

国外现代食品科技系列

食品加工和 流通领域的可追溯性

【英】 Ian Smith 【英】 Anthony Furness 主编 钱 和 等译

IMPROVING TRACEABILITY IN FOOD
PROCESSING AND DISTRIBUTION



中国轻工业出版社

CHINA LIGHT INDUSTRY PRESS

中国食品工业年鉴

食品加工和 流通领域的可追溯性

中国食品工业协会 中国食品工业年鉴编辑部 编 陈 明 编

IMPLEMENTING TRACEABILITY IN THE
FOOD PROCESS AND DISTRIBUTION



国外现代食品科技系列

食品加工和流通领域的 可追溯性

[英] Ian Smith [英] Anthony Furness 主编

钱 和 沈丽燕 刘长虹 译
徐玲玲 吴林海 校

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

食品加工和流通领域的可追溯性/ (英) 史密斯 (Smith, I),
(英) 费内斯 (Furness, A.) 主编; 钱和等译. —北京: 中国
轻工业出版社, 2010. 1

(国外现代食品科技系列)

ISBN 978-7-5019-7097-1

I. 食… II. ①史…②费…③钱… III. 食品卫生 - 研究
IV. R155

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 135335 号

Original English language edition published by Woodhead Publishing Ltd.

Copyright © 2006 Woodhead Publishing Limited

All Rights Reserved Woodhead Publishing Limited

责任编辑: 李亦兵 责任终审: 张乃柬 封面设计: 锋尚设计
版式设计: 王培燕 责任校对: 李 靖 责任监印: 马金路

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 河北高碑店市德裕顺印刷有限责任公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2010 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 12.25

字 数: 271 千字

书 号: ISBN 978-7-5019-7097-1

定价: 28.00 元

著作权合同登记 图字: 01-2007-5266

邮购电话: 010-65241695 传真: 65128352

发行电话: 010-85119835 85119793 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

70837K1X101ZYW

译者序

食品追溯过程包括两个途径：一是追踪（Tracking），是指从食品供应链的上游至下游，跟踪一个特定的单元或一件食品（一批食品）运行过程的能力；二是溯源（Tracing），是指从供应链下游至上游识别一个特定的单元或一件食品（一批食品）来源的能力，即通过记录标识的方法回溯某个实体的来源、用途和位置的能力。可追溯体系要求企业具备追踪和溯源两方面的能力，以便于在必要时证明产品的来历，确定产品在食品链中的位置。因此，可追溯体系有助于查找不符合的原因，并且在必要时提高撤回和（或）召回产品的能力；同时，可追溯体系能够提高企业对信息的合理使用和信息可靠性，提高企业的效率和生产力。因此，可追溯体系是一种帮助食品链中的组织实现食品安全管理体系所确定目标的有用工具，是一种能够连接生产和消费，让消费者了解生产和流通过程，提高消费信心的信息管理系统。

频繁爆发的食品安全事件，使食品可追溯技术应运而生；北京奥运会期间，可追溯制度有效保障了食品的安全性。但是，对中国多数食品从业人员和食品企业而言，可追溯体系和相关技术还没有揭下神秘的面纱。通过本书，读者可以从三方面系统了解可追溯方面的知识。首先，能系统了解食品的可追溯性、安全和质量之间的关系（第一部分），了解如何建立贯穿整个食品供应链的可追溯体系（第1章）、利用可追溯体系优化商业操作（第2章）、利用可追溯体系优化供应链（第3章）；其次，能系统了解建立可追溯体系的方法（第二部分），了解食物供应链的溯源和追溯模型（第4章）、如何解决可追溯体系中的瓶颈问题（第5章）、如何将加工信息纳入可追溯体系中（第6章）以及分析测量的可追溯性（第7章）；最后能了解各种可追溯技术（第三部分），如DNA标记在动植物可追溯性方面的应用（第8章）、农畜产品的电子识别、DNA概况和可追溯性（第9章）、食品供应链中可追溯信息的存储及传输（第10章）、可追溯体系中的信息传输（第11章）。

从译者的角度来看，本书虽然不厚，但承载的内容却非常丰厚和深入，作者对可追溯体系和相关技术进行了系统的阐述，内容翔实，条理清晰，相信在阅读本书之后，会对食品可追溯体系与相关技术有较为全面的了解。翻译从来就不是件轻松的工作，更何况是翻译专业书籍。在翻译本书的过程中，译者尽最大努力确保术语统一、准确，也尽最大努力以简洁的中文为读者重现原书的意境和风貌。但是，囿于水平，书中的问题和疏漏之处在所难免，敬请读者朋友给予批评指正。

本书第1章由王啸春、徐家伟、翁宜敬译，于汐洋校；第2章由薛莹、冯园译，宁炜校；第3章由吴李娣、邵玫译，蒋将、薛莹校；第4章由朱勇进、张嫔婷译，顾亚萍、薛莹校；第5章由刘兆祯、何雅静译，陈峰、薛莹校；第6章由王蕊、杨艳译，王浩月校；第7章由奚晓洁、钱丽红、陈益圣译，王希春、薛莹校；第8章由费非白、郑恪译，胡斌校；第9章由姜森、郝冰馨译，沈丽燕校；第10章由李森、张悦译，陈

沁校；第 11 章由崔颖、杨玥溪、陈静静、袁士芳译，沈丽燕校。所有译者是江南大学食品学院 2004 级本科生，校对者是江南大学硕士研究生和博士研究生。经过三年多辛苦，五易其稿，最终成文。姜森在本书翻译过程中做了大量的组织和协调工作，沈丽燕和刘长虹（中国检验认证集团上海有限公司）负责本书第三至四稿的校对，徐玲玲、吴林海（江苏省食品安全研究基地）负责本书第五稿的校对，在此予以衷心感谢，并借此机会祝福他们工作顺利，事业有成，生活幸福。

最后，祝所有读者都能从本书中获得需要的知识，并享受本书带来的乐趣，吉祥如意！

钱 和
2009 年夏

目 录

第一部分 食品的可追溯性、安全和质量

1 建立贯穿食品供应链的可追溯体系	3
1.1 引言	3
1.2 协调多功能可追溯性的要求	5
1.3 项目特异性信息的获取	8
1.4 EAN. UCC 编码体系	9
1.5 数据载体技术	12
1.6 项目附带数据和数据库信息的链接	15
1.7 食品溯源方案	16
1.8 结论	18
2 利用可追溯体系优化商业运营	19
2.1 引言：食品指纹方法	19
2.2 可追溯体系的主要概念	19
2.3 食品供应链中的可追溯性	22
2.4 影响可追溯体系的因素	23
2.5 可追溯体系中的食品指纹模型	25
2.6 建立可追溯体系的步骤	29
2.7 案例研究	32
2.8 结论	34
3 利用可追溯体系优化供应链	37
3.1 以质量为导向的可追溯体系的目标和利益	37
3.2 供需链管理	39
3.3 产品损失和脱销程度	40
3.4 产品损失和脱销的原因	41
3.5 控制产品损失和脱销的措施	43
3.6 供需链管理的优化	44
3.7 结论	45

第二部分 建立可追溯体系

4 食品供应链溯源和可追溯模型	49
4.1 引言	49

4.2	建立过程模型	50
4.3	建立可追溯模型	55
4.4	可追溯模型中的过程和产品问题	58
4.5	发展趋势	63
4.6	结论	64
5	解决可追溯体系中的瓶颈问题	66
5.1	引言	66
5.2	案例研究：森林水果夸克	66
5.3	食品指纹技术术语	71
5.4	瓶颈问题的四种类型	72
5.5	分析和解决瓶颈问题	77
5.6	发展趋势	80
5.7	结论	80
6	将过程信息纳入可追溯体系	81
6.1	引言：为食品工业和消费者带来的利益	81
6.2	应用过程信息提高产品质量	81
6.3	收集和存储信息的方法	83
6.4	数据分析的统计学方法	89
6.5	结论	91
6.6	发展趋势	91
6.7	详细信息及其来源	92
7	分析测量的可追溯性	96
7.1	引言——分析测量在产品质量评估中的作用	96
7.2	分析测量追溯和比较中的问题	98
7.3	提高分析测量的可比性	105
7.4	发展趋势	106

第三部分 可追溯性技术

8	用于动植物可追溯性的 DNA 标记	111
8.1	引言	111
8.2	种和亚种水平上的 DNA 变异	112
8.3	物种水平下的可追溯性	115
8.4	发展趋势	120

9 农畜产品的电子识别、DNA 纹印和可追溯性	128
9.1 引言	128
9.2 电子识别方法在家畜产品标记和追溯中的应用	128
9.3 利用射频进行动物识别的技术基础 (RFID)	130
9.4 农场和屠宰场中动物的电子识别设备	135
9.5 数据管理	139
9.6 发展趋势	140
 10 食品供应链中可追溯信息的存储与传输	141
10.1 引言	141
10.2 用于产品识别的数据载体技术	141
10.3 条件测量数据载体技术	143
10.4 质量检量数据载体技术	145
10.5 数据收集	145
10.6 数据处理	146
10.7 数据载体技术的实际应用	147
10.8 结论	151
 11 可追溯体系中的信息载体	153
11.1 引言	153
11.2 线性条形码体系及 EAN. UCC 采用的符号	154
11.3 二维编码	161
11.4 EAN. UCC 编码体系	166
11.5 基于芯片的数据载体技术和射频识别 (RFID)	170
11.6 电子产品代码 (EPC) 系统	175
11.7 总结	178

第一部分 食品的可追 溯性、安全和质量

1 建立贯穿食品供应链的可追溯体系

1.1 引言

现在,可追溯性已成为政府机构、企业和消费者共同关注的词汇,同时也是食品质量与安全控制体系的评定标准。可追溯性在国际上有众多定义,欧盟食品标准法案将其定义为:“在所有加工与流通过程中,追溯一种食品、饲料、食用性动物或物质的能力”(EU Regulation Food Law: 8/5/01);国际标准化组织(ISO)则将其定义为:“通过记录的信息来追溯一个实体的历史、运用和位置的能力”(ISO 8402: 1994)。对所有可追溯的对象来说,ISO 的定义更加通用,它重点指出了“记录信息”,因为记录信息是满足可追溯性要求的基础。

随着消费者和政府对于食品的安全、卫生和可信性的重视,要求食品企业建立产品可追溯体系的需求不断增强。人们担心动物携带的致病菌可能对人类造成风险,比如沙门菌、李斯特菌、梭状芽孢杆菌及引发牛海绵状脑病(BSE)的大肠杆菌 O157,也担心转基因蔬菜、谷物、水果以及一切转基因食品可能带来的风险。全球贸易和消费者的要求使可追溯性这个话题变得越来越敏感和紧迫,一系列关于可追溯性的指导方针也相继出台,其中包括:鱼产品的可追溯性方案 EAN. UCC 标准的运用(EAN International)、牛肉的可追溯性方案(EMEG)、保鲜食品可追溯性方案(EAN International)、供应链的可追溯性方案(GENCOD EAN France)和可追溯性执行方案(EAN. UCC project)。为了响应应运而生的法规,越来越多的食品供应链开始建立并应用可追溯体系。由于供应链的覆盖范围不断变化,同时也注重鱼类、肉类和酒类等特殊食品,因此,虽然目前的可追溯体系能满足这些产品的可追溯要求,但还不能有效运用到其他产品上。这样对于需要多条供应链提供的、配方复杂的食品,如何实施追溯的问题就自然而然地出现了。以水果派为例,它含有多种成分,由许多不同的供应链为其提供原料,因此水果派的可追溯性就较为复杂,难以满足人们对可追溯性的要求。

可追溯性中可利用信息的范围和多样性使得追溯过程复杂化,系统结构中信息传送和调节的不兼容性又使其更加复杂化。食品安全和食品质量是要求企业建立可追溯体系的主要驱动力,当然还有其他一些驱动因素。食品鉴定、质量保障、商标验证、损耗(产品损失)处理、生产工艺发展以及消费者支持等深层次领域都需要产品具备可追溯性。在可追溯体系中,可利用信息的范围和多样性增加了追溯过程的复杂性;在系统结构中,信息传送和调节的不兼容性使追溯过程更加复杂化;总之,每个具有特定功能需求的领域都将增加可追溯过程的整体复杂性。因此,这就要求建立一个通用的可追溯体系结构,以分辨并满足不同可追溯性功能,并将这些功能模块独立化。

众所周知,食品生产和供应是高度统一的整体,对食品贸易的范围和成败具有全

球性意义。可追溯体系需要全球一致性，以避免因为缺乏相容性和对复杂情况的有效管理所造成的混乱。目前，可追溯体系越来越多地应用信息与通信技术（ICT）以及通信网络（如因特网）中的信息传送，因此这种一致性的要求意义深远。

值得庆幸的是，这种一致性在许多体系中已经有所体现，人们对相关标准编码和识别方式的一致性也开始进行探索性研究，以商业盈利为目的的电信系统的发展就是如此，从而为形成完整的可追溯体系提供了潜在的可能性。尽管如此，我们还是需要建立一种通用的可追溯方法，以解决供应链的交叉问题，并为协调性和系统兼容性提供一种逻辑框架。这种方法同样必须支持可追溯性的功能扩展和对复杂供应链进行有效的管理。

在深入了解可追溯性的本质及其影响因素的过程中，首先要知道为什么需要可追溯性，哪些是影响可追溯体系有效实施的因素。确保食品安全是建立可追溯体系的首要目的，英国食品机构（UK FOOD Agency）指出，食品供应链中可追溯体系应该具备下述功能¹⁾：

- **食品安全事故的应急处理**

需要强有力的可追溯体系来应急处理食品安全事故，包括一些以保护公共安全而采取的补救措施，如将问题产品撤退和召回。

- **食品残留物的监管**

利用可追溯体系在食品供应链的相应点取样，检验相关残留物，如农药等，然后标出供应链中哪些地方可能发生残留物超标。

- **食品安全风险评估**

利用可追溯体系，迅速获取与食品安全有关的食物和食品成分的信息，进行风险评估。

- **执行商标制度**

建立可追溯体系有助于解决虚假商标的问题，也有助于确定供应链的完整性。

- **造假**

利用可追溯体系，进行有效追溯和定期审查，有助于防止食品中的造假和剽窃行为。

- **食品浪费**

可追溯性和相关的质量控制体系，能促进和改善食品流通过程，降低食品的浪费。

- **肉类食品卫生**

可追溯性有助于加强肉类食品加工和处理过程的卫生情况。

可追溯体系的建立与人们对食品质量和安全的要求有关，因此，如何及时获得企业在食品法规的遵守、食品生产和加工处理过程中的质量控制、食品本身的可靠性、生产过程和供应链的发展以及客户服务等方面的信息，都是可追溯体系应该具备的功能。将这些要求转换成相关信息，同时将这些信息分类编码，就能实现相应的可追溯功能，并形成一种普遍的可追溯结构。

可追溯体系应该具备的一个典型特征是在任何时候都可以启用，但现在只是在需

1) 食物链的可追溯性，英国食品机构，Food Chain Strategy Division（Paper Note 02/02/01），14. 02. 2002.

要的时候才使用。人们往往把建立和实施可追溯体系视为强加的任务，认为它作用不大或者根本不起作用。那么实施可追溯性的动力究竟是什么呢？显然立法绝对是最具影响力的一种方法，但是除非消费者信任，否则法律法规也很难被视为驱动力，因为，自觉遵守法规要求总比强制执行要好得多。考虑到处理过程的结构和功能，可以将可追溯体系设计成不仅仅满足可追溯性本身的要求，还能为相关过程创造附加价值的一个体系。这种设计应该能充分利用自动识别和整合数据的数据载体，并且能提高过程的效率和质量，同时还能与质量操作相联系。ISO 9000 系列质量标准，尤其是 ISO 9001，认为可追溯性是必须遵守的。它要求通过正确、迅速的文字或电子记录信息，将产品从当前状态回溯到加工或生产的各个阶段。如果能给整个过程增加价值，那么实施可追溯性的动力就会更大了。

1.2 协调多功能可追溯性的要求

为了更深入了解协调多功能可追溯性要求的通用方法，有必要进一步区分可追溯体系和可追溯功能。可追溯体系要求通过链接供应链中的各个节点，为产品或其组成成分的追溯提供明确、连续的方法。供应链中的一个节点就是产品进行加工处理的一个环节。要形成可追溯体系，产品及其组成成分必须合理标识，而标识符必须链接相关成分的具体信息。这样就建立了产品的信息库，满足了可追溯性要求和对加工过程的技术支持。

可追溯体系是以文字或信息通信技术为基础设计出来的，考虑到替代文字记录，人们很自然的会想到建立一种具备高效快捷可追溯性能力的系统。建立一个完整协调的追溯方法，必须对供应链中的所有产品进行有效标识；从原料到产品再到包装，从物流部门到货运部门；并且通过合理的编码链接以及合理的信息源通信通道来满足各种追溯功能的需求。信息分类要求灵活机动，有些情况下信息与产品是一致的，但总体来说，可追溯体系的信息需求量是很大的，超出产品可携带的限度。而且，不同产品的信息必须满足一系列加工过程和产品溯源的要求，所以，相关产品信息应建立相对应的数据库。为了协调信息需求、信息分类和产品识别的多样性和复杂性，有必要总结可追溯体系的共同特征，从而得出开发其相关特色的总策略。

不考虑供应链产品、工业化联系以及支持的功能，所有可追溯体系都具有共同的结构特征：

- 产品识别：协调供应链的加工和处理过程时明示和链接的作用。
- 附带产品和（或）产品本身的相关信息：适用于影响到追溯体系的节点前后以及节点之间的事件过程。
- 加工类信息：与供应链中加工处理的产品相联系。
- 通信：有利于信息存取与交换。

根据以上共同特征，可以构建一个可追溯体系的总体框架，包括纵向数据流（贯穿供应链上下游）和横向数据流（供应链各节点之间）的采集和保存。纵向结构可以简单的理解为使用最简化的识别符和数据载体，为横向数据库提供必要的代码识别转换和数据库链接。横向结构则为可追溯体系和生产过程提供大量宝贵的产品信息，并

将这些信息编译成信息单元以应用于单个可追溯体系或生产过程。下一步要解决的问题是如何链接横向与纵向结构。

1.2.1 横向与纵向结构之间的相互链接

横向与纵向结构作为总体框架中某一节点的基本特征（图 1.1），对于从更加有效的获得附加信息的各种途径中区分出关于主要产品及其加工工艺的关键信息（这与目标有关）来说，是具有很大意义的。如果在各节点间合理应用数据传输，整个系统设备还可以更好地控制和执行节点间任务，最终，通过移动通信（图 1.2）从相应的节点信息管理系统中就可以产生更多的信息。这种“一步”链接不单单支持追溯性链接，还支持相邻节点的信息流来实现增值加工过程、交易以及供应链管理。这种“一步”链接的“前后呼应”结构模式，合理地相互作用并扩展，协助第一层信息块、“点与点”信息链与整条供应链相结合。这种信息储存设备和相关信息管理系统（IMS）被称为“追溯性控制和信息支撑点”。

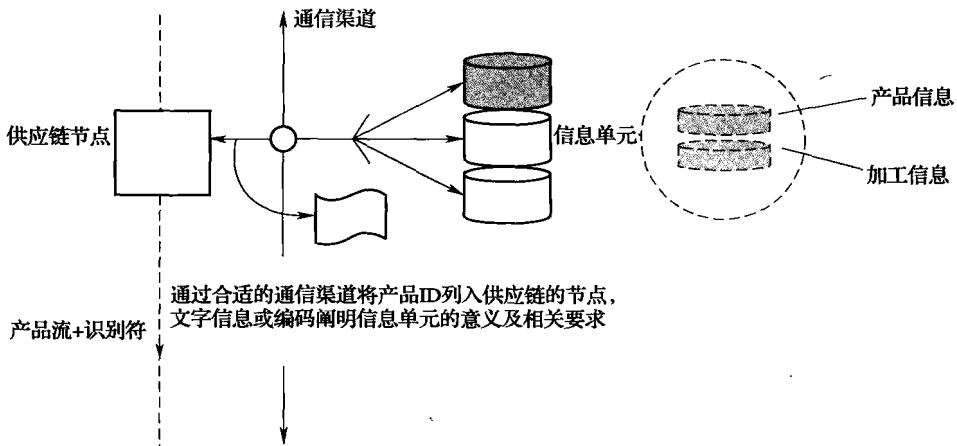


图 1.1 供应链中横向与纵向链接

有些产品的信息是在计算机处理产品附带物的数据文件后得到的，这时候就很有需要了，需要自身的信息还是扩展的信息就由产品及其特定环节的需求来决定。例如，易腐食品的运送必须有一个数据文件，也称运输货单，包括装运的货物名称、启运日期、目的地和一些运送细节。这种方法可以确保需要时立即有效地得到关键信息，从而避免因信息链接失败出现问题。

在节点数据库中储存的信息应该是充足的，能够同时满足大量加工和追溯的要求，这就需要使用到大型数据库，甚至是全国性的或其他相关结构的数据库，这就引发了对可追溯性更深层次的研究。为了能够进入这些数据库和管理系统，需要构建一个具备登陆管理和通信协议的网络平台（图 1.3）。

要构建这样的可追溯体系结构，就必须鉴别不同的数据结构、识别符和通信协议，以适应不同的供应链要求，保持供应链内外和各个国家之间的一致性。识别符必须包括位置代码结构、信息单元、访问监控和产品识别符。

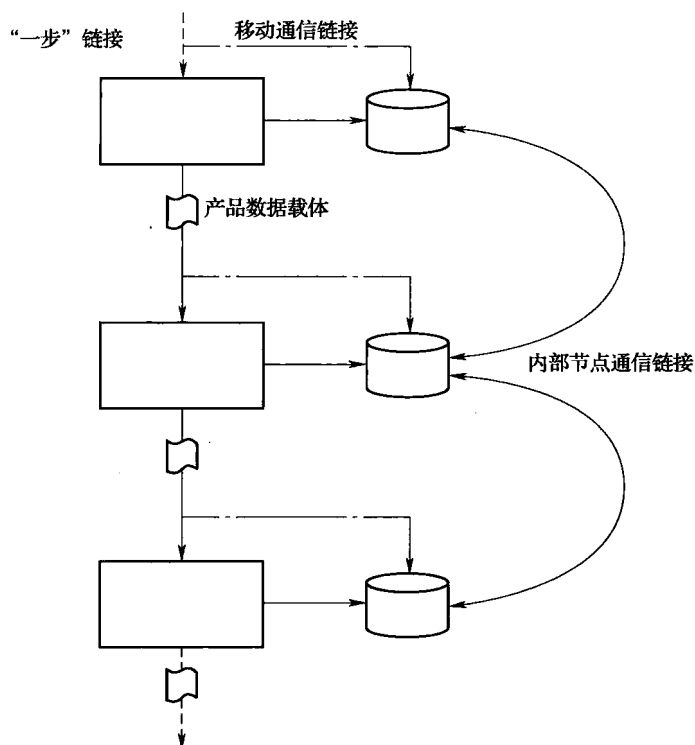


图 1.2 可追溯体系的“一步”链接示意图

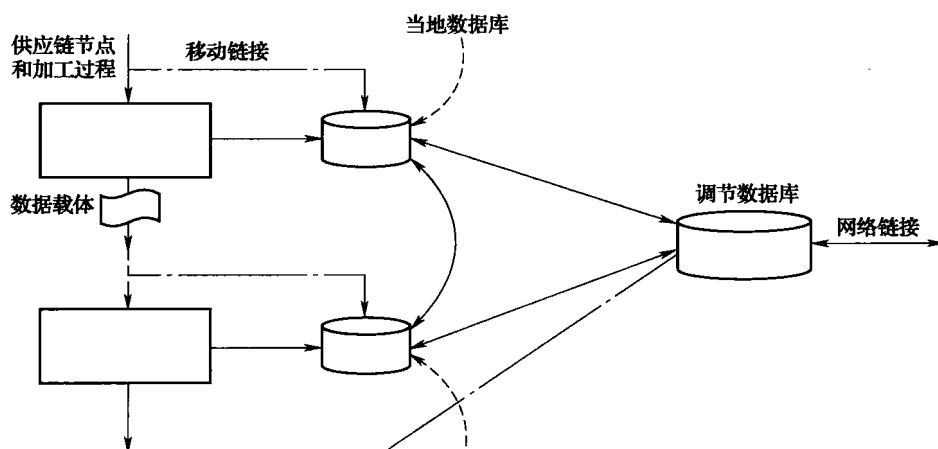


图 1.3 可追溯体系中的数据库链接

1.2.2 位置要求

识别供应链中各个环节及信息处理点是建立一个通用完整的、可以处理编码信息块的可追溯体系的必要条件（图 1.4）。通过执行位置识别功能可以区分出各个机构，这些功能包括 EAN. UCC 的全球位置编号（GLN）和全球定位系统（GPS），它们都为系统内每一个法定的、具有功能性的定点位置设置一个编码。

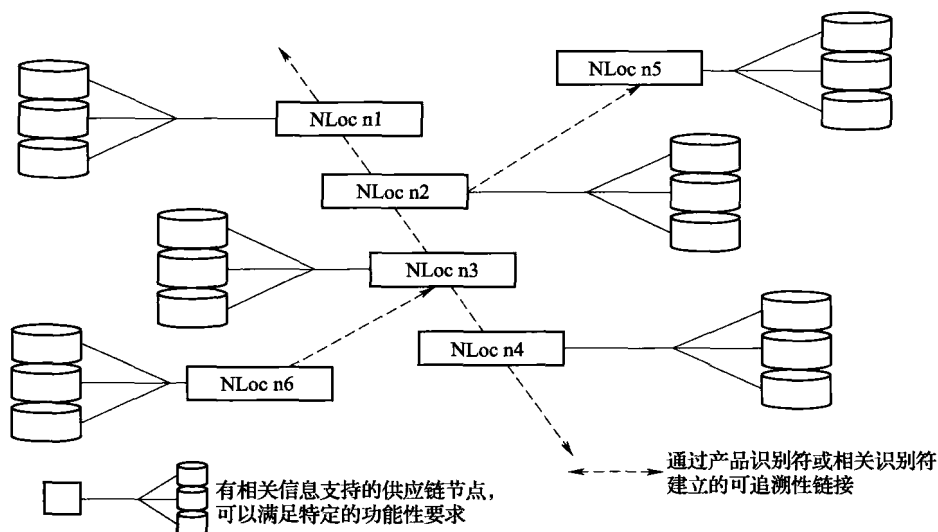


图 1.4 可追溯体系的整体定位要求

1.3 项目特异性信息的获取

在供应链的起始环节或是有新型食品和配料加入供应链时，一般都必须建立相关食品的初级标识系统，以便鉴定和进一步标识。这种初级标识技术种类繁多，可根据待测食品的种类来选择。典型的标识技术包括 DNA 技术、蛋白质与代谢指纹技术、核磁共振（NMR）以及本书其他章节所描述的一系列测定食品成分的分析技术。从可追溯角度讲，这些技术根据特定食品的内在特征提供了独立标识的方法，这些内在特征将作为“生物指纹”合理地储存并在需要时获取。基于以上技术，任何进入供应链的食品，如一批小麦、动物性食品、水果、蔬菜、香料等，都可独立标识或分类标识。与初级标识系统链接，很可能获得有关产品的更多信息，这就形成了有用的信息单元。要通过电子手段远程获得信息，还需要一套附加码和识别符。

供应链中其他的识别符是次级标识系统，大致包括一个或一批特定产品和与可追溯体系产品配套的数字编码或字母编号，如果次级标识系统能够通过代码结构与初级标识系统相连接，这将是理想的。有时对初级标识系统进行编码以区分产品的类型。有关转基因组织（GMO）¹⁾的代码标识系统的法规有望出台，这意味着具有特定标识代码的食品将投入市场。另外，次级标识系统将进一步运用到产品的鉴别以及供应链下游的处理。对于以信息通信技术为支撑的可追溯体系，识别符必须是计算机可以识别的，并且符合编码和标识标准（如 EAN、UCC 系统，后面将予以介绍）（图 1.5）。

1) 欧洲议会和欧盟理事会的立法草案，主要关注于转基因组织的标签制度和可追溯性以及从转基因组织制得的食物和饲料的可追溯性，并对 Directive 2001/18/EC 加以修改。