

# 岩溶区公路桥梁桩基设计与施工技术规范

**Technical Specifications for Design and Construction of Pile Foundation of  
Highway Bridge in Karst Areas**

---

# 目次

<b>1 总则</b> .....	<b>- 1 -</b>
<b>2 术语和符号</b> .....	<b>- 2 -</b>
2.1 术语 .....	- 2 -
2.2 符号 .....	- 3 -
<b>3 基本规定</b> .....	<b>- 5 -</b>
<b>4 设计</b> .....	<b>- 9 -</b>
4.1 一般规定 .....	- 9 -
4.2 承载力验算 .....	- 11 -
4.3 稳定性验算 .....	- 16 -
4.4 构造 .....	- 17 -
<b>5 施工</b> .....	<b>- 19 -</b>
5.1 一般规定 .....	- 19 -
5.2 冲击成孔 .....	- 20 -
5.3 旋挖钻成孔 .....	- 21 -
5.4 人工挖孔 .....	- 22 -
5.5 清孔 .....	- 22 -
5.6 混凝土灌注 .....	- 23 -
5.7 施工异常处理 .....	- 23 -
<b>6 质量检验</b> .....	<b>- 25 -</b>
附录 A 溶洞顶板稳定性计算 .....	- 26 -
附录 B 桩基滑移稳定性验算 .....	- 30 -

# 1 总则

**1.0.1** 为指导岩溶区公路桥梁桩基的设计与施工，制定本规程。

**1.0.2** 本规程适用于岩溶区公路桥梁灌注桩基础的设计与施工。

**1.0.3** 岩溶区公路桥梁桩基设计与施工应遵循安全可靠、因地制宜、绿色环保的原则。

**1.0.4** 岩溶区公路桥梁桩基的设计与施工方案应根据水文、地质、地形、荷载、材料、上下部结构形式和施工条件等合理选用。

**1.0.5** 岩溶区公路桥梁桩基设计与施工应以相关勘察资料为依据。勘察资料应能准确反映地形、地貌、地层结构、岩溶地质、岩土的物理力学性质和水文地质条件等情况。

**1.0.6** 岩溶区公路桥梁桩基的设计与施工除应符合本规程的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

---

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 溶洞 karst cave

可溶性岩石被水溶蚀、破坏所形成的洞穴。

#### 2.1.2 溶槽 karst grike

可溶性岩石的节理裂隙受地表水和地下水的溶蚀与侵蚀作用而产生的槽状形态。

#### 2.1.3 岩溶竖井 karst cenote

由消泄岩溶地表水的落水洞进一步发育，或洞穴顶板塌陷而形成的竖向深井通道。

#### 2.1.4 串珠状溶洞 beaded karst caves

由于岩溶作用形成的呈垂直分布的多个溶洞。

#### 2.1.5 岩溶塌陷 karst collapse

覆盖在溶蚀洞穴之上的岩土体，由于岩溶顶板失稳产生的下陷或塌落现象。

#### 2.1.6 钻孔见洞率 rate of hole drilling

揭露出岩溶洞隙的钻孔占勘探钻孔总数的百分比。

#### 2.1.7 钻孔线岩溶率 linear rate of hole drilling

揭露到岩溶洞隙的钻孔，岩溶洞隙进尺之和与总进尺的百分比。

### 2.1.8 溶洞隔板 karst cave partition plate

多层溶洞或串珠状溶洞中位于垂直方向的上、下两相邻溶洞之间的岩层。

### 2.1.9 负摩阻力 negative friction

桩周土由于自重固结、湿陷、地面荷载作用等而产生大于基桩的沉降所引起的对桩表面的向下摩阻力。

## 2.2 符号

### 2.2.1 作用和作用效应有关符号

$F$ ——相应于荷载效应的基本组合，上部结构传递至基础顶面的竖向力；

$F_p$ ——溶洞顶板抗冲切承载力特征值；

$G$ ——基础自重和基础上的土重；

$M$ ——弯矩；

$M_H$ ——基岩有效深度顶面的弯矩；

$P_c$ ——基础顶面的集中荷载；

$Q$ ——顶板支承处的剪力；

$T$ ——溶洞顶板的总剪切力；

$W$ ——滑动岩体（包括基础）的自重。

### 2.2.2 抗力和材料性能有关符号

$c$ ——外倾滑动结构面的粘聚力；

$R_a$ ——单桩轴向受压承载力特征值；

$\sigma_t$ ——岩体抗拉强度；

$\tau$ ——岩体抗剪强度；

$\gamma$ ——溶洞顶板岩体的重度；

$\phi$ ——外倾滑动结构面的内摩擦角；

$\theta$ ——顶板岩体的应力扩散角。

### 2.2.3 几何参数有关符号

$A_p$ ——桩端截面面积；

$b$ ——垂直于弯矩作用平面的基桩边长；

$d$ ——桩身直径；

---

$H_t$ ——溶洞顶板的厚度；

$h_r$ ——桩嵌入完整、较完整基岩中的有效深度；

$u$ ——桩身周长；

$\alpha$ ——外倾滑动结构面的倾角；

$\varphi$ ——岩坡面的倾角。

#### 2.2.4 计算系数及其它有关符号

$K$ ——安全系数；

$\beta$ ——岩石的垂直抗压强度换算为水平抗压强度的折减系数；

$\lambda$ ——冲跨比；

$\zeta_s$ ——覆盖层土的侧阻力发挥系数。

### 3 基本规定

3.0.1 岩溶区公路桥梁桩基地质勘察应探明下列内容：

- 1 溶洞的基本形态。
- 2 溶洞顶板、侧面的岩体质量，软弱结构面情况。
- 3 串珠状溶洞各层隔板的岩体质量、主要结构面及厚度等。
- 4 溶洞填充物和地下水情况。

3.0.2 岩溶发育程度应符合表 3.0.2 的规定。

表 3.0.2 岩溶发育程度分级

岩溶发育程度分级	场地岩溶现象	钻孔见洞率 (%)	钻孔线岩溶率 (%)
极强发育	地表常见密集的岩溶洼地、漏斗、落水洞、塌陷、槽谷、石林等多种岩溶形态，溶蚀基岩面起伏剧烈；地下岩溶形态常见巨型溶洞、暗河及大型溶洞群分布；近期发生过岩溶地面塌陷。	>40	>10
强发育	地表常见密集的岩溶洼地、漏斗、落水洞塌陷等多种岩溶形态，石芽(石林)、溶沟(槽)强烈发育(或覆盖)，溶蚀基岩面起伏大；地下岩溶形态常见较大型溶洞、暗河分布；有岩溶地面塌陷历史，但近期无岩溶地面塌陷发生。	(25, 40]	(5, 10]
中等发育	地表常见岩溶洼地、漏斗、落水洞等多种岩溶形态，石芽(石林)、溶沟(槽)发育(或覆盖)，溶蚀基岩面起伏较大；地下岩溶形态以规模较小的溶洞为主，出露岩溶泉。	(5, 25]	(2, 5]
弱发育	地表偶见漏斗、落水洞、石芽、溶沟等岩溶形态，溶蚀基岩面起伏较小；地下岩溶以溶隙为主，偶见小型溶洞，裂隙透水性差。	≤5	≤2

注：1.同一等级的划分指标中，从高到低，定量指标有 1 个达标即可定为该等级。

2.岩溶发育程度分级以定量指标为主，定性指标为辅。在实际工作中，应结合现场实际情况对岩溶发育程度进行综合判定。

3.0.3 岩石的坚硬程度应符合表 3.0.3 的规定。

表 3.0.3 岩石坚硬程度分级

坚硬程度类别	坚硬岩	较坚硬岩	较软岩	软岩	极软岩
饱和单轴抗压强度标准值 $f_{rk}$ (MPa)	$f_{rk} > 60$	$60 \geq f_{rk} > 30$	$30 \geq f_{rk} > 15$	$15 \geq f_{rk} > 5$	$f_{rk} \leq 5$

3.0.4 岩石的风化程度应符合表 3.0.4 的规定。

表 3.0.4 岩石的风化程度分级

风化程度	野外特征	风化程度系数指标	
		波速比 $k_v$	风化系数 $k_f$
未风化	岩质新鲜，偶见风化痕迹	0.9~1.0	0.9~1.0
微风化	结构基本未变，仅节理面有渲染或略有变色，有少量风化裂隙	0.8~0.9	0.8~0.9
中风化	结构部分破坏，沿节理面有次生矿物，风化裂隙发育，岩体被切割成岩块。用镐难挖，岩心钻方可钻进	0.6~0.8	0.4~0.8
强风化	结构大部分破坏，矿物成分显著变化，风化裂痕很发育，岩体破碎，用镐可挖，干钻不易钻进	0.4~0.6	<0.4
全风化	结构基本破坏，但尚可辨认，有残余结构强度，可用镐挖，干钻可钻进	0.2~0.4	—

注：1. 波速比  $k_v$  为风化岩石与新鲜岩石纵波速之比。

2. 风化系数  $k_f$  为风化岩石与新鲜岩石单轴抗压强度之比。

3. 岩石风化程度除按表列野外特征和定量指标划分外，也可根据当地经验划分。

3.0.5 岩体的完整程度应符合表 3.0.5 的规定。

表 3.0.5 岩体完整程度分类

完整程度类别	完整	较完整	较破碎	破碎	极破碎
完整性指数	>0.75	(0.55, 0.75]	(0.35, 0.55]	(0.15, 0.35]	≤0.15

注：完整性指数为岩体纵波波速与岩块纵波波速之比的平方。

3.0.6 岩体基本质量应符合表 3.0.6 的规定。

表 3.0.6 岩体基本质量分级

岩体基本质量级别	岩体基本质量的定性特征	岩体基本质量指标 (BQ)
I	坚硬岩，岩体完整	>550
II	坚硬岩，岩体较完整； 较坚硬岩，岩体完整	550~451

岩体基本质量级别	岩体基本质量的定性特征	岩体基本质量指标 (BQ)
III	坚硬岩, 岩体较破碎; 较坚硬岩, 岩体较完整; 较软岩, 岩体完整	450~351
IV	坚硬岩, 岩体破碎; 较坚硬岩, 岩体较破碎~破碎; 较软岩, 岩体较完整~较破碎; 软岩, 岩体完整~较完整	350~251
V	较软岩, 岩体破碎; 软岩, 岩体较破碎~破碎; 全部极软岩及全部极破碎岩	≤250

3.0.7 溶洞类型应符合表 3.0.7 的规定。

表 3.0.7 溶洞分类

溶洞类型	洞径 $D$ (m)	高度 $h$ (m)	体积 $V$ (m <sup>3</sup> )
大型溶洞	$D > 6$	$h > 5$	$V > 50$
中型溶洞	$3 < D \leq 6$	$1 < h \leq 5$	$10 < V \leq 50$
小型溶洞	$D \leq 3$	$h \leq 1$	$V \leq 10$

注: 1.洞径  $D$  是指溶洞水平发育方向最大的尺寸。

2.同一类型的三个指标中, 从高到低, 有 1 个达标即可定为该等级。

### 条文说明

溶洞大小往往反映岩溶发育程度、规模, 影响工程方案、处治措施及施工安全, 本规程洞径规模划分基于工程实践, 并考虑到公路工程的横向宽度特点及桥梁桩基施工对溶洞高度和体积的敏感性。

3.0.8 桩基影响范围之内存在下列情况之一的岩溶发育场区, 宜对桩基设计与施工进行专项研究和论证:

- 1 单一溶洞洞高大于 8 m。
- 2 串珠状溶洞累计高度大于 10 m。
- 3 钻孔见洞率大于 60%。
- 4 钻孔线岩溶率大于 30%。

### 条文说明

---

结合部分地区施工经验，对于单一溶洞洞高大于 8 m 时，施工质量控制难度较大，处理难度和费用都很高。对于串珠状溶洞累计高度大于 10 m、钻孔见洞率大于 60%或线岩溶率大于 30%的场地，常见岩溶塌陷现象，属于极不稳定地段，严重威胁桥梁结构的安全。因此，对于这几类岩溶场地的桩基设计和施工要求进行专项研究和论证。

**3.0.9** 桩基混凝土结构的耐久性设计应符合现行《公路工程混凝土结构耐久性设计规范》（JTG/T 3310）的规定。

**3.0.10** 桩基施工应加强安全管理和环境保护，并按有关规定采取安全生产、环境保护的措施。

## 4 设计

### 4.1 一般规定

4.1.1 岩溶区桥梁桩基设计应符合下列规定：

- 1 桩身强度应按相关结构设计规范验算。
- 2 桩基应进行承载力与稳定性验算，必要时应进行变形验算。

4.1.2 岩溶区桥梁桩基竖向承载力验算取值应符合下列规定：

- 1 采用作用的频遇组合和偶然组合时，作用组合表达式中的频遇值系数和准永久值系数均应取 1.0，汽车荷载应计入冲击系数。
- 2 承载力特征值乘以相应的抗力系数  $\gamma_R$  应大于相应的组合效应，单桩承载力抗力系数  $\gamma_R$  应按表 4.1.2 的规定取值。

表 4.1.2 单桩承载力抗力系数  $\gamma_R$

受荷阶段	作用组合		$\gamma_R$
使用阶段	频遇组合	永久作用与可变作用组合	1.25
		仅计结构重力、预加力、土的重力、土侧压力和汽车荷载、人群荷载	1.00
	偶然组合		1.25
施工阶段	施工荷载组合		1.25

4.1.3 岩溶区桥梁桩基应根据岩溶发育程度和溶洞顶板状况进行设计，并应符合下列规定：

- 1 岩溶弱发育场地，宜采用端承型桩设计。
- 2 岩溶中等发育、强发育或极强发育场地，当存在可作为桩基持力层的级溶洞顶板时，宜采用端承型桩设计；当无合适持力层时，可采用摩擦型桩设计。

---

**4.1.4** 当上覆土层稳定可靠且桩基承载力满足要求时，桩基设计可将桩端置于上覆土层中。若桩端以下4倍桩径范围内存在软弱土层，还应考虑冲切破坏。

#### 条文说明

本条参考了 BS EN1997-1: 2004 的规定：“如果软弱地基的深度小于桩底直径的4倍，则需考虑冲切破坏。”

**4.1.5** 岩溶区遇溶槽或岩溶竖井采用摩擦型桩时，桩身置于岩体基本质量为 I、II、III级岩体中的深度不应小于5倍桩径。

#### 条文说明

对于竖向发育深度很大的溶槽或岩溶竖井，欲将基础置于溶槽或岩溶竖井的底板岩体内既不经济施工难度也大。这种情形下采用摩擦型桩设计，充分利用桩基侧阻力承担桩顶荷载作用，桩端勿需嵌入溶槽或溶洞底部的稳定岩体内，这一设计模式已为很多深挖难以到底的工程所使用。从提高安全度的角度考虑，这里要求桩身置于岩体中的深度不小于5倍桩径。

**4.1.6** 溶洞顶板的岩体基本质量为 I、II、III级时，且桩端以下厚度大于3倍桩径且不小于5m，宜利用溶洞顶板作为桩基持力层，并应验算最不利荷载作用下溶洞顶板的强度和稳定性。

#### 条文说明

桩端以下溶洞顶板的最小安全厚度与围岩类别、洞跨、基础型式、荷载等因素密切相关，本条参考了现行《岩溶地区建筑地基基础技术标准》(GB/T 51238)、《铁路桥涵地基和基础设计规范》(TB 10093) 等标准规定的“3倍桩底直径及5m深度范围内为完整或较完整岩层”。

**4.1.7** 端承型桩全断面嵌岩深度不宜小于0.5倍桩径，且不应小于0.5m。对倾斜基岩面应根据倾斜度和岩体完整性加大桩端入岩深度。

**4.1.8** 对于支承或嵌固于溶洞顶板的嵌岩桩，在满足承载力要求和本规程第4.1.7条规定的嵌岩深度要求时，宜减小桩端嵌岩深度。

**4.1.9** 岩溶区桩端持力层的岩体较破碎、岩溶裂隙发育时，可对桩底进行后压

浆，且应按现行《公路桥涵地基与基础设计规范》（JTG 3363）的有关规定进行承载力验算。

## 4.2 承载力验算

4.2.1 岩溶区桥梁桩基作用的计算，应符合下列规定：

- 1 承台底面以上的荷载全部由桩基承受。
- 2 桥台土压力从填土前的原始地面起算。

4.2.2 桩基符合下列条件之一时应考虑负摩阻力的影响，并按现行《公路桥涵地基与基础设计规范》（JTG 3363）的相关规定进行计算：

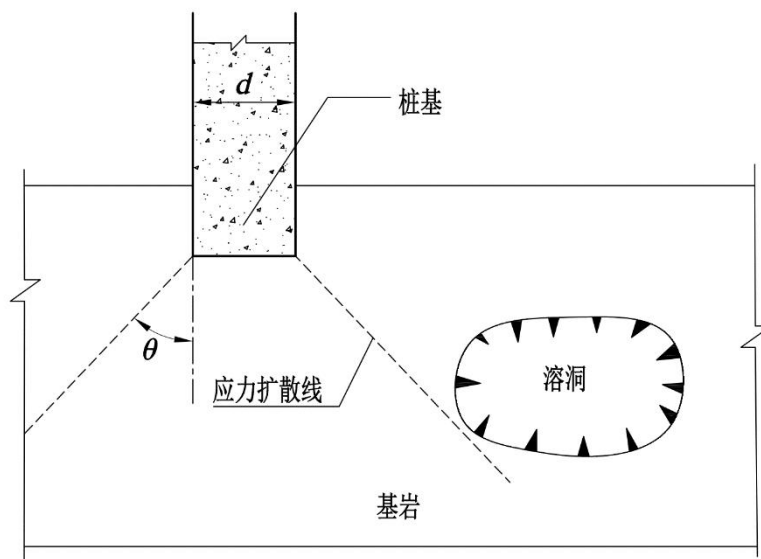
- 1 地表浅层及岩土接触带存在土洞并有塌陷可能。
- 2 桩基穿越较厚新近填土、欠固结土和膨胀土。
- 3 地下水位降低使桩周土体中的有效应力增大，并产生显著压缩沉降。
- 4 桩基穿越较厚的软弱土层，且附近场地可能进行大面积堆载或填土。
- 5 溶洞顶板岩体基本质量分级为IV、V级的岩体，成孔过程中可能出现顶板掉块。
- 6 桩基穿过含有较多欠固结软弱填充物的大型溶洞，且地下水位下降。

### 条文说明

对岩溶区以岩石为持力层的桩基础，需考虑桩侧岩（土）体失稳产生负摩阻力的影响，因岩体掉块产生负摩阻力的相关计算理论目前比较缺乏，一般参考土体负摩阻力理论进行分析计算。

4.2.3 满足下列条件时，可不考虑溶洞对桩基承载力的影响：

- 1 溶洞所处位置在桩端应力扩散范围外，见图 4.2.3。
- 2 溶洞顶板稳定且厚度不小于  $8d$ 。



$\theta$ —岩石应力扩散角，可取  $45^\circ$ ； $d$ —桩径

图 4.2.3 溶洞位置示意

4.2.4 对于深覆盖型岩溶地质，当上覆土层稳定可靠且桩基承载力满足要求时，桩基设计可将桩端置于上覆土层中，单桩轴向受压承载力特征值  $R_a$  应按现行《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG 3363) 的规定进行计算，并按本规程 4.2.2 条考虑负摩阻力的影响。

4.2.5 岩石地基单桩轴向受压承载力特征值  $R_a$  应按式 (4.2.5) 计算。

$$R_a = c_1 k_1 A_p f_{rk} + u \sum_{i=1}^m c_{2i} h_i f_{rki} + \frac{1}{2} \zeta_s u \sum_{i=1}^n l_i q_{ik} \quad (4.2.5)$$

式中：

$R_a$ ——单桩轴向受压承载力特征值 (kN)；

$c_1$ ——根据岩石强度、岩石破碎程度等因素而确定的端阻力发挥系数，按表 4.2.5-1 采用；

$k_1$ ——根据桩端以下溶洞顶板厚度而定的端阻力折减系数，可按表 4.2.5-2 采用；

$A_p$ ——桩端截面面积 ( $m^2$ )，对于扩底桩，取扩底截面面积；

$f_{rk}$ ——桩端岩石的饱和单轴抗压强度标准值 (kPa)；

$u$ ——各土层或各岩层部分的桩身周长 (m)；

$n$ ——土的层数；

$m$ ——嵌岩段计入侧阻力的隔板数。

$c_{2i}$ ——根据岩石强度、岩石破碎程度等因素而定的第  $i$  层岩层的侧阻力发挥系数，按表 4.2.5-1 采用；

$h_i$ ——嵌岩段大于等于 2.0 m 的中风化及中风化以上的完整或较完整溶洞隔板的厚度 (m)。桩基穿越部位的单个溶洞隔板厚度  $h_i$  变化时，应取钻探揭露的该隔板厚度的最小值进行计算；溶洞顶板的岩面倾斜时，应以坡下方的嵌岩深度为  $h_i$  的计算取值；

$f_{rki}$ ——桩侧与  $h_i$  对应的溶洞隔板岩石的饱和单轴抗压强度标准值 (kPa)；

$\zeta_s$ ——覆盖层土的侧阻力发挥系数，根据桩端岩石的饱和单轴抗压强度标准值  $f_{rk}$  进行确定，见表 4.2.5-3；

$l_i$ ——承台底面或局部冲刷线以下第  $i$  层土的厚度 (m)，扩孔部分不计，当  $\sum l_i < 10$  m，且存在未经有效处理或未查明的隐伏土洞时，可不考虑桩侧土的正摩阻力；

$q_{ik}$ ——桩侧第  $i$  层土的侧阻力标准值 (kPa)，宜采用单桩摩阻力试验值或当地经验值，无试验条件和当地经验时，可根据成桩工艺按现行《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG 3363) 的规定取值，且不宜计入洞内天然填充物产生的侧摩阻力。

表 4.2.5-1 发挥系数  $c_1$ 、 $c_2$

岩石层情况	$c_1$	$c_2$
完整、较完整	0.6	0.05
较破碎	0.5	0.04
破碎、极破碎	0.4	0.03

注：(1) 入岩深度小于或等于 0.5 m 时， $c_1$  乘以 0.75 的折减系数， $c_2=0$ ；当按摩擦桩设计时， $c_1=0$ ；

(2) 对于地下水位以下和采用泥浆护壁的钻、冲孔桩，系数  $c_1$ 、 $c_2$  值降低 20% 采用，对桩端沉渣厚度  $t$ ， $d \leq 1.5$  m 时， $t \leq 50$  mm； $d > 1.5$  m 时， $t \leq 100$  mm；

(3) 对以中风化岩层作为持力层的情况， $c_1$ 、 $c_2$  分别乘以 0.75 的折减系数；

(4) 桩端有扩大头时，扩大头斜面部分取  $c_2=0$ ；

(5) 对于串珠状溶洞或多层溶洞地质条件下的桩基，当溶洞顶（隔）板岩体的基本质量等级为 I 级或 II 级，且厚度大于等于 2.0 m 时，可将溶洞顶（隔）板产生的桩侧摩阻力乘以 0.75 的折减系数。

表 4.2.5-2 端阻力折减系数  $k_1$

桩端下顶板厚度 (m)	$3d$	$4d$	$5d$	$6d$	$7d$	$> 8d$
$k_1$	0.25	0.45	0.65	0.80	0.90	1.00

注：厚跨比  $\eta \geq 0.5$  时， $k_1$  按上表取值； $\eta < 0.2$  时， $k_1$  乘以 0.50 的折减系数； $0.2 \leq \eta < 0.5$  时， $k_1$  的折减系数按线性内插取值。

表 4.2.5-3 覆盖层土的侧阻力发挥系数 $\zeta_s$

$f_{rk}$ (MPa)	2	15	30	60
$\zeta_s$	1.0	0.8	0.5	0.2

注：(1)  $f_{rk}$  为非表列数值时， $\zeta_s$  可线性内插取值；  
 (2) 当  $f_{rk} > 60$  MPa 时， $\zeta_s$  可按  $f_{rk} = 60$  MPa 取值；  
 (3)  $f_{rk} < 2$  MPa 时，可按摩擦桩计算。

### 条文说明

对于岩质地基，当直接利用岩石饱和单轴抗压强度标准值和桩侧土的侧阻力标准值计算单桩轴向受压承载力特征值  $R_a$  时，本规程参考《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG 3363-2019) 中第 6.3.7 条关于支承在基岩上或嵌入基岩中的钻（挖）孔桩、沉桩的单桩轴向受压承载力特征值的计算表达式，并指出当岩溶桩基的桩端持力层为岩石时，其单桩轴向受压承载力特征值  $R_a$  由上覆土层的摩阻力、嵌岩段的摩阻力和端阻力三部分组成，并给出了  $R_a$  的计算公式，桩基设计时根据具体的地质情况对竖向承载力的三个组成部分进行取舍；串珠状溶洞对于桩身穿过溶洞顶（隔）板的岩体是否计算侧阻力的问题，在工程实践中也是备受关注的问題，若不分具体条件一律不计顶（隔）板岩体的侧阻力，桩基设计时桩长可能会显著增加，这不符合桩基的实际工作特性，而当串珠状溶洞的顶（隔）板厚度较大时岩体的完整性和质量往往就有保障，溶洞顶（隔）板岩体的侧阻力就可做到有依据地加以合理利用，计入侧阻力的溶洞顶（隔）板应首先应满足自身稳定性，成孔过程中不发生掉块现象，并具有一定的厚度（不小于 2.0 m）。

岩溶桩基下伏溶洞对桩端阻力存在不同程度的削弱作用，在对岩溶区单桩轴向受压承载力特征值  $R_a$  进行计算时，引入了根据溶洞顶板厚度而定的端阻折减系数  $k_1$ ，认为当溶洞顶板稳定且厚度达到  $8d$  ( $d$  为桩径) 时，则不考虑溶洞对桩基承载力特性的影响，按一般条件下端承型桩设计。

表 4-1 顶板厚度与桩端阻力折减系数  $k_1$

顶板厚度 (m)	$0.5d$	$1d$	$2d$	$3d$	$4d$	$5d$	$6d$	$7d$	$> 8d$
$k_1$	0.02	0.07	0.15	0.29	0.51	0.69	0.83	0.89	1.00

注：顶板厚度为桩径  $d$  的倍数。

本规程在对以溶洞顶板作为桩端持力层的单桩竖向承载力计算时，参考相关研究，引入了考虑溶洞顶板厚度的端阻折减系数  $k_1$ ，且在桩端顶板厚度小于等于 3 倍桩底直径及 5 m 时均不计端阻力，并对部分系数进行了适当调整，同时引入厚跨比  $\eta$  对阻折减系数  $k_1$  进行折减。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/736220025230010213>