

桥梁结构可靠性研究综述 PDF转换可能丢失图片或格式，建议阅读原文

https://www.100test.com/kao_ti2020/352/2021_2022__E6_A1_A5_E6_A2_81_E7_BB_93_E6_c57_352409.htm 对于结构可靠性这一学科，从其诞生到现在已经有了长足的发展：从基于概率论的随机可靠性到基于模糊理论的模糊可靠性以及近年来提出的非概率可靠性，使得这一理论日臻丰富和完善，并深入渗透到各个学科和领域。

一、结构可靠性理论研究历史 长期以来，人们就广泛采用"可靠性"这一概念来定性评价产品的质量。这种靠人们经验评定其产品可靠、比较可靠、不可靠，没有一个量的标准来衡量。1939年，英国航空委员会出版的《适航性统计学注释》一书中，首次提出飞机故障率不应超过 10^{-5} 次3h，这可以认为是最早的飞机安全性和可靠性定量指标[1]；二战后期，德国的火箭专家R.Lusser首次对产品的可靠性作出了定量表达。他提出用概率乘积法则，将系统的可靠度看成是各个子系统可靠度的乘积，从而算得V- 型火箭诱导装置的可靠度为75%[2]；1942年，美国麻省理工学院一个研究室开始对真空管的可靠性进行深入的调查研究工作。二战期间，军用电子设备的大量失效使美国付出了相当惨重的代价。于是引起了美国军方对可靠性问题的高度重视，同时率先对可靠性问题进行了系统地研究，并于1952年成立了"电子设备可靠性咨询组"，简称AGREE（Advisory Group on Reliability of Electronic Equipment）。该组织于1957年发表了著名的《电子设备可靠性报告》。报告中提出了一套完整的评估产品可靠性的理论和方法。该报告被公认为是可靠性研究的奠基性文献。1965年，国际电子技术委员会（IEC）设立了

可靠性技术委员会TC-56，协调了各国间可靠性术语和定义、可靠性的数据测定方法、数据表示方法等。上世纪60年代以来，可靠性的研究已经从电子、航空、宇航、核能等尖端工业部门扩展到电机与电力系统、机械设备、动力、土木建筑、冶金、化工等部门[3]。结构可靠性理论的产生，是以20世纪初期把概率论及数理统计学应用于结构安全度分析为标志，在结构可靠度理论发展初期，只有少数学者从事这方面的研究工作，如1911年匈牙利布达佩斯的卡钦奇就是提出用统计数学的方法研究荷载及材料强度问题；1926年德国的迈耶提出了基于随机变量均值和方差的设计方法，这是最早提出应用概率理论进行结构安全度分析的学者之一。1926 - 1929年，前苏联的哈奇诺夫和马耶罗夫制定了概率设计的方法，但当时方法不够严格，因此，未付诸实施。1935年斯特列律茨基，1947年尔然尼钦和苏拉等人相继发表了这方面的文章，结构安全度的研究逐渐开始进入了应用概率论和数理统计学的阶段。值得指出的是，弗罗伊登彻尔差不多和尔然尼钦等人同时开展了结构可靠性的研究工作。他提出的在随机荷载作用下结构安全度的基本问题首次得到工程界的赞同和接受。1947年他发表了"结构安全度"[4]一文，奠定了结构可靠性的理论基础。从20世纪40年代初期到60年代末期，是结构可靠性理论发展的主要时期。现在所说的经典结构可靠性理论概念大致就是这一时期出现的。随着结构可靠性理论研究工作的深入，经典的结构可靠性理论得到了全面的发展。基于概率论的结构设计方法逐渐被工程界所接受。但在这一时期，结构可靠性理论还未能马上被工程界广泛应用，其原因如下[5]：1.传统的确定性结构设计方法当时在人们头脑中根深

蒂固，认为没必要改变已用的结构设计方法，而且，结构的失效很少发生，即使发生结构失效，绝大多数是由于人为差错造成的，并非结构设计方法问题。

2. 基于概率理论的结构设计方法似乎比传统的确定性结构设计方法麻烦，涉及到当时比较难处理的统计数学问题。

3. 当时有用的统计数据极少，不足以定义重要的荷载、强度的尾部分布。除上述妨碍结构可靠性理论应用的原因外，当时结构可靠性理论本身也面临两大难题：（1）结构可靠性理论所采用的数学模型不足以完全准确地反映应用情况，即模型误差是未知的。（2）即使是对一个简单的结构，其失效模式可能多到难以计数，更不用说进行可靠度分析。因此，二十世纪60年代初期，许多学者致力于克服上述困难的研究。例如林德等人把规范化的结构设计问题定义为寻求一套荷载和抗力系数的最优值问题，他们建议采用一种迭代过程确定结构的安全度和造价，康奈尔（C.A.Cornell）等人提出了与尔然尼钦相同的一次二阶矩法，并建立了比较系统实用的一次二阶矩设计方法，利用结构的可靠指标，而不是失效概率 P_f ，作为结构可靠性的一种量度量，使结构的可靠性理论达到实用的目的。

二、国内外工程结构可靠性理论研究现状

二十世纪70年代至80年代，是结构可靠性理论完善并被各国规范、标准相继采用时期，自从康奈尔（C.A.Cornell）提出了一次二阶矩法之后，林德（N.C.Lind）根据康奈尔（C.A.Cornell）的可靠指标，推证出一整套荷载和抗力安全系数，这次研究使可靠度分析与实际可接受的设计方法联系起来。随后，德国的拉克维茨（R.Rackwitz）和菲斯勒（B.Fiessler），对基本变量为非正态分布情况提出了一种等价正态变量求法，这种方法经过系统

改进之后，作为结构安全度联合委员会（JCSS）的文件附录推荐给土模工程界。该方法也被许多国家规范所采纳，我国的《建筑结构设计统一标准》（GBJ68-84）[6]也是以该方法作为可靠性校准的基础[7]。

三、桥梁结构可靠性理论研究现状

桥梁可靠性设计要解决的问题是[8]：在结构承受外荷载和结构抗力的统计特征已知的条件下，根据规定的目标可靠指标，选择结构（构件）截面几何参数，使结构在规定的时间内，在规定的条件下，保证其可靠度不低于预先给定的值。可靠性的数量描述一般用可靠度。我国对结构可靠度的研究只限于理论方面，且侧重于可靠度设计方面，对结构耐久性方面的研究，特别是对耐久性评估理论的研究还很落后。实际上对现有桥梁结构做出正确的可靠性评估，准确预测出其剩余寿命，才能保证结构在寿命延续期内的安全性，节省大量的维修加固资金。我国在桥梁设计过程中，存在着考虑强度多而考虑耐久性少；重视强度极限状态不重视使用极限状态；重视桥梁结构的建造而忽视其检测和维护，使结构安全性存在不同程度的隐患和缺陷。近几年来，国内发生的几起大桥坍塌或局部破坏事故在很大程度上是由于构件疲劳损坏（如结构开裂、变形过大等）所导致，从而严重影响桥梁结构的承载能力和使用性能。为了保证桥梁安全运营、延长其使用寿命以及提高桥梁的安全性和耐久性，减少早期桥梁病害，从而节约后期桥梁的维修费用，因而对桥梁结构可靠性研究非常必要和迫切[9]。

四、工程结构可靠性理论研究发展趋势

进入二十世纪80年代后，结构系统的可靠性理论研究工作已经成为结构工程中的研究热点，并已出版了许多专著，对于复杂的结构系统可靠度分析和先进的计算方法蓬勃发展

。概括而言，如下几方面是结构可靠度理论研究的热点：1. 结构系统的可靠度分析。对于结构系统可靠度分析的非常复杂的研究课题，许多学者对此从不同角度进行了研究，提出了一些概念和方法。如结构可靠度分析的一阶矩概念及荷载为Ferry Borges Castanheta组合情况下的计算方法问题；利用系统系数，针对结构各种破坏水平所对应的极限状态不同，计算系统可靠度并进行结构设计的方法；利用蒙特卡洛

（Monte-Carlo）法采用重要抽样技术计算结构系统的可靠度等，同时，一些学者还研究了系统可靠度界限的问题。总之，系统可靠度分析研究内容丰富，难度较大。2.对结构极限状态分析的改进，除考虑强度极限状态外，还应考虑结构的正常使用极状态、破坏安全极限状态，以及地震和其他特殊情况下考虑能量耗损极限状态等。3.目标可靠度的量化问题。虽然校准法已经部分解决了这个问题，但与实际情况相比，这方面的问题还远远没有解决。4.人为差错的分析。许多结构的失效并非由荷载、强度的不确定性造成，而往往是设计、施工、使用等环节中人为差错造成的，这方面事例很多，已成为目前研究热点之一。5.在役结构的可靠性评估与维修决策问题。对在役建筑结构的可靠性评估与维修决策正成为建筑结构学的边缘学科，它不仅涉及结构力学、断裂力学、建筑材料科学、工程地质学等基础理论，而且，与施工技术、检验手段、建筑物的维修使用状况等有密切的关系。同时，经典的结构可靠性理论，在在役结构的可靠性评估中也必将得到相应的发展。6.模糊随机可靠度的研究。模糊随机可靠度理论研究是工程结构广义可靠度理论研究的重要内容，随着模糊数学理论与方法的完善，模糊随机可靠度理论也

必将进一步完善和发展。五、结语 桥梁工程问题的解决总是理论与工程经验的结合，掌握的知识越多，主观经验越少，桥梁结构的设计越合理，这也正是桥梁工程技术研究追求的目标。桥梁结构可靠度理论研究是内容极其丰富且复杂的重大研究课题，不仅仅在理论上有许多重大问题需要解决，而且，将其应用到桥梁结构设计、评估及维修决策之中尚有许多细致的工作要做。100Test 下载频道开通，各类考试题目直接下载。详细请访问 www.100test.com