

锚杆与土钉拉拔试验方法之对比分析

石伟伟

(中国安能集团第三工程局有限公司, 四川 成都 611130)

摘要:对于锚杆与土钉的区别,很多检测人员仍然不能区分而造成名词混用与试验方法选择错误,且与目前在施的试验标准较多、各种标准的试验方法具有较大的差距。而对标准的不熟悉往往不能正确地进行现场试验以及对试验取得的数据结果进行正确的分析,进而给拉拔试验的检测工作带来较大影响。阐述了对在施的各种标准进行的深入细致的对比分析与研究,进行了总结与提炼,明确了锚杆和土钉的定义,对拉拔试验的抽样依据、技术要求、荷载分级、稳定时间和标准、试验终止条件、合格判定等几个方面亦进行了对比分析,总结出各种标准的异同点,旨在便于检测人员学习和参考。

关键词:锚杆;土钉;验收试验;基本试验;对比分析

中图分类号:TV7;TV52

文献标志码: B

文章编号:1001-2184(2024)增 2-0090-06

Comparative Analysis of Pull-out Test Methods between Anchor and Soil Nailing

SHI Weiwei

(China Anneng Group Third Engineering Bureau Co., Ltd., Chengdu Sichuan 611130)

Abstract: Many inspectors can't distinguish between anchor rod and soil nail, which leads to the confusion of terms and incorrect selection of test methods. There are many standards and large gaps between the test methods of each standard at present. When unfamiliar with the standard, the test and data analysis can't be carried out correctly, which has a great impact on the testing work. In this paper, various standards are compared and studied in detail, and the definitions of anchor rod and soil nails are clarified. The similarities and differences of each standard are summarized through the comparative analysis of the sampling basis, technical requirements, load classification, stabilization time, standards, test termination conditions, and qualification judgment of the pull-out test, which is convenient for inspection personnel to learn and refer to.

Key words: Anchor; Soil nailing; Acceptance test; Basic method; Comparison analysis

1 概述

锚杆与土钉拉拔试验是岩土工程常规的检测项目,也是其必测项目之一,在日常岩土工程检测工作中经常会遇到。锚杆与土钉的抗拔承载力是否满足设计要求直接影响到岩土工程的安全,比如基坑支护时的边坡稳定性、隧道工程的围岩稳定性等。因此,笔者认为拉拔试验必须引起工程技术人员的高度重视。

鉴于涉及到锚杆与土钉拉拔试验方法的标准较多,且因试验方法不尽相同,从而给检测工作带来很多问题。有时候,检测人员对选用哪种标准无所适从,不知道采用什么标准合适;甚至将检测方法混用,在编写报告时才发现现场试验存在一

定问题,往往需要二次进场去补充资料或重新进行试验,进而给工程相关各方带来很大的麻烦,甚至直接影响到工程的进度和安全。因此,有必要对现有试验标准进行汇总与分析。笔者对常用的几种标准中规定的拉拔试验方法进行了总结并进行了系统的比较与分析,旨在方便检测人员学习锚杆和土钉的拉拔试验方法,帮助检测人员清楚地认识和理解所使用的标准与方法,有助于其正确使用相关标准进行现场工作。

2 锚杆与土钉的定义及区别

2.1 锚杆与土钉的定义

锚杆与土钉既相互联系,又相对独立。对于不熟悉业务的检测人员往往两者的区别分不清楚。对于锚杆与土钉,很多标准中都有明确的定

收稿日期:2024-01-20

义,但亦存在片面性,不利于大家理解,选错标准造成的后果就是使用错误的检测标准和试验方法。笔者认为以下三种标准的定义相对较清楚。

(1)锚杆的定义(全称 CECS 22:2005)^[1]:设置在地层中将拉力传递到稳定的岩层或土体的锚固体。通常包括杆体(由钢绞线、钢筋、特制钢管等材料组成)、注浆形成的固结体、锚具、套管和可能使用的连接器所组成的一端与支护结构构件连接,另一端锚固在稳定岩土体内的受拉杆件。当采用钢绞线或高强钢丝束作为杆体材料时,其也可以称为锚索。

(2)土钉的定义(全称 CECS 96:97)^[2]:设置在土层中用来加固和锚固现场原位土体的细长杆件。通常采取土中钻孔、置入带肋钢筋并沿孔全长注浆的方法做成的黏结型钢筋土钉,或者将钢管(或带注浆孔的花管)、角钢等直接击入土中做成的摩擦型钢管土钉,其依靠土体之间的界面黏结力或摩擦力在土体发生变形的条件下被动承受拉力与剪力作用。

(3)土钉的定义(全称 GB 50086-2015)^[3]:土层中的全长黏结型或摩擦型锚杆,如缝管式锚杆、水胀式锚杆、普通水泥砂浆锚杆等。

2.2 锚杆与土钉的区别

从上述定义中可以看出:土钉与锚杆还是具有较大区别的。笔者在此做一详细分析。

(1)作用对象不同。土钉是设置在土层中的,这里所指的土层有几种类型,如黏性土,胶结或弱胶结的粉土、砂土和角砾,填土,风化岩层(笔者注:系指全风化或强风化的岩层或残积土)等,只有施作在这些土层中的杆件才能称之为土钉。土钉有两种型式:一种是将钢筋、钢管或角钢直接击入土层形成的;另一种是在土层中钻孔后注浆形成的。

而锚杆是设置在地层中的,这里所指的地层包括各种岩石层和土层。从这个定义看:土层中的一部分锚杆可以称为土钉或土层锚杆,如文中稍后提到的低预应力和非预应力锚杆,这些锚杆均为全长黏结型或摩擦型锚杆;而另一部分土层中的锚杆只能称为土层锚杆,如带锚固体体系的预应力锚杆。而岩层中的锚杆不论其作用形式或类型只能称为锚杆或岩石锚杆,其与土钉没有任何关系。

(2)受力机理不同。预应力锚杆为主动受力,即通过对锚杆施加预应力,在基坑未开挖前限制土体发生过多的变形。通过拉力杆将表层不稳定岩土体的荷载传递到岩土体深部的稳定位置,从而实现加固岩土体稳定的目的。锚杆的前半部分为自由端,后半部分为受力段。

土钉则为被动受力,即在土体发生一定变形后方受力,从而阻止土体继续变形。土钉为全长受力,其受力方向分为两部分。潜在滑裂面将土钉分为两部分,前半部分的受力方向指向潜在滑裂方向,后半部分的受力方向背向潜在滑裂方向。土钉是一种土体加筋技术,以密集排列的加筋体作为土体补强的手段,用于提高被加固土体的强度与自稳能力。

(3)杆体结构的组成不同。锚杆系由杆体、注浆体、锚具、套管、锚固体、连接器等组成的锚固体。其杆体材料由钢绞线、钢筋、特制钢管、高强钢丝束等筋材组成。而土钉仅由杆体和垫板组成。杆体通常为钢筋、钢管(或带注浆孔的花管)、角钢等材料。

3 锚杆与土钉检测的标准

锚杆与土钉拉拔试验依据的主要标准见表 1。表 1 中列出了该标准的适用对象和方法涉及到的主要章节,表中的土层锚杆系指设置在土层中的全长黏结型或摩擦型锚杆。

4 检测土钉拉拔承载力的试验方法

4.1 土钉拉拔试验的抽样比例和技术要求

土钉拉拔试验分为两种:一种是为了确定土层极限抗拔力的试验;另一种是确定土钉抗拔力是否满足设计值的验收试验。各种标准中的抽样方法基本一致,即相同条件下土钉不少于 3 根(同条件系指土钉参数相同、同种施工工艺、同种土层等)。要求自由段长度不小于 5 m 且超过潜在破裂面 1 m,待锚固体强度达到设计强度的 90% 以上再进行试验。有的标准则要求按比例进行抽检。

需要注意的是 CECS 96:97 与 GB 50086-2015 均要求设置专门的非工作钉进行试验。但由于工作钉和非工作土钉的锚固长度不同,因此其所获得的拉拔力不能直接进行对比,需要根据试验结果和非工作钉的锚固长度计算出土层的界面黏结强度值后再与设计界面的黏结强度值或设

表 1 锚杆与土钉拉拔试验依据标准对比表

标准编号	土钉或土层锚杆	锚杆
基坑土钉支护技术规程 CECS 96:97	第 7 章	—
岩土锚杆(索)技术规程 CECS 22:2005	—	验收、蠕变、基本 9.2、9.4、附录 F、附录 G、附录 E
岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范 GB 50086-2015	验收 附录 Q	验收、蠕变、基本 12.1、附录 K、附录 J、附录 H
建筑地基基础设计规范 GB 50007-2011 ^[4]	验收、基本 9.6 附录 Y	验收、基本 6.8、附录 M
建筑基坑支护技术规程 JGJ 120-2012 ^[5]	验收、基本 5.4 附录 D	验收、蠕变、基本 4.7、4.8 附录 B
公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程 JTG F80-1-2017 ^[6]	6.7.2	10.8.2
建筑地基基础工程施工质量验收标准 GB 50202-2018 7.6、7.11 ^[7]	7.6	7.11
建筑边坡工程技术规范 GB 50330-2013 ^[8]	验收、基本 C.3、C.2	验收、基本 C.3、C.2
公路隧道施工技术规范 JTG/T3660-2020 ^[9]	—	9.10.2

计拉力值进行对比。

4.2 土钉拉拔试验荷载的分级

表 2 土钉拉拔试验分级加载对比表

标准编号	各标准对应的 最大加载荷载 /kN	荷载分级 /%										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CECS 96:97 第 7 章	设计值	10	30	50	70	90	110	130	10	—	—	—
GB 50086-2015 附录 Q	设计值	—	—	—	—	—	110	—	—	—	—	—
GB 50007-2011 附录 Y 验收试验	$0.85A_s f_y$	10	30	50	70	80	90	100	10	—	—	—
GB 50007-2011 附录 Y 基本试验	$0.90A_s f_y$	分 6 个循环进行加、卸载,每级分级不同; 最大荷载未破坏时,按 10%一级继续增加下一个循环										
JGJ 120-2012 附录 D 单循环试验	1.1 倍设计	10	50	70	80	90	100	90	80	50	20	10
JGJ 120-2012 附录 D 土钉验收试验	1.1 倍设计	10	50	70	80	90	100	10	—	—	—	—
JTG F 80-1-2017 6.7.2	设计值	—	—	—	—	—	100	—	—			
GB 50202-2018 7.6	设计值	—	—	—	—	—	100	—	—			

注:表 A_s 表示杆体公称截面积;f_y 表示杆体材料屈服强度值。

4.4 土钉拉拔试验合格的判定标准

试验结果的合格判定和试验荷载值的确定对比情况见表 4。

最大试验荷载取土钉轴向拉力设计值的 1.1~1.3 倍,初始荷载取设计值或最大试验荷载的 10%,分 5~6 级进行加载直到最大试验荷载,然后卸载至初始荷载值并记录各级荷载下的位移值后进行分析。其中 JGJ 120-2012 还要求分级卸载(即采用单循环加卸载试验方法),在使用该标准时一定要注意这一点。而 GB 50086-2015 与 JTGF 80-1-2017 未对土钉试验的分级作具体规定,只要求加载到最大荷载即可。土钉拉拔试验分级加载对比情况见表 2。

当设计单位没有明确给出轴向拉力设计值时,试验时的最大荷载不能超过土钉杆体承载力标准值的 0.85~0.90 倍。

4.3 土钉拉拔试验的位移观察与终止条件

试验过程中,一定要按照相关标准规定的时间间隔和稳定标准进行位移观察和记录,待其达到稳定标准后才能施加下一级荷载,直至达到终止条件。鉴于位移观察和记录的时间不尽相同,土钉拉拔试验加载稳定标准和观察时间的对比情况见表 3。

对于终止试验的条件各标准的写法不一致,详略不一。笔者经过分析和总结后认为以下 4 条终止条件宜作为通用条件且对各种标准均适用:①杆体拔出或破坏;②位移不收敛(不稳定);③达到最大试验荷载值;④总位移超过相关标准要求值或设计允许值(2 mm、3 mm 或前级荷载作用下位移的 2 倍)。

5 锚杆拉拔承载力试验

5.1 锚杆拉拔承载力试验的抽样比例

锚杆拉拔承载力试验包括验收试验、基本试

表 3 土钉拉拔试验加载稳定标准和观察时间对比表

标准编号	稳定标准	观察时间	终止条件
CECS 96:97 第 7 章	10~1 min≤1 mm;延时 60~6 min≤2 mm	1、6、10 min;延时 15、30、60 min	位移大于 2 mm
GB 50086-2015 附录 Q	—	—	杆体拔出或破坏
GB 50007-2011 附录 Y 验收试验	参考(10~1 min≤1 mm)	1、6、10 min	——
GB 50007-2011 附录 Y 基本试验	位移增量≤0.1 mm;延时 2 h≤2 mm	5、5、5~10 min	锚头不收敛或拔出;总位移超过允许值;位移大于前级 2 倍
JGJ 120-2012 第 5.4.10、附录 D	10~1 min≤1 mm;延时 40~10 min≤1 mm 且 70~40 min≤1 mm	1、6、10 min;延时 20、30、40、50、60、70 min	位移大于 3 mm;位移大于前级 2 倍;位移不稳定;杆体拔出或破坏
JTG F80-1-2017 第 6.7.2 条	——	——	杆体拔出或破坏

表 4 土钉拉拔试验合格判定标准对比表

标准编号	合格判定	试验荷载值的确定
CECS 96:97 第 7 章	界面黏结强度实测值≥1.25 倍设计值;总位移≥80%自由段长度弹性伸长理论计算值	杆体发生破坏时,前一级荷载;未破坏时取最大试验荷载值
GB 50086-2015 附录 Q	计算界面黏结强度实测值≥1.1 倍拉力设计值	按锚固段长度计算界面黏结强度值
GB 50007-2011 附录 Y 验收试验	加载到设计荷载值后变形稳定;80%自由段理论弹性伸长值≤弹性变形≤(自由段+1/2 锚固段)理论弹性伸长值	—— 达到设计值
GB50007-2011 附录 Y 基本试验	0.9A _s f _y	杆体发生破坏时,前一级荷载;未破坏时取最大试验荷载值
JGJ 120-2012 5.4.10、附录 D 单循环试验	1.1 倍设计值	极差≤30%时取平均值;超过时需增加试验数量,分析原因,重新统计
JGJ 120-2012 附录 D 土钉验收试验	1.1 倍设计值	—— 达到设计值
JTG F80-1-2017 第 6.7.2	边坡土钉:抗拔力平均值≥设计值,最小抗拔力≥0.9 设计值,80%抗拔力≥设计值	设计值
GB 50202-2018 7.6	不小于设计值	——

验、蠕变试验等几种类型。

基本试验的抽样比例均为同种规格、同种地层中不于 3 根。

验收试验要求抽 5% 且不少于 3 根(GB 50007-2001 要求为 6 根)。

5.2 锚杆拉拔试验荷载的分级

锚杆基本试验均为多循环张拉试验,一般分为 6 个循环进行加、卸载试验,每个循环均需分级加载、分级卸载并观察和记录每一级的位移值。

验收试验的规定各不相同、差异较大,分别为单循环试验、多循环试验、分级加载试验、不分级加载试验等。在实际工作中需要按照所依据的标准要求进行试验操作。特别需要注意 JGJ 120-2015 的最大试验荷载值一定要根据支护结构安全等级一级、二级、三级分别取最大试验荷载,取设计值的 1.4、1.3、1.2 倍,而且所采用的是单循环加载、卸载

方法,其加载、卸载分级各不相同。

鉴于 蠕变试验相对比较少见,限于篇幅,此处不再进行介绍。

试验荷载分级对比情况见表 5,位移观察时间终止条件对比情况见表 6。

5.3 锚杆拉拔试验结果分析

所取得的试验结果包括合格判定和试验荷载值的确定两部分。合格判定的标准为:①加载到最大荷载值后变形稳定;②杆体总的弹性位移值在允许范围内。杆体弹性理论伸长值 ΔL 的计算公式见式(1):

$$\Delta L=(1.3-0.1)\times\frac{P\times L}{E\times A}$$

(1)

式中: P 为最大试验荷载值,N; L 为杆体长度(锚固段或自由段),mm; E 为杆体弹性模量,MPa,可在杆体材料表中查到; A 为杆体截面积,mm²。

表 5 锚杆拉拔试验加载分级对比表

标准编号	各标准对应的 最大加载荷载 /kN	荷载分级 /%													
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
CECS 22:2005 验收试验 9.4、附录 F	设计值	10	25	50	75	100	120 临时	150 永久	10			锁定荷载			
CECS 22:2005 基本试验 9.2、附录 E	$0.8A_{sf_y}$	分 6 个循环加、卸载进行,分级不同									—	—	—	—	—
GB 50086-2015 第三方多循环验收试验第 12 章、附录 K	设计值	10	40	60	80	100	120	分 5 个循环进行加、卸载,永久锚杆加载到 1.2 倍设计值;临时锚固加到 1.1 倍设计值							
GB 50086-2015 施工方单循环验收试验第 12 章、附录 K	设计值	10	40	70	100	120	100	70	40	10	—	—	—	—	
GB 50086-2015 基本试验第 12 章、附录 H	0.75 极限 $0.85A_{sf_y}$ 较小值	10	30	40	50	60	70	80	90	100	分 5~8 个 循环进行加、卸载				
GB 50007-2011 附录 M、6.8	设计值	10	40	70	100	120	140	160	180	200	10	—	—	—	
JGJ 120-2012 附录 B 验收试验 4.7.4.8	设计值	10	40	60	80	100	120	$\frac{130}{140}$	120	100	80	50	30	10	
JGJ 120-2012 附录 B 基本试验 4.7.4.8	最大荷载	分 6 个循环进行加、卸载,每级分级不同;最大荷载未破坏时,按 10%一级继续增加下一级循环									—	—	—	—	—
JTG F80-1-2017 6.4.3、10.8.2	设计值	10	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

表 6 锚杆拉拔试验加载稳定标准和观察时间汇总表

标准编号	稳定标准	观察时间	终止条件
CECS 22:2005 验收试验 9.4、附录 F	10~1 min≤1 mm;延时 60~6 min≤2 mm	1、6、10 min;延时 15、20、25、30、45、60 min	位移大于 3 mm;杆体拔出或破坏
CECS 22:2005 基本试验 9.2、附录 E	位移增量≤0.1 mm;延时 2 h≤2 mm	5、5、5~10 min	锚头不收敛或破坏;位移超过允许值;位移大于前级 2 倍
GB 50086-2015 第三方多循环验收试验,第 12 章、附录 K	每一级≤1 mm;延时 10~1 min≤2 mm	每级 2 min;最大一级为 1、10 min	位移大于 2 mm;杆体拔出或破坏
GB 50086-2015 施工方单循环验收试验第 12 章、附录 K	每一级≤1 mm;5~1 min≤1 mm;60~1 min≤2 mm	每级 1 min,最大一级为 1、3、5 min;延时参考 10、15、20、25、30、45、60 min	位移大于 2 mm;杆体拔出或破坏
GB 50086-2015 基本试验第 12 章、附录 H	每一级≤1 mm;10~1 min≤1 mm;60~1 min≤2 mm	每级 1 min;最大一级为 1、3、5、10 min;延时参考 15、20、25、30、45、60 min	位移大于 2 mm;杆体拔出或破坏
GB 50007-2011 附录 M、6.8	连续 4 次位移增量≤0.01 mm	0、5、5、5 min	1h 内锚头不收敛;不能继续增加荷载;杆体拔出或破坏
JGJ 120-2012 附录 B 验收试验 4.7.4.8	10~1 min≤1 mm;延时 60~6 min≤2 mm	1、6、10 min;延时 15、20、25、30、45、60 min	锚头不收敛或破坏;位移超过允许值;位移大于前级 2 倍
JGJ 120-2012 附录 B 基本试验 4.7.4.8	10~1 min≤1 mm;延时 60~6 min≤2 mm	1、6、10 min;延时 15、20、25、30、45、60 min	锚头不收敛或破坏;位移超过允许值;位移大于前级 2 倍
JTG F80-1-2017 6.4.3、10.8.2	—	—	杆体拔出或破坏

注:通用终止试验条件;杆体拔出或破坏;位移不收敛;达到最大试验荷载值;位移超过标准要求值或设计允许值(2 mm、3 mm 等)。
公式中假定最大拉力值为 1.3 倍标准值,假定初始拉力值为 0.1 倍标准值,故需乘一个系数。

基本试验极限抗拔承载力确定时,如果试验锚杆承载力极差值不大于 30%时取最小值(有的取平均值)作为极限抗拔承载力;当其极差大于 30%时,则需增加试验数量并分析极差大的原因

后重新进行统计。试验结果判定方法和试验荷载值的确定对比情况见表 7。

6 试验方法的总结与讨论

6.1 终止试验条件

对于锚杆与土钉拉拔试验的终止条件,有的标准描述的比较详细,而有的标准描述的则非常

表 7 锚杆拉拔试验合格判定对比表

标准编号	合格判定	试验荷载值的确定
CECS 22:2005 验收试验 9.4、附录 F	加载到设计荷载值后变形稳定;80%自由段理论弹性伸长值≤弹性变形≤(自由段+1/2 锚固段)理论弹性伸长值	—设计值
CECS22:2005 基本试验 9.2、附录 E	—大于设计值	极差值≤30%时取最小值
GB 50086-2015 第三方多循环验收试验第 12 章、附录 K	同级荷载作用下荷载-位移曲线包络线相似;压力型锚杆 90%<L<110%自由段理论弹性伸长值;拉力型锚杆 90%<L<自由段+1/3 锚固段理论弹性伸长值	—设计值
GB 50086-2015 施工方单循环验收试验第 12 章、附录 K	压力型锚杆 90%<L<110%自由段理论弹性伸长值;拉力型锚杆 90%<L<(自由段+1/3 锚固段)理论弹性伸长值	—设计值
GB 50086-2015 基本试验第 12 章、附录 H	—大于设计值	极差值≤30%时取最小值
GB 50007-2011 附录 M、6.8	—大于设计值	破坏荷载前一级;未破坏时取最大试验荷载值;极差值≤30%时取平均值
JGJ 120-2012 附录 B 验收试验 4.7、4.8	加载到设计荷载值后变形稳定;80%自由段理论弹性伸长值≤弹性变形≤(自由段+1/2 锚固段)理论弹性伸长值	—设计值
JGJ 120-2012 附录 B 基本试验 4.7、4.8	达到终止条件时的前一级荷载值;最大试验荷载值	极差≤30%时取平均值;超过时增加试验数量,分析原因并进行重新统计
JTG F80-1-2017 6.4.3、10.8.2	隧道锚杆 28 d 拔力平均值≥设计值,最小拔力≥0.9 设计值	—设计值
GB 50202-2018 7.11	不小于设计值	—

简略。笔者经分析后认为:满足以下四个条件之一时即可终止试验:①杆体拔出或破坏;②位移不收敛(不稳定);③达到最大试验荷载值;④总位移超过标准要求值或设计允许值(2 mm、3 mm 或前级荷载作用下位移的 2 倍)。

6.2 位移观察时间和稳定标准的讨论

对于位移观察时间各标准基本一致,即按照以下方法进行观察和记录:每级加载后宜稳定 1 min 后开始记录位移,时间间隔宜为 5 min 左右,即按 1、5、10、15 min 的时间记录位移。当 10~1 min 的位移增量不大于 1 mm 时,可以认为位移稳定,可以施加下一级荷载;否则将延长观察的时间到 60 min,按 15、20、25、30、45、60 min 的时间观察,如果 60~1 min 的位移增量不大于 2 mm 时,可以施加下一级荷载。当位移增量超过 2 mm 时试验结束。

对于基本试验荷载的分级各标准相差较大,笔者综合比较后认为 JGJ 120-2012 附录 B 的分级相对比较科学合理。建议参考该标准对基本试验进行统一要求。而 GB 50086-2015 中的分级过细,试验时间过长,宜对试验分级进行优化。

6.3 试验结果的合格判定

对于锚杆试验合格的判定准则:当锚杆在最大试验荷载作用下位移收敛(稳定),总的弹性变形在允许值范围内时可以判定锚杆合格。

对于不合格的锚杆,应按照不合格锚杆所在位置或区域核定其实际达到的抗拔力与设计值的差值,采取增补锚杆的方式予以补足。

7 结 语

笔者对适用于锚杆与土钉检测的标准进行了总结和对比分析,对锚杆与土钉试验方法依据的标准、抽样方法、试验方法、观察时间、稳定标准、合格判定、承载力的确认等内容进行了列表显示,使各标准的异同之处清晰可见。在采用其中一种标准进行检测时,不仅能够准确地按照该标准进行现场试验,而且能够清楚地认识到其与其他标准的区别之处,使检测人员能够快速准确地学习与掌握锚杆拉拔试验采用的方法,进而提高检测工作的水平。文中的详细列表亦方便了从业人员进行学习交流、对比各种标准中试验方法的优点和不足之处。在新的标准修订过程中可以对其进行改进,以使新的标准与方法更加科学合理、经济

(下转第 112 页)

梁的另一端,同样将 T 梁的另一端放到另一台运梁小车上,使用一台卷扬机慢慢拉动运梁小车、直至人字扒杆 A 下方。

(3)使用卷扬机 A 吊起 T 梁的前端、用卷扬机 B 同样挂在 T 梁的前端孔内。起动卷扬机 A 将 T 梁吊起、卸掉运梁小车,再将 T 梁放平。

(4)启动卷扬机 B,同时放松卷扬机 A,使 T 梁前移。

(5)当 T 梁达到 B 点时,从 T 梁后面设防溜拉索(卷扬机 D)。使用卷扬机 B 和卷扬机 D 将 T 梁固定并将卷扬机 A 从 T 梁前端移至后端。

(6)用卷扬机 A、B 起吊,将 T 梁安装就位。

(7)第一片梁安装完成后,采用齿条式千斤顶横向移动人字扒杆到第二片梁的位置。

(8)第二跨梁吊装完成后,将扒杆 A 纵向移到原扒杆 B 的位置,此时扒杆 B 相应纵移到后面的桥墩上。架设第三孔 T 梁时,在第二孔 T 梁上安设厚木板作为临时移梁的过道。

7 结 语

乐安水电站受地形条件限制且因其同时横跨雅砻江及 S217 省道,导致现场作业空间受限,施

工安全风险较高。项目部经研究后根据现场实际条件采用两台吊车和扒杆配合、顺利完成了 T 梁吊装。现场实践证明:该架梁方法有效地克服了跨河、跨路、回转半径不足、施工作业空间受限等不利条件,无需龙门吊、架桥机等重型设备即可完成预制梁板的安装工作,所取得的经验可为类似施工条件下的架梁施工参考。

参考文献:

[1] 卢红军. 钢扒杆“双钓鱼”架梁施工技术[J]. 价值工程, 2015,34(23):81-83.

[2] 李晓龙. 炮车喂梁组合双吊机架梁施工技术在上跨桥工程中的应用[J]. 上海铁道科技, 2017,11(1):100-102.

[3] 谭继承. 薛公岭隧道大桥人字扒杆双钓鱼法架梁施工[J]. 山西建筑, 2004,30(4):109-110.

[4] 王海中. 复杂条件下大吨位汽车吊架梁施工技术[J]. 国防交通工程与技术, 2020,13(增刊 1):26-29.

[5] 代路云. 40 m 预制 T 梁吊车架施工在江通高速的应用[J]. 云南水力发电, 2022,38(4):139-143

作者简介:

强 蕾(1989-),女,陕西西安人,助理工程师,学士,从事电力行业经营管理工作;

冯 凯(1980-),男,北京房山人,工程师,学士,从事电力行业经营管理工作. (编辑:李燕辉)

(上接第 81 页)

参考文献:

[1] 周国平. 隧洞蚀变岩层洞段开挖支护施工技术研究与实践——以硬梁包水电站引水隧洞为例[J]. 四川水力发电, 2021,40(3):10-14,35.

[2] 严厚治,周正清. 大断面引水隧洞塌方处理技术研究与实践——以硬梁包水电站引水隧洞为例[J]. 四川水力发电, 2021,40(3):22-27.

[3] 项正军. 引水隧洞不良地质三维地震反射波法超前预报技术应用[J]. 四川水利, 2021,42(增刊 2):15-19.

(上接第 95 页)

实用、安全可靠,不断推动检测方法的进步。

参考文献:

[1] 岩土锚杆(索)技术规程:CECS 22:2005[S].

[2] 基坑土钉支护技术规程:CECS 96:97[S].

[3] 岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范:GB 50086-2015[S].

[4] 建筑地基基础设计规范:GB 50007-2011[S].

[5] 建筑基坑支护技术规程:JGJ 120-2012[S].

[4] 胡杰,何满潮,李兆华,等. 基于三维离散-连续耦合方法的 NPR 锚索-围岩相互作用机理研究[J]. 工程力学, 2020,37(7):27-34.

[5] 蒋波. 浅论复杂地质条件下特大断面水工隧洞开挖施工技术的应用[J]. 建筑工程技术与设计, 2018,6(5):127-128.

作者简介:

罗 勇(1986-),男,湖北赤壁人,项目常务副经理兼总工程师,工程师,从事水电工程施工技术与管理工. (编辑:李燕辉)

[6] 公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程:JTG F80-1-2017[S].

[7] 建筑地基基础工程施工质量验收标准:GB 50202-2018[S].

[8] 建筑边坡工程技术规范:GB 50330-2013[S].

[9] 公路隧道施工技术规范:JTG F3660-2020[S].

作者简介:

石伟伟(1982-),男,四川成都人,副高级工程师,学士,从事工程质量检测工作. (编辑:李燕辉)