

工程质量检测中的抽样方案设计与优化

黄沈智 茆晓宇

泰州市天衡建设工程质量检测有限公司 江苏 泰州 225300

摘要：工程质量检测抽样方案的科学设计与优化对保障工程质量意义重大。本文首先阐述其基本原理，包括遵循的相关理论与准则。在设计方面，详细介绍抽样对象的确定，如总体范围界定与抽样框选择；抽样数量受多种因素影响且有特定计算方法；抽样点选择综合结构、功能、特殊部位及建设过程因素；并给出具体设计步骤。实施过程强调操作规范性、数据整理分析及检验结果评估解释。还提出优化策略，通过合理分层分群、优化抽样比例提高样本代表性，以及增加样本量、改进抽样方法降低抽样误差，为工程质量检测抽样工作提供全面指导。

关键词：工程质量；检测抽样；方案设计；优化

引言：在工程建设领域，工程质量检测是确保项目符合设计要求与安全标准的关键环节。而抽样方案作为检测工作的重要基础，其合理性直接关系到检测结果的准确性与可靠性。随着工程规模日益扩大、技术复杂度不断提升，传统抽样方案逐渐暴露出局限性。因此，深入研究工程质量检测中的抽样方案设计与优化，探讨如何科学地选择抽样对象、确定抽样数量与抽样点，以及有效实施并持续优化抽样方案，对于提高工程质量检测水平、推动工程建设行业健康发展具有极为重要的现实意义。

1 工程质量检测抽样方案的基本原理

工程质量检测抽样方案的基本原理基于统计学与概率论等理论知识，旨在通过抽取部分样本对整体工程质量进行推断与评估。其核心是随机性原则，确保每个个体都有被抽中的同等机会，避免人为偏差对结果产生影响。通过随机抽样，所选取的样本在一定程度上能够反映总体的特征分布，遵循独立性原则，即每次抽样的结果不影响其他次抽样，保证样本间相互独立。此外，抽样方案还需考虑样本量与总体规模的关系，在保证检测精度的前提下，依据工程的规模、复杂程度、重要性等因素确定合适的样本数量。依据这些原理设计的抽样方案，能够在有限的资源和时间条件下，以科学的方式获取具有代表性的样本信息，进而为准确判断工程质量状况提供依据，使检测结果尽可能接近工程的真实质量水平^[1]。

2 工程质量检测抽样方案的设计

2.1 抽样对象的选择与确定

2.1.1 总体范围的界定

明确总体范围是抽样对象选择的首要任务。需依据工程的性质、规模以及检测目的来精确定义。对于建筑工程而言，要考虑是涵盖整个建筑项目，包括建筑主体

结构、附属设施等全部工程内容，还是仅针对特定的分部工程，如地基基础、主体框架等，也要明确是否包含工程建设过程中的原材料、构配件等。只有清晰界定总体范围，才能确保抽样的完整性与针对性，避免遗漏重要部分或纳入无关元素，使抽取的样本能够全面且有效地反映工程质量的真实状况，为后续检测工作奠定坚实基础。

2.1.2 抽样框的选择

抽样框是总体中所有抽样单元的详细名单或目录，其选择至关重要。在工程质量检测中，可根据工程资料构建抽样框，如工程进度计划中的项目清单、材料采购清单等。若以建筑结构检测为例，可将各楼层、各结构部位编号形成抽样框。抽样框应具备完整性和准确性，不能有遗漏或重复。若选择不当，可能导致抽样偏差，使某些部分被过度抽样或遗漏，从而影响样本对总体的代表性，最终误导对工程质量的评估结论，因此需精心挑选合适的抽样框以保障抽样的科学性。

2.2 抽样数量的确定

2.2.1 抽样数量的影响因素

抽样数量受多种因素制约。首先是总体的规模大小，规模越大，理论上所需抽样数量相对越多，但并非简单的线性关系。其次是工程的复杂程度，复杂工程涉及更多的工序、材料和技术，为确保能全面反映质量情况，抽样数量往往要增加。再者，工程的重要性程度也起关键作用，例如对于涉及结构安全的关键部位，抽样数量会相应提高以保障检测的准确性和可靠性。

2.2.2 抽样数量的计算方法

常见的抽样数量计算方法有多种。例如简单随机抽样时，可依据总体数量、允许误差以及置信水平等因素，利用特定公式计算。当总体服从正态分布时，可采

用基于正态分布的抽样公式，通过确定总体标准差、期望的置信区间等来计算样本量。对于分层抽样，需先根据不同层次的特征分别确定各层的抽样数量，再汇总得到总抽样数量，一般按照各层在总体中所占比例以及各层内部的变异程度等因素综合计算，从而在保证代表性的前提下，科学合理地确定抽样数量，为工程质量检测提供合适规模的样本。

2.3 抽样点的选择

2.3.1 结构因素

从结构角度出发，抽样点应着重考虑关键结构构件，如建筑的梁、柱、承重墙等部位。这些部位承受较大荷载，其质量直接关乎整体结构稳定性。对于大型桥梁工程，桥墩、桥梁跨中及支座连接部位是重要抽样点。依据结构受力特点和设计薄弱环节确定抽样点，可有效检测结构强度、刚度及耐久性等关键指标，及时发现结构潜在质量隐患，保障工程在设计使用年限内安全可靠运行。

2.3.2 功能因素

基于功能因素，需依据工程不同功能区域确定抽样点。在商业建筑中，人员密集的公共区域如商场大厅、电梯间等，其装修质量、通风采光及消防设施功能的检测尤为重要。对于工业厂房，则要重点关注生产区域的设备安装精度、电力供应稳定性以及环保设施运行效果等抽样点。根据功能需求确定抽样点能确保工程各功能部分正常运作，满足使用者特定功能诉求，提升工程整体实用性与舒适性。

2.3.3 特殊部位因素

特殊部位往往具有独特的质量要求和风险特征。例如建筑工程中的防水节点，像屋面女儿墙根部、卫生间地漏周边等易发生渗漏，是关键抽样点。对于大型水利工程，大坝的止水带、泄洪闸的密封部位等特殊构造处必须重点抽样检测。这些特殊部位一旦出现质量问题，可能引发严重后果，如渗漏导致结构损坏、设备故障影响工程正常运行等，针对性地对其抽样可有效防控特殊部位质量风险，保障工程整体质量安全。

2.3.4 建设过程因素

考虑建设过程因素，应在各施工关键节点设置抽样点。在基础施工完成后，对基础的尺寸、位置及混凝土强度等进行抽样检测，为上部结构施工提供质量保障。在隐蔽工程覆盖前，如钢筋绑扎完成、管道预埋后等阶段，进行抽样检查可避免隐蔽工程质量隐患，在不同施工工艺转换处，如从主体结构施工转向装饰装修阶段，对交接面质量抽样，能确保各施工环节衔接顺畅，有效

控制工程质量在整个建设过程中的稳定性与连续性。

2.4 抽样方案的具体设计步骤

2.4.1 明确抽样目的

抽样目的是抽样方案设计的导向。它可能是为了评估工程整体质量是否达标，或是检测特定施工工艺的质量稳定性，也可能是对新材料应用效果进行验证。例如在新建住宅项目中，若目的是检查结构安全性，抽样就会聚焦于承重结构部件；若为了评估室内装修环保性，抽样则侧重于装修材料的有害物质含量检测。明确目的能使后续抽样工作有的放矢，确保检测结果精准服务于工程质量评价与改进需求。

2.4.2 确定总体范围

确定总体范围需全面考量工程的各个方面。对于建筑工程，不仅包括已建成的建筑实体，还涵盖施工过程中的原材料、构配件以及各类施工工序等。如确定一座桥梁工程的总体范围，要将桥梁主体结构、附属设施、施工中使用的钢材、水泥等原材料都纳入。只有清晰界定总体范围，才能保证抽样涵盖所有相关要素，使抽取的样本全面反映工程质量全貌，避免重要部分被遗漏而导致检测结果片面不准确。

2.4.3 合理确定样本量

合理确定样本量要综合多方面因素。一方面考虑总体规模大小，规模大的工程一般需要相对多的样本量，但并非绝对。另一方面，工程的复杂性与重要性不容忽视，复杂且关键的工程部位需更多样本保证检测精度。例如在大型地铁建设中，轨道铺设质量至关重要且工艺复杂，就需较多样本检测平整度与稳定性，还要结合可接受的误差范围与检测成本，在保证^[2]检测准确性的前提下，优化样本量以实现资源有效利用。

2.4.4 选择合适的抽样方式

选择抽样方式要依据工程特点与抽样目的。简单随机抽样适用于总体中个体差异较小的情况，如对同一规格批量生产的建筑构配件质量抽检。分层抽样则用于总体可分层且层内差异小、层间差异大的工程，比如对不同楼层、不同结构类型的建筑分别抽样。系统抽样在工程有一定顺序或规律时适用，如按施工顺序对管道安装质量抽样。合适的抽样方式能提高样本代表性，使抽样结果更精准地推断工程总体质量状况^[2]。

3 工程质量检测抽样方案的实施

3.1 抽样操作的规范性

抽样操作的规范性是确保工程质量检测抽样方案有效性的关键。抽样过程中，必须严格遵守预定的抽样计划，确保每一步操作都符合既定规范。这包括使用合适

的抽样工具，按照规定的抽样方法进行样本选择，以及确保样本的完整性和代表性，抽样人员需要经过专业培训，熟悉抽样流程，并能够准确记录抽样信息。规范性操作不仅能提高抽样的准确性，还能减少人为误差，为后续的数据分析提供可靠的基础。

3.2 抽样数据的整理与分析

收集到的样本数据需要经过清洗和预处理，去除无效或异常值，以确保数据的准确性和可靠性。随后，采用适当的统计分析方法，如均值、方差、相关性分析等，对样本数据进行深入挖掘。这些分析能够揭示数据的内在规律和特征，为工程质量评估提供科学依据，数据的可视化呈现也是整理与分析阶段的重要任务，它有助于直观理解数据，发现潜在问题。

3.3 检验结果的评估与解释

检验结果的评估与解释是将抽样数据转化为实际工程质量评价的关键步骤。通过对抽样数据的深入分析，可以得出关于工程质量的具体结论。这些结论需要基于科学的评估方法和标准，确保结果的客观性和准确性，解释检验结果时，需要充分考虑样本的代表性、抽样方法的适用性等因素，以确保评价结果的全面性。对于发现的潜在问题或不合格项，应及时提出改进措施，为工程质量的持续改进提供指导。

4 工程质量检测抽样方案的优化策略

4.1 提高样本代表性

4.1.1 合理分层或分群

合理分层或分群可显著提高样本代表性。对于工程质量检测，可依据工程类型、施工阶段、结构部位等进行分层。例如在建筑工程中，可分为基础工程层、主体结构层、装饰装修层等。在每层内，个体具有相似性，而不同层间存在差异。分群则可按区域或施工班组划分。通过这种方式，能确保从各个特性明显的层或群中抽取样本，使样本更全面涵盖工程不同特性部分，避免因样本集中于某一类型而导致对总体质量评估的偏差，从而精准反映工程整体质量状况。

4.1.2 优化抽样比例

在确定抽样比例时，不能一概而论。对于关键且复杂的工程部分，如高层建筑的核心筒结构，应适当提高抽样比例，以保证检测结果的可靠性。而对于相对简单、非关键区域，可降低抽样比例，要考虑不同材料、构配件在工程中的用量与重要性差异。例如，在混凝土结构工程中，若某种新型添加剂用量虽少但对性能影响大，则应提高其

抽样比例，使样本结构与总体工程的构成比例相匹配，进而增强样本对总体质量特征的体现能力。

4.2 降低抽样误差

4.2.1 增加样本量

增加样本量有助于降低抽样误差。较大的样本量能更全面地反映总体特征，减少随机因素对结果的影响。在工程质量检测中，当对关键工序或质量要求极高的部位进行检测时，如大型桥梁的关键连接部位，适当增加样本量可提高检测精度。但增加样本量会带来成本与时间的增加，所以需要权衡。可先通过初步抽样评估总体变异程度，然后依据可接受的误差范围确定合适的样本量增幅，在保障检测准确性与资源投入之间找到平衡，有效降低抽样误差，使检测结果更接近真实质量水平。

4.2.2 改进抽样方法

传统的简单随机抽样可能在某些复杂工程中存在局限性。例如在具有空间分布特征的工程场地检测中，可采用空间抽样方法，考虑样本点的空间相关性与分布规律，提高样本代表性。对于多层次结构工程，分层抽样结合比例分配或最优分配方法，能根据各层特征优化抽样过程。此外，还可引入自适应抽样，在抽样过程中根据已抽取样本的信息动态调整抽样策略，聚焦于质量变异大的区域，从而减少抽样误差，提升对工程质量检测的准确性与有效性^[3]。

结束语

在工程质量检测领域，科学合理的抽样方案设计与优化是保障工程质量的关键环节。通过深入探究抽样方案的基本原理、精心设计各个环节、严格规范实施流程以及有效运用优化策略，能够大幅提升样本的代表性与检测结果的精准度。这不仅为工程质量评定提供了可靠依据，也为及时发现并解决质量问题创造了条件。随着工程技术的持续发展与质量要求的不断提高，抽样方案也需与时俱进，不断完善，从而为打造更多高质量、耐久性强的工程项目奠定坚实基础，推动整个工程建设行业迈向更高质量的发展阶段。

参考文献

- [1]陈辉冲.工程质量检测中的抽样方案设计与优化[J].中国新技术新产品, 2019(17):114-115
- [2]唐海林.工程质量检测中的抽样方案设计与优化[J].中国硕士学位论文全文数据库, 2019(17):134-136
- [3]孙跃维.工程质量检测中的抽样方案设计与优化[J].中国硕士学位论文全文数据库, 2019(17):156-158