编码特征，包括：

将所述卷积特征输入至所述多个编码模块进行编码，得到所述多个编码特征。

4、根据权利要求 3 所述的方法，其中，所述将所述卷积特征输入至所述多个编码模块进行编码，得到所述多个编码特征，包括：

将所述卷积特征输入至所述多个编码模块进行编码，得到多个初始编码特征；

对各所述初始编码特征进行尺寸调整，得到所述多个编码特征。

5、根据权利要求 4 所述的方法，其中，所述编码网络包括：N 个编码模块和 N 个第二卷积模块，第 N 个编码模块的输出端与第 N 个第二卷积模块的输入端连接，所述对各所述初始编码特征进行尺寸调整，得到所述多个编码特征，包括：

将每个编码模块输出的初始编码特征输入至对应的第二卷积模块进行尺寸调整，得到所述多个编码特征；每个所述编码特征的尺寸一致。

6、根据权利要求 4 所述的方法，其中，所述编码网络包括：M+1 个编码模块和 M 个第二卷积模块，第 M 个编码模块的输出端与第 M 个第二卷积模块的输入端连接，所述对各所述初始编码特征进行尺寸调整，得到所述多个编码特征，包括：

将M个编码模块输出的初始编码特征分别输入至对应的第二卷积模块进行尺寸调整，得到M个编码特征；

将所述M个编码特征和第M+1个编码模块输出的初始编码特征，确定为所述多个编码特征。

7、根据权利要求1所述的方法，其中，所述学生网络包括：变换模块和多个解码模块，所述将所述多个编码特征融合后输入至学生网络进行解码，得到多个解码特征，包括：

将所述多个编码特征融合后输入至所述变换模块，得到抽象特征；

将所述抽象特征输入至所述多个解码模块进行解码，得到所述多个解码特征。

8、根据权利要求7所述的方法，其中，所述多个解码模块级联连接，所述将所述抽象特征输入至所述多个解码模块进行解码，得到所述多个解码特征，包括：

将所述抽象特征输入至所述多个解码模块进行解码，得到所述多个解码特征。

9、根据权利要求7所述的方法，其中，所述多个解码模块包括K个解码模块，所述K个解码模块中第1个解码模块至第K-1个解码模块级联连接，所述将所述抽象特征输入至所述多个解码模块进行解码，得到所述多个解码特征，包括：

将所述抽象特征输入至所述第1个解码模块至第K-1个解码模块进行解码，得到所述第1个解码模块至第K-1个解码模块中每一个解码模块输出的解码特征；

将所述教师网络中第二个编码模块输出的编码特征输入至所述K个解码模块中的第K个解码模块进行解码，得到所述第K个解码模块输出的解码特征。

10、根据权利要求1-9任一项所述的方法，其中，所述根据所述多个编码特征和所述多个解码特征，确定所述待检测图像中的缺陷区域，包括：

根据每个所述编码特征和每个所述解码特征之间的相似度，得到多个相似特征图像；

对所述多个相似特征图像进行融合，得到目标检测图像；

对所述目标检测图像进行缺陷检测，得到所述缺陷区域。

11、根据权利要求10所述的方法，其中，所述对所述目标检测图像进行缺陷检测，得到所述缺陷区域，包括：

将大于预设灰度阈值的灰度值对应的像素点确定为目标像素点；

将连通所述目标像素点形成的区域确定为所述缺陷区域。

12、根据权利要求 10 所述的方法，其中，所述方法还包括：

对所述多个相似特征图像进行尺寸调整，得到多个调整尺寸后的相似特征图像；每个所述调整尺寸后的相似特征图像的尺寸与所述待检测图像的尺寸一致；

所述对所述多个相似特征图像进行融合，得到目标检测图像，包括：

对所述多个调整尺寸后的相似特征图像进行融合，得到所述目标检测图像。

13、根据权利要求 1 所述的方法，其中，所述方法还包括：

根据样本图像对检测网络进行训练，得到所述教师网络和所述学生网络；所述样本图像为不存在缺陷区域的图像；所述检测网络包括初始教师网络和初始学生网络。

14、根据权利要求 13 所述的方法，其中，所述根据样本图像对检测网络进行训练，得到所述教师网络和所述学生网络，包括：

将所述样本图像输入至所述初始教师网络进行编码，得到多个样本编码特征；

将所述多个样本编码特征融合后输入至初始学生网络进行解码，得到多个样本解码特征；

根据所述多个样本编码特征和所述多个样本解码特征，确定目标图像；

根据所述目标图像和所述样本图像确定目标损失，并根据所述目标损失对所述初始教师网络和所述初始学生网络进行训练，得到所述教师网络和所述学生网络。

15、一种缺陷检测装置，其中，所述装置包括：

编码模块，用于将待检测图像输入至教师网络进行编码，得到多个编码特征；

解码模块，用于将所述多个编码特征融合后输入至学生网络进行解码，得到多个解码特征；

检测模块，用于根据所述多个编码特征和所述多个解码特征，确定所述待检测图像中的缺陷区域。

16、一种计算机设备，包括存储器和处理器，所述存储器存储有计算机程序，其中，所述处理器执行所述计算机程序时实现权利要求 1 至 14 中任一项所述的方法的步骤。

17、一种计算机可读存储介质，其上存储有计算机程序，其中，所述计算机程序被处理器执行时实现权利要求 1 至 14 中任一项所述的方法的步骤。

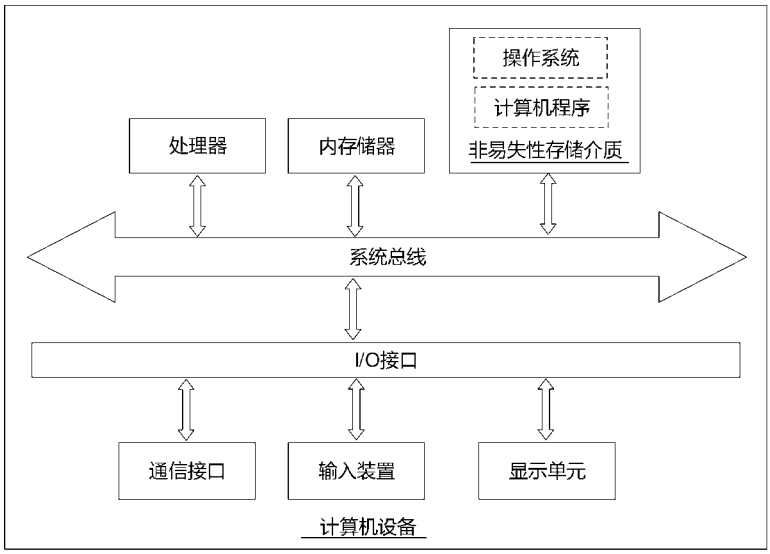

操作系统
计算机程序
非易失性存储介质
处理器
内存储器
系统总线
I/O接口
通信接口
输入装置
显示单元
计算机设备

图 1

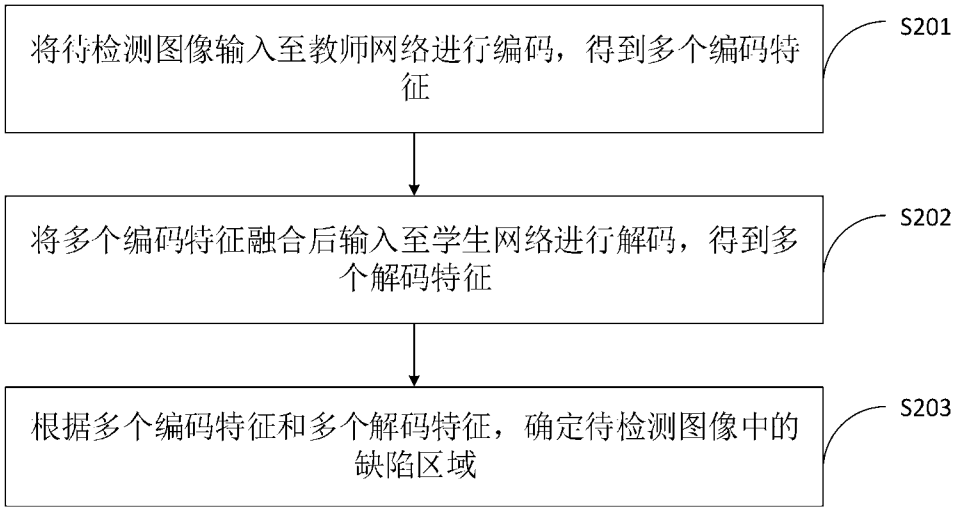

将待检测图像输入至教师网络进行编码，得到多个编码特征
S201
将多个编码特征融合后输入至学生网络进行解码，得到多个解码特征
S202
根据多个编码特征和多个解码特征，确定待检测图像中的缺陷区域
S203

图 2

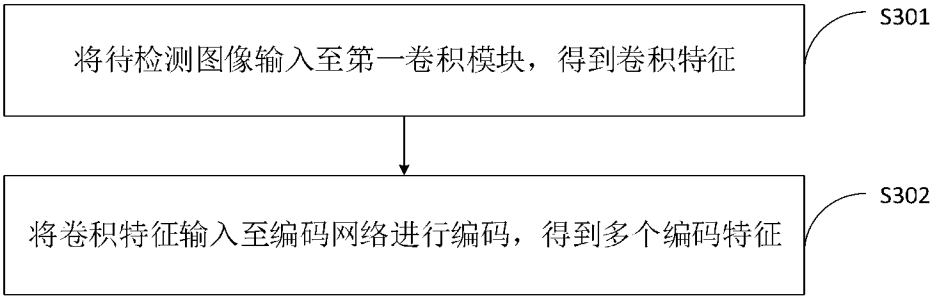

将待检测图像输入至第一卷积模块，得到卷积特征
S301
将卷积特征输入至编码网络进行编码，得到多个编码特征
S302

图 3

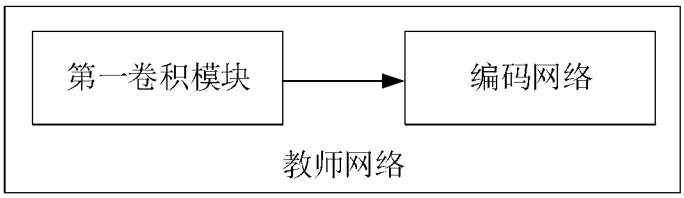

第一卷积模块
编码网络
教师网络

图 4

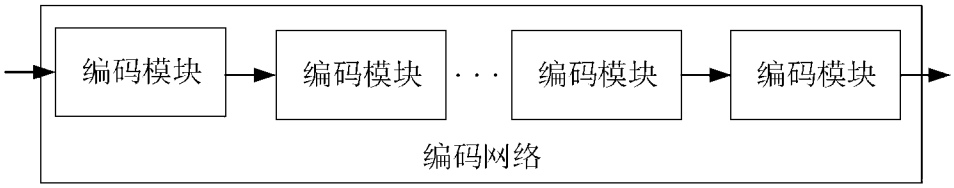

编码模块
编码模块
· · ·
编码模块
编码模块
编码网络

图 5

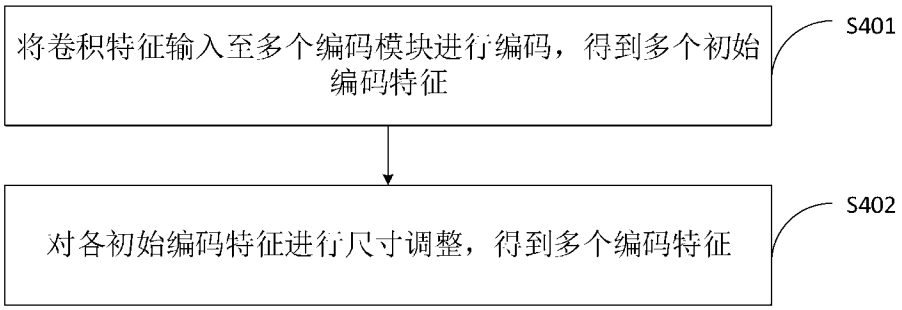

将卷积特征输入至多个编码模块进行编码，得到多个初始编码特征
S401
对各初始编码特征进行尺寸调整，得到多个编码特征
S402

图 6

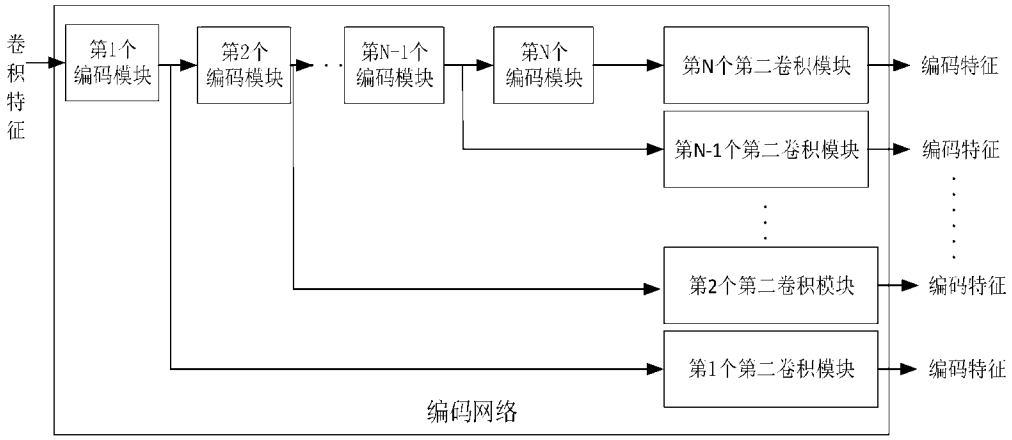

卷积特征
第1个编码模块
第2个编码模块
第N-1个编码模块
第N个编码模块
第N个第二卷积模块
第N-1个第二卷积模块
第2个第二卷积模块
第1个第二卷积模块
编码特征
编码特征
编码特征
编码特征
编码网络

图 7

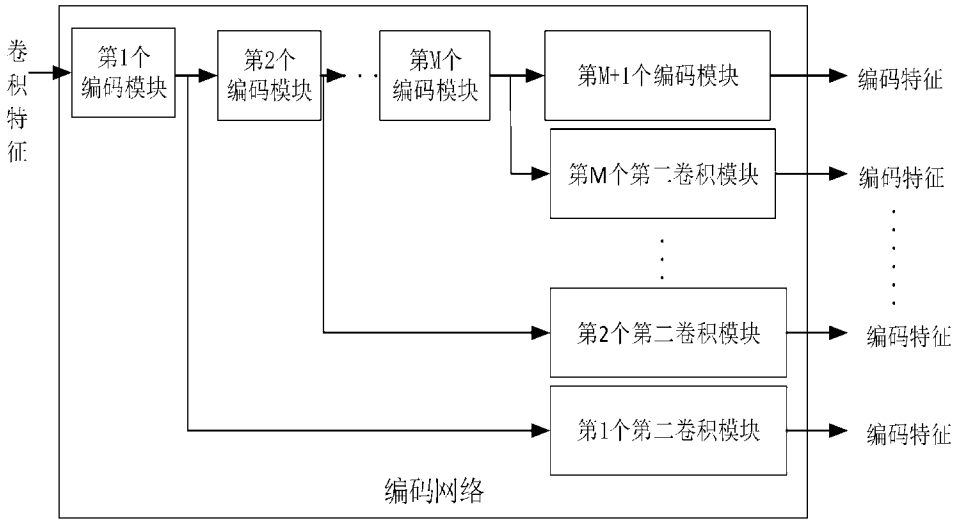

卷积特征
第1个编码模块
第2个编码模块
第M个编码模块
第M+1个编码模块
第M个第二卷积模块
第2个第二卷积模块
第1个第二卷积模块
编码特征
编码特征
编码特征
编码特征
编码网络

图 8

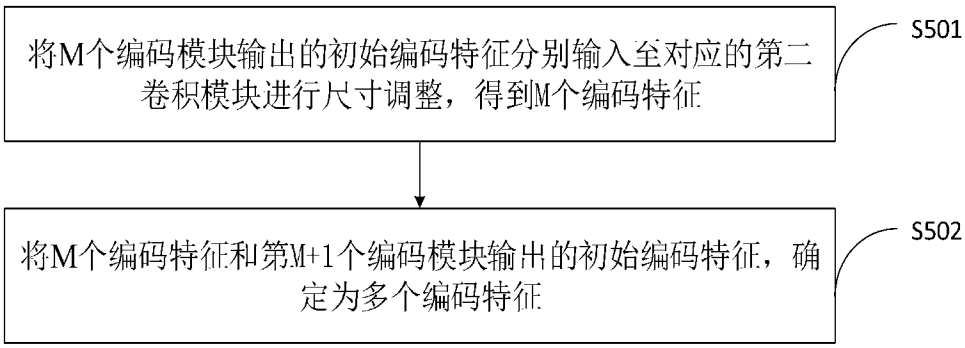

将M个编码模块输出的初始编码特征分别输入至对应的第二卷积模块进行尺寸调整，得到M个编码特征
S501
将M个编码特征和第M+1个编码模块输出的初始编码特征，确定为多个编码特征
S502

图 9

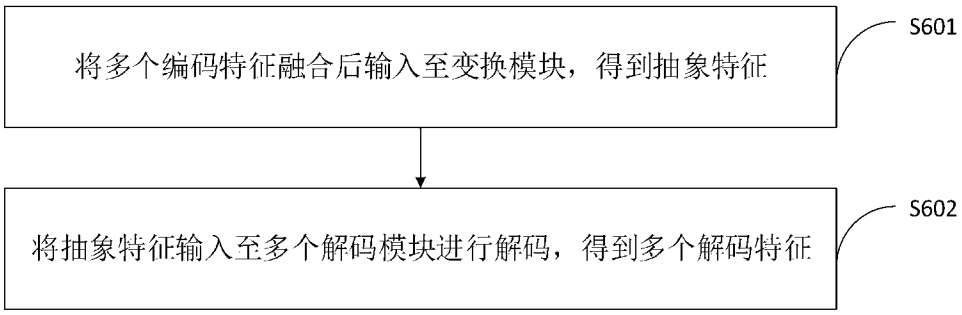

将多个编码特征融合后输入至变换模块，得到抽象特征
S601
将抽象特征输入至多个解码模块进行解码，得到多个解码特征
S602

图 10

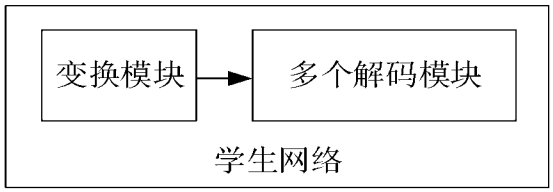

变换模块
多个解码模块
学生网络

图 11

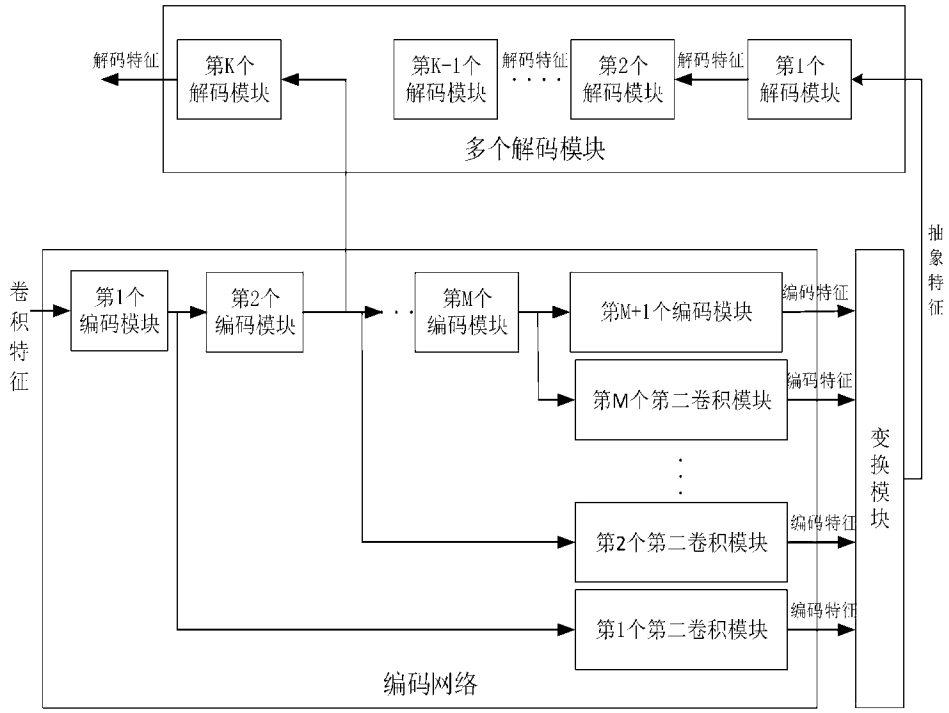

解码特征
第K个解码模块
第K-1个解码模块
解码特征
第2个解码模块
解码特征
第1个解码模块
多个解码模块
抽象特征
卷积特征
第1个编码模块
第2个编码模块
第M个编码模块
第M+1个编码模块
编码特征
第M个第二卷积模块
编码特征
第2个第二卷积模块
编码特征
第1个第二卷积模块
编码特征
变换模块
编码网络

图 12

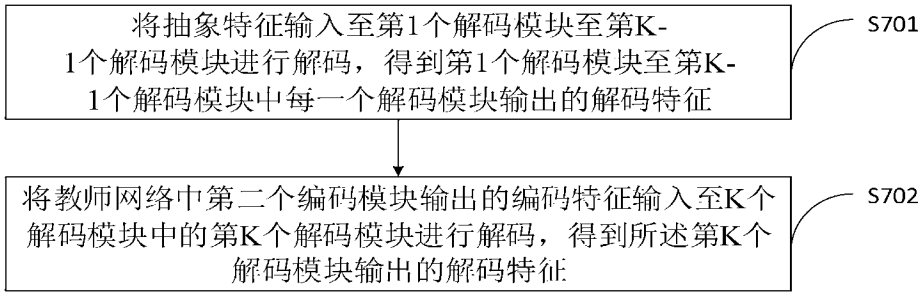

将抽象特征输入至第1个解码模块至第K-1个解码模块进行解码，得到第1个解码模块至第K-1个解码模块中每一个解码模块输出的解码特征
S701
将教师网络中第二个编码模块输出的编码特征输入至K个解码模块中的第K个解码模块进行解码，得到所述第K个解码模块输出的解码特征
S702

图 13

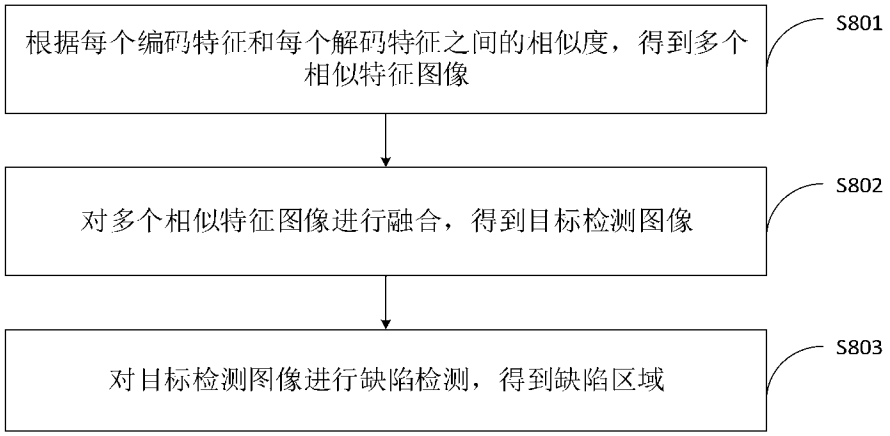

根据每个编码特征和每个解码特征之间的相似度，得到多个相似特征图像
S801
对多个相似特征图像进行融合，得到目标检测图像
S802
对目标检测图像进行缺陷检测，得到缺陷区域
S803

图 14

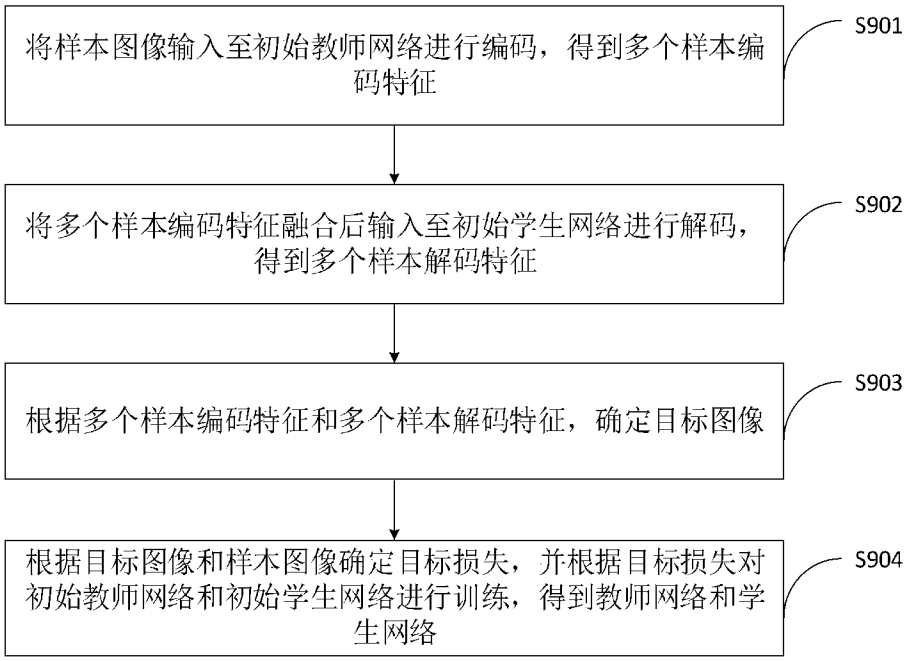

将样本图像输入至初始教师网络进行编码，得到多个样本编码特征
S901
将多个样本编码特征融合后输入至初始学生网络进行解码，得到多个样本解码特征
S902
根据多个样本编码特征和多个样本解码特征，确定目标图像
S903
根据目标图像和样本图像确定目标损失，并根据目标损失对初始教师网络和初始学生网络进行训练，得到教师网络和学生网络
S904

图 15

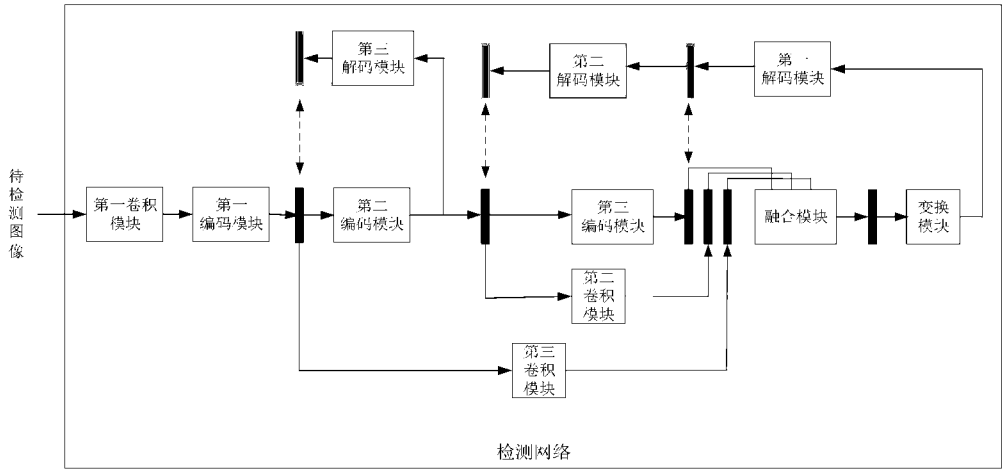

待检测图像
第一卷积模块
第一编码模块
第二编码模块
第三编码模块
融合模块
变换模块
第三解码模块
第二解码模块
第一解码模块
第二卷积模块
第三卷积模块
检测网络

图 16

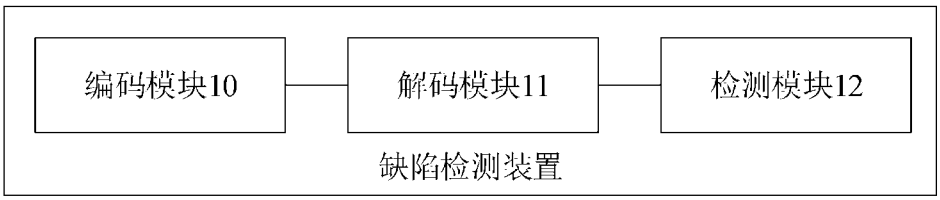

编码模块10
解码模块11
检测模块12
缺陷检测装置

图 17

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2023/138847

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06T 7/00(2017.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC:G06T 7/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNTXT, CNKI, ENTXT, DWPI: 缺陷, 图像, 教师, 网络, 编码, 融合, 学生, 解码, 区域, 尺寸, 相似度, 像素点, 损失, 训练, defect, image, teacher, network, coding, fusion, student, decoding, area, size, similarity, pixel point, loss, Ttraining

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 116523917 A (CONTEMPORARY AMPEREX TECHNOLOGY CO., LTD.) 01 August 2023 (2023-08-01) description, paragraphs [0004]-[0131]	1-17
X	CN 116228654 A (ZHEJIANG HUARAY TECHNOLOGY CO., LTD.) 06 June 2023 (2023-06-06) description, paragraphs [0003]-[0141]	1-4, 7-17
A	CN 115471645 A (NANJING UNIVERSITY OF INFORMATION SCIENCE & TECHNOLOGY) 13 December 2022 (2022-12-13) entire description	1-17
A	CN 113689383 A (NANJING XURUI SOFTWARE TECHNOLOGY CO., LTD.) 23 November 2021 (2021-11-23) entire description	1-17
A	CN 115375618 A (ROBOTICS ROBOTICS (SHENZHEN) LIMITED) 22 November 2022 (2022-11-22) entire description	1-17

☑ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"D" document cited by the applicant in the international application
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
26 January 2024	**01 February 2024**

Name and mailing address of the ISA/CN	Authorized officer
China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) **China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088**	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2023/138847

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2020034702 A1 (IBM) 30 January 2020 (2020-01-30) entire description	1-17

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2023/138847

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN 116523917 A	01 August 2023	CN 116523917 B	13 October 2023
CN 116228654 A	06 June 2023	None	
CN 115471645 A	13 December 2022	None	
CN 113689383 A	23 November 2021	None	
CN 115375618 A	22 November 2022	None	
US 2020034702 A1	30 January 2020	US 11610108 B2	21 March 2023

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2023/138847

A. 主题的分类

G06T 7/00(2017.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

IPC:G06T 7/00

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称，和使用的检索词（如使用））

CNTXT、CNKI、ENTXT、DWPI:缺陷,图像,教师,网络,编码,融合,学生,解码,区域,尺寸,相似度,像素点,损失,训练, defect, image, teacher, network, coding, fusion, student, decoding, area, size, similarity, pixel point, loss, Ttraining

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 116523917 A (宁德时代新能源科技股份有限公司) 2023年8月1日 (2023 - 08 - 01) 说明书第[0004]-[0131]段	1-17
X	CN 116228654 A (浙江华睿科技股份有限公司) 2023年6月6日 (2023 - 06 - 06) 说明书第[0003]-[0141]段	1-4，7-17
A	CN 115471645 A (南京信息工程大学) 2022年12月13日 (2022 - 12 - 13) 说明书全文	1-17
A	CN 113689383 A (南京旭锐软件科技有限公司) 2021年11月23日 (2021 - 11 - 23) 说明书全文	1-17
A	CN 115375618 A (鲁班嫡系机器人（深圳）有限公司) 2022年11月22日 (2022 - 11 - 22) 说明书全文	1-17
A	US 2020034702 A1 (IBM) 2020年1月30日 (2020 - 01 - 30) 说明书全文	1-17

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。

☑ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型：

"A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

"D" 申请人在国际申请中引证的文件

"E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

"L" 可能对优先权要求构成怀疑的文件，或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件（如具体说明的）

"O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

"P" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

"T" 在申请日或优先权日之后公布，与申请不相抵触，但为了理解发明之理论或原理的在后文件

"X" 特别相关的文件，单独考虑该文件，认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

"Y" 特别相关的文件，当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时，要求保护的发明不具有创造性

"&" 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期
2024年1月26日	2024年2月1日

ISA/CN的名称和邮寄地址	受权官员
中国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088	姚天宇 电话号码 (+86) 62412089

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2023/138847

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	116523917	A	2023年8月1日	CN	116523917	B	2023年10月13日
CN	116228654	A	2023年6月6日		无		
CN	115471645	A	2022年12月13日		无		
CN	113689383	A	2021年11月23日		无		
CN	115375618	A	2022年11月22日		无		
US	2020034702	A1	2020年1月30日	US	11610108	B2	2023年3月21日