

# 性能设计那些事儿

盈建科技术周胤呈

**前言:**随着行业不断发展,性能设计的应用越发普遍。以往对于部分复杂项目或者超限工程,会运用《抗规》、《高规》中的性能设计相关章节,对结构构件进行承载力、变形验算。近两年规范不断迭代更新,部分规范取消了传统的“小震弹性”做法,直接按设防烈度地震动参数进行结构构件承载力计算,如:2021年6月开始实施的广东省新高规、同年9月实施的新版隔震标准等。规范对于设计理念的调整,导致部分还未接触过性能设计的工程师难以适应。本篇旨在帮助设计师理解何为性能设计,并简述不同规范中性能设计的相关规定,以及在 yjk 程序中如何实现性能设计。

## 性能设计总述

我国的建筑抗震设防的基本思想和原则是“三水准设防、两阶段设计”,三水准设防即“小震不坏、中震可修、大震不倒”;两阶段设计即“弹性内力的承载力验算、弹塑性变形验算”。对于大多数结构可只进行“小震不坏”设计,再通过概念设计和抗震构造措施来满足“中震可修、大震不倒”的目标,无需再进行中震、大震的相关计算。当有更高的设防目标时,需要整个结构或者部分构件满足“中震不坏、大震可修”甚至“大震不坏”时,此时应当进行性能设计。总之,性能设计就是在三水准设防基础上进一步提升设防目标。

性能设计区别于传统小震设计,各规范细节的规定又不尽相同,但关于性能设计的本质基本是一致的。如:不考虑荷载分项系数,不考虑承载力抗震调整系数,材料强度:中震取标准值,大震取极限值,阻尼比调整。

### (1) 基本不考虑与抗震等级有关的调整系数

性能设计采用设防或罕遇地震进行验算,一般情况都不会考虑与抗震等级有关的调整系数。但是对于一些特殊情况,如“抗规”式 M.1.2-1、“隔标 2021”、“导则”关于中震的设计仍需考虑与抗震等级有关的调整系数。

### (2) 性能设计下地震不与风荷载组合

按照地震重现期的时间,设防地震重现期为 475 年,罕遇地震重现期为 2000 年左右,此时和风荷载同时作用的概率接近于 0,所以性能设计均不考虑风荷载与地震的组合

### (3) 等效线性化

进行性能设计时,部分构件会进入到塑性阶段,刚度退化。为了模拟实际情况,可以采用刚度折减来近似处理,如:

a: 连梁刚度折减(各规范均有规定)

b: 竖向构件初始刚度的折减(可参见“抗规”M.1.3-2 及条文说明);

**2 在设防地震下,混凝土构件的初始刚度,宜采用长期刚度。**

等等因素的影响,从工程的角度,构件弹塑性参数可仍按杆件模型适当简化,参照 IBC 的规定,建议混凝土构件的初始刚度取短期或长期刚度,至少按  $0.85E_c I$  简化计算。

c: 中梁刚度放大系数调整(“广东高规 2021”的 5.2.2 条关于地震作用下梁刚度放大系数

对比传统中、边梁刚度放大系数有所减小)

**5.2.2** 在结构内力与位移计算中,现浇楼盖楼面和装配整体式楼盖楼面梁的抗弯刚度应考虑翼缘的作用予以增大。一般情况下,抗风设计时边梁刚度增大系数可取1.3~1.5,中梁可取1.5~2,抗震设计时边梁刚度增大系数可取1.0~1.2,中梁可取1.2~1.5,视带翼缘与不带翼缘的具体情况而定。

(4) 地震力折减

相较于第(3)条,考虑中、大震作用下刚度退化的另一条思路即地震力折减。“广东高规2021”、“钢标 2017”有所体现:

广东高规 2021:

$$S_k = S_{Gbk} + \eta c (S_{Ebk}^* + 0.4 S_{Evk}^*) \leq \xi R_k$$

$c$  ——地震力折减系数

钢标 2017:

$$S_{E2} = S_{GE} + \Omega_1 S_{Ebk2} + 0.4 S_{Evk2}$$

(5) 周期折减系数

周期折减主要是考虑非承重墙体对主体结构刚度的放大作用,在中、大震作用下,墙体开裂,刚度较小震时减小,所以刚度折减系数应当适当增大,通常不考虑。

接下来,笔者整理了部分规范的性能设计在 YJK 程序中实现的问题,逐一展开。

## 性能设计之“抗规”

“抗规”中的性能设计具有很强的针对性和灵活性,可以以承载力或者变形作为指标,力与变形控制其一。盈建科程序以承载力进行相关性能设计,所以本篇只讨论这一部分内容。

承载力参考指标示例,将性能要求分为4个等级,即性能1、性能2、性能3、性能4。详见“抗规”表 M.1.1-1。相关公式的验算,详见“抗规”M.1.2。部分用户会按照“高规”的思维,将性能要求1、2、3、4和 M.1.2-1~M.1.2-4 一一对应,这是对“抗规”性能设计的误解。以下表格将“抗规”性能要求和验算公式一一对应:

性能要求	多遇地震	设防地震	罕遇地震
1	完好,按常规设计	完好,承载力按抗震等级调整地震效应的设计值复核 (对应公式 M.1.2-1)	基本完好,承载力按不计抗震等级调整地震效应的设计值复核 (对应公式 M.1.2-2)
2	完好,按常规设计	基本完好,承载力按不计抗震等级调整地震效应的设计值复核 (对应公式 M.1.2-2)	轻~中等破坏,承载力按极限值复核 (对应公式 M.1.2-4)
3	完好,按常规设计	轻微损坏,承载力按标准值复核 (对应公式 M.1.2-3)	中等破坏,承载力达到极限值后能维持稳定,降低小于5% (对应公式 M.1.2-4)
4	完好,按	轻~中等破坏,承载力按极限值	不严重破坏,承载力达到极限值

常规设计	复核 (对应公式 M.1.2-4)	后基本维持稳定，降低少于 10% (对应公式 M.1.2-4)
------	----------------------	------------------------------------

整理好表格后，盈建科程序如何实现这 4 个不同的性能要求，只需理清程序如何实现 M.1.2 对应的 4 个公式即可。

M.1.2-1:

1 设防烈度下结构构件承载力，包括混凝土构件压弯、拉弯、受剪、受弯承载力，钢构件受拉、受压、受弯、稳定承载力等，按考虑地震效应调整的设计值复核时，应采用对应于抗震等级而不计入风荷载效应的地震作用效应基本组合，并按下式验算：

$$\gamma_G S_{GE} + \gamma_E S_{Ek}(I_2, \lambda, \zeta) \leq R/\gamma_{RE} \quad (M.1.2-1)$$

式中： $I_2$ ——表示设防地震动，隔震结构包含水平向减震影响；

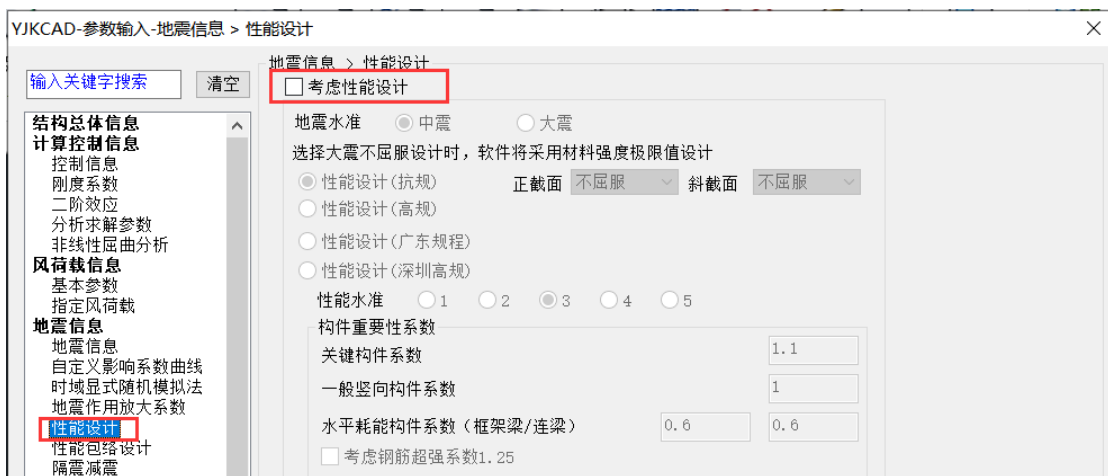
$\lambda$ ——按非抗震性能设计考虑抗震等级的地震效应调整系数；

$\zeta$ ——考虑部分次要构件进入塑性的刚度降低或消能减震结构附加的阻尼影响。

其他符号同非抗震性能设计。

M.1.2-1 公式和多遇地震下构件承载力验算几乎一致，唯一的区别是不计入风荷载效应的地震作用效应基本组合。为此，程序无需进入性能设计菜单，直接将地震影响系数最大值改写为中震下的数值，且不考虑风荷载参与地震组合。(7 度为例)

参数设置如下：



地震信息 > 地震信息

设计地震分组:  一  二  三

按新区划图计算

设防烈度: 7 (0.1g)

场地类别: II

特征周期: 0.35

周期折减系数: 0.8

特征值分析参数

分析类型: Ritz向量

用户定义振型数: 15

程序自动确定振型数

质量参与系数之和(%): 90

最多振型数量: 150

按主振型确定地震内力符号

砼框架抗震等级: 四级

剪力墙抗震等级: 三级

钢框架抗震等级: 三级

结构阻尼比(%)

全楼统一: 5

按材料区分

型钢混凝土: 5 混凝土: 5

偶然偏心

考虑偶然偏心 X: 0.05 Y: 0.05

偶然偏心计算方法:

等效扭矩法(传统法)

瑞利-里兹投影反射谱法(新算法)

考虑双向地震作用

自动计算最不利地震方向的地震作用

斜交抗侧力构件方向角度(0-90):

活荷载重力荷载代表值组合系数: 0.5

地震影响系数最大值: 0.23

用于12层以下规则砼框架结构薄弱层验算的地震影响系数最大值: 0.5

竖向地震作用系数底线值: 0.08

地震计算时不考虑地下室的结构质量

荷载组合 > 组合系数

输入关键字搜索

结构重要性系数: 1  执行《建筑结构可靠性设计统一标准》

刚重比按1.3恒+1.5活计算

恒荷载分项系数: 1.3

活荷载分项系数: 1.5

活荷载组合值系数: 0.7

活荷载频遇值系数: 0.6

活荷载准永久值系数: 0.5

考虑结构设计使用年限的活荷载调整系数: 1

重力荷载分项系数: 1.3

水平地震作用分项系数: 1.4

竖向地震作用分项系数: 0.5

考虑竖向地震作用为主的组合

温度作用的组合值系数

仅考虑恒活荷载参与的组合: 0.6

风荷载参与的组合: 0

地震作用参与的组合: 0

温度荷载频遇值系数: 0.5

温度荷载准永久值系数: 0.4

吊车荷载重力荷载代表值系数: 0

吊车荷载组合值系数: 0.7

吊车荷载频遇值系数: 0.7

吊车荷载准永久值系数: 0.6

风荷载分项系数: 1.5

风荷载组合值系数: 0.6

风荷载频遇值系数: 0.4

风荷载参与地震组合

M.1.2-2:

2 结构构件承载力按不考虑地震作用效应调整的设计值复核时, 应采用不计入风荷载效应的基本组合, 并按下式验算:

$$\gamma_G S_{GE} + \gamma_E S_{Ek}(I, \zeta) \leq R/\gamma_{RE} \quad (M.1.2-2)$$

式中:  $I$ ——表示设防烈度地震动或罕遇地震动, 隔震结构包含水平向减震影响;

$\zeta$ ——考虑部分次要构件进入塑性的刚度降低或耗能减震结构附加的阻尼影响。

M.1.2-2 公式在 M.1.2-1 基础上, 取消考虑与抗震等级有关的调整系数。实现 M.1.2-2 公式的设防地震承载力验算, 勾选“中震弹性”

地震水准  中震  大震

选择大震不屈服设计时，软件将采用材料强度极限值设计

性能设计(抗规) 正截面  斜截面

实现 M.1.2-2 公式的罕遇地震承载力验算，勾选“大震弹性”：

地震水准  中震  大震

选择大震不屈服设计时，软件将采用材料强度极限值设计

性能设计(抗规) 正截面  斜截面

此时程序自动不考虑风与地震组合(即使勾选上风荷载参与地震组合)、不考虑与抗震等级有关的调整系数。

N-C=1 (I=1000001, J=1) (1)B\*H(mm)=500\*500  
 Cover= 20(mm) Cx=1.00 Cy=1.00 Lcx=3.00(m) Lcy=3.00(m) Nfc=2 Nfc\_gz=2 Rcc=30.0 Fy=360 Fyv=360  
 砼柱 C30 矩形 正截面弹性 斜截面弹性  
 livec=1.000  
 η mu=1.000 η vu=1.000 η md=1.000 η vd=1.000  
 λ c=3.279

六、各组合分项系数

组合号	DL	LL	+WX	-WX	+WY	-WY	EX	EY
1	1.30	1.50	--	--	--	--	--	--
2	1.00	1.50	--	--	--	--	--	--
3	1.30	--	15.00	--	--	--	--	--
4	1.30	--	--	15.00	--	--	--	--
5	1.30	--	--	--	15.00	--	--	--
6	1.30	--	--	--	--	15.00	--	--
7	1.30	1.50	9.00	--	--	--	--	--
8	1.30	1.50	--	9.00	--	--	--	--
9	1.30	1.50	--	--	9.00	--	--	--
10	1.30	1.50	--	--	--	9.00	--	--
11	1.30	1.05	15.00	--	--	--	--	--
12	1.30	1.05	--	15.00	--	--	--	--
13	1.30	1.05	--	--	15.00	--	--	--
14	1.30	1.05	--	--	--	15.00	--	--
15	1.00	--	15.00	--	--	--	--	--
16	1.00	--	--	15.00	--	--	--	--
17	1.00	--	--	--	15.00	--	--	--
18	1.00	--	--	--	--	15.00	--	--
19	1.00	1.50	9.00	--	--	--	--	--
20	1.00	1.50	--	9.00	--	--	--	--
21	1.00	1.50	--	--	9.00	--	--	--
22	1.00	1.50	--	--	--	9.00	--	--
23	1.00	1.05	15.00	--	--	--	--	--
24	1.00	1.05	--	15.00	--	--	--	--
25	1.00	1.05	--	--	15.00	--	--	--
26	1.00	1.05	--	--	--	15.00	--	--
27	1.20	0.60	--	--	--	--	1.30	--
28	1.20	0.60	--	--	--	--	-1.30	--
29	1.20	0.60	--	--	--	--	--	1.30
30	1.20	0.60	--	--	--	--	--	-1.30
31	1.00	0.50	--	--	--	--	1.30	--
32	1.00	0.50	--	--	--	--	-1.30	--
33	1.00	0.50	--	--	--	--	--	1.30
34	1.00	0.50	--	--	--	--	--	-1.30

M.1.2-3:

3 结构构件承载力按标准值复核时，应采用不计入风荷载效应的地震作用效应标准组合，并按下式验算：

$$S_{GE} + S_{Ek}(I, \zeta) \leq R_k \quad (M. 1. 2-3)$$

式中： $I$ ——表示设防地震动或罕遇地震动，隔震结构包含水平向减震影响；

$\zeta$ ——考虑部分次要构件进入塑性的刚度降低或耗能减震结构附加的阻尼影响；

$R_k$ ——按材料强度标准值计算的承载力。

M.1.2-3 公式，采用标准组合，按材料强度标准值复核。实现 M.1.2-3 公式的设防地震承载力验算，勾选“中震不屈服”

地震水准  中震  大震  
选择大震不屈服设计时，软件将采用材料强度极限值设计  
 性能设计(抗规) 正截面  斜截面

实现 M.1.2-3 公式的罕遇地震承载力验算，勾选“中震不屈服+罕遇地震动影响系数最大值”(“中震不屈服”程序对应“标准值+标准组合”的算法，地震动可以修改地震影响系数最大值控制)：

地震影响系数最大值

地震水准  中震  大震  
选择大震不屈服设计时，软件将采用材料强度极限值设计  
 性能设计(抗规) 正截面  斜截面

此时程序自动不考虑风荷载参与地震组合、不考虑与抗震等级有关的增大系数、不考虑荷载分项系数、不考虑承载力抗震调整系数。

M.1.2-4:

4 结构构件按极限承载力复核时，应采用不计入风荷载效

应的地震作用效应标准组合，并按下式验算：

$$S_{GE} + S_{Ek}(I, \zeta) < R_u \quad (M. 1. 2-4)$$

式中： $I$ ——表示设防地震动或罕遇地震动，隔震结构包含水平向减震影响；

$\zeta$ ——考虑部分次要构件进入塑性的刚度降低或耗能减震结构附加的阻尼影响；

$R_u$ ——按材料最小极限强度值计算的承载力；钢材强度可取最小极限值，钢筋强度可取屈服强度的 1.25 倍，混凝土强度可取立方强度的 0.88 倍。

M.1.2-4 公式，采用标准组合，按材料强度极限值复核。实现 M.1.2-2 公式的设防地震承载力验算，勾选“大震不屈服+设防地震动影响系数最大值”(“大震不屈服”程序对应“极限

值+标准组合”的算法，地震动可以修改地震影响系数最大值控制):

地震影响系数最大值

地震水准  中震  大震

选择大震不屈服设计时，软件将采用材料强度极限值设计

性能设计(抗规) 正截面  斜截面

实现 M.1.2-4 公式的罕遇地震承载力验算，勾选“大震不屈服”:

地震水准  中震  大震

选择大震不屈服设计时，软件将采用材料强度极限值设计

性能设计(抗规) 正截面  斜截面

此时程序自动不考虑风荷载参与地震组合、不考虑与抗震等级有关的增大系数、不考虑荷载分项系数、不考虑承载力抗震调整系数。

## 性能设计之“高规”

“高规”性能设计相较“抗规”更加清晰、具体。程序在执行上也更加便捷。“高规”将抗震性能目标分为 A、B、C、D 四个等级，1、2、3、4、5 五个水准。这里比较多的用户容易将“高规”中的 1、2、3、4、5 五个水准，等同于“抗规”的性能 1、2、3、4。实际上“抗规”的性能 1、2、3、4 是 4 个不同的性能要求，也是根据性能目标震后损失、结构的特殊性划分的，概念上等同“高规”的 A、B、C、D 四个目标等级。

表 3.11.1 结构抗震性能目标

性能目标 性能水准 地震水准	A	B	C	D
	多遇地震	1	1	1
设防烈度地震	1	2	3	4
预估的罕遇地震	2	3	4	5

执行不同的性能水准，只需在程序中选择即可：

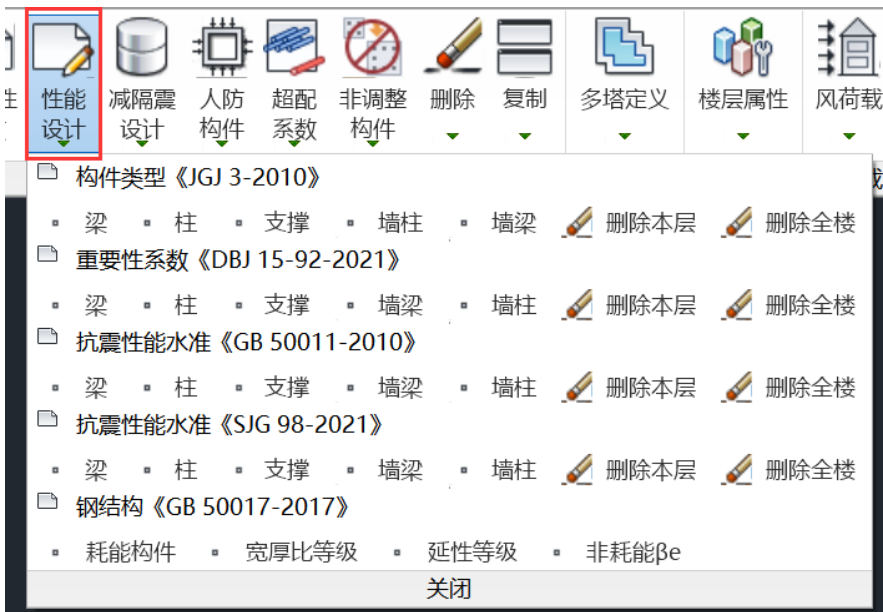
中震性能水准可选 1、2、3、4，大震性能水准可选 2、3、4、5。



(注意：程序的执行和规范本质有所不同，规范的 3、4、5 性能水准明确应进行弹塑性计算分析，但程序的上部结构计算为线弹性的有限元计算，所以早期程序并没有提供“高规”性能设计方法。后因“广东高规”明确可按线弹性方法进行性能设计，用户也逐渐接受按照此等效的方式，程序便增加了“高规”的性能设计。)

勾选性能设计“高规”，定义好关键构件、一般竖向构件、水平耗能构件属性后，软件自动按照《高规》3.11.3 关于某一性能水准下按构件属性分类的正、斜截面的相关公式和规定执行。

软件默认底部加强区剪力墙、转换柱、转换梁为关键构件，柱、支撑为一般竖向构件，梁为水平耗能构件，如果实际设计的构件属性与默认不符，用户可在“前处理及计算”的性能设计菜单中修改构件的性能设计属性。





## 性能设计之“广东高规 2013”

“广东高规 2013”式 3.11.3-1 较“高规”有较大的不同，方法上“高规”采用 LSD (极限状态设计法)，“广东高规”采用 ASD (许用应力设计法)，

LSD 基于可靠度近似概率设计理论，安全度通过对不同工况考虑不同的分项系数来体现。简单表达式：

$$S_d \leq R_d$$

(相关情况再考虑结构重要性系数或抗震承载力调整系数)

ASD 直接将工况叠加，可以理解为“标准组合”，然后不小于材料本身的强度(标准值)，安全度通过对材料强度的折减来考虑。简单表达式：

$$S_k \leq \xi R_k$$

从“广东高规”可以看出，水准越高，承载力利用系数越小，安全度越高；“压、剪”状态较“拉、弯”状态安全度更高，体现“强剪弱弯”的设计理念。

1 第 1 性能水准的结构在中震作用下，全部结构构件的抗震承载力宜符合下式要求：

$$S_{Gek} + \eta(S_{Ehk}^* + 0.4S_{Evk}^*) \leq \xi R_k \quad (3.11.3-1)$$

式中： $R_k$ ——材料强度标准值计算的构件承载力；

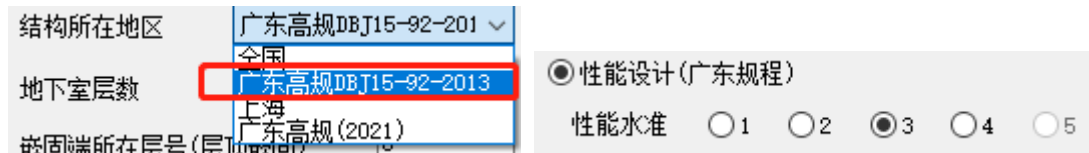
$\xi$ ——承载力利用系数，压、剪取 0.6；弯、拉取 0.69；

2 第 2 性能水准的结构在中震作用下，结构构件的抗震承载力宜符合式 (3.11.3-1) 的要求，式中承载力利用系数  $\xi$ ，压、剪取 0.67；弯、拉取 0.77。

3 第 3 性能水准的结构在中震作用下，结构构件的抗震承载力宜符合式 (3.11.3-1) 要求，承载力利用系数  $\xi$ ，压、剪取 0.74；弯、拉取 0.87。大震作用下，竖向构件的受剪截面宜满足式 (3.11.3-3)。

4 第 4 性能水准的结构在中震作用下，结构构件的抗震承载力宜符合式 (3.11.3-1) 的要求，承载力利用系数  $\xi$ ，压、剪取 0.83；弯、拉取 1.0。在大震作用下，竖向构件的受剪截面宜满足式 (3.11.3-3)，取  $\zeta = 0.15$ 。

程序对于“广东高规 2013”的执行较为便捷，选择对应的规范和水准即可：



## 性能设计之“广东高规 2021”

前年 6 月，广东省推出新版广东高规，因率先取消“小震弹性”，直接将设防烈度地震动

参数进行结构构件承载力计算。这一规则的改变，引起当地较大的讨论和热议。

对于“广东高规 2021”性能设计相关承载力验算在“广东高规 2013”基础上调整了反应谱曲线、引入了地震力折减系数：

“广东高规 2021”反应谱曲线

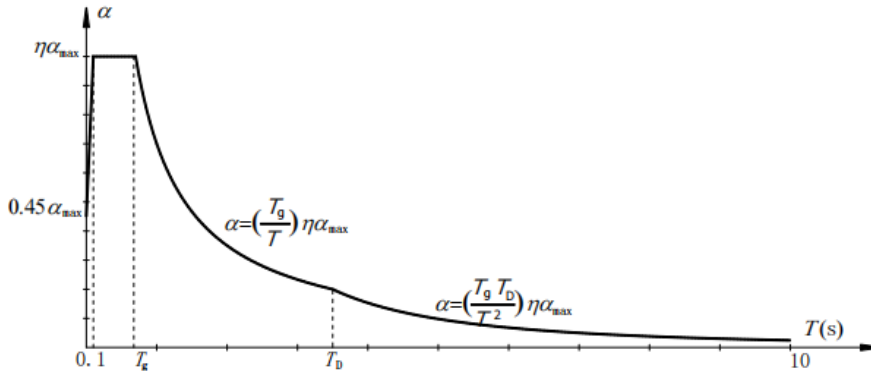


图 4.3.9 地震影响系数曲线

地震力折减系数：

$$S_k = S_{Gk} + \eta c (S_{Ehk}^* + 0.4 S_{Ehk}^*) \leq \xi R_k$$

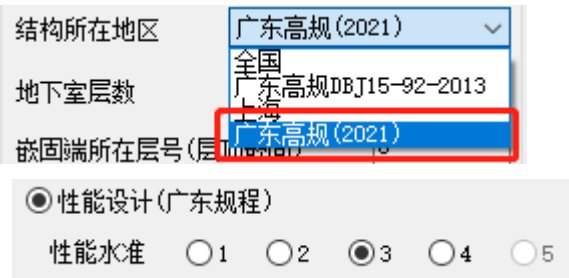
$c$  ——地震力折减系数

引入地震力折减系数原因如下图：

(图片来源：方小丹关于广东省标准 DBJ/T15-92-2021 《高层建筑混凝土结构技术规程》修订说明)

6、引入地震力折减系数 $c$ 。设防烈度地震作用下，抗震性能目标为C、D级的结构的部分竖向构件已有轻微~中度损坏，部分耗能构件已有中度~比较严重的损坏，结构已部分进入弹塑性，且抗震性能目标C、D级结构的抗震构造要求较严格，已确保有必要的延性，对其地震力做小幅度的折减。也可理解为设防烈度地震作用下结构构件非弹性刚度的影响。

程序对于“广东高规 2021”的执行，同样选择对应的规范和水准即可：



执行后，程序按照新高规的反应谱和对应的公式执行。

## 性能设计之“深圳高规”

“深圳高规”在“高规”、“广东高规 2013”基础上细化了结构抗震性能设计方法，增加了结构抗震性能目标 D<sup>+</sup>及相应的目标水准；在“关键构件”与“普通构件”间增加了“重要构件”；增加了不同结构类型构件和楼板的抗震性能目标。

表 5.1.3 结构抗震性能目标

地震水准	性能目标	A	B	C	D <sup>+</sup>	D
	性能水准					
多遇地震	1	1	1	1	1	1
设防烈度地震	1	2	3	3	3	4
罕遇地震	2	3	4	5	5	5

和“高规”类似执行不同的性能水准，只需在程序中选择即可：

中震性能水准可选 1、2、3、4，大震性能水准可选 2、3、4、5。

“深圳高规”对于不同性能水准下构件的承载力验算需要率先确定性能目标、再根据规范 5.2~5.3 节相关表格确定相关构件进行“弹性”、“不屈服”设计。最后按照第 6.6 节相关公式进行验算。笔者认为其逻辑优于传统规范。以剪力墙结构进行中震性能设计为例：

确定性能目标为 C，确定性能水准：

表 5.1.3 结构抗震性能目标

地震水准	性能目标	A	B	C	D <sup>+</sup>	D
	性能水准					
多遇地震	1	1	1	1	1	1
设防烈度地震	1	2	3	3	3	4
罕遇地震	2	3	4	5	5	5

再根据表 5.2.2 对结构构件进行“弹性”或“不屈服”设计

表 5.2.2 剪力墙结构抗震性能目标

结构构件		多遇地震 (1 水准)	设防烈度地震 (3 水准)	罕遇地震 (4 水准)	罕遇地震 (5 水准)
关键构件	底部加强部位的重要剪力墙	弹性	抗弯不屈服 抗剪弹性	个别抗弯屈服 抗剪不屈服	部分抗弯屈服 抗剪不屈服
重要构件	底部加强部位的一般剪力墙	弹性	抗弯不屈服 抗剪弹性	部分抗弯屈服 抗剪不屈服	较多抗弯屈服 抗剪不屈服
普通竖向构件	除关键构件外的剪力墙	弹性	抗弯不屈服 抗剪弹性	部分抗弯屈服 抗剪不屈服	较多抗弯屈服 抗剪不屈服
耗能构件	连梁	弹性	部分抗弯屈服 抗剪不屈服	大部分抗弯屈服 抗剪不屈服	普遍抗弯屈服 抗剪不屈服

最后按照 6.6 节对应的公式，进行承载力设计。

1 抗震性能目标为弹性时的构件抗震承载力应符合下式规定：

$$\gamma_G S_{GE} + \gamma_{Eh} S_{Ehk}^* + \gamma_{Ev} S_{Evk}^* \leq R_d / \gamma_{RE} \quad (6.6.2-1)$$

2 抗震性能目标为不屈服时的构件承载力应符合下式规定：

$$S_{GE} + S_{Ehk}^* + 0.4 S_{Evk}^* \leq R_k \quad (6.6.2-2)$$

进行相关构件的承载力验算。



## 性能设计之“隔标 2021”

新版隔震标准，取消了小震设计，同样采用中震进行承载力和变形验算(非隔震层)，区别于《抗规》的分部设计法。关于“隔标 2021”附录 A 隔震建筑抗震性能设计，程序暂时不支持。程序按照 4.4.6 条，进行关键构件、普通竖向构件、重要水平构件相关设计。

“隔标 2021”的中震设计和传统规范较大的不同主要为以下两点：

### 1. 方法不同

“隔标 2021”采用复振型分解反应谱法，其反应谱也区别于抗规的反应谱(将抗规反应谱的速度曲线下降段和位移直线下降段糅合为一段函数，并采用曲线下降)。

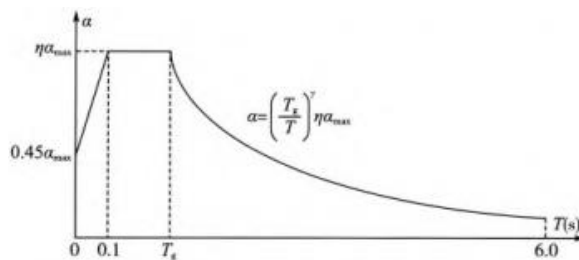


图 4.2.1 地震影响系数曲线

### 2. “隔标 2021”仍需考虑与抗震等级有关的调整系数。

对于隔震层上部结构虽然也采用中震设计，但“隔标 2021”明确要求对于隔震层上部结构仍需考虑与地震作用有关的调整系数(包含：强柱弱梁、强剪弱弯、强柱根、薄弱层等)

$S_{Ehk}$  ——水平地震作用标准值的效应(N)，尚应乘以相应的大系数、调整系数；

$S_{Evk}$  ——竖向地震作用标准值的效应(N)，尚应乘以相应的大系数、调整系数；

程序对于“隔标 2021”的执行，需要进入到隔震减震参数页，选择“隔震”后，采用“直接设计法”，程序会自动选择“复振型分解反应谱法”、减隔震元件有效刚度和有效阻尼采用“迭代确定”。



执行后，程序按照“隔标 2021”的反应谱和对应的公式执行。

## 性能设计之“导则中震”

程序的 4.2 版本关于减震结构设计方法支持《基于保持建筑正常使用功能的抗震技术导则》即“导则中震法”，此导则也明确了地震时正常使用建筑应基于设防地震进行承载力设计：

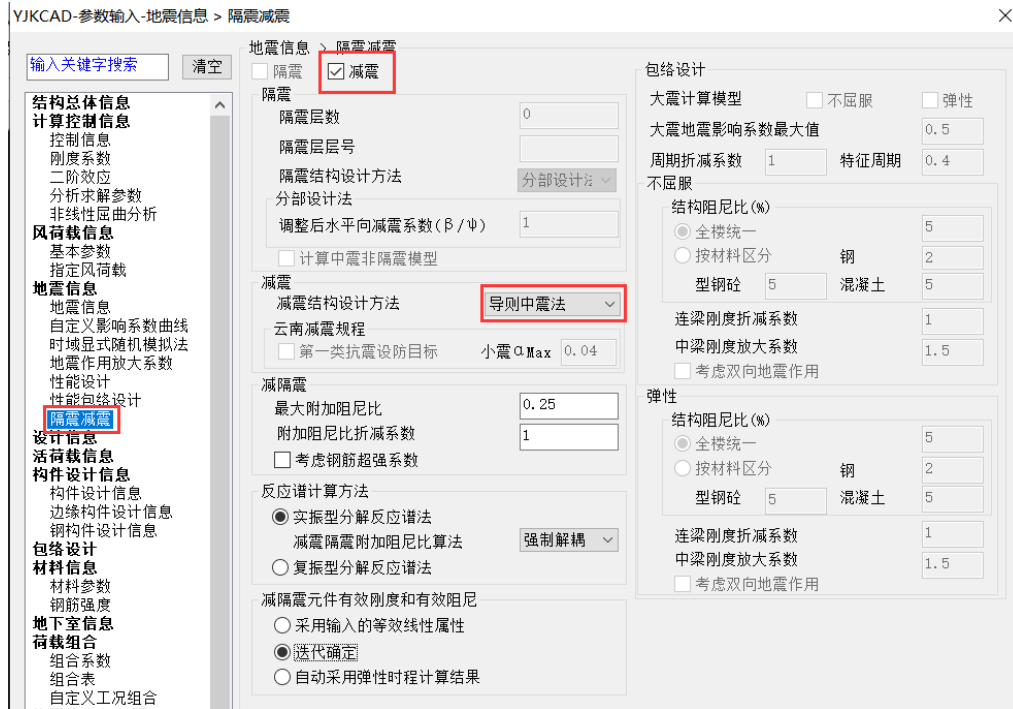
**3.2.2** 地震时正常使用建筑应基于**设防地震**进行承载力设计，并进行设防地震和罕遇地震作用下的结构变形和楼面水平加速度验算。

“导则”采用 4.2 节相关公式对构件进行地震作用下的设计，和“隔标 2021”类似仍需考虑与抗震等级有关的调整系数。

$S_{Eh}$  ——水平地震作用标准值的效应，尚应乘以相应的增大系数或调整系数；

$S_{Ev}$  ——竖向地震作用标准值的效应，尚应乘以相应的增大系数或调整系数。

程序对于“隔标 2021”的执行，需要进入到隔震减震参数页，选择“减震”后，选择“导则中震法”即可：



## 性能设计之“常见问题”

这里整理几个用户关于性能设计的常见问题：

### 问题一：

有用户咨询程序采用材料强度仍是设计值？并非规范规定的标准值？

这里做一个详细解释：即使是进行性能设计，程序仍然按照规范，进行持久、短暂设计状况和地震设计状况，此时将地震设计状况按照性能设计相关公式进行构件承载力设计。

#### 3.8.1 高层建筑结构构件的承载力应按下列公式验算：

持久设计状况、短暂设计状况 **替换为3.11.3相关公式**

$$\gamma_0 S_d \leq R_d \quad (3.8.1-1)$$

地震设计状况  **$S_d \leq R_d / \gamma_{RE}$**

式中： $\gamma_0$ ——结构重要性系数，对安全等级为一级的结构构件不应小于 1.1，对安全等级为二级的结构构件不应小于 1.0；

$S_d$ ——作用组合的效应设计值，应符合本规程第 5.6.1～5.6.4 条的规定；

$R_d$ ——构件承载力设计值；

$\gamma_{RE}$ ——构件承载力抗震调整系数。

如若配筋为非地震状况，程序仍然采用设计值；地震状况，程序采用标准值。可以查看计

算书中的构件详细：



如下图：性能设计下的两根不同构件的详细计算书：

按《混凝土规范》公式(6.2.7-1) ↵

$$\xi_b = \frac{\beta_1}{1 + \frac{f_y}{E_s \varepsilon_{cu}}} = \frac{0.80}{1 + \frac{360.00}{200000.00 \times 0.0033}} = 0.52 \quad \begin{array}{l} \text{非地震状况控制:} \\ \text{材料采用设计值} \end{array}$$

假定截面为大偏心受压区进入腹板，则截面相对受压区高度 ↵

$$\xi = \frac{N - \alpha_1 f_c b_f (b_f - b)}{\alpha_1 f_c b h_0} = \frac{1835893.50 - 1.00 \times 14.33 \times 0.00 \times (250.00 - 250.00)}{1.00 \times 14.33 \times 250.00 \times 207.50} = 2.47$$

按《混凝土规范》公式(6.2.7-1) ↵

$$\xi_b = \frac{\beta_1}{1 + \frac{f_y}{E_s \varepsilon_{cu}}} = \frac{0.80}{1 + \frac{399.96}{200000.00 \times 0.0033}} = 0.52 \quad \begin{array}{l} \text{地震状况控制:} \\ \text{材料采用标准值} \end{array}$$

假定截面为大偏心受压区进入腹板，则截面相对受压区高度 ↵

$$\xi = \frac{N - \alpha_1 f_c b_f (b_f - b)}{\alpha_1 f_c b h_0} = \frac{2220099.75 - 1.00 \times 20.06 \times 0.00 \times (250.00 - 250.00)}{1.00 \times 20.06 \times 250.00 \times 207.50} = 2.13$$

问题二：

按照“高规”进行性能设计，性能水准为4，构件信息中仍有承载力抗震调整系数，材料强度仍然取的是  $f_c$ ？

N=C=4 (I=1000004, J=4) (1)B\*H(mm)=250\*250  
 Cover= 20(mm) Cx=1.00 Cy=1.00 Lcx=3.00(m) Lcy=3.00(m) Nfc=2 Nfc\_gz=2 Rcc=30.0 Fy=400 Fyv=400  
 砼柱 C30 矩形 关键构件  
 livec=1.000 jzx=1.159, jzy=1.170  
 $\eta_{mu}=1.000$   $\eta_{vu}=1.000$   $\eta_{md}=1.000$   $\eta_{vd}=1.000$   
 $\lambda_c=7.229$   
 ( 29)Nu= -2220.1 Uc= 1.77 Rs=71.39(%) Rsv= 3.05(%) Asc= 153  
 ( 29)N= -2220.1 Mx= 218.3 My= -95.0 Asxt= 5251 Asxt0= 5251  
 ( 27)N= -2199.0 Mx= 63.1 My= -228.2 Asyt= 5374 Asyt0= 5374  
 ( 29)N= -2220.1 Mx= -606.8 My= 46.8 Asxb= 11247 Asxb0= 11247  
 ( 27)N= -2199.0 Mx= -31.1 My= 616.9 Asyb= 11370 Asyb0= 11370  
 ( 27)N= -2199.0 Vx= 280.5 Vy= 31.4 Ts= 0.0 Asvx= 282 Asvx0= 282  
 ( 27)N= -2199.0 Vx= 280.5 Vy= 31.4 Ts= 0.0 Asvy= 282 Asvy0= 282

节点核心区设计结果:

( 27) N= -1859.1 Vjx= 2937.3 Asvjx= 3121 Asvjxcal= 3121  
 ( 29) N= -1874.6 Vjy= 2506.5 Asvjy= 2620 Asvjycal= 2620  
 \*\* (组合号:27) 节点核心区截面不满足抗剪要求 Vjx=2937.3>1/γ<sub>re</sub>\*0.30\*1.50\*β<sub>c</sub>\*f<sub>c</sub>\*b<sub>j</sub>\*h<sub>j</sub>=564.3  
 \*\* (组合号:29) 节点核心区截面不满足抗剪要求 Vjy=2506.5>1/γ<sub>re</sub>\*0.30\*1.50\*β<sub>c</sub>\*f<sub>c</sub>\*b<sub>j</sub>\*h<sub>j</sub>=564.3  
 \*\* 最大配筋率超限 71.39%>5.00% 《混规》11.4.13  
 \*\* (组合号:27) 截面不满足抗剪要求 V/h/b0=5.44>1/γ<sub>re</sub>\*0.15\*β<sub>c</sub>\*f<sub>c</sub>=3.01 《高规》3.11.3  
 \*\* (组合号:27) 截面不满足抗剪要求 V/h/b0=5.44>1/γ<sub>re</sub>\*0.15\*β<sub>c</sub>\*f<sub>c</sub>=3.01 《高规》3.11.3  
 \*\* (组合号:27) 截面不满足抗剪要求 V/b/h0=5.44>1/γ<sub>re</sub>\*0.15\*β<sub>c</sub>\*f<sub>c</sub>=3.01 《高规》3.11.3  
 \*\* (组合号:27) 截面不满足抗剪要求 V/b/h0=5.44>1/γ<sub>re</sub>\*0.15\*β<sub>c</sub>\*f<sub>c</sub>=3.01 《高规》3.11.3

只是公式显示的原因，此处承载力抗震调整系数取 1.0，f<sub>c</sub>=20.06(程序按照“混规”条文 4.1.3 计算，规范表中为保留小数点后一位的结果)

$$0.15 \times 1.0 \times 20.06 = 3.01$$

### 问题三:

“广东高规 2021”性能设计中的承载力利用系数规范取值较为独特，感觉无规律？此问题为规范理解问题，实际可以对上表达式进行一个转化：

$$KS_k \leq R_k$$

$$K = 1/\xi$$

整理为表格，则有：

性能水准	压、剪		拉、弯	
	ξ	K	ξ	K
1	0.60	1.65	0.69	1.45
2	0.67	1.5	0.77	1.3
3	0.74	1.35	0.87	1.15
4	0.83	1.2	1.0	1.0

可参考方小丹关于“新高规”的修订说明

### 问题四:

执行“广东高规 2021”进行性能设计时，程序无地震力折减系数、承载力利用系数的填写的菜单，如何查看取值？

程序未直接输出地震力折减系数、承载力利用系数对应的取值，按照规范默认执行。但是可以通过组合、构件详细计算书校核程序取值的正确性。

**地震力折减系数：**

以水平耗能构件性能水准 4 为例，地震力折减系数取 0.7，构件重要性系数取 0.7



● 性能设计 (广东规程)

性能水准  1  2  3  4  5

构件重要性系数

关键构件系数

一般竖向构件系数

水平耗能构件系数

地震作用下组合值输出为  $0.7 \times 0.7 = 0.49$ ，构件信息：

Ncm	V-D	V-L	+X-W	-X-W	+Y-W	-Y-W	X-E	Y-E	Z-E	R-F	TEM	CRN
27	1.00	0.50	--	--	--	--	0.49	--	--	--	--	--
28	1.00	0.50	--	--	--	--	-0.49	--	--	--	--	--
29	1.00	0.50	--	--	--	--	--	0.49	--	--	--	--
30	1.00	0.50	--	--	--	--	--	-0.49	--	--	--	--
31	1.00	0.50	--	--	--	--	0.49	--	0.20	--	--	--
32	1.00	0.50	--	--	--	--	0.49	--	-0.20	--	--	--
33	1.00	0.50	--	--	--	--	-0.49	--	0.20	--	--	--
34	1.00	0.50	--	--	--	--	-0.49	--	-0.20	--	--	--
35	1.00	0.50	--	--	--	--	--	0.49	0.20	--	--	--
36	1.00	0.50	--	--	--	--	--	0.49	-0.20	--	--	--
37	1.00	0.50	--	--	--	--	--	-0.49	0.20	--	--	--
38	1.00	0.50	--	--	--	--	--	-0.49	-0.20	--	--	--

**承载力利用系数：**

如：执行性能水准 1，此时柱配筋为地震设计状况控制。则有：

钢筋材料强度标准值为  $f_{yk}=400$ ，考虑承载力利用系数 0.6，取值  $400 \times 0.6 = 240$ 。

混凝土材料强度标准值为  $f_{ck}=20.06$ ，考虑承载力利用系数 0.6，取值为 12.04。查看此构件详细：

按《混凝土规范》公式(6.2.7-1)

$$\xi_b = \frac{\beta_1}{1 + \frac{f_y}{E_s \varepsilon_{cu}}} = \frac{0.80}{1 + \frac{239.98}{200000.00 \times 0.0033}} = 0.52$$

假定截面为大偏心受压区进入腹板，则截面相对受压区高度

$$\xi = \frac{N - \alpha_1 f_c (b_f - b)}{\alpha_1 f_c b h_0} = \frac{1995842.75 - 1.00 \times 12.04 \times 0.00 \times (250.00 - 250.00)}{1.00 \times 12.04 \times 250.00 \times 207.50} = 3.20$$

**问题五：**

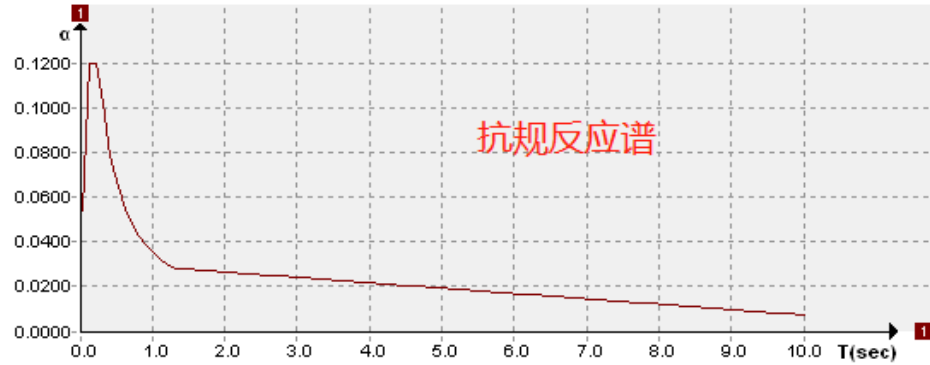
执行“广东高规 2021”如何确认计算时采用了新高规反应谱？

在计算参数中单独查看反应谱曲线，不太明显。将步长调整为 100(新高规反应谱基本周期限值为 10s)，再对比国标和新高规反应谱曲线，此时就很明显了。由于新高规反应谱函数在长周期下降得更快，末段位置更贴近 x 轴，明显区别于国标：

地震信息 > 自定义影响系数曲线

使用自定义地震影响系数曲线 定义步长(秒) 0.1 定义步数 100 应用 规范取值

T(s)	+0	+0.1	+0.2	+0.3	+0.4	+0.5	+0.6	+0.7	+0.8	+0.9
$\alpha$	0.0540	0.1200	0.1200	0.1018	0.0786	0.0643	0.0546	0.0475	0.0421	0.0379
T(s)	+1	+1.1	+1.2	+1.3	+1.4	+1.5	+1.6	+1.7	+1.8	+1.9
$\alpha$	0.0345	0.0316	0.0292	0.0281	0.0278	0.0276	0.0274	0.0271	0.0269	0.0266
T(s)	+2	+2.1	+2.2	+2.3	+2.4	+2.5	+2.6	+2.7	+2.8	+2.9
$\alpha$	0.0264	0.0262	0.0259	0.0257	0.0254	0.0252	0.0250	0.0247	0.0245	0.0242
T(s)	+3	+3.1	+3.2	+3.3	+3.4	+3.5	+3.6	+3.7	+3.8	+3.9
$\alpha$	0.0240	0.0238	0.0235	0.0233	0.0230	0.0228	0.0226	0.0223	0.0221	0.0218
T(s)	+4	+4.1	+4.2	+4.3	+4.4	+4.5	+4.6	+4.7	+4.8	+4.9
$\alpha$	0.0216	0.0214	0.0211	0.0209	0.0206	0.0204	0.0202	0.0199	0.0197	0.0194



地震信息 > 自定义影响系数曲线

使用自定义地震影响系数曲线 定义步长(秒) 0.1 定义步数 100 应用 规范取值

T(s)	+0	+0.1	+0.2	+0.3	+0.4	+0.5	+0.6	+0.7	+0.8	+0.9
$\alpha$	0.0495	0.1100	0.1100	0.0917	0.0688	0.0550	0.0458	0.0393	0.0344	0.0306
T(s)	+1	+1.1	+1.2	+1.3	+1.4	+1.5	+1.6	+1.7	+1.8	+1.9
$\alpha$	0.0275	0.0250	0.0229	0.0212	0.0196	0.0183	0.0172	0.0162	0.0153	0.0145
T(s)	+2	+2.1	+2.2	+2.3	+2.4	+2.5	+2.6	+2.7	+2.8	+2.9
$\alpha$	0.0137	0.0131	0.0125	0.0120	0.0115	0.0110	0.0106	0.0102	0.0098	0.0095
T(s)	+3	+3.1	+3.2	+3.3	+3.4	+3.5	+3.6	+3.7	+3.8	+3.9
$\alpha$	0.0092	0.0089	0.0086	0.0083	0.0081	0.0079	0.0074	0.0070	0.0067	0.0063
T(s)	+4	+4.1	+4.2	+4.3	+4.4	+4.5	+4.6	+4.7	+4.8	+4.9
$\alpha$	0.0060	0.0057	0.0055	0.0052	0.0050	0.0048	0.0045	0.0044	0.0042	0.0040

