

《(CERN) 长期观测质量管理规范》丛书

QUALITY ASSURANCE AND QUALITY CONTROL FOR
LONG-TERM WATER ENVIRONMENTAL OBSERVATION
IN TERRESTRIAL ECOSYSTEMS

陆地生态系统水环境观测 质量保证与质量控制

袁国富 张心昱 唐新斋 等/编著

中国环境科学出版社

《中国生态系统研究网络（CERN）长期观测质量管理规范》丛书
中国科学院创新方向性项目（KZCX2-YW-433）资助

陆地生态系统水环境观测 质量保证与质量控制

**Quality Assurance and Quality Control for Long-term Water
Environmental Observation in Terrestrial Ecosystems**

袁国富 张心昱 唐新斋 等 编著

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

陆地生态系统水环境观测质量保证与质量控制/袁国富, 等编著. —北京: 中国环境科学出版社, 2012.8

(《中国生态系统研究网络 (CERN) 长期观测质量管理规范》丛书)

ISBN 978-7-5111-0954-5

I. ①陆… II. ①袁… III. ①陆地—生态系统—水环境—观测—质量控制—中国 IV. ①X143

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 051499 号

责任编辑 张维平
封面设计 玄石至上

出版发行 中国环境科学出版社
(100062 北京东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: gjbl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)
印装质量热线: 010-67113404

印 刷	北京市联华印刷厂
经 销	各地新华书店
版 次	2012 年 8 月第 1 版
印 次	2012 年 8 月第 1 次印刷
开 本	787×1092 1/16
印 张	13.25
字 数	310 千字
定 价	44.00 元

【版权所有。未经许可, 请勿翻印、转载, 违者必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

《中国生态系统研究网络（CERN）长期观测 质量管理规范》丛书

指导委员会

于贵瑞 孙晓敏 杨林章 王跃思 李凌浩 蔡庆华

编辑委员会

主 编 袁国富 吴冬秀 于秀波

编 委（按姓氏笔画排序）：

叶 麟 韦文珊 刘广仁 宋创业 宋 歌 张心昱

胡 波 施建平 徐耀阳 唐新斋 潘贤章

《陆地生态系统水环境观测质量保证与质量控制》

编写组

主 编 袁国富

副 主 编 张心昱 唐新斋

编写人员（按姓氏笔画排序）

王 溪 刘玉洪 张心昱 苏宏新 李 伟 姜 峻

娄金勇 郭永平 唐新斋 袁国富 董雯怡 谢 娟

序 言

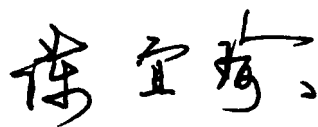
中国生态系统研究网络（CERN）从 20 世纪 80 年代末开始筹建以来，针对不同地域的典型生态系统开展了长期联网监测与研究，揭示陆地和水域生态系统演变规律，以及全球变化和人类活动对生态系统的影响和反馈。

建立科学合理的监测规范是 CERN 开展长期联网监测的一项基础性工作。为此先后出版了《中国生态系统研究网络观测与分析标准方法》丛书和《中国生态系统研究网络长期观测规范》丛书，制定了生态系统长期监测指标，规范了长期观测的场地及其设置方法，统一了观测和分析方法。

本次出版的《中国生态系统研究网络（CERN）长期观测质量管理规范》丛书则是针对 CERN 长期监测数据的质量控制和质量保证体系进行系统阐述。丛书分为 5 册，其中包括陆地生态系统水分、土壤、大气、生物要素 4 册和水域生态系统 1 册。每册均涵盖 CERN 质量管理体系、数据产生过程质量保证与质量控制、数据审核与评估、质量管理相关制度等 4 个部分，系统阐述了 CERN 数据从观测计划、数据生产、数据审核到数据检验全过程的质量保证要求和质量控制方法。

该丛书是对 CERN 多年生态系统监测和数据质量管理成果和经验的系统总结，同时也借鉴了国际和国内相关的生态系统和环境长期监测质量控制方法。在此基础上形成了一套有特色的，符合 CERN 长期监测特征的质量管理规范。

该丛书是由 CERN 水、土、气、生和水域 5 个学科分中心负责编写完成，得到 CERN 综合中心、各生态站和 CERN 科学委员会的大力支持。作为 CERN 长期联网监测规范体系的重要组成部分，该丛书将进一步完善 CERN 质量管理和数据质量体系，并为我国相关领域长期联网监测的规范化管理提供有益的参考。



CERN 科学委员会主任

中国科学院院士

2012 年 7 月 25 日

前 言

中国生态系统研究网络 (CERN) 已经走过了 20 余年的历程, 作为野外台站三大任务之一的长期监测工作走入正轨运行也有十余年的历史。在这一过程中, CERN 针对长期监测任务先后出版了两套丛书, 分别为方法丛书和规范丛书, 用来明确 CERN 台站长期监测任务的具体工作内容和标准。现在出版的这套丛书则是针对长期监测及其数据的质量管理规范, 作为对 CERN 系列规范内容的进一步补充和完善, 提升 CERN 台站长期监测的质量管理水平。

作为一项生态系统长期野外监测工作, 长期监测及其数据的质量控制与质量保证是必不可少的环节, CERN 在建立之初就开始针对这一环节实施了一系列的措施, 这些措施包括: 建立了 CERN 长期监测的三级质量管理体系, 即台站-专业分中心-综合中心的三级数据质量管理模式; 设置了统一的监测指标体系、监测方法、观测仪器; 建立了统一的数据库格式和共享数据库等。通过这些措施, 从联网长期监测的目的出发, 形成了 CERN 有特色的长期监测规范和方法。如果说数据是 CERN 生态系统野外长期监测的核心的话, 那么质量管理则是保证长期监测数据的合理性和可利用性的最终保障。

CERN 水分分中心从 1998 年开始实施对 CERN 野外陆地生态系统台站水环境长期监测的质量管理工作, 这项工作在国内外并没有可以借鉴的示例, 水分分中心在十余年的管理实践中不断摸索完善, 对 CERN 水环境监测及其数据中存在的问题积累了大量的经验和教训, 本书总结了这些经验和教训, 与 CERN 台站监测人员进行了大量的沟通, 同时参考了美国 LTER 和英国 ECN 野外监测网络的相关成果, 最终形成了目前这本针对 CERN 陆地生态系统野外试验站水环境长期监测的质量规范文本。

本书主要由三部分组成, 第一部分是 CERN 陆地生态系统水环境长期监测的质量体系, 从组织结构和质量管理内容等方面对 CERN 质量管理工作进行了归纳和总结。第二部分是具体的质量保证与质量控制措施, 在 CERN 质量管理中这部分内容又被称为前端质控, 包括分别对场地管理的质量控制与质量保证、野外现场观测和现场采样的质量控制与质量保证、室内分析的质量控制与质量保证, 为了适应观测技术的发展,

这一部分我们还专门增加了水环境野外自动监测平台的相关质量管理的论述。第三部分是对长期监测数据的质量审核与评估,属于 CERN 后端质控内容,包括数据的填报、数据的审核和最终数据的综合评估方法等。由于陆地生态系统水环境指标包括两大类:水文指标和水化学指标,在阐述相关质量控制措施时,本书针对水文指标和水化学指标的质量管理分开加以说明。本书可以作为 CERN 陆地生态系统野外台站水环境长期监测质量管理的参考书籍,也可以为国家其他行业和部门的相关野外监测工作提供参考。

参加本书编写的人员分工主要是,袁国富负责撰写第 1 到 4 章,以及第 6、10、12 章的撰写,张心昱负责第 5、7、8、11 章的撰写,唐新斋负责第九章的撰写,谢娟参与编写了第 5、7 章内容,董雯怡参与编写了第 11 章内容。在撰写过程中,野外台站相关专家提供了大量素材,包括哀牢山站刘玉洪老师,北京森林站苏宏新老师,安塞站姜俊老师,策勒站郭永平老师,贡嘎山站李伟老师、禹城站娄金勇老师和海北站王溪老师等。

本书是在中科院重要方向项目“长期生态监测数据质量控制与数据开发的方法和关键技术研究”(KZCX2-YW-433-1)的支持下完成的。在课题研究和书稿的撰写过程中,还得到了 CERN 水分分中心前两任主任唐登银先生和孙晓敏研究员的指导和关怀,CERN 科学委员会前任和现任秘书赵士洞先生,欧阳竹研究员,于秀波研究员都给予了有益的指导,CERN 科学委员会委员于贵瑞研究员、张佳宝研究员、杨林章研究员都对书稿内容提出过宝贵意见,在研究和撰写书籍过程中,CERN 各野外台站负责水环境监测的各位专家与我们相互讨论,提出意见,对我们的研究和本书内容有很大的帮助。最后,要特别感谢中科院资环局领导冯仁国副局长、庄绪亮主任、杨萍主任在课题执行过程中给予的支持和指导。

本书所针对的内容是我们制定陆地生态系统野外台站水环境长期监测质量管理规范的一个尝试,没有专门可以借鉴的国内外成果。鉴于编著者水平有限,有很多问题需要进一步研究和探讨,甚至错误或疏漏之处在所难免,敬请读者不吝指正。

编著者

2012 年 7 月于北京

目 录

第一篇 质量管理体系

1 陆地生态系统水环境观测质量管理体系	3
1.1 CERN 质量管理体系	3
1.2 陆地生态系统水环境观测质量管理体系	8
2 陆地生态系统水环境观测质量管理的目的与任务	17
2.1 水环境观测质量管理目的	17
2.2 水环境观测质量管理主要任务	17
3 陆地生态系统水环境观测数据质量要素与评价指标	20
3.1 水环境观测质量目标	20
3.2 质量要素与评价指标	20

第二篇 数据产生过程质量保证与质量控制

4 水环境观测场地管理质量保证与质量控制措施	25
4.1 场地管理的质量保证	25
4.2 场地管理背景信息规范	25
4.3 场地维护的质量控制措施	26
5 水环境观测采样过程质量保证与质量控制措施	30
5.1 采样过程中的质量保证	30
5.2 采样过程中的质量控制措施	31
5.3 样品管理的质量保证与质量控制	33
5.4 监测点的设置	36
5.5 降水采样质量保证与质量控制措施	39
5.6 地下水采样保证与质量控制措施	44
5.7 地表水采样保证与质量控制措施	47
5.8 特殊样品的采集	49
6 水环境观测现场观测过程质量保证与质量控制措施	51
6.1 水环境观测现场观测过程质量保证	51
6.2 水环境观测现场观测过程主要质量控制措施	51
6.3 土壤含水量观测质量控制措施	54
6.4 地下水位观测质量控制措施	60
6.5 水面蒸发观测质量控制措施	63

6.6	地表径流观测质量控制措施	67
6.7	森林冠层水循环指标观测质量控制措施	73
6.8	沼泽湿地水深观测质量控制	76
7	水环境观测室内分析质量保证与质量控制措施	78
7.1	实验室分析基础条件	78
7.2	实验室内部的质量控制	82
7.3	实验室外部的质量控制	117
7.4	数据处理与报告的生成	119
8	水质野外自动监测质量保证与质量控制措施	122
8.1	水质自动监测	122
8.2	监测站点、监测项目及监测频次	123
8.3	水质自动监测系统	126
8.4	质量保证与质量控制	132
8.5	系统维护与运行管理	134
9	水环境观测数据录入过程质量保证与质量控制措施	148
9.1	水环境观测数据录入概述	148
9.2	元数据设计	148
9.3	台站观测数据录入质控	153
9.4	数据库规范化设计与管理	160

第三篇 数据检验与评估

10	水文观测数据检验方法	165
10.1	水文数据完整性检验	165
10.2	水文数据准确性检验	166
10.3	水文数据一致性检验	175
11	水质观测数据检验方法	177
11.1	水质数据完整性检验	177
11.2	水质数据正确性检验	180
11.3	水质数据一致性检验	181
12	水环境观测数据质量评估	189
12.1	CERN 数据质量评估现状与问题	189
12.2	水环境观测数据质量评估方法	191
	参考文献	197
	附录一 引用标准	198
	附录二 水质监测相关标准	199

第一篇

质量管理体系

1 陆地生态系统水环境观测质量管理体系

1.1 CERN 质量管理体系

1.1.1 CERN 质量管理体系的含义

质量管理体系（Quality Management System, QMS），ISO 9001：2005 标准定义为“在质量方面指挥和控制组织的管理体系”，通常包括制定质量方针、目标以及质量策划、质量控制、质量保证和质量改进等活动。

CERN 质量管理体系是指针对 CERN 野外长期联网监测，为实施质量管理所形成的组织结构、程序、过程和资源的总称。根据 CERN 的特色，CERN 的质量管理体系由五部分组成（图 1-1）。

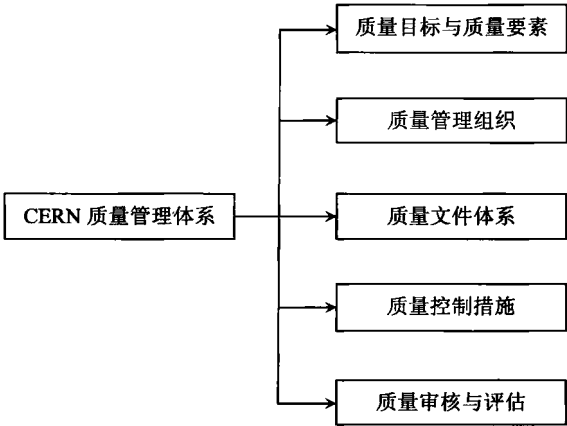


图 1-1 CERN 质量管理体系的五大组成部分

“质量目标与质量要素”设定 CERN 质量管理的目标，并制定具体的目标量化指标（质量要素），“质量管理组织”则是设置的各级管理机构，“质量文件体系”是对整个质量管理过程的规范化文本，“质量控制措施”则是具体的质量执行的方法，“质量审核与评估”是根据质量目标对最终数据产品进行质量管理与评估。本书将围绕这五个方面详细展开 CERN 水环境观测的质量管理体系和质量管理方法的探讨和说明。

CERN 通过建立质量管理体系对 CERN 长期联网监测全过程进行质量管理。

CERN 的质量管理体系在 CERN 设计和建设初期就已经有了基本的框架，通过 CERN

科学委员会和 CERN 领导小组办公室的领导，建立综合中心—分中心—台站的三级质量管理组织结构，每一级的质量管理内容和职能各有分工，形成一个完整协调的质量管理体系。

与美国环境保护局（EPA）的质量管理框架类似，CERN 的质量管理也分为计划—执行—评估三个步骤，质量管理的主要内容是针对每一个步骤制定完整的质量保证/质量控制（QA/QC）行为，确保 CERN 运行的质量目标。

作为 CERN 质量管理体系的核心内容，CERN 长期联网监测的规范化 QA/QC 活动贯穿整个质量管理始终，完善并建立质量文件、制定和实施质量控制措施是 QA/QC 活动的关键。

1.1.2 CERN 质量管理体系组织结构

质量管理体系的组织结构是应对质量管理设置的具体的组织和机构，它是质量管理的基础。

目前，整个 CERN 的运行是在专门设置的 CERN 科学委员会和 CERN 领导小组办公室的领导下开展工作的，为实施具体的运行管理和质量管理，设置了一个三级管理体系，它也是 CERN 质量管理体系组织结构。

CERN 质量管理体系的组织结构是一个三级管理体系，如图 1-2 所示。

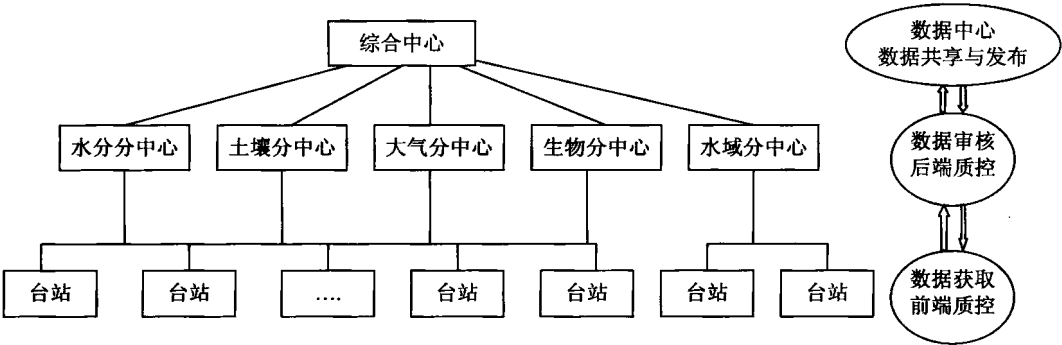


图 1-2 CERN 质量管理体系的三级组织结构

分布于全国各地的不同类型的生态试验站是 CERN 网络的基础和长期监测工作的具体实施单位，它们是整个质量管理体系组织结构中的第一级平台。在整个 CERN 长期监测质量管理中，野外台站的职责是数据获取，并按照规定要求实施相关的质量管理。

为了更好地管理不同类型生态站监测的不同类型的长期监测数据，CERN 设置水分分中心、土壤分中心、大气分中心、生物分中心和水域分中心共 5 个分中心分别管理野外台站不同的监测数据，其中水分、土壤、大气和生物分中心分别管理陆地生态系统试验站的水、土、气、生数据，水域分中心单独管理水域生态系统野外台站的监测数据。5 个分中心构成了质量管理体系中的第二级组织，主要的质量管理职责是规范和指导野外台站的监测工作，并对监测数据进行质量控制和评估。

质量管理的最高一级组织是综合中心，在质量管理体系中，它的主要职责是数据管理中心，用来规范与数据管理有关的一切活动和信息，并负责数据的发布与共享。

CERN 的三级质量管理组织模式体现了生态系统野外长期联网监测的特点，这一管理

组织模式考虑生态系统的复杂性、数据的多样性，以及长期生态系统研究的跨学科等特点，设置专门的专业分中心对监测工作和质量管理进行针对性管理。这种组织模式是对野外长期生态学联网研究和监测的合理模式。

1.1.3 CERN 质量管理体系运行机制

1.1.3.1 质量管理运行的三步骤

CERN 质量管理运行机制是根据 CERN 野外长期联网监测的特点和生产数据的需要而制定的，体现了野外长期监测与长期监测数据的特殊性。

CERN 质量管理的运行，根据每个阶段的目标和具体任务不同，可以分为三个步骤来实施，即计划、执行和评估三个步骤，如图 1-3 所示。

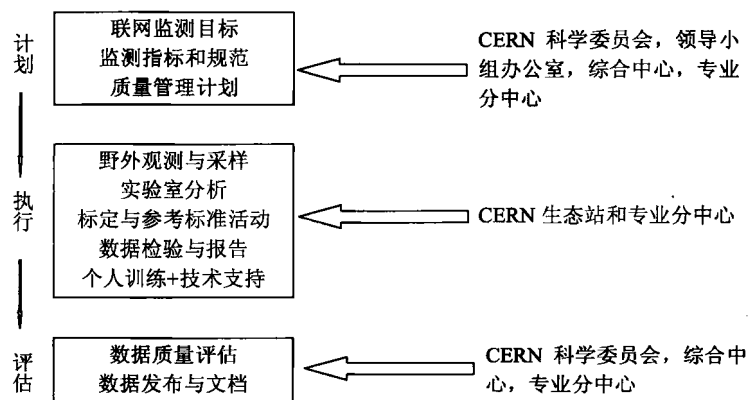


图 1-3 CERN 质量管理体系的运行

CERN 通过制订计划，具体实施到最后数据评估完成整个野外长期联网监测的质量管理活动。

第一阶段是计划。这一阶段的主要内容包括制定 CERN 长期联网监测的科学目标和质量目标，在此基础上设置长期监测指标并制定监测规范，为了保证数据质量要制定质量管理计划等一系列的活动。这一阶段的工作主要由 CERN 科学委员会负责组织和最终审核，具体由 CERN 领导小组办公室组织 CERN 综合中心和专业分中心来完成相关工作。

第二阶段是执行。在执行阶段要完成计划所规定的野外监测内容，包括观测、采样、实验室分析等数据生产活动，以及标定与参考标准活动、数据审核、检验、培训与技术支持等质量管理活动等，通过执行阶段最终获得符合质量目标的数据和数据产品，是 CERN 质量管理的最终对象。这一阶段的工作由 CERN 野外生态试验站和专业分中心具体实施。

第三阶段是评估。通过对生产的数据进行质量评估，并规范化数据格式和信息化，对数据实施共享与发布，作为数据面向用户的基础。这一阶段工作由 CERN 综合中心和专业分中心具体实施，CERN 科学委员会最终把关。

CERN 的整个质量管理活动的运行还可以根据质量管理体系的各要素来描述整个质量管理过程的运行，如图 1-4 所示。

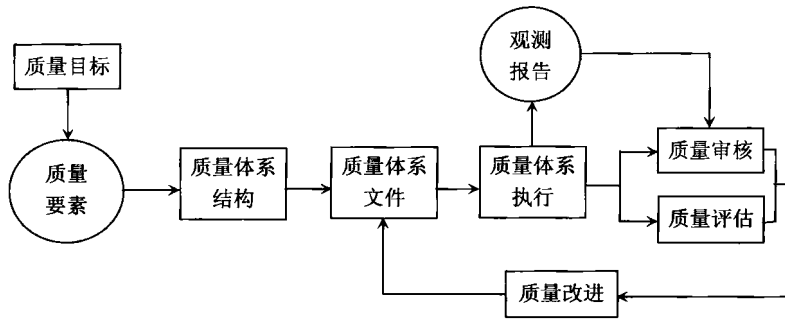


图 1-4 CERN 质量体系运行原理（欧阳华，2008）

一个完整的 CERN 质量管理运行过程，需要包括以下几个方面的要素和具体内容：

（1）质量目标。通过 CERN 科学委员会组织和讨论确定 CERN 长期联网监测的质量方针和目标，作为整个 CERN 运行的基础和依据，所有的质量活动都必须在 CERN 质量方针和目标的要求下实施。

（2）质量要素。这是对质量目标的具体化和量化，便于质量管理和评估。这些质量环境要素主要从数据的完整性、准确性、一致性、代表性等方面设置具体的量化指标。

（3）质量体系结构。是用于质量管理的组织结构。在整个 CERN 层面就是一个三级管理组织体系（见图 1-2），在具体的执行单位，如各台站、专业分中心和综合中心，则还应该建立自身的质量管理组织结构体系。

（4）质量体系文件。又称质量文件，是对质量体系各环节的文件化。只有将所有质量管理活动文件化和信息化，才能确保质量管理体系的正常和可持续运行。

（5）质量体系执行。这部分就是具体的在野外台站层面的监测过程中的质量控制措施，是质量管理的关键。

（6）观测报告。是台站野外观测过程中的各类质量记录，包括各类背景信息、元数据信息等的记录和报告。

（7）质量审核和评估。是针对数据的检查、整理、评估和共享过程。

（8）质量改进。一个好的质量体系必须能不断地进行质量改进，不断地通过反馈机制自我完善。这种自我改进和完善要通过质量文件形式保存并最终指导质量管理的执行过程。

1.1.3.2 CERN 质量管理流程

CERN 长期生态监测是一项野外台站之间的联网共同监测计划，野外台站是实施长期监测的主体，专业分中心和综合中心偏向于对数据的管理，包括质量管理。在 CERN 这种特殊组织框架下，CERN 的质量管理可以区分为前端质控和后端质控两部分，以区分各自的职责和任务，形成更为有效的质量管理架构。图 1-5 显示了台站、专业分中心和综合中心在整个质量管理体系中的位置以及整个质量管理流程。

前端质控是 CERN 野外生态站负责实施的质量管理活动，包括两方面的内容：野外观测与质量评估。野外观测就是野外台站按照 CERN 监测规范实施的野外观测活动，并根据 CERN 质量要求完成观测过程的质量控制；质量评估则是台站对观测和分析获得的数据进

行评估，包括重复测量、仪器标定等，最后将数据录入规定的报表中。

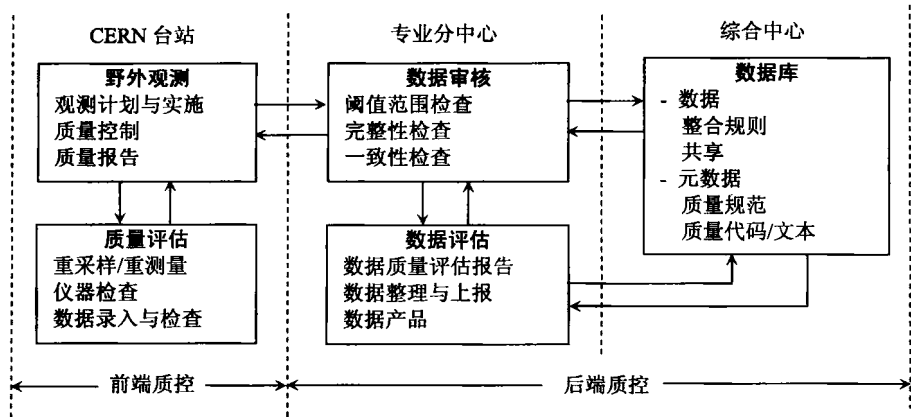


图 1-5 CERN 三级质量管理组织的质量管理流程与职责

后端质控包括 CERN 专业分中心和综合中心所有的质量管理活动，是数据生产后进行的质量管理活动。它又包括专业分中心和综合中心两个层面的质量管理。在专业分中心层面，主要是进行数据审核、检验和评估，在综合中心层面，则主要是对数据进行入库整理和共享。

1.1.4 CERN 质量文件与质量控制方法

CERN 质量管理体系包括质量管理的诸多方面，但核心内容主要是质量文件和质量控制方法两部分内容，它们构成了质量管理的关键。

质量文件将所有质量活动文本化，以方便 CERN 整个系统的运行和管理，质量控制方法则是保证质量目标的具体措施，一个不断完善的质量控制方法体系是 CERN 质量管理的重要活动。

1.1.4.1 质量文件

质量文件是描述质量管理的所有文档，根据文件内容的性质，它可以分为三类质量文件：程序性文件、作业指导书和质量记录，如图 1-6 所示。

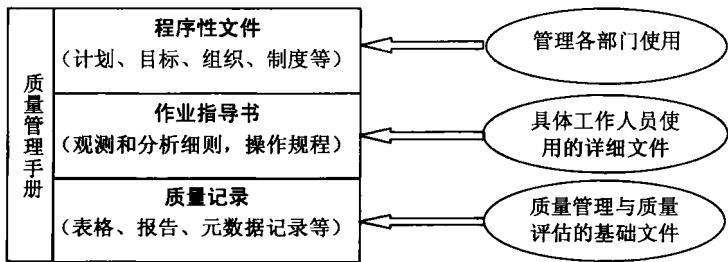


图 1-6 CERN 质量文件体系

程序性文件包含所有质量管理目标、计划、组织和制度等方面的文档，用于观测工作各环节的管理人员使用。