



陕西建筑	1225
• 建筑文化	40
• 环境规划	71
• 建筑设计	157
• 工程结构	108
• 建筑施工	385
• 地基基础	121
• 建筑管理	217
• 建筑经济	126

点击排行	点击数
1 联系我们...	17435
2 级配压实砂石垫层在西安地	13704
3 低碳城市建设在西安的探索	10954
4 先进集体、先进个人事迹选	8029
5 陕西土木建筑网简介...	7683
6 某工程十字钢柱与箱型钢梁	7674
7 建筑材料二氧化碳排放计算	7578
8 短肢剪力墙的配筋要求...	7514
9 夏热冬冷地区绿色办公建筑	7013
10 高空倾斜墙体悬挑外架搭设	6955
11 应用CAD外部参照进行建筑	6923
12 浅谈框架结构中构造柱施工	6891
13 西安交通大学人居生态楼建	6704
14 东北地区井干式传统民居建	6548
15 型钢悬挑式脚手架在工程中	6299

土木建筑网首页 > 陕西建筑 > 工程结构 > 实用结构工程防断裂

实用结构工程防断裂

阅读 1513 次

摘要： 本文列举六种基于断裂力学原理的工程实用方法用于建筑结构设计，可以显著提高建筑结构抗断裂性能。...

实用结构工程防断裂

张鹏程1 吕建平2

(1. 厦门大学建筑与土木工程学院361005厦门;

2. 陕西省建筑设计研究院 710003 西安)

长期以来工程上对构件和结构的计算基本上采用材料力学和结构力学方法，通常假定材料是均匀的连续体，避开客观存在的裂纹和缺陷，起初只要计算应力不超过许用应力，就认为结构安全可用。这种方法往往把裂纹等不确定因素的影响考虑在安全系数里，对纯粹计算应力作放大，使其积小于容许应力。后来，又总结荷载和材料强度的概率统计规律对允许应力法进行修正而产生概率极限状态设计法，由于这种方法简单易行，在过去和现在的工程中发挥了重要作用。但现实工程中有一些虽然满足上述常规设计理论，在使用中却会发生难以预料的“低应力脆断”现象，提醒人们必须研究普通设计理论的缺陷。经过长期的观察研究发现，这些“低应力脆断”事故具有一些共同的特点，如破坏时应力水平远远低于材料的屈服应力；破坏可能起源于构件内微小的裂纹。这说明某些情况下传统构件计算方法并不能保证构件安全；同时使人们认识到，对含有裂纹的物体必须作进一步研究。

近几十年，断裂力学领域研究了带裂纹体的强度以及裂纹扩展规律，裂纹尖端附近应力应变情况，及裂纹在荷载作用下的扩展规律；针对带裂纹构件的承载能力问题，提出构件抗断裂设计方法，可以改善实际工程构件的安全。断裂力学把含裂纹构件的断裂应力和裂纹大小及材料抵抗裂纹扩展的能力定量的联系在一起，较圆满的解释了构件的“低应力脆断”事故，更重要的是为避免这类事故找到了办法，同时也为发展新材料、新工艺指出了方向。在相关学科和工程技术部门已引起了广泛重视和应用。

构件断裂的原因一般由于裂纹缺陷造成的应力集中。材料光弹性试验证实，有、无裂纹受拉构件其应力分布存在明显差异，如用应力线的概念表示应力，则对无裂纹体其应力基本均匀分布；对有裂纹构件，裂纹附近截面上的应力分布就不再均匀了，存在明显应力集中。因为裂纹内表面是空腔，没有应力作用，因而应力线不能通过，只有被迫绕过裂纹挤在裂纹两端，几乎原应在裂纹位置长度范围内均匀分布的应力线全部挤在裂纹尖端，使裂纹尖端的应力线密度增大，因而使裂纹尖端的应力增大很多。这样，在裂纹尖端小区域内，应力值远比截面上的平均应力大，即造成了应力集中现象。裂纹越长，应力集中现象越严重。当这种局部集中应力大到临界断裂应力值时，裂纹快速扩展，裂纹尖端材料分离，因而使带裂纹构件的强度大为降低，在低于材料平均屈服强度时，就可能断裂破坏。

断裂力学是常规设计计算理论的发展和补充，它有特定应用条件，即它主要针对微观结构对脆断敏感，韧性较低的材料，构件含有裂纹缺陷，且要有一个容易促使断裂的应力环境，一般来讲断裂主要由拉应力促成。

断裂力学对上述现象进行了深入地研究和力学描述以指导工程实践，但其形成的力学方程的适用性受到现实条件的复杂性和随机性的限制，而且缺乏数量更多的可靠的试验验证，目前其实用性有限。但断裂力学

所揭示的材料断裂规律对结构概念设计大有裨益。

$$\sigma^2 a = \frac{2E\gamma_s}{\pi}$$

根据Griffith能量释放观点得到的Griffith断裂判据： $\sigma^2 a = \frac{2E\gamma_s}{\pi}$ ，对于脆性材料，若试件满足一定的尺寸要求，则 γ_s 是一材料常数，断裂时 a 也将为一材料常数，若实际 a 值小于或等于右边常数，则此时应力水平和裂纹长度不足以产生断裂。若已知当前裂纹的长度可算出发生断裂的临界应力；或已知当前的应力水平，将可知会发生断裂的临界裂纹长度。

由材料断裂的条件和规律出发，在建筑结构中可以采取有效措施防止和预防恶性断裂的发生。

如对最常用的钢筋混凝土结构，由于混凝土是多相复合脆性材料，其裂纹多，分布规律很难掌握，裂纹性状各异，研究难度大，效果差。针对它的裂纹进行断裂力学理论方程推导意义不大，而从断裂原理概念性出发，在结构概念设计中采取适当措施就可收到良好的效果。

1、限制裂纹法：

使裂纹区混凝土拉应力始终处在较低水平就可防止裂纹进一步开展，如在混凝土受拉区附加其它承力材料，代替裂纹区混凝土承受更大拉应力，以限制裂纹区应力不导致开裂。传统的钢筋就是这一原理的应用范例，如钢筋混凝土梁受拉区所配钢筋，压、剪区的箍筋都是代替混凝土受拉，使混凝土不至断裂。我国古代用于墙体抹灰的麦秸泥，就是应用小段麦秸阻止灰泥干裂的蔓延发展。现在正在研制的钢纤维混凝土同样采用细如发丝的钢纤维段，玻璃纤维、或矿棉丝等纤维材料均匀分布在混凝土中，随机跨越混凝土原始裂纹，适时承受应力以限制混凝土裂纹的进一步发展。这种复合材料的抗断裂韧性比混凝土大有提高。原理相近的方法还有碳纤维布加固法，用抗拉强度很高的碳纤维织物约束混凝土的变形使裂纹无法开展。对于既有建筑，由早期工艺建造起来，初建时未考虑防断裂措施而在使用期间已有断裂趋势或已经有裂纹开展的服役结构可采用高韧性材料进行加固。对钢筋混凝土结构、钢结构采用高强碳纤维布进行加固已有许多成功范例，将高强碳纤维布粘结在原有构件表面，当它跨越裂纹时就可代替裂纹周围材料承担进一步的变形和应力，从而阻止裂纹开展，防止断裂发生。岩土工程中的土钉、锚杆等也是这一原理的应用，跨越裂缝或土体滑移面的钢筋承担了进一步应变造成的力，使裂缝端头应力不再增加裂缝不再能扩张。

2、细肢合股法：

如果把结构中可能出现的影响安全的可贯通裂纹的最大尺寸限制在很小，同样可保证构件整体好的抗断裂性。在钢筋混凝土梁中提倡使用根数多、直径细的受拉钢筋，其抗断裂性优于根数较少的粗钢筋，原因在于单根粗钢筋一旦断裂容易造成恶性后果，而散布在很多根细直径钢筋中的原始裂纹存在于同一危险截面的机率会很小，即使局部有小裂纹也很难贯通。这样相当于限制了钢材总截面中可能出现的最大裂纹尺寸，根据断裂判据公式，可提高材料抗断裂应力。通常采用合股的钢绞线代替单根受拉钢筋会使断裂发生的可能大大降低。古代就有的草绳、麻绳等就是用纤维束合股拧成，拧绳技术会使纤维束间产生摩擦力，一方面可以均匀分布拉力，另一方面当个别纤维束断裂后，可以把它所承担的拉力通过摩擦力传给其他纤维，使绳很难突然断裂。受力大的钢绞线通常也是合股拧成，截面上最大的通裂纹很难超过单股直径，因而，比同样截面积的同强度整根钢筋的抗断裂临界应力水平要高得多。

3、分格法：

在大面积的钢筋混凝土板中布置纵横交织的钢筋网片相当于对大板进行分格，这种分格可以有效限制裂纹贯通，防止脆性断裂。这种思路也可用于其他材料的大型构件，如飞机机翼。机翼通常由单纯合金材料制成，裂纹隐蔽而尖锐，开裂发展不易觉察，如在构件材料中加入几层错开分布的高强金属丝网就可以有效防范裂纹扩大，金属丝起到分格阻隔的作用。或者使用一些同时具备神经网络功能的智能金属丝，则可随时监测裂纹状况，把裂纹发展控制在不影响安全使用范围。现在新兴的密肋墙板框架结构，在传统的框架填充墙中布置钢筋混凝土构造小区格框架梁柱，把墙划分成小格，不但提高了结构整体性，有效防止墙体大块开裂崩塌，还大大提高了结构吸收和耗散地震能量的能力，所使用的填充材料强度可以更低，工程造价可以大幅降低，安全经济，效果很好。

4、结构分层法：

建筑工程中钢板的使用越来越多，薄钢板的韧性好于厚钢板。一个原因是轧制过程中内部组织的差别，另一原因是在应力集中条件下，厚板接近平面应变受力状态，与薄板相比其应力状况更不利。如汽车大梁下的减振弹簧，采用拱形薄板叠合，韧性明显优于整块铸钢。其他脆性材料比如玻璃，几层重叠，层间夹柔性化工胶质物质后既可承担较大的荷载，而且不容易断裂破碎。层叠的钢板也可采用相同思路采用相对柔性粘结既可提高整体刚度，也可更进一步防止断裂发生。分层法就是把较大的整块横截面划分成多个细条形小截面，从而限制了各个截面上可能出现的可贯通大裂纹的尺寸，参照断裂判据公式可知，这样的措施可大大提高材料各受拉纤维的允许应力水平，使构件的抗断裂应力允许值大幅度提高，提高了材料有效利用率。

5、选择应力方案法：

通过断裂力学研究和试验，我们知道造成材料断裂的应力状况主要是拉应力和剪切应力，而在进行建筑设计时我们可以灵活选择结构方案，根据构件不同受力状况选择相应的合适的材料，不同特性的材料承受不同的应力。这样选择韧性好的材料承受拉应力，而韧性差的只承受较小拉应力或纯粹承受压应力。这就要求在结构设计时采取适宜的结构形式，如承受竖向压重的墙、两端铰接柱、拱桥等可选用断裂韧性较低的砖、石、混凝土、粉煤灰砌块等脆性材料，而对以承受拉应力为主的索、链、拉杆、梁等选用断裂韧性有保障的钢绞线，钢筋等。也可把受拉受弯构件和其它结构构件联合布置，减小局部断裂造成整体破坏的危险性。如钢筋混凝土梁楼板，采用多布次梁的肋梁楼盖利用楼板的刚性就可减小个别次梁由于浇筑质量不好造成的事实断裂带来的猝不及防的破坏灾害。另外，选择柔性节点连接的结构体系，如榫卯连接、橡胶垫连接等，可以将变形集中在构件端部从而降低构件中的应变集中，避免裂纹发展。

6、重点防范法：

建筑结构受拉主材一般用钢材，建筑钢结构的使用也越来越多，钢结构的断裂可作重点防范。影响钢材脆断的直接因素仍然是裂纹尺寸、作用应力和材料的韧性。现阶段提高钢材抗脆断性能的主要措施有：

(1)加强施焊工艺管理，避免施焊过程中产生裂纹、夹渣和气泡等。

(2)焊缝不宜过分集中，施焊时不宜过强约束，避免产生过大残余应力。低温下发生低应力的脆断，常与残余应力有关。

(3)进行合理细部构造设计，避免产生应力集中。应力集中处会产生同号应力场，使钢材变脆。尽量避免采用厚钢板，厚钢板比薄钢板较易脆断。

(4)选择合理的钢材，钢材化学成分与钢材抗脆断能力有关，含碳多的钢材，抗脆断性能有所下降。对于在低温下工作的钢结构，应选择抗低温冲击韧性好的材料。

此外，冷加工，加载速度等对钢材脆断性能都有影响，在设计中应加以注意。在腐蚀性介质中，虽然应力水平较低，经过一段时间后，服役结构也会出现脆性断裂，被称为应力腐蚀断裂或延迟断裂。应力腐蚀断裂主要发生在高强度材料，如高强度螺栓在使用过程中有可能出现延迟断裂的现象。在腐蚀介质中，材料断裂韧性大为降低约为非腐蚀介质的0.2-0.5倍。

这些方法都是宏观断裂力学研究应用的结果，现阶段的断裂力学研究已逐步走向宏观和微观结合的方向，研究材料晶粒位错甚至原子分布，采用纳米技术造就高韧性材料用于尖端技术中已较常见，在应用面极广的建筑结构中更进一步的研究正在进行中，按照理论研究和工程实际相结合的方法一定会取得良好效果。

参考文献：

[1]李洪升，周承芳著《工程断裂力学》大连，大连理工大学出版社，1990

[2](英)劳恩(Lawn, B)，(英)威尔肖(Wilshaw. T. R)著；尹详础等译《脆性固体断裂力学》北京，地震出版社，1985

[3]黄克智, 余寿文著《弹塑性断裂力学》北京, 清华大学出版社, 1985

[4]王肇民编著《钢结构设计原理》上海, 同济大学出版社. 1991

(本文来源: 陕西省土木建筑学会 文径网络: 文径 尹维维 编辑 刘真 审核)

关于 [结构](#) [工程](#) [防断裂](#) 的相关文章



- 浅谈低温热水地板辐射采暖工程施工要点 2015-9-21
- 浅谈如何做好工程竣工结算 2015-9-7
- 工程量清单计价模式下的市政工程项目成本控制 2015-9-7
- 建筑工程大体积混凝土施工裂缝与控制技术 2015-8-26
- 建设工程变更及索赔管理 2015-8-26
- 城镇化进程中的工程建设项目风险分析 2015-7-22

上一篇: [砖混结构房屋温度裂缝与结构措施](#)

下一篇: [房屋钢结构设计中应注意的几个问题](#)