

文章编号:1006-2106(2007)12-0090-05

## $K_{30}$ 试验在深圳地铁岩土工程勘察中的应用\*

徐正宣 李建强\*\*

(中铁二院工程集团有限责任公司, 成都 610031)

**摘要:**研究目的:通过深圳地铁3号线现场 $K_{30}$ 试验方法,对比分析 $K_{30}$ 试验与标准贯入试验、旁压试验、室内试验等测试结果,探索各测试结果间的关联,以期供类似工程勘察借鉴。

**研究方法:**运用 $K_{30}$ 试验方法,测试土层基床系数,并与标准贯入试验、旁压试验、室内试验等测试结果进行对比分析。

**研究结论:** $K_{30}$ 试验稳定性较好,地基土的基床系数宜采用 $K_{30}$ 试验方法获取;在实际勘察过程中,当不具备进行 $K_{30}$ 试验条件时,建议采用标准贯入试验、旁压试验近似代替 $K_{30}$ 试验,将测试结果结合规范及工程经验修正后提供设计;室内试验测取得的基床系数( $K_v$ )比 $K_{30}$ 试验测得的基床系数( $K_v$ )偏小,不宜直接提供设计。

**关键词:**地铁;勘察; $K_{30}$ 试验

**中图分类号:**U215 **文献标识码:**A

## Application of $K_{30}$ Test Method in Engineering Survey of Rock - soil for Shenzhen Metro

XU Zheng - xuan, LI Jian - qiang

(China Railway Eryuan Engineering Group Co. Ltd, Chengdu, Sichuan 610031, China)

**Abstract: Research purposes:** Based on the site  $K_{30}$  test method used for Line 3 of Shenzheng Metro, the comparisons and analyses of the test result of  $K_{30}$  test with standard lateral pressure penetration test, pressure - meter test and indoor test are made for the purpose of seeking the relations among them so as to provide the reference to the similar engineering survey.

**Research methods:** The  $K_{30}$  test method is adopted to test the bed coefficient of subgrade soil and the comparisons and analyses of the test result of  $K_{30}$  test with standard lateral pressure penetration test, pressure - meter test and indoor test are made.

**Research conclusions:** The stability  $K_{30}$  test is better, so it is suitable to use  $K_{30}$  test method to test the bed coefficient of subgrade soil. However, when there is no condition to do  $K_{30}$  test, it is suggested to adopt standard lateral pressure penetration test, pressure - meter test and indoor test. The tests results should be modified with the standards and experience because the bed coefficient of subgrade soil obtained from indoor test is smaller than that from  $K_{30}$  test.

**Key words:** metro; survey;  $K_{30}$  test

基床系数是地基土在外力作用下产生单位变位时所需的应力,也称弹性抗力系数或地基反力系数。基床系数与地基土的类别、土的状态、物理力学特征、基

础的形状及作用面受力状况等有关。基床系数用于模拟地基土与结构物的相互作用,计算结构物内力及变位。结构物是指受水平力、垂直力和弯矩作用的基础、

\* 收稿日期:2007-10-27

\*\* 作者简介:徐正宣,1977年出生,男,工程师;李建强,1966年出生,男,高级工程师,中铁二院工程集团有限责任公司地勘岩土公司副总工程师。

衬砌及桩等。变位是指基础竖向变位、衬砌的侧向变位、桩的水平变位和竖向变位等<sup>[1]</sup>。深圳地区花岗岩残积层分布范围广,厚度较大,地铁工程多位于该土层中,车站基坑与区间隧道支护设计均需残积土的基床系数,基床系数取值的合理与否,与设计所采用的工程措施直接相关。若基床系数设计取值比实际值偏小,会使设计中采用的工程措施偏于保守,从而增大工程量,造成工程浪费;若基床系数设计取值比实际值偏大,会使所采用的工程措施安全性降低,危及工程安全。所以,该基床系数的合理取值,对工程措施的合理选择、工程的安全使用意义重大。

深圳地铁3号线岩土工程勘察中,采用了  $K_{30}$  试验取得花岗岩残积土的基床系数,同时,通过和旁压试验、标准贯入试验、室内试验等进行对比,探索各个原位测试及室内试验方法取得深圳地区花岗岩残积土基床系数之间的相互关系。

## 1 工程概况

根据《深圳市城市轨道交通建设规划》,地铁3号线为福田至龙岗,近东西向的深圳市城市轨道交通主干线,规划起点为福田区益田站,初期建设范围起自红岭站止于双龙站,近期工程起点由红岭站向西延伸到益田站。3号线初期起点位于红岭中路与红荔路交叉口,往东穿越洪围、桂园片区,在老街站与1号线换乘,而后沿东门中路、东门北路、翠竹路、泥岗路,经罗湖区的东门商业区、水贝、田贝片区后进入布心片区,然后沿布吉路到布吉联检站,此后与深惠公路并行,经过龙岗区的布吉镇、横岗镇、龙岗中心城、龙岗镇,终点于双龙立交桥西侧的双龙站<sup>[3]</sup>。其中红岭站至水贝站段,为地下段,共6站6区间。

本次进行的  $K_{30}$  试验,主要针对地下段,共布置了4个探测井。

## 2 区域地质概况

深圳市位于华南褶皱系的紫金-惠阳凹褶断束中,是在加里东褶皱基底的基础上发展起来的晚古生代凹陷,后被中、新生代构造叠加、改造,形成以北东向断裂为主,北西及东西向断裂次之,加里东期混合花岗岩入侵及燕山期花岗岩大面积侵入的格局。

地层岩性一般如下:上覆第四系全新统人工填土( $Q_4^{ml}$ )、冲洪积( $Q_4^{al+pl}$ )砂层、黏性土及花岗岩残积层( $Q^d$ ),下伏基岩为燕山期( $\gamma_3$ )花岗岩。花岗岩残积土分布广泛,厚度较大,与地铁工程关系密切。

地下水一般较发育。地下水位较高,一般位于地面下1~2 m。

万方数据

## 3 花岗岩残积土的特性

### 3.1 地层岩性、定名

花岗岩的主要矿物成分为石英、长石及少量的黑云母、角闪石。花岗岩残积土中的长石、云母、角闪石已完全风化,呈黏性土状,而石英残留成石英砂、砾。从残积土的颗粒组成来看,属于由细粒土和粗粒土混杂且缺乏中间颗粒的混合土,兼有砂土和黏性土的性质。

花岗岩根据其结晶大小,有粗、中、细粒之分。在花岗岩岩体中穿插有后期侵入的细晶岩、煌斑岩、辉绿岩等细粒岩脉,因此,花岗岩残积土与母岩的矿物成分、结晶大小有直接关系。依赖与母岩的组成特征,中-粗粒花岗岩风化而成的残积土多为砾质黏性土,砂质黏性土由中-细粒花岗岩和花岗片麻岩风化而成,黏性土基本为岩脉风化而成。

### 3.2 残积土的划分标准

残积土:岩石的组织结构已全部破坏,除石英外其矿物成分已完全风化成土,但未经搬运的物质。全风化花岗岩与残积土的划分标准:残积土的标准贯入击数  $N$  值(修正值)  $< 30$  击,单轴抗压强度  $f_c < 600$  kPa, 剪切波速  $V_s < 250$  m/s。

由于花岗岩的残积土的物理、力学指标变化范围较大,根据本项目工程设计和施工的需要,将其划分为可塑与硬塑2个岩土层,分层依据为:标准贯入试验击数(修正值):  $N < 15$  为可塑状残积土  $< 6-1 >$ ,  $15 \leq N < 30$  为硬塑状残积土  $< 6-2 >$ 。

### 3.3 花岗岩残积土的特性

3.3.1 花岗岩残积土颗粒成分具有“两头大,中间小”的特点,即颗粒成分中,粗颗粒( $> 0.5$  mm)的组分及颗粒小的组分( $< 0.005$  mm)的含量较多,而介于其中的颗粒成分则较少。

3.3.2 由于花岗岩残积土颗粒组成的特殊性,因此,该残积土兼有砂土和黏性土的性质。

3.3.3 花岗岩残积土均匀性较差,强度不一,富含水状态孔隙比较大、压缩性较高、强度较低,而在失水、缺水状态时,孔隙比较小、压缩性较低、强度较高,同时,花岗岩残积土有一定性的膨胀性,甚至为膨胀土。

3.3.4 花岗岩残积土具有遇水易软化、崩解,强度急剧降低的特点。

3.3.5 花岗岩残积土易受表水的淋滤、冲刷作用,形成网纹结构。

## 4 $K_{30}$ 试验方法

本次试验投入  $K_{30}$  平板载荷试验仪1套,KTG采

集器1台,10 mm百分表(精度0.001 mm)4只,笔记本电脑1台。具体试验步骤及测试原理如下:

4.1 将 $K_{30}$ 载荷板放置于检测井中测试岩土体上,使荷载板与原状岩土体良好接触,安装好反力装置、千斤顶系统及百分表(4只表用磁性表座均匀安装于荷载板上),油压千斤顶供油管采用高压油管加长至地面,与地面手动加压油泵相连接,在地面上加压维持所需荷载大小,将电脑与KTG采集器及位移传感器连通。

4.2 为稳固荷载板,预压0.01 MPa荷载约30 s,待稳定后卸除荷载,将百分表归零,采集器初始化后试验可开始。

4.3 第一级荷载为0.02 MPa,以0.01~0.02 MPa的增量(视第一级沉降量大小而定),逐级加载。当1 min的沉降量不大于该级荷载产生的沉降量的1%时,读取荷载强度和下沉量读数,然后增加下一级荷载。

4.4 当总下沉量超过规定的基准值(1.25 mm)或达到地基的屈服点,试验即可终止。

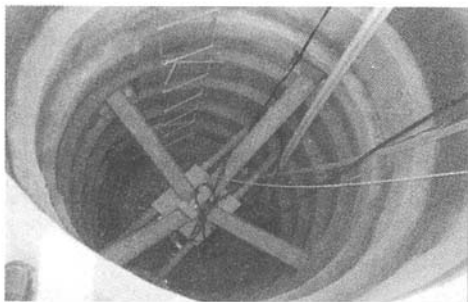


图1 垂直方向加载试验情况



图2 水平方向加载试验情况

## 5 曲线分析

5.1 根据试验结果绘出荷载强度与下沉量关系曲线(图3)

5.2 数据处理方法

首先,将千斤顶油压表读数通过 $K_{30}$ 仪校正值拟合曲线方程,换算为承压板上的压应力,该拟合曲线方

万方数据

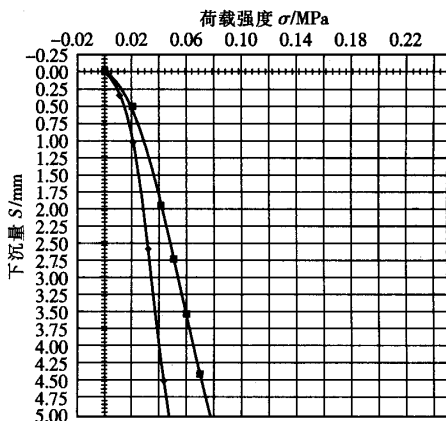


图3  $\sigma-S$  曲线

程为:

$$\begin{cases} y = 0.0213x \\ R = 0.999 \end{cases}$$

式中  $y$ —— $K_{30}$ 承压板上的压应力(MPa);

$x$ ——千斤顶油压表读数(MPa)。

再将试验过程中所得到的 $K_{30}$ 承压板上的各级压力值与对应的沉降量值,绘制成荷载强度 $\sigma$ -下沉量 $S$ 的关系曲线。从该曲线得出下沉量基准值时的荷载强度,并按下式计算出基床系数:

$$K_{30} = \sigma_s / S_s$$

式中  $K_{30}$ ——由直径30 cm的荷载板测得的基床系数(MPa/m);

$\sigma_s$ —— $\sigma-S$ 曲线中 $S_s = 1.25$  mm相对应的荷载强度(MPa);

$S_s$ ——下沉量基准值( $S_s = 1.25$  mm)。

### 5.3 $K_{30}$ 试验数据点的校正

在检测试验过程中由于被测岩土体表面状态的影响,使测试曲线不能通过坐标原点,从而产生了随机误差,在试验段的检测中通过作图法进行了校正,如图4所示。

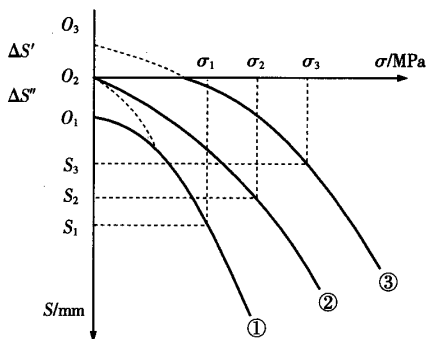


图4 随机误差校正曲线

- 5.3.1 当试验结果如图中曲线②时,曲线经坐标原点,可不校正。
- 5.3.2 当试验误差结果如图中曲线①时,应在曲线出现明显拐点的位置沿正常曲线延伸,使之与  $S$  轴相交于  $O_1$  点,此时零点上移  $\Delta S'$ ,标准下沉量应为  $S_1 = S_0 + \Delta S'$ ,并由此对应的荷载强度  $\sigma_1$  计算出  $K_s$  值。
- 5.3.3 当试验误差结果如图中曲线③时,应在曲线出现明显拐点的位置沿正常曲线延伸,使之与  $S$  轴相交于  $O_3$  点,此时零点上移  $\Delta S'$ ,标准下沉量应为  $S_3 = S_0 - \Delta S'$ ,并由此对应的荷载强度  $\sigma_3$  计算出  $K_s$  值。

6 试验成果

野外采集数据记录经分析整理、绘图、计算并校正后,得到各勘探井不同深度花岗岩残积土的水平和垂直方向基床系数  $K_{30}$  值,试验结果如表 1 所示。

表 1  $K_{30}$  试验成果汇总表

| 序号 | 试验井名称   | 试验井编号 | 试验编号      | 试验深度/m | 土层名称 | $K_{30}$ 值/(MPa·m <sup>-1</sup> ) |      | 岩土层号  |
|----|---------|-------|-----------|--------|------|-----------------------------------|------|-------|
|    |         |       |           |        |      | 水平                                | 垂直   |       |
| 1  | 市图书馆试验井 | $K_1$ | $K_{1-1}$ | 5.0    | 砾质黏土 |                                   | 61.6 | <6-2> |
| 2  |         |       | $K_{1-2}$ | 10.0   | 砂质黏土 |                                   | 25.6 | <6-1> |
| 3  |         |       | $K_{1-3}$ | 14.0   | 砾质黏土 |                                   | 50.4 | <6-2> |
| 4  | 留医部试验井  | $K_2$ | $K_{2-1}$ | 7.5    | 砂质黏土 | 41.6                              | 45.6 | <6-2> |
| 5  |         |       | $K_{2-2}$ | 9.5    | 砂质黏土 | 25.6                              | 22.4 | <6-1> |
| 6  |         |       | $K_{2-3}$ | 16.0   | 砂质黏土 |                                   | 45.6 | <6-2> |
| 7  | 化工大院试验井 | $K_3$ | $K_{3-1}$ | 3.7    | 砂质黏土 |                                   | 65.6 | <6-2> |
| 8  |         |       | $K_{3-2}$ | 6.2    | 砂质黏土 | 48.0                              | 75.2 | <6-2> |
| 9  |         |       | $K_{3-3}$ | 9.0    | 砂质黏土 |                                   | 11.2 | <6-1> |
| 10 |         |       | $K_{3-4}$ | 13.5   | 砂质黏土 |                                   | 41.6 | <6-2> |
| 11 |         |       | $K_{3-5}$ | 17.9   | 砂质黏土 |                                   | 56.0 | <6-2> |
| 12 | 自行车厂试验井 | $K_4$ | $K_{4-1}$ | 12.0   | 砂质黏土 | 76.0                              | 65.6 | <6-2> |
| 13 |         |       | $K_{4-2}$ | 16.6   | 砂质黏土 | 68.0                              | 60.0 | <6-2> |

7 相关试验对比

根据相关规范<sup>[1-2]</sup>及深圳地区经验,基床系数可采用以下几种室内试验及原位测试方法进行对比:

7.1 根据地铁规范<sup>[1]</sup>条文说明,基床系数与地基土的标贯击数  $N$  的经验关系为:

$$K = (1.5 \sim 3)N \text{ (MPa/m)}$$

根据深圳地区经验<sup>[3]</sup>,水平基床系数与标准贯入锤击数之间的关系:  $K_h = 2N \text{ (MPa/m)}$ 。本次对比试验中,采用  $K_h = 2N \text{ (MPa/m)}$  的关系式。

7.2 根据旁压试验,土的水平基床系数

$$K_h = (1 - a)\Delta P / \Delta r$$

式中  $\Delta P = P_f - P_0$

- $\Delta r = r_f - r_0$ ;
- $P_f$ ——临塑压力(kPa);
- $P_0$ ——静止水平压力(kPa);
- $r_f$ ——压力为  $P_f$  时的孔穴半径(mm);
- $r_0$ ——压力为  $P_0$  时孔穴的半径(mm);
- $a$ ——孔隙压力系数,查表:砂土 0,粉土 0.1 ~ 0.2,粉质黏土 0.15 ~ 0.25,黏土 0.25 ~ 0.50。

7.3 室内试验:采用三轴试验或固结试验的方法测得。

各试验及测试方法所得基床系数值<sup>[3]</sup>对比情况详如表 2 所示。

表 2 各测试、试验方法测得花岗岩残积土基床系数对比表

| 岩土层         | 试验或测试方法      | 基床系数<br>/(MPa·m <sup>-1</sup> ) | 统计个数 | 最大值  | 最小值  | 变异系数 | 标准差 | 标准值  | 规范 <sup>[1]</sup> 所列值<br>/(MPa·m <sup>-1</sup> ) | 规范 <sup>[2]</sup> 所列值<br>/(MPa·m <sup>-1</sup> ) | 规范 <sup>[4]</sup> 所列值<br>/(kPa·m <sup>-2</sup> ) | 建议值<br>/(MPa·m <sup>-1</sup> ) |
|-------------|--------------|---------------------------------|------|------|------|------|-----|------|--|--|--|--------------------------------|
|             |              |                                 |      |      |      |      |     |      |  |  |  |                                |
| 6-1<br>砂质黏土 | 标贯试验         | $K_s$                           | 115  | 30   | 10   | 0.24 | 2.1 | 20   | 20 ~ 40  | 20 ~ 40  | 1 000 ~ 2 800                                    | 25                             |
|             | 旁压试验         | $K_h$                           | 21   | 49.5 | 20.0 | 0.23 | 5.8 | 29.2 |  |  |  |                                |
|             | $K_{30}$ 试验值 | $K_s$                           | 1    | 25.6 | 25.6 |      |     | 25.6 | 15 ~ 35  |  | 2 000 ~ 4 000                                    | 20                             |
|             |              | $K_h$                           | 3    | 25.6 | 11.2 |      |     | 19.7 |  |  |  |                                |
|             | 室内试验         | $K_h$                           | 22   | 25   | 6    | 0.2  | 3.2 | 11   |  |  |  |                                |

续表 2 各测试、试验方法测得花岗岩残积土基床系数对比表

| 岩土层                     | 试验或<br>测试方法         | 基床<br>系数<br>/(MPa·<br>m <sup>-1</sup> ) | 统计<br>个数 | 最大值  | 最小值  | 变异<br>系数 | 标准差 | 标准值  | 规范 <sup>[1]</sup><br>所列值<br>/(MPa·<br>m <sup>-1</sup> ) | 规范 <sup>[2]</sup><br>所列值<br>/(MPa·<br>m <sup>-1</sup> ) | 规范 <sup>[4]</sup> 所列值<br>/(kPa·<br>m <sup>-2</sup> ) | 建议值<br>/(MPa·<br>m <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------|---------------------|---|----------|------|------|----------|-----|------|---|---|--|------------------------------------|
| 6-2<br>砂<br>质<br>黏<br>土 | 标贯试验                | K <sub>x</sub>                          | 630      | 60   | 30   | 0.23     | 4.0 | 44   | 40~80   | 50~100  | 2 000~4 200  | 50                                 |
|                         | 旁压试验                | K <sub>x</sub>                          | 37       | 99.3 | 41.3 | 0.25     | 7.1 | 56.9 |   |   |  |                                    |
|                         | K <sub>30</sub> 试验值 | K <sub>x</sub>                          | 4        | 76.0 | 41.6 |          |     | 50.4 |   |   |  |                                    |
|                         |                     | K <sub>v</sub>                          | 10       | 75.2 | 41.6 | 0.19     | 4.2 | 48.9 | 35~70   |   | 4 000~64 000   | 48                                 |
|                         | 室内试验                | K <sub>v</sub>                          | 17       | 37.1 | 17.3 | 0.21     | 3.2 | 20.9 |   |   |  |                                    |
|                         |                     |   |          |      |      |          |     |      |   |   |  |                                    |

从以上试验结果及对比分析可以得出:

(1) 均质岩土体基床系数的比例系数为一定值,其基床系数随深度的增加呈线性增大。

(2) 各测试、试验方法测得岩土体基床系数的离散性较大。

(3) 采用标贯试验、旁压试验、K<sub>30</sub> 试验测得的水平基床系数(K<sub>x</sub>)结果较为接近,均位于规范所列值的范围内,反映出各测试、试验方法的稳定性较好。

(4) 室内试验测得的垂直基床系数(K<sub>v</sub>),明显低于 K<sub>30</sub> 测试结果。

(5) 水平基床系数与垂直基床系数相对大小关系,规律性较差,两者较为接近。

8 结 论

(1) K<sub>30</sub> 试验稳定性较好,地基土的基床系数宜采用 K<sub>30</sub> 试验方法获取。

(2) 现场 K<sub>30</sub> 试验值与采用旁压试验、标准贯入试验取得的基床系数(K<sub>x</sub>)较为接近,因此,在实际勘察过程中,当不具备进行 K<sub>30</sub> 试验条件时,建议采用标准

贯入试验、旁压试验近似代替 K<sub>30</sub> 试验,将测试结果结合规范及工程经验修正后提供设计。

(3) 室内试验测取得的基床系数(K<sub>v</sub>)比 K<sub>30</sub> 试验测得的基床系数(K<sub>x</sub>)偏小,不宜直接提供设计。

(4) 垂直基床系数(K<sub>v</sub>)与水平基床系数(K<sub>x</sub>)一般较为接近,在基坑支护工程中,若未能进行 K<sub>30</sub> 试验,可取垂直基床系数与水平基床系数相等。

参考文献:

[1] GB 50307—1999,地下铁道、轻轨交通岩土工程勘察规范[S].  
[2] SJG 05—96,深圳地区建筑深基坑支护技术规范[S].  
[3] 徐正宣,等. 深圳市地铁 3 号线工程详勘阶段岩土工程勘察报告[R]. 成都:铁道第二勘察设计院,2006.  
[4] TB 10025—2006,铁路路基支挡结构设计规范[S].  
[5] 林宗元. 岩土工程勘察设计手册[K]. 沈阳:辽宁科学技术出版社,1996.  
[6] DGJ 08—11—1999,地基基础设计规范[S].

(编辑 马 丽 赵立兰)

(上接第 79 页)

限速命令传输与执行中的安全功能划分,并增加命令的传输返回确认环节。


4 结 论

CTCS-2 点连式列控系统利用轨道电路提供连续信息,点式应答器提供线路参数、允许速度和进路信息。增加了车地通信的列控信息,整合了既有列控系统的优势,实现了速度—距离模式控车,充分发挥了行车效率。CTCS2 点连式列控系统是 200 km/h 客运专线安全、可靠的保证。

参考文献:

[1] 运基信号[2005]316 号,既有线 200 km/h 铁路车站列控中心运用技术原则(暂行)[S].  
[2] 付世善. 闭塞与列控概论[J]. 铁路通信信号工程技术,2005(4):34-36.  
[3] 李国斌. 对我国列车控制系统发展的几点建议[J]. 中国铁路,2007(2):49-53.  
[4] 袁韧. 京郑既有线 CTCS2 级信号系统方案研究[J]. 电气铁道,2006(2):43-50.

(编辑 慕成娟 赵立兰)

作者: 徐正宣, 李建强, [XU Zheng-xuan](#), [LI Jian-qiang](#)  
作者单位: [中铁二院工程集团有限责任公司](#), 成都, 610031  
刊名: [铁道工程学报](#)   
英文刊名: [JOURNAL OF RAILWAY ENGINEERING SOCIETY](#)  
年, 卷(期): 2007, 24(12)

参考文献(6条)

1. GB 50307-1999. 地下铁道、轻轨交通岩土工程勘察规范
2. SJG 05-1996. 深圳地区建筑深基坑支护技术规范
3. 徐正宣. 深圳市地铁3号线工程详勘阶段岩土工程勘察报告 2006
4. TB 10025-2006. 铁路路基支挡结构设计规范
5. 林宗元. 岩土工程勘察设计手册 1996
6. DGJ 08-11-1999. 地基基础设计规范

本文读者也读过(10条)

1. 刘志强, 刘兴云, 谢碧波, [LIU Zhiqiang](#), [LIU Xingyun](#), [XIE Bibo](#) 旁压试验在地铁勘察中的应用[期刊论文]-[广州建筑](#)2006(5)
2. 郭爱侠, 杨文锋. 西安地铁基床系数测试方法对比分析[期刊论文]-[中国水运](#) (下半月) 2008, 8(9)
3. 郭伟, 李向旗, [GUO Wei](#), [LI Xiang-qi](#) 强夯加固湿陷性黄土地基的平板载荷试验研究[期刊论文]-[山西建筑](#) 2010, 36(9)
4. 李爱虎, [LI Ai-hu](#) 评定公路路基填土压实质量的K30指标值的试验研究[期刊论文]-[交通标准化](#)2010(11)
5. 孙嘉良, [Sun Jialiang](#) 大粒径填料地基系数K30平板载荷试验研究[期刊论文]-[铁道建筑技术](#)2010(8)
6. 林华国, 张立丽, 贾兆宏, [LIN Huaguo](#), [ZHANG Lili](#), [JIA Zhaozhong](#) 地铁勘察中地基土液化判别问题探讨[期刊论文]-[广州建筑](#)2006(5)
7. 王文轩. 铁路路基质量控制两种常用的现场检测方法[期刊论文]-[内蒙古科技与经济](#)2005(13)
8. 孟庆文, 李树林. 天津地铁岩土工程勘察现状及原位测试新技术的应用[期刊论文]-[天津建设科技](#)2001, 11(4)
9. 汪国信, 李东, [WANG Guo-xin](#), [LI Dong](#) 遂渝铁路蓼叶湾大桥勘察认识[期刊论文]-[铁道工程学报](#)2009(12)
10. 缪永华, 沈华骏, 岑仰润, [MIAO Yong-hua](#), [SHEN Hua-jun](#), [CEN Yang-run](#) 扁铲侧胀试验求解侧向基床反力系数的应用[期刊论文]-[山西建筑](#)2009, 35(24)

引用本文格式: 徐正宣, 李建强, [XU Zheng-xuan](#), [LI Jian-qiang](#) K30试验在深圳地铁岩土工程勘察中的应用[期刊论文]-[铁道工程学报](#) 2007(12)