

钢管混凝土注浆孔补强的短柱轴压试验

曲广龙, 李学彬, 纪明男, 薛俊龙, 侯健

中国矿业大学(北京)力学与建筑工程学院, 北京 100083

摘要 钢管混凝土支架在巷道内完成灌注混凝土, 因此需要在支架钢管开孔制成注浆孔并进行补强。结合局部补强方式和现场生产经验设计了3种补强措施(注浆短管、加强板、封孔塞)及其参数, 并通过等面积补强法进行验证, 3种补强措施满足了现场注浆要求, 同时保证了开孔补强效果。通过钢管混凝土短柱试件和注浆孔短柱试件的轴压试验, 对设计补强措施的补强效果和部分补强参数对注浆孔短柱力学性能的影响进行分析。试验表明, 在短柱轴压试验中, 注浆孔短柱的变形、荷载与钢管混凝土短柱接近, 满足短柱补强的要求; 随着封孔塞厚度和加强板厚度的增加, 注浆孔短柱极限荷载明显提高, 从钢管混凝土支架等强度要求和支架生产成本考虑, 封孔塞、加强板的厚度优选 25mm、8mm。

关键词 钢管混凝土支架; 注浆孔短柱; 开孔补强; 轴压试验

中图分类号 TD353

文献标志码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2013.h2.002

Axial Compression Test on Reinforcement of the Pouring Hole on Steel Tube Confined Concrete

QU Guanglong, LI Xuebin, JI Mingnan, XUE Junlong, HOU Jian

School of Mechanics and Civil Engineering, China University of Mining and Technology (Beijing), Beijing 100083, China

Abstract Because the Steel Tube Confined Concrete (STCC) supports are built by pouring with concrete in the roadway, and the pouring hole is required on the steel tube of the STCC supports as openings, and should be reinforced. Combining the local opening reinforcement methods with the field production experience, three reinforcement measures are proposed as the pouring short tube, the sealing plug, and the strengthening plate, together with their parameters. By the area replacement method, the three reinforcement measures are shown to meet the grouting requirements in the roadway, as well as to ensure the reinforcement effect. By the axial compression test of STCC short columns and the pouring hole on STCC short columns, the reinforcing effect of the designed reinforced measures and some reinforcement parameters on the mechanical properties of the short column of grouting holes are analyzed. It is shown that the deformation and the load on the grouting hole short column are close to those of STCC short columns by the axial compression test, with the thickness increase of the sealing plug and the strengthening plate, the tested ultimate load on the grouting hole short column is slightly increased, which meet the requirements of the short column reinforcement. From the considerations of the constant strength requirements and the production cost of STCC supports, the thickness of the sealing plug and the strengthening plate are determined as 25mm and 8mm.

Keywords STCC supports; grouting holes short column; opening reinforcement; axial compression test

0 引言

在钢管混凝土结构中, 钢管的约束作用使混凝土处于三向受压状态, 从而使核心混凝土具有更高的抗压强度, 充分利用了钢管和混凝土两种材料在受力过程中的相互作用, 提高钢管混凝土构件的承载能力, 钢管混凝土结构在土木建筑工程中已经得到广泛的应用^[1-3]。

钢管混凝土(STCC)支架是一种近年研发成功并逐步在

巷道支护中使用的新型高强度支架^[4-7], 依据巷道工程地质条件选择合理的断面形状, 然后将钢管弯制成相同形状的支架, 在井下安装空钢管混凝土支架, 之后灌注混凝土浆液(图1), 从而完成钢管混凝土支架支护。

由于在钢管开孔后, 一方面由于主体钢管被削弱, 引起强度降低, 另一方面由于结构连续性被破坏, 注浆孔附近主体钢管与其他部位的主体钢管的变形不一致, 在开孔处将产

收稿日期: 2013-06-03; 修回日期: 2013-08-18

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(51134025)

作者简介: 曲广龙, 博士研究生, 研究方向为巷道支护, 电子信箱: qu1_9_8_2@163.com

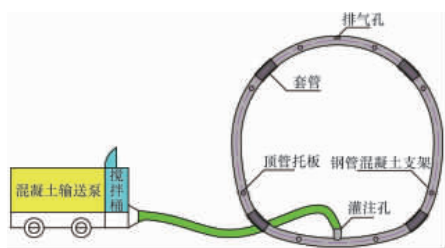


图 1 钢管混凝土支架灌注混凝土

Fig. 1 STCC support poured with concrete

生应力集中^[8-10]。圆柱体开孔处的局部应力可能达到未开孔时的 2.5~3.5 倍。在如此大的局部应力作用下,再加上外部载荷所产生的应力和热应力,以及材质和制造缺陷等因素的综合作用,使注浆孔处成为钢管混凝土支架最薄弱的环节,从而影响其整体承载能力,因此需要对注浆口进行补强,使之与钢管支架其他位置的强度相同或更高,保证钢管混凝土支架的承载能力。

本文以 $\phi 194\text{mm} \times 10\text{mm}$ 钢管混凝土构件为研究对象,结合局部开孔补强理论和现场生产经验,采用 3 种补强措施:注浆短管、加强板、封孔塞,并设计了补强参数。通过等面积补强准则进行理论验证,结合极限分析补强设计准则,通过钢管混凝土短柱和注浆口短柱的轴压实验,比较补强后注浆孔短柱与钢管混凝土短柱的极限荷载和变形形态,并结合注浆口短柱轴压实验对部分补强参数进行优化分析。

1 开孔补强措施设计及理论计算

1.1 开孔补强措施的设计

钢管开孔必然造成钢管混凝土短柱承载能力下降,因此需要采取补强措施以保证短柱的承载能力。开孔补强是在补强有效范围内用增加材料的方法弥补开孔所除去的全部或部分金属,使之达到提高器壁强度、满足强度设计要求的目。结合局部补强方式和现场生产条件,设计了 3 种注浆孔补强措施,主要有^[11,12]:① 加强板,400mm×100mm×8mm 的弧钢板;② 注浆短管, $\phi 114\text{mm} \times 8\text{mm} \times 100\text{mm}$ 的钢管;③ 封孔塞, $\phi 96\text{mm} \times 30\text{mm}$ 的圆钢。钢管混凝土注浆孔短柱结构参数如图 2 所示。

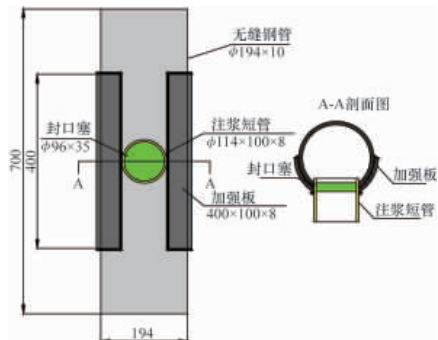


图 2 注浆孔短柱补强措施参数(单位:mm)

Fig. 2 Reinforcement measures and parameters of grouting hole short column (unit: mm)

1.2 补强措施理论计算

在钢管混凝土承载结构上开孔补强的研究较少,目前缺少相应的理论计算公式。由于钢管主要提供径向约束和轴向承载作用,包裹核心混凝土共同承载,因此结合等面积法对开孔补强措施进行理论验证^[13,14],如图 3 所示。

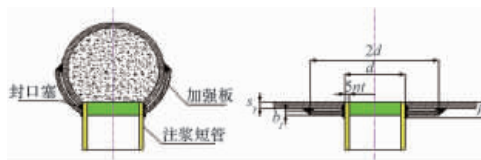


图 3 注浆孔等面积补强计算简图

Fig. 3 Area replacement method of calculating grouting opening reinforcement

补强有效范围:

① 应力集中钢管影响区宽度

$$B=2d \quad (1)$$

式中, d 为开孔直径,mm。

② 接管外伸部分应力集中影响高度

$$h=\sqrt{d\delta_n} \quad (2)$$

式中, δ_n 为壳体的计算壁厚,mm。

由于加强板的宽度为 100mm,注浆短管的高度为 100mm,均大于补强有效范围,结合等面积法对加强板和注浆短管进行补强计算:

① 主管上因开孔而削弱的金属面积

$$F=dS_y \quad (3)$$

式中, F 为主管因开孔而削弱的金属面积,mm²; d 为开孔直径,mm; S_y 为主管的壁厚,mm。

② 加强板的补强面积

$$F_1=(D-d)b_j \quad (4)$$

式中, D 为加强板的补强范围,mm; b_j 为加强板的计算厚度,mm。

③ 注浆短管的补强面积

$$F_2=2h(t_1-t_j) \quad (5)$$

式中, t_1 为接管壁厚,mm, $t_1 \leq S_y$; t_j 为接管计算壁厚,mm, $t_j = pd / (2[\sigma]\Phi + p)$; p 为钢管内压强度, N/mm²; $[\sigma]$ 为钢管设计许用应力, N/mm²; Φ 为焊缝系数, $\Phi=0.9$ 。

④ 焊缝补强面积

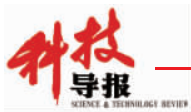
$$F_3=nK^2/2 \quad (6)$$

式中, n 为接管和壳体的焊缝个数;接管焊缝传递拉、压应力按等强度理论计算,一般按 $K=\delta_n$ 选取。

由于加强板和注浆短管的材质均为无缝钢管,与主体钢管材质相同,结合设计补强措施参数,可知, $d=114\text{mm}$, $\delta_n=8\text{mm}$, $S_y=8\text{mm}$, $t_1=8\text{mm}$, $n=2$, 带入式(3)~式(6)可得,还需要的补强面积为

$$A=F-(F_1+F_2+F_3)=97.5\text{mm}^2$$

采用加强板和注浆短管的补强措施不能完全满足钢管



混凝土短柱补强需求,需要进一步补强。由于空钢管混凝土支架灌注混凝土后需要封堵注浆孔,结合现场施工特点,采用封孔塞封堵混凝土浆,并进一步补强注浆孔。

2 注浆孔短柱轴压试验

2.1 试件制作

为合理准确地研究钢管混凝土短柱的轴压力学性能,圆钢管混凝土短柱取试件的长径比为 3.5^[1];结合工程实际应用,选用直径为 194mm×10mm 的 20 号热轧无缝钢管,钢管材质为优质碳结钢。钢管混凝土注浆孔短柱试件如图 4 所示。



(a) 空钢管 (a) Empty steel tube
(b) 浇注后试件 (b) Poured specimen

图 4 注浆孔短柱试件

Fig. 4 Grouting hole short column specimen

使用立方体模箱制作一组(共 3 块)尺寸为 150mm×150mm×150mm 的混凝土试块,所有试件在室温为(20±3)℃的环境下养护 28d。

2.2 测试方法与加载方式

试件的轴向压缩变形采用千分表和钢尺进行测量。根据工程需要,试验对钢管混凝土短柱的弹性变形阶段的荷载-应变关系要求较高,故在轴压试验前期,采用千分表测量试件的轴向压缩变形值。待变形超出千分表的量程时,改用钢卷尺测量试件的轴向压缩变形值。

试验选用的千分表量程为 0~30mm,测量精度为 0.001mm。测试时,将千分表固定在试验机的立柱上,千分表的探头与压力机底承压板接触。加压时,底承压板上升,压缩试件产生轴向变形,其压缩量即可由千分表测出。采用电阻应变片监测部分试件表面监测点的轴向和环向应变,但因材料和技术原因,在微应变为 10000~20000 时,电阻片即失效,测试方案如图 5 所示。



图 5 轴压试验测试方案示意(单位:mm)

Fig. 5 Test project schemes of axial compression test (unit: mm)

试验时采用分级加载制,每级加载为预计极限荷载的 1/10,每级荷载应持载 3~5min 后再进行下一级加载。当荷载达到理论极限荷载的 0.6 倍时,每级加载减为极限荷载的 1/15~1/20。临近极限荷载时,采用连续加载。荷载达到最大值(极限值),试验机压力表指针开始回转后,仍继续向千斤顶油缸送油,并不断记录仪表读数和相应的荷载值,直至试件的轴向应变值到达 10%~20%。每根试件的试验时间一般 1h 左右。

2.3 材料性质

试验钢材为直径 194mm 的 20 号热轧无缝钢管,厚度为 10mm,通过材质检验报告可知,钢的屈服强度为 279MPa,按材料力学标准试验方法进行拉伸试验^[15],得到钢材的极限强度为 450MPa。

根据矿用钢管混凝土支架支护方案设计^[4-5],并参考《混凝土泵送施工技术规程》(JGJ/T10-95)要求^[6],确定充填混凝土的强度等级为 C40,坍落度要求为 120mm,试验灌注用混凝土选用 42.5 号普通硅酸盐水泥;选用优质河砂(中砂)作为细骨料,含泥量不大于 2%,细度模数要大于 2.6,平均粒径为 0.5~0.35mm;选用品级合理、粒径 5~20mm 的坚固洁净碎石作为粗骨料;水质洁净;采用硫铝酸钙类膨胀剂,掺量在 10%~12%之间^[7]。为了保证试件混凝土质量的一致性,采用了商品混凝土,一次浇筑完全部试件,每立方米混凝土的材料配比用量见表 1,坍落度为 132mm。混凝土立方体抗压强度标准值由自然养护条件下的边长 150mm 立方体试块测得^[8],换算成抗压强度标准值 $f_{ck}=25.5\text{MPa}$ 。

表 1 C40 混凝土的材料用量(单位:kg/m³)

Table 1 Material amount of C40 concrete (unit: kg/m³)

水泥	砂子	石子	水	泵送剂	膨胀剂
412.7	661.4	1015.8	218.9	7.1	20.8

3 钢管混凝土注浆孔短柱试验分析

3.1 钢管混凝土短柱轴压试验力学分析

钢管混凝土短柱试件(编码为 CST194)在加载初期处于弹性受力状态,呈现压缩变形,试件均匀变粗,监测点的应变以轴向压应变为主,切向拉应变仅为轴向压应变的 1/4,逐渐增加至切应变的 1/2。当荷载加至 2400kN 时,试件出现较为明显的径向膨胀,试件开始进入弹塑性变形阶段,继续加载,试件轴向变形值迅速增大,试件两端和中部出现腰鼓。当荷载加至 3000kN 时,钢管表面的氧化层开始剥落,试件上开始出现 4 个鼓曲,其中试件上部的两个较为明显,监测点切向应变片失效。随着荷载增加,鼓曲现象更为明显,监测点应变值急速增加,当增加至 2.25%后,轴向应变片失效,此时轴向变形率为 2.97%,其中,鼓曲变形占到整体变形量的 0.72%。

当荷载加至 3200kN 左右时,试件轴向变形为 4.86%,试件变形进一步加剧,进入塑流变形状态;当荷载增加到极限荷载 3290kN 时,试件轴向变形率达到 7.14%,之后荷载值开

始下降直至 2900kN,轴向变形率达到 16.8%,试件出现较严重的屈曲破坏,钢管表面铁锈大量剥落,粉笔标号已模糊不清,因试验机顶板切斜变形过大,故停止加载。结果见图 6。

3.2 注浆孔短柱轴压试验力学分析

注浆孔短柱试件(编码为 CSTF35)在加载初期,与钢管混凝土短柱变形相似,结果见图 7。

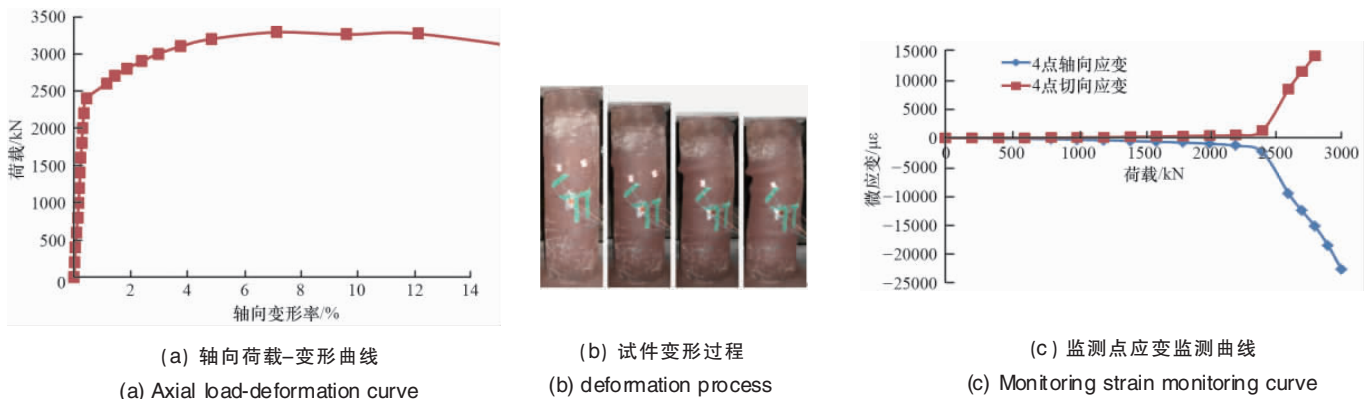


图 6 CST194 试件轴压试验
Fig. 6 Axial compression test on CST194 specimen

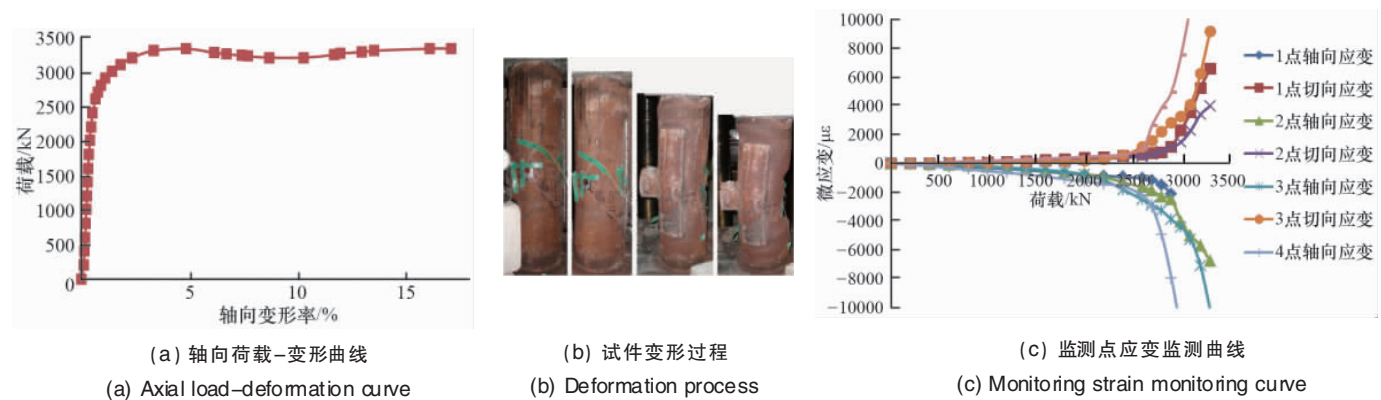


图 7 CSTF35 试件轴压试验
Fig. 7 Axial compression test on CSTF35 specimen

当荷载加至 2400kN 时,轴向应变率为 0.52,试件开始进入弹性变形阶段,试件出现略显径向膨胀,监测点 3 和 4 的环向拉应变明显增加,而监测点 4 的轴向压应变也有明显增加,注浆孔背部略微鼓起,试件开始略向中间鼓起。当荷载至 2900kN,试件变形明显增加,试件两端明显变粗,开始鼓包,注浆孔背部鼓曲明显,注浆孔部开始明显变粗,出现局部的屈曲变形现象,监测点的轴向压应变明显增加,监测点 1 和 2 的环向拉应变急剧增加,监测点 1 的轴向应变片首先失效,随着加载的继续,注浆孔背部腰鼓进一步加剧,监测点 4 的切向应变片失效,钢管表面的铁锈大量脱落。

当加载至 3200kN 时,轴向应变率为 2.35%,之后试件进入塑流变形状态,试件变形迅速增大,试件两端鼓包明显,在试件的顶部、中部和底部同时出现褶皱,应变片均已失效,最终荷载到达 3330kN 时,荷载不再增加,随着试件变形的持续增加,试件向注浆孔侧鼓出现象进一步加剧,整个试件向后

倾斜愈加严重,试验机顶板倾斜严重而停止加载,试验结束,最后荷载为 3330kN,试件轴向变形率为 17.14%。

综上所述,钢管混凝土注浆孔短柱试件呈现塑性屈服破坏,具体形态为在试件两端和中部出现较明显鼓出变形,呈现弓形。通过与钢管混凝土短柱试验结果对比,试件的补强措施均已达到补强效果的要求,注浆孔短柱的荷载值不低于钢管混凝土短柱,而且短柱变形和应变较为相似。

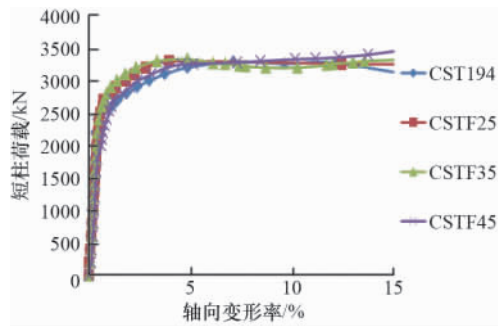
4 补强措施的参数优化

通过对钢管混凝土短柱和注浆孔短柱的轴压试验(表 2),注浆孔短柱的补强措施均已达到补强效果,即不低于钢管混凝土短柱的承载能力,变形和轴向应变较为相似。随着封孔塞和加强板厚度增加,注浆孔短柱的承载能力略有提高,如图 8 所示,从钢管混凝土等强度支架要求和支架加工成本考虑,封孔塞、加强板的厚度优选 25mm、8mm。

表 2 短柱轴压试验

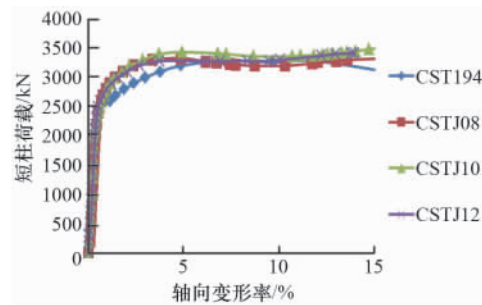
Table 2 Tests of the short columns under axial compression

编号	钢管型号/mm	钢管长度/mm	长径比	封孔塞/mm	加强板/mm	注浆短柱/mm	试验轴向 变形率/%	试验极限 荷载/kN
CST194	Φ194×10	700	3.6	/	/	/	16.8	3290
CSTF35(CSTJ8)	Φ194×10	700	3.6	Φ96×35	400×8×100	Φ114×8×100	17.2	3330
CSTF25	Φ194×10	700	3.6	Φ96×25	400×8×100	Φ114×8×100	16.4	3300
CSTF45	Φ194×10	699	3.6	Φ96×45	400×8×100	Φ114×8×100	16.7	3600
CSTJ10	Φ194×10	696	3.6	Φ96×35	400×10×100	Φ114×8×100	13.9	3410
CSTJ12	Φ194×10	693	3.6	Φ96×35	400×12×100	Φ114×8×100	15.7	3650



(a) 封孔塞厚度参数

(a) Sealing plug thickness parameters



(b) 加强板厚度参数

(b) Strengthening plate thickness parameters

图 8 注浆孔短柱荷载-变形曲线

Fig. 8 Load-deformation curve of the pouring hole on STCC short columns

5 结论

(1) 由于钢管混凝土支架在巷道安装后需要井下灌入混凝土浆,从而完成钢管混凝土支架支护,因此必须在钢管上开孔制成注浆孔进行灌浆。由于开孔会造成钢管的强度损失,因此需要对开孔弧段进行补强。

(2) 结合局部补强方式和现场生产经验设计 3 种钢管混凝土注浆孔短柱的补强措施及参数(注浆短管、加强板、封孔塞),并通过等面积法对补强效果进行理论验证。

(3) 钢管混凝土注浆孔短柱试件呈现塑性屈服破坏,具体形态为在试件两端和中部出现较为明显鼓出变形,呈弓形。通过与钢管混凝土短柱试验结果对比,试件的补强措施均已达到补强效果的要求,注浆孔短柱的荷载值不低于钢管混凝土短柱,而且短柱变形和应变较为相似。

(4) 通过分析钢管混凝土注浆孔短柱轴压试验结果可知,随着加强板和封孔塞厚度的增加,短柱试验极限荷载提高。从钢管混凝土等强度支架要求和支架加工成本考虑,封孔塞、加强板的厚度优选 25mm、8mm。

参考文献 (References)

[1] 钟善桐. 钢管混凝土结构[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.
Zhong Shantong. Steel tube confined concrete structures [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2004.

[2] 蔡绍怀. 现代钢管混凝土结构(修订版)[M]. 北京: 人民交通出版社, 2007.
Cai Shaohuai. Modern steel tube confined concrete structures (Revised edition) [M]. Beijing: China Communications Press, 2007.

[3] 韩林海. 钢管混凝土结构-理论与实践[M]. 2 版. 北京: 科学出版社, 2007.
Han Linhai. Concrete filled steel tubular structure, theory and practice [M]. 2nd ed. Beijing: Science Press, 2007.

[4] 高延法, 王波, 王军, 等. 深井软岩巷道钢管混凝土支护结构性能试验及应用[J]. 岩石力学与工程学报, 2010, 29(S1): 2604-2609.
Gao Yanfa, Wang Bo, Wang Jun, et al. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2010, 29(S1): 2604-2609.

[5] 高延法, 王波, 曲广龙, 等. 钢管混凝土支架力学性能实验及其在巷道支护中的应用[C]. 第八届海峡两岸隧道与地下工程学术与技术研讨会论文集. 中国台北, 2009.
Gao Yanfa, Wang Bo, Qu Guanglong, et al. Experimental mechanical properties of steel tube confined concrete and application in the roadway [C]. Eighth Strait Tunnel and Underground Engineering of Academic and Technical Seminars. Taipei, China, 2009.

[6] 张晓凤, 颜伟. 钢管混凝土支架在华丰煤矿深井支护中的应用 [J]. 煤矿机械, 2011, 32(7): 194-196.
Zhang Xiaofeng, Yan Wei. Coal Mine Machinery, 2011, 32(7): 194-196.

[7] 单忠祥. 钢管混凝土支架在巷道支护中的尝试[J]. 煤矿支护, 2010(4): 20-41.
Shan Zhongxiang. Coal Support, 2010(4): 20-41.

[8] American Society of Mechanical Engineers. ASME boiler & pressure



vessel code [S]. Section VIII Division 2, New York, American: Society of Mechanical Engineers, 2004.

[9] Dekker C J, Bos H J. Nozzles-on external loads and Internal pressure[J]. International Journal of Pressure Vessels and Piping, 1997, 74(2): 121-128.

[10] Ross C T F, Little A P F, Allsop R, et al. Plastic general instability of rin-reinforced conical shells under uniform external pressure [J]. Marine Technology, 2007, 44(4): 268-277.

[11] 金建新, 梁利华, 高增梁. 圆柱壳开孔补强的弹性和弹塑性有限元分析[J]. 压力容器, 2007, 24(9): 9-14.
Jin Jianxin, Liang Lihua, Gao Zengliang. Pressure Vessel, 2007, 24(9): 9-14.

[12] 舒斌, 胡刚义, 肖伟. 圆柱壳大开孔补强的应力集中分析 [J]. 中国舰船研究, 2011, 6(2): 35-39.
Shu Bin, Hu Gangyi, Xiao Wei. Chinese Journal of Ship Research, 2011, 6(2): 35-39.

[13] 陆明万, 桑如苞, 丁利伟, 等. 压力容器圆筒大开孔补强计算方法[J]. 压力容器, 2009, 26(3): 10-15.
Lu Mingwan, Sang Rubao, Ding Liwei, et al. Pressure Vessel, 2009, 26(3): 10-15.

[14] 王焕强. 浅析钢管开孔补强[J]. 鞍山钢铁学院学报, 1996, 19(6): 23-25.
Wang Huanqiang. Journal of Anshan Institute of Iron and Steel Technology, 1996, 19(6): 23-25.

[15] GB/T 228—2002 金属材料-室温拉伸试验方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
GB/T 228—2002 Metallic materials tensile testing at ambient temperature [S]. Beijing: Standards Press of China, 2002.

[16] 中国建筑科学研究院. JGJ/T10—95 混凝土泵送施工技术规程[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1995.
China Academy of Building Research. JGJ/T10—95 Technical specification for pumping construction of concrete [S]. Beijing: China Architecture and Building Press, 1995.

[17] 王波. 软岩巷道变形机理分析与钢管混凝土支架支护技术研究[D]. 北京: 中国矿业大学, 2009.
Wang Bo. Analysis on the laws of tunnel deformation in soft rock and the supporting technology of concrete-filled steel tube support [D]. Beijing: China University of Mining and Technology, 2009.

[18] GB/T 50081—2002 普通混凝土力学性能试验标准 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2003.
GB/T 50081—2002 Standard for test method of mechanical properties on ordinary concrete[S]. Beijing: China Architecture and Building Press, 2003.

(责任编辑 王媛媛)

·学术动态·



《科技导报》学术沙龙聚焦“生物农药及植物病害绿色防控”

2013年9月16日,《科技导报》2013年第1期学术沙龙暨生物农药及植物病害绿色防控研讨会在北京召开。

本期沙龙由科技导报社、北京植物病理学会等主办,北京市农林科学院植物保护环境保护研究所承办,来自中国科学院、中国农业科学院、中国农业大学、北京林业大学、北京市农林科学院、北京农学院等科研院所、高等院校的100余位专家和研究生与会交流。

本期沙龙上,教育部植物生长调节剂工程中心副主任段留生、中国菌物学会理事长刘杏忠、中国农业科学院植保研究所所长邱德文、中国农业科学院研究员李世东、首都生物农业科技创新服务联盟理事长王琦、中国农业大学教授周立刚、中国农业科学院研究员赵廷昌、中国农业大学教授张力群等8名学者分别作主题为“生物源植物生长调节剂的研发与应用”、“微生物资源挖掘与利用”、“植物病害生物防治及蛋白农药的开发应用”、“植物土传病害的绿色防控”、“芽孢杆菌生防制剂研究进展”、“植物内生真菌及其应用”、“细菌分类鉴定”、“假单胞菌与植物病害生物防治”的学术报告。与会人员围绕绿色环保与可持续发展的生物农药开发理论与关键技术、绿色防控技术的研究现状及存在问题、生物防治技术的应用及产业化等议题进行了充分交流与探讨。

《科技导报》将结合本次沙龙研讨成果,围绕“生物农药及植物病害绿色防控”主题,组织研究论文、综述文章出版专题期刊,欢迎广大读者关注。

