

BATTELLE/NBS 的研究指出 断裂使美国一年耗费 1190 亿美元

J.J.Duga W.H.Fisher R.W.Buxbaum A.R.Rosenfield
A.R.Buhr E.J.Honton S.C.McMillon

材料（如金属，木材和玻璃等）的断裂以及为防止这类破坏所作的努力，使美国工业每年耗费约1190亿美元，不过采用各种预防措施和现代研究成果，可将上述耗费减小一半。

这是商业部国家标准局（NBS）提交给国会的一份研究报告的主要结论，该报告是应美国众议院科学技术委员会的要求而作的。

根据NBS的合同，Battelle的Columbus实验室在关于断裂损失的首次综合考查中对这问题进行了详细的经济分析。这项工作受到国家标准局的指导和国防部、能源部、内政部和国家科学基金的支持，该项研究评价了各种材料断裂及其预防的耗费，这些材料包括金属及合金，无机材料（如混凝土、陶瓷及玻璃），有机材料（如木材、塑料和橡胶）以及层状结构。考虑了脆断，延性破坏，疲劳，蠕变，热冲击以及各种其他形式的断裂。

Battelle 研究组考虑了破坏本身的损失，伤、残、死及受难者医疗费用，业务停滞或资产毁损，保险费支付，货物损失，环境清理费用，通过设计和检查等预防工作的花费。

以1982年美元计，断裂及其预防的耗费1190亿美元，相当于国家总产值的4%。这一研究发现，制造业、运输业和建筑业负担了上述耗费的绝大部分。在负担断裂及其预防耗费的150个经济部门的一览表中，机动车辆，居住及非居住建筑，飞机及其构件居于前列。

断裂耗费的大部分，约占总额的80%，是与预防断裂的努力有关，而不是与破坏本身有关。这大量的耗费来源于：计及材料的可变性及制造加工缺陷而不得不要求大的安全系数；需要维护和修理设备；制造中的质量控制和使用期间安全所需的检查。

这份报告估计，在不增加断裂危险情况下，采用现有最佳技术，约有29%的断裂耗费可以避免。这类技术包括更好地进行检查、维护、修理，更好地预测缺陷、材料韧度及最大工作应力。

教育，力学性能数据库的建立，标准、规范及规程的加速更新，被认为是传播当代技术和减少断裂耗费的途径。美国航天和医学工程工业正在采用最佳的断裂控制。

在断裂方面已在进行的材料和结构研究成果，可使每年耗费再减少24%。如果制造和设计人员能更好地了解各种材料和结构中断裂如何发生和为什么发生，他们就能采取措施减少断裂发生。制造和设计人员可改进材料制造和焊接过程的质量控制，使材料性能更加坚固，隐蔽的缺陷更少。改进了的检测技术可帮助他们在材料投入使用之前就发现其缺陷。此外，材料更坚固有助于避免对零件的不必要的保守设计，因而节省了重量和费用。

利用现有最佳技术或当代研究成果还不可能降低与断裂相关的其余47%耗费。不过根据本研究，这部分耗费可通过基础研究的突破而减少。裂纹起始和扩展的基础研究（导致抗断材料的研制），生产无缺陷材料的进展，可作为能进一步减少断裂耗费的研究突破的例子。

上述断裂研究见：NBS的综合报告（SP647-1）“美国断裂破坏的经济影响”；Battelle的最终报告（SP647-2）——所用数据资料和经济分析方法详述。二者可通过美国政府印刷局获得。

最终报告的形式和内容按 150 个特定工业部门表述。但其中大量资料可重新分开以满足各工业公司或政府机关的需要。还可供感兴趣的机构定做采用现有最佳技术、研究进展和/或建立研究与发展日程表的一组分析方法。

关于 NBS/BATTELLE 的断裂研究情况

1. 研究何种材料？ Battelle 实验室考查了易于断裂的四类材料：金属及合金（包括结构钢、铸铁及铝合金）；无机材料（如混凝土、陶瓷及玻璃）；有机材料（如木材、塑料及橡胶）；复合材料（包括层状结构、玻璃纤维及增强混凝土）。

2. 评价损失时考虑了哪些断裂形式？ 确定了由超载、脆断、延性破坏、疲劳、蠕变、蠕变断裂、应力腐蚀、腐蚀疲劳、热冲击、屈曲和剥离引起的破坏的耗费。

3. 考虑了哪些耗费？ 包括破坏本身造成的损失，受难者伤、残、死及医疗费用，业务停滞或资产毁损，保险费支付，货物损失，环境清理费用，以及通过设计和检查等预防工作的花费。

4. 哪些经济部门负担断裂及其预防耗费？ 作为研究的一部分，Battelle 确定了150个经济部门中各自负担的断裂耗费总额。以1982年美元计，其中耗费最大的一些部门的年度耗费估计为：

机动车辆及其构件	125 亿美元	炼油及化工制品	42 亿美元
居住及非居住建筑	100 亿美元	金属原材料（铁、钢、铝等）	41 亿美元
飞机及其构件	67 亿美元	粮食及粮食类制品	35 亿美元
结构金属及其他金属制品	55 亿美元	轮胎及内胎	24 亿美元

5. 研究者采用何种经济模型？ 在确定断裂耗费时，Battelle 提出了美国经济的输入输出模型。模型以四个想象的“世界”为基础：①已知材料在通常使用中断裂的实际世界；②材料不断裂的假想世界；③普遍采用了最佳防断技术的假想世界；④已经应用了先进断裂研究成果的假想世界。前两个世界相比较，确定了断裂的总耗费。如果采用了最佳技术，则①，③两个世界的比较给出可以实现的节省费用。③，④两个世界的比较，则指出了可通过研究方面进一步投资所能达到的节省费用的潜力。

6. 谁将利用本研究成果？ 本研究将为美国众议院科学技术委员会所利用（本研究是应其要求而作的），也将为国会中其他决策人物，资助的政府机关和工业机构所利用。本研究成果对制定将来的研究计划是有用的。

7. 报告的主要作者是谁？ Battelle 研究组以本文所列作者为首，辅以材料、设计、结构、经济及工业活动方面的其他专家。代表工业界、政府、科学院，用户产品安全及保险行业的咨询委员会提供了额外资助。

陈传尧译自：*Int. J. of Fracture*, **23**, 3 (1983)；R81—R83。（高大兴校）